

ارزیابی تغییرات ژنتیکی در برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی در بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)

رقیه ذوالفقاری^{۱*}، خالد کریمی حاجی پمق^۲ و پیام فیاض^۳

*- نویسنده مسئول مکاتبات، استادیار، دانشکده کشاورزی و پژوهشکده منابع طبیعی و زیست محیطی دانشگاه یاسوج

پست الکترونیک: zolfaghari@mail.yu.ac.ir

۲- کارشناس ارشد، جنگلداری، دانشگاه یاسوج

۳- استادیار، دانشکده کشاورزی و پژوهشکده منابع طبیعی و زیست محیطی دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۰۶

چکیده

تنوع ژنتیکی صفات کمی عامل اصلی بروز اثر متقابل بین جمعیت‌های طبیعی و محیطشان می‌باشد که می‌توان با مطالعه آن برنامه‌های اصلاحی گونه‌های مختلف را با موفقیت بیشتر انجام داد. در این تحقیق، بذرهاي ۶۰ درخت مادری گونه بلوط ایرانی از عرض‌ها و ارتفاعات مختلف جنگل‌های زاگرس جمع‌آوری و در عرصه تحقیقاتی یاسوج کاشته شدند. سپس برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی مانند عملکرد فتوسنتز II، سطح و وزن برگ، سطح مخصوص برگ و محتوای آب‌نسبی بر روی نهال‌های دوساله آنها اندازه‌گیری شد. پارامترهای مختلف ژنتیکی مانند وراثت‌پذیری، ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی و درصد واریانس در سطح کل پرووانس‌ها و نیز در هر پرووانس به صورت جداگانه محاسبه گردید. نتایج نشان داد که صفاتی مانند عملکرد فتوسنتز II، سطح و وزن برگ و محتوای آب نسبی در سطح پرووانس و درخت مادری اختلاف معنی‌دار با یکدیگر داشتند و نیز وراثت‌پذیری آنها بالا و بین ۰/۸ تا ۱ بود. اما سطح مخصوص برگ دارای وراثت‌پذیری صفر بود. همچنین بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی مربوط به عملکرد فتوسنتز II با میزان ۷۵/۸ درصد و ۰/۸ بود. بررسی وراثت‌پذیری هر یک از صفات در سطح پرووانس نشان داد که وراثت‌پذیری کلیه صفات اندازه‌گیری شده بجز محتوای آب نسبی در پرووانس‌های مختلف متفاوت است و نمی‌توان از یک صفت خاص برای گزینش زود هنگام در پرووانس‌های مختلف جنگل‌های زاگرس استفاده نمود. اما اندازه‌گیری همزمان سطح، وزن خشک و وزن اشباع برگ می‌تواند به ما در گزینش برای داشتن نتایج با رویش و زنده‌مانی بالاتر در سطح زاگرس کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: احیاء، زاگرس، صفات مورفوفیزیولوژیکی، وراثت‌پذیری.

مقدمه

خاکی مختلف در تمام جنگل‌های زاگرس پراکنش دارد. اما امروزه به دلیل تغییرات اقلیم و گرم شدن دمای کره زمین و خشکسالی‌های ممتد، به خصوص در مناطق

گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) به دلیل انعطاف‌پذیری و سازگاری بالای آن به شرایط اقلیمی و

بستگی به تغییرات ژنتیکی و کوواریانس آن ویژگی‌ها در داخل جمعیت‌ها دارد، همان‌طور که در یک محیط خاص، انتخاب طبیعی روی آن ویژگی‌ها اثر دارد (Lynch & Walsh, 1998; Geber & Griffen, 2003). از طرف دیگر صفات مورفوفیزیولوژیک به دلیل نقش مهمی که بر فرایندهایی از قبیل جذب دی‌اکسیدکربن و از دست دادن آب دارند، در رویش و زنده‌مانی نهال‌ها به‌خصوص در مناطق خشک مانند جنگل‌های زاگرس مؤثرند. اما تاکنون استفاده از این صفات در برنامه‌های اصلاحی درختان جنگلی کمتر استفاده شده است. در واقع استفاده از پارامترهای مورفوفیزیولوژیک در برنامه‌های اصلاحی و برای تعیین ژنوتیپ‌های برتر نسبتاً جدید می‌باشد و برای تسریع در چرخه اصلاحی پیشنهاد می‌گردد (Thomas *et al.*, 1997). هر چند بیشتر این صفات در گلخانه اندازه‌گیری می‌شوند، اما بررسی‌های مختلف نشان داده است که ارتباط زیادی بین مطالعات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای وجود دارد (Ceulemans *et al.*, 1987). عموماً تنوع درون و بین‌گونه‌ای پارامترهای مورفوفیزیولوژیکی از گرادیان‌های محیطی مانند نور، دما و مواد غذایی (اینها خود متأثر و معلول ارتفاع، عرض جغرافیایی، توپوگرافی و نظایر آن هستند) ناشی می‌شود (Ackerly *et al.*, 2000; Maherali *et al.*, 2004; Ehleringer & Monson, 1993). در واقع ارتباط بین فنوتیپ و محیط به‌طور غیرمستقیم تأثیر انتخاب طبیعی را بر روی پارامترهای مورفوفیزیولوژیک به ما نشان می‌دهد (Caruso *et al.*, 2005). به‌گونه‌ای که به کمک محاسبه تغییرات ژنتیکی و وراثت‌پذیری مستقیماً قادر به مطالعه تأثیر انتخاب طبیعی بر روی صفات خواهیم بود. تلاش‌های زیادی برای برآورد پارامترهای ژنتیکی و پایداری آنها در جمعیت‌های درختان جنگلی در مرحله نهالی برای صفات

مدیرانه‌ای مانند زاگرس و از طرف دیگر دخالت‌های انسانی، شاهد مرگ و میر درختان بلوط و خشک‌شدن آنها هستیم که در نتیجه آن کمیت و کیفیت این جنگل‌ها در حال کاهش می‌باشد. بنابراین برای احیاء این جنگل‌های با ارزش از نظر حفظ آب و خاک، کاشت بذر این گونه در مناطق تخریب یافته از ضروریات مهم در مدیریت جنگل‌های زاگرس می‌باشد. برای این منظور انتخاب مبدأ بذر یا درختان مادری مناسب که نهال‌های سازگار با شرایط محیطی سخت این جنگل‌ها تولید نماید، از اهمیت بالایی برخوردار است. به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی درون‌گونه‌ای و بین‌جمعیتی، رشد و استقرار نهال‌ها در مواجهه با تغییرات محیطی متفاوت است. از این رو موفقیت گونه‌ها در پاسخ به فشارهای انتخاب طبیعی در گرادیان‌های مختلف محیطی و در رویارویی با تغییرات اقلیمی به قابلیت به ارث رسیدن تغییرات ژنتیکی درون‌گونه‌ای بستگی دارد (Clair *et al.*, 2010). برای اینکه یک صفت قابلیت به‌کارگیری به منظور انتخاب ژنوتیپ مناسب را داشته باشد، علاوه بر سهولت و دقت اندازه‌گیری، باید دارای وراثت‌پذیری بالایی بوده و همچنین همبستگی بالایی با صفت اصلاحی مورد نظر (مانند رویش و یا زنده‌مانی) داشته باشند (Soltani *et al.*, 2001). بررسی نحوه توارث صفات کمی معمولاً از طریق برآورد و محاسبه پارامترهایی نظیر میانگین، واریانس، کوواریانس و محاسبه اثر عوامل ژنتیکی و غیر ژنتیکی بر بروز صفت انجام می‌گیرد (Heyderi *et al.*, 2006). تنوع ژنتیکی کمی، پایه‌ای برای اثرات متقابل بین محیط و جمعیت‌های طبیعی است و ارزیابی تنوع ژنتیکی یک هدف مهم برای مطالعات تنوع ژنتیکی و مدیریت جنگل است (Scotti *et al.*, 2010). زیرا سازگاری تکاملی

شمالی، میانی و جنوبی بودند، انتخاب شدند (جدول ۱). از منطقه جنگلی زاگرس شمالی (بانه) ۱۹ اصله، زاگرس میانی (خرم‌آباد) ۲۳ اصله واقع در ارتفاعات مختلف از سطح دریا (پایین، میانی و بالا) و زاگرس جنوبی (یاسوج) ۱۸ اصله درخت مادری واقع در دو منطقه سپیدار و ده بر آفتاب با فواصل حداقل ۱۰۰ متر از همدیگر برای بذرگیری انتخاب شدند تا از انتخاب درختان فامیل جلوگیری شود (Neophytou et al., 2007). سن درختان مادری نیز تقریباً یکسان و میانسال بودند. سپس در اواخر آبان ماه سال ۸۸ از هر کدام از پایه‌های مادری، بذر از قسمت‌های مختلف تاج درخت جمع‌آوری شد و در اواخر آذرماه، بذرهای هر درخت مادری با فاصله ۱۰ سانتی‌متر در کرت‌هایی به فاصله ۱ متر و به صورت طرح کاملاً تصادفی و در شرایط یکسان در زمین زراعی در یاسوج کاشته شدند. در طول مدت کاشت و رویش، نهال‌ها مورد آبیاری قرار نگرفتند و تنها علف‌های هرز وجین شدند. سپس در سال دوم (تیرماه ۱۳۹۰) برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی مانند سطح برگ، سطح مخصوص برگ، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد فتوسیسستم II اندازه‌گیری شدند. عملکرد فتوسیسستم II (Fv/Fm) توسط دستگاه فلورومتر قابل حمل الفاکننده پالس (OSI-FL, Optic-Sciences, ایالات متحده آمریکا) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ نیز وزن برگ هر نهال با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد و به‌عنوان وزن تر (FW) در نظر گرفته شدند. سپس نمونه‌ها بمدت ۱۲ ساعت در قوطی‌های حاوی آب مقطر قرار داده شدند تا به حالت اشباع خود برسند و در این حالت نیز توزین شدند تا وزن اشباع (SW) به‌دست آید. در نهایت نمونه‌های اشباع شده بمدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک آنها

مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات Boltz و همکاران (۱۹۸۶) و Johnson و Seiler (۱۹۸۶)، Tyree و همکاران (۲۰۰۹) بر روی کاج، Barigah و همکاران (۱۹۹۴) در صنوبر، Dawson (۱۹۹۷) بر روی گونه *Polygonum arenastrum* و همکاران (۲۰۰۰) در نئول اشاره نمود. اما بیشتر مطالعات وراثت‌پذیری انجام شده در ایران بر روی صفات رویشی مانند قطر و ارتفاع بوده است، به‌طوری‌که Alvaninejad و همکاران (۲۰۰۹) بر روی وراثت‌پذیری صفاتی مانند قطر و ارتفاع در گونه بلوط ایرانی واقع در زاگرس جنوبی مطالعه نمودند. صفات مورفوفیزیولوژیکی مانند سطح و سطح ویژه برگ، محتوای آب نسبی برگ، وزن تر و وزن خشک برگ و عملکرد فتوسیسستم II با خشکی در ارتباط بوده، به‌نحوی که می‌توان از این صفات برای انتخاب ژرم‌پلاسم در برنامه‌های احیاء استفاده نمود (Scotti et al., 2010). بنابراین با توجه به مطالب گفته‌شده و مهم‌بودن ارزیابی توزیع تنوع ژنتیکی کمی در مطالعات اکولوژیکی و مدیریت جنگل و نیز از آنجایی که وراثت‌پذیری صفات مورفوفیزیولوژیکی برای گونه بلوط تاکنون مطالعه نشده است، از این‌رو در این تحقیق نهال‌های بلوط ایرانی با هدف تعیین میزان کنترل محیطی و ژنتیکی در برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و نیز ارتباط این صفات با بیوماس و زنده‌مانی نهال‌ها مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق سه مبدأ جغرافیایی بذر (پروونانس) واقع در منطقه زاگرس که نماینده زاگرس

صفات رویشی نهال‌ها از جمله ارتفاع، قطر یقه، تعداد برگ، حجم تنه نهال و نیز در مهرماه درصد زنده‌مانی اندازه‌گیری شد. ارتفاع نهال‌ها با استفاده از خط‌کش با دقت میلی‌متر و قطر یقه با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. حجم تنه نهال‌ها (SV) نیز با استفاده از رابطه ۲ به دست آمد. درصد زنده‌مانی نهال‌ها نیز با استفاده از رابطه ۳ به دست آمد که در آن $SU\% = \text{درصد زنده‌مانی}$ ، $N_{su} = \text{تعداد نهال‌های زنده در آبان ۱۳۹۰}$ ، $N_G = \text{تعداد کل بذر جوانه‌زده می‌باشد}$ (Bognounou, 2010).

$$RWC = ((FW - DW)/(TW - DW)) \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$SV = \pi D^4 / 4 \times H \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\%SU = N_{su} / N_G \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$Y = \mu + \text{Pri} + \text{Pr}(F)_{ij} + e_{ijk} \quad \text{مدل ۱}$$

با توجه به اینکه تمام متغیرهای مستقل در مدل خطی به صورت تصادفی در نظر گرفته شده بودند، واریانس هر یک از اجزاء از طریق امید ریاضی برآورد گردید (Quinn & Keough, 2002). همچنین اجزاء واریانس منابع تغییر در بین و داخل هر پروونانس برای صفات مورد نظر محاسبه گردید. زمانی که اجزاء واریانس منفی بود در محاسبات تبدیل به صفر شدند (Quinn & Keough, 2002).

برای محاسبه میزان وراثت‌پذیری صفات مورد بررسی در سطح کل پروونانس‌ها و در هر پروونانس، ابتدا اجزاء واریانس هر یک از منابع تغییر بدست آمد و بعد واریانس ژنتیکی افزایشی (σ_A^2) در سطح کل پروونانس‌ها با استفاده

(DW) اندازه‌گیری شد و محتوای نسبی آب (RWC) با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد (Salvador, 2004). سطح هر برگ (LA) نیز پس از اسکن با استفاده از نرم‌افزار Image محاسبه شد. در نهایت با استفاده از این داده‌ها، سطح-مخصوص برگ (SLA) (میلی‌مترمربع بر گرم) از نسبت سطح برگ به وزن برگ، SSLA (میلی‌مترمربع بر گرم) از نسبت سطح برگ به وزن اشباع برگ و نیز SW/DW از نسبت وزن اشباع برگ به وزن خشک برگ به دست آمد (Cornelissen et al., 1996). در خرداد و مهرماه ۱۳۹۰ نیز

تجزیه و تحلیل آماری

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس داده‌ها، تجزیه واریانس از طریق مدل خطی (SAS، ۱۹۸۹) که درختان مادری در پروونانس (هر دو به صورت تصادفی) با طرح پایه کاملاً تصادفی آشیان شده بودند، استفاده گردید (Quinn & Keough, 2002). برای تفکیک واریانس ژنتیکی و محیطی از یک طرح آشیانه‌ای استفاده گردید که در آن واریانس کل به اثر متغیر تصادفی پروونانس، اثر متغیر تصادفی درختان مادری آشیان‌شده در پروونانس و خطا مطابق مدل ۱ تفکیک گردید. در مدل ۱، μ معرف میانگین کل درختان مادری در صفت مورد نظر، اثر پروونانس‌ها، $\text{Pr}(F)_{ij}$ اثرات متقابل درختان مادری در پروونانس و e_{ijk} خطای کل مدل می‌باشد.

همچنین میزان تغییرات فنوتیپی (Q_{ST}) بین پرووانس‌ها نیز با استفاده از رابطه ۱۰ بدست آمد (Rochon *et al.*, 2007).

$$Q_{ST} = \frac{\sigma_{pr}^2}{\sigma_{pr}^2 + 3\sigma_{pr}^2(f)} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

نتایج

وراثت‌پذیری و تنوع ژنتیکی در سطح کل پرووانس‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برخی صفات اندازه‌گیری‌شده مانند عملکرد فتوسیستم II، وزن خشک برگ، محتوای آب نسبی، سطح برگ و SW/SD در سطح پرووانس با هم تفاوت معنی‌دار دارند. از نظر درختان مادری آشیان شده در پرووانس نیز کلیه صفات بجز سطح مخصوص برگ با هم تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۱). بیشترین درصد واریانس ژنتیکی بین پرووانس‌ها، برای عملکرد فتوسیستم II با میزان ۶۴/۴۶ درصد مشاهده گردید و کمترین درصد واریانس نیز متعلق به سطح مخصوص برگ به میزان صفر درصد برآورد گردید. درصد واریانس بین درختان مادری آشیان شده در پرووانس نیز برای کلیه صفات بجز عملکرد فتوسیستم II بیشتر از درصد واریانس داخل پرووانس بود و بیشترین میزان را محتوای آب نسبی با ۳۷/۶ درصد و کمترین را نیز سطح مخصوص برگ نشان داد (جدول ۲). از نظر واریانس خطا نیز بیشترین واریانس‌ها مربوط به سطح مخصوص برگ، SSLA و SW/DW بود که بیشتر از ۹۰ درصد از خطای کل را ناشی می‌شد و کمترین هم مربوط به عملکرد فتوسیستم II بود. وراثت‌پذیری نیز برای صفاتی مانند عملکرد فتوسیستم II، وزن خشک برگ، محتوای آب نسبی و سطح برگ در حد بالا بود و تنها صفاتی که درصد خطای آنها بالا بود مانند سطح مخصوص برگ، SSLA و SW/DW از وراثت‌پذیری کمی برخوردار

از رابطه ۴ و در هر پرووانس با استفاده از رابطه ۵ بدست آمد (Persson & Andersson, 2003). به دلیل لقاح درون-گروهی بین پایه‌های مختلف، از سه برابر کردن اجزای واریانس (واریانس افزایشی) نسبت به چهار برابر کردن واریانس ژنتیک افزایشی استفاده شد، زیرا برآورد محتاطانه و دقیق‌تری از واریانس ژنتیک افزایشی به ما می‌دهد (Rochon *et al.*, 2007). واریانس فنوتیپی (σ_{pr}^2) نیز در سطح کل پرووانس‌ها با استفاده از رابطه ۶ و در هر پرووانس با استفاده از رابطه ۷ بدست آمد. از نسبت واریانس ژنتیک افزایشی به واریانس فنوتیپی نیز وراثت‌پذیری خصوصی برای هر یک از صفات محاسبه گردید.

$$\sigma_A^2 = \sigma_{pr}^2 + 3\sigma_{pr}^2(f) \quad \text{رابطه ۴}$$

$$\sigma_A^2 = 3\sigma_f^2 \quad \text{رابطه ۵}$$

$$\sigma_B^2 = \sigma_{pr}^2 + \sigma_{pr}^2(f) + \sigma_e^2 \quad \text{رابطه ۶}$$

$$\sigma_B^2 = \sigma_f^2 + \sigma_e^2 \quad \text{رابطه ۷}$$

درصد ضریب تنوع ژنتیکی (CV_G) هر یک از صفات نیز با توجه به تغییرات ژنتیک افزایشی نسبت به میانگین هر یک از صفات به‌دست آمد که در سطح کل پرووانس‌ها با استفاده از رابطه ۸ و در هر پرووانس با استفاده از رابطه ۹ محاسبه گردید.

$$CV_G = \frac{\sqrt{\sigma_{pr}^2 + 3\sigma_{pr}^2(f)}}{\mu} \times 100 \quad \text{رابطه ۸}$$

$$CV_G = \frac{\sqrt{3\sigma_f^2}}{\mu} \times 100 \quad \text{رابطه ۹}$$

بودند (جدول ۱). بیشترین ضریب تغییرات ژنتیکی نیز میزان ۰/۸ از بالاترین میزان تغییرات فنوتیپی و سطح ۷۵/۸٪ برای عملکرد فتوسیستم II و کمترین به میزان ۷/۸٪ برای SSLA مشاهده شد. همچنین عملکرد فتوسیستم II با

جدول ۱- تجزیه واریانس و پارامترهای ژنتیکی در صفات مورفوفیزیولوژیکی اندازه گیری شده در نهال‌های گونه بلوط ایرانی در سطح پرووانس‌های مختلف

ضریب تغییرات	درجه آزادی			میانگین مربعات			پارامترهای مورفوفیزیولوژیکی
	ضریب تغییرات	وراثت پذیری	ژنتیکی	خطا	درختان مادری	آشپان شده در پرووانس	
۰/۸	۷۵/۸	۰/۸۱	۰/۹۷	۴۹۱	۷۰	۰/۴۸***	عملکرد فتوسیستم II
۰/۱	۴۴	۰/۹۴	۰/۰۵	۳۵۱	۵۵	۰/۰۰۱***	وزن خشک برگ (گرم)
۰/۰۲	۲۵/۱	۱/۱۵	۰/۶۴	۳۵۱	۵۵	۰/۰۸***	محتوای آب نسبی
۰/۱۵	۳۵/۷	۰/۸۵	۴/۸۵	۳۴۹	۵۵	۷/۶۶***	سطح برگ (سانتی مترمربع)
۰	۱۲/۷	۰/۰۹	۹۲/۷	۳۴۸	۵۵	۱۸۲۰ ns	سطح مخصوص برگ (سانتی مترمربع/گرم)
۰/۰۲	۸/۷	۰/۲۲	۴۴/۵	۳۳۸	۵۲	۱۰۲/۸**	SSLA (سانتی مترمربع/گرم)
۰/۱۱	۲۵/۴	۰/۱۳	۲/۰۷	۳۵۱	۵۵	۳/۶**	SW/DW

* $p > 0.05$, ** $p > 0.01$ و ns عدم اختلاف معنی دار می باشد.

جدول ۲- اجزاء تشکیل دهنده واریانس و درصد واریانس صفات مورفوفیزیولوژیکی نهال‌های گونه بلوط ایرانی در سطح پرووانس‌های مختلف

پارامترهای مورفوفیزیولوژیکی	واریانس		درصد واریانس	
	پرووانس	درختان مادری آشپان- شده در پرووانس	خطا	درختان مادری آشپان شده در پرووانس
عملکرد فتوسیستم II	۰/۴۳	۰/۰۳۷	۰/۲	۵/۵۳
وزن خشک برگ (گرم)	$5/5 \times 10^{-6}$	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۲۸/۵
محتوای آب نسبی	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۳۷/۶
سطح برگ (سانتی مترمربع)	۰/۴۴	۰/۸۵	۲/۲۴	۲۴/۲
سطح مخصوص برگ (سانتی مترمربع/گرم)	-۷/۲۷	۴۵/۹۷	۱۴۷۷	۳/۰۲
SSLA (سانتی مترمربع/گرم)	۰/۳	۴/۸۹	۶۲/۶۸	۷/۲۱
SW/DW	۰/۰۳	۰/۰۸	۱/۹۴	۳/۸۸

بجز خرم آباد و خرم آباد میانی معنی دار بود (جدول ۳). درصد واریانس خطا نیز در کلیه پرووانس‌ها بیشتر از درصد واریانس درختان مادری مشاهده شد و همگی پرووانس‌های

وراثت و تنوع ژنتیکی درختان مادری در هر پرووانس بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، عملکرد فتوسیستم II در بین درختان مادری برای کلیه پرووانس‌ها

(جدول ۳). وراثت‌پذیری نیز برای کلیه پرووانس‌ها بالا بود و حدود ۱ برآورد گردید. بالاترین میزان ضریب تغییرات ژنتیکی ۳۱ درصد بود که در پرووانس خرم‌آباد پایین مشاهده شد و کمترین نیز مربوط به خرم‌آباد بالا (۱۹ درصد) بود (جدول ۳).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطح برگ در بین درختان مادری پرووانس‌های بانه و کلیه پرووانس‌های خرم‌آباد معنی‌دار بود و تنها در پرووانس‌های یاسوج، سطح برگ درختان مادری با هم تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۳). بیشترین سطح برگ را بانه و کمترین را ده‌برآفتاب نشان داد. درصد واریانس خطا نیز از صفر در ده‌برآفتاب تا ۳۲ درصد در خرم‌آباد پایین مشاهده گردید. میزان وراثت‌پذیری نیز برای پرووانس‌های بانه و خرم‌آباد بالا (بین ۰/۸ تا ۰/۹) و برای یاسوج پایین بود، به طوری که حدود صفر در ده‌برآفتاب برآورد گردید. ضریب تغییرات ژنتیکی نیز همانند وراثت‌پذیری بود و حدود ۳۰ درصد در کلیه پرووانس‌های بانه و خرم‌آباد بود و کمترین نیز در ده‌برآفتاب مشاهده گردید که صفر بود (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درختان مادری واقع در پرووانس‌های خرم‌آباد، خرم‌آباد پایین، یاسوج و ده‌برآفتاب دارای اندازه سطح مخصوص برگ متفاوت از نظر آماری هستند (جدول ۳). کمترین درصد واریانس بین درختان مادری نیز برای خرم‌آباد بالا و سپیدار با صفر درصد و بیشترین نیز متعلق به ده‌برآفتاب با ۶۶ درصد بود. از نظر میزان سطح مخصوص برگ با هم تفاوت چندانی نداشتند و تنها سپیدار دارای کمترین میزان بود. وراثت‌پذیری نیز از صفر تا ۱ برای ده‌برآفتاب در نوسان بود. همچنین ده‌برآفتاب با ۱۸ درصد، دارای بیشترین میزان ضریب تغییرات ژنتیکی بود (جدول ۳).

مطالعه‌شده دارای درصد واریانس ژنتیکی حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد بودند. بیشترین درصد واریانس بین درختان مادری در سپیدار (۲۰ درصد) و کمترین در خرم‌آباد میانی (۲ درصد) مشاهده گردید (جدول ۳). از نظر میانگین عملکرد فتوسنتزم II نیز بیشترین میزان مربوط به پرووانس بانه بود و بقیه پرووانس‌ها با هم تفاوت چندانی نداشتند. بیشترین وراثت‌پذیری نیز حدود ۰/۶ برای خرم‌آباد پایین و سپیدار و کمترین برای خرم‌آباد میانی حدود ۰/۰۶ برآورد گردید. اما از نظر تغییرات ژنتیکی پرووانس بانه بیشترین میزان و خرم‌آباد میانی کمترین میزان را داشت (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک برگ نشان داد که اثر درختان مادری در کلیه پرووانس‌ها بجز یاسوج، سپیدار و ده‌برآفتاب معنی‌دار بود و درصد واریانس ژنتیکی بین درختان مادری نیز برای پرووانس‌های خرم‌آباد و بانه بیشترین میزان (حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد) و در یاسوج کمترین بود، به طوری که در ده‌برآفتاب صفر برآورد گردید (جدول ۳). برای این صفت نیز درصد واریانس خطا بیشتر از واریانس درختان مادری در هر پرووانس بود. به نحوی که بیشترین میانگین وزن خشک را پرووانس بانه و کمترین مربوط به ده‌برآفتاب بود و بقیه پرووانس‌ها با هم تفاوتی نداشتند. وراثت‌پذیری و ضریب تغییرات ژنتیکی این صفت نیز برای پرووانس‌های بانه و خرم‌آباد دارای مقادیر بالاتری از یاسوج بود، به طوری که به ترتیب حدود ۱ و ۴۰ درصد بود و در پرووانس‌های یاسوج میزان آن پایین بود، البته در ده‌برآفتاب صفر برآورد گردید (جدول ۳).

درختان مادری کلیه پرووانس‌ها بجز پرووانس سپیدار از لحاظ محتوای آب‌نسبی با هم تفاوت معنی‌دار نداشتند. بیشترین میزان واریانس بین درختان مادری در سپیدار (۵۲ درصد) و کمترین در یاسوج (۸ درصد) مشاهده گردید

جدول ۳- پارامترهای ژنتیکی برخی صفات مورفوفیزیولوژیک نهال‌های گونه بلوط ایرانی در سطح هر پرووانس

پارامترهای مورفوفیزیولوژیک	پرووانس	میانگین	درصد واریانس درختان مادری	درصد واریانس خطا	وراثت پذیری	درصد ضریب تغییرات ژنتیکی
عملکرد فتوسینتیم II	بانه	۱/۷	۱۵/۳***	۸۸/۷	۰/۴۶	۹/۳۲
	خرم‌آباد	۰/۶	۱۳/۸ ^{ns}	۸۶/۲	۰/۴۱	۸۶/۱۹
	خرم‌آباد پایین	۰/۶	۱۹/۹***	۸۰/۱	۰/۶	۱۱/۲۲
	خرم‌آباد میانی	۰/۶	۲ ^{ns}	۸۰	۰/۶	۴/۹
	خرم‌آباد بالا	۰/۶	۱۶/۴***	۸۳/۶	۰/۴۹	۳۹/۲۲
	ياسوج	۰/۶	۱۴/۴***	۸۵/۶	۰/۴۳	۲۳/۱۴
	سپیدار	۰/۶۵	۲۰***	۸۰	۰/۶	۷۲/۱۴
	ده‌برآفتاب	۰/۶	۱۱/۲**	۸۸/۸	۰/۳۴	۵۸/۱۳
وزن خشک برگ (گرم)	بانه	۰/۶	۳۰***	۷۰	۰/۹	۸۶/۴
	خرم‌آباد	۰/۵	۳۶/۹***	۶۳/۱	۱/۱۱	۲۹/۴۶
	خرم‌آباد پایین	۰/۵	۳۹/۲***	۶۹/۸	۱/۱۸	۲۹/۵۲
	خرم‌آباد میانی	۰/۵	۳۷/۵**	۶۲/۵	۱/۱۳	۳۹/۳۳
	خرم‌آباد بالا	۰/۵	۳۲/۳**	۶۷/۷	۰/۹۷	۹۴/۳۷
	ياسوج	۰/۵	۸/۳ ^{ns}	۹۱/۷	۰/۲۵	۵۸/۱۹
	سپیدار	۰/۵	۹/۹ ^{ns}	۹۰/۱	۰/۳	۸۵/۲
	ده‌برآفتاب	۰/۴	۰ ^{ns}	۱۰۰	۰	۰
محتوای آب نسبی	بانه	۰/۶	۳۳/۶***	۶۶/۴	۱/۱	۲۸/۲۳
	خرم‌آباد	۰/۶۴	۴۴/۱***	۵۵/۹	۱/۳۲	۸۶/۲۶
	خرم‌آباد پایین	۰/۶۷	۴۸/۵***	۵۱/۵	۱/۴۶	۱۵/۳۱
	خرم‌آباد میانی	۰/۶۵	۴۸/۲**	۵۱/۸	۱/۴۵	۱۹/۹
	خرم‌آباد بالا	۰/۶۳	۲۷/۳*	۷۲/۷	۰/۸۲	۲۴/۱۵
	ياسوج	۰/۶۸	۸/۳۴***	۶۵/۲	۱/۵	۸۱/۲۲
	سپیدار	۰/۷۱	۵۲ ^{ns}	۴۸	۱/۵۶	۶۹/۲۳
	ده‌برآفتاب	۰/۶۶	۲۷/۹**	۷۲/۱	۰/۸۴	۷/۲۳
سطح برگ (سانتی مترمربع)	بانه	۵/۷	۲۷/۳***	۷۲/۷	۰/۸۲	۸/۳۳
	خرم‌آباد	۴/۶	۳۰/۱***	۶۹/۸	۰/۹۱	۸/۳۳
	خرم‌آباد پایین	۴/۶	۳۲/۸***	۶۷/۱	۰/۹۹	۳/۳۸
	خرم‌آباد میانی	۴/۵	۳۰/۵*	۶۹/۵	۰/۹۲	۲/۲۶
	خرم‌آباد بالا	۴/۶	۳۱/۳**	۶۸/۷	۰/۹۴	۹/۳۲
	ياسوج	۴/۲	۲/۴ ^{ns}	۹۷/۶	۰/۷	۸/۸
	سپیدار	۴/۳	۱۲/۶ ^{ns}	۸۷/۴	۰/۳۸	۲/۲۱
	ده‌برآفتاب	۴/۱	۰ ^{ns}	۱۰۰	۰	۰

ادامه جدول ۳- پارامترهای ژنتیکی برخی صفات مورفوفیزیولوژیک نهال‌های گونه بلوط ایرانی در سطح هر پرووانس

پارامترهای مورفوفیزیولوژیک	پرووانس	میانگین	درصد واریانس درختان مادری	درصد واریانس خطا	وراثت پذیری	درصد ضریب تغییرات ژنتیکی
سطح مخصوص برگ (سائتی متر مربع / گرم)	بانه	۹۵	۱/۳ ^{ns}	۹۸/۷	۰/۴	۲/۱۳
	خرم‌آباد	۹۳	۱۳/۹*	۸۶/۱	۰/۴۲	۲۲/۱
	خرم‌آباد پایین	۹۰	۱۶/۴**	۸۳/۶	۰/۴۹	۲/۱۲
	خرم‌آباد میانی	۹۹	۱۰/۳ ^{ns}	۸۹/۷	۰/۳۱	۳۴/۵
	خرم‌آباد بالا	۹۵	۰ ^{ns}	۱۰۰	۰	۰
	یاسوج	۸۹	۴۴/۳***	۵۵/۷	۱/۳۳	۸/۱۷
	سپیدار	۸۳	۰ ^{ns}	۱۰۰	۰	۰
	ده‌برآفتاب	۹۴	۴۶/۴***	۵۳/۶	۱/۳۳	۹۱/۱۸
	SSLA (سائتی متر مربع / گرم)	بانه	۴۴	۶/۵*	۹۳/۵	۰/۱۹
خرم‌آباد		۴۵	۳/۹ ^{ns}	۹۶/۱	۰/۱۲	۳/۶
خرم‌آباد پایین		۴۴	۳ ^{ns}	۹۷	۰/۹	۲/۶
خرم‌آباد میانی		۴۷	۰ ^{ns}	۱۰۰	۰	۰
خرم‌آباد بالا		۴۷	۰ ^{ns}	۱۰۰	۰	۰
یاسوج		۴۴	۱۸/۷**	۸۱/۳	۰/۵۶	۸۵/۱۲
سپیدار		۴۳	۱۴/۵ ^{ns}	۸۵/۵	۰/۴۴	۶۴/۶
ده‌برآفتاب		۴۴	۲۰/۳**	۷۹/۷	۰/۶۱	۶/۱۶
SW/DW		بانه	۲/۲۷	۲/۱*	۹۷/۹	۰/۶
	خرم‌آباد	۱/۸۸	۴۸/۱***	۵۱/۹	۱/۴۴	۳۴/۹
	خرم‌آباد پایین	۱/۷۵	۴۸/۹***	۵۱/۱	۱/۴۷	۸/۴۶
	خرم‌آباد میانی	۲/۱	۳۷/۶*	۶۲/۴	۱/۱۳	۰/۱
	خرم‌آباد بالا	۲/۳	۲۶**	۷۴	۰/۷۸	۹/۵
	یاسوج	۲	۰ ^{ns}	۱۰۰	۰	۰
	سپیدار	۱/۹۷	۳۲/۳**	۶۷/۷	۰/۹۷	۰/۱
	ده‌برآفتاب	۲/۳	۰ ^{ns}	۱۰۰	۰	۰

همبستگی بین پارامترهای رویشی و صفات مورفوفیزیولوژیک در نهالهای بلوط ایرانی

برخی صفات مورفوفیزیولوژیک مطالعه شده در این تحقیق مانند عملکرد فتوسیستم II، وزن خشک برگ و سطح برگ با یکدیگر رابطه مثبت معنی دار داشتند. همچنین سطح مخصوص برگ، SSLA و SW/DW نیز با یکدیگر و با محتوای آب نسبی رابطه مثبت معنی دار داشتند، اما با وزن خشک برگ رابطه عکس داشتند (جدول ۴).

ارتباط بین این صفات مورفوفیزیولوژیک با پارامترهای رویشی (مانند قطر یقه، ارتفاع نهال، تعداد برگ، حجم تنه نهال در خرداد و مهرماه) و زنده‌مانی نهالها نیز نشان داد که عملکرد فتوسیستم II با بیشتر پارامترهای رویشی، وزن خشک و سطح برگ و نیز SW/DW با پارامترهای رویشی و زنده‌مانی رابطه مثبت معنی دار داشتند. اما سطح مخصوص برگ و SSLA رابطه منفی معنی دار با پارامترهای رویشی و زنده‌مانی نشان دادند. همچنین محتوای آب نیز با هیچ یک از پارامترهای رویشی و زنده‌مانی رابطه معنی دار نداشت (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس برای SSLA نشان داد که تنها درختان مادری پرووانس‌های بانه، یاسوج و ده‌برآفتاب با هم تفاوت معنی دار داشتند (جدول ۳). درصد واریانس بین درختان مادری نیز به طور کلی پایین بود و از صفر برای خرم‌آباد میانی و بالا تا ۲۰ درصد برای ده‌برآفتاب متغیر بود. میانگین آن نیز در بین پرووانس‌ها با هم تفاوت چندانی نداشت. وراثت‌پذیری و ضریب تغییرات ژنتیکی نیز در کلیه پرووانس‌های یاسوج دارای بالاترین مقادیر (حدود ۰/۶ و ۱۰ درصد) بود و در خرم‌آباد صفر بود (جدول ۳).

براساس نتایج تجزیه واریانس تنها درختان مادری پرووانس‌های یاسوج و ده‌برآفتاب از لحاظ SW/DW با هم تفاوت معنی دار نداشتند (جدول ۳). بیشترین در بانه و کمترین در خرم‌آباد پایین مشاهده شد. پرووانس‌های خرم‌آباد و سپیدار دارای وراثت‌پذیری بالا، بانه و یاسوج نیز دارای وراثت‌پذیری پایین بودند. کمترین ضریب تغییرات ژنتیکی نیز در یاسوج و ده‌برآفتاب با صفر درصد و بیشترین در خرم‌آباد پایین با ۴۶ درصد مشاهده گردید (جدول ۳).

جدول ۴- همبستگی بین پارامترهای رویشی و صفات مورفوفیزیولوژیک در نهالهای بلوط ایرانی

SW/DW	SSLA	سطح مخصوص برگ	سطح برگ	محتوای آب نسبی	وزن خشک برگ	عملکرد فتوسیستم II	
						۱	عملکرد فتوسیستم II
					۱	۰/۲۵۴**	وزن خشک برگ
				۱	۰/۰۷ ^{ns}	-۰/۱۲۶*	محتوای آب نسبی
			۱	۰/۰۶۸ ^{ns}	۰/۹۰۷**	۰/۲۹۸**	سطح برگ
		۱	۰/۰۵۴ ^{ns}	-۰/۰۰۲ ^{ns}	-۰/۲۵۴**	۰/۰۲۱ ^{ns}	سطح مخصوص برگ
	۱	۰/۲۲۲**	-۰/۱۰۵*	۰/۱۹۷**	-۰/۲۸۷**	۰/۰۰۶ ^{ns}	SSLA
۱	۰/۲۱۶**	۰/۶۵۷**	۰/۰۳۵ ^{ns}	۰/۳۱۴**	-۰/۰۹۴ ^{ns}	۰/۰۳۲ ^{ns}	SW/DW
۰/۱۱*	-۰/۲**	-۰/۱۴۵**	۰/۲۶۵**	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۳۵۸**	۰/۱۵۶**	قطریقه خرداد
۰/۱۷۱**	-۰/۱۶۳**	-۰/۱۱۸*	۰/۵۱۴**	۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۵۵۹**	۰/۱۶۹**	ارتفاع خرداد
۰/۰۹۳*	۰/۱۴۱**	-۰/۱۲۱*	۰/۲۷۴**	۰/۰۷۳ ^{ns}	۰/۳۵۰**	۰/۱۳۸**	حجم تنه خرداد
۰/۰۷۱ ^{ns}	-۰/۱۹۱**	-۰/۱۳۷*	۰/۲۴۷**	۰/۱ ^{ns}	۰/۳۵۷**	۰/۲۵۴**	قطریقه مهر
۰/۱۱۸ ^{ns}	۰/۱۹۹**	-۰/۰۹۸ ^{ns}	۰/۴۸**	۰/۰۲۳ ^{ns}	۰/۵۲۰**	۰/۲۸**	ارتفاع مهر
۰/۰۴۸ ^{ns}	-۰/۱۵۴*	-۰/۱۱۶ ^{ns}	۰/۲۶۵**	۰/۰۹۶ ^{ns}	۰/۳۵۱**	۰/۲۳۲**	حجم تنه مهر
۰/۱۴۵*	-۰/۱۴۱*	-۰/۲**	۰/۱۵۶*	-۰/۰۴۶ ^{ns}	۰/۲۱۵**	۰/۲۰۴**	تعداد برگ مهر
۰/۱۸۹**	-۰/۰۹۸*	-۰/۱۵۹**	۰/۲۱۶**	۰/۰۵۷ ^{ns}	۰/۲۵۵**	۰/۰۳۸ ^{ns}	درصد زنده‌مانی

۰/۰۵ > p = **، ۰/۰۱ > p = * و ns = غیرمعنی‌دار می‌باشد.

بحث

زیرا این جمعیت‌ها از زاگرس شمالی تا زاگرس جنوبی و نیز ارتفاعات مختلف را شامل می‌شدند. عدم معنی‌داری سطح مخصوص برگ و SSLA در درختان مادری مختلف در بین پروونانس‌ها و پایین بودن واریانس، وراثت‌پذیری، ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی نشان می‌دهد که این صفات از ارزش سازگاری کمتری نسبت به سایر صفات در سطح زاگرس برخوردارند (Kanaga et al., 2008). البته پایین بودن وراثت‌پذیری برای سطح مخصوص برگ در مطالعات دیگر نیز مشاهده شده است (Brendel et al., 2008؛ Scotti-saintagne et al.,

از آنجا که بیشتر صفات مطالعه شده در این تحقیق بر روی فتوسنتز و کارایی مصرف آب به خصوص در شرایط اقلیمی خشک زاگرس اثر دارند، بنابراین تغییرات میان خانواده‌ها و یا نتاج می‌تواند بر مقاومت نسبت به تغییرات اقلیمی مؤثر باشند (Roth et al, 2007). وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پروونانس برای بیشتر صفات اندازه‌گیری شده می‌تواند تفاوت در شرایط و اقلیم این پروونانس‌ها و سازگاری تکاملی پایه‌های مادری واقع در این پروونانس‌ها را نشان دهد (Gulcan & Ucler, 2008)،

(۲۰۰۹) بر روی جمعیت‌های مختلف ارتفاعی این گونه با استفاده از نشانگر مولکولی ریزماهواره نیز نشان داد که تفاوت ژنتیکی داخل جوامع بیشتر از بین جوامع می‌باشد. همچنین بالا بودن واریانس پرووانس برای صفت عملکرد فتوسیستم II سبب گردید که دارای بالاترین ضریب تغییرات فنوتیپی (۰/۸) باشد. بالا بودن تغییرات فنوتیپی می‌تواند مفید باشد، زیرا قدرت سازگاری را در مقابل انتخاب طبیعی نشان می‌دهد و در واقع در بین صفات مطالعه شده تنها صفت عملکرد فتوسیستم II می‌تواند بسرعت تغییرات فنوتیپی خود را بروز دهد. البته بروز تغییرات فنوتیپی بالا در بین پرووانس‌ها در صفات وابسته به سازگاری در *Pinus albicaulis* نیز مشاهده شده است (Bower & Aitken, 2008).

بررسی تغییرات ژنتیکی هر یک از صفات اندازه‌گیری شده در سطح پرووانس نیز نشان داد که در کلیه صفات بجز محتوای آب‌نسبی، میزان وراثت‌پذیری و ضریب تغییرات ژنتیکی در جمعیت‌های مختلف در نوسان می‌باشد، به طوری که برای برخی صفات مانند وزن خشک برگ، سطح برگ، سطح مخصوص برگ و SW/DW وراثت‌پذیری پایین تا بالا (۰-۱) و برای عملکرد فتوسیستم II و SSLA از پایین تا متوسط (۰-۰/۶) مشاهده گردید. اصولاً ثابت بودن وراثت‌پذیری صفات در بین جمعیت‌های مختلف امری طبیعی محسوب نمی‌شود، زیرا وراثت‌پذیری یک صفت به فراوانی ال مرتبط به آن صفت در جمعیت، عوامل محیطی و اثر متقابل بین ژن و عوامل محیطی بستگی دارد (Visscher et al., 2006). همچنین واریانس ژنتیکی در جمعیت می‌تواند به دلیل انتخاب و تولید مثل درون‌گروهی کاهش و به دلیل مهاجرت و جهش افزایش یابد (Charmantier & Grant,

2004 ؛ Potts & Jordan, 1994). همچنین پایین بودن وراثت‌پذیری SSLA و SW/DW می‌تواند به دلیل خطای آزمایش در اندازه‌گیری وزن اشباع برگ باشد و یا اینکه به دلیل حساسیت بیشتر این صفات به شرایط محیطی باشد (Orlovic et al., 1998). اما برای صفاتی مانند عملکرد فتوسیستم II، وزن خشک برگ، محتوای آب نسبی و سطح برگ وراثت‌پذیری بالا و بین ۰/۸ تا ۱ بود. مطالعه بر روی صنوبر و اکالیپتوس نیز نشان داد که وراثت‌پذیری وزن خشک برگ در این گونه‌ها به ترتیب ۰/۹ و ۰/۵۶ بود (Kanaga et al., 2008; Krishnaswani et al., 1982). از طرف دیگر نتایج درصد واریانس در سطح زاگرس نشان می‌دهد که در کلیه صفات بجز عملکرد فتوسیستم II، بیشترین واریانس مربوط به واریانس خطا و کمترین مربوط به واریانس پرووانس بود و واریانس خانواده آشیان‌شده در پرووانس از نظر مقدار حد واسط بود. در واقع واریانس خطا در اثر دو عمل صورت می‌گیرد ۱- به دلیل خطای آزمایش ۲- به دلیل واریانس و اختلافات موجود در نتاج یک درخت مادری که به نظر می‌رسد عامل دوم بیشتر تأثیرگذار می‌باشد، زیرا از آنجا که بلوط یک گونه دگرگرده‌افشان می‌باشد و بذره‌های یک درخت مادری حاصل لقاح با پایه‌های درختی مختلف است. بنابراین بالا بودن واریانس در بین نتاج بلوط در صورتی که گرده‌افشانی آزاد صورت گرفته باشد، منطقی خواهد بود. همچنین زیاد بودن واریانس خانواده‌های آشیان‌شده نسبت به پرووانس نیز باز هم به دلیل بادگرده‌افشان بودن و نیز جریان ژن بالا در بین جمعیت‌های مختلف برای این گونه می‌باشد که سبب کاهش اختلاف بین جمعیت‌ها می‌گردد (Schnäbel & Hamrick, 1990). مطالعه Zolfaghari و همکاران

صورت می‌گیرد (Swarup & Chaugaie, 1962). همچنین می‌توان از صفت وزن خشک برگ برای پروونانس‌های بانه و کلیه پروونانس‌های خرم‌آباد (پایین، میانی و بالا) در انتخاب زود هنگام نتاج استفاده نمود، زیرا وراثت‌پذیری ۰/۹ تا ۱ و نیز ضریب تغییرات ژنتیکی ۳۷ تا ۵۲ درصد و بالا بود. اما در پروونانس یاسوج و ده-برآفتاب، سطح مخصوص برگ با وراثت‌پذیری ۱ و ضریب تغییرات ژنتیکی ۱۸ درصد و در پروونانس سپیدار صفت SW/DW با وراثت‌پذیری ۱ و ضریب تغییرات ژنتیکی ۱۰ درصد مناسب تشخیص داده شدند. مطالعه بر روی گونه اکالیپتوس نیز نشان داد که وزن خشک برگ و سطح مخصوص برگ با وراثت‌پذیری حدود ۰/۹ و ضریب تغییرات ژنتیکی به ترتیب ۵۶ و ۳۷ درصد دارای ارزش اصلاحی مناسب می‌باشند (Krishnaswani et al., 1982). با توجه به این که اندازه‌گیری پارامترهای وزن خشک، وزن اشباع و سطح برگ آسان و بدون هیچ‌گونه هزینه‌ای است و همچنین کلیه این صفات و صفات محاسباتی حاصل از آنها مانند سطح مخصوص برگ، SSLA و SW/DW با پارامترهای رویش و زنده‌مانی ارتباط دارند، بنابراین می‌توان از این صفات برای انتخاب زود هنگام نتاج در کارهای اصلاحی برای تمامی پروونانس‌های زاگرس بهره جست. اما از آنجا که در طرح‌های احیایی بلوط از بذرداری استفاده می‌گردد، بنابراین لازم است تا ارتباط بین این صفات با صفات مورفولوژیک برگ درختان مادری بررسی گردد تا اینکه بتوان از درختان مادری مناسب‌تر بذرداری نمود.

در واقع پایین بودن وراثت‌پذیری یک صفت می‌تواند به دلیل کم بودن الل مرغوب، تثبیت یک الل در اثر انتخاب طبیعی، تنوع ژنتیکی کم درختان مادری و یا تحت تأثیر محیط بودن آن صفت اتفاق افتد (et al., 2007). بنابراین به نظر می‌رسد که اگر یک صفت در جمعیتی دارای وراثت‌پذیری پایین باشد و از طرف دیگر میانگین آن صفت دارای سازگاری بالاتری به عوامل محیطی باشد، می‌توان دریافت که آن الل مربوط به آن صفت در جمعیت تثبیت شده است و افراد ضعیف‌تر از جمعیت حذف شده و در نتیجه وراثت‌پذیری پایین برآورد خواهد شد. این مورد تنها برای صفت SW/DW در جمعیت‌های بانه، یاسوج و ده‌برآفتاب ملاحظه گردید که این صفت دارای میانگین بالا در این جمعیت‌ها بود و از طرف دیگر این صفت با پارامترهای رویشی و زنده‌مانی همبستگی مثبت داشت. اما پایین بودن وراثت‌پذیری در برخی پروونانس‌ها برای صفات دیگر مانند عملکرد فتوسیستم II، سطح و وزن خشک برگ، سطح مخصوص برگ و SSLA می‌تواند به دلایل دیگر مانند کم بودن الل‌های مرغوب، تنوع ژنتیکی پایین و یا اثر متقابل ژن و محیط باشد. بنابراین با توجه به نتیجه فوق می‌توان دریافت که در امر اصلاح میزان وراثت‌پذیری و تغییرات ژنتیکی برای هر صفت (به‌خصوص در مورد صفات مورفوفیزیولوژیک) را باید جداگانه برای هر جمعیتی که قصد بذرداری از آنجاست، به دست آورد. در این مطالعه نیز کلیه صفات مورفوفیزیولوژیک مورد مطالعه بجز محتوای آب نسبی ارتباط معنی‌دار با پارامترهای رویشی و زنده‌مانی داشتند، بنابراین می‌تواند در انتخاب مورد توجه قرار گیرند، در صورتی که دارای وراثت‌پذیری و ضریب تغییرات ژنتیکی بالا باشند، انتخاب بهتر و صحیح‌تر

phenotypic variation in physiology, growth, and vigor of western aspen (*Populus tremuloides*) clones. *Forest Science*, 56: 222-230.

- Cornelissen, J.H.C., Castro Diez, P. and Hunt, R., 1996. Seedling growth, allocation and leaf attributes in a wide range of woody plant species and types. *Journal of Ecology*, 84: 755-765.
 - Ehleringer, J.R. and Monson, R.K., 1993. Evolutionary and ecological aspects of photosynthetic pathway variation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 24: 411-439.
 - Gerber, M.A. and Dawson, T.E., 1997. Genetic variation in stomatal and biochemical limitations to photosynthesis in the annual plant, *Polygonum arenastrum*. *Oecologia*, 109: 535-546.
 - Geber, M.A. and Griffen, L.R., 2003. Inheritance and natural selection on functional traits. *International Journal of Plant Science*, 164: S21-S42.
 - Gulcan, S., and Ucler, A.O., 2008. Genetic Variation of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. *subsp. pallasiana* (Lamb.) in the Lakes District of Turkey. *Silvae Genetica*, 57: 1-5.
 - Heyderi, B., Saeedi, Gh., Tabatabaee, B.A. and Soenaga, K., 2006. Investigation of genetic diversity and estimation of heritability in some quantitative traits in haploid lines of wheat. *Agriculture Scientific Journal of Iran*, 37: 347-356.
 - Kanaga, M.K., Ryel, R.J., Mock, K.E. and Pfrender, M.E., 2008. Quantitative genetic variation in morphological and physiological traits within a quaking aspen (*Populus tremuloides*) population. *Canadian Journal of Forest Research*, 38: 1690-1694.
 - Krishnaswani, S., Vinata Rai, R.S. and Srinivasan, V.M., 1982. Genetic parameters and inter se correlation of morpho-physiological attributes in seven species of *Eucalyptus*. *Silvae Genetica*, 31: 2-3.
 - Lamhamedi, M.S., Chamberland, H. Bernier P. and Tremblay, F.M., 2000. Clonal variation in morphology, growth, physiology, anatomy, and ultrastructure of container-grown white spruce somatic plants. *Tree Physiology*, 20: 869-880.
 - Lynch, M. and Walsh, B. 1998. *Genetics and analysis of quantitative traits*. Sunderland, MA, USA: Sinauer Associates. 980 p.
 - Maherali, H., Pockman, W.T. and Jackson, R.B., 2004. Adaptive variation in the vulnerability of woody plants to xylem cavitation. *Ecology*, 85: 2184-2199.
 - Neophytou, Ch., Palli, G., Douvani, A. and Aravanopoulos, F.A., 2007. Morphological differentiation and hybridization between *Quercus alnifolia* Poech and *Quercus coccifera* L. (*Fagaceae*) in Cyprus. *Silvae Genetica*, 56: 1-7.
- منابع مورد استفاده**
- Ackerly, D.D., Dudley, S.A., Sultan, S.E., Schmitt, J., Coleman, J.S., Linder, C.R., Sandquist, D.R., Geber, M.A., Evans, A.S., Dawson, T.E. and Lechowicz, M.J., 2000. The evolution of plant ecophysiological traits: recent advances and future directions. *Bioscience*, 50: 979-995.
 - Alvaninejad, S., Tabari, M., Espahbodi, K. and Taghvaei, M., 2009. Heritability of Traits in 1- Year Seedlings of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 16: 218-228.
 - Barigah, T.S., Saugier, B., Mousseau, M., Guittet J. and Ceulemans, R., 1994. Photosynthesis, leaf area, and productivity of 5 poplar clones during their establishment year. *Annals of Forest Science*, 51: 613-625.
 - Bognounou, F., Thiomiano, A., Oden, P.C. and Guinko, S., 2010. Seed provenance and latitudinal gradient effects on seed germination capacity and seedling establishment of five indigenous species in Burkina Faso. *Tropical Ecology*, 51: 1-13.
 - Boltz, B.A., Bongarten B.C. and Teskey, R.O., 1986. Seasonal patterns of net photosynthesis of loblolly pine from diverse origins. *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 1063-1068.
 - Bongarten, B.C. and Teskey, R.O., 1986. Water relations of loblolly pine seedlings from diverse geographic origins. *Tree Physiology*, 1: 265-276.
 - Bower, A.D. and Aitken, S.N. 2008. Genetic diversity and geographic differentiation in quantitative traits, and seed transfer Guidelines for *Pinus albicaulis* (*Pinaceae*). *American Journal of Botany*, 95, 66-76.
 - Brendel, O., Le Thiec, D., Scotti-Saintagne, C., Bodénès, C., Kremer, A. and Guehl, J.M., 2008. Quantitative trait loci controlling water use efficiency and related traits in *Quercus robur* L. *Tree Genetic & Genome*, 4: 263-278.
 - Caruso, C.M., Maherali, H., Mikulyuk, A., Carlson, K. and Jackson, R.B., 2005. Genetic variance and covariance for physiological traits in lobelia: are there constraints on adaptive evolution? *Evolution*, 59: 826-837.
 - Ceulemans, R., Impens, I. and Steenackers, V., 1987. Variations in photosynthetic, anatomical, and enzymatic leaf traits and correlations with growth in recently selected *Populus* hybrids. *Canadian Journal of Forest Research*, 17: 273-283.
 - Charmantier, A. and Garant, D. 2005. Environmental quality and evolutionary potential: Lessons from wild populations. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*, 272: 1415-1425.
 - Clair, S.B.T., Mock, K.E., La Malfa, E.M., Campbell, R.B. and Ryel, R.J., 2010. Genetic contributions to

- Detection of quantitative trait loci controlling bud burst and height growth in *Quercus robur* L. *Theoretical and Applied Genetic*, 109: 1648-1659.
- Seiler, J.R. and Johnson, J.D., 1988. Physiological and morphological responses of three half-sib families of loblolly pine to water-stress conditioning. *Forest Science*, 34: 487-495.
 - Soltani, A., Rezaei, A. and Khagehpoor, M., 2001. genetic diversity for some physiological and agronomic traits in Sorghum. *Journal of Crop Production and Processing*, 5: 127-136.
 - Swarup, V.A. and Chaugale, D.S., 1962. Studies in genetic variability in Sorghum. I. Correlation of some important quantitative characters contributing towards yield and application of selection indices for varetal selection. *Indian Journal Genetic*, 22: 31-35.
 - Thomas, B.R., Macdonald, S.E. and Dancik, B.P., 1997. Variance components, heritabilities and gain estimates for growth chamber and field performance of *Populus tremuloides*: Gas exchange parameters. *Silvae Genetica*, 46: 309-317.
 - Tyree, M.C., Seiler, J.R. and Maier, C.A., 2009. Short-term impacts of nutrient manipulations on leaf gas exchange and biomass partitioning in contrasting 2-year-old *Pinus taeda* clones during seedling establishment. *Forest Ecology and Management*, 257: 1847-1858.
 - Visscher, P.M., Medland, S.E., Ferreira, M.A.R., Morley, K.I., Zhu, Gu., Cornes, B.K., Montgomery, G.W. and Martin, N.G., 2006. Assumption-free estimation of heritability from genome-wide identity-by-descent sharing between full siblings. *Public Library of Science Genetics*, 2: 316-325.
 - White, T.L., Adams, W.T. and Neale, D.B., 2007. *Forest Genetic*. CABI Publishing, USA, 702 p.
 - Zolfaghari, R., Akbarinia, M., Mardi, M. and Ghanati, F., 2009. Genetic diversity in Persian oak (*Quercus branti* Lindl) from Kohkiluyeh and Boyer-Ahmad using SSR. *Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 16: 172-181.
 - Orlovic, S., Guzina, V., Krstic, B. and Merkulov, L., 1998. Genetic variability in anatomical, physiological and growth characteristics of hybrid poplar (*Populus x euramericana* DODE (GUINIER)) and eastern cottonwood (*Populus deltoides* BARTR.) clones. *Silvae Genetica*, 47: 183-190.
 - Persson, T. and Andersson, B., 2003. Genetic variance and covariance patterns of growth and survival in Northern *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18: 332-343.
 - Potts, B. and Jordan, G., 1994. Genetic variation in the juvenile leaf morphology of *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus*. *Forest Genetic*, 1: 81-95.
 - Quinn, G.P. and Keough, M.J., 2002. *Experimental Design and Analysis For Biologists*. Cambridge University Press, UK, 527 p.
 - Rochon, C., Margolis, H.A. and Weber, J.C., 2007. Genetic variation in growth of *Guazuma crinita* (Mart.) trees at an early age in the Peruvian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 243: 291-298.
 - Roth, B.E., Jokela, E.J. Martin, T.A. Huber, D.A. and White, T.L., 2007. Genotype × environment interactions in selected loblolly and slash pine plantations in the Southeastern United States. *Forest Ecology and Management*, 238: 175-188.
 - Salvador, V., 2004. Drought tolerant and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedling after drought hardening in the nursery. *Journal tree physiology*, 24: 1147-1155.
 - SAS Institute., 1989. *SAS Users Guide Statistics. Version 6*. SAS Institute, Cary, NC. 943 p.
 - Schnäbel, A. and Hamrick, J.L., 1990. Comparative analysis of population genetic structure in *Quercus macrocarpa* and *Q. gambelii* (Fagaceae). *Systematic Botany*, 15: 240-251.
 - Scotti, I., Calvo-Vialettes, L., Scotti-Saintagne, C., Citterio, M., Degen, B. and Bonal, D., 2010. Genetic variation for growth, morphological, and physiological traits in a wild population of the Neotropical shade-tolerant rainforest tree *Sextonia rubra* (Mez) van der Werff (Lauraceae). *Tree Genetics & Genomes*, 6: 319-329.
 - Scotti-Saintagne, C., Bodénès, C., Barreneche, T., Bertocchi, E., Plomion, C. and Kremer, A., 2004.

Evaluation of genetic variability of some morpho-physiological traits in brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.)

R. Zolfaghari^{1*}, Kh. Karimi Haji Pomagh² and P. Fayyaz³

1* - Corresponding author, Assist. Prof., Yasouj University, Yasouj, I.R.Iran
Email: Zolfaghari@mail.yu.ac.ir

2- M.Sc., Forestry, Yasouj University, Yasouj, I.R.Iran

3- Assist. Prof., Yasouj University, Yasouj, I.R.Iran

Received: 08.05.2012

Accepted: 02.24.2013

Abstract

Quantitative genetic diversity is a fundamental component of the interaction between natural populations and their environments, therefore, a better understanding of the nature of the interactions may lead us to more success in breeding programs of different species. Seeds of 60 mother trees of brant's oak were collected from different latitude and altitude of Zagros forests and sown in a research field of Yasouj, located on the south of Zagros. After two years, several morpho-physiological traits such as efficiency of photosystem II, leaf area and weight, specific leaf area and relative water content of seedlings were measured. Different genetic parameters including heritability, genetic and phenotypic coefficient variation of overall and each provenance were separately calculated. Results showed that the effect of provenances and mother trees were significant for some traits such as efficiency of photosystem II, area and weight of leaf and relative water content. Also these traits had high heritability ranged from 0.8 to 1, whereas in case of specific leaf area, the amount of heritability was zero. The efficiency of photosystem II had also highest amount of genetic and phenotypic coefficient variation (75.8% and 0.8). The amount of heritability was different in each provenance for all measured traits except for relative water content. It was not appropriate to use a single trait in early selection for different provenances in Zagros forests. However, measurement of several morpho-physiological traits such as leaf area, leaf dry and wet weight can help us to select the progenies of the species with higher growth and survival rates in Zagros region.

Key words: Reforestation, Zagros, Morpho-physiological traits, Heritability.