

Research Article

Effects of seed origin and altitudinal gradient on morphological characteristics of chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) seedlings

Mohammad Karim Maqsoodlou¹, Shervin Maqsoodlou², Akram Ahmadi^{3*}

1- Researcher, Natural Resources Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

2- Bachelor of Environmental Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

3*- Corresponding author, Assistant Prof., Natural Resources Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran. E-mail: ahmadi.1870@areeo.ac.ir

Received: 16.09.2024

Revised: 07.01.2025

Accepted: 12.01.2025

Abstract

Background and Objectives: *Quercus castaneifolia* C.A.Mey., known as the chestnut-leaved oak, is an important species in Iran's Hyrcanian forests with considerable environmental significance. This study aimed to investigate how seed provenance and altitude affect the morphological traits of *Quercus castaneifolia* seedlings.

Materials and Methods: Seeds were collected from 12 forest stands across four habitats: Mazandaran, Golestan, Gilan, and North Khorasan provinces. From each stand, 10 trees with diameters greater than 50 cm were selected, and 600 seeds were collected per tree. Seeds were sown at the Agricultural and Natural Resources Research Station in Chalaki, Gorgan county. The experiment employed a factorial design within a completely randomized framework. Seeds were sown in a 660 m² nursery with three replications based on provenance and altitude. Two populations (North Khorasan and mid-altitude Golestan) were excluded due to pest damage and poor germination. Seedling height and root collar diameter were measured once mid-growing season in the second year. Data analysis included two-way ANOVA, with normality confirmed by the Kolmogorov-Smirnov test. Means were compared using Duncan's test, and altitudinal gradients compared by independent t-test.

Results: Seed origin (collection province and altitude) each had a significant independent effect on seedling height, while their interaction was not significant. For root collar diameter, only the collection province showed a significant effect; altitude had no significant impact. Duncan's test revealed the tallest seedlings (107.86 ± 48.6 cm) and largest root collar diameter (12.0 ± 39.58 mm) originated from Golestan province seeds, while seedlings from Gilan province had the lowest height (67.11 ± 27.94 cm) and root collar diameter (10.11 ± 0.47 mm).

Conclusion: Seed provenance and altitude significantly influence the genetic diversity and morphological traits of *Quercus castaneifolia* seedlings. These factors should be integrated into breeding and conservation programs, especially when selecting seed collection sites and seed sources for restoration, aiding species preservation in downstream ecosystems.

Keywords: Collar diameter, Hyrcanian forests, oak, seedling height.



اثر مبدأ بذر و تغییر ارتفاع بر ویژگی‌های ظاهری نهال بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.)

محمد کریم مقصودلو^۱، شروین مقصودلو^۲ و اکرم احمدی^{۳*}

۱- محقق، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۲- کارشناسی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. پست الکترونیک: ahmadi.1870@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) یکی از گونه‌های مهم درختی در جنگل‌های هیرکانی ایران است که اهمیت زیادی از نظر محیط‌زیستی دارد. هدف پژوهش پیش‌رو، بررسی اثر مبدأ بذر و تغییر ارتفاع از سطح دریا بر ویژگی‌های ظاهری نهال بلندمازو بود. مواد و روش‌ها: به‌منظور اجرای این پژوهش، ۱۲ توده جنگلی از چهار رویشگاه در استان‌های مازندران، گلستان، گیلان و خراسان شمالی برای جمع‌آوری بذر انتخاب شدند. از هر جمعیت (توده)، ۱۰ پایه انتخاب شد و از هر پایه ۶۰۰ بذر متعلق به درختان با قطر بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر جمع‌آوری شد. سپس، بذرها در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چالکی در شهرستان گرگان کاشته شدند. این پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی اجرا شد. بذرها با در نظر گرفتن استان و ارتفاع محل جمع‌آوری در سه تکرار در یک عرصه ۶۶۰ متر مربعی در نهالستان کشت شدند. آبیاری قطره‌ای و وجین منظم انجام گرفت. بذره‌های متعلق به دو توده جنگلی (استان خراسان شمالی و میان‌بند استان گلستان) به دلیل آفت‌زدگی زیاد، فاقد توانایی جوانه‌زنی بودند و از ادامه آزمایش حذف شدند. یک مرحله آماربرداری در اواسط دوره رویش در سال دوم به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع و قطر یقه نهال انجام شد. این داده‌ها با طرح فاکتوریل کامل تصادفی و آنالیز واریانس دوطرفه تحلیل شدند. همچنین، نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-سمیرنوف، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن و مقایسه شیب‌های ارتفاعی با آزمون تی مستقل بررسی شد.

نتایج: تغییر مبدأ بذر (استان جمع‌آوری و شیب ارتفاعی) به‌طور جداگانه اثر معنی‌داری بر ارتفاع نهال‌ها داشتند، اما اثرات متقابل آن‌ها بر ارتفاع نهال‌ها معنی‌دار نبود. برای قطر یقه، فقط استان جمع‌آوری بذر، اثر معنی‌دار داشت و شیب ارتفاعی تأثیری نداشت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان داد که بیشترین ارتفاع ($107/86 \pm 48/6$ سانتی‌متر) و قطر یقه ($12/0 \pm 39/58$ میلی‌متر) در نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری‌شده از استان گلستان مشاهده شد. نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری‌شده از استان گیلان، کمترین ارتفاع ($67/27 \pm 11/94$ سانتی‌متر) و قطر یقه ($10/11 \pm 0/47$ میلی‌متر) را داشتند.

نتیجه‌گیری کلی: مبدأ بذر و ارتفاع رویشگاه، تأثیر قابل‌توجهی بر تنوع ژنتیکی و خصوصیات رویشی نهال‌های بلوط بلندمازو دارند. این عوامل باید در برنامه‌های اصلاحی و حفاظتی به‌ویژه در انتخاب مناطق بذرگیری و گزینش بذره‌های مناسب برای محیط‌های خاص مدنظر قرار گیرد که به حفظ و احیای این گونه در بوم‌سازگان‌های پایین‌دست کمک کند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع نهال، بلوط، جنگل‌های هیرکانی، قطر یقه.

مقدمه

توده‌های طبیعی جنگلی با تنوع زیاد، قابلیت تغییرپذیری گسترده‌ای نسبت به شرایط رویشگاهی دارند، بنابراین اولین مرحله در اصلاح ژنتیکی درختان جنگلی، بررسی تنوع صفات ریخت‌شناختی بین جمعیت‌های مختلف

این گونه‌ها در دامنه پراکنش آن‌ها است. در واقع، تنوع ژنتیکی موجود در گونه‌ها و نیز ترکیب این تنوع ژنتیکی، پایداری بوم‌سازگان را تعیین می‌کند (Mueller & Wolfenbarger, 1999). همچنین، انتخاب جمعیت‌هایی که تنوع زیاد ریخت‌شناختی دارند، برای حفاظت ژنتیکی

بیشتر است (Tripathi & Khan, 1990; Gomez, 2004)، درحالی‌که بررسی جوانه‌زنی بذرهای *Q. douglasii* Hook. & Arn. نشان داد که جوانه‌زنی با وزن بذر در جوامع نیمه‌مرطوب همبستگی ندارد، اما در جوامع خشک، همبستگی مثبتی بین وزن بذر و جوانه‌زنی مشاهده شد (Rice et al., 1993). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بذرهای متعلق به ارتفاع‌های پایین اغلب نهال‌هایی با قدرت اولیه بیشتر تولید می‌کنند، درحالی‌که ارتفاع‌های بالاتر می‌توانند صفات ریخت‌شناختی خاصی را افزایش دهند. بررسی اثر مبدأ بذر بر رشد نهال‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) نشان داد که نهال‌های با مبدأ بذر از ارتفاع‌های پایین‌تر (به‌عنوان مثال، ۸۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا)، طول شاخه، وزن خشک و سطح برگ بیشتری در مقایسه با بلوط‌های ارتفاع‌های بالاتر دارند (Taghvaei, 2010). ارزیابی مشخصه‌های جوانه‌زنی و ریخت‌شناسی بلوط ایرانی نشان داد که مبدأ بذر با تغییر طول، عرض و وزن بذر در ارتفاع‌های مختلف، مؤلفه‌های رشد نهال را به‌طور قابل‌توجهی تغییر می‌کند (Alvaninejad et al., 2009). بررسی نهال‌های بلوط ایرانی حاصل از مبدأهای مختلف در زاگرس جنوبی نشان داد که بذرهای جمع‌آوری‌شده از ارتفاع از سطح دریای کمتر، به‌دلیل سازگاری به دمای زیادتر و یا بارندگی کمتر، مقاومت بیشتری نسبت به خشکی داشتند (Molae et al., 2023).

در ایران درمورد اثرات مبدأ بذر بر ویژگی‌های ظاهری نهال بلندمازو (*Q. castaneifolia* C.A.Mey.) پژوهش‌های اندکی صورت گرفته است. کاشت بذرهای بلندمازو جمع‌آوری‌شده از چهار رویشگاه در استان مازندران بیانگر تفاوت معنی‌دار ویژگی‌های نهال‌ها براساس مبدأ بذر بود (Tabandeh Saravi et al., 2012). بررسی تنوع ریخت‌شناختی برگ و میوه جمعیت‌های بلوط بلندمازو در استان گلستان نشان داد که اثر مبدأ بذرهای جمع‌آوری‌شده از شیب‌های متفاوت ارتفاعی و طول‌های مختلف جغرافیایی بر صفات مختلف برگ و نیز رویش قطری و ارتفاعی نهال‌ها معنی‌دار است (Maghsudlu, 2017). کاشت

مناسب هستند (de Greet et al., 1998). شناسایی نهال‌های مناسب از نظر صفات ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی می‌تواند به اصلاح جنگل‌کاری‌ها کمک کند و نقش مؤثری در تضمین موفقیت آن‌ها داشته باشد (Samimi et al., 2023). امروزه، پژوهش‌های عملی در مباحث بوم‌شناسی و تکامل اغلب به سنجش دقیق تنوع ژنتیکی وابسته است (Mueller & Wolfenbarger, 1999). برای دستیابی به خصوصیات کمی و کیفی بهتر در درختان جنگلی باید به استفاده از برنامه‌های اصلاح ژنتیکی توجه شود. به‌طوری‌که مدیریت و حفاظت بهتر بوم‌سازگان جنگل، نیازمند آگاهی از تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌ها است (Epperson, 1992). از این تنوع می‌توان برای یافتن صفات برتر در برنامه‌های اصلاحی بهره برد. به‌کارگیری منبع و مکان مناسب جمع‌آوری بذر و نیز کاربرد آزمایش‌های پرووانس در طرح‌های اصلاحی درختان، قدمت زیادی دارند (Miraki Gandab et al., 2016). دامنه کاربرد آزمایش‌های پرووانس به برنامه‌های اصلاحی محدود نیست. یکی از سریع‌ترین و مؤثرترین راهکارها برای حمایت از تنوع زیستی در رویشگاه‌های در معرض تخریب، استفاده از بذرهای با مبدأ مناسب است (Liu et al., 2006; Soheili et al., 2024).

تنوع ژنتیکی، نقش تعیین‌کننده‌ای در بقای گونه‌های مختلف جنس بلوط (*Quercus* L.) در شرایط متنوع زمانی و مکانی ایفا می‌کند (Ziehe & Müller-Starck, 1991). زیرا بلوط در طول دوره زندگی طولانی (۲۰۰ سال یا بیشتر) باید با شرایط محیطی ناهمگون سازگار شود. منشأ بذرهای بلوط به‌ویژه در رابطه با ارتفاع از سطح دریا به‌طور قابل‌توجهی بر ریخت‌شناسی و رشد نهال تأثیر می‌گذارد. نتایج بررسی مشخصه‌های رویشی نهال‌های *Q. glauca* Thunb. حاکی از اثر معنی‌دار مبدأ بذر بر ویژگی‌های بذر و نهال بود (Singh et al., 2010). به‌علاوه، بذرهای سنگین‌تر به عملکرد بهتر نهال‌ها منجر شدند. به‌طورکلی، بذرهای سنگین‌تر و قطورتر جنس بلوط، بسیار زودتر از بذرهای سبک سبز می‌شوند و درصد جوانه‌زنی آن‌ها نیز

احیا اراضی جنگلی و نیز توسعه رویشگاه‌های این گونه انجام شد.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه

شرایط بوم‌شناختی مناطق جمع‌آوری بذر

بذرهای بلوط بلندمازو از چهار رویشگاه (استان گلستان، مازندران، خراسان شمالی و گیلان) و شامل ۱۲ توده جنگلی جمع‌آوری شدند. مشخصات این رویشگاه‌ها در جدول ۱ آمده است.

شرایط محل کاشت بذر

محل اجرای طرح، ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چالکی واقع در هفت کیلومتری غرب شهر گرگان است. ارتفاع این ایستگاه ۶۵ متر از سطح دریا و بافت خاک آن، لومی با اسیدیته ۷/۳ است. براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد، میزان بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۵۳۲/۳۸ میلی‌متر و متوسط درجه‌حرارت سالانه ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد است. بیشترین بارندگی در آبان‌ماه با ۶۰/۱۸ میلی‌متر و کمترین میزان آن در مردادماه با ۲۳/۰۴ میلی‌متر رخ می‌دهد. بیشینه و کمینه درجه‌حرارت مطلق به ترتیب برابر با ۴۳/۸ و ۴/۶- درجه سانتی‌گراد و میانگین کمینه درجه‌حرارت سردترین ماه سال ۳/۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط بیشینه گرم‌ترین ماه سال نیز حدود ۳۲/۸ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه براساس روش دومارتن، نیمه‌خشک و براساس روش آمبرژه، نیمه‌خشک معتدل است. برمبنای روش گوسن، خطر یخبندان در این منطقه تا نیمه دوم فروردین‌ماه وجود دارد. فصل رویش این منطقه حدود ۲۴۴ روز (از ۱۲ فروردین‌ماه تا ۱۹ آذرماه) طول می‌کشد.

بذرهای بلندمازو متعلق به *نُه مبدأ* جغرافیایی مختلف در استان گیلان نشان داد که رشد و زنده‌مانی در نهال‌های حاصل از مبدأ با ارتفاع از سطح دریای بالاتر، بیشتر است (Naghshi et al., 2007). علت این پدیده به مقاومت بیشتر نهال‌ها در برابر سرمای دیررس نسبت داده شد که ناشی از جوانه‌زنی دیرتر بذرهای متعلق به ارتفاع‌های بالاتر است. در بررسی تنوع بلندمازو با استفاده از صفات برگ مشخص شد که مساحت برگ، بیشینه پهنای، تعداد دندان‌سمت راست، تعداد جفت رگ‌برگ اصلی، طول دم‌برگ و طول کل برگ، بیشترین نقش را در تنوع این گونه دارند (Reisi et al., 2013). در مطالعه مذکور به دلیل تفاوت شرایط اقلیمی و خاکی رویشگاه‌های مختلف و تأثیر محیط بر برخی ویژگی‌های برگ، تفکیک صفاتی که کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند تاحدی مشکل بود. پژوهش پیش‌رو با جمع‌آوری بذر از پایه‌های مختلف و کاشت آن‌ها در یک نهالستان با شرایط محیطی یکسان، این محدودیت را برطرف کرده است. درنتیجه، تغییرات مشاهده‌شده مانند قطر یقه و ارتفاع نهال‌ها، قابلیت بررسی دقیق‌تری دارند. تغییر جهانی اقلیم، تهدیدی جدی برای بوم‌سازگان‌های جنگلی به‌خصوص بلندمازو محسوب می‌شود. واکنش و میزان مقاومت پایه‌های مختلف این گونه در رویشگاه‌های مختلف کشور نسبت به این تغییرات همچنان ناشناخته است. تغییر اقلیم در گذشته، نقش اساسی در بروز تنوع ریخت‌شناختی و ژنتیکی و نیز در پراکنش بلوط ایفا کرده است (Gugger et al., 2013). به‌طورکلی، شرایط محیطی می‌تواند ساختار ژنتیکی، میزان تنوع و حتی گونه‌های با پتانسیل زیاد جریان ژنی و پراکنش محدود را شکل دهد (Ortego et al., 2012)، بنابراین پژوهش پیش‌رو با هدف ارزیابی جمعیت‌های مختلف بلوط بلندمازو در جنگل‌های هیرکانی و در راستای بهره‌گیری از توان ژنتیکی آن برای

جدول ۱- مناطق جمع‌آوری بذر بلوط در جنگل‌های استان‌های گلستان، گیلان، مازندران و خراسان شمالی

Table 1. Oak seed collection areas in the forests of Golestan, Gillan, Mazandaran and North Khorasan provinces

Habitat Code	Name of Habitat	Population	Year of planting	Longitude (east)	Latitude (north)	Altitude (m.a.s.l.)	Slope (percentage)	Direction
1	Golestan province	Golestan province, east of Lower land	1396	55° 41' 31.5" to 55° 41' 36.7"	37° 21' 31.2" to 37° 21' 45.7"	600	5-10	Northern
2		Golestan province, center of Lower land	1396	54° 27' 8.4" to 54° 27' 9.1"	36° 47' 7" to 36° 47' 16.3"	350	5-10	Northwest
3		Golestan province, Loveh, intermediate land	1397	55° 40' 18"	37° 20' 05"	821-887	30	Northeast
4		Golestan province, Loveh, Lower land	1397	55° 39' 04"	37° 21' 19"	351-405	34	Northeast
5	Gilan province	Gilan province, highland	1396	48° 46' 28"	37° 44' 45"	1110-1250	38	Northwest
6		Gilan province, intermediate land	1396	48° 50' 30"	37° 44' 10"	781-825	31	Northern
7		Gilan province, Lower land	1396	48° 54' 52"	37° 44' 02"	225-250	15	Northern
8	Mazandaran province	Mazandaran province, Lower land, Chamestan	1397	52° 04' 56"	36° 28' 35"	160	5	Northern
9		Mazandaran province, Lower land, Chamestan	1396	52° 04' 58"	36° 28' 34"	165	5	Northern
10		Mazandaran province, Neka, intermediate land	1396	53° 33' 49"	36° 24' 30"	850-950	25	Northwest
11		Mazandaran province, Neka, Lower land	1396	53° 25' 08"	36° 34' 40"	280-400	18	Northern
12	North Khorasan province	North Khorasan province, Darkash, Bojnord	1397	56° 46' 15"	37° 25' 59"	1227-1250	37	Northeast

روش پژوهش

روش جمع‌آوری بذر

روش جمع‌آوری بذر درختان بلندمازو برای همه جمعیت‌ها و پایه‌ها یکسان بود. بذرها به‌طور مستقیم از زیر درختان جمع‌آوری شدند و هیچ بوجاری یا تیماری روی آن‌ها انجام نشد. در هر جمعیت، ۱۰ پایه با قطر مشابه (بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر) که از نظر شرایط ریخت‌شناختی، مناسب (تاج متقارن، تنه استوانه‌ای و عاری از آفات و بیماری‌ها) و از نظر بوم‌شناختی، سالم بودند، انتخاب شدند. به‌منظور کاهش احتمال خویشاوندی نزدیک، فاصله پایه‌ها حداقل ۵۰ متری در نظر گرفته شد. از هر پایه، ۶۰۰ بذر جمع‌آوری شد. بذرهای متعلق به هر پایه با کد ویژه‌ای مشخص شد. بذرهای جمع‌آوری‌شده از جمعیت استان خراسان شمالی و همچنین،

میان‌بند استان گلستان (لوه) به‌دلیل آفت‌زدگی زیاد، فاقد توانایی جوانه‌زنی بودند و از ادامه آزمایش حذف شدند.

روش کاشت در نهالستان

عرصه مورد نیاز به طول ۳۰ متر و عرض ۲۶ متر، در مجموع با مساحت ۶۶۰ متر مربع، برای کشت بذرهای بلوط انتخاب و آماده شد. این عرصه به سه تکرار مساوی تقسیم شد و در هر تکرار نه کرت (متناسب با تعداد پروونانس بذرها) به ابعاد 5×2 متر مربع در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها، یک متر تعیین شد. هر کرت به ده قسمت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر تقسیم شد. در هر ردیف، ۵۰ بذر از هر پایه با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از هم کشت شدند (شکل ۱). بذرهای در عمقی معادل $1/5$ برابر قطر بذر در خاک قرار داده شدند.



شکل ۱- کشت بذرهای از مبدأهای مختلف در نهالستان

Figure 1. Planting seeds from different origin in the nursery

عملیات بعد از کشت در نهالستان

در زمان اجرای این پژوهش، آبیاری به‌صورت قطره‌ای در زمان نیاز و وجین به‌طور منظم در چند مرحله صورت گرفت. آماربرداری در اواسط دوره رویش سال دوم به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع و قطر یقه نهال انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی

در سه تکرار انجام گرفت. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-سمیرنوف بررسی شد. از آنالیز واریانس دوطرفه برای بررسی متغیرهای ارتفاع نهال و قطر یقه نهال استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل استان محل جمع‌آوری بذر (گلستان، مازندران و گیلان) و شیب ارتفاعی بودند. همچنین، به‌منظور مقایسه متغیرهای مورد بررسی در استان‌هایی که از دو گرادیان ارتفاعی جمع‌آوری‌شده بودند، از آزمون تی مستقل استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از

آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج

ارتفاع نهال

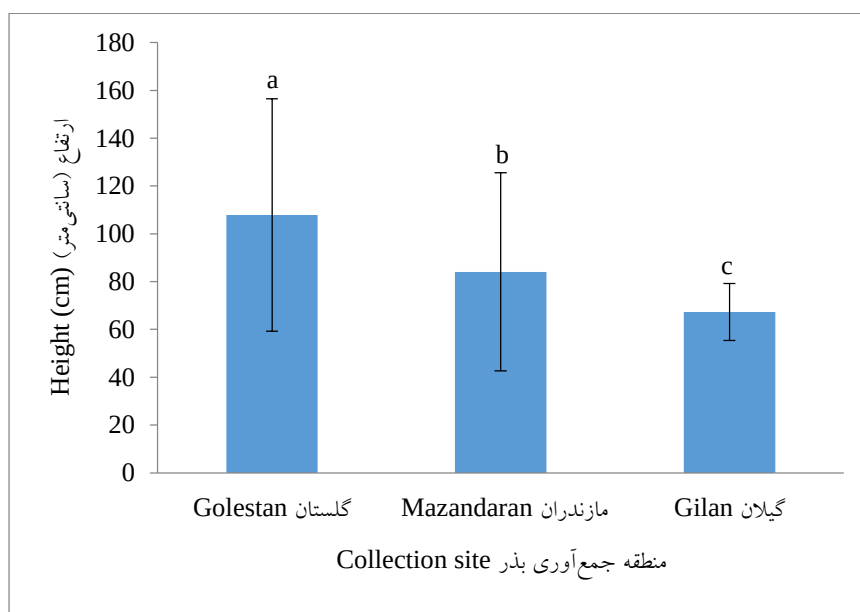
نتایج آزمون کولموگروف-سمیرنوف حاکی از پراکنش نرمال داده‌های قطر یقه و ارتفاع نهال بود ($P \geq 0.01$). نتایج آزمایش فاکتوریل بر روی داده‌های سال ۹۹ (دو سال بعد از

کاشت در نهالستان) نشان داد که اثرات جداگانه هر دو متغیر مستقل (مبدأ بذر شامل استان محل جمع‌آوری و شیب ارتفاعی) بر ارتفاع نهال معنی‌دار هستند ($P \leq 0.05$)، اما اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان داد که بیشترین ارتفاع نهال متعلق به بذرهای جمع‌آوری شده از استان گلستان است. کمینه ارتفاع نهال نیز در بذرهای جمع‌آوری شده از استان گیلان مشاهده شد (شکل ۲).

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس ارتفاع نهال‌های بلوط باتوجه به مبدأ بذر (استان محل جمع‌آوری و شیب ارتفاعی)

Table 2. The results of the variance analysis of the height of oak seedlings according to the origin of the seed (province of seed collection and altitude gradient)

Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F	Significance
Province of seed collection	30732.208	2	15366.104	11.918	0.000
Altitude gradient	20399.509	2	10199.754	7.911	0.001
Altitude gradient $\times$ Province of seed collection	5134.615	2	2567.308	1.991	0.141
Error	153433.137	119	1289.354		
Total	1142629.816	126			



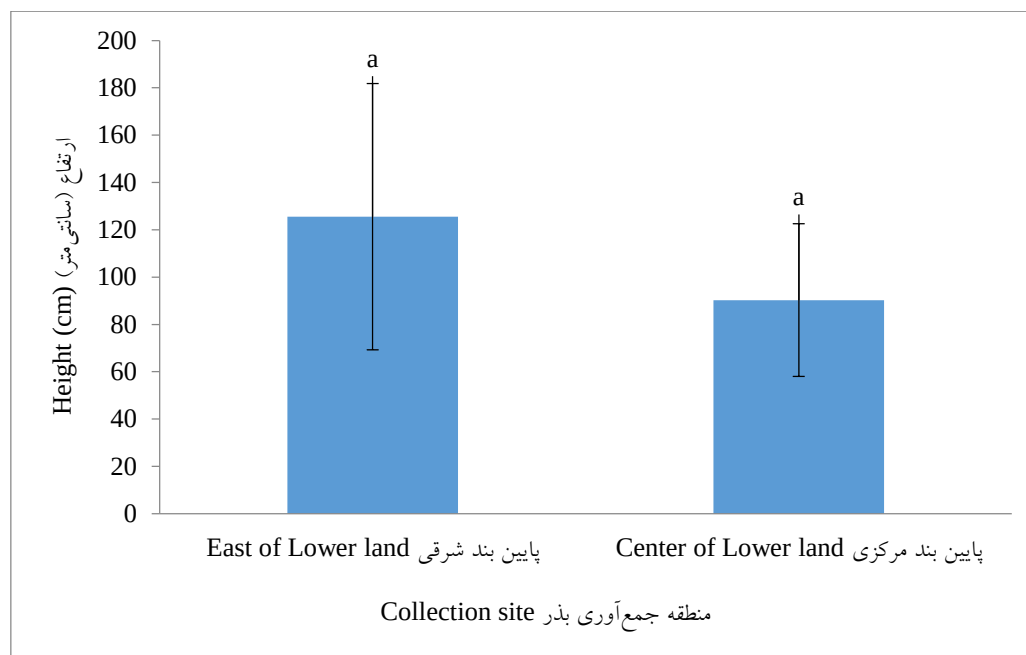
شکل ۲- مقایسه میانگین ارتفاع نهال در سه استان محل جمع‌آوری بذر

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 2. Comparison of average seedling height in three provinces of seed collection
Different letters indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).

در این استان، تفاوت معنی‌داری دارند ($T=10.203$; $P\leq 0.05$). براساس نتایج آزمون دانکن، ارتفاع نهال‌های حاصل از بذره‌ای جمع‌آوری شده از رویشگاه پایین‌بند شرقی به‌طور معنی‌داری بیشتر از رویشگاه پایین‌بند مرکزی بود (شکل ۳).

ارتفاع نهال‌های حاصل از بذره‌ای با مبدأ استان گلستان همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، بذرها در استان گلستان از دو رویشگاه متفاوت جمع‌آوری شدند. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که ارتفاع نهال‌های حاصل از بذره‌ای دو رویشگاه



شکل ۳- مقایسه میانگین ارتفاع نهال در استان گلستان از دو رویشگاه مختلف

Figure 3. Comparison of the average height of seedlings in Golestan province from two different sites

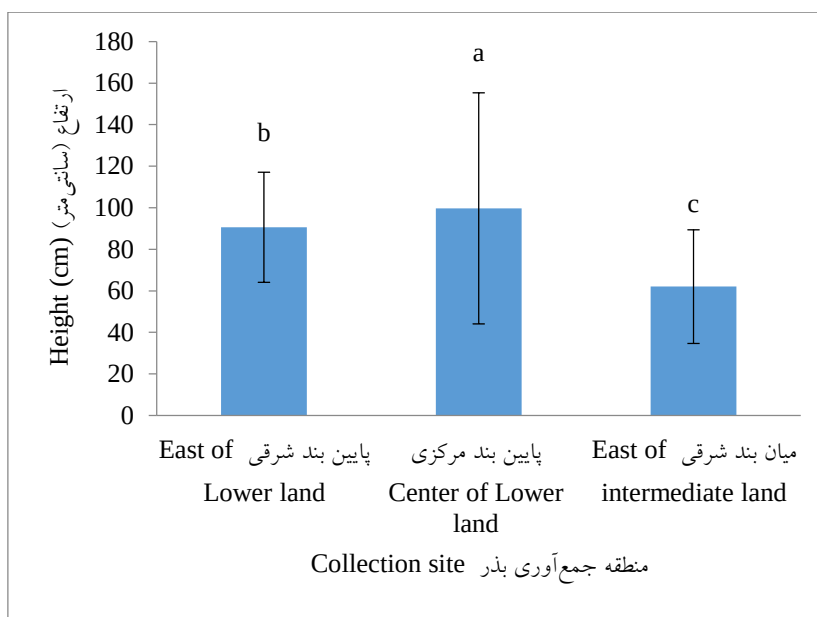
جمع‌آوری شده از رویشگاه پایین‌بند مرکزی، بیشترین ارتفاع را به‌خود اختصاص دادند، درحالی‌که کمترین ارتفاع در بذره‌ای جمع‌آوری شده از رویشگاه میان‌بند شرقی مشاهده شد (شکل ۴).

ارتفاع نهال‌های حاصل از بذره‌ای با مبدأ استان مازندران نتایج آنالیز واریانس ANOVA نشان داد که ارتفاع نهال‌های حاصل از بذره‌ای جمع‌آوری شده از سه رویشگاه در استان مازندران، تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). براساس نتایج آزمون دانکن، نهال‌های حاصل از بذره‌ای

جدول ۳- آنالیز واریانس ANOVA در سه منطقه مختلف در استان مازندران

Table 3. ANOVA analysis of variance in three different regions in Mazandaran province

Source of variation		Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F	significance
Height	Between groups	18914.422	2	9457.211	37.331	0.000
	Within the group	6079.965	24	253.332		
	Total	24994.387	26			

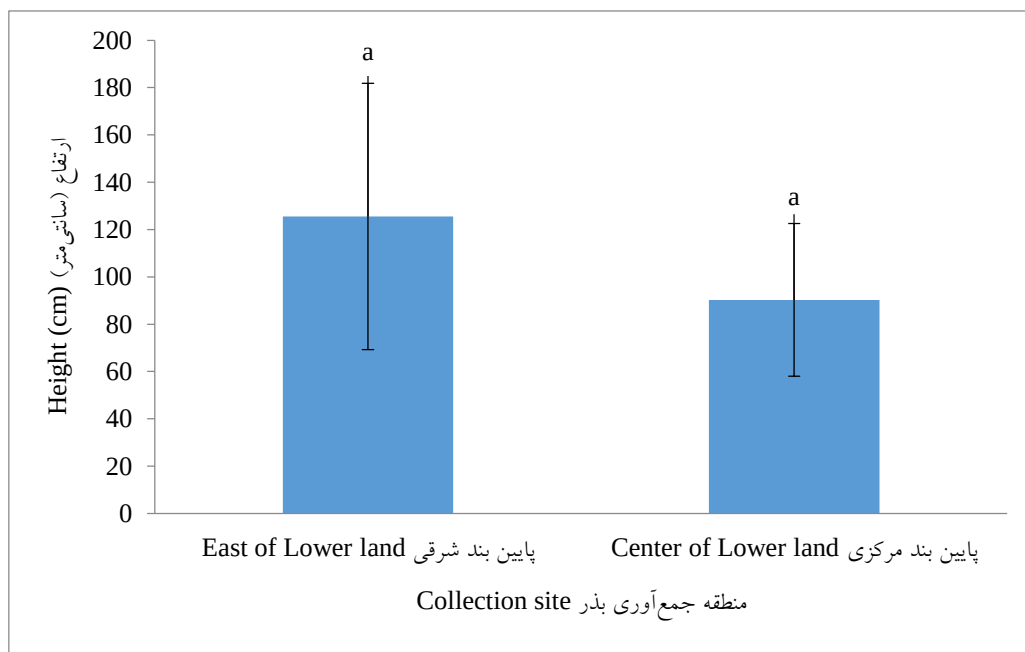


شکل ۴- مقایسه میانگین ارتفاع نهالهای حاصل از بذرهای جمع آوری شده در استان مازندران

Figure 4. Comparison of the average height of seedlings obtained from seeds collected in Mazandaran province

رویشگاه وجود دارد ($T=3.647$; $P \leq 0.05$). همچنین، ارتفاع نهالهای حاصل از بذرهای جمع آوری شده از بالابند، بیشتر از بذرهای میان بند بود (شکل ۵).

ارتفاع نهالهای حاصل از بذرهای با مبدأ استان گیلان بذرها در استان گیلان از دو رویشگاه متفاوت جمع آوری شد. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که تفاوت معنی داری از نظر ارتفاع نهالها بین بذرهای جمع آوری شده از دو



شکل ۵- ارتفاع نهالهای حاصل از بذرهای جمع آوری شده در استان گیلان

Figure 5. The height of seedlings obtained from seeds collected in Gilan province

قطر نهال

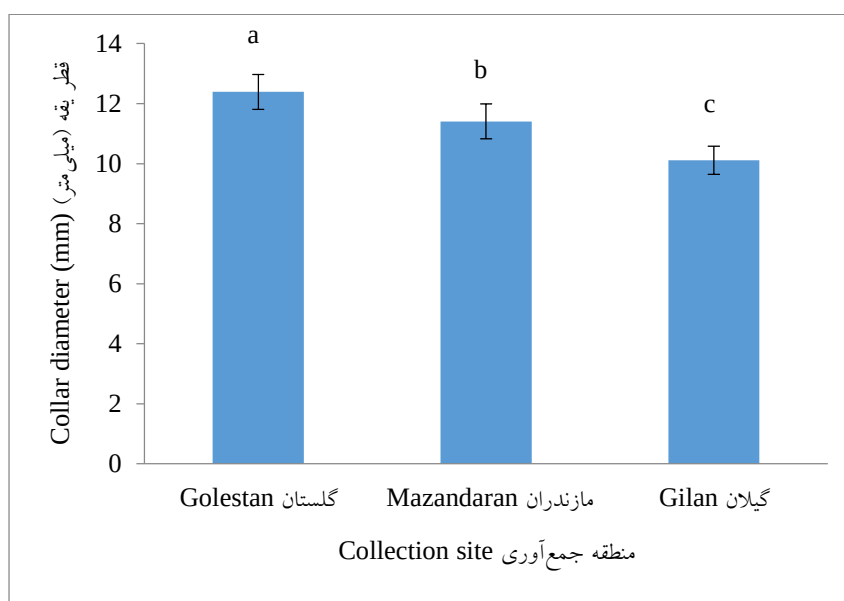
نتایج آزمایش فاکتوریل در جدول ۴ نشان داد که استان محل جمع‌آوری بذر، اثر معنی‌داری بر قطر یقه نهال‌ها داشت ($P \leq 0.05$)، اما این متغیر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شیب ارتفاعی قرار نداشت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از

آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان داد که بیشترین قطر یقه متعلق به نهال‌های حاصل از بذرهای جمع‌آوری‌شده از استان گلستان است (شکل ۶). نهال‌های حاصل از بذرهای جمع‌آوری‌شده از استان گیلان به‌طور معنی‌داری قطر یقه کمتری داشتند.

جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس داده‌های قطر یقه نهال‌های بلوط باتوجه به مبدأ بذر (استان محل جمع‌آوری و شیب ارتفاعی)

Table 4. The results of the variance analysis of the collar diameter data of oak seedlings according to the origin of the seed (province of the collection place and altitude gradient)

Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F	Significance
Province of seed collection	94.118	2	47.059	3.928	0.022
Altitude gradient	5.868	2	2.934	0.245	0.783
Altitude gradient $\times$ Province of seed collection	67.025	2	33.513	2.797	0.065
Error	1425.688	119	11.981		
Total	17730.55	126			

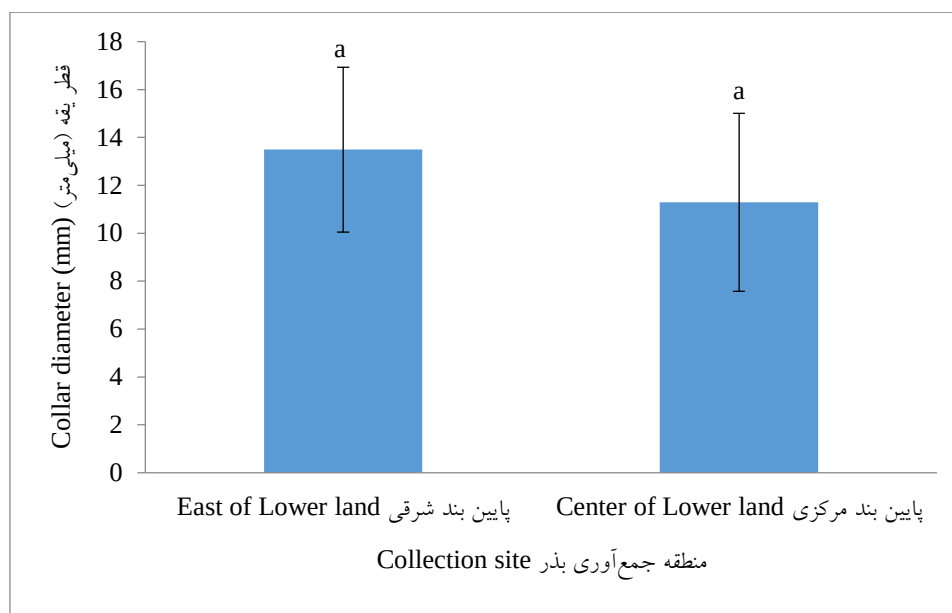


شکل ۶- مقایسه میانگین داده‌های قطر یقه نهال در محل‌های جمع‌آوری بذر در سه استان مختلف

Figure 6. Comparison of average data of seedling collar diameter in seed collection locations in three different provinces

پایین‌بند مرکزی این استان به‌دست آمد (شکل ۷)، اما طبق نتایج آزمون تی مستقل، این اختلاف معنی‌دار نبود ($T=1.944$; $P \geq 0.05$).

قطر یقه نهال‌های حاصل از بذرهای با مبدأ استان گلستان قطر یقه نهال‌های حاصل از بذرهای جمع‌آوری‌شده از رویشگاه پایین‌بند شرقی در استان گلستان، بیشتر از رویشگاه



شکل ۷- مقایسه قطر یقه نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از دو منطقه مختلف در استان گلستان

Figure 7. Comparison of collar diameter of seedlings obtained from seeds collected from two different regions in Golestan province

در استان مازندران، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵ و شکل ۸).
 قطر یقه نهال‌های حاصل از بذره‌های با مبدأ استان مازندران در قطر یقه نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از سه رویشگاه میان‌بند شرقی، پایین‌بند مرکزی و پایین‌بند شرقی

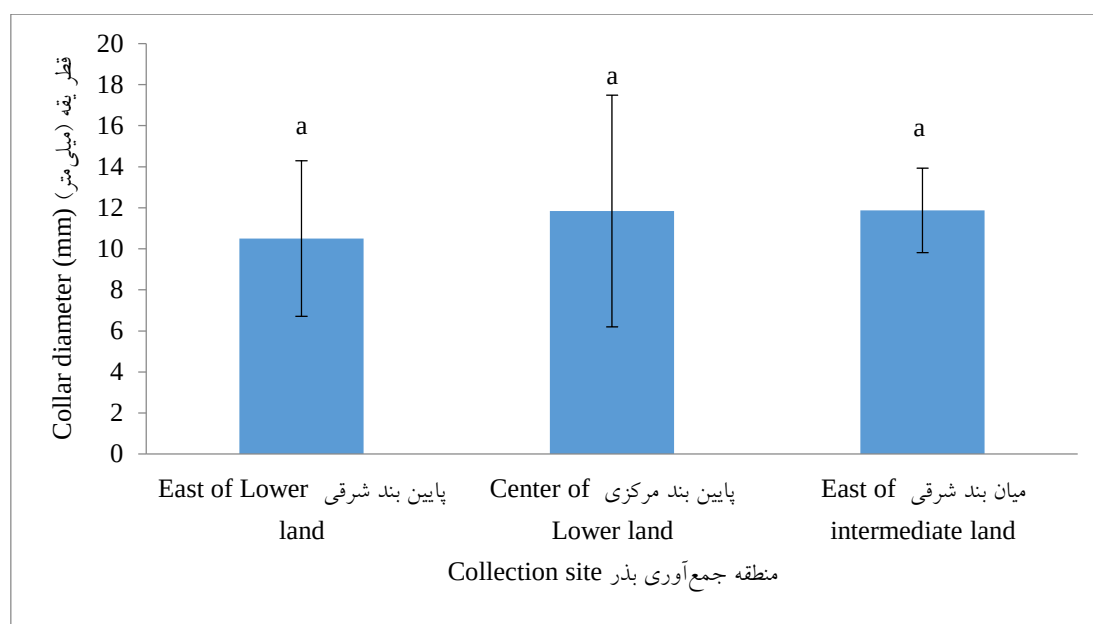
جدول ۵- آنالیز واریانس داده‌های قطر یقه نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از مناطق مختلف در استان مازندران

Table 5. Variance analysis of collar diameter data of seedlings obtained from seeds collected from different regions in Mazandaran province

Source of variation		Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F	Significance
Collar diameter	Between groups	1.463	2	0.731	0.055	0.946
	Within the group	13699	24	13.237		
	Total	319.162	26			

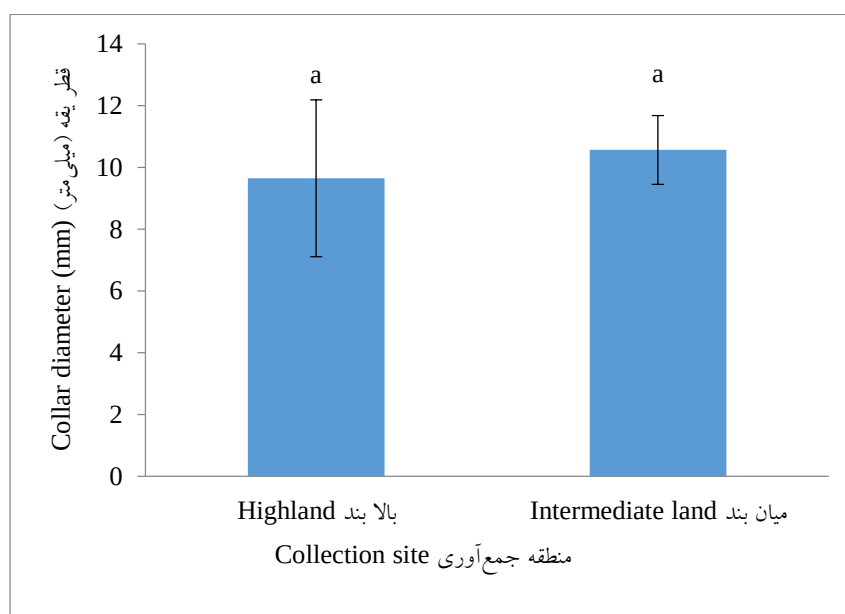
این استان به‌دست آمد (شکل ۹)، اما طبق نتایج آزمون تی مستقل، این اختلاف معنی‌دار نبود ($T=13.633$, $P \geq 0.05$).

قطر یقه نهال‌های حاصل از بذره‌های با مبدأ استان گیلان قطر یقه نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از رویشگاه میان‌بند در استان گیلان، بیشتر از رویشگاه بالابند



شکل ۸- مقایسه قطر یقه نهال‌های حاصل از بذرهای جمع‌آوری‌شده از مناطق مختلف در استان مازندران

Figure 8. Comparison of the collar diameter of seedlings obtained from seeds collected from different regions in Mazandaran province



شکل ۹- مقایسه قطر یقه نهال‌های حاصل از بذرهای جمع‌آوری‌شده از استان گیلان

Figure 9. Comparison of the collar diameter of seedlings obtained from seeds collected from Gilan province

بحث

نهال‌های بلندمازو بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که انتخاب صحیح مبدأ بذر می‌تواند نقش بسزایی در رشد مشخصه‌های رویشی نهال داشته باشد. هر چند بین رویشگاه‌های محل جمع‌آوری بذر از نظر طول جغرافیایی،

درختان بلوط به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم جنگلی، تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله منبع بذر و شرایط محیطی قرار دارند. در پژوهش پیش‌رو، تأثیر مبدأ بذر بر رشد

کمتر از ۵۰۰ کیلومتر فاصله وجود داشت، اما شرایط محل کاشت نهال‌ها در ایستگاه کشاورزی و منابع طبیعی چالکی از نظر رطوبت، بارندگی و دما، حد وسط بین مبداهای شرقی و غربی بوده است. شرایط محیطی مانند رطوبت و بارندگی می‌توانند اثرات زیادی بر رشد نهال‌ها داشته باشند، در این پژوهش، شرایط ایستگاه چالکی برای رویش نهال‌ها مناسب بود. رطوبت و بارندگی مناسب به تأمین آب و مواد مغذی مورد نیاز نهال‌ها کمک می‌کند (Mölder et al., 2019). نتایج آزمایش فاکتوریل نشان داد که تغییرات هر دو متغیر مبدأ بذر شامل استان محل جمع‌آوری و شیب ارتفاعی، اثرات معنی‌داری بر ارتفاع نهال دارند. بیشترین ارتفاع نهال‌های بلوط بلندمازو در بذره‌های جمع‌آوری شده از استان گلستان مشاهده شد. این نهال‌ها به احتمال زیاد به دلیل سازگاری بیشتر با شرایط محیطی مطلوب‌تر، رشد بهتری نشان دادند. نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از استان گیلان نیز کمترین ارتفاع را داشتند که ممکن است تحت تأثیر شرایط نامساعد محیطی قرار داشته باشند (Espahbodi et al., 2022). این نتایج بر اهمیت تطابق مبدأ بذر با عرصه کاشت به عنوان یکی از عوامل کلیدی مؤثر بر رویش نهال تأکید دارد.

نتایج داده‌های ارتفاع نهال در استان گلستان از دو منطقه متفاوت نشان داد که نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از رویشگاه پایین‌بند شرقی به طور معنی‌داری، بلندتر از نهال‌های حاصل از رویشگاه پایین‌بند مرکزی بودند. در استان مازندران، ارتفاع نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از پایین‌بند مرکزی به طور معنی‌داری بیشتر به دست آمد، اما در استان گیلان، ارتفاع نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از رویشگاه بالابند، بیشتر از رویشگاه میان‌بند بود. این الگوها می‌تواند ناشی از عوامل محیطی مختلفی مانند تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر جوانه‌زنی و رشد، شرایط محیط و میزان سازگاری و نیز ویژگی‌های فیزیولوژیکی باشد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بذره‌های جمع‌آوری شده از ارتفاع‌های بالاتر دارای ویژگی‌های خاصی هستند که آن‌ها را برای رشد در شرایط سخت‌تر آماده می‌کند. برای مثال، بررسی رویش بذره‌های راش شرقی (Fagus

orientalis Lipsky) نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، درصد جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه و سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (Motallebi & Tabari, 2012). این پدیده به نیاز بیشتر بذره‌های ارتفاع‌های بالاتر به مدت طولانی‌تر استراتیفیکاسیون یا سرمادهی بیشتری نسبت داده می‌شود که در نهایت به رشد بهتر و مقاومت بیشتر در شرایط دشوار محیطی منجر می‌شود (Motallebi & Tabari, 2012).

از طرفی، شرایط محیطی مانند میزان بارندگی، دما و کیفیت خاک در ارتفاع‌های مختلف می‌تواند بر رشد نهال‌ها تأثیر بگذارد. برای مثال، در ارتفاع‌های پایین‌تر ممکن است شرایط محیطی مساعدتر باشد، اما رقابت بین نهال‌های یک گونه درختی و نیز با گونه‌های درختی و علفی دیگر بیشتر باشد. در مقابل، اگرچه شرایط محیطی در ارتفاع‌های بالاتر، سخت‌تر است، اما نهال‌ها به دلیل رقابت کمتر ممکن است بتوانند رشد بهتری داشته باشند (Naderi Varandi et al., 2018). همچنین، نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از ارتفاع‌های بالاتر ممکن است سازگاری بیشتری با شرایط محیطی سخت‌تر داشته باشند. این سازگاری می‌تواند به رشد بهتر و مقاومت بیشتر در برابر عوامل محیطی مانند خشکی، سرما و فشارهای محیطی دیگر منجر شود. چنانچه بررسی اثرات مبدأ بذر و شرایط نهالستان بر رویش بذره‌های بلوط ایرانی نشان داد که نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از ارتفاع‌های پایین‌تر در زیر تاج درختان بهتر رشد کردند، اما این یافته‌ها نمی‌تواند به معنای رشد بهتر در بلندمدت باشد (Mataji et al., 2016). به طور کلی، افزایش ارتفاع نهال‌های حاصل از بذره‌های جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مرتفع‌تر را می‌توان ناشی از سازگاری بهتر با شرایط محیطی سخت‌تر، نیاز طولانی‌تر به استراتیفیکاسیون و کاهش رقابت در این ارتفاع‌ها دانست، بنابراین شناخت این تفاوت‌ها می‌تواند برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر جنگل‌ها و انتخاب بذره‌های مناسب برای کاشت در جنگل‌کاری‌ها مؤثر باشد.

مبدأ بذر به عنوان یک عامل کلیدی در تعیین ویژگی‌های ریخت‌شناختی نهال‌ها شناخته می‌شود (Tabandeh et al., 2007). نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که قطر یقه نهال‌ها

ویژگی‌های تطبیقی رایج در توده‌های بلوط کمک می‌کنند (Kremer *et al.*, 2020).

در پایان می‌توان اذعان داشت که مبدأ بذر، تأثیر قابل توجهی بر رویش نهال‌ها دارد، اما تغییر در شیب‌های مختلف ارتفاعی در هر منطقه به تأثیر معنی‌داری در قطر یقه نهال‌ها منجر نشد. این یافته را می‌توان به چند عامل کلیدی از جمله تنوع ژنتیکی، سطح سازگاری، شرایط محیطی ثابت، مدت پژوهش، ویژگی‌های گونه و اثرات هم‌زمان عوامل دیگر نسبت داد. به عنوان مثال، بذرها از مناطق مختلف ممکن است ویژگی‌های ژنتیکی متفاوتی داشته باشند که بر رشد و توسعه نهال‌ها تأثیر می‌گذارد. با این حال، وقتی بذرها در یک منطقه خاص با شرایط محیطی مشابه کاشته می‌شوند، ممکن است تفاوت‌های ژنتیکی بین بذرها نتواند به شکل معنی‌داری در رشد نهال‌ها آشکار شود. همچنین، اگر شرایط محیطی در هر منطقه (مانند رطوبت، دما و نوع خاک) تقریباً ثابت باشد، تأثیر ارتفاع از سطح دریا ممکن است کاهش یابد. به عبارت دیگر، اگر همه نهال‌ها تحت شرایط یکسانی قرار گیرند، اثرات ناشی از مبدأ بذر ممکن است کمتر بروز کند. از طرفی، زمان کوتاه پژوهش می‌تواند یکی از عوامل مؤثر باشد. در مراحل اولیه رشد، نهال‌ها ممکن است به طور موقت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار گیرند و نتایج نهایی ممکن است در طول زمان تغییر کند. همچنین، برخی گونه‌ها ممکن است نسبت به تغییرات ارتفاع از سطح دریا، حساسیت کمتری نشان دهند و توانایی بیشتری برای سازگاری با شرایط محیطی دارند. به گونه‌ای که حتی در صورت تفاوت مبدأ بذر، نهال‌ها با سازگاری با شرایط محیطی، تغییرات معنی‌داری در رشد خود نشان ندهند. در نهایت، عوامل دیگری مانند رقابت برای منابع (آب و مواد مغذی) یا بروز بیماری‌ها با تأثیر بر رشد نهال‌ها ممکن است اثرات ناشی از مبدأ بذر یا ارتفاع را تحت الشعاع قرار دهند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه مبدأ بذر، اثرات معنی‌داری بر رویش نهال دارد، اما شرایط محیطی و ویژگی‌های گونه‌ای نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری نتایج نهایی ایفا می‌کنند.

نتایج این پژوهش نشان داد که مبدأ نهال‌ها، تأثیر

به طور معنی‌داری تحت تأثیر مبدأ بذر قرار دارد. این امر می‌تواند به دلیل تفاوت در تنوع ژنتیکی، سازگاری، شرایط محیطی و ویژگی‌های ژنتیکی نهال‌ها باشد. به عنوان مثال، بذره‌های جمع‌آوری شده از استان گلستان ممکن است به دلیل سازگاری بهتر با شرایط محلی و ویژگی‌های ژنتیکی مطلوب‌تر، قطر یقه بیشتری داشته باشند (Tabandeh *et al.*, 2007). با این حال، نتایج نشان می‌دهد که قطر یقه نهال‌ها از مناطق مختلف ارتفاعی در استان‌های مازندران، گلستان و گیلان، تفاوت معنی‌داری نداشتند. این موضوع ممکن است به دلیل زمان کوتاه دوره پژوهش و ویژگی‌های خاص گونه مورد بررسی باشد. به عبارت دیگر، اگرچه بذره‌های متعلق به مناطق مختلف می‌توانند اثرات معنی‌داری بر مشخصه‌های رویشی نهال‌ها داشته باشند (Karimi *et al.*, 2012)، اما شیب ارتفاعی در این پژوهش، تأثیر معنی‌داری بر رشد آن‌ها نشان نداد.

به طور کلی، اثر شیب ارتفاعی و منشأ بذر بر رشد نهال‌های بلوط یک برهم‌کنش پیچیده است که تحت تأثیر عوامل متعددی مانند تنوع ژنتیکی، میزان سازگاری، شرایط محیطی و ویژگی‌های گونه قرار دارد. نهال‌های بلوط در طول شیب ارتفاعی، راهبردهای مولکولی مشخصی را برای تنظیم فنولوژی جوانه‌زنی بروز می‌دهند. جمعیت‌های بلوط در رویشگاه‌های کم ارتفاع، بیان بیشتری از ژن‌های مرتبط با مهار مرگ و پیری سلولی، تحمل گرما و حفظ فعالیت تقسیم سلولی نشان می‌دهند (Aizen & Woodcock, 1992). این فرایند موجب می‌شود که درختان در شرایط مساعد محیطی، زودتر وارد مرحله رشد شوند. در مقابل، جمعیت‌های بلوط مستقر در ارتفاع‌های بالاتر، بیان ژن‌های مرتبط با کاهش اندازه برگ، عملکرد مرستم و تأخیر در گل‌دهی را افزایش می‌دهند که به آن‌ها امکان می‌دهد تا با فصل رشد کوتاه‌تر سازگار شوند (Le Provost *et al.*, 2023). این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های پیشین که نشان می‌دهند در ارتفاع‌های پایین‌تر، انتخاب طبیعی به نفع رشد رویشی عمل می‌کند، مطابقت دارد (Gomez, 2004). به نظر می‌رسد که سازوکارهای مولکولی زیربنایی این سازگاری‌های وابسته به ارتفاع به فنولوژی و

مقایسه شوند. بررسی دقیق تر این اثرات می تواند به بهبود راهبردهای مدیریت نهال ها و افزایش موفقیت در پروژه های جنگل کاری کمک کند. به علاوه، در پژوهش های آینده باید عوامل محیطی و ژنتیکی بیشتری بررسی شود تا درک جامع تری از اثرات مختلف آن ها بر رشد نهال ها حاصل شود. همچنین، توسعه مدل های پیش بینی برای ارزیابی عملکرد نهال ها در شرایط مختلف می تواند به تصمیم گیری های مدیریتی مؤثرتر کمک کند. در نهایت، این یافته ها می تواند مبنای پژوهش های آینده در زمینه اثرات محیطی و ژنتیکی بر رشد نهال ها باشد و به تدوین راهبردهای کارآمدتر برای حفظ و توسعه جنگل ها کمک کند.

قابل توجهی بر مشخصه های رویشی آن ها دارد. رشد نهال های بلوط تحت تأثیر هم شیب ارتفاعی و هم منشأ بذر است. شیب ارتفاعی بر سازوکارهای مولکولی درختان تأثیر می گذارد و به سازگاری با دما و طول فصل رشد منجر می شود. همچنین، منبع بذر بر بقای اولیه و نرخ رشد نهال ها تأثیر می گذارد. ترکیب این عوامل بر اهمیت در نظر گرفتن اثرات کوتاه مدت و بلندمدت در درک پویایی رشد بلوط بلندمازو تأکید می کند. از نتایج دیگر این پژوهش می توان به تأثیر معنی دار مبدأ بذر بر قطر یقه نهال ها اشاره کرد، درحالی که قطر یقه، تحت تأثیر شیب ارتفاعی قرار نگرفت. با توجه به اهمیت مبدأ بذر پیشنهاد می شود که در پژوهش های آینده، مبدأهای بذر مورد نظر این پژوهش در استان های دیگر کشت شوند و با یافته های کنونی

References

- Aizen, M.A. and Woodcock, H., 1992. Latitudinal trends in acorn size in eastern North American species of *Quercus*. Canadian Journal of Botany, 70(6): 1218-1222.
- Alvaninejad, S., Tabari, M., Espahbodi, K., Taghvaei, M. and Hamzepour, M., 2009. Morphology and germination characteristics of *Quercus brantii* Lindl. acorns in nursery. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17(4): 523-533 (In Persian with English summary).
- De Greet, B., Triest, L., de Cuyper, B. and van Slyckens, J., 1998. Assessment of intraspecific variation in half-sibs of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. 'plus' trees. Heredity, 81: 284-290.
- Epperson, B.K., 1992. Spatial structure of genetic variation within populations of forest trees. New Forests, 6: 257-278.
- Espahbodi, K., Mahmoudi, M., Nazifi Ghilirdi, 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 Forests, 10(20): 162-170 (In Persian with English summary).
- Gomez, J.M., 2004. Bigger is not always better: Conflicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*. Evolution, 58: 71-80.
- Gugger, P.F., Ikegami, M. and Sork, V.L., 2013. Influence of late quaternary climate change on present patterns of genetic variation in valley oak, *Quercus lobata* Née. Molecular Ecology, 22(13): 3598-3612.
- Karimi, Kh., Zolfaghari, R. and Fayyaz, P., 2012. The effect of seed morphology and different altitude origins of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) on germination and growth of one year old seedlings. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 19(3): 127-142 (In Persian with English summary).
- Kremer, A. and Hipp, A.L., 2020. Oaks: an evolutionary success story. New Phytologist, 226(4): 987-1011.
- Le Provost, G., Lalanne, C., Lesur, I., Louvet, J.M., Delzon, S., ... and Plomion, C., 2023. Oak stands along an elevation gradient have different molecular strategies for regulating bud phenology. BMC Plant Biology, 23: 108.
- Liu, Y., Wang, Y. and Huang, H., 2006. High interpopulation genetic differentiation and unidirectional linear migration patterns in *Myricaria laxiflora* (Tamaricaceae), an endemic riparian plant in the three gorges valley of the Yangtze River. American Journal of Botany, 93: 206-215.
- Maghsudlu, M.K., 2017. Morphological diversity of leaf and fruit of oak population in Golestan province. M.Sc. thesis, College of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 215p (In Persian with English summary).
- Mataji, A., Abdi, F., Etemad, V. and Kiadaliri, H., 2016. Effects of seed origin on survival morphology and growth of Iranian oak (*Quercus brantii* Lindl.). Iranian Journal of Forest, 8(1): 11-22 (In Persian with English summary).

- Miraki Gandab, M., Rostami Shahraji, T. and Amanzadeh, 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 with English summary).
- Molaei, S., Zolfaghari, R., Alizadeh, Z. and Fayyaz, P., 2023. Evaluation of drought resistance in Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) seedlings from different seed provenances of southern Zagros, Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 31(1): 27-40 (In Persian with English summary).
- Mölder, A., Meyer, P. and Nagel, R.V., 2019. Integrative management to sustain biodiversity and ecological continuity in Central European temperate oak (*Quercus robur*, *Q. petraea*) forests: An overview. Forest Ecology and Management, 437: 324-339.
- Motallebi, A. and Tabari, M., 2012. Effect of seed source and pre-treatment hydrogen peroxide on germination characteristics of *Fagus orientalis* Lipsky Seed. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 9(1): 67-77 (In Persian with English summary).
- Mueller, U.G. and Wolfenbarger, L.L., 1999. AFLP genotyping and fingerprinting. Trends in Ecology and Evolution, 14: 389-394.
- Naderi Varandi, M., Kialashaki, A., Veisy, R. and Sheykheslami, A., 2018. Effect of altitude on some quantitative and qualitative characteristics of *Populus deltoids* trees. Ecology of Iranian Forests, 6(12): 30-38 (In Persian with English summary).
- Naghshi, S., Rostami Shahraji, T., Amanzadeh, B., Dastmalchi, M., Siahpour, Z. and Hemmati, A., 2007. Study of 9 oak (*Quercus castaneifolia*) provenances performance in west of Guilan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(3): 268-277 (In Persian with English summary).
- Ortego, J., Riordan, E.C., Gugger, P.F. and Sork, V.L., 2012. Influence of environmental heterogeneity on genetic diversity and structure in an endemic southern Californian oak. Molecular Ecology, 21(13): 3210-3223.
- Reisi, Sh., Jalali, Gh.A., Espahbedi, K. and Khornke, S., 2013. Study on the diversity in leaf and fruit morphological characteristics of *Quercus castaneifolia* in five natural habitats at Mazandaran forests. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 19(4): 93-108 (In Persian with English summary).
- Rice, K.J., Gordon, D.R., Hardison, J.L. and Welker, J.M., 1993. Phenotypic variation in seedlings of a "keystone" tree species (*Quercus douglasii*): the interactive effects of acorn source and competitive environment. Oecologia, 96: 537-547.
- Samimi, P., Fayyaz, P., Ghaderi, F. and Zolfaghari, R., 2023. Resistance induction to drought and charcoal disease in Brant's oak seedling by seed priming. Iranian Journal of Forest, 15(1): 125-140 (In Persian with English summary).
- Singh, B., Saklani, K.P. and Bhatt, B.P., 2010. Provenance variation in seed and seedlings attributes of *Quercus glauca* Thunb. in Garhwal Himalaya, India. Dendrobiology, 63: 59-63.
- Soheili-Esfahani, S., Azadfar, D., Aliarab, A.R., Saeidi, H.A., Pahlavani, M.H., Saeidi, Z. and Babaeian, M., 2024. Variability of traits of wild almond seeds, seedlings, and mother shrubs in the different natural populations of Isfahan province habitats. Iranian Journal of Forest, 16(2): 273-289 (In Persian with English summary).
- Tabandeh Saravi, A., Tabari, M., Mirzaei Nadoushan, H. and Espahbodi, K., 2012. Variation within and among *Quercus castaneifolia* populations based on their seedling characteristics. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 20: 69-82 (In Persian with English summary).
- Tabandeh, A., Tabari, M., Espahbodi, K. and Mirzaei Nadoushan, H., 2007. Seed sources effects on seedling growth of wild service tree in 3th year after planting. Pajouhesh and Sazandegi, 20(3): 48-53 (In Persian with English summary).
- Taghvaei, M., 2010. Effects of seed sources and shade on vigor of Brant's oak seedling. Journal of Ecology and Environment, 33(4): 299-306.
- Tripathi, R.S. and Khan, M.L., 1990. Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet hill forest. Oikos, 57(3): 289-296.
- Ziehe, M. and Müller-Starck, G., 1991. Changes of genetic variation due to associated selection: 175-189. In: Müller-Starck, G. and Ziehe, M. (Eds.). Genetic Variation in European Populations of Forest Trees. J.D. Sauerlander's Verlag, Frankfurt, Germany, 271p.