فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۴ شماره ۴، صفحه ۶۸۶-۶۷۵، (۱۳۹۵)

مقایسه ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی برگ در دورگ‌های بین‌گونه‌ای صنوبر

فاطمه طاوسی راد [۱]، عباس قمری‌زارع [۲*]، حسین میرزایی ندوشن [۳] و مریم یوسفی‌فرد [۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور، اصفهان، ایران
۲*- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
پست الکترونیک: ghamari-zare@rifr-ac.ir
۳- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۲۲

چکیده

به‌منظور انجام پژوهش پیش‌رو، تلاقی‌های متعددی بین پایه‌های پده (*Populus euphratica* Oliv.) و کبوده (*Populus alba* L.) در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ انجام شد. از کشت جنین نارس دورگ‌ها در محیط کشت MS برای تولید نهال دورگ‌ها استفاده شد. چندین ویژگی ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی در تعداد زیادی از ژنوتیپ‌های دورگ جدید شش خانواده متفاوت پس از دو سال رویش در مزرعه، در سه تکرار اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شدند تا با ارزیابی قابلیت‌هایی مانند تعداد، طول و زاویه شاخه‌ها، ابعاد برگ و قطر یقه در دورگ‌های به‌دست‌آمده و شناسایی دورگ‌های برتر، تفاوت بین دورگ‌ها با والدین مادری پده یا کبوده نیز ارزیابی شود. خانواده‌ها در بیشتر صفات اختلاف معنی‌داری داشتند. در برخی صفات، تفاوت در درون تلاقی‌ها معنی‌دار شد و نتاج به‌دست‌آمده از دو گروه تلاقی *P. euphratica*×*P. alba* و *P. alba*×*P. euphratica* در دو دسته متمایز قرار گرفتند که نشان‌دهنده اثرات مادری بود. دامنه صفات در نتاج به‌دست‌آمده بسیار گسترده بود. به‌عنوان نمونه در بین تک‌پایه‌های نتاج، ارتفاع نهال‌ها بین ۲۴ تا ۴۲۴ سانتی‌متر متغیر بود. بارزترین اختلاف‌ها در ویژگی‌های روزنه بود. دورگ‌ها با والد مادری پده و کبوده، از نظر برخی از صفات رفتارهای بسیار متفاوتی نشان دادند. در تلاقی‌هایی که پده به‌عنوان گونه مادری استفاده شده بود، میانگین کل تعداد روزنه در سطح زبرین برگ ۱۲۳ عدد در میلی‌متر مربع بود، درحالی‌که در تلاقی‌هایی که کبوده به‌عنوان والد مادری استفاده شده بود، میانگین کل این صفت برابر با ۴/۸ عدد بود. این تنوع می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و معرفی کلن‌های جدید صنوبر استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: پده، دورگ بین‌گونه‌ای، روزنه، ریزریخت‌شناسی، کبوده.

مقدمه

جنس صنوبر (*Populus* L.) از خانواده بیدیان (Salicaceae) دارای ۲۹ گونه متمایز است که تنوع ژنتیکی گسترده‌ای دارد. به‌دلیل سرعت رشد و ویژگی‌های چوب صنوبرها و کاربردهای متعدد آنها، در سال‌های اخیر جنس صنوبر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است و توجه زیادی به تولید دورگ‌های مختلف آن با قابلیت‌های متفاوت معطوف شده است (Eckenwalder, 1996; Krabel *et al.*, 2015). بخش عمده‌ای از نیازهای سلولزی و لیگنوسلولزی امروز جوامع بشری از کشت و کار گونه‌های

مختلف صنوبر تأمین می‌شود. با این‌حال، در شرایط متفاوت اقلیمی، گاهی به ارقامی از درختان جنگلی نیاز است که پژوهشگران ناگزیر هستند به‌دنبال القای تنوع ژنتیکی از طریق تولید دورگ‌های بین‌گونه‌ای و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از بین دورگ‌های به‌دست‌آمده باشند. این رویه تاکنون در بیشتر نقاط دنیا که رویشگاه صنوبر است، پاسخ مساعدی به تلاش‌های پژوهشگران داده است (Chauhan *et al.*, 2004). این تلاش‌ها به‌دلایل دیگری ازجمله پس‌روی ژنتیکی ارقام و کلن‌های موجود از این جنس و همچنین حساس‌شدن دربرابر آفات و امراض گوناگون و به‌اصطلاح شکستن مقاومت آنها در برابر برخی از آفات رایج صنوبرکاری‌ها ضروری شده است. همین‌طور به‌دلیل ظرفیت‌های خوبی که در دورگ‌های بین‌گونه‌ای این جنس وجود دارد، امروزه در بیشتر صنوبرکاری‌های دنیا، از دورگ‌های بین‌گونه‌ای این جنس برای تأمین نیازهای روزافزون به چوب و کاغذ استفاده می‌شود. استفاده از گونه‌های تندرشد مانند صنوبر در تأمین چوب و کاغذ مورد نیاز به‌ویژه در کشور ایران که از پوشش کم‌جنگل برخوردار است، از اولویت‌های اول دستگاه‌های تحقیقاتی و اجرایی مرتبط در کشور است.

پده (*Populus euphratica* Oliv.) و کبوده (*P. alba* L.) از گونه‌های مهم صنوبر در رویشگاه‌های ایران هستند که از نظر ویژگی‌های رویشی و رویشگاهی به‌طور کامل از یکدیگر متمایزند. هریک از این دو گونه به شرایط متفاوت اقلیمی نیاز دارند که در کشور ما وجود دارد. با این‌حال دامنه اکولوژیک این دو گونه و مشخصات ظاهری و کاربری‌های چوب به‌دست‌آمده از این دو گونه متفاوت است؛ به‌نحوی‌که کبوده دارای تنه‌ای استوانه‌ای است که ارزش تجاری چوب آن را دوچندان کرده است. درمقابل پده بیشتر در مناطقی با شرایط اقلیمی گرم و خشک رویش دارد، اما دارای تنه کج و معوجی است که از ارزش آن به‌شدت می‌کاهد. از این‌رو با ایجاد دورگ بین این دو گونه می‌توان به دورگ‌هایی دست یافت که ویژگی‌های مثبت این دو گونه صنوبر را در خود داشته باشد و از این طریق دامنه اکولوژیک گونه مطلوب توسعه می‌یابد. در این راستا تحقیقات مختلفی توسط پژوهشگران در کشور انجام شده است (Jafari Mofidabadi & Joorabchi, 2001). از آنجایی‌که کشور ما دارای تنوع زیادی از نظر شرایط اقلیمی است، توسعه دورگ‌های متعددی که بتوانند در همه عرصه‌های رویشی کشور رویش داشته باشند، در دستور کار پژوهشگران قرار دارد. می‌توان گفت امروزه کشت درختان تندرشد به‌عنوان یکی از راه حل‌های مؤثر در مقابله با تخریب جنگل‌ها قلمداد می‌شود (Tullus *et al.*, 2009). با استفاده از گونه‌های تندرشد، دوره بهره‌برداری از اراضی جنگلی کاهش می‌یابد و خطرات احتمالی ناشی از تغییر اقلیم که بیشتر از گذشته درختان جنگلی را تهدید می‌کند نیز کاهش می‌یابد (Tullus *et al.*, 2012; Seidl *et al.*, 2014).

در زمینه صنوبر و ویژگی‌های ژنتیکی گونه‌های مختلف آن تحقیقات گسترده‌ای در داخل و خارج انجام شده است. ازجمله این تحقیقات می‌توان به مطالعات Jafari Mofidabadi و Joorabchi (۲۰۰۱) درخصوص تولید ژنوتیپ‌های جدید از طریق استفاده از تنوع سوماکلونال، مطالعات Asadi و همکاران (۲۰۰۵a) و Asadi و Mirzaie-Nodoushan (۲۰۱۱) در زمینه بررسی تنوع ژنتیکی و همین‌طور مطالعات Asadi و همکاران (۲۰۰۵b) در خصوص ویژگی‌های ملکولی برخی از گونه‌های صنوبر اشاره کرد. این دسته از تحقیقات به‌طور عمده با این هدف انجام شده‌اند که بتوان از طریق آنها به قابلیت‌های این جنس پی برد و از آن برای تأمین نیازهای امروزی در زراعت چوب بهره گرفت. در مطالعه تنوع در ویژگی‌های موجود در برگ سه گونه صنوبر، Asadi و همکاران (۲۰۰۵a) نتیجه گرفتند که برخی از صفات برگ ارتباط زیادی با تولید دارند و می‌توان از آنها در گزینش غیرمستقیم استفاده کرد. برخی از پژوهشگران ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ را به‌دلیل سادگی و ارزان بودن در مطالعات تنوع ژنتیکی استفاده کرده‌اند و آن را نسبت به روش‌های دیگر از این نظر برتر دانسته‌اند (Saeedi & Azadfar, 2011). صفات متعددی از برگ در *P. nigra* توسط Alimohammadi و همکاران

(۲۰۰۹) بررسی شد که به‌واسطه آن تنوع زیادی در بین ۱۲ توده مورد بررسی مشاهده شد. این پژوهشگران با استفاده از تجزیه خوشه‌ای و با اتکا بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ توانستند توده‌های دو استان مختلف را از یکدیگر تفکیک کنند.

با توجه به این‌که صنوبرها اغلب ازطریق غیرجنسی تکثیر می‌شوند، اساس ژنتیکی گسترده‌ای ندارند. به‌طور کلی تنوع ژنتیکی درون کلن‌های آنها وجود ندارد و تنوع ژنتیکی بین کلن‌ها هم بسته به این‌که منشأ مشترک داشته باشند یا خیر، متغیر است. از این‌رو برخی از پژوهشگران ازجمله Calagari و همکاران (۲۰۱۶)، اقدام به تولید مثل جنسی توسط گونه‌هایی از صنوبر ازجمله پده کرده‌اند تا از این طریق با نوترکیبی‌های جدید، ژنوتیپ‌های متعددی را ایجاد کنند و به‌دنبال ارقام پرتولید و سازگار با شرایط اقلیمی مناطق مورد نظرشان باشند.

در مناطق مختلف جهان نیز تنوع زیادی در ویژگی‌های ریخت‌شناسی گونه‌های مختلف صنوبر ازجمله ویژگی‌های برگ آنها گزارش شده است (Marron *et al.*, 2007) و بخشی از این تنوع نیز دست‌مایه تشخیص گونه‌های مختلف صنوبر از یکدیگر است. ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ توسط Lopez و همکاران (۲۰۰۴) استفاده شد تا تنوع موجود در *P. tremula* ارزیابی شود. پژوهشگران مذکور به این نتیجه رسیدند که برخی از صفات ازجمله تعداد دندانه، طول پهنک و نسبت طول پهنک به طول دمبرگ، نقش زیادی در تفکیک کلن‌ها داشته‌اند. این پژوهشگران نیز صفات مذکور را صفاتی مناسب، ارزان و کارآمد در مطالعه اولیه کلن‌های صنوبر قلمداد کردند. در مطالعه تنوع موجود در صنوبرها، Marron و همکاران (۲۰۰۷) سه گونه صنوبر را مطالعه کردند و در ویژگی‌های برگ و نحوه به‌کارگیری آنها، نتایج فوق را تأیید کردند. این پژوهشگران از ویژگی‌های مختلف برگ صنوبرها در گزینش غیرمستقیم بهره گرفتند و صفاتی مانند شاخص سطح برگ، طول دمبرگ، وزن خشک و شاخص سطح ویژه برگ را مورد مطالعه قرار دادند. در دورگ‌های صنوبرها، دامنه این تنوع گسترش یافته است و امید می‌رود که بتوان از این تنوع، کلن‌های پرمحصول جدیدی را در نقاط مختلف دنیا به بازار تولید عرضه کرد (Smilga *et al.*, 2015). علاوه‌بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، دورگ‌های صنوبر در تولید چوب و خمیر کاغذ نیز بسیار متفاوت از گونه‌های والد عمل می‌کنند (Sable *et al.*, 2013) که لازم است پس از بلوغ و برداشت چوب مورد توجه قرار گیرند.

توانمندی صنوبرها در تولید زیاد چوب، مواد سلولزی به‌دست‌آمده و ویژگی‌های متعدد رویشی آنها است. این ویژگی‌ها هرکدام سهم متفاوتی در فتوسنتز و رشد صنوبرها دارند. برگ‌های صنوبرها تنوع گسترده‌ای را در درون و بین گونه‌های مختلف صنوبر از خود نشان داده‌اند (Marron *et al.*, 2007). ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی آنها نیز مانند ابعاد برگ و حتی تعداد و ابعاد روزنه در برگ، نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان فتوسنتز گیاه دارند. تبادلات گازی، تعرق و بسیاری از واکنش‌های رویشی گیاهان به تعداد روزنه‌ها و ویژگی‌های آنها بستگی دارد. پده از نظر تحمل به شوری و قلیایی بودن خاک و نیز درجه حرارت محیط مقاوم است، اما به‌دلیل کج و معوج و غیراستوانه‌ای بودن تنه آن، ارزش تجاری و صنعتی لازم را ندارد. درمقابل، کبوده مقاومت کمتری به شرایط سخت محیطی دارد، اما تنه‌ای استوانه‌ای با ارزش صنعتی و تجاری زیاد دارد که هم ازنظر ویژگی‌های زیستگاهی و هم از نظر ارزش تجاری و کاربری، آنرا به‌خوبی از پده متمایز کرده است. انتظار می‌رود که دورگ‌های بین این دو گونه، مجموعه‌ای از این صفات را در خود داشته باشند و بتوان ژنوتیپ‌هایی در میان آنها پیدا کرد که صفات مطلوب هر دو گونه را داشته باشد.

پژوهش پیش‌رو به‌دنبال بررسی برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی در تعدادی از دورگ‌های جدید صنوبر است که از طریق تلاقی بین پده و کبوده ایجاد شده‌اند تا با ارزیابی قابلیت‌های موجود در دورگ‌های به‌دست‌آمده، تفاوت بین دورگ‌های به‌دست‌آمده از تلاقی‌های دوگانه *P. alba*×*P. euphratica* و

P. euphratica×*P. alba* (که در تلاقی اول کبوده والد مادری و در تلاقی دوم کبوده والد پدری بود) را نیز ارزیابی کند.

مواد و روش‌ها

در ابتدای اسفند ۱۳۹۰ و اوایل فروردین ۱۳۹۱، تلاقی‌های دوجانبه و متعددی بین پایه‌های مختلف نر و ماده پده و کبوده انجام شد، به‌نحوی‌که دو دسته تلاقی به‌دست آمد. در تلاقی اول کبوده به‌عنوان والد مادری و پده به‌عنوان والد پدری (*P. alba*×*P. euphratica*) استفاده شد و در تلاقی دوم پده به‌عنوان والد مادری و کبوده به‌عنوان والد پدری (*P. euphratica*×*P. alba*) درنظر گرفته شد. برداشت دانه‌های گرده در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی انجام شد و تلاقی‌ها نیز در شرایط مزرعه و ایزوله کردن کامل گل‌آذین‌ها انجام شد. به‌دلیل شرایط خاص جنین، از تکنیک نجات جنین‌های نارس و سپس کشت جنین در محیط کشت MS برای تولید نهال‌های دورگ استفاده شد.

نونهال‌های به‌دست‌آمده از تلاقی‌ها پس از گذراندن یک دوره یک‌ساله به‌مزرعه منتقل شدند و در ردیف‌هایی به فواصل یک متر بین ردیف و روی ردیف کاشته شدند. با مراقبت‌های لازم از نهال‌ها، پس از دو سال رویش در مزرعه در اواخر تابستان ۱۳۹۴، اطلاعاتی از همه نتاج شامل چهار گروه برادران و خواهران تنی از تلاقی *P. alba*×*P. euphratica* و دو گروه برادران و خواهران تنی از تلاقی *P. euphratica*×*P. alba* در سه تکرار گزارش شد و این اطلاعات تجزیه و تحلیل شد. به‌عبارت دیگر در پژوهش پیش‌رو، ۳۰۷ نهال در قالب شش خانواده بررسی شدند.

صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع نهال، قطر یقه، تعداد شاخه‌های فرعی، زاویه شاخه‌ها، طول و عرض برگ‌ها در چهار برگ از هر نهال (که نماینده مناسبی از برگ‌های بالغ نهال‌ها بودند) و سطح متوسط هر برگ (که توسط دستگاه سطح برگ‌سنج از ۱۰ برگ هر نهال اندازه‌گیری شد) بودند. همچنین میانگین تعداد روزنه‌های موجود در یک میلی‌متر مربع از سطح زبرین برگ با استفاده از میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ۴۰ برای شمارش تعداد روزنه‌ها در سه میدان دید از روی سه برگ از هر نهال و طول و عرض روزنه‌های نهال‌ها با بزرگ‌نمایی ۱۰۰ اندازه‌گیری شد.

داده‌ها پس از تأیید نرمال بودن، تجزیه و تحلیل شدند. از نرم‌افزارهای Excel برای داده‌پردازی، SAS برای تجزیه و تحلیل و Jump برای تجزیه خوشه‌ای داده‌ها استفاده شد. با تجزیه واریانس به‌دست‌آمده از تفاوت بین تک‌نهال‌ها، میانگین‌های به‌دست‌آمده نیز با استفاده از روش دانکن دسته‌بندی شدند. دامنه بین کمترین و بیشترین مقدار صفات در بین نتاج گزارش شد. از میانگین داده‌های هر دسته از دورگ‌ها برای تجزیه خوشه‌ای و دسته‌بندی دورگ‌ها براساس همه صفات استفاده شد. در تجزیه خوشه‌ای به‌دلیل تفاوت مقیاس داده‌های گزارش‌شده از صفات مورد مطالعه، ابتدا داده‌ها استاندارد شدند و از یکی از روش‌های سلسله مراتبی یا طبقه‌بندی موسوم به Wards استفاده شد. دسته‌بندی برمبنای فاصله بین گروه‌ها و زیرگروه‌ها انجام شد.

لازم به‌ذکر است که برگ دورگ‌های به‌دست‌آمده از دو دسته تلاقی موصوف، تفاوت‌های زیادی با یکدیگر داشتند. ازجمله این تفاوت‌ها، سطح زیرین برگ در دورگ‌های به‌دست‌آمده از تلاقی‌ها بود که پوشیده از لایه نمدی‌شکلی از کرک بود که به‌طور کامل دورگ‌ها را از این نظر شبیه والد مادری نشان می‌داد. از این‌رو اندازه‌گیری تعداد و ابعاد روزنه‌های سطح بالایی برگ در دورگ‌ها قابل مقایسه بود.

نتایج

نتایج نشان داد که دورگ‌ها به‌جز صفت ارتفاع نهال‌ها، در بقیه صفات با هم اختلافی معنی‌داری نشان دادند. به‌عبارت دیگر تنوع ژنتیکی زیادی در بین و درون دورگ‌ها ایجاد شد که می‌تواند در انتخاب ارقام جدید استفاده شود (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین مربعات به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌های ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی نتاج به‌دست‌آمده از تلاقی‌های بین پده و کبوده

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع نهال	قطر یقه	طول شاخه‌های فرعی	زاویه شاخه‌های فرعی	طول برگ
تکرار	۲	۲۶۹۰۲**	۱۲۰/۱*	۳۸۹^{ns}	۱۸۵^{ns}	۱۶/۲**
دورگ‌ها	۵	۳۵۱۱^{ns}	۱۸۰/۷**	۶۷۸۱**	۱۲۲۷**	۶۶/۱**
خطا	۲۹۹	۳۹۷۵	۳۹/۹	۷۷۳	۷۹	۴/۳
منابع تغییر	درجه آزادی	عرض برگ	سطح متوسط یک برگ	تعداد روزنه روی برگ	طول روزنه	عرض روزنه
تکرار	۲	۱۷/۷^{ns}	۸۰/۴^{ns}	۱۷۱۵*	۴/۷^{ns}	۰/۴**
دورگ‌ها	۵	۱۴۲/۳**	۲۲۰/۹**	۱۱۳۹۹۱**	۸۴۱/۶**	۵۵۱/۹**
خطا	۲۹۹	۸	۲۲/۲	۴۳۴	۶۸/۶	۶۰

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ *معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

دامنه میانگین‌های صفات مطالعه‌شده در فامیل‌ها در دسته‌های مختلفی قرار گرفتند، به‌طوری‌که نه‌تنها تفاوت معنی‌داری بین دسته‌جات تلاقی‌ها مشاهده شد، بلکه در مواردی حتی بین تلاقی‌های درون دو دسته مورد مطالعه نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). به‌عنوان نمونه در صفات قطر یقه، طول شاخه‌های فرعی، زاویه شاخه‌های فرعی از تنه اصلی، طول برگ و همین‌طور تعداد، طول و عرض روزنه‌ها این تفاوت در درون دسته‌های فامیلی معنی‌دار بود و خانواده‌های دورگ به‌دست‌آمده از تلاقی‌های *P. alba*×*P. euphratica* و *P. euphratica*×*P. alba* در دسته‌های مختلف قرار گرفتند.

لازم به‌ذکر است که میانگین‌های دسته‌بندی‌شده صفات، به‌دست‌آمده از تعداد زیادی از نتاج در هر فامیل بود. بدیهی است که دامنه تنوع صفات بین نتاج در درون فامیل‌ها، از آنچه که در جدول ۲ ارایه شده است نیز بیشتر بود (جدول ۳). به‌عنوان نمونه اگرچه دامنه تنوع در میانگین تلاقی‌های دورگ‌های گروه اول (*P. euphratica*×*P. alba*) از نظر صفت ارتفاع نهال بین ۲۳۱ تا ۲۵۹ سانتی‌متر (تفاوت ۲۸ سانتی‌متر) متغیر بود (جدول ۲)، اما همین صفت در نتاج به‌دست‌آمده از تلاقی‌های دورگ‌های گروه دوم (*P. alba*×*P. euphratica*) بین ۲۴ تا ۴۲۴ سانتی‌متر (تفاوت ۴۰۰ سانتی‌متر) تغییر کرد (جدول ۳). به‌همین ترتیب در بقیه صفات نیز دامنه تنوع در بین نتاج بسیار زیاد بود که می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و معرفی کلن‌ها و ارقام جدید مورد استفاده قرار گیرد. بارزترین اختلاف‌ها در ویژگی‌های روزنه بود که تفاوت زیادی بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد.

از آنجایی‌که دورگ‌های با والد مادری پده و کبوده ازنظر برخی از صفات رفتارهای متفاوتی از خود نشان دادند، میانگین صفات در دو دسته دورگ مورد مطالعه به‌صورت جداگانه ارایه شد (جدول ۴). در برخی از صفات مورد مطالعه، میانگین کل و دامنه صفات در دو دسته تلاقی مورد بررسی، بسیار متفاوت بود که حاکی از اثرات مادری در وراثت صفات مورد نظر بود. به‌عنوان نمونه در تلاقی‌هایی که پده به‌عنوان پایه مادری انتخاب شده بود، میانگین کل تعداد روزنه برابر با ۱۲۳ بود و دامنه صفت بین ۳۵ تا ۳۳۵ متغیر بود؛ درحالی‌که در مورد همین صفت در تلاقی‌هایی که کبوده به‌عنوان والد مادری انتخاب شده بود، میانگین کل برابر با ۴/۸ بود و دامنه صفت بین ۳/۳ تا ۱۱/۸ متغیر بود. این تفاوت میانگین کل و دامنه صفات در بین دو دسته تلاقی در صفات طول، عرض و سطح برگ نیز مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۲- دسته‌بندی دورگ‌های مورد مطالعه براساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی با استفاده از آزمون دانکن

دورگ‌ها**	ارتفاع نهال (cm)	قطر یقه (mm)	طول شاخه‌های فرعی (cm)	زاویه شاخه‌های فرعی (درجه)	طول برگ (cm)
Pe1	۲۵۹^{a}*	۲۹/۱^{a}	۸۸^{c}	۵۴/۳^{b}	۱۰/۳^{a}
Pe2	۲۴۱^{a}	۲۳/۲^{c}	۸۵^{c}	۴۵/۶^{c}	۹/۵^{b}
Pa1	۲۳۹^{a}	۲۷/۵^{a}	۱۱۴^{b}	۶۲^{a}	۶/۹^{d}
Pa2	۲۴۸^{a}	۲۶/۴^{ab}	۱۲۱^{a}	۶۳^{a}	۷/۳^{d}
Pa3	۲۳۱^{a}	۲۶/۳^{ab}	۱۰۷^{b}	۶۱/۱^{a}	۷/۱^{d}
Pa4	۲۳۶^{a}	۲۴/۲^{bc}	۱۰۶^{b}	۶۱/۶^{a}	۸^{c}
دورگ‌ها	عرض برگ (cm)	سطح هر برگ (cm^2)	تعداد روزنه سطح رویی	طول روزنه (میکرون)	عرض روزنه (میکرون)
Pe1	۴/۲^{b}	۸/۲^{c}	۱۳۰/۲^{a}	۲۹/۷^{a}	۲۳/۹^{a}
Pe2	۳^{b}	۵/۴^{d}	۱۱۲/۹^{b}	۳۲/۸^{a}	۲۶/۶^{a}
Pa1	۷/۴^{a}	۱۱/۳^{ab}	۴/۹^{c}	۲۰/۴^{c}	۱۶/۴^{c}
Pa2	۷/۹^{a}	۹/۹^{bc}	۴/۷^{c}	۲۵/۲^{b}	۲۰/۸^{ab}
Pa3	۷/۵^{a}	۱۰/۷^{ab}	۴/۷^{c}	۲۳/۹^{cb}	۲۰/۱^{b}
Pa4	۸/۲^{a}	۱۲/۵^{a}	۴/۶^{c}	۲۱/۴^{cb}	۱۷/۷^{bc}

حروف انگلیسی متفاوت در ستون، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

**: Pe1 و Pe2 دورگ‌های گروه اول (*P. euphratica*×*P. alba*) و Pa1 تا Pa4 دورگ‌های گروه دوم (*P. alba*×*P. euphratica*) هستند.

جدول ۳- دامنه تنوع موجود در درون نتاج به‌دست‌آمده از تلاقی بین پده و کبوده

صفت	میانگین کل (cm)	انحراف معیار	کمینه (cm)	بیشینه (cm)
ارتفاع نهال (cm)	۲۴۱/۲	۶۴/۲	۲۴	۴۲۴
قطر یقه (mm)	۲۶/۱	۶/۵	۸/۶	۴۶/۵
طول شاخه‌های فرعی (cm)	۱۰۸	۲۹/۵	۶/۲	۲۹۰/۲
زاویه شاخه‌های فرعی (درجه)	۶۰/۲	۹/۹	۲۰	۸۵
طول برگ (cm)	۷/۸	۲/۳	۲/۴	۱۸/۸
عرض برگ (cm)	۷/۱	۳/۲	۱	۳۹/۷
سطح یک برگ (cm^2)	۱۰/۷	۵/۱	۱/۶	۲۵/۴
تعداد روزنه (در هر mm^2)	۲۳/۲	۴۷/۹	۳/۳	۳۳۵/۴
طول روزنه (میکرن)	۲۳/۵	۹	۹/۶	۵۴/۴
عرض روزنه (میکرن)	۱۹/۲	۸/۲	۶/۴	۴۴/۸

جدول ۴- دامنه تنوع موجود در درون نتاج به‌دست‌آمده از تلاقی بین دو گونه به‌تفکیک والدین مادری پده و کبوده

صفت	میانگین کل (cm)	انحراف معیار	کمینه (cm)	بیشینه (cm)
P. euphratica×*P. alba*				
ارتفاع نهال (cm)	۲۵۱/۹	۶۱/۴	۱۱۴	۳۹۳
قطر یقه (mm)	۲۶/۶	۸/۲	۸/۷	۴۶/۵
طول شاخه‌های فرعی (cm)	۸۶/۹	۱۹/۸	۵۶/۲	۱۳۸
زاویه شاخه‌های فرعی (درجه)	۵۰/۶	۱۰/۳	۲۰	۷۰/۳
طول برگ (cm)	۱۰	۱/۵	۴/۷	۱۳/۶
عرض برگ (cm)	۳/۷	۱/۴	۱	۷/۴
سطح برگ (cm^2 در هر برگ)	۷	۲/۷	۱/۷	۱۳/۶
تعداد روزنه (در هرmm^2)	۱۲۳	۵۳	۳۵	۳۳۵/۴
طول روزنه (میکرون)	۳۱	۱۰/۸	۹/۶	۵۴/۴
عرض روزنه (میکرون)	۲۵	۱۰/۵	۶/۴	۴۴/۸
P. alba×*P. euphratica*				
ارتفاع نهال (cm)	۲۳۹/۲	۶۴/۳	۲۴	۴۲۴
قطر یقه (mm)	۲۶	۶/۲	۱۰/۴	۴۱/۵
طول شاخه‌های فرعی (cm)	۱۱۱/۹	۲۹/۳	۶/۲	۲۹۰/۲
زاویه شاخه‌های فرعی (درجه)	۶۱	۸/۸	۳۵	۸۵
طول برگ (cm)	۷/۴	۲/۲	۲/۴	۱۸/۸
عرض برگ (cm)	۷/۸	۳	۱/۸	۳۹/۷
سطح برگ (cm^2 در هر برگ)	۱۱/۴	۵/۱	۲/۷	۲۵/۴
تعداد روزنه (در هرmm^2)	۴/۸	۱/۵	۳/۳	۱۱/۸
طول روزنه (میکرون)	۲۲/۱	۷/۹	۹/۶	۴۸
عرض روزنه (میکرون)	۱۸/۱	۷/۳	۶/۴	۳۸/۴

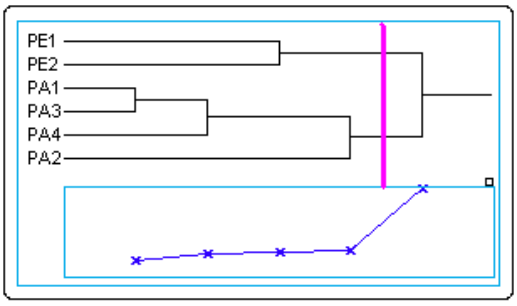
براساس نتایج، همبستگی بسیار زیادی بین بیشتر صفات مشاهده شد (جدول ۵). به‌عنوان نمونه، طول برگ با همه صفات مورد مطالعه در سطح زیادی همبستگی مثبت نشان داد. نکته قابل توجه همبستگی منفی بین عرض برگ و ویژگی‌های روزنه بود که این همبستگی بین عرض برگ و تعداد روزنه در سطح اطمینان ۹۹ درصد هم معنی‌دار بود، اما همبستگی این صفت با طول و عرض روزنه اگرچه منفی بود، اما ازنظر آماری معنی‌دار نشد. زاویه شاخه‌های فرعی با تنه اصلی نیز با ویژگی‌های روزنه در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد همبستگی معنی‌داری نشان داد.

جدول ۵- ضریب‌های همبستگی بین صفات مورد مطالعه در دورگ‌های به‌دست‌آمده از تلاقی بین دو گونه صنوبر (پده و کبوده)

صفت	ارتفاع نهال	قطر یقه	طول شاخه‌های فرعی	زاویه شاخه‌های فرعی	طول برگ	عرض برگ	سطح برگ	تعداد روزنه	طول روزنه
قطر یقه	۰/۵**								
طول شاخه‌های فرعی	۰/۳۵**	۰/۴۵**							
زاویه شاخه‌های فرعی	۰/۰۷ns	۰/۱۹**	۰/۱۶*						
طول برگ	۰/۲۶**	۰/۱۹**	۰/۱۱*	-۰/۱۵**					
عرض برگ	۰/۲**	۰/۱۹**	۰/۳۳**	۰/۲۳**	۰/۳۱**				
سطح برگ	۰/۲۵**	۰/۲۶**	۰/۳۵**	۰/۲۲**	۰/۱۵*	۰/۲۷**			
تعداد روزنه	۰/۰۴ns	۰/۰۴ns	-۰/۲۷**	-۰/۳۳**	۰/۳۷**	-۰/۳۹**	۰/۲۵**		
طول روزنه	۰/۱۷**	۰/۱۴*	۰/۰۱ns	-۰/۱۶*	۰/۲۴**	-۰/۰۶ns	۰/۱ns	۰/۲۱**	
عرض روزنه	۰/۱۴*	۰/۱۲*	۰/۰۱ns	-۰/۱۴*	۰/۲۱**	-۰/۰۲ns	۰/۰۹ns	۰/۱۶*	۰/۹۶**

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

با وجود تفاوت‌های مشاهده‌شده بین خانواده‌های مطالعه‌شده و نیز با توجه به وجود همبستگی‌های زیادی که تشریح شد، تجزیه خوشه‌ای در دسته‌بندی آنها استفاده شد (شکل ۱). فامیل‌های به‌دست‌آمده از تلاقی‌هایی که در آنها پده به‌عنوان والد مادری استفاده شده بود (Pe1 و Pe2)، در یک دسته متمایز از بقیه قرار گرفتند و فامیل‌های دیگر در دسته دیگری متمرکز شدند.



شکل ۱- دندروگرام به‌دست‌آمده از دسته‌بندی خانواده‌های مورد مطالعه دورگ‌های بین‌گونه‌ای صنوبرهای پده و کبوده (**Pe1** و **Pe2** دورگ‌های گروه اول (***P. euphratica*×*P. alba***) و **Pa1** تا **Pa4** دورگ‌های گروه دوم (***P. alba*×*P. euphratica***) هستند)

بحث

با توجه به افزایش جمعیت انسانی و نیاز روزافزون به چوب و کاغذ و مواد لیگنوسلولزی از یک‌سو و کاهش سطح زیر پوشش جنگل‌ها از سوی دیگر، جوامع مختلف بشری ناگزیر به استفاده از ظرفیت‌های نهفته گونه‌های درختان تندرشد ازجمله صنوبرها هستند. بخشی از این ظرفیت‌ها در دورگ‌های بین‌گونه‌ای نهفته است که به‌سهولت قابل دسترسی است؛ به‌شرط آن‌که موانع انجام تلاقی‌های بین‌گونه‌ای برطرف شوند و از بین تنوع ژنتیکی ایجادشده، ژنوتیپ‌های برتر به‌درستی شناسایی شوند. در پژوهش پیش‌رو، با انجام تلاقی‌های بین پده و کبوده، ژنوتیپ‌های متعددی از دورگ‌های به‌دست‌آمده از نظر برخی از صفات

ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی (که نقش زیادی در تعیین عملکرد رویشی صنوبر دارند) ارزیابی شدند. دورگ‌های مورد مطالعه از نظر بیشتر صفات تفاوت معنی‌داری باهم داشتند. در مطالعات پژوهشگران دیگر نیز این تفاوت‌ها در میان گونه‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر گزارش شده است (Chauhan, *et al.*, 2004; Asadi, *et al.*, 2005a; Marron, *et al.*, 2007). اختلاف معنی‌دار بین دورگ‌ها، اعم از اختلاف بین میانگین فامیل‌ها یا اختلاف بین تک‌پایه‌های نتاج در درون فامیل‌ها ازنظر صفاتی مانند ارتفاع نهال، طول و عرض برگ و قطر ساقه، حاکی از قابلیت این مجموعه نتاج در شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از کلن‌های موجود تجاری و رایج پده و کبوده است. افزایش طول و عرض برگ در دورگ‌ها به افزایش سطح برگ منجر می‌شود که به دنبال آن می‌تواند فتوسنتز را در گیاه افزایش دهد. این نتیجه در مطالعات Homaie و همکاران (۲۰۱۴) در مورد تعدادی از نتاج ناتنی پده و والدین آنها نیز به‌دست آمد. به‌عبارت دیگر، در تحقیق مذکور، با القای تولید مثل جنسی در پده و افزایش سطح برگ در نتاج به‌دست‌آمده، امکان افزایش فتوسنتز و افزایش تولید فراهم شد. در پژوهش پیش‌رو نیز که تلاقی بین پده و کبوده انجام شد و نتاج مورد مطالعه دورگ بین‌گونه‌ای بودند، افزایش تولید ناشی از افزایش قابلیت‌هایی مانند فتوسنتز محتمل‌تر بود.

دامنه گسترده صفات مورد مطالعه نشان‌دهنده بروز ظرفیت‌های جدید در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. تنوع موجود در برخی از صفات مورد مطالعه، در تحقیقات پژوهشگران دیگر نیز مورد توجه قرار گرفته است و حتی در مواردی برای تشخیص و تفکیک گونه‌ها نیز به‌کار رفته است. در همین رابطه، Marron و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی نتیجه گرفتند که حتی کلن‌های مختلف از یک گونه را نیز می‌توان با استفاده از تنوع موجود در برگ‌های آنها از یکدیگر تفکیک کرد. در پژوهش پیش‌رو نیز برخی از صفات مورد مطالعه به‌خوبی این قابلیت را تأیید کردند. به‌عبارت دیگر در درون دو سری از تلاقی‌های انجام‌شده (به‌عنوان مثال در بین نتاج به‌دست‌آمده از تلاقی‌های *P. euphratica*×*P. alba* نیز تفاوت‌های صفاتی مانند ابعاد برگ و زاویه شاخه‌ها از تنه اصلی، به‌خوبی نتاج را از یکدیگر متمایز کرد. اگرچه تفاوت بین دورگ‌ها در بیشتر صفات آشکار شد، اما باید تأکید کرد که خطای آزمایشی در این طرح آزمایشی، فقط ناشی از خطاهای رایج آزمایشی نبود. به‌عبارت دیگر از آنجایی‌که در هر واحد آزمایشی، بیشتر از یک نهال از نتاج مطالعه شد، بخشی از خطای آزمایشی ناشی از تفاوت ژنتیکی بین نهال‌های درون هر واحد آزمایشی است که به‌حساب خطا گذاشته می‌شود. در هر صورت رفتارهای رویشی ژنوتیپ‌های جدید اهمیت زیادی دارد و بسیاری معتقدند که قابلیت‌های برخی از گونه‌ها هنوز به‌طور کامل شناسایی نشده است و ظرفیت‌های رویشی زیادی به‌صورت نهفته در این گونه‌ها وجود دارد که باید به‌کار گرفته شود (Christersson, 2005).

تفاوت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر زاویه شاخه با تنه اصلی و وضعیت شاخه‌بندی نیز قابل توجه بود. براساس تجربیات پژوهشگران دیگر، وضعیت شاخه‌بندی در درختان تندرشد در سال‌های اولیه رشد آشکار می‌شود، هرچند تعداد شاخه‌ها و شاخه‌بندی در پنج سال اول رشد به‌طور دقیق‌تر قابل تشخیص خواهد بود. تعداد و زاویه شاخه‌های درختان تندرشد با تنه اصلی ازجمله صفات مهمی هستند که کیفیت چوب این گونه‌ها را تعیین می‌کنند. به‌عبارت دیگر، هرچه درختان شاخه‌های بیشتری داشته باشند و زاویه شاخه‌ها با تنه اصلی بازتر باشد، کیفیت چوب آنها کاهش می‌یابد (Calagari, 2014; Calagari *et al.*, 2016).

تفاوت زیادی از نظر تعداد و ابعاد روزنه در کلن‌های مورد مطالعه مشاهده شد که از نظر آماری این اختلاف‌ها معنی‌دار بود. بر اساس گزارش Pearce و همکاران (۲۰۰۵)، این اختلاف در درون و بین گونه‌های مختلف صنوبر به‌وضوح قابل مشاهده است. علاوه‌بر تفاوت معنی‌دار گونه‌های صنوبر از نظر ویژگی‌های روزنه‌ها، ضریب هدایت روزنه‌ای نیز بین این گونه‌ها متفاوت است که می‌تواند موجب تفاوت در میزان فتوسنتز ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شود (Pearce *et al.*, 2005). همچنین احتمال دارد که لایه

نمدی سطح زیرین دورگ‌های گروه دوم (*P. alba*×*P. euphratica*) نقشی در تبادلات گازی و تأمین نیازهای فتوسنتزی گیاه داشته باشد. به‌عبارت دیگر با نوع عمل خود، کاهش روزنه‌ها را از نظر عملکردی جبران کند. همچنین تراکم روزنه در برگ یکی از مواردی است که در میزان کارآیی مصرف آب به‌شدت دخیل است (Nilson & Assmann, 2007). به‌عبارت دیگر، تراکم بیشتر روزنه ممکن است میزان مصرف آب را نیز افزایش دهد. تعداد روزنه‌ها در سطح زبرین برگ صنوبر در پرونانس‌های مختلفی که توسط Calagari و همکاران (۲۰۱۴) در ایستگاه تحقیقاتی البرز کرج مطالعه شد، در طبیعت و ایستگاه با یکدیگر اختلاف زیادی را نشان دادند. با این‌حال میانگین این صفت در پژوهش پیش‌رو با نتایج تحقیق نامبردگان تطابق نسبی دارد و تفاوت‌های مشاهده‌شده می‌تواند ناشی از اختلاف سن درختان، اختلاف شرایط محیطی و یا محل برداشت برگ از روی درخت باشد.

لازم به‌ذکر است که در درختان جنگلی، تفاوت بین تک درختان در سنین جوانی به‌طور کامل آشکار نمی‌شود (Espahbodi *et al.*, 2008; Mirzaie-Nodoushan, 2015). از این‌رو انتظار می‌رود که در سال‌های آینده، اختلاف بین دورگ‌ها از این مقدار هم بیشتر شود. از نظر زاویه شاخه‌های فرعی، خانواده‌های مورد مطالعه به سه دسته متمایز دسته‌بندی شدند که براساس این دسته‌بندی، دورگ‌های با والدین مادری کبوده، زاویه بازتری داشتند. به‌عبارت دیگر ازنظر میانگین خانواده‌ها، دامنه زاویه شاخه‌ها بین ۴۵/۶ تا ۶۳ درجه متغیر بود (جدول ۲)، اما با توجه به اطلاعات مربوط به نتاج در درون خانواده‌ها، زاویه شاخه‌ها با تنه اصلی بین ۲۰ تا ۸۵ درجه متغیر بود (جدول ۳). نکته قابل توجه در همبستگی دوگانه صفات این بود که در پژوهش پیش‌رو اگرچه صفت زاویه شاخه‌های فرعی با تنه اصلی، با صفت ارتفاع نهال همبستگی معنی‌داری نشان نداد، اما همبستگی آن با قطر یقه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). این همبستگی مثبت به‌نوعی انجام وظیفه را برای به‌نژادگران مشکل‌تر می‌کند. به‌نحوی‌که، هم‌زمان با گزینش ژنوتیپ‌هایی که رشد بهتر و یقه قطورتری دارند، تا اندازه‌ای ژنوتیپ‌های دارای زاویه باز شاخه نیز گزینش می‌شوند.

References

- Alimohammadi, A., Asadi, F., Adeli, E., Tabaei-Aghdaei, S.R. and Mataji, A., 2009. Using morphological traits for identification of *Populus nigra* stands in Kermanshah and Zanjan provinces of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17: 369-381 (In Persian).
- Asadi, F. and Mirzaie-Nodoushan, H., 2011. Evaluation of different treatments in sexual reproduction of *Populus caspica* Bornm. for broadening its genetic basis in the nature of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19: 441-452 (In Persian).
- Asadi, F., Mirzaie-Nodoushan, H., Modir-Rahmati, A.R. and Naderishahab, M.A., 2005a. Identification of poplar clones using morphological markers. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 12: 267-300 (In Persian).
- Asadi, F., Naderishahab, M.A. and Mirzaie-Nodoushan, H., 2005b. Identification and genetic diversity of *Populus* species clones using microsatellite marker. Pajouhesh & Sazandegi, 66: 45-55 (In Persian).
- Calagari, M., 2014. Investigation of genetic variation between *Populus euphratica* clones and production of seed born seedlings from superior genotypes. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 45p (In Persian).
- Calagari, M., Jalili, A., Abbas Azimi, R. and Salehi Shanjani, P., 2014. Environmental effects on leaf morphology traits in the *Populus euphratica* Oliv. provenances of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22: 369-380 (In Persian).
- Calagari, M., Modirrahmati, A.R., Mirzaie Nodoushan, H. and Asadi, F., 2016. Growth characteristics of *Populus euphratica* seedlings trees in Research Station of Alborz, Karaj. Iranian Journal of Forest, 7: 471-485 (In Persian).
- Chauhan, N., Negi, M.S., Sabharwal, V., Khurana, D.K. and Lakshmikumaran, M., 2004.

Silvae Genetica, 53(5-6): 227-233.
- 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: 103-116.
- Mirzaie-Nodoushan, H., 2015. Forests Trees Seed Orchard. University of Tehran Press, Tehran, 297p (In Persian).
- Nilson, S.E. and Assmann, S.M., 2007. The control of transpiration, insights from Arabidopsis. Plant Physiology, 143: 19-27.
- Pearce, D.W., Millard, S., Bray, D.F. and Rood, S.B., 2005. Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. Tree Physiology, 26: 211-218.
- Sable, I., Grinfelds, U., Zeps, M., Irbe, I., Noldt, G., Jansons, A., Treimanis, A. and Koch, G., 2013. Chemistry and kraft pulping of seven hybrid aspen clones, Dimension measurements on the vessels and UMSP of the cell walls. Holzforschung, 67(5): 505-510.
- Saeedi, Z. and Azadfar, D., 2011. Leaf morphological diversity in three different poplar clones. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19: 104-118 (In Persian).
- Seidl, R., Schelhaas, M.J., Rammer, W. and Verkerk, P.J., 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. Nature Climate Change, 4: 806-810.
- Smilga, J., Zeps, M., Sisenis, L., Kalnins, J., Adamovics, A. and Donis, J., 2015. Profitability of hybrid aspen breeding in Latvia. Agronomy Research, 13: 430-435.
- Tullus, A., Rytter, L., Tullus, T., Weih, M. and Tullus, H., 2012. Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L.×*P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe. Scandinavian Journal of Forest Research, 27: 10-29.
- Tullus, A., Tullus, H., Soo, T. and Pärn, L., 2009. Above-ground biomass characteristics of young hybrid aspen (*Populus tremula* L.×*P. tremuloides* Michx.) plantations on former agricultural land in Estonia. Biomass and Bioenergy, 33: 1617-1625.

Screening inter-specific hybrids of *Populus* (*P. ciliate*×*maximowiczii*) using markers. Theoretical and Applied Genetics, 108: 951-957.
- Christersson, L., 2005. Biomass production of intensively grown poplars in the southernmost part of Sweden: Observations of characters, traits and growth potential. Biomass and Bioenergy, 30: 497-508.
- 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. Part I, Chapter 1. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Canada, 78p.
- Espahbodi, K., Mirzaie-Nodoushan, H., Tabari, M., Akbarinia, M., Dehghan-Shuraki, Y. and Jalali, S.G., 2008. Genetic variation in early growth characteristics of two populations of wild service tree (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) and their interrelationship. Silvae Genetica, 57: 340-348.
- Homaie, M., Mirzaie-Nodoushan, H., Asadicorom, 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: 768-779 (In Persian).
- Jafari Mofidabadi, A. and Joorabchi, E., 2001. Evaluation of genetic variation in new somaclonal genotypes of *Populus euphratica.* Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 7: 27-40 (In Persian).
- Krabel, D., Meyer, M., Solger, A., Muller, R., Carvalho, P. and Foulkes, J., 2015. Early root and aboveground biomass development of hybrid poplars (Populus spp.) under drought conditions. Canadian Journal of Forest Research, 45: 1289-1298.
- Lopez, D.H., Sierra, U.R. and Cristobal, M.D., 2004. A comparison of isozyme and morphological markers to assess the within population variation in small populations of European aspen (*Populus tremula* L.) in Spain.

Evaluation of poplar inter-specific progenies based on their morphologic and micro-morphologic traits

F. Tavousi Rad [1], A. Ghamari Zare [2*], H. Mirzaie-Nodoushan [3] and M. Usefifard [4]

1- M.Sc. Student, Payame Noor University, Isfahan, Iran

2*- Corresponding author, Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: ghamari-zare@rifr-ac.ir

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

4- Assistant Prof., Faculty of Environment and Natural Resources, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 02.12.2015 Accepted: 12.03.2016

Abstract

In this study, numerous crosses were initially performed between male and female parents of two poplar species, *P. euphratica* Oliv. and *P. alba* L.. Aseptic immature hybrid embryos were cultured on MS medium to produce hybrid seedlings. Several morphologic and micro-morphologic characteristics of a great number of three year-old seedlings of new genotypes based on six half-sib families were recorded with three replications, with the aim to assess possible potentials of the hybrids between the two species. An additional goal was to compare the hybrids of *P. alba* as either male or female parents. Analysis of variance revealed significant differences between the families. Two crossings, *P. alba*×*P.euphratica* and *P. euphratica*×*P. alba*, formed two distinct groups for some of the characteristics which partially implied maternal effects of inheritance on the traits. Range of the attributes was significantly wide, as for example the progenies varied between 24 and 424 cm of height. The most noticeable difference was observed on stomata characters. The hybrids with the two species as their female parent showed significantly different behaviors on several traits. The total average of leaf upper side stomata number was 123 for the crosses with *P. euphratica* as female parent, whereas the value was 4.8 in the crosses with *P. alba* as female parent. The variation might be beneficial is selecting superior genotypes to introduce new poplar varieties.

Keywords: Inter-specific hybrids, micro-morphologic traits, *Populus alba*, *P. euphratica*, stomata.