آماده انتشار

تأثیر مبدأ بذر و پایه مادری بر صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه نونهال‌های بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) در جنگل‌های هیرکانی

چکیده

سابقه و هدف: گونه بلندمازو یکی از عناصر مهم جنگل‌های هیرکانی محسوب می‌شود که با توجه به آسیب‌پذیری آن در شرایط تغییرات اقلیمی، جنگلکاری این گونه حائز اهمیت فراوان است. با توجه به‌یکی از عوامل مهم عدم موفقیت بلندمازو در جنگل‌کاری‌ها به مبدأ جغرافیایی بذر، نهال و تأثیر آن در استقرار و زنده‌مانی نهال‌ها است. خلأ ارزیابی‌های منطقه‌ی پرونانسی 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، کاملا محسوس است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرپذیری صفات جوانه‌زنی بذر و ویژگی‌های رشد اولیه نونهال‌های بلندمازو در مبداءهای بذری مختلف جنگل‌های هیرکانی انجام شد.

مواد و روش‌ها: بذرهای بلندمازو از سه رویشگاه جنگل‌های هیرکانی شامل اسالم (استان گیلان)، نکا (استان مازندران) و لوه (استان گلستان) در سه گرادیان ارتفاعی (پایین‌بند، میان‌بند و بالابند) جمع‌آوری شدند و در گلخانه ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع پاسند استان مازندران کشت شدند. در مجموع بذرهای ۹ مبدأ و ۹۰ درخت مادری (۱۰ درخت مادری از هر مبداء بذر) طی یک طرح آشیانه‌ای تحت آزمون جوانه‌زنی و رشد نونهال قرار گرفتند. صفات جوانه‌زنی بذر شامل توانایی جوانه‌زنی، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و نسبت‌های طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مورد بررسی قرار گیرند. آزمایشات 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 گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد مبدأ بذر و درختان مادری اثر معنی‌دار بر همه 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 در توده بذر حاصل از ارتفاعات بالاتر استان گلستان (۱۸/۷۸) مشاهده شد، در حالی‌که مشخصه‌های رویشی نونهال‌ها در رویشگاه‌های استان گیلان، خصوصاً پایین‌بند (طول ساقه (۱۵/۹۵ میلی‌متر) و قطر ساقه (۳/۰۲ میلی‌متر)) و میان‌بند (طول ساقه (۱۵/۵۵ میلی‌متر) و قطر ساقه (۳/۱۹ میلی‌متر)، وزن خشک برگ (۳/۶۱ میلی‌گرم))، بالاتر بودند. همچنین بیشترین وزن خشک کل در نونهال‌های پایین‌بند مازندارن (۱۰/۲۳ میلی‌گرم) مشاده شد. نونهال‌های حاصل از بذرهای جنگل لوه دارای طول ریشه بیشتر (پایین‌بند (۲۲/۶۹ میلی‌متر)) و نسبت ریشه به ساقه بالاتری (پایین‌بند (۱/۷۴ میلی‌متر) و میان‌بند (۱/۶۹ میلی‌متر)) بودند که نشان‌دهنده مکانیسم سازگاری این جمعیت با شرایط گرم‌تر و خشک‌تر است. تحلیل همبستگی نشان داد درصد جوانه‌زنی بذرهای بلندمازو ارتباط مثبت و معنی‌داری با ارتفاع از سطح دریا و ضریب قدکشیدگی و ارتباط منفی و معنی‌داری با قطر برابر سینه، رویه زمینی و حجم تنه درختان مادری داشت.

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

واژه‌های کلیدی: پایه مادری، پروونانس بذر، جنگل هیرکانی، گرادیان ارتفاعی، نهالستان جنگلی.

مقدمه

درختان جنس بلوط (*Quercus*) نسبت قابل توجهی از مناطق جنگل‌کاری شده نواحی معتدله و گرمسیر نیمکره شمالی زمین را به‌خود اختصاص داده و بوم‌سازگان‌های جنگلی که در آنها گونه‌های مختلف جنس بلوط بیشترین پراکنش را دارند، از مهم‌ترین انواع بوم‌سازگان‌های مناطق مدیترانه‌ای محسوب می‌شوند (۱). وابستگی زیاد حیات وحش، دام و ساکنان این مناطق به بوم‌سازگان جنگلی بلوط و همچنین مشکلات 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 برای جبران صدمات ناشی از فقدان زادآوری طبیعی را مورد تاکید قرار می‌دهد (۲، ۳). یکی از مهم‌ترین گونه بلوط که پراکنش وسیعی از شرقی‌ترین تا غربی‌ترین حدود پراکنش جنگل‌های هیرکانی داشته و از جلگه (حدود ارتفاعی ۲۰۰ تا ۲۱۰۰ متر از سطح دریا) مستقر می‌گردد، بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Meyer) است (۴). با این‌حال میزان حجم سرپا بلندمازو در رویشگاه‌های طبیعی در حال کاهش است (۵) و مشکلات زیادی نیز در استقرار و گسترش تجدید حیات آن وجود دارد. به‌علاوه، دوشاخگی، چنگالی‌شدن و رشد اندک و میان‌رو نبودن نهال‌ها از مهم‌ترین نواقص تولید نهال و نهال‌کاری با بلندمازو است (۶). بنابراین یافتن روش‌هایی که با استفاده از آن 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 (۷، ۸). یکی از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند در رشد و سازگاری نهال‌ها و بذرهای کاشته شده تأثیرگذار باشد، نحوه انتخاب مبداء (پرونانس) و ویژگی‌های کیفی بذر می‌باشد. اصل کلی که معمولا جنگل‌بانان و متخصصان احیاء جنگل برای انتخاب مبداء بذر از آن تبعیت می‌کنند این است که بذرهای 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 (۹). این اصل 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 (بویژه وقتی جمع‌آوری بذر از تعداد محدودتری از درختان مادری انجام شود). علاوه بر این، باتوجه به تغییرات اقلیمی به‌وجود آمده در سال‌های اخیر، ممکن است مبداء محلی که باتوجه به سنین بالای درختان جنگلی حاصل انتخاب طبیعی در سال‌های گذشته می‌باشند، لزوما بهترین مطابقت را با شرایط اقلیمی فعلی و آینده منطقه

کاشت نداشته باشند (۱۰، ۱۱). بنابراین، معمولا سعی می‌شود با استفاده از آزمون‌های نتاج و شناخت قابلیت‌های واقعی بذرهای، تنوع ژنتیکی بذرهای مورد استفاده در جنگل‌کاری تا حد امکان افزایش داده شوند (۱۲، ۱۳). 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 (۱۴). همچنین، از آنجایی‌که جوانه‌زنی بذر از مهم‌ترین مراحل زندگی گیاه محسوب می‌شود که در فرآیند انتخاب طبیعی و نحوه واکنش گیاهان در برابر عوامل محدود کننده محیطی بوم‌سازگان نقش مهمی را ایفا می‌کند، لازم است این عامل به‌صورت ویژه در مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی، احیاء اکولوژیک و مطالعات مرتبط با آن مورد توجه قرار گیرد (۱۵). باتوجه به اهمیت موضوع، تاکنون مطالعات متعددی در زمینه اثرات مبداء 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*) (۱۶)، علی‌عرب و همکاران (۱۳۸۹) روی بلندمازو (۱۷)، مقصودلو و همکاران (۱۴۰۴)روی بلندمازو (۱۸)، Tilki و همکاران (۲۰۰۵) روی بلوط اوچری (*Q. aucheri*) (۱۹)، Caliskan و همکاران (۲۰۱۴) روی بلوط همیشه سبز (*Q. ilex*) (۲۰)، Girard و همکاران (۲۰۲۲) روی سفید مازو (*Q. petraea*) (۱۳) و Arion و همکاران (۲۰۲۴) روی بلوط قرمز اروپایی (*Quercus robur* L.) (۲۱) اشاره نمود. در پژوهشی اثر مبدأهای بذر بلندمازو بر مقدار قطر یقه و ارتفاع نهال‌های دو ساله در پایین‌بند نکا را بیشتر از میان‌بند و بالابند نکا و بالابند، میان‌بند و پایین‌بند لوه گلستان و گیلان گزارش کردند (۲۲). بررسی منابع نشان می‌دهد مطالعاتی در زمینه اثر مبدأ بذر، انتقال بذر و تغییرات ارتفاعی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی نهال‌های بلندمازو انجام شده است (۱۵، ۲۲، ۲۳). با این حال، تمرکز این پژوهش‌ها عمدتاً بر صفات رشدی نهال در مرحله استقرار یا عملکرد پرووننانس‌ها بوده و مطالعه‌ای جامع که به‌طور هم‌زمان تغییرپذیری صفات جوانه‌زنی بذر و نونهال‌های گونه بلندمازو را در مبدأهای بذری مختلف جنگل‌های هیرکانی و در ارتباط با عوامل رویشگاهی بررسی کند، گزارش نشده 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 (۲۴)، لازم است تحقیقات جامعی در این زمینه صورت پذیرد. باتوجه به این موضوع، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرپذیری صفات جوانه‌زنی بذرها و رشد اولیه نونهال‌های بلندمازو در پرونانس‌ها و پایه‌های مادری مختلف در مبداء های مختلف بذری انجام شد، تا علاوه برتعیین عوامل موثر بر رشد رویشی بذرهای بلندمازو کاشته شده، اطلاعات لازم برای انتخاب پرونانس و پایه‌های مادری مناسب برای جمع‌آوری بذر و تولید نهال‌های بومی و قوی در جنگل‌های هیرکانی فراهم شود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری بذر

باتوجه به پراکنش وسیع بلندمازو در مناطق جغرافیایی و ارتفاعات مختلف جنگل‌های هیرکانی، برای تهیه بذرهای مورد استفاده در تحقیق حاضر، ابتدا سه منطقه مناسب از سه استان‌های شمالی کشور شامل اسالم (استان گیلان) ، نکا (استان مازندران) و لوه (استان گلستان) انتخاب شد و در هر منطقه سه ناحیه ارتفاعی از بخش‌های پایین‌بند (کمتر از ۵۰۰ متر از سطح دریا)، میان‌بند (بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر از سطح دریا) و بالابند (بیشتر از ۱۰۰۰ از سطح دریا) انتخاب شد. سپس از هر مبدا از اواسط آبان تا اوایل آذر ۱۴۰۳ (با توجه به تفاوت زمان رسیدن بذرها در ارتفاعات مختلف) تعداد ۱۰ درخت مادری بلندمازو (با فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر) با صفات ریختی برتر به‌صورت تصادفی از هر ناحیه انتخاب شد. سپس اطلاعات مکانی آنها شامل مختصات جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی (GPS)، شیب زمین، با استفاده از شیب‌سنج سنتو)، جهت دامنه به‌وسیله از قطب‌نمای سنتو و ویژگی های کمّی درختان شامل قطر برابر سینه، ارتفاع درختان مادری اندازه‌گیری شدند (۱۷). همچنین با استفاده از اطلاعات بدست آمده ضریب قدکشیدگی 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 (۲۶). از هر درخت پنج کیلوگرم بذر تازه ریخته شده جمع‌آوری شد. همچنین به‌منظور بررسی رابطه جهت دامنه با عملکرد جوانه‌زنی بذر و رشد نونهال‌های بلندمازو، آزیموت جهت دامنه با استفاده از رابطه ۳ به‌صورت خطی محاسبه گردید (۲۷). لازم به‌ذکر است که در روابط ۱، ۲ و ۳ (۲۸) نمادهای Aspect و Slope به‌ترتیب معرف آزیموت جهت دامنه و زاویه شیب دامنه نسبت به سطح افق می‌باشند.

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

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

		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ازسطح دریا (متر)	تعداد درختان	میانگین ارتفاع درخت	میانگین قطر برابر سینه درخت	ضریب قدکشیدگی درخت
گیلان (اسالم)	پایین‌بند	۳۷° ۴۳' ۱۸"	۴۸° ۵۵' ۳۲"	۵۰۰ >	۱۰	28.5	69.42	41.673
	میان‌بند	۳۶° ۵۷' ۵۹"	۴۹° ۲۵' ۲۹"	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰	35.3	88.97	45.941
	بالابند	۳۶° ۵۵' ۵۴"	۴۹° ۲۱' ۳۵"	۱۰۰۰ <	۱۰	25.0	65.48	39.503
مازندران	پایین‌بند	۳۶° ۳۴' ۴۰"	۵۳° ۲۵' ۵۸"	۵۰۰ >	۱۰	34.2	106.21	33.657

(نکا)	میان‌بند	۳۶° ۲۴' ۳۰"	۵۳° ۳۳' ۴۹"	۵۰۰–۱۰۰۰	۱۰	38.7	91.67	46.879
	بالابند	۳۶° ۳۵' ۲۷"	۵۳° ۳۷' ۴۶"	۱۰۰۰ <	۱۰	33.9	118.17	33.502
گلستان (لوه)	پایین‌بند	۳۷° ۲۱' ۱۹"	۵۵° ۳۹' ۰۴"	۵۰۰ >	۱۰	21.0	22.76	95.491
	میان‌بند	۳۷° ۰۴' ۰۵"	۵۵° ۴۰' ۱۸"	۵۰۰–۱۰۰۰	۱۰	32.0	20.43	182.419
	بالابند	۳۷° ۱۸' ۳۸"	۵۵° ۴۱' ۵۴"	۱۰۰۰ <	۱۰	34.1	36.44	97.063

رابطه ۱: $$SEI = slope \times (\frac{\pi \times (Aspect - 180)}{180})$$

رابطه ۲: $$HLI = \frac{1 - \cos(Aspect - 45)}{2}$$

رابطه ۳: $$Linear\ Aspect = \cos(45 - Aspect) + 1$$

آماده سازی بذرها:

بذرهای جمع‌آوری شده بلافاصله پس از جمع‌آوری برای 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 یک درصد به‌مدت پنج دقیقه استریل شده و تا شروع آزمون جوانه‌زنی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۲۹).

با استفاده از یک طرح آشیانه‌ای دوعامله (۹ مبداء بذر و ۱۰ پایه مادری) در قالب بلوک‌های کاملا تصادفی با + تکرار ۲۵ تایی، تعداد ۹۰۰۰ بذر سالم بلندمازو از هر مبدا ۱۰۰۰ بذر و از هر درخت مادری ۱۰۰ بذر) به‌مدت ۴۰ روز در گلخانه ایستگاه تحیقات جنگل و مرتع پاسند استان مازندران تحت آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند. طوری‌که بذرهای انتخاب شده در داخل ماسه استریل شده به حجم ۳۲۴۰ کیلوگرم (دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت) غیر قلیایی مرطوب (۵۰ درصد رطوبت اشباع)، کاشته شده و در شرایط اتاقک رشد گلخانه (هشت ساعت روشنایی با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت تاریکی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند (۲۹). شمارش بذرهای جوانه‌زده هر دو روز یک‌بار صورت پذیرفت. سپس با استفاده از روابط مندرج در جدول ۲ صفات جوانه‌زنی بذرها شامل درصد جوانه‌زنی (درصد بذرهای جوانه‌زده در هر واحد آزمایشی)، سرعت (GS) و میانگین روزانه (MDG) جوانه‌زنی محاسبه شد (۲۸). شاخص بنیه بذر (VI) با استفاده از رابطه مندرج در جدول ۳ محاسبه گردید (۳۰، ۳۱). علاوه‌براین، صفات رویشی نونهال‌ها شامل تغییرات وزن‌خشک (بایومس) نونهال‌های بلندمازو سبز شده، پس از پایان دوره آزمایش، تمامی نونهال‌ها به سه قسمت، شامل ریشه، ساقه و برگ تفکیک 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. در نهایت از با استفاده از آنها وزن خشک کل و همچنین نونهال‌ها نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه محاسبه شد (جدول ۲).

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

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

GP=(GS/TS)×100	**GS**=Σ(n/ DSS)	**MDG**=FCG/T
TDW=SDW+RDW+LDW	**RSR**=RDW/SDW	**VI**=GP×RL

در روابط مندرج در این جدول GP، درصد جوانه‌زنی بذر، GS ، تعداد بذرهای جوانه زده، TS، تعداد کل بذرهای مورد آزمون در تکرار مربوطه، GS، سرعت جوانه‌زنی، n، تعداد بذرهای تازه جوانه‌زده در هر مرحله آماربرداری، DSS، تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمون، MDG، میانگین روزانه جوانه‌زنی، FCG، تعداد تجمعی نهایی بذرهای جوانه زده، T، زمان کل آزمون بر حسب روز، VI، شاخص بنیه بذر و RL، طول گیاهچه است.

تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور بهبود وضعیت همگنی واریانس داده‌ها، از تبدیل زاویه‌ای برای تبدیل متغیر درصد جوانه‌زنی قبل از وارد شدن به مدل آنالیز واریانس استفاده شد. با توجه به کمّی و نرمال بودن داده‌های حاصل از آزمایش، کلیه داده‌ها با استفاده از روند Prc GLM نرم افزار SAS 9 وارد مدل آماری آشیانه‌ای در قالب بلوک کامل تصادفی گردید (۳۳). مدل آماری طرح در رابطه ۴ درج شد.

$$x_{ijk} = \mu + P_i + T_{j(i)} + R_k + \varepsilon_{ijk} \quad (i=1,\ldots,9 \; ;j=1,\ldots,10 \; ;k=1,\ldots,4)$$ رابطه ۴

در رابطه ۱ علامت‌های μ، P، T و R به ترتیب معرف اثرات مبداء، پایه مادری (آشیانه شده در مبداء 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 بررسی بین مبداءهای مختلف بذر با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای SNK و با در نظر گرفتن خطای پنج درصد انجام شد. همبستگی بین متغیرها با استفاده از آزمون همبستگی خطی پیرسون بررسی شد و مدل‌سازی آماری با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی حداقل مربعات و با روش گام به گام انجام شد.

نتایج

مشخصه‌های جوانه‌زنی بذر

نتایج نشان داد اثرات مبدأ بذر و درختان مادری نمونه‌برداری شده در آنها بر تمامی مشخصه‌های جوانه‌زنی بذرهای مورد مطالعه معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). علاوه بر این، ضرایب تبیین محاسبه‌شده برای تمامی صفات جوانه‌زنی مورد مطالعه، بین ۷۵/۰۶ درصد تا ۷۷/۱۸ درصد بوده که به‌وسیله مدل آماری به‌کار گرفته شده تبیین گردید و میانگین جوانه‌زنی روزانه و شاخص بنیه بذر به‌ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر ضرایب تغییرات را داشته‌اند (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مبدا بذر و درختان مادری بر مشخصه‌های جوانه‌زنی بذر بلندمازو در جنگل های هیرکانی

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

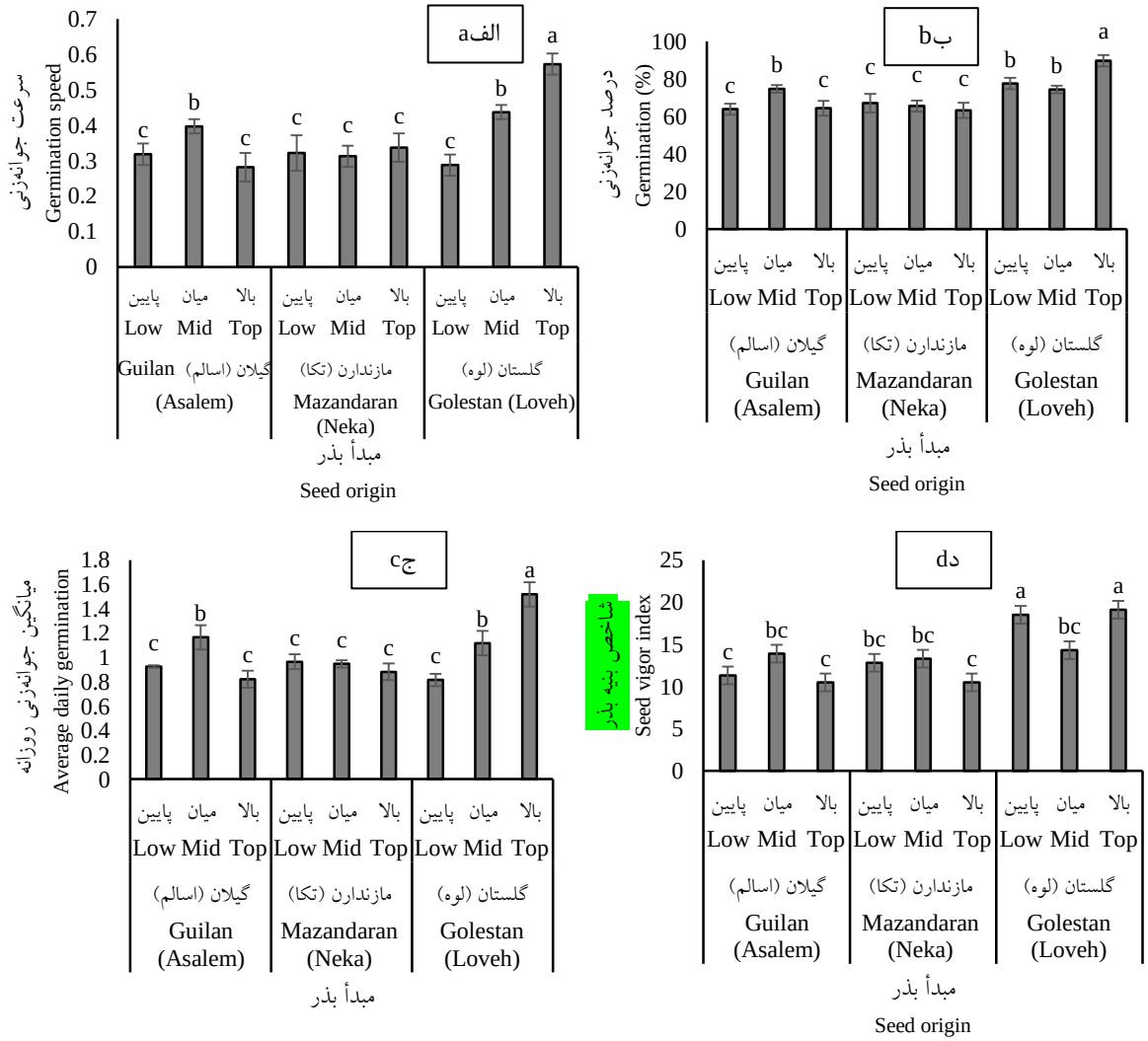
شاخص بنیه بذر Seed vigor index	میانگین جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination	سرعت جوانه‌زنی Speed Germination	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	درجه آزادی df	منبع تغییرات S.O. V
21.853ns	0.0480ns	0.008ns	0.015ns	3	تکرار Replication
349.478**	1.551**	0.2878**	0.2913**	8	مبداء بذر Provenance
151.537**	0.7752**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

** 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.**

همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد افزایش ارتفاع از سطح دریا در تمامی مناطق مورد بررسی اثر یکسانی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر بلندمازو ندارد. در استان گلستان با افزایش ارتفاع رویشگاه به‌طور معنی‌داری سرعت و میانگین روزانه جوانه‌زنی بذرهای بلندمازو افزایش داشت و همچنین میانگین قوه‌نامیه بذرهای حاصل از منطقه بالابند، به صورت معنی‌داری بالاتر از مناطق با ارتفاعات کمتر بوده است. میانگین شاخص بنیه در بذرهای ارتفاعات فوقانی و پایینی جنگل لوه به صورت معنی‌داری از سایر مبداءهای بذری مناطق هیرکانی بالاتر بوده است. در استان مازندران ارتفاع رویشگاه تأثیر

معنی‌داری بر صفات جوانه‌زنی بذر نداشت، اما در استان گیلان، بذرهای جمع آوری شده از مناطقی با ارتفاعات میانی، بالاترین مقادیر قوه نامیه، سرعت جوانه زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه و شاخص بنیه‌بذر برخوردار بودند (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی (الف)، سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز) (ب)، میانگین روزانه جوانه‌زنی (ج) و بنیه بذر بلندمازو حاصل از مبداءهای مختلف. حروف لاتین کوچک یکسان روی ستون‌ها مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار 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 رویشی نونهال‌ها

نتایج نشان داد که اثر مبدأ بذر و همچنین اثرات آشیانه‌ای درختان مادری در مبداءهای مختلف بذر بر تمامی مشخصه‌های رویشی نونهال‌های مورد مطالعه، شامل طول و قطر یقه، طول ریشه و نسبت طول ریشه به ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (P< ۰/۰۱). همچنین، بررسی‌ها نشان داد ضرایب تغییرات مدل‌های خطی مورد استفاده در این بخش از ۱۱/۶۸ درصد تا ۲۷/۹۶ درصد متفاوت بوده است و قطر یقه و نسبت طول ریشه به ساقه نونهال‌ها به‌ترتیب کمترین و بیشترین ضرایب تغییرات را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر مبدا 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 یقه Stem diameter	طول ریشه Root length	نسبت طول ریشه به ساقه Length root:shoot ratio
تکرار Replication	3	2.757 ns	0.0341 ns	37.451 *	0.161 ns
مبداء بذر Provenance	8	50.971**	1.9002**	268.872**	2.403**
درخت‌مادری (مبداء بذر) Maternal tree× Provenance	76	14.529**	0.2772**	34.441**	0.198**
اشتباه آزمایشی Experimental error	242	2.885	0.1275	8.328	0.091
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (CV, %)	--	11.68	11.83	18.98	27.96
ضریب تبیین (٪) Coefficient of determination (R^2, %)	--	68.10	54.12	71.09	62.12

** و * به‌ترتیب 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 میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار رشد طولی ریشه به نونهال‌های حاصل از مبداء پایین‌بند گلستان و بالاترین نرخ رویش طولی و قطری ساقه نونهال‌ها در مناطق پایین‌بند و میان‌بند گیلان (اسالم) مشاهده شد. همچنین بررسی تغییرات میانگین مشخصات رویشی نونهال‌های بلندمازو در ارتفاعات مختلف نشان داد که در مبداء اسالم (گیلان) با افزایش ارتفاع از سطح دریا طول، قطر یقه و طول ریشه نونهال‌ها کاهش یافته و در مبداء بالابند اسالم به پایین‌ترین مقدار خود رسیدند. در مبداء نکا (مازندران) قطر ساقه نونهال‌های بلندمازو در دو مبداء پایین‌بند و بالابند تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اما با کاهش ارتفاع از سطح دریا در پایین‌بند، این مشخصه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین طول ریشه نونهال‌ها در این منطقه با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش معنی‌داری را نشان داد. در مبداء گلستان (لوه) نیز با افزایش ارتفاع از سطح دریا از منطقه پایین‌بند به میان‌بند، طول ریشه و همچنین نسبت طول ریشه به ساقه نونهال‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اما تفاوت میانگین طول ساقه نونهال‌ها بین مناطق ارتفاعی مختلف معنی‌دار نبود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین مشخصه‌های ظاهری نونهال‌های بلندمازو حاصل از مبداءهای مختلف بذر

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

نسبت طول ریشه به ساقه Length root:shoot ratio	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	طول ساقه (سانتی‌متر) Stem length (cm)	مبداء بذر Provenance	
30.04 c	14.09 c	3.02 ab	15.95 a	پایین‌بند lowland	گیلان (اسالم) Guilan (Asalem)
28.19 c	12.65 d	3.19 a	15.55 a	میان‌بند midland	
25.50 c	11.98 d	2.95 b	13.52 dc	بالابند highland	
30.28 c	15.30 bc	2.96 b	14.98 ab	پایین‌بند lowland	مازندران (نکا) Mazandaran (Neka)
31.57 c	15.65 bc	3.25 a	15.92 a	میان‌بند midland	
28.81 c	14.54 c	3.20 a	14.27 bc	بالابند highland	
35.73 a	22.69 a	2.93 b	13.03 d	پایین‌بند lowland	گلستان (لوه) Golestan (Loveh)
29.34 b	15.89 bc	3.13 ab	13.45 dc	میان‌بند midland	
30.92 b	17.03 b	2.53 c	13.89 dc	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.

نتایج نشان داد اثر مبدأ بذر و همچنین اثرات آشیانه‌ای درختان مادری در مبداءهای مختلف بذر بر وزن خشک اندام‌های مختلف نونهال‌های بلندمازو مورد مطالعه معنی‌دار است (P< ۰/۰۱). (جدول ۴).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر مبدا 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

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

** و * به‌ترتیب 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 میانگین داده‌ها نشان داد که نونهال‌های حاصل از مبدأ پایین‌بند جنگل لوه (گلستان) پایین‌ترین مقادیر وزن خشک ساقه، برگ و بیوماس خشک کل را داشته‌اند (جدول ۷). علاوه بر این بالاترین مقادیر ثبت شده برای وزن خشک ریشه و کل نونهال‌ها در پایین‌بند نکا ثبت گردید. در حالی‌که بالاترین میانگین وزن خشک ساقه و برگ به‌ترتیب 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 مبداء اسالم (گیلان) وزن خشک ساقه نونهال‌های مبداء پایین‌بند به‌طور معنی‌داری بالاتر از نونهال‌های حاصل از ارتفاعات بالاتر (میان‌بند و بالابند) است. وزن خشک برگ و وزن خشک کل بین دو مبداء پایین‌بند و میان بند

تفاوت معنی‌داری وجود 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 مبداء 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. به‌طوری‌که 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 تاحدودی متفاوت از دو منطقه دیگر بود. به‌طوری‌که در این گرادیان بیشترین مقادیر وزن خشک ریشه و برگ و همچنین وزن خشک کل نونهال‌ها مربوط به مبداء میان‌بند بود. در حالی‌که 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 مبداءهای 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 (میلی‌گرم) Total dry weight (mg)	وزن‌خشک برگ (میلی‌گرم) Leaf dry weight (mg)	وزن‌خشک ریشه (میلی‌گرم) Root dry weight (mg)	وزن‌خشک ساقه (میلی‌گرم) Stem dry weight (mg)	مبداء بذر Provenance	
0.70 b	9.81 ab	3.52 ab	2.57 cd	3.73 b	پایین‌بند lowland	گیلان (اسالم) Guilan (Asalem)
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	مازندران (نکا) Mazandaran (Neka)
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	گلستان (لوه) Golestan (Loveh)
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.

ارتباط بین صفات رویشگاهی و درختان مادری با صفات جوانه‌زنی و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو

نتایج حاصل از بررسی ضرایب همبستگی متغیرهای رویشگاهی پایه‌های مادری با صفات جوانه‌زنی بذر و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو نشان داد که طول جغرافیایی ارتباط معنی‌داری با تمامی مشخصه‌های جوانه‌زنی بذر و مشخصات رویشی نونهال‌ها بلندمازو دارد (جدول ۹). 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. طوری‌که در مورد طول، قطر یقه و وزن خشک ساقه و 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 بذرهای بلندمازو داشتند. عرض جغرافیایی همچنین با قطر و وزن خشک ساقه نونهال‌های بلندمازو ارتباط معکوس و معنی‌داری نشان داد. علاوه بر این، 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 که ارتباط شاخص بار گرمایی با این صفات مثبت و در سایر موارد ارتباط به‌صورت معکوس گزارش گردید (جدول ۹). نکته قابل توجه دیگری که در تحلیل همبستگی عوامل رویشگاهی درختان مادری ملاحظه گردید، این است که ضریب همبستگی ارتفاع از سطح دریا با تمامی صفات رویشی و مشخصه‌های وزن خشک نونهال‌های بلندمازو معنی‌داری و معکوس بود. همچنین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذرهای بلندمازو ارتباط مثبت و معنی‌داری با ارتفاع رویشگاه داشت (جدول ۹).

جدول ۹- همبستگی صفات رویشگاهی و اقلیمی مبداء بذر با صفات جوانه‌زنی بذر و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو

Table 9. Correlation between site and climatic traits of seed provenances and seed germination traits and growth characteristics of Oak seedlings

	طول جغرافیایی longitude	عرض جغرافیایی Latitude	شیب دامنه Slope	جهت دامنه (خطی) aspect (linear)	تاج‌پوشش (درصد) Crown coverage (٪)	ارتفاع از سطح دریا Elevation	شاخص مکان‌نما Cursor index	شاخص بار گرمایی Heat load index
درصد جوانه‌زنی	0.122*	0.053ns	0.084ns	-0.135*	0.091ns	0.137**	0.116*	0.077ns

	طول جغرافیایی longitude	عرض جغرافیایی Latitude	شیب دامنه Slope	جهت دامنه (خطی) aspect (linear)	تاج‌پوشش (درصد) Crown coverage (٪)	ارتفاع از سطح دریا Elevation	شاخص مکان‌نما Cursor index	شاخص بار گرمایی Heat load index
Germination(٪)								
سرعت جوانه‌زنی Speed Germination	0.225**	0.113*	0.133*	-0.066ns	-0.060ns	0.154**	0.176**	-0.013ns
میانگین جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination	0.177**	0.123*	0.135*	-0.038ns	-0.031ns	0.105ns	0.170**	-0.029ns
شاخص بنیه بذر Seed vigor index	0.250**	0.065ns	0.102ns	-0.081ns	-0.106ns	0.027ns	0.136*	0.007ns
طول ساقه Stem length	-.210**	-0.040ns	0.067ns	0.000ns	0.067ns	-0.245**	0.053	0.027ns
قطر ساقه Stem diameter	-0.126*	-0.130*	0.027ns	0.000ns	-0.064ns	-0.147**	0.030ns	0.056ns
طول ریشه Root length	0.420**	-0.083ns	-0.066ns	-0.316**	-0.211**	-0.109*	-0.039ns	0.255**
طول کل Total length	0.253**	-0.088ns	-0.024ns	-0.267**	-0.147**	-0.205**	-0.009ns	0.228**
وزن‌خشک ساقه Stem dry weight	-0.115*	-0.180**	0.033ns	0.106ns	0.265**	-0.075ns	0.043ns	-0.117ns
وزن‌خشک ریشه Root dry weight	0.011ns	-0.024ns	0.024ns	-0.182**	-0.114ns	-0.310**	0.002ns	0.190**
وزن‌خشک برگ Leaf dry weight	-0.294**	0.020ns	0.174**	-0.012ns	0.132*	-0.280**	0.151*	0.056ns
وزن خشک کل Total dry weight	-0.146*	-0.076ns	0.084ns	-0.034ns	0.109ns	-0.258**	0.071ns	0.048ns
نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio	0.158**	0.095ns	0.020ns	-0.266**	-0.270**	-0.235**	-0.015ns	0.276**

**** و * به‌ترتیب معرف وجود رابطه معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد بوده و ns عدم وجود رابطه 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 حاصل از بررسی ضرایب همبستگی صفات ظاهری درختان مادری با جوانه‌زنی بذر و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذرهای 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 ۱۰). علاوه بر این نتایج نشان داد که قطر برابر سینه درختان مادری ارتباط معنی‌داری با بسیاری از مشخصات رویشی و وزن خشک نونهال‌های بلندمازو داشت. به‌طوری‌که 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 علاوه بر صفات جوانه‌زنی بذر، ارتباط 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 علاوه‌بر 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 به‌صورت منفی بود (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- همبستگی صفات ظاهری درختان مادری با صفات جوانه‌زنی بذر و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو

Table 10. Correlation between morphological traits of maternal trees and seed germination traits and growth characteristics of Oak seedlings

حجم تنه Stem volume	رویه‌زمینی Cross-sectional area	ضریب قدکشیدگی Height growth rate	ارتفاع درخت Tree height	قطر برابرسینه 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 بنیه بذر Seed vigor index
0.040 ns	0.069 ns	-.213**	0.036 ns	0.134*	طول ساقه Stem length
0.136*	0.155**	-0.065 ns	0.028 ns	0.160**	قطر یقه Collar 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*	وزن‌خشک ساقه Stem dry weight
0.029 ns	0.045 ns	0.011 ns	-0.060 ns	0.024 ns	وزن‌خشک ریشه Root dry weight

وزن‌خشک برگ Leaf dry weight	0.205**	0.074^{ns}	-0.257**	0.137*	0.114^{ns}
وزن خشک کل Total dry weight	0.130*	0.064^{ns}	-0.170**	0.089^{ns}	0.071^{ns}
نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio	-0.132*	-0.103^{ns}	0.288**	-0.054^{ns}	-0.041^{ns}

**** و * به‌ترتیب 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 قابل تحلیل است. تأثیر مبداء بذر بر مشخصه‌های جوانه‌زنی بذر گونه‌های متفاوت جنس بلوط تاکنون توسط محققین مختلفی از جمله Cecil و Fare (۲۰۰۲) روی *Q. phellos* و *Q. shumardii* (۳۴)، Tilki و Aptekin (۲۰۰۵) روی *Q. aucheri* (۱۹)، الوانی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۷) روی *Q. brantii* (۱۶) و علی‌عرب و همکاران (۱۳۸۸) (۱۷) در مورد جمعیت‌های بلندمازو جنگل لوه استان گلستان مورد گزارش شده است. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد بیشترین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر در ارتفاعات بالاتر جنگل لوه (گلستان) مشاهده شدند. جنگل لوه در مقایسه با جنگل اسالم گیلان و همچنین جنگل نکا در مازندران، از شرایط گرم‌تر، خشک‌تر و در نتیجه احتمال بروز تنش خشکی بیشتری برخوردار است. به عبارت دیگر، پایه‌های مادری مستقر در این منطقه ممکن است در معرض فشار انتخاب ناشی از محدودیت رطوبتی قرار گرفته باشند. در زیستگاه‌های خشک‌تر، صفاتی نظیر کاهش زمان تا آغاز جوانه‌زنی و افزایش درصد جوانه‌زنی می‌توانند به‌عنوان راهبردی برای بهره‌برداری سریع‌تر از رطوبت محدود خاک عمل کنند (۳۵). همچنین راهبردی برای بقا در بوم‌سازگان‌هایی با دوره خشکی طولانی‌تر ضروری است، زیرا جوانه‌زنی سریع و هم‌زمان احتمال استقرار موفق نهال را افزایش می‌دهد (۳۶).

بررسی صفات رویشی 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 مبداءها 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 (۳۷). 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 بوم‌سازگان‌های جنگلی مرطوب‌تر که شاخص این مناطق است و در آنها رشد سریع عمودی، مزیت اکولوژیک محسوب می‌شود (۳۸). در این بررسی همچنین میزان وزن خشک ریشه، برگ و وزن خشک کل نونهالها در شرایط پایین بند به میان بند نکا، روند کاهشی داشته ولی وزن خشک ساقه قدری افزایش داشته است اما در بالا بند وزن خشک نیز کاهش یافته است. با توجه به اینکه در منطقه پایین بند و میان بند شرایط گرمایی برای رشد مریستم انتهایی ساقه فراهم هست ساقه رشد مناسبی دارد ولی در بالابند سرما عامل بازدارنده رشد ساقه شده است از سویی برگ به عنوان اندام فتوسنتز ی با افزایش ارتفاع برای مکانیزم تحملی کوچک شده تا در معرض سرما و خشکی قرار نگیرد با توجه به اینکه سنتز کربوهیدرات حاصل از جریان فتوسنتز برای ریشه تعیین کننده است برگ از طریق آوند آبکش ریشه را تغذیه می کند(همبستگی ریشه و برگ) با کاهش رشد برگ رشد ریشه در میانبند و بالابند هم کم شده که نهایتا منجر به کاهش وزن خشک ریشه و برگ در میانبند و بالابند بذرهای مادری منطقه نکا شده است. اثرات سرما و ارتفاع از سطح دریا بر بیوماس بلوط بخصوص روی برگ بلوط در جنگلهای زاگرس نیز اثبات شد(۳۹).

طول ریشه که از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفیت نهال محسوب می‌شود، در نهال‌های با مبدا بذری گلستان از بیشترین طول ریشه برخوردار بودند. ریشه در زنده مانی نهال نقش تعیین کننده‌ای دارد نهال‌های بذری با منشاء گلستان بخاطر 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 مبداء بذری گلستان، با شرایط اقلیمی خشک‌تر، نسبت بیشتری داشتند. این نتایج با یافته‌های پژوهش Kuster و همکاران همخوانی دارد (۴۰).

همچنین نتایج این مطالعه اثرات آشیانه‌ای معنی‌دار درختان مادری بلندمازو را مورد تاکید قرار داد که این می‌تواند یکی از یافته‌های بسیار مهم این تحقیق محسوب گردد. 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 (۳۶)، اختلافات سن، اندازه و حجم تاج درختان مادری (۳۷)، تفاوت در گرده‌افشانی (باتوجه به دگرگشن بودن) و ترکیب ژنتیکی درختان موجود در هر جمعیت (۳۵) و البته تفاوت در ذخیره‌سازی مواد غذایی موجود در بذر (۴۱) 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 باتوجه به شاخص جوانه‌زنی، بخصوص درصد و سرعت جوانه‌زنی که از صفات مهمی در این زمینه محسوب می‌شوند، بذرهای مبدا بالابند گلستان از شرایط بهتری برخوردار بودند. در این صفات بذرهای با مبدا مازندران و گیلان به‌لحاظ رتبه و برتری در مراحل بعدی قرار می‌گیرند. تفاوت‌های مشاهده‌شده میان مبدأهای جغرافیایی ممکن است بازتابی از سازگاری محلی جمعیت‌ها در پاسخ به گرادیان‌های اقلیمی مرتبط با طول و عرض جغرافیایی باشد (۴۲). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که جمعیت‌های درختی در مقیاس جغرافیایی تفاوت‌های معنی‌داری در صفات جوانه‌زنی و رشد نشان می‌دهند (۴۳،۴۴). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تغییرات ارتفاع از سطح دریا می‌تواند بر درصد جوانه‌زنی، وزن بذر و برخی ویژگی‌های نهال تأثیر معنی‌داری داشته باشد (۴۵، ۴۶). درباره گونه‌هایی مثل *Quercus coccifera* بیان شده که منشا بذر با ارتفاع پایین‌تر منجر به رشد بهتر نهال‌ها (به‌ویژه سیستم ریشه‌ای) می‌شود (۴۷). به‌نظر می‌رسد باتوجه به شرایط رویشی منطقه گلستان و همچنین برای برون‌رفت از تنش گرمایی و خشکی، پایه‌های مادری بلندمازو مکانیسم تحمل به تنش را اتخاذ کرده و با افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر میزان نهال بیشتری از یک پایه درختی تولید می‌کنند تا بدین‌صورت در برابر شرایط اکولوژیکی منطقه خشکی و سرما بتواند نهال‌های بیشتری تولید و مستقر نموده و بقا این گونه در شرایط سخت محیطی را تضمین کند. این نکته نیز باید مدنظر قرار گیرد که درصد 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 Masaka و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش شده است که یافته‌های تحقیق حاضر، مبنی بر تأثیر معنی‌دار مبداء بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد رویشی نهال‌های بلوط (*Quercus dentate*) مطابقت دارد (۴۸).

در این خصوص بذرهای با مبداء مازندران توانایی تحمل به شرایط سخت محیطی بعد از گلستان را 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 به خصوص 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.

نتایج نشان داد که برخی صفات ظاهری درختان مادری با شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد نونهال‌ها همبستگی معنی‌دار دارند که بیانگر نقش اثرات مادری و وضعیت فیزیولوژیک درختان در تعیین کیفیت بذر است. به‌ویژه، ارتباط مثبت ارتفاع درخت با درصد جوانه‌زنی و وزن خشک ساقه نونهال‌ها نشان می‌دهد که درختان غالب و برخوردار از شرایط نوری مطلوب‌تر قادر به تولید بذرهای با توان زیستی بالاتر هستند. این یافته با نظریه اثرات مادری در گیاهان همخوانی دارد (۴۹). از سوی دیگر، همبستگی منفی قطر برابر سینه و حجم تنه با برخی شاخص‌های جوانه‌زنی می‌تواند بیانگر وجود نوعی مبادله بین سرمایه‌گذاری در رشد رویشی و کیفیت اولیه بذر باشد، که پیش‌تر در چارچوب trade-off های سازگاری گزارش شده است (۵۰). این نتایج نشان می‌دهد که تفاوت در ساختار ظاهری و اندازه درختان مادری می‌تواند به‌طور غیرمستقیم بر موفقیت استقرار نسل بعدی اثرگذار باشد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد تفاوت معنی‌داری در صفات جوانه‌زنی و رویشی نونهال‌های حاصل از مبداءها و پایه‌های مادری مختلف درختان بلندمازو وجود دارد. در این بررسی همچنین روشن شد هرچه شرایط رویشی مبدا بذر و عوامل محیطی آن سخت‌تر باشد، بذرهای آن از شاخص‌های جوانه‌زنی مطلوب‌تری برخوردارند، در حالی‌که در مبداءهای با شرایط اقلیمی مناسب‌تر در استان گیلان، خصوصاً پایین‌بند و میان‌بند، مشخصه‌های رویشی نونهال‌ها (طول و قطر ساقه و وزن خشک اندام‌ها) بالاتر بود.

آنچه که می تواند به عنوان یک دستاورد کاربردی و تکنیک تولید نو نهال از این تحقیق محسوب شود این است که جوانه زنی بذر بلند مازو با منشأ منطقه شرق هیرکانی بخصوص ارتفاعات لوه در شرایط کشت یکسان از مبدا های مختلف ناحیه هیرکانی، بذرهای با ژنوتیپ بالابند لوه قدرت جوانه زنی و سرعت بالایی دارند که این شاخصه ها و بنیه بذر در موفقیت تولید نهال در نهالستان و حتی بذر کاری حائز اهمیت فراوان است و برای شرایط سخت محیطی و دارای تنش در برخی از نواحی هیرکانی بالاخص بالابند می توان از بذرهای بالابند لوه استفاده کرد اما برای اینکه از هزینه تامین بذر از ناحیه شرق و انتقال به غرب کاسته شود و رعایت قرابت اکولوژیکی، درصورت فراوانی بذر بلند مازو در ناحیه گیلان و با توجه به شرایط رشد مناسب نهال پس از سبز شدن در این نواحی، می توان بذور بلند مازو ناحیه غرب هیرکانی (گیلان) را از جلگه و

میان بند برای این نواحی و از ارتفاعات گیلان نیز تامین نمود. اما برای تولید نهال و حتی بذر پاشی بلند مازو با هدف احیا، مناطق جنگلی مرکزی و بویژه شرق مازندران و استان گلستان بخصوص مناطق بالابند بر اساس نتایج این تحقیق بذرهای با ژنوتیپ مادری بالابند لوه بخاطر بنیه بالای بذر (درصد بالای جوانه زنی و سبز شدن گیاهچه) مناسب و توصیه و پیشنهاد می گردد.

البته با _وجود تفاوت‌های بالا در جوانه‌زنی بذر و مشخصه‌های رویشی نونهال‌های بلندمازو مورد مطالعه نشان می‌دهد درختان مادری موجود در هریک از مبداءها از تنوع مناسبی در این زمینه برخوردار بوده و با اجرای تحقیقات تکمیلی با استفاده از آزمون‌های پرونانس و همچنین آزمون‌های تنش کنترل شده (مثل تنش خشکی) و مطالعات فیزیولوژیک، ژنتیکی و بوم‌شناختی مربوطه بر روی نهال‌ها می‌توان دستورالعمل علمی کامل تری جهت جمع‌آوری و انتقال بذر بلندمازو در جنگل‌های هیرکانی بوجود آورد.

منابع

1- Gonzalez-Rodriguez, V., Barrio, I.C. and 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. **10.3923/pjbs.2007.2430.2435.**

6. Sagheb Talebi, K., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future* (No. 15325). Springer Netherlands. **https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:15325.**

7. 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 Nakachoob Company. *Ecology of Iranian Forest*, *10*(20), 162-170. **doi:10.52547/ifej.10.20.162.** [In persian]

8. 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.**
9. Nyland, R. D. (2016). *Silviculture: concepts and applications*. Waveland Press, 680 p.
10. 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.**
11. 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.**
12. 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.**
13. Girard, Q., Ducousso, 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.**
14. 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.**
15. Jimenez-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.**
16. 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]
17. 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]
18. Maghsudloo, M.K., Maghsoudloo, S. and Ahmadi, A., 2025. Effects of seed origin and altitudinal gradient on morphological characteristics of chestnut-leaved oak (Quercus castaneifolia CA Mey.) seedlings. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *33*(2), 159-174. **10.22092/ijfpr.2025.367034.2176** [In persian]

19. 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.**

20. 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/ifor0967-007**.

21. Arion, L. D., Truta, A. M., Rebrean, 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.**

22- 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 Nakachoob Company. *Ecology of Iranian Forest, 10*(20), 162-170. **DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.20.16.3** [In persian]

23- Miraki Gandab, A. & Amanzade, B. (2016). Performance of oak (*Quercus castaneifolia*) provenances for seed collection in the west of Guilan Province, North of Iran. *Iranian Journal of Forest*, *7*(4), 485-495. [In persian]

24. Gholizadeh, H., Naqinezhad, A. and Chytry, M. (2020). Classification of the Hyrcanian forest vegetation, Northern Iran. *Applied Vegetation Science*, *23*(1), 107-126. **https://doi.org/10.1111/avsc.12469Digital Object Identifier (DOI)** [In persian]

25. 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.**

26. 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. [In persian]

27. 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. [In persian]

28. McCune, B. (2007). Improved estimates of incident radiation and heat load using non-parametric regression against topographic variables. *Journal of Vegetation Science*, *18*(5), 751-754. **https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2007.tb02590.xDigital Object Identifier (DOI)**

29. Bonner, F. T., & Karrfalt, R. P. (2008). Quercus. *The woody plant seed manual. USDA Forest Service Agriculture Handbook, 727*, 928-938.

30. Willan, R. L. (Ed.). (1985). *A guide to forest seed handling with special reference to the tropics* (No. 20/2, pp. xiii+-379pp).

31. Panwar, P. and Bhardwaj, S.D. (2005). Handbook of Practical Forestry. *Agrobios (India)*, 191 pp.

32. 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.
33. Hicks, C. R. & Turner, K. V. (1999). Fundamental concepts in the design of experiments. Oxford University Press. 633 p.
34. 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.
35. Baskin, C.C. & Baskin, J.M. (2000). *Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination*. Academic press. **https://doi.org/10.1016/C2013-0-00597-X**
36. Lambers, H., Chapin, F.S. & Pons, T.L. (2008). *Plant physiological ecology* (Vol. 2, No. 1, pp. 11-99). New York: Springer. **https://doi.org/10.1007/978-0-387-78341-3**
37. Poorter, H., Niklas, K.J., Reich, P.B., Oleksyn, J., Poot, P. & Mommer, L. (2012). Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New phytologist*, *193*(1), 30-50. **https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x**
38. Poorter, H. & Sack, L. (2012). Pitfalls and possibilities in the analysis of biomass allocation patterns in plants. *Frontiers in plant science*, *3*, p.259. **https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00259**
39. Azizi K, Naji, H. R., Hassaneian Khoshroo, H. & Mehdi, H M. (2020). Effect of Altitude and Growing Season on Some Physiological Properties of Leaf from Persian Oak (Quercus brantii) in Zagros Forest (Case study: Ilam). *Plant Process and Function; 9*(35), 101-114. **20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1** [In persian]
40. 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.
41. Bewley, J.D., Bradford, K. & Hilhorst, H. (2012). *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. Springer Science & Business Media. **https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4**
42. Woods, E.C., Hastings, A.P., Turley, N.E., Heard, S.B. & Agrawal, A.A. (2012). Adaptive geographical clines in the growth and defense of a native plant. *Ecological Monographs*, *82*(2), 149-168. **https://doi.org/10.1890/11-1446.1**
43. Savolainen, O., Pyhajarvi, T. & Knurr, T. (2007). Gene flow and local adaptation in trees. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, *38*(1), 595-619.
44. Hereford, J. (2009). A quantitative survey of local adaptation and fitness trade-offs. *The American Naturalist*, *173*(5), 579-588. **https://doi.org/10.1086/597611**
45. 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.**

46. 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.**

47. 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.**

48. 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.

49. Roach, D.A. & Wulff, R.D. (1987). Maternal effects in plants. *Annual review of ecology and systematics*, pp.209-235. **https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.001233**

50. Hereford, J. (2009). A quantitative survey of local adaptation and fitness trade-offs. *The American Naturalist*, *173*(5), 579-588. **https://doi.org/10.1086/597611**

The effect of seed origin and maternal rootstock on germination traits and early growth of Oak (*Quercus castaneifolia*) seedlings in Hyrcanian forests

Abstract

Background and Objectives: The Oak (*Quercus castaneifolia*) is considered one of the key components of the Hyrcanian forests. Due to its vulnerability under climate change conditions, afforestation and reforestation efforts involving this species are of great importance. A significant factor contributing to the One of the major factors contributing to the unsuccessful establishment of oak plantations is the geographical origin of seeds and seedlings and its influence on seedling establishment and survival.. The absence of provenance-based assessments to determine suitable 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, which are directly related to climate change adaptation, is noteworthy. Therefore, the present study aims to investigate the variability of seed germination traits and early growth characteristics of Chestnut-leaved oak seedlings from different seed sources in the Hyrcanian forests.

Materials and Methods: Acorns were collected from three sites in the Hyrcanian Forest including Asalem (Guilan Province), Neka (Mazandaran Province) and Loveh (Golestan Province), each representing three elevational gradients (lowland, midland, and highland). The acorns were then sown at the greenhouse of the Pasand Forest and Rangeland Research Station. Totally, seeds from nine provenances and 90 maternal trees (10 mother trees per provenance) were evaluated using 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 ratios were measured. Experimental data were analyzed using a uni variate nested ANOVA Treatments means and their effects were compared using the Student Newman Keuls (SNK) multiple range test at 5% significance level.

Results: The results showed that both seed provenance and mother tree 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 seed.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 parts of seedlings were superior in the forest sites of Guilan Province, particularly in the lowland (shoot length: 15.95 mm; stem diameter: 3.02 mm) and midland (shoot length: 15.55 mm; stem diameter: 3.19 mm; leaf dry weight: 3.61 mg) zones. The highest total dry weight was recorded in lowland seedlings of Mazandaran (10.23 mg). Seedlings originating from Loveh Forest (Golestan) exhibited greater root length (lowland: 22.69 mm) and higher root-to-shoot ratios (lowland: 1.74; midland: 1.69), reflecting an adaptive strategy of this population to warmer and drier conditions. Correlation analysis revealed that germination percentage was positively and significantly correlated with elevation above sea level and slenderness coefficient, while it showed significant negative correlations with diameter at breast height (DBH), basal area, and stem volume of mother trees.

Conclusion: Overall, the findings demonstrate that the more challenging 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 the 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 in Hyrcanian forests. The decision on the best provenance of acorns may depend on the objectives of the project. Therefore, it is recommended to use acorns from Golestan province in cases where rapid establishment and a high seed germination rate are desired, However, if faster growth in seedling height and higher growth potential of seedlings' aerial parts are preferred in the nursery or planting area, seeds from Guilan origin, especially in mid- and low-altitude areas, should be prioritized. Given the significant variability in germination and

vegetative traits of seedlings from different mother trees, it is advisable to conduct additional studies in this field to collect and transfer Chestnut-leaved oak acorns in Hyrcanian forests.
Keywords: Mother tree, Provenance, Hyrcanian Forest, Altitudinal gradient, Forest nursery.