

(OPEN ACCESS)

**Variability of seed germination and early grown seedling traits
across different seed origins of Chestnut-leaved Oak
(*Quercus castaneifolia* CA Mey.) in Hyrcanian forests**

Masoud Nazifi¹, Asghar Fallah^{*2}, Alireza Aliarab³, Seyed Ehsan Sadati⁴

1. Ph.D. Student in Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran. E-mail: nazifi_g@yahoo.com
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran. E-mail: fallaha2007@yahoo.com
3. Assistant Prof., Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: aliarab@gau.ac.ir
4. Associate Prof., Research Division of Natural Resources, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, I.R. Iran. E-mail: sadati10@yahoo.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Background and Objectives: An important portion of the failure observed in chestnut-leaved oak (<i>Quercus castaneifolia</i>) afforestation programs is related to the geographic origin of seeds and seedlings and its influence on seedling establishment and growth. The lack of provenance-based evaluations for determining appropriate seed and seedling transfer zones, as well as the effects of maternal trees on seedling establishment and early growth in local nurseries and plantation sites, factors directly linked to climate change adaptation, is quite remarkable. Therefore, this study aimed to investigate the variability of seed germination traits and early growth characteristics of chestnut-leaved oak seedlings across different seed sources in the Hyrcanian forests.
Article history: Received: 12.08.2025 Revised: 04.21.2026 Accepted: 04.21.2026	
Keywords: Altitudinal gradient, Forest nursery, Hyrcanian Forest, Mother tree, Provenance	
	Materials and Methods: Acorns were collected from three Hyrcanian forest sites (Asalem in Gilan, Neka in Mazandaran, and Loveh in Golestan), each representing three elevational gradients (lowland, midland, and highland). Acorns were then sown at the Pasand Forest and Rangeland Research Station. In total, seeds from nine provenances and 90 maternal trees (10 mother trees per provenance) were evaluated under a nested experimental design for germination performance and early seedling growth. Germination traits, including germination capacity, mean germination time, germination rate, radicle and plumule length, their corresponding dry weights, and root-to-shoot length ratio, were measured. Experimental data were analyzed using a univariate nested analysis of variance (ANOVA). Treatment means and their effects were compared using the Student–Newman–Keuls (SNK) multiple range test at the 5% significance level.
	Results: The results indicated that seed provenance and maternal trees had significant and broad effects on all germination traits, growth indices, and

biomass of oak seedlings. The highest germination percentage (89.8%), germination rate ($0.57 \text{ seed} \cdot \text{day}^{-1}$), and seed vigor index (18.78) were observed in the higher-elevation provenance seed lot of Golestan Province. In contrast, the growth characteristics of seedlings, including shoot length, stem diameter, and dry weight of different seedling parts, were greatest in the forest sites of Gilan Province, particularly in the lowland and mid-elevation zones. Seedlings originating from Loveh Forest (Golestan) exhibited greater root length and higher root-to-shoot ratios, reflecting an adaptive strategy of this population to warmer and drier conditions. Correlation analysis revealed that site-related factors such as elevation, slope aspect, canopy cover, and heat load index (HLI) were significantly associated with several germination traits and early growth parameters of chestnut-leaved oak seedlings.

Conclusion: Overall, the findings demonstrated that the harsher the environmental and site conditions of the maternal seed provenance, the higher the germination-related indices of its seeds, and the more favorable the early growth performance of the resulting seedlings. This suggests that seedling producers can benefit from using seeds originating from such environments. In this study, the high-elevation sites of Golestan, particularly Loveh Forest, provided the strongest seed sources, indicating that this area is highly suitable for collecting oak seeds for seedling production within the Hyrcanian region. In general, the results showed that no single source of chestnut-leaved oak seeds can be absolutely recommended as the best source across all Hyrcanian forests, and the decision on the most suitable provenance of acorns should depend on the specific objectives of the project. Therefore, it is recommended to use acorns from Golestan Province when rapid establishment and high seed germination rates are desired. However, when faster increases in seedling height and higher growth potential of aerial parts are prioritized in the nursery or planting area, the use of seeds from Gilan origin, especially from mid- and low-altitude areas, should be given priority. Furthermore, given the significant variability in germination and vegetative traits of seedlings among different mother trees, it is advisable to conduct additional studies on the collection and transfer of chestnut-leaved oak acorns in Hyrcanian forests.

Cite this article: Nazifi, Masoud, Fallah, Asghar, Aliarab, Alireza, Sadati, Seyed Ehsan. 2026. Variability of seed germination and early grown seedling traits across different seed origins of Chestnut-leaved Oak (*Quercus castaneifolia* CA Mey.) in Hyrcanian forests. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 33 (2), 29-49.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwfst.2026.24356.2139

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تغییرپذیری صفات جوانه‌زنی بذر و نونهال‌های بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey.) در مبداهای بذری مختلف جنگل‌های هیرکانی

مسعود نظیفی^۱، اصغر فلاح^{۲*}، علیرضا علی‌عرب^۳، سیداحسان ساداتی^۴

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: nazifi_g@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: fallaha2007@yahoo.com
۳. استادیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: aliarab@gau.ac.ir
۴. دانشیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ساری، ایران. رایانامه: sadati10@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: بخش مهمی از عدم موفقیت بلندمازو در جنگل‌کاری‌ها به مبدأ جغرافیایی بذر و نهال و تأثیر آن در استقرار مربوط است. خلأ ارزیابی‌های منطقه‌ای پرونایی برای تعیین شعاع انتقال بذر و نهال و نیز اثرات پایه‌های مادری روی استقرار و رشد نهال‌ها در نهالستان‌ها و جنگل‌کاری‌های محلی که رابطه مستقیم با تغییرات اقلیمی دارد، کاملاً محسوس است. ازاین‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرپذیری صفات جوانه‌زنی بذر و ویژگی‌های رشد اولیه نونهال‌های بلندمازو در مبداهای بذری مختلف جنگل‌های هیرکانی انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۷ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۱	
واژه‌های کلیدی: پایه مادری، پرونایی بذر، جنگل هیرکانی، گرادیان ارتفاعی، نهالستان جنگلی	مواد و روش‌ها: بذور بلندمازو از ۳ رویشگاه جنگل‌های هیرکانی (اسالم در گیلان، نکا در مازندران و لوه در گلستان) و هریک در سه گرادیان ارتفاعی (پایین‌بند، میان‌بند و بالا‌بند) جمع‌آوری گردید و در ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع پاسند کشت شدند. درمجموع بذرها ۹ مبدأ و ۹۰ درخت مادری (۱۰ درخت مادری از هر مبدأ بذر) طی یک طرح آشیانه‌ای تحت آزمون جوانه‌زنی و رشد نونهال قرار گرفتند. صفات جوانه‌زنی بذر شامل توانایی جوانه‌زنی، میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و نسبت‌های طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مورد بررسی قرار گیرند. آزمایش‌ها در قالب طرح آشیانه‌ای و با استفاده از روش‌های تجزیه واریانس یک متغیره با در نظر گرفتن خطای نوع اول

مجاز پنج درصد میانگین و اثر تیمارهای مربوطه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای SNK مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد مبدأ بذر و پایه‌های مادری اثر معنی‌دار و گسترده‌ای بر تمامی صفات جوانه‌زنی، شاخص‌های رشد و وزن خشک نونهال‌های بلندمازو دارند. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۸۹/۸ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۰/۵۷ بذر در روز) و بالاترین شاخص بنیه بذر (۱۸/۷۸) در توده بذر حاصل از ارتفاعات بالاتر استان گلستان مشاهده شد، درحالی‌که مشخصه‌های رویشی نونهال‌ها (طول و قطر ساقه و وزن خشک اندام‌ها) در رویشگاه‌های استان گیلان، به‌خصوص پایین‌بند و میان‌بند، در بالاترین میزان قرار داشت. نونهال‌های حاصل از بذره‌های جنگل لوه (گلستان) دارای طول ریشه بیش‌تر و نسبت ریشه به ساقه بالاتری بودند که نشان‌دهنده مکانیسم سازگاری این جمعیت با شرایط گرم‌تر و خشک‌تر است. تحلیل همبستگی نشان داد عوامل رویشگاهی نظیر ارتفاع، جهت دامنه، تاج‌پوشش و شاخص بار گرمایی ارتباط معنی‌داری با برخی از صفات جوانه‌زنی و رشد نونهال‌های بلندمازو داشتند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج نشان داد نمی‌توان به‌صورت مطلق یک مبدأ بذر بلندمازو را به‌عنوان بهترین مبدأ در جنگل‌های هیرکانی معرفی نمود و تصمیم‌گیری در مورد مبدأ بذر می‌تواند به اهداف پروژه بستگی داشته باشد. بنابراین توصیه می‌گردد در مواردی که استقرار سریع و نرخ بالای جوانه‌زنی بذر مدنظر است، از بذره‌های استان گلستان استفاده شود، اما در مواردی که در نهالستان و یا عرصه موردنظر افزایش سریع‌تر ارتفاع نهال و پتانسیل رویش بالاتر اندام هوایی نهال‌ها بیش‌تر مدنظر است، استفاده از بذور مبدأ گیلان، به‌ویژه در ارتفاعات میان‌بند و پایین‌بند در اولویت قرار گیرد. هرچند با توجه به تغییرپذیری معنی‌دار جوانه‌زنی و صفات رویشی نونهال‌ها در پایه‌های مادری مختلف، اجرای مطالعات تکمیلی در این زمینه جهت جمع‌آوری و انتقال بذر بلندمازو در جنگل‌های هیرکانی قابل توصیه است.

استناد: نظیفی، مسعود، فلاح، اصغر، علی‌عرب، علیرضا، ساداتی، سیداحسان (۱۴۰۵). تغییرپذیری صفات جوانه‌زنی بذر و نونهال‌های بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey.) در مبدأهای بذری مختلف جنگل‌های هیرکانی. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۳۳ (۲)، ۴۹-۲۹.

DOI: 10.22069/jwfst.2026.24356.2139



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

درختان جنس بلوط (*Quercus*) نسبت قابل توجهی از مناطق جنگل‌کاری شده نواحی معتدله و گرمسیر نیمکره شمالی زمین را به خود اختصاص داده و اکوسیستم‌های جنگلی که در آن‌ها گونه‌های مختلف جنس بلوط غلبه یافته‌اند، از مهم‌ترین انواع اکوسیستم‌های مناطق مدیترانه‌ای محسوب می‌شوند (۱). وابستگی زیاد حیات‌وحش، دام و ساکنان این مناطق به بوم‌سازگان جنگلی بلوط و همچنین مشکلات عدیده رشد و استقرار زادآوری این درختان ارزشمند در توده‌های جنگلی (از جمله بذرخواری و چرای نهال، سرمازدگی و رقابت گیاهان علفی)، اهمیت توجه به روش‌ها و فنون جنگل‌کاری بلوط را جهت جبران صدمات ناشی از فقدان زادآوری طبیعی را مورد تأکید قرار می‌دهد (۲، ۳). یکی از مهم‌ترین درختان جنس بلوط که پراکنش وسیعی از شرقی‌ترین تا غربی‌ترین حدود پراکنش جنگل‌های هیرکانی داشته و از جلگه تا ارتفاعات ۲۱۰۰ متری از سطح دریا مستقر می‌گردد، بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Meyer) است (۴). با توجه به اهمیت اکولوژیک فراوان این گونه (درشتی بذر، ریشه‌دوانی عمیق، بردباری به شرایط نامساعد محیطی، دیرزیستی زیاد، تاج بلند و سبک و غیره)، سهم قابل‌ملاحظه‌ای از برنامه‌های تولید نهال و جنگل‌کاری سالانه در عرصه‌های جنگلی معطوف به تولید نهال بلندمازو و نهال‌کاری با آن است. با این حال موجودی بلندمازو در رویشگاه‌های طبیعی در حال کاهش است (۵) و مشکلات زیادی نیز در استقرار و گسترش تجدید حیات آن وجود دارد. به علاوه، دوشاخه و چنگالی‌شدن و رشد اندک و میان‌رو نبودن نهال‌ها از مهم‌ترین نواقص تولید نهال و نهال‌کاری با بلندمازو است. بنابراین یافتن روش‌هایی که با استفاده بتوان کیفیت نهال‌های تولیدی در خزانه و رشد جنگل‌کاری‌ها را ارتقاء داد و به تولید نهال‌های

مقاوم‌تر در برابر تنش‌های محیطی ناشی از تغییرات اقلیمی (خشکی فزاینده و نیز بروز خشکی‌های ممتد، سرماهای دیررس و زودرس، طغیان آفات و امراض و افزایش آلودگی هوا) پیش‌رو کمک کرد (۶، ۷). یکی از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند در رشد و سازگاری نهال‌ها و بذور کاشته شده تأثیرگذار باشد، نحوه انتخاب مبدأ (پرونانس) و ویژگی‌های کیفی بذر می‌باشد. به‌طور کلی قاعده‌ای که معمولاً جنگل‌بانان و متخصصان احیاء جنگل برای انتخاب مبدأ بذر از آن تبعیت می‌کنند این است که بذور مورد استفاده در جنگل‌کاری باید تا حد امکان از توده‌های جنگلی درون و یا اطراف منطقه کاشت (حداکثر اختلاف ارتفاعی ۱۵۰ تا ۳۰۵ متر و حداکثر فاصله افقی در جهت شمالی - جنوبی ۱۶۱ کیلومتر) با شرایط اقلیمی، خاکی و پوشش گیاهی مشابه عرصه جنگل‌کاری جمع‌آوری شوند (۸). این قاعده از یکسو می‌تواند احتمال سازگاری درختان مستقر شده را افزایش دهد، اما از سوی دیگر می‌تواند تنوع ژنتیکی گونه‌هایی که از پراکنش وسیعی برخوردارند را نیز کاهش دهد (به‌ویژه وقتی جمع‌آوری بذر از تعداد محدودتری از درختان مادری انجام شود). علاوه‌براین، با توجه به تغییرات اقلیمی به وجود آمده در سال‌های اخیر، ممکن است مبدأ محلی که با توجه به سنین بالای درختان جنگلی حاصل انتخاب طبیعی در سال‌های گذشته می‌باشند، لزوماً بهترین مطابقت را با شرایط اقلیمی فعلی و آینده منطقه کاشت نداشته باشند (۹، ۱۰). بنابراین، معمولاً سعی می‌شود با استفاده از آزمون‌های نتایج و شناخت قابلیت‌های واقعی بذور، تنوع ژنتیکی بذور مورد استفاده در جنگل‌کاری تا حد امکان افزایش داده شوند (۱۱، ۱۲). بررسی‌ها نشان داده است، بذرهایی یک گونه که از مبدأهای متفاوت جمع‌آوری شده‌اند، دارای شرایط متفاوتی در جوانه‌زنی، رشد، عملکرد و راندمان تولید خواهد بود

(۱۳). بنابراین شناخت تغییرپذیری صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه نونهال‌های حاصل از بذر درختان جنگلی می‌تواند اطلاعات مهمی برای مدیریت عملیات جمع‌آوری بذر، تولید نهال، جنگل‌کاری و احیاء رویشگاه‌های تخریب‌یافته فراهم آورد. علاوه‌براین، با توجه به این‌که جوانه‌زنی بذر از مهم‌ترین مراحل زندگی گیاه محسوب گردیده و در فرآیند انتخاب طبیعی و نحوه واکنش گیاهان در برابر عوامل محدودکننده محیطی اکوسیستم نقش مهمی را ایفا می‌کند، لازم است این عامل به‌صورت ویژه در مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی و احیاء اکولوژیک و مطالعات مرتبط با آن مورد توجه قرار گیرد (۱۴). با توجه به اهمیت موضوع، تاکنون مطالعات متعددی در زمینه اثرات مبدأ بذر بر جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف جنس بلوط انجام شده است که از آن‌جمله می‌توان به تحقیقات الوانی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) روی برودار (*Q. brantii*) (۱۵)، علی‌عرب و همکاران (۱۳۸۹) روی بلندمازو (۱۶)، تیلکی و همکاران (۲۰۰۵) روی بلوط اوچری (*Q. aucheri*) (۱۷)، کالیسکان و همکاران (۲۰۱۴) روی بلوط همیشه سبز (*Q. ilex*) (۱۸)، جیرارد و همکاران (۲۰۲۲) روی سفیدمازو (*Q. petraea*) (۱۲) و آریون و همکاران (۲۰۲۴) روی بلوط قرمز اروپایی (*Quercus robur* L.) (۱۹) اشاره نمود. در تمامی این تحقیقات اختلاف معنی‌داری از نظر صفات جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه نونهال‌های بلوط در مبدأهای مختلف بذر مشاهده گردید. این مطلب نشان‌دهنده اهمیت توجه به مبدأ انتخاب بذر بوده و لزوم اجرای تحقیقات جامع در این زمینه را مورد تأکید قرار می‌دهد. به‌طورکلی اثرگذاری مبدأ بذر بر صفات جوانه‌زنی، اندازه و کیفیت بذر درختان جنگلی از یکسو می‌تواند ناشی از سازش درازمدت درختان و توده جنگلی استقرار یافته در هر منطقه به شرایط

اقلیمی و خاکی موجود باشد و از سوی دیگر به دلیل تفاوت‌های میکروکلیماتیک، شرایط رقابتی، وضعیت گرده‌افشانی، شرایط تولید بذر، تفاوت‌های فنوتیپی و تنوع ژنتیکی درختان مادری به وجود آید (۲۰). بررسی‌ها نشان می‌دهد تاکنون تحقیق جامعی در زمینه شناخت عوامل رویشگاهی مؤثر بر صفات جوانه‌زنی درختان بلندمازو صورت نگرفته است و تنها مطالعه انجام شده در این زمینه (۱۶) تغییرات صفات جوانه‌زنی بذور بلندمازو را در مبدأهای بذری مستقر در ارتفاعات مختلف یک منطقه (جنگل لوه استان گلستان) مورد بررسی قرار داده است. با عنایت به این‌که محدوده پراکنش گونه ارزشمند بلندمازو در جنگل‌های هیرکانی بسیار وسیع بوده و از غرب تا شرق این جنگل‌ها را شامل می‌شود، لازم است تحقیقات جامعی در این زمینه صورت پذیرد. با توجه به این موضوع، در تحقیق حاضر سعی شد صفات جوانه‌زنی بذور بلندمازو در پرونانس‌ها و پایه‌های مادری مختلف در شرایط استاندارد مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد، تا ضمن شناخت هرچه بیش‌تر عوامل مؤثر بر تجدیدحیات طبیعی و بذور بلندمازو کاشته شده، اطلاعات لازم جهت انتخاب پرونانس و پایه‌های مادری مناسب جهت عملیات بذرگیری و تولید نهال‌های بومی مقاوم در جنگل‌های هیرکانی فراهم آید.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری بذر: با توجه به پراکنش وسیع بلندمازو در مناطق جغرافیایی و ارتفاعات مختلف جنگل‌های هیرکانی، جهت تهیه بذره‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر، ابتدا ۳ منطقه مناسب از سه استان‌های شمالی کشور (اسالم در گیلان، نکا در مازندران و لوه در گلستان) انتخاب شد و در هر منطقه سه ناحیه ارتفاعی از بخش‌های پایین‌بند، میان‌بند و بالابند انتخاب شد.

درختان مادری (نسبت قطر برابر سینه به ارتفاع درختان)، شاخص مکان‌نما (Site exposure) با استفاده از رابطه ۱ و شاخص بار گرمایی (Heat load index) هر ناحیه با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (۲۱). میانگین ویژگی‌های مورد بررسی در جدول ۱ درج شده است. همچنین به منظور بررسی رابطه جهت دامنه با عملکرد جوانه‌زنی بذر و رشد نونهال‌های بلندمازو، آزمون جهت دامنه با استفاده از رابطه ۳ به صورت خطی محاسبه گردید (۲۲). لازم به ذکر است که در روابط ۱، ۲ و ۳ نمادهای Aspect و Slope به ترتیب معرف آزمون جهت دامنه و زاویه شیب دامنه نسبت به سطح افق می‌باشند.

سپس از هر مبدأ در اواسط آبان تا اوایل آذر ۱۴۰۳ (با توجه به تفاوت زمان رسیدن بذرهای در ارتفاعات مختلف) تعداد ۱۰ درخت مادری بلندمازو با صفات ریختی برتر به صورت تصادفی از هر ناحیه انتخاب گردید و از هر درخت ۵ کیلوگرم بذر تازه ریخته شده جمع‌آوری گردید. سپس مختصات جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی (GPS)، درصد تاج‌پوشش توده با روش تخمین بصری، شیب زمین، با استفاده از شیب‌سنج سنتو، جهت دامنه به وسیله از قطب‌نمای سنتو، قطر برابر سینه با نوار قطرسنج و ارتفاع درختان مادری براساس روش مثلثاتی اندازه‌گیری شد (۱۶). همچنین با استفاده از اطلاعات به دست آمده ضریب قدکشیدگی

جدول ۱- مختصات جغرافیایی مبدأهای بذری و ویژگی‌های ظاهری درختان مادری بلندمازو مورد استفاده.

Table 1. Geographic coordinates of seed provenances and morphological characteristics of maternal Oak trees used.

ضریب قدکشیدگی درخت	میانگین قطر برابر سینه درخت Average tree DBH	میانگین ارتفاع درخت Average height	تعداد درختان Number of trees	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	
41.673	69.42	28.5	10	485532	374218	پایین‌بند Lowland
45.941	88.97	35.3	10	492529	365759	میان‌بند Midland
39.503	65.48	25.0	10	492135	365554	بالا‌بند Highland
33.657	106.21	34.2	10	532558	363440	پایین‌بند Lowland
46.879	91.67	38.7	10	533349	362430	میان‌بند Midland
33.502	118.17	33.9	10	533746	363527	بالا‌بند Highland
95.491	22.76	21.0	10	553904	372119	پایین‌بند Lowland
182.419	20.43	32.0	10	554018	370405	میان‌بند Midland
97.063	36.44	34.1	10	554154	371838	بالا‌بند Highland

به مدت ۲ ساعت) غیرقلیایی مرطوب (۵۰ درصد رطوبت اشباع)، کاشته شده و در شرایط محیطی مناسب جوانه‌زنی بذر بلوط (۸ ساعت روشنائی با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت تاریکی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند (۲۳). شمارش بذرهای جوانه‌زده هر ۲ روز یک‌بار صورت پذیرفت. سپس با استفاده از روابط مندرج در جدول ۲ صفات جوانه‌زنی بذرهای شامل درصد جوانه‌زنی (درصد بذرهای جوانه‌زده در هر واحد آزمایشی)، سرعت (GS) و میانگین روزانه (MDG) جوانه‌زنی محاسبه شد (۲۴). شاخص بیه بذر (VI) با استفاده از رابطه مندرج در جدول ۳ محاسبه گردید (۲۴، ۲۵). علاوه‌براین، به منظور بررسی تغییرات وزن خشک (بایومس) نونهال‌های بلندمازو سبز شده، پس از پایان دوره آزمایش، تمامی نونهال‌ها به سه جزء شامل ریشه، ساقه و برگ تقسیم‌بندی شدند و پس از ۴۸ ساعت قرارگیری در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، اجزاء مختلف وزن خشک نهال‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و درنهایت از با استفاده از آن‌ها وزن خشک کل و هم‌چنین نونهال‌ها نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه محاسبه شد (جدول ۲).

$$SEI = slope \times \left(\frac{\pi \times (Aspect - 180)}{180} \right) \quad (1)$$

$$HLI = \frac{1 - \cos(Angle - 45)}{2} \quad (2)$$

$$Linear\ Aspect = \cos(45 - Aspect) + 1 \quad (3)$$

آماده‌سازی بذر: بذرهای جمع‌آوری شده بلافاصله پس از جمع‌آوری جهت حفظ رطوبت اولیه در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند و در محیط سایه و خنک به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از اجرای آزمون غوطه‌وری (Floating test) و جداسازی ناخالصی‌ها و بذرهای ناسالم از توده بذر، با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱٪ به مدت ۵ دقیقه استریل شده و تا شروع آزمون جوانه‌زنی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۲۳).

طرح آزمایش: با استفاده از یک طرح آشیانه‌ای دوعامله (۹ مبدأ بذر و ۱۰ پایه مادری) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۴ تکرار ۲۵ تایی، تعداد ۹۰۰۰ بذر سالم بلندمازو (از هر مبدأ ۱۰۰۰ بذر و از هر درخت مادری ۱۰۰ بذر) به مدت ۴۰ روز تحت آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند. طوری‌که بذرهای انتخاب‌شده در داخل ماسه استریل شده (دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد

جدول ۲- روابط مورد استفاده در محاسبه شاخص‌های جوانه‌زنی و بیه بذر.

Table 2. Equations used for calculating seed germination and vigor indices.

$GP = (GS/TS) \times 100$	$GS = \Sigma(n / DSS)$	$MDG = FCG/T$
$TDW = SDW + RDW + LDW$	$RSR = RDW/SDW$	$VI = GP \times RL$

نهایی بذرهای جوانه‌زده، T زمان کل آزمون برحسب روز، VI شاخص بیه بذر و RL طول گیاه‌چه است. **تجزیه و تحلیل آماری:** در تحقیق حاضر به منظور بررسی میزان تغییرپذیری صفات جوانه‌زنی و رشد نونهال‌های بلندمازو حاصل از مبدأ و پایه‌های مادری مختلف از روش تجزیه واریانس آشیانه‌ای دوعامله در

در روابط مندرج در این جدول GP، درصد جوانه‌زنی بذر، GS تعداد بذور جوانه‌زده، TS تعداد کل بذرهای مورد آزمون در تکرار مربوطه، GS سرعت جوانه‌زنی، n تعداد بذرهای تازه جوانه‌زده در هر مرحله آماربرداری، DSS تعداد روزهای سپری‌شده از شروع آزمون، MDG میانگین روزانه جوانه‌زنی، FCG تعداد تجمعی

بررسی بین مبداهای مختلف بذر با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای SNK و با در نظر گرفتن خطای ۵٪ انجام شد. همبستگی بین متغیرها با استفاده از آزمون همبستگی خطی پیرسن بررسی شد و مدل‌سازی آماری با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی حداقل مربعات و با استفاده از روش گام‌به‌گام صورت گرفت.

نتایج

مشخصه‌های جوانه‌زنی بذر: نتایج نشان داد اثرات مبدأ بذر و درختان مادری نمونه‌برداری شده در آن‌ها بر تمامی مشخصه‌های جوانه‌زنی بذر مورد مطالعه معنی‌دار بود ($P < 0.01$). علاوه بر این، بررسی ضرایب تبیین محاسبه‌شده نشان داد در تمامی صفات جوانه‌زنی مورد مطالعه از ۷۵/۰۲ درصد تا ۷۷/۱۸ درصد از تغییرات مشاهده‌شده در این متغیرها به‌وسیله مدل آماری به‌کار گرفته‌شده تبیین گردیده و میانگین جوانه‌زنی روزانه و شاخص بنیه بذر به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر ضرایب تغییرات را داشته‌اند (جدول ۳).

قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد (۲۶). به‌منظور بهبود وضعیت همگنی واریانس داده‌ها، از تبدیل زاویه‌ای جهت تبدیل متغیر درصد جوانه‌زنی قبل از وارد شدن به مدل آنالیز واریانس استفاده شد. با توجه به کمی و نرمال بودن داده‌های حاصل از آزمایش، همه داده‌ها با استفاده از روند Prc GLM نرم‌افزار SAS 9 وارد مدل آماری آشیانه‌ای در قالب بلوک کامل تصادفی گردید (۲۷). مدل آماری طرح در رابطه ۴ درج شد.

$$x_{ijk} = \mu + P_i + T_{j(i)} + R_k + \varepsilon_{ijk} \quad (4)$$

(i=1,...,9; j=1,...,10; k=1,...,4)

در رابطه ۱ علامت‌های μ , P, T و R به ترتیب معرف اثرات مبدأ، پایه مادری (آشیانه شده در مبدأ بذر به‌عنوان متغیر تصادفی) و بلوک (تکرار) بوده و ε_{ijk} خطای مدل (اشتباه آزمایشی) را نشان می‌دهد. پس از آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نتایج مندرج در جدول آنالیز واریانس، مقایسه میانگین صفات مورد

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مبدأ بذر و درختان مادری بر مشخصه‌های جوانه‌زنی بذر بلندمازو در جنگل‌های هیرکانی.

Table 3. Analysis of variance for the effects of seed provenance and maternal trees on Oak seed germination traits in the Hyrcanian forests.

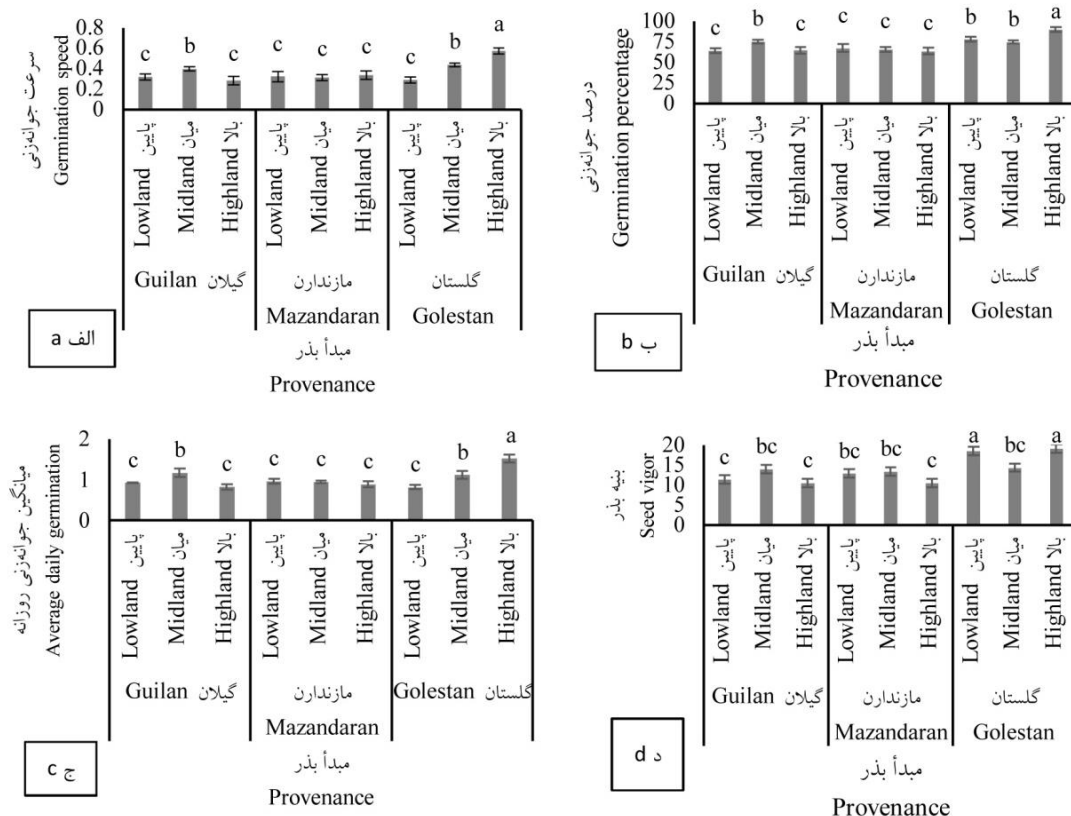
منبع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی Speed Germination	میانگین جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination	شاخص بنیه بذر Seed vigor index
تکرار Repeat	3	0.015 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.0480 ^{ns}	21.853 ^{ns}
مبدأ بذر Provenance	8	0.2913**	0.2878**	1.551**	349.478**
درخت مادری (مبدأ بذر) Maternal tree × Provenance	77	0.1581**	0.1251**	0.7752**	151.537**
اشتباه آزمایشی Experiment error	334	0.0195	0.0156	0.0978	17.684
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (CV, %)	----	19.58	32.14	28.76	30.66
ضریب تبیین (%) Coefficient of determination (R ² , %)	----	75.20	75.77	75.06	77.18

** معرف وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بوده و ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد.

** Indicates a significant difference at the 1% probability level, and ns denotes no significant difference at the 5% probability level

شاخص بنيه در بذور ارتفاعات فوقانی و پایینی جنگل لوه به صورت معنی داری از سایر مبداهای بذری مناطق هیرکانی بالاتر بوده است. در استان مازندران ارتفاع رویشگاه تأثیر معنی داری بر صفات جوانه زنی بذور نداشت، اما در استان گیلان، بذور جمع آوری شده از مناطقی با ارتفاعات میانی، بالاترین مقادیر قوه نامیه، سرعت جوانه زنی، میانگین جوانه زنی روزانه و شاخص بنيه بذور برخوردار بودند (شکل ۱).

همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد افزایش ارتفاع رویشگاه در تمامی مناطق مورد بررسی اثر یکسانی بر شاخص‌های جوانه زنی بذور بلندمازو نداشته است. در استان گلستان با افزایش ارتفاع رویشگاه به طور معنی داری سرعت و میانگین روزانه جوانه زنی بذور بلندمازو افزایش داشت و همچنین میانگین قوه نامیه بذور حاصل از منطقه بالابند، به صورت معنی داری بالاتر از مناطق با ارتفاعات کم تر بوده است. علاوه بر این، بررسی‌ها نشان داد میانگین



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد جوانه زنی (الف)، سرعت جوانه زنی (ب)، میانگین روزانه جوانه زنی (ج) و بنيه بذور بلندمازو حاصل از مبداهای مختلف. حروف لاتین کوچک یکسان روی ستون‌ها مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Figure 1. Comparison of mean seed germination percentage (a), germination rate (b), mean daily germination (c), and seed vigor of Oak originating from different provenances. Identical lowercase letters above the bars indicate no significant difference at the 5% probability level.

مشخصه‌های ظاهری نونهال‌ها: نتایج نشان داد اثر مبدأ بذر و همچنین اثرات آشیانه‌ای درختان مادری در مبدأهای مختلف بذر بر تمامی مشخصه‌های ظاهری نونهال‌های مورد مطالعه، شامل طول و قطر ساقه، طول ریشه و طول کل در سطح احتمال یک درصد دارای معنی‌دار است ($P < 0.01$). همچنین، بررسی‌ها نشان داد ضرایب تغییرات مدل‌های خطی مورد استفاده در این بخش از ۱۱/۴۰ درصد تا ۱۸/۹۸ درصد متفاوت بوده است و قطر ساقه و طول کل نونهال‌ها به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین ضرایب تغییرات را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر مبدأ بذر و پایه‌های مادری بر مشخصه‌های ظاهری نونهال‌های بلندمازو.

Table 4. Analysis of variance for the effects of seed provenance and maternal trees on the morphological traits of Oak seedlings.

منبع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	طول ساقه Stem length	قطر ساقه Stem diameter	طول ریشه Root length	طول کل Total length
تکرار Repeat	3	2.757 ^{ns}	0.0341 ^{ns}	37.451*	56.550*
مبدأ بذر Provenance	8	50.971**	1.9002**	268.872**	241.925**
درخت مادری (مبدأ بذر) Maternal tree × Provenance	76	14.529**	0.2772**	34.441**	70.656**
اشتباه آزمایشی Experiment error	242	2.885	0.1275	8.328	11.496
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (CV, %)	--	11.68	11.83	18.98	11.40
ضریب تبیین (%) Coefficient of determination (R ² , %)	--	68.10	54.12	71.09	72.87

** و * به ترتیب معرف وجود تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد بوده و ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد.

** and * indicate significant differences at the 1% and 5% probability levels, respectively, and ns denotes no significant difference at the 5% probability level

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین میانگین رشد طولی ریشه و طول کل، هم‌چنین کم‌ترین میانگین رشد طولی ساقه در نونهال‌های حاصل از پایین‌بند مبدأ گلستان مشاهده شد. علاوه‌براین، بالاترین نرخ رویش طولی و قطری ساقه نونهال‌های بلندمازو در مناطق پایین‌بند و میان‌بند گیلان (اسالم) مشاهده گردید. هم‌چنین بررسی تغییرات میانگین مشخصات ظاهری نونهال‌های بلندمازو در ارتفاعات مختلف نشان داد در مبدأ اسالم

(گیلان) با افزایش ارتفاع از سطح دریای رویشگاه درختان مادری، تمامی مشخصه‌های مورد بررسی (طول و قطر ساقه، طول ریشه و طول کل) نونهال‌ها کاهش‌یافته و در مبدأ بالابند اسالم به پایین‌ترین مقدار خود رسیدند. در مبدأ نکا (مازندران) طول ساقه و طول کل نهال‌های بلندمازو در دو مبدأ پایین‌بند و میان‌بند تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اما با افزایش ارتفاع از سطح دریا در بالابند، این مشخصه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. هم‌چنین طول ریشه نونهال‌ها

با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش معنی‌داری را نشان داد. در مبدأ گلستان (لوه) نیز با افزایش ارتفاع از منطقه پایین‌بند به میان‌بند و بالا‌بند، طول کل و طول ریشه نهال‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اما تفاوت میانگین طول ساقه نهال‌ها بین مناطق ارتفاعی مختلف در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین مشخصه‌های ظاهری نهال‌های بلندمازو حاصل از مبدأهای مختلف بذر.

Table 5. Comparison of mean morphological traits of Oak seedlings originating from different seed provenances.

مبدأ بذر Provenance	طول ساقه Stem length	قطر ساقه Stem diameter	طول ریشه Root length	طول کل Total length
پایین‌بند Lowland	15.95 ^a	3.02 ^{ab}	14.09 ^c	30.04 ^{bcd}
میان‌بند Midland	15.55 ^a	3.19 ^a	12.65 ^d	28.19 ^d
بالا‌بند Highland	13.52 ^{dc}	2.95 ^b	11.98 ^d	25.50 ^e
پایین‌بند Lowland	14.98 ^{ab}	2.96 ^b	15.30 ^{bc}	30.28 ^{bcd}
میان‌بند Midland	15.92 ^a	3.25 ^a	15.65 ^{bc}	31.57 ^b
بالا‌بند Highland	14.27 ^{bc}	3.20 ^a	14.54 ^c	28.81 ^d
پایین‌بند Lowland	13.03 ^d	2.93 ^b	22.69 ^a	35.73 ^a
میان‌بند Midland	13.45 ^{dc}	3.13 ^{ab}	15.89 ^{bc}	29.34 ^{cd}
بالا‌بند Highland	13.89 ^{dc}	2.53 ^c	17.03 ^b	30.92 ^{bc}

حروف لاتین کوچک یکسان سمت راست میانگین‌ها مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند
Identical lowercase letters to the right of the means indicate no significant difference at the 5% probability level

وزن خشک نهال‌ها: نتایج همچنین نشان داد اثر مبدأ بذر و همچنین اثرات آشیانه‌ای درختان مادری در مبدأهای مختلف بذر بر وزن خشک اندام‌های مختلف نهال‌های بلندمازو مورد مطالعه معنی‌دار بوده است ($P < 0.01$). همچنین، بررسی‌ها نشان داد ضرایب تغییرات مدل‌های خطی مورد استفاده در این قسمت از ۲۴/۵۷ درصد تا ۴۱/۹۹ درصد متفاوت بوده است و وزن خشک کل و نسبت ریشه به ساقه نهال‌ها به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین ضرایب تغییرات را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر مبدأ بذر و پایه‌های مادری بر وزن خشک اندام‌های مختلف نونهال‌های بلندمازو.

Table 6. Analysis of variance for the effects of seed provenance and maternal trees on the dry weight of different organs of Oak seedlings.

منبع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک کل Total dry weight	نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio
تکرار Repeat	3	0.756 ^{ns}	1.336 ^{ns}	0.335 ^{ns}	6.310 ^{ns}	0.061 ^{ns}
مبدأ بذر Provenance	8	15.762**	13.727**	11.223**	59.238**	7.546**
درخت مادری (مبدأ بذر) Maternal tree × Provenance	76	0.762**	3.972**	2.293**	25.159**	0.745**
اشتباه آزمایشی Experiment error	212	30.265	0.650	0.757	4.458	0.228
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (CV, %)	--	30.26	28.74	30.01	24.57	41.99
ضریب تبیین (%) Coefficient of determination (R ² , %)	--	70.84	75.21	61.55	71.13	70.18

** و * به ترتیب معرف وجود تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد بوده و ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد.

** and * indicate significant differences at the 1% and 5% probability levels, respectively, and ns denotes no significant difference at the 5% probability level

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد نونهال‌های حاصل از مبدأ پایین‌بند جنگل لوه (گلستان) پایین‌ترین مقادیر وزن خشک ساقه، برگ و کل را داشته‌اند. درحالی‌که نونهال‌های حاصل از این مبدأ بالاترین نسبت ریشه به ساقه را به خود اختصاص دادند (جدول ۷). علاوه‌براین بالاترین مقادیر ثبت‌شده برای وزن خشک ریشه و کل نونهال‌ها در پایین‌بند نکا ثبت گردید. درحالی‌که بالاترین میانگین وزن خشک ساقه و برگ به ترتیب در میان‌بند نکا و میان‌بند اسالم حاصل شد (جدول ۷). از سوی دیگر بررسی تغییرات میانگین وزن خشک نونهال‌ها در ارتفاعات مختلف هر منطقه نشان داد در مبدأ اسالم (گیلان) وزن خشک ساقه نونهال‌های مبدأ پایین‌بند به‌طور معنی‌داری بالاتر از نونهال‌های حاصل از ارتفاعات بالاتر (میان‌بند و بالابند) بود است. وزن خشک برگ و وزن خشک کل بین دو مبدأ پایین‌بند و میان‌بند تفاوت معنی‌داری نداشت، اما با افزایش ارتفاع از سطح دریا در بالابند،

این مشخصه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. هم‌چنین در منطقه اسالم، بالاترین مقادیر وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه نونهال‌ها در ارتفاعات میان‌بند ملاحظه گردید. در مبدأ نکا (مازندران) با افزایش ارتفاع از منطقه پایین‌بند به میان‌بند و بالابند، وزن خشک ریشه، برگ و وزن خشک کل نونهال‌ها و هم‌چنین نسبت وزن خشک ریشه به ساقه نونهال‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اما این روند در مورد وزن خشک ساقه نونهال‌های این منطقه مشاهده نشد. طوری‌که افزایش ارتفاع از سطح دریا از منطقه پایین‌بند به میان‌بند با افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه نونهال‌ها همراه بود، اما افزایش ارتفاع در ارتفاعات بالاتر (بالابند) موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه نونهال‌ها در این منطقه شد. البته در گلستان (لوه) تغییرپذیری اجزاء وزن خشک نونهال‌های بلندمازو تا حدودی متفاوت از دو منطقه دیگر بود. طوری‌که در این گرا دیان

بیش‌ترین مقادیر وزن خشک ریشه و برگ و همچنین وزن خشک کل نونهال‌ها مربوط به مبدأ میان‌بند بود. درحالی‌که نسبت وزن خشک ریشه به ساقه نونهال‌های این منطقه با افزایش ارتفاع رویشگاه از میان‌بند به بالابند، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین وزن خشک اندام‌های مختلف نونهال‌های بلندمازو حاصل از مبدأهای مختلف بذر.

Table 7. Comparison of mean dry weights of different organs of Oak seedlings originating from different seed provenances.

نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio	وزن خشک کل Total dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	مبدأ بذر Provenance
0.70 ^b	9.81 ^{ab}	3.52 ^{ab}	2.57 ^{cd}	3.73 ^b	پایین‌بند Lowland
1.52 ^a	9.49 ^{ab}	3.61 ^a	3.43 ^b	2.45 ^e	میان‌بند Midland
0.86 ^b	7.37 ^{de}	2.56 ^{cd}	2.20 ^d	2.61 ^e	بالابند Highland
1.65 ^a	10.23 ^a	3.45 ^{ab}	4.04 ^a	2.74 ^e	پایین‌بند Lowland
0.63 ^b	9.67 ^{ab}	3.03 ^{bc}	2.48 ^{cd}	4.16 ^a	میان‌بند Midland
0.66 ^b	8.05 ^{cd}	2.69 ^{cd}	2.10 ^d	3.26 ^c	بالابند Highland
1.74 ^a	6.57 ^e	2.03 ^e	2.89 ^c	1.65 ^d	پایین‌بند Lowland
1.69 ^a	8.66 ^{bc}	2.67 ^{cd}	3.32 ^b	2.61 ^e	میان‌بند Midland
0.91 ^b	7.01 ^{de}	2.22 ^{de}	2.17 ^d	2.61 ^e	بالابند Highland

حروف لاتین کوچک یکسان سمت راست میانگین‌ها مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند
Identical lowercase letters to the right of the means indicate no significant difference at the 5% probability level

هم‌چنین وزن خشک برگ و وزن خشک کل نونهال‌ها، این ارتباط معکوس و در مورد سایر متغیرها، این ارتباط مثبت است. بررسی‌ها نشان داد عرض جغرافیایی و شیب دامنه ارتباط مثبت و معنی‌داری با سرعت و میانگین روزانه جوانه‌زنی بذور بلندمازو داشتند. عرض جغرافیایی هم‌چنین با قطر و وزن خشک ساقه نونهال‌های بلندمازو ارتباط معکوس و معنی‌داری نشان داد. علاوه‌براین، جهت دامنه، درصد تاج پوشش و شاخص بار گرمایی منطقه ارتباط معنی‌داری با طول ریشه، طول کل و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه نونهال‌ها داشتند. با این تفاوت

عوامل رویشگاهی: نتایج حاصل از بررسی ضرایب همبستگی متغیرهای رویشگاهی پایه‌های مادری با صفات جوانه‌زنی بذر و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو نشان داد طول جغرافیایی ارتباط معنی‌داری با تمامی مشخصه‌های جوانه‌زنی بذر و مشخصات ظاهری نونهال‌ها بلندمازو دارد (جدول ۸). هم‌چنین نتایج نشان داد ضریب همبستگی طول جغرافیایی محل قرارگیری درخت مادری با وزن خشک ساقه و برگ، نسبت وزن خشک ریشه به ساقه و وزن خشک کل نونهال‌های بلندمازو معنی‌دار است. طوری که در مورد طول، قطر و وزن خشک ساقه و

که ارتباط شاخص بار گرمایی با این صفات مثبت و در سایر موارد ارتباط به‌صورت معکوس گزارش گردید (جدول ۸). نکته قابل‌توجه دیگری که در تحلیل همبستگی عوامل رویشگاهی درختان مادری ملاحظه گردید، این است که ضریب همبستگی ارتفاع از سطح دریا با تمامی صفات ظاهری و مشخصه‌های وزن خشک نونهال‌های بلندمازو معنی‌داری و معکوس بود. هم‌چنین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذور بلندمازو ارتباط مثبت و معنی‌داری با ارتفاع رویشگاه داشت (جدول ۸).

جدول ۸- همبستگی صفات رویشگاهی و اقلیمی مبدأ بذر با صفات جوانه‌زنی بذر و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو.

Table 8. Correlation between site and climatic traits of seed provenances and seed germination traits and vegetative characteristics of Oak seedlings.

شاخص بار گرمایی Heat load index	شاخص مکان‌نما Cursor index	ارتفاع از سطح دریا Elevation	تاج‌پوشش (%) Crown coverage (%)	جهت دامنه (خطی) Aspect (linear)	شیب دامنه Slope	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	
0.077 ^{ns}	0.116*	0.137**	0.091 ^{ns}	-0.135*	0.084 ^{ns}	0.053 ^{ns}	0.122*	درصد جوانه‌زنی Germination (%)
-0.013 ^{ns}	0.176**	0.154**	-0.060 ^{ns}	-0.066 ^{ns}	0.133*	0.113*	0.225**	سرعت جوانه‌زنی Speed Germination
-0.029 ^{ns}	0.170**	0.105 ^{ns}	-0.031 ^{ns}	-0.038 ^{ns}	0.135*	0.123*	0.177**	میانگین جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination
0.007 ^{ns}	0.136*	0.027 ^{ns}	-0.106 ^{ns}	-0.081 ^{ns}	0.102 ^{ns}	0.065 ^{ns}	0.250**	شاخص بیه بذر Seed vigor index
0.027 ^{ns}	0.053	-0.245**	0.067 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.067 ^{ns}	-0.040 ^{ns}	-0.210**	طول ساقه Stem length
0.056 ^{ns}	0.030 ^{ns}	-0.147**	-0.064 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.027 ^{ns}	-0.130*	-0.126*	قطر ساقه Stem diameter
0.255**	-0.039 ^{ns}	-0.109*	-0.211**	-0.316**	-0.066 ^{ns}	-0.083 ^{ns}	0.420**	طول ریشه Root length
0.228**	-0.009 ^{ns}	-0.205**	-0.147**	-0.267**	-0.024 ^{ns}	-0.088 ^{ns}	0.253**	طول کل Total length
-0.117 ^{ns}	0.043 ^{ns}	-0.075 ^{ns}	0.265**	0.106 ^{ns}	0.033 ^{ns}	-0.180**	-0.115*	وزن خشک ساقه Stem dry weight
0.190**	0.002 ^{ns}	-0.310**	-0.114 ^{ns}	-0.182**	0.024 ^{ns}	-0.024 ^{ns}	0.011 ^{ns}	وزن خشک ریشه Root dry weight
0.056 ^{ns}	0.151*	-0.280**	0.132*	-0.012 ^{ns}	0.174**	0.020 ^{ns}	-0.294**	وزن خشک برگ Leaf dry weight
0.048 ^{ns}	0.071 ^{ns}	-0.258**	0.109 ^{ns}	-0.034 ^{ns}	0.084 ^{ns}	-0.076 ^{ns}	-0.146*	وزن خشک کل Total dry weight
0.276**	-0.015 ^{ns}	-0.235**	-0.270**	-0.266**	0.020 ^{ns}	0.095 ^{ns}	0.158**	نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio

** و * به ترتیب معرف وجود تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد بوده و ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد.

** and * indicate significant differences at the 1% and 5% probability levels, respectively, and ns denotes no significant difference at the 5% probability level

صفات ظاهری درختان مادری: نتایج نشان داد درصد جوانه‌زنی بذور بلندمازو ارتباط مثبت و معنی‌داری با ارتفاع درختان مادری دارد. هم‌چنین بررسی ضرایب همبستگی نشان داد صفات جوانه‌زنی بذر ارتباط معنی‌داری با قطر برابر سینه، ضریب قدکشیدگی، رویه زمینی و حجم تنه درختان مادری دارند که البته در

مورد ضریب قدکشیدگی این ضرایب مثبت و در سایر موارد منفی گزارش گردید (جدول ۹). علاوه بر این نتایج نشان داد قطر برابر سینه درختان مادری ارتباط معنی‌داری با بسیاری از مشخصات ظاهری و وزن خشک نونهال‌های بلندمازو داشت. طوری که در مورد طول ریشه، طول کل و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه این ضرایب منفی و در سایر موارد مثبت بود. ارتفاع درختان مادری، همچنین ارتباط مثبت و معنی‌داری با وزن خشک ساقه نونهال‌ها داشت. ضریب قدکشیدگی درختان مادری نیز علاوه بر

صفات جوانه‌زنی بذر، ارتباط آماری معنی‌داری با طول ساقه، طول ریشه و نیز بسیاری از مشخصات وزن خشک نونهال‌ها شامل وزن خشک ساقه، برگ، کل و همچنین نسبت ریشه به ساقه نونهال‌های بلندمازو داشت. رویه زمینی و حجم تنه درختان مادری نیز علاوه بر مشخصات جوانه‌زنی بذر، ارتباط معنی‌داری با قطر ساقه و طول ریشه نونهال‌ها داشتند. با این تفاوت که ارتباط رویه زمینی با این متغیرها همانند قطر برابر سینه مثبت بود ولی در مورد حجم تنه، ارتباط به صورت منفی محاسبه شد (جدول ۹).

جدول ۹- همبستگی صفات ظاهری درختان مادری با صفات جوانه‌زنی بذر و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو.

Table 9. Correlation between morphological traits of maternal trees and seed germination traits and vegetative characteristics of Oak seedlings.

حجم تنه Stem volume	رویه زمینی Cross-sectional area	ضریب قدکشیدگی Height growth rate	ارتفاع درخت Tree height	قطر برابر سینه Diameter at breast height (DBH)	
-0.091 ^{ns}	-0.090 ^{ns}	0.094 ^{ns}	0.154**	-0.100 ^{ns}	درصد جوانه‌زنی Germination (%)
-0.196**	-0.182**	0.161**	-0.027 ^{ns}	-0.235**	سرعت جوانه‌زنی Speed Germination
-0.189**	-0.180**	0.111*	-0.028 ^{ns}	-0.219**	میانگین جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination
-0.213**	-0.204**	0.123*	-0.060 ^{ns}	-0.251**	شاخص بیه بذر Seed vigor index
0.040 ^{ns}	0.069 ^{ns}	-0.213**	0.036 ^{ns}	0.134*	طول ساقه Stem length
0.136*	0.155**	-0.065 ^{ns}	0.028 ^{ns}	0.160**	قطر ساقه Stem diameter
-0.151**	-0.167**	0.238**	-0.090 ^{ns}	-0.265**	طول ریشه Root length
-0.108 ^{ns}	-0.109 ^{ns}	0.102 ^{ns}	-0.059 ^{ns}	-0.161**	طول کل Total length
0.048 ^{ns}	0.054 ^{ns}	-0.212**	0.151*	0.119*	وزن خشک ساقه Stem dry weight
0.029 ^{ns}	0.045 ^{ns}	0.011 ^{ns}	-0.060 ^{ns}	0.024 ^{ns}	وزن خشک ریشه Root dry weight
0.114 ^{ns}	0.137*	-0.257**	0.074 ^{ns}	0.205**	وزن خشک برگ Leaf dry weight
0.071 ^{ns}	0.089 ^{ns}	-0.170**	0.064 ^{ns}	0.130*	وزن خشک کل Total dry weight
-0.041 ^{ns}	-0.054 ^{ns}	0.288**	-0.103 ^{ns}	-0.132*	نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio

** و * به ترتیب معرف وجود تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد بوده و ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال

۵ درصد را نشان می‌دهد.

** and * indicate significant differences at the 1% and 5% probability levels, respectively, and ns denotes no significant difference at the 5% probability level

بحث

نتایج این مطالعه به‌روشنی نشان داد که مبدأ بذر بلندمازو در جنگل‌های هیرکانی عامل تعیین‌کننده‌ای در تبیین تغییرات صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه نونهال‌های بلندمازو است. وجود تفاوت معنی‌دار میان بین مقادیر مختلف شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بلندمازو حاصل از جمعیت‌های استان گلستان، مازندران و گیلان بیانگر آن است که شرایط رویشگاهی، توپوگرافی و هم‌چنین تفاوت‌های ذاتی موجود بین پایه‌های مادری، شواهد روشنی از سازگاری را در این جمعیت‌ها شکل داده است که در رفتار جوانه‌زنی و رشد اولیه نونهال‌های بلندمازو قابل‌تحلیل است. تأثیر مبدأ بذر بر مشخصه‌های جوانه‌زنی بذر گونه‌های متفاوت جنس بلوط تاکنون توسط محققین مختلفی از جمله کسبل و فیر (۲۰۰۲) روی *Q. shumardii* (۲۸)، تیلکی و آپتکین (۲۰۰۵) روی *Q. aucheri* (۱۷)، الوانی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۷) روی *Q. brantii* (۱۵) و علی‌عرب و همکاران (۱۳۸۸) (۱۶) در مورد جمعیت‌های بلندمازو جنگل لوه استان گلستان مورد تأیید قرار گرفته است. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنبه بذر در ارتفاعات بالاتر جنگل لوه (گلستان) مشاهده شد. جنگل لوه در مقایسه با جنگل اسالم گیلان و هم‌چنین جنگل نکا در مازندران، از شرایط گرم‌تر، خشک‌تر و در نتیجه احتمال بروز تنش آبی بالاتری برخوردار است. بنابراین پایه‌های مادری در این منطقه احتمالاً طی نسل‌های پی‌درپی مکانیسم مبتنی بر افزایش توانایی شروع سریع جوانه‌زنی و افزایش عملکرد جوانه‌زنی بذرهای سالم را انتخاب کرده‌اند. چنین راهبردی برای بقا در اکوسیستم‌هایی با دوره خشکی طولانی‌تر ضروری است، زیرا جوانه‌زنی سریع و هم‌زمان احتمال استقرار موفق نهال را افزایش می‌دهد.

علاوه‌براین، بررسی صفات ظاهری و وزن خشک نهال‌های حاصل از بذرهای منطقه اسالم (گیلان) به‌ویژه در گرادیان پایین‌بند و میان‌بند، نشان داد بیش‌ترین رشد طولی و قطری ساقه و وزن خشک کل در این مبدأها ملاحظه می‌گردد. به‌طورکلی، وجود اقلیم مرطوب‌تر و تابستان‌های خنک‌تر در منطقه اسالم، فرصت رشد بیش‌تر و طولانی‌تر را برای درختان مادری فراهم می‌کند که البته با افزایش ارتفاع از سطح دریا و کاهش میانگین درجه حرارت از طول این فصل رویش کاسته می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که جمعیت‌های اسالم گیلان با وجود مشخصه‌های جوانه‌زنی نسبتاً کم‌تر، پتانسیل رشدی بالاتر و کارآیی بیش‌تری در تخصیص وزن خشک به اندام‌های هوایی دارند. چنین الگویی ناشی از شرایط رقابتی‌تر و متراکم‌تر حاکم در اکوسیستم‌های جنگلی مرطوب‌تر که شاخص این مناطق است و در آن‌ها رشد سریع عمودی، مزیت اکولوژیک محسوب می‌شود. علاوه‌براین، در بررسی صفات ظاهری نونهال مشخص گردید طول ریشه که از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفیت نهال محسوب می‌شود، در نهال‌های با مبدأ بذری گلستان از بیش‌ترین طول ریشه برخوردار بودند. ریشه در زنده‌مانی نهال نقش تعیین‌کننده‌ای دارد نهال‌های بذری با منشأ گلستان به خاطر شرایط رطوبت پایین در خاک و تبخیر بالا در هر سه دامنه ارتفاعی وضعیت بهتری نسبت به نهال‌های سایر جمعیت‌ها دارند. ضمن این‌که در صفت نسبت ریشه به ساقه نیز نهال‌های با مبدأ بذری گلستان، با شرایط اقلیمی خشک‌تر، نسبت بیش‌تری داشتند. این نتایج با یافته‌های سایر محققین نیز همخوانی دارد (۲۹).

هم‌چنین نتایج این مطالعه اثرات آشیانه‌ای معنی‌دار درختان مادری بلندمازو را مورد تأکید قرارداد که این می‌تواند یکی از یافته‌های بسیار مهم این تحقیق محسوب گردد. طوری که بر اساس یافته‌های تحقیق

حاضر، حتی در یک مبدأ واحد، تفاوت میان پایه‌های مادری در صفات جوانه‌زنی و رشد نونهال‌ها چشم‌گیر است. این موضوع می‌تواند ناشی از تفاوت‌های فیزیولوژیک متفاوت درختان مادری، اختلافات سن، اندازه و حجم تاج درختان مادری، تفاوت در گرده‌افشانی (با توجه به دگرگشتن بودن) و ترکیب ژنتیکی درختان موجود در هر جمعیت و البته تفاوت در ذخیره‌سازی مواد غذایی موجود در بذر باشد. این یافته اهمیت انتخاب هدفمند پایه‌های مادری در عملیات بذرگیری را برجسته می‌کند و اثبات می‌کند که انتخاب صرفاً مکان کافی نیست و باید به ویژگی‌های فردی درختان نیز در عملیات جمع‌آوری بذر مورد توجه قرار گیرد.

نتایج نشان داد با توجه به شاخص جوانه‌زنی، به‌خصوص درصد و سرعت جوانه‌زنی که از صفات مهمی در این زمینه محسوب می‌شوند، بذره‌ای مبدأ بالابند گلستان از شرایط بهتری برخوردار بودند. در این صفات بذره‌ای با مبدأ مازندران و گیلان به لحاظ رتبه و برتری در مراحل بعدی قرار می‌گیرند. در پژوهش‌های پیشین نشان داده شده است که ارتفاع از سطح دریا تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی، وزن بذر و برخی ویژگی‌های نهال دارد (۳۰، ۳۱). درباره گونه‌هایی مثل *Quercus coccifera* بیان شده که منشأ بذر با ارتفاع پایین‌تر منجر به رشد بهتر نهال‌ها (به‌ویژه سیستم ریشه‌ای) می‌شود (۳۲). جوانه‌زنی بذر از شاخص‌های مهم در تولید نهال از طریق بذر محسوب می‌گردد که در مطالعات مختلف از جمله جوانمرد و همکاران (۱۳۹۳) (۳۳) و الوانی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) (۱۵) و سایر محققین مورد استفاده قرار گرفته است. به نظر می‌رسد با توجه به شرایط رویشی منطقه گلستان و همچنین جهت برون‌رفت از تنش گرمایی و خشکی، پایه‌های مادری بلندمازو مکانیسم تحمل به تنش را اتخاذ کرده و با تقویت

درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر میزان نهال بیش‌تری از یک‌پایه درختی تولید می‌کند تا بدین‌صورت در برابر شرایط اکولوژیکی منطقه خشکی و سرما بتواند نهال‌های بیش‌تری تولید و مستقر نموده و بقا این‌گونه در شرایط سخت محیطی را تضمین کند. این نکته نیز باید مدنظر قرار گیرد که درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر از صفات ژنتیکی گیاه است که در درازمدت برای مقاومت در برابر عوامل محیطی در گیاه و با توجه به منطقه رویشی ایجاد می‌شود. البته این نکته در سایر تحقیقات، ازجمله ماساکا و همکاران (۲۰۰۳) (۳۴) نیز اثبات گردید که همانند یافته‌های تحقیق حاضر، مبدأ بذر می‌تواند بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و نهال بلوط تأثیر معنی‌داری داشته باشد.

در این خصوص بذور با مبدأ مازندران شرایط تحمل به شرایط سخت محیطی بعد از گلستان قرار دارند و با توجه به شرایط متعادل گرمایی و خشکی بخصوص در میان‌بند و بالابند شاخص‌های جوانه‌زنی آن‌ها قدری بالاتر از گیلان قرار دارند. اما در استان گیلان به‌خصوص در شرایط پایین‌بند، شرایط مناسبی برای رشد فراهم گردیده است که مطابق نتایج حاصل از این مطالعه، در رشد ارتفاعی (طول ساقه) نهال‌ها نیز مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد تفاوت معنی‌داری در صفات جوانه‌زنی و رویشی نونهال‌های حاصل از مبدأها و پایه‌های مادری مختلف درختان بلندمازو وجود دارد. در این بررسی هم‌چنین روشن شد هرچه شرایط رویشی مبدأ بذر و عوامل محیطی آن سخت‌تر باشد، بذره‌ای آن از شاخص‌های جوانه‌زنی مطلوب‌تری برخوردارند، درحالی‌که در مبدأهای با شرایط اقلیمی مناسب‌تر در استان گیلان،

مبدأ گیلان، به‌ویژه در ارتفاعات میان‌بند و پایین‌بند توصیه می‌گردد. علاوه‌براین، وجود تفاوت‌های بالا در جوانه‌زنی بذر و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو مورد مطالعه نشان می‌دهد درختان مادری موجود در هریک از مبدأها از تنوع مناسبی در این زمینه برخوردار بوده و با اجرای تحقیقات تکمیلی با استفاده از آزمون‌های پرواناس و هم‌چنین آزمون‌های تنش کنترل‌شده (مثل تنش خشکی) و مطالعات فیزیولوژیک، ژنتیکی و بوم‌شناختی مربوطه بر روی نهال‌ها می‌توان دستورالعمل علمی جهت جمع‌آوری و انتقال بذر بلندمازو در جنگل‌های هیرکانی به وجود آورد.

به‌خصوص پایین‌بند و میان‌بند، مشخصه‌های رویشی نونهال‌ها (طول و قطر ساقه و وزن خشک اندام‌ها) بالاتر بود. بنابراین ضمن تأکید بر جداسازی و برچسب‌گذاری دقیق توده‌های بذر در عملیات جمع‌آوری بذر، چنین استنباط می‌گردد که در عملیات جنگل‌کاری با بلندمازو که استقرار سریع و نرخ بالای جوانه‌زنی بذر مزیت رقابتی برای نونهال‌های بلندمازو به وجود می‌آورد، از بذرهای استان گلستان استفاده شود. اما در مواردی که در نهالستان و یا عرصه مورد نظر افزایش سریع‌تر ارتفاع نهال و پتانسیل رویش بالاتر اندام هوایی مدنظر قرار می‌گیرد (مثل طرح‌های جنگل‌کاری صنعتی و فضای سبز)، استفاده از بذور

منابع

1. Gonzalez-Rodriguez, V., Barrio, I. C., & Villar, R. (2012). Within-population variability influences early seedling establishment in four Mediterranean oaks. *Acta Oecologica*, 41, 82-89. doi:10.1016/j.actao.2012.04.008.
2. Ziegenhagen, B., & Kausch, W. (1995). Productivity of young shaded oaks (*Quercus robur* L.) as corresponding to shoot morphology and leaf anatomy. *Forest Ecology and Management*, 72(2-3), 97-108. doi.org/10.1016/0378-1127(94)03482-C.
3. Thadani, R., & Ashton, P. M. S. (1995). Regeneration of banj oak (*Quercus leucotrichophora* A. Camus) in the central Himalaya. *Forest Ecology and Management*, 78(1-3), 217-224. doi.org/10.1016/0378-1127(95)03561-4.
4. Sabeti, H. (1976). Forests, trees and shrubs of Iran. Yazd university press, 81 p. [In Persian]
5. Mirzaei, J., Tabari, M., & Daroodi, H. (2007). Early growth of *Quercus castaneifolia* (CA Meyer) seedlings as affected by weeding, shading and irrigation. *Pakistan J Biol Sci*, 15, 2430-2435. doi.org/10.3923/pjbs.2007.2430.2435.
6. Espahbodi, K., Mahmoudi, M., & Nazfi-Glyerdi, M. (2022). Investigation on the effect of seed transfer distance effect on quantitative and qualitative characteristics of Caucasian oak seedlings (Case study: Chalmardi Nursery of Nakachooob Company. *Ecology of Iranian Forest*, 10(20), 162-170. doi:10.52547/ifej.10.20.162. [In Persian]
7. Lee, D. S., Fahey, D. W., Forster, P. M., Newton, P. J., Wit, R. C., Lim, L. L., & Sausen, R. (2009). Aviation and global climate change in the 21st century. *Atmospheric environment*, 43(22-23), 3520-3537. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.04.024.
8. Nyland, R. D. (2016). *Silviculture: concepts and applications*. Waveland Press, 680 p.
9. Frischbier, N., Nikolova, P. S., Brang, P., Klumpp, R., Aas, G., & Binder, F. (2019). Climate change adaptation with non-native tree species in Central European forests: early tree survival in a multi-site field trial. *European Journal of Forest Research*, 138(6), 1015-1032. doi.org/10.1007/s10342-019-01222-1.

10. Wang, T., Hamann, A., Yanchuk, A., O'Neill, G. A., & Aitken, S. N. (2006). Use of response functions in selecting lodgepole pine populations for future climates. *Global Change Biology*, 12(12), 2404-2416. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01271.x.
11. Lobata Nee, Q. (2013). Influence of late Quaternary climate change on present patterns of genetic variation in valley oak. *Molecular Ecology*, 22, 3598-3612. doi.org/10.1111/MEC.12317.
12. Girard, Q., Ducouso, A., De Gramont, C. B., Louvet, J. M., Reynet, P., Musch, B., & Kremer, A. (2022). Provenance variation and seed sourcing for sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in France. *Annals of Forest Science*, 79(1), 27. doi.org/10.1186/s13595-022-01140-0.
13. Vazquez-Ramírez, J., & Venn, S. E. (2021). Seeds and seedlings in a changing world: a systematic review and meta-analysis from high altitude and high latitude ecosystems. *Plants*, 10(4), 768. doi.org/10.3390/plants10040768.
14. Jiménez-Alfaro, B., Silveira, F. A., Fidelis, A., Poschlod, P., & Commander, L. E. (2016). Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 27(3), 637-645. doi.org/10.1111/jvs.12375.
15. Alvani Nezhad, S., Tabari, M., Espahbudi, K., & 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(2), 218-228. [In Persian]
16. Ali-Arab, A. R., Tabari, M. O., Hedayati, M. A., Espahbodi, K., & Jalali, G. A. (2010). Impact of provenance and seed moisture content on seed quality of chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* CA Mey.). *Forest and poplar research*, 18(2-40): 304-321. [In Persian]
17. Tilki, F., & Alptekin, C. U. (2005). Variation in acorn characteristics in three provenances of *Quercus aucheri* Jaub. et Spach and provenance, temperature and storage effects on acorn germination. *Seed Science and Technology*, 33(2), 441-447. doi.org/10.15258/sst.2005.33.2.16.
18. Caliskan, S. (2014). Germination and seedling growth of holm oak (*Quercus ilex* L.): effects of provenance, temperature, and radicle pruning. *IForest-Biogeosciences and Forestry*, 7(2), 103. doi.org/10.3832/for0967-007.
19. Arion, L. D., Truta, A. M., Reborean, F. A., Dan, C., Boscaiu, M., Ioras, F., & Morar, I. M. (2024). Influence of geographical provenance, biostimulatory treatments and their interaction on the seed germination of *Quercus robur* L. *Nova Geodesia*, 4(4), 1-11. doi.org/10.55779/ng44217.
20. Kitajima, K., & Fenner, M. (2000). Ecology of seedling regeneration. In *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (pp. 331-359). Wallingford UK: CABI publishing. doi.org/10.1079/9780851994321.0331.
21. Sedighi, F., Taheri Abkenar, K., & Heidari Safari Kouchi, A. (2020). Effect of physiographic factors on quantitative characteristics of cypress (*Juniperus excelsa* M. Bieb) trees (case study: Spiro cypress habitat-Damghan). *Journal of Forest Research and Development*, 6(1), 29-42.
22. Taleshi, H., & Akbarnia, M. (2020). Biodiversity of woody and herbaceous species in relation to environmental factors in the lowland forests of eastern Nowshahr. *Iranian journal of biology*, 24(5), 766-777.
23. Bonner, F. T., & Karrfalt, R. P. (2008). *Quercus. The woody plant seed manual. USDA Forest Service Agriculture Handbook*, 727, 928-938.
24. Willan, R. L. (Ed.). (1985). *A guide to forest seed handling with special reference to the tropics* (No. 20/2, pp. xiii+-379pp).
25. Panwar, P., & Bhardwaj, S. D. (2005). *Handbook of Practical Forestry. Agrobios (India)*, 191 p.

- 26.von Ende, C. N., Scheiner, S. M., & Gurevitch, J. (1993). Design and analysis of ecological experiments. *Repeated-measures analysis: growth and other time-dependent measures*, 113-137.
- 27.Hicks, C. R. & Turner, K. V. (1999). Fundamental concepts in the design of experiments. Oxford University Press. 633 p.
- 28.Cecil, P., & Fare, D. (2002). Effects of seed source on first year growth of *Quercus phellos* and *Quercus shumardii*. *James BL. SNA reserch confrence proceedings. 47th Volume. New Delhi: SNA Publication.* 47, 296-299.
- 29.Kuster, T. M., Arend, M., Günthardt-Goerg, M. S., & Schulin, R. (2013). Root growth of different oak provenances in two soils under drought stress and air warming conditions. *Plant and Soil*, 369(1), 61-71.
- 30.Saklani, K. P., Singh, B., & Bhatt, B. P. (2012). Influence of altitude on seed and seedling characteristics in *Quercus leucotrichophora* A. Camus. ex. Bahadur. *Silvae Genet*, 61(1-6), 36-43. **doi:10.1515/sg-2012-0005.**
- 31.Sugiyama, A., Friday, J. B., Giardina, C. P., & Jacobs, D. F. (2021). Intraspecific variation along an elevational gradient alters seed scarification responses in the polymorphic tree species *Acacia koa*. *Frontiers in plant science*, 12, 716678. **doi.org/10.3389/fpls.2021.716678.**
- 32.Iakovoglou, V., Takos, I., Pantazi, G., Pipsou, A., & Neofotistou, M. (2020). Growth responses of seedlings produced by parent seeds from specific altitudes. *Journal of Forestry Research*, 31(6), 2121-2127. **doi.org/10.1007/s11676-019-01030-8.**
- 33.Javanmard, Z., Tabari Koochaksaraee, M., & Ahmadloo, F. (2014). Effect of osmopriming on germination and physiological qualitative characteristic of *Pinus eldarica* Medw seed under drought stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 27(3), 395-405. **20.1001.1.23832592.1393.27.3.7.9.**
- 34.Masaka, K. (2003). Preliminary study of geographic trends in acorn mass and seedling emergence behavior of *Quercus dentate* in Hokkaido, Northern, Japan. *Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido, Japan.* 30p.

