

مقایسه ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی در نهال‌های حاصل از قلمه پروونانس‌های سفیدپلت (*Populus caspica* Bornm.)

پدرام غدیری پور^۱، مسلم اکبری نیا^{۲*}، فرهاد اسدی^۳، امید اسماعیل‌زاده^۴ و عباس قمری‌زارع^۵

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

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

پست الکترونیک: akbarim@modares.ac.ir

۳- دانشیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

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

۵- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۲

چکیده

به‌منظور ارزیابی تفاوت‌های رویشی و ریخت‌شناختی سفیدپلت (*Populus caspica* Bornm.) در ۱۵ توده شاخص در سراسر جنگل‌های هیرکانی، سه درخت از هر توده انتخاب شد. در اسفندماه ۱۳۹۵، قلمه‌های یک‌ساله تهیه‌شده از این پایه‌ها در ایستگاه تحقیقات چمستان کاشته شدند. پس از یک سال، نهال‌ها کف‌بر شدند. در زمستان سال بعد، قلمه‌گیری از جست‌های یک‌ساله انجام گرفت. این قلمه‌ها در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کاشته شدند. در ابتدای تیرماه، نمونه‌برداری از پنج برگ از هر نهال متعلق به درختان هر توده انجام گرفت و ۱۷ صفت ریخت‌شناسی و رویشی برگ‌ها همراه با قطر و ارتفاع نهال‌ها ثبت شدند. به‌منظور آنالیز داده‌ها از تحلیل خوشه‌ای، تجزیه واریانس دوطرفه و آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده شد. براساس نتایج تحلیل خوشه‌ای، ویژگی‌های ریخت‌شناسی و رویشی به چهار گروه تفکیک شدند. یافته‌ها نشان داد که قلمه‌های استان گلستان، بیشترین تنوع ریخت‌شناسی را داشتند. بیشینه و کمینه رویش قطری و ارتفاعی به ترتیب متعلق به قلمه‌های رستم‌آباد گیلان و جنگل گلستان بود، اما به‌دلیل حضور توده‌های مادری آن‌ها در مرز اقلیم خزری و ایرانی-تورانی، از نظر ویژگی‌های ریخت‌شناسی تعداد رگ‌برگ، عرض در ۱۰ درصد طول برگ، بیشینه عرض برگ و عمق لوب، کمترین مقدار را در بین چهار گروه داشتند، بنابراین این ویژگی‌ها را می‌توان مشخصه ریخت‌شناسی سفیدپلت در مناطق مرزبوم (Ecotone) دانست. به‌طور کلی، مناطق مذکور به‌ویژه رستم‌آباد گیلان به‌دلیل رویش زیاد و تفاوت با ژنوتیپ‌های دیگر واقع در گسترشگاه سفیدپلت، ارزش حفاظتی قابل‌ملاحظه‌ای دارند و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی آینده استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع نهال، جنگل هیرکانی، صنوبر، قطر یقه، ویژگی‌های برگ.

مقدمه

گونه‌های جنس صنوبر (*Populus spp.*) که در مناطق معتدله دنیا پراکنش دارند، منابع ارزشمندی برای صنایع کاغذسازی و تولید زی‌توده هستند. این جنس در شش بخش *Populus*، *Leuroides*، *Aigeiros*، *Abaso* (Leuce)، *Turanga* و *Tacamahaca* طبقه‌بندی می‌شود (Eckenwalder, 1996). در ایران فقط گونه‌های سفیدپلت (*P. caspica* Bormn.) از بخش *Populus* و پده (*P. euphratica* Oliv.) از بخش *Turanga* توده‌هایی را در عرصه‌های طبیعی تشکیل داده‌اند. در این بین، سفیدپلت تنها گونه صنوبر انحصاری ایران است که به‌طور مشخص از شرق تا غرب جنگل‌های هیرکانی انتشار دارد (Sabeti, 1976; Marvie Mohadjer, 2005).

جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان رویشگاه طبیعی سفیدپلت، شرایط محیطی متنوعی دارند. تنوع شرایط رویشگاهی می‌تواند طی نسل‌های متمادی سبب ایجاد نتاجی شود که در سازگاری با موطن اصلی، ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی متفاوتی از خود نشان دهند. در پژوهش Keller و همکاران (۲۰۱۱)، قلمه‌های با منشأ جمعیت‌های مختلف صنوبر (*P. balsamifera* L.) که در محیط یکسان کشت شده بودند، تفاوت‌های قابل‌ملاحظه‌ای از نظر ویژگی‌های اکوفیزیولوژیکی و فنولوژیکی در سازگاری با موطن اصلی خود نشان دادند. در پژوهش دیگری در مورد ۲۱ جمعیت از ۱۰ ژنوتیپ همین گونه در گلخانه و تحت شرایط محدودیت منابع گزارش شد که بین ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ (سطح برگ، طول دم‌برگ و تراکم روزنه) آن‌ها، اختلاف معنی‌داری وجود دارد (Soolanayakanahally et al., 2009).

در گذشته، توده‌های خالص و وسیعی از سفیدپلت در جنگل‌های هیرکانی حضور داشتند، اما قطع درختان به‌منظور تهیه چوب و تبدیل اراضی جنگلی به زمین‌های کشاورزی سبب شده است که از تعداد، سطح گسترش و تجدیدحیات سفیدپلت به‌شدت کاسته شود. از این‌رو، در طی زمان بسیاری از رویشگاه‌های طبیعی سفیدپلت

به‌تدریج تخریب و یا به مزارع برنج تبدیل شده‌اند (Asadi & Ghasemi, 2007). بدین ترتیب، جمعیت‌های پیوسته سفیدپلت که در سرتاسر جنگل‌های هیرکانی انتشار داشتند، به‌علت تخریب رویشگاه‌ها و تبدیل عرصه‌های جنگلی هم‌اکنون به‌شکل توده‌های گسسته و اغلب تک‌پایه در نواحی جلگه‌ای جنگل‌های هیرکانی مشاهده می‌شوند. ایجاد گسستگی در رویشگاه‌های طبیعی سفیدپلت باعث اختلال در تجدیدحیات پیوسته بذری، محدودیت در امکان آمیزش بین جمعیت‌های مختلف و در نتیجه، توقف جریان انتقال ژن در این گونه شده است. در پی این فرایند، جمعیت‌هایی پدید آمده‌اند که از یک‌سو، تنوع ژنتیکی درون‌جمعیتی آن‌ها کم است و از سوی دیگر، تفاوت بین‌جمعیتی زیادی دارند. قابلیت تولیدمثل غیرجنسی سفیدپلت با ریشه‌جوش (Marvie Mohadjer, 2005) و غلبه آن بر زادآوری بذری باعث تشدید وضعیت فعلی در شرایط تخریب رویشگاه‌ها می‌شود و خطر بروز فرسایش ژنتیکی در این گونه را افزایش می‌دهد. همین موضوع سبب شده است که سفیدپلت، جزء گونه‌های در خطر انقراض ایران طبقه‌بندی شود (Jalili & Jamzad, 1999). شناخت تنوع ژنتیکی سفیدپلت و استفاده از روش‌های مناسب برای افزایش آن می‌تواند یکی از راهکارهای مؤثر برای حفاظت از جمعیت‌های این گونه ارزشمند باشد.

تنوع ژنتیکی ممکن است با بروز تغییرات ریخت‌شناسی همراه باشد. در بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی درختان، برگ‌ها از مهم‌ترین اندام‌ها هستند (Wang et al., 2001). ویژگی‌های برگ به‌واسطه فرایندهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی می‌توانند شایستگی (fitness) درخت را تحت تأثیر قرار دهند (Donovan et al., 2011). تعدادی از پژوهشگران از ویژگی‌های برگ برای تفکیک ژنتیکی گونه‌های یک جنس گیاهی استفاده کرده‌اند (Harris et al., 2003). به دلیل سادگی و ارزان بودن فرایند اندازه‌گیری این ویژگی‌ها، برخی از پژوهشگران استفاده از آن‌ها را در

بر مبنای ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی
 ۲- تعیین محدوده‌هایی از گسترشگاه طبیعی سفیدپلت
 که بیشترین تنوع ریخت‌شناسی را دارند.
 ۳- معرفی پروونانس‌هایی که بهترین عملکرد رویشی
 را در نهالستان طی سال اول از خود نشان دادند.
 نتایج این پژوهش می‌توانند در معرفی برخی
 ژنوتیپ‌ها به منظور جنگل‌کاری، توسعه جنگل‌های
 سفیدپلت و نیز اجرای برنامه‌های اصلاحی این گونه و یا
 گونه‌های دیگر از جنس صنوبر سودمند باشند.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی توده‌های منبع قلمه‌گیری و نهالستان
 به دلیل محدودیت تعداد توده‌های سفیدپلت، ابتدا با
 مرور منابع، ۱۵ توده شاخص این گونه شامل پنج توده از
 هریک از محدوده‌های غربی (گیلان)، مرکزی (مازندران)
 و شرقی (گلستان) در جنگل‌های هیرکانی تعیین شد
 (جدول ۱). در بهمن‌ماه ۱۳۹۵ در هر کدام از ۱۵ توده
 مذکور، سه درخت انتخاب و قلمه‌های یک‌ساله از آن‌ها
 تهیه شد. قلمه‌ها در اسفندماه همان سال در نهالستان
 ایستگاه تحقیقات چمستان واقع در زون S ۳۹، طول
 جغرافیایی ۵۹۶۸۹۴ و عرض ۴۰۳۹۹۳۱ (مختصات
 UTM) با ارتفاع ۷۸ متر از سطح دریا کاشته شدند.

روش اجرای پژوهش در نهالستان

به منظور ایجاد قلمه‌های یکنواخت، نهال‌های
 کاشته‌شده در نهالستان پس از یک سال در بهمن ۱۳۹۶
 کف‌بر شدند. در زمستان سال بعد (۱۳۹۷) از جست‌های
 یک‌ساله حاصل‌شده، قلمه‌های یکسان تهیه شد و در قالب
 طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی کاشته شدند.
 به این ترتیب، پنج (نهال در هر بلوک) × سه (بلوک) × سه
 (درخت) × سه (استان) × پنج (توده) و در مجموع، ۶۷۵
 نهال با فاصله ۲۰ سانتی‌متر در نه ردیف و یک متر فاصله
 بین ردیف‌ها کشت شدند.

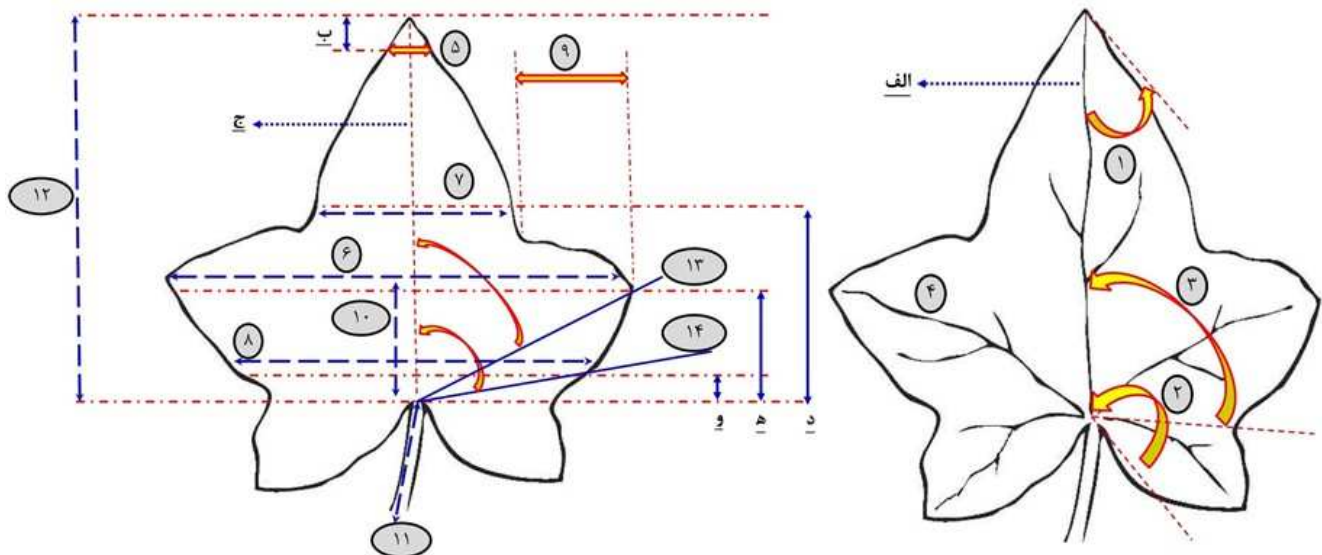
پژوهش‌های تنوع ژنتیکی ارجح دانسته‌اند (Saeedi & Azadfar, 2011). با توجه به اینکه گونه‌های صنوبر، تنوع
 زیادی در ویژگی‌های برگ از خود نشان می‌دهند
 (Marron et al., 2007)، این اندام در بررسی تنوع
 ژنتیکی صنوبرها نیز به کار گرفته شده است (Homaie et al., 2014).
 Hesami و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی
 ریخت‌شناسی ویژگی‌های برگ ۱۹ پروونانس پده در
 نهالستان ایستگاه تحقیقاتی شهید فروزه اصفهان با استفاده
 از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی گزارش کردند که پروونانس
 های قرخلار، سرخس، زابل، کرمان، ماهنشان، سندرچ،
 خجیر و منجیل از پروونانس‌های دیگر متمایز هستند.
 ویژگی‌های رویشی ممکن است علاوه بر محیط
 تاحدودی تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه باشند. در
 پژوهشی با ارزیابی ۶۳ کلن صنوبر دلتوئیدس (*P. deltooides*)
 و پنج کلن دورگ اورآمریکن (*P. x euramericana*) در شرایط یکسان نهالستان نتیجه‌گیری
 شد که ویژگی‌های زنده‌مانی، ارتفاع نهال و توان
 جست‌دهی، تحت کنترل ژن‌ها هستند (Panwar & Sharma, 2001).
 در جنگل‌های هیرکانی، چند پژوهش
 درمورد تنوع ژنتیکی و ریخت‌شناسی (Fallah et al., 2012) و نیز رفتار رویشی سفیدپلت (Asadi et al., 2017) انجام شده است. در پژوهش Fallah و همکاران (۲۰۱۲)، نمونه‌ها به صورت محدود فقط از سه رویشگاه جمع‌آوری شد. Asadi و همکاران (۲۰۱۷) فقط بر تفاوت رفتار رویشی نتاج با درختان مادری ۱۷ رویشگاه در سراسر شمال کشور تمرکز کردند. با این حال، تاکنون پژوهشی درمورد تفاوت ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی قلمه‌های ریشه‌دارشده سفیدپلت حاصل از توده‌های مختلف انجام نشده است. با توجه به خلأ دانش در زمینه تأثیر منشأ نهال بر بروز ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی نهال‌ها در سال اول رشد، پژوهش پیش‌رو با جمع‌آوری قلمه‌های یک‌ساله از ۱۵ توده از سراسر جنگل‌های هیرکانی و با اهداف زیر انجام شد:
 ۱- گروه‌بندی پروونانس‌های مختلف سفیدپلت

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی و رویشگاهی توده‌های منشأ قلمه‌گیری در جنگل‌های هیرکانی

بافت خاک	میانگین بارندگی ماهانه (میلی‌متر)	میانگین دمای ماهانه (درجه سانتیگراد)	مختصات جغرافیایی (UTM)				نام محل	توده	محدوده
			ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	S			
سیلنتی لومی	۱۷/۳	۱۷/۷	۱۳۹	۴۰۹۱۱۳۷	۳۷۱۳۲۵	۳۹	بزرگ‌راه رودبار- رشت؛ رستم‌آباد	G1	هیرکانی غربی (گیلان)
رسی لومی	۹۹/۳	۱۶/۷	۵۴	۴۱۰۸۹۱۹	۳۸۶۵۸۵	۳۹	جاده سد سنگر	G2	
لومی	۹۴/۸	۱۷/۵	-۷	۴۱۳۱۵۹۰	۴۰۶۶۰۸	۳۹	صفرایسته	G3	
سیلنتی لومی	۹۴/۸	۱۷/۵	-۷	۴۱۳۷۶۱۱	۴۰۷۸۲۹	۳۹	جنگل لاکوژده	G4	
سیلنتی رسی لومی	۹۹/۰	۱۶/۷	۷۸	۴۱۱۰۱۸۵	۳۷۹۹۴۹	۳۹	جاده سراوان- فومن	G5	
سیلنتی رسی لومی	۵۶/۵	۱۷/۴	۲۲	۴۰۴۴۸۳۴	۵۹۶۵۹۹	۳۹	پارک جنگلی نور	M1	هیرکانی مرکزی (مازندران)
سیلنتی رسی لومی	۵۶/۵	۱۷/۴	۱۸	۴۰۴۵۲۹۰	۵۹۷۹۵۲	۳۹	پارک جنگلی نور	M2	
شنی لومی	۱۱۳/۳	۱۷/۱	۳۶۴	۴۰۳۹۹۳۷	۵۲۹۷۳۶	۳۹	جاده چالوس	M3	
سیلنتی رسی	۵۶/۵	۱۷/۴	-۳	۴۰۴۵۸۹۹	۵۹۱۷۷۴	۳۹	دانشگاه محدث نوری	M4	
رسی لومی	۵۶/۵	۱۷/۴	۳۸	۴۰۴۶۸۲۳	۶۱۷۰۷۴	۳۹	محوطه مرکز بذر خزر	M5	
شنی لومی	۴۸/۴	۱۹/۹	۲۸۰	۴۱۱۷۳۴۰	۳۶۰۷۴۹	۴۰	مینودشت	Gol1	هیرکانی شرقی (گلستان)
شنی رسی لومی	۴۷/۰	۱۷/۷	۶۰۲	۴۰۸۶۷۳۸	۳۳۵۴۴۰	۴۰	دره رامیان	Gol2	
شنی لومی	۴۷/۰	۱۷/۷	۴۱۴	۴۰۷۹۴۰۶	۳۱۹۴۴۴	۴۰	دره زرین‌گل	Gol3	
لومی	۴۸/۴	۱۹/۹	۵۰۶	۴۱۳۸۸۳۲	۳۹۵۱۹۷	۴۰	جنگل گلستان	Gol4	
شنی لومی	۴۸/۴	۱۹/۹	۵۵۷	۴۱۳۸۰۱۷	۳۹۸۳۰۹	۴۰	جنگل گلستان	Gol5	

قطر یقه نهال‌ها با کولیس دیجیتال تا دقت $0/01$ میلی‌متر و زاویه‌های برگ توسط تقاله با دقت یک درجه انجام شد. همچنین، وزن خشک برگ‌ها پس از قرار دادن در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای 60 درجه سانتیگراد (Vile *et al.*, 2005) و توزین آن‌ها با ترازوی دیجیتال تا دقت $0/001$ گرم اندازه‌گیری شد. ارتفاع نهال‌ها نیز با شاخص پنج‌متری با دقت $0/01$ متر در پایان فصل رویش (آبان ۱۳۹۸) ثبت شد. در نهایت، سطح ویژه برگ (SLA) از تقسیم سطح هر برگ به وزن خشک همان برگ برحسب متر مربع بر کیلوگرم (Buajan *et al.*, 2018) محاسبه شد.

از نهال‌های متعلق به درختان هر توده در اواسط فصل رویش اول (تیرماه ۱۳۹۸)، پنج برگ بالغ از سمت جنوب و قسمت میانی تاج هر نهال نمونه‌برداری شد (در مجموع ۶۷۵ برگ). سپس، ۱۷ ویژگی ریختی و رویشی برگ (Alimohamadi *et al.*, 2015) به همراه قطر یقه و ارتفاع نهال‌ها اندازه‌گیری شدند (شکل ۱ و جدول ۲). برگ‌ها در شرایط هرباریومی و در دمای حدود 25 درجه سانتیگراد تا زمان اندازه‌گیری نگهداری شدند. اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه سطح‌سنج برگ مدل Gate House AOK 4cht با دقت $0/01$ سانتی‌متر مربع، طول و عرض برگ‌ها و



شکل ۱- روش اندازه‌گیری ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ: (الف) رگبرگ اصلی، (ب) یک سانتی‌متری نوک برگ، (ج) خطی که نوک و پایه برگ را به همدیگر متصل می‌کند، (د) 50% طول برگ، (ه) 25% طول برگ، (و) 10% طول برگ، (ز) زاویه نوک*، (ح) زاویه پایه*، (ث) زاویه بین رگ‌برگ میانی و دومین رگ‌برگ پایینی*، (ج) تعداد رگ‌برگ**، (د) عرض برگ در یک سانتی‌متری نوک، (ه) بیشینه عرض برگ، (و) عرض برگ در 50% درصد طول برگ؛ (ز) عرض برگ در 10% درصد طول برگ، (ح) عمق لوب*، (ث) فاصله بین بیشینه عرض برگ تا پایه، (ج) طول دم‌برگ، (د) طول برگ، (ه) زاویه 25% درصد طول برگ* و (و) زاویه 10% درصد طول برگ*
* اندازه‌گیری زاویه‌ها و عمق لوب از سمت راست روی برگ (سطح بدون کرک) انجام شد. ** رگ‌برگ‌ها با چشم غیرمسلح و تا دومین انشعاب شمارش شدند.

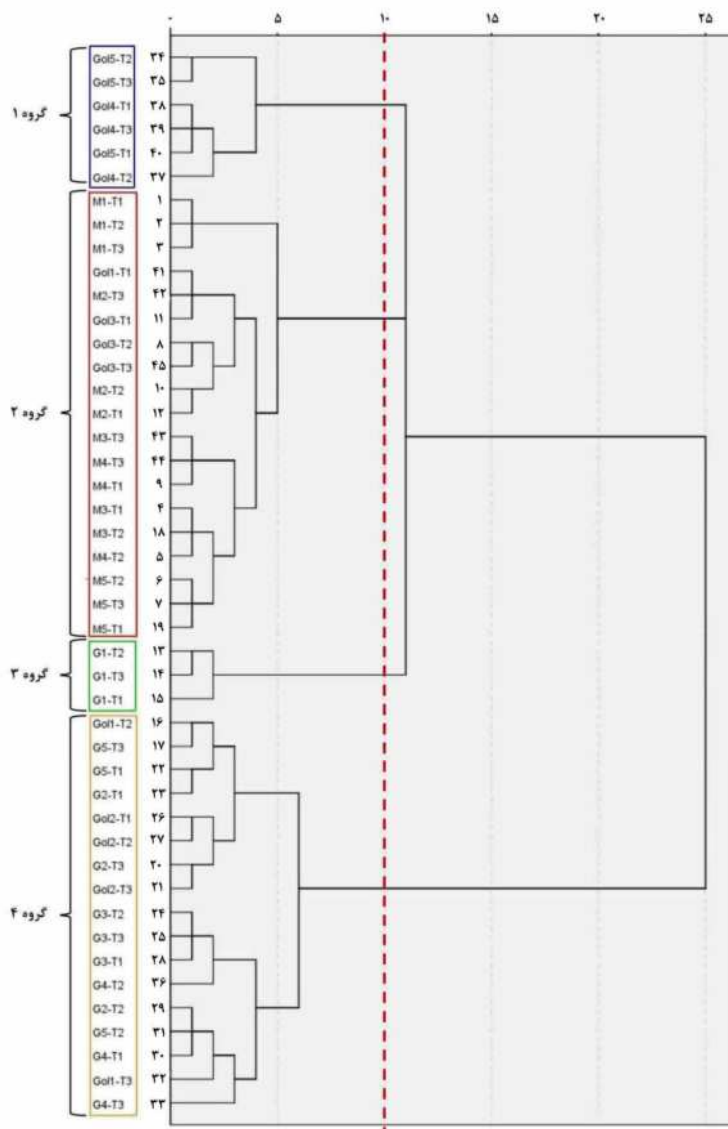
تجزیه و تحلیل داده‌ها

استفاده از متغیرهای استاندارد شده با تقسیم هر ویژگی بر بیشینه آن و ادغام خوشه‌ها براساس روش Ward و معیار فاصله اقلیدسی برای برآورد تشابه بین گروه‌ها انجام شد.

به منظور تجزیه و تحلیل ویژگی‌های ریخت‌شناسی و رویشی ثبت‌شده، تجزیه خوشه‌ای (Cluster analysis) با

دانکن استفاده شد. همچنین، نرمال بودن و همگنی واریانس‌ها در گروه‌های مختلف به ترتیب با آزمون‌های شاپیرو ویلک و لون بررسی شد. در نهایت، متغیرهایی که طبق نتایج مقایسه میانگین، بیشترین مقدار را در هر گروه داشتند، به‌عنوان مشخصه آن گروه در نظر گرفته شدند. تحلیل‌ها در نرم‌افزار SPSS 19 انجام گرفتند.

سپس، معنی‌داری تفاوت هر یک از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و رویشی در بین گروه‌های به‌دست‌آمده از تحلیل خوشه‌ای با آزمون تجزیه واریانس دوطرفه بررسی شد. در این بخش نیز با محاسبه سطح ویژه برگ برحسب متر مربع بر کیلوگرم، این ویژگی بین گروه‌های مختلف مقایسه شد. سطح ویژه برگ به دلیل هم‌خطی با ویژگی‌های دیگر در تحلیل خوشه‌ای وارد نشد. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون



شکل ۲- طبقه‌بندی خوشه‌ای توده- درختان برمبنای فاصله اقلیدسی و روش واردز*

هیرکانی غربی = G؛ هیرکانی مرکزی = M؛ هیرکانی شرقی = Gol؛ درخت = T

* خط چین عمودی در فاصله ۱۰، نشان‌دهنده سطح قطع درختواره می‌باشد که براساس آن چهار گروه تفکیک شده است.

نتایج

تحلیل خوشه‌ای

نتایج تحلیل خوشه‌ای داده‌ها براساس ۱۸ ویژگی ریخت‌شناسی برگ و رویشی نهال متعلق به ژنوتیپ‌های مختلف سفیدپلت نشان داد که غربی‌ترین (G1) و شرقی‌ترین توده‌ها (Gol4 و Gol5) به‌طور کامل از توده‌های دیگر متمایز هستند، به‌طوری‌که نهال‌های حاصل از هر سه درخت این توده‌ها با یکدیگر در خوشه‌های جداگانه‌ای قرار گرفتند (شکل ۲). گروه دو شامل تمام توده‌های هیرکانی مرکزی و برخی توده‌های هیرکانی شرقی (Gol3 و Gol1-T1) است. در گروه چهار، هر سه درخت توده Gol2 همراه با درختان دو و سه از توده Gol1 و همچنین تمام توده‌های ثبت‌شده هیرکانی غربی به‌جز G1 (که به‌صورت جداگانه گروه سه را تشکیل داده است) قرار گرفتند. آمیختگی توده‌های گروه‌های دو و چهار با برخی توده‌های هیرکانی غربی و شرقی نشان می‌دهد که این گروه‌ها از نظر ویژگی‌های مورد مطالعه در بین گروه‌های یک و سه قرار دارند.

مقایسه‌های میانگین گروه‌های حاصل از تحلیل خوشه‌ای تجزیه واریانس دوطرفه داده‌ها حاکی از آن بود که به‌جز زاویه پایه برگ، مجموع ویژگی‌های دیگر در بین گروه‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد داشتند (جدول ۲). همچنین، مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد مطالعه در بین گروه‌های مختلف نشان داد که پهن‌ترین برگ‌ها با بیشترین وزن خشک و بیشترین سطح ویژه برگ متعلق به نهال‌های گروه چهار بودند. از مشخصه‌های گروه یک (پارک ملی گلستان؛ شرقی‌ترین توده‌های جنگل هیرکانی) می‌توان به عمق لوب کم، دم‌برگ کوتاه و به‌طور کلی، ابعاد کوچک اشاره کرد. نوک برگ در نهال‌های گروه سه (رستم‌آباد؛ هیرکانی غربی)، حالت گرد داشت. این ویژگی از مقدار زیاد زاویه نوک و عرض برگ در یک سانتی‌متری نوک مشخص

بود. برگ‌ها در این گروه با ضریب کشیدگی برگ (نسبت عرض برگ در ۵۰ درصد طول برگ به طول برگ) معادل یک به‌طور کامل گرد بودند. کمترین مقدار عمق لوب به نهال‌های همین گروه تعلق داشت. در گروه دو (هیرکانی مرکزی و برخی درختان هیرکانی شرقی) همانند گروه چهار، بیشترین تعداد رگ‌برگ مشاهده شد، بنابراین می‌توان گفت که این دو گروه، درشت‌ترین رگ‌برگ‌ها را داشتند. بیشینه رویش ارتفاعی متعلق به گروه سه بود. بیشترین رشد قطری نیز در این گروه به‌همراه گروه چهار مشاهده شد. کمترین رشد قطری و ارتفاعی مربوط به شرقی‌ترین توده‌های جنگل‌های هیرکانی (گروه یک) بود. رویش قطری و ارتفاعی گروه‌های یک و سه به‌طور کامل در تضاد با یکدیگر بودند و به‌ترتیب کمترین و بیشترین مقدار این ویژگی‌ها را داشتند. با این حال، از نظر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی، شباهت‌هایی در بین آن‌ها مشاهده شد، به‌طوری‌که تعداد رگ‌برگ، عرض در ۱۰ درصد طول برگ، بیشینه عرض برگ و عمق لوب در هر دو گروه، کمترین مقدار را در بین چهار گروه داشتند. هرچند گروه‌های سه و چهار که اغلب از توده‌های هیرکانی غربی بودند و از نظر ویژگی‌های رشد قطری و طول دم‌برگ شبیه هم بودند، اما از نظر ویژگی‌های سطح ویژه و زاویه برگ در ۱۰ و ۲۵ درصد طول برگ به‌طور کامل با یکدیگر اختلاف داشتند، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار این ویژگی‌ها به‌ترتیب در گروه‌های چهار و سه مشاهده شد. همچنین، بیشینه ویژگی‌های سطح برگ، طول برگ، عمق لوب، فاصله بین بیشینه عرض برگ تا پایه، بیشینه عرض برگ و عرض در ۱۰ و ۵۰ درصد طول برگ متعلق به گروه چهار بود، درحالی‌که گروه سه در کنار دیگر گروه‌ها، کمترین مقدار ویژگی‌های مذکور را داشتند که باعث شد این گروه (رستم‌آباد گیلان) به‌طور کامل از گروه چهار متمایز شود (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج آزمون تجزیه واریانس دوطرفه برای ویژگی‌های ریخت‌شناسی و رویشی پرونانس‌های سفیدپلت در خزانه

صفحت معنی‌داری	F	میانگین مربعات	منبع تغییرات	واحد	صفت
/۰۰۰۰	۸۷/۰۲**	۴۶۵۱/۷	گروه		زاویه نوک برگ
/۳۳۸۰	۱/۰۹ ^{ns}	۵۸/۳۹	بلوک	درجه	
		۵۳/۴۵	خطا		
/۷۶۸۰	۰/۳۸ ^{ns}	۳۹/۰۴	گروه		زاویه پایه برگ
/۴۷۰	۰/۷۶ ^{ns}	۷۷/۹۹	بلوک	درجه	
		۱۰۲/۷۸	خطا		
/۰۰۱۰	۵/۸۷**	۴۲۰/۲۷	گروه		زاویه بین رگ‌برگ میانی و دومین رگ‌برگ پایینی
/۴۳۶۰	۰/۸۴ ^{ns}	۵۹/۷۷	بلوک	درجه	
		۷۱/۵۵	خطا		
/۰۰۰۰	۱۰/۳۹**	۳۲/۹۱	گروه		زاویه ۱۰ درصد طول برگ
/۲۳۸۰	۱/۴۵ ^{ns}	۴/۶	بلوک	درجه	
		۳/۱۷	خطا		
/۰۰۰۰	۸/۵۸**	۳۰/۷۸	گروه		زاویه ۲۵ درصد طول برگ
/۰۱۲۰	۴/۶*	۱۶/۵۱	بلوک	درجه	
		۳/۵۹	خطا		
/۰۰۰۰	۱۵/۵۳**	۴۳۹۲/۶۷	گروه		عرض برگ در ۵۰ درصد طول برگ
/۰۳۴۰	۳/۴۷*	۹۸۱/۴۲	بلوک	میلی‌متر	
		۲۸۲/۸۲	خطا		
/۰۰۰۰	۲۴/۸۱**	۵۴۵۵/۱۳	گروه		عرض برگ در ۱۰ درصد طول برگ
/۱۰۲۰	۲/۳۲ ^{ns}	۵۱۰/۹	بلوک	میلی‌متر	
		۲۱۹/۹۱	خطا		
/۰۰۰۰	۳۴/۱۳**	۲۴۴/۸۵	گروه		عرض برگ در یک سانتی‌متری نوک
/۰۶۶۰	۲/۷۷ ^{ns}	۱۹/۹	بلوک	میلی‌متر	
		۷/۱۷	خطا		
/۰۰۰۰	۲۲/۷۱**	۷۲۶۴/۴۹	گروه		بیشینه عرض برگ
/۰۷۷۰	۲/۶۱ ^{ns}	۸۳۵/۳۹	بلوک	میلی‌متر	
		۳۱۹/۸۲	خطا		
/۰۰۰۰	۱۵/۷۵**	۳۶۷۳/۴۸	گروه		طول برگ
/۰۰۹۰	۴/۸۷**	۱۱۳۵/۱۵	بلوک	میلی‌متر	
		۲۳۳/۳۱	خطا		
/۰۰۰۰	۱۷/۶۷**	۱۷۲۱/۵۵	گروه		طول دم‌برگ
/۰۰۲۰	۶/۳۸**	۶۲۱/۵۳	بلوک	میلی‌متر	
		۹۷/۴۵	خطا		
/۰۰۰۰	۱۱/۲۸**	۷۵۷/۹۹	گروه		فاصله بین بیشینه عرض برگ تا پایه
/۰۳۲۰	۳/۵۲*	۲۳۶/۵۷	بلوک	میلی‌متر	
		۶۷/۱۹	خطا		
/۰۰۰۰	۲۹/۶۵**	۱۲۵۳	گروه		عمق لوب
/۱۲۱۰	۲/۱۵ ^{ns}	۹۰/۸۴	بلوک	میلی‌متر	
		۴۲/۲۶	خطا		
/۰۰۰۰	۱۴/۱۷**	۱۳۲۷/۶۲	گروه		تعداد رگ‌برگ
/۰۰۰۰	۱۰/۰۳**	۹۳۹/۸۲	بلوک	تعداد	
		۹۳/۶۹	خطا		
/۰۰۰۰	۲۰/۳**	۵۹۰۵/۲۷	گروه	سانتی‌متر مربع	سطح برگ

سطح معنی داری	F	میانگین مربعات	منبع تغییرات	واحد	صفت
/۰۰۸۰	۵**	۱۴۵۵/۴ ۲۹۰/۹۷	بلوک خطا		
/۰۰۰۰	۱۳/۴۶**	۰/۱۹	گروه		
/۰۹۷۰	۲/۳۸ ^{ns}	۰/۰۳ ۰/۰۱	بلوک خطا	گرم	وزن خشک برگ
/۰۰۲۰	۵/۳۸**	۱۷/۶۸	گروه		
/۰۰۰۰	۸/۲۴**	۲۷/۰۹ ۳/۲۹	بلوک خطا	متر مربع بر کیلوگرم	سطح ویژه برگ
/۰۰۰۰	۱۷/۲۱**	۲۶۳۰۱/۲۸	گروه		
/۰۳۲۰	۳/۵۳*	۵۳۹۳/۲۲ ۱۵۲۸/۲۱	بلوک خطا	سانتی متر	ارتفاع نهال
/۰۰۰۰	۱۲/۴۷**	۱۴۷/۴۵	گروه		
/۱۵۴۰	۱/۹ ^{ns}	۲۲/۴۴ ۱۱/۸۲	بلوک خطا	میلی متر	قطر بقیه

^{ns} غیر معنی دار؛ * معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ** معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد. درجه آزادی برای گروه، بلوک و خطا به ترتیب سه، دو و ۱۲۹ است.

جدول ۳- نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین ویژگی‌های رویشی نهال و ریخت‌شناسی برگ در توده‌های مختلف سفیدپلت بین گروه‌های حاصل از تحلیل

خوشه‌ای

گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	واحد	صفت
b _{۱۵/۲}	a _{۲۳/۹}	b _{۱۴/۴}	b _{۱۶/۱}	میلی متر	عرض برگ در یک سانتی متری نوک
a _{۵۷/۲}	c _{۳۸/۹}	a _{۵۶}	b _{۴۶/۲}	تعداد	تعداد رگ برگ
a _{۱۳۲}	a _{۱۲۹}	a _{۱۳۱}	a _{۱۳۲}	درجه	زاویه پایه برگ
b _{۳۶/۹}	a _{۷۷/۸}	b _{۳۶/۵}	b _{۳۸}	درجه	زاویه نوک برگ
ab _{۸۵/۱}	ab _{۸۹/۷}	b _{۸۲/۳}	a _{۹۰/۹}	درجه	زاویه بین رگ برگ میانی و دومین رگ برگ پایینی
a _{۷۶/۶}	c _{۷۳/۵}	ab _{۷۵/۸}	b _{۷۴/۹}	درجه	زاویه ۱۰ درصد طول برگ
a _{۶۳/۶}	c _{۶۰/۹}	ab _{۶۲/۷}	bc _{۶۱/۶}	درجه	زاویه ۲۵ درصد طول برگ
a _{۸۴}	b _{۶۷}	b _{۶۵/۵}	b _{۵۸/۸}	میلی متر	عرض برگ در ۵۰ درصد طول برگ
a _{۸۳}	c _{۵۳/۲}	b _{۶۵/۳}	c _{۵۵/۴}	میلی متر	عرض برگ در ۱۰ درصد طول برگ
a _{۱۰۴/۵}	c _{۷۲/۴}	b _{۸۴/۳}	c _{۷۱/۱}	میلی متر	بیشینه عرض برگ
a _{۹۱/۷}	b _{۷۰/۱}	b _{۷۵/۶}	b _{۶۹/۴}	میلی متر	طول برگ
a _{۴۶/۷}	a _{۴۳}	b _{۳۷/۸}	c _{۲۸/۲}	میلی متر	طول دم برگ
a _{۳۸/۴}	b _{۳۰/۲}	b _{۳۱/۱}	b _{۲۷/۶}	میلی متر	فاصله بین بیشینه عرض برگ تا پایه
a _{۲۹/۶}	c _{۱۳/۱}	b _{۲۵/۱}	c _{۱۶/۲}	میلی متر	عمق لوب
a _{۶۰/۴}	b _{۳۵/۲}	b _{۳۸/۹}	b _{۳۲/۷}	سانتی متر مربع	سطح برگ
a _{۰/۳۹۹}	b _{۰/۲۸}	b _{۰/۲۷۵}	b _{۰/۲۳۸}	گرم	وزن خشک برگ
b _{۱۰۹/۸}	a _{۱۴۲/۳}	b _{۹۴}	c _{۳۹/۷}	سانتی متر	ارتفاع نهال
a _{۹/۸}	a _{۱۰}	b _{۷/۴}	c _۴	میلی متر	قطر بقیه
a _{۱۵/۵}	c _{۱۲/۶}	ab _{۱۴/۳}	b _{۱۳/۸}	متر مربع بر کیلوگرم	سطح ویژه برگ

حروف انگلیسی متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

بحث

از آنجایی که برگ‌ها به‌طور مستقیم در معرض تغییرات محیط قرار دارند، انتظار می‌رود که واکنش گیاه نسبت به شرایط رویشگاه به‌صورت تنظیم بهینه ریخت‌شناسی و ساختار برگ باشد (Margaris & Mooney, 1981). جمعیت‌های گیاهی متعلق به یک گونه که در شرایط محیطی مختلفی رشد می‌کنند، به فشارهای محیطی متفاوتی واکنش نشان می‌دهند. تنوع محیطی کم می‌تواند سبب کاهش تنوع ریخت‌شناسی بین جمعیتی نسبت به تنوع درون‌جمعیتی شود (Cortan et al., 2015). بررسی *P. angustifolia* در امتداد حوزه پراکنش آن با قلمه‌گیری از درختان مادری در رویشگاه طبیعی و کاشت در شرایط یکسان باغی نشان داد که تفاوت درون‌گونه‌ای از نظر ویژگی‌های اندازه گیاه، رویش و ریخت‌شناسی برگ با دامنه کلی تغییرات اقلیمی در محدوده پراکندگی این گونه منطبق است (Van Nuland et al., 2020).

در پژوهش پیش‌رو با بررسی رویش و ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ نهال‌های حاصل از قلمه با منشأ ۱۵ توده از سراسر جنگل‌های هیرکانی و کشت‌شده در نهالستانی واقع در محدوده مرکزی این جنگل‌ها، چهار گروه مختلف شناسایی شدند. در این بین، استان گلستان (هیرکانی شرقی) با ثبت سه گروه یک، دو و چهار، بیشترین تنوع را داشت. تنوع اقلیمی این منطقه در مقایسه با بخش‌های دیگر جنگل‌های هیرکانی، زیاد است، به‌طوری‌که براساس روش دومارتن، شش اقلیم مختلف برای آن گزارش شده است (Mosaedi et al., 2009). توده‌های منشأ قلمه‌گیری در این پژوهش، بیشتر از آنکه در شیب تغییرات ارتفاعی گسترده شده باشند، پراکنش شرقی- غربی داشتند، بنابراین تنوع ریخت‌شناسی زیاد با وجود وسعت کم در شرق جنگل‌های هیرکانی می‌تواند حاکی از آن باشد که این منطقه در واقع یک مرزبوم (Ecotone) از ناحیه رویشی هیرکانی و ناحیه رویشی ایرانی- تورانی است، به‌طوری‌که در این پژوهش فقط دو گروه یک (جنگل گلستان) و سه (رستم‌آباد گیلان) که به‌ترتیب در شرقی‌ترین و غربی‌ترین نقاط جنگل‌های

هیرکانی قرار دارند، از یکدیگر قابل‌تفکیک بودند و گروه‌های دیگر (محدوده اصلی جنگل‌های هیرکانی) در بین این دو گروه جای گرفتند. تفاوت‌های ریخت‌شناسی و رویشی نهال‌ها در نهالستان را می‌توان در ارتباط با سازگاری توده‌های مادری آن‌ها در عرصه‌های طبیعی تفسیر کرد.

با وجود آنکه بیشترین و کمترین رویش ارتفاعی و قطری به‌ترتیب در گروه‌های سه و یک مشاهده شد، کمینه ویژگی‌های تعداد رگ‌برگ، عرض برگ در ۱۰ درصد طول برگ، بیشینه عرض برگ و عمق لوب متعلق به این دو گروه بودند، بنابراین می‌توان آن‌ها را مشخصه‌های ریخت‌شناسی مناطق مرزی در محدوده پراکنش سفیدپلت در جنگل‌های هیرکانی دانست. مقدار سطح ویژه برگ نیز این تفسیر را تقویت می‌کند. در این پژوهش، کمترین مقدار سطح ویژه برگ به‌ترتیب به گروه‌های سه و یک تعلق داشت. اگر با توجه به نوع آزمایش، سطح ویژه برگ نیز مانند ویژگی‌های دیگر، بیشتر تحت تأثیر ژن ارزیابی شود، مشخص خواهد شد که در موطن اصلی گروه‌های یک و سه برخلاف گروه‌های دیگر، شدت نور زیاد است. بیشترین مقدار سطح ویژه برگ متعلق به گروه چهار شامل توده‌های گیلان به‌جز رستم‌آباد و برخی توده‌های استان گلستان و سپس، گروه دو (مازندران و دره زرین‌گل از استان گلستان) بود. درختان مادری قلمه‌ها در گروه‌های چهار و دو اغلب در داخل توده‌های جنگلی قرار داشتند. از سوی دیگر، با توجه به وضعیت اقلیمی غرب جنگل‌های هیرکانی که بارندگی بیشتر و تعداد روزهای آفتابی کمتری دارد، ویژگی‌های مربوط به اندازه برگ (طول، عرض و سطح برگ) برای آن‌ها بیشتر از گروه‌های دیگر به‌دست آمد. به‌طور کلی، به‌جز توده رستم‌آباد گیلان که در مرز غربی پراکنش طبیعی سفیدپلت قرار دارد، از غرب به شرق از اندازه‌های برگ کاسته شد. این نتایج نشان می‌دهد که دو منطقه رستم‌آباد گیلان در غرب و جنگل گلستان در شرق جنگل‌های هیرکانی در مقایسه با محدوده میانی این جنگل‌ها، بارندگی کمتر و اقلیم خشک‌تری دارند.

وجود تنوع، مشخصه‌ای کلیدی در فرایند سازگاری گونه‌ها با تغییرات محیطی است. هرچه تنوع بیشتر باشد، شانس بقای بلندمدت یک گونه افزایش می‌یابد (Cortan *et al.*, 2015). در پژوهش پیش‌رو با در نظر گرفتن ۱۸ ویژگی ریخت‌شناسی و رویشی، چهار گروه مختلف از بین توده‌های ثبت‌شده سفیدپلت شناسایی شدند که معرف توان زیاد این گونه در سازگاری با شرایط مختلف محیطی است. چنانچه تخریب انسانی در رویشگاه‌های این گونه متوقف شود، می‌توان امید داشت که اثر نامطلوب تغییرات محیطی بر بقای آن، اندک خواهد بود.

به‌طور کلی، بررسی ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی سفیدپلت در این پژوهش حاکی از ارزش حفاظتی بسیار زیاد توده‌های رستم‌آباد گیلان و استان گلستان به‌طور عام (به‌دلیل تنوع زیاد) و جنگل گلستان به‌صورت خاص است. جنگل گلستان، یک منطقه حفاظت‌شده و توده رستم‌آباد به‌عنوان یک ذخیره‌گاه طبیعی، محصور شده است. با این حال، این توده به‌علت عبور بزرگ‌راه رشت - قزوین از میان آن و استفاده تفرجگاهی، در معرض تخریب کامل قرار گرفته است. توصیه می‌شود که به حفاظت از این ذخایر ژنتیکی ارزشمند توجه ویژه شود. همچنین، اگر امکان حفاظت آن‌ها به‌دلیل مشکلات اعتباری در کوتاه‌مدت فراهم نیست، پیشنهاد می‌شود که از بذر و قلمه این توده‌ها نمونه‌گیری شود و در قالب ایجاد باغ‌های بذرگیری و کلکسیون‌ها در محیط‌های تحقیقاتی کاشته شوند. توده‌های مذکور با توجه به تنوع ژنتیکی زیاد می‌توانند مواد اصلاحی ارزشمندی در برنامه‌های تولید کلن‌های پرمحصول صنوبر باشند.

سپاسگزاری

مراحل نمونه‌برداری و کاشت قلمه‌ها که در این پژوهش گزارش شد، در راستای بخشی از پروژه تحقیقاتی "تشکیل باغ مادری سفیدپلت با استفاده از ژنوتیپ‌های منتخب" با شماره ۹۶۰۴۸۰-۰۹۵۵۳-۰۷۶-۰۹-۰۶۰-۱۲۴، مصوب مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور است. نویسندگان از

برخی پژوهشگران، سطح برگ را شاخص قدرتمندی برای ارزیابی تولید در شرایط مختلف محیطی دانسته‌اند (Marron & Ceulemans, 2006). با این حال در این پژوهش، نتایج متفاوتی به‌دست آمد. چنانچه گروه‌های سه و چهار که بیشترین رشد را داشتند، از نظر سطح برگ در دو طبقه میانگین جداگانه جای گرفتند. با توجه به بروز تفاوت معنی‌دار برای این صفت در شرایط به‌نسبت یکسان نهالستان به‌نظر می‌رسد که سطح برگ در قلمه‌های ریشه‌دار یک‌ساله سفیدپلت، بیشتر از آنکه شاخص تولید زی‌توده باشد، نشان‌دهنده سازگاری پایه‌های مادری با شرایط نوری متفاوت است. از این‌رو می‌توان گفت که این ویژگی تا حد زیادی توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود.

نتایج این پژوهش نشان داد که طول دم‌برگ، مشخصه رشد نهال‌های یک‌ساله سفیدپلت است. به‌عبارت دیگر، گروه‌های سه و چهار که بیشترین رشد را داشتند، بیشینه طول دم‌برگ (به‌ترتیب ۴۳ و ۴۷ میلی‌متر) نیز متعلق به آن‌ها بود. برخی پژوهش‌ها با مقایسه کلن‌های مختلف صنوبر گزارش کردند که کلن‌های با طول دم‌برگ و سطح برگ بزرگ‌تر، کارایی بیشتری در جذب نور دارند (Niinemets *et al.*, 2004). همچنین، طول و ضخامت دم‌برگ در قسمت‌های فوقانی تاج صنوبر در مقایسه با بخش‌های پایین‌تر تاج، بیشتر است (Al Afas *et al.*, 2005)، بنابراین استنباط می‌شود که در گروه‌های سه و چهار به‌دلیل کارایی بیشتر فتوسنتز ناشی از جذب بهتر نور، رویش قطری و ارتفاعی زیادتری به‌دست آمد.

نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو نشان داد که ویژگی‌های طول برگ، طول دم‌برگ، عرض برگ در ۵۰ درصد طول برگ، تعداد رگ‌برگ، سطح برگ، سطح ویژه برگ، زاویه ۲۵ درصد طول برگ، فاصله بین بیشینه عرض برگ تا پایه و ارتفاع نهال علاوه بر گروه‌ها در بین بلوک‌ها نیز اختلاف معنی‌دار نشان دادند، بنابراین می‌توان استنتاج کرد که این ویژگی‌ها علاوه بر ژن، تحت تأثیر محیط نیز قرار دارند. این نتیجه‌گیری به‌عنوان یک فرضیه بالقوه می‌تواند در پژوهش‌های آینده بررسی شود.

- Differentiation of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. and *P. pallida* (H. & B. ex. Willd.) H.B.K. using foliar characters and ploidy. *Forest Ecology and Management*, 180(1-3): 153-164.
- Hesami, S.M., Calagari, M. and Ghorbani Kahrizsangi, M., 2019. Study of growth and morphological characteristics of Euphrates poplar (*Populus euphratica* Oliv.) provenances in Shahid Fozveh experimental nursery. *Journal of Forest Research and Development*, 5(3): 483-496 (In Persian).
 - Homaie, M., Mirzaie-Nodoushan, H., Asadiorom, F., Bakhshi-Khaniki, Gh.R. and Calagari, M., 2014. Evaluation of half-sib progenies and their parents of *Populus euphratica* based on their morphologic and micro-morphologic traits. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(4): 768-779 (In Persian).
 - Jalili, A. and Jamzad, Z., 1999. Red Data Book of Iran. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 748p.
 - Keller, S.R., Soolanayakanahally, R.Y., Guy, R.D., Silim, S.N., Olson, M.S. and Tiffin, P., 2011. Climate-driven local adaptation of ecophysiology and phenology in balsam poplar, *Populus balsamifera* L. (Salicaceae). *American Journal of Botany*, 98(1): 99-108.
 - Margaris, N.S. and Mooney, H.A., 1981. Components of Productivity of Mediterranean-Climate Regions Basic and Applied Aspects. Springer, The Hague, 280p.
 - Marron, N. and Ceulemans, R., 2006. Genetic variation of leaf traits related to productivity in a *Populus deltoides* × *Populus nigra* family. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(2): 390-400.
 - Marron, N., Dillen, S.Y. and Ceulemans, R., 2007. Evaluation of leaf traits for indirect selection of high yielding poplar hybrids. *Environmental and Experimental Botany*, 61(2): 103-116.
 - Marvie Mohadjer, M.R., 2005. Silviculture. University of Tehran Press, Tehran, 387p (In Persian)
 - Mosaedi, A., Marashi, M. and Kavakebi, Gh., 2009. Comparison of drought frequency in arid and humid regions (Case study: Golestan Province). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(1-a): 277-290 (In Persian).
 - Niinemets, Ü., Al Afas, N., Cescatti, A., Pellis, A. and Ceulemans, R., 2004. Petiole length and biomass investment in support modify light-interception efficiency in dense poplar plantations. *Tree Physiology*, 24(2): 141-54.
 - Panwar, V.P. and Sharma, R., 2001. Nursery performance of exotic poplars under mid-hill conditions of Himachal Pradesh. *Indian Forester*, 127(1): 44-50.
 - Sabeti, H., 1976. Forests, Trees and Shrubs of Iran.
- همکاری کارکنان ایستگاه تحقیقاتی چمستان در مرحله آماربرداری و ثبت داده‌ها و آقای دکتر محمدحسین صادق‌زاده حلاج در تحلیل آماری سپاسگزاری می‌کنند.
- ### منابع مورد استفاده
- Al Afas, N., Pellis, A., Niinemets, Ü. and Ceulemans, R., 2005. Growth and production of a short rotation coppice culture of poplar. II. Clonal and year-to-year differences in leaf and petiole characteristics and stand leaf area index. *Biomass and Bioenergy*, 28(6): 536-547.
 - Alimohamadi, A., Asadi, F. and Tabaie Aghdaei, R., 2015. Evaluation of growth and morphological parameters in two poplar species (*P. nigra* L. & *P. alba* L.) to tree growth reveal traits related to productivity (Case study in Kermanshah, Zanzan and Esfahan provinces). *Ecology of Iranian Forests*, 3(5): 31-41 (In Persian).
 - Asadi, F. and Ghasemi, R., 2007. Evaluation of rooting success in poplar clones cuttings using different treatments. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(2): 134-143 (In Persian).
 - Asadi, F., Mirzaie-Nodoushan, H. and Mokhtari, J., 2017. Comparison of *Populus caspica* growth behavior and their progenies. *Journal of Forest and Wood Product*, 69(4): 713-723 (In Persian).
 - Buajan, S., Liu, J., He, Z. and Feng, X., 2018. Effect of gap sizes on specific leaf area and chlorophyll contents at the *Castanopsis kawakamii* Natural Reserve Forest, China. *Forests*, 9(11): 682.
 - Čortan, D., Tubić, B., Šijačić-Nikolić, M. and Borota, D., 2015. Variability of black poplar (*Populus nigra* L.) leaf morphology in Vojvodina, Serbia. *Šumarski List*, 139(5-6): 245-252.
 - Donovan, L.A., Maherali, H., Caruso, C.M., Huber, H. and de Kroon, H., 2011. The evolution of the worldwide leaf economics spectrum. *Trends in Ecology and Evolution*, 26(2): 88-95.
 - Eckenwalder, J.E., 1996. Systematics and evolution of *Populus*: 7-32. In: Stettler, R.F., Bradshaw, Jr.H.D., Heilman, P.E. and Hinckley, T.M. (Eds.). *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*. NRC Research Press, Ottawa, 537p.
 - Fallah, H., Tabari, M., Azadfar, D. and Babaie, F., 2012. Investigation of genetic diversity in endangered stands of *Populus caspica* Bormm. of sub-mountain forests in north of Iran. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 19(2): 289-303 (In Persian).
 - Harris, P.J.C., Pasiecznik, N.M., Smith, S.J., Billington, J.M. and Ramirez, L., 2003.

- J.K., 2020. Intraspecific trait variation across elevation predicts a widespread tree species' climate niche and range limits. *Ecology and Evolution*, 10(9): 3856-3867.
- Vile, D., Garnier, É., Shipley, B., Laurent, G., Navas, M.L., Roumet, C., ... and Wright, I.J., 2005. Specific leaf area and dry matter content estimate thickness in laminar leaves. *Annals of Botany*, 96(6): 1129-1136.
 - Wang, Y.F., Ferguson, D.K., Zetter, R., Denk, T. and Garfi, G., 2001. Leaf architecture and epidermal characters in *Zelkova*, Ulmaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 136(3): 255-265.
 - Publication of Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran, 810p (In Persian).
 - Saeedi, Z. and Azadfar, D., 2011. Leaf morphological diversity in three different poplar clones. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(1): 104-118 (In Persian).
 - Soolanayakanahally, R.Y., Guy, R.D., Silim, S.N., Drewes, E.C. and Schroeder, W.R., 2009. Enhanced assimilation rate and water use efficiency with latitude through increased photosynthetic capacity and internal conductance in balsam poplar (*Populus balsamifera* L.). *Plant, Cell and Environment*, 32(12): 1821-1832.
 - Van Nuland, M.E., Vincent, J.B., Ware, I.M., Mueller, L.O., Bayliss, S.L.J., Beals, K.K., ... and Bailey,

Comparison of growth and morphological traits among rooted cuttings of *Populus caspica* Bornm. provenances

P. Ghadiripour¹, M. Akbarinia^{2*}, F. Asadi³, O. Esmailzadeh⁴ and A. Ghamari Zare⁵

1- Ph.D. Student of Silviculture and Forest Ecology, Department of forest science and engineering, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

2*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry and Forest Ecology, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
E-mail: akbarim@modares.ac.ir

3- Associate Prof., Research Division of Natural Resources, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

4- Assistant Prof., Department of Forestry and Forest Ecology, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

5- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 02.09.2020

Accepted: 16.12.2020

Abstract

In a study of growth and morphological differences among *Populus caspica* Bornm., trees within Hyrcanian biogeographical region, 15 stands were selected from which one-year cuttings were cut from three plus-trees in each stand. The cuttings were planted in March 2017 at Chamestan Research Station, and the rooted cuttings were cut from the collar base after one year. Cuttings were separated from the one-year sprouts in the next winter and planted based on Randomized Complete Block Design with three replications. We sampled five leaves of each stand-tree seedling on late June and 17 leaf morphological and growth traits as well as collar diameter and height of the rooted cuttings. Data were analysed by hierarchical cluster analysis, two-way ANOVA and Duncan comparison of means test. Four groups were separated according to cluster analysis, among which rooted cuttings from Golestan province showed the highest morphological diversity. The maximum and minimum collar diameters and height growth were observed in seedlings originated from Rostam-Abad (Guilan province) and Golestan National Park (Golestan province) respectively, yet they were similar in some of their morphological traits like their minimum leaf width at 10% of the total length, maximum leaf width, lobe depth and number of veins, which is presumably due to the location of their mother stands at the border of Hyrcanian and Irano-Turanian regions. Thus, they can be considered as morphological traits of *P. caspica* in the ecotone regions. However, the two regions had a high value for conservation, especially in Rostam-Abad due to high growth rate as well as prominent morphological differences in comparison with the other genotypes. Therefore, they are suggested for being integrated in tree improvement programs in the future.

Keywords: Collar diameter, Hyrcanian forest, leaf traits, poplar, seedling height.