

Research Paper

The effect of changes in longitude, latitude and altitude above sea level on Iranian oak seed size

Khaled Karimi Hajii Pamogh¹, Nasrin Seyedi^{*,2}, Rahele Ghasemzade³, Abbas Banj Shafiei⁴ and Ayda Taheri⁵

1- PhD Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (khaled0872@gmail.com)

2,*- (Corresponding author) Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (n.seyedi@urmia.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (r.ghasemzade@urmia.ac.ir)

4- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)

5- PhD of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (taheri_ayda@yahoo.com)

Received: 23 April 2024

Accepted: 01 August 2024

Extended Abstract

Background and Objective: Natural regeneration is superior due to the production of higher-quality seedlings, and it is strongly influenced by seed size, which affects seedling growth, establishment, and survival. Seed size represents an important strategy for the competitive ability of forest stands in the environment. Understanding seed size characteristics in the Zagros forests can lead to better management, conservation, and sustainability of these ecosystems. In the Zagros forests, three major oak species are found: Persian oak (*Quercus brantii*), gall oak (*Q. infectoria*), and Lebanon oak (*Q. libani*), among which Persian oak is the most widespread. Given the ecological importance of Persian oak, further research on this species is of high priority. Therefore, identifying the relationship between seed size and geographical latitude, altitude, as well as the trends of seed size variation along these gradients, is essential.

Material and Methods: To this end, seeds were collected from four provenances of Persian oak in the Zagros region (Baneh, Chavar–Ilam, Chekani–Khorramabad, and Sisakht–Yasuj), representing different latitudes and altitudes. In each provenance, 12 trees with similar diameters (30–40 cm) and approximately 100 m apart (to minimize genetic relatedness) were randomly selected along transects. The geographic coordinates of sampled trees were recorded using GPS. About one kilogram of mature acorns was randomly collected from all crown directions of each tree in early December 2022. For 20 seeds per tree, the following traits were measured: seed length, hilum diameter, seed diameter, seed diameter at 8 mm from the tip, length-to-diameter ratio, seed perimeter, perimeter-to-diameter ratio, perimeter-to-length ratio, seed content density, density-to-length ratio, and density-to-diameter ratio. Data normality was tested with the one-sample Kolmogorov–Smirnov test. Morphological traits among provenances and the effects of different factors were analyzed using one-way ANOVA and Duncan’s test (at the 0.05 level). Discriminant function analysis was applied to distinguish among provenances and elevation classes based on seed traits, and functions were tested using Wilks’ Lambda and Chi-square statistics.

Results: Results indicated that with decreasing latitude, seed length and length-to-diameter ratio increased, while diameter, seed content density per length, hilum diameter, and tip diameter decreased. Discriminant function analysis (first and second functions explaining 88% of variance) showed that Baneh had the highest positive distinction (2.956) and Chekani–Khorramabad the strongest negative distinction (−0.998) in the first function. In the second function, Chavar–Ilam showed the highest positive distinction (0.905) while Sisakht had the strongest negative (−0.575). In the third function, Chekani–Khorramabad had the highest positive score (0.781) and Sisakht–Yasuj the strongest negative. Elevation classes also showed significant differences: low elevation (1000–1260 m) had the highest values for seed length, longitudinal perimeter, length-to-diameter ratio, and perimeter-to-diameter ratio. Mid elevation (1260–1540 m) showed the highest values for area, seed content density, longitudinal cross-sectional area, and density-to-length and density-to-diameter ratios. Discriminant function analysis for elevation classes (two functions explaining 85.9% of variance) revealed that mid elevation (1260–1540 m) had the strongest positive performance (0.643) while 1540–1800 m had the strongest negative (−1.259) in the first function. In the second function, mid elevation again had the highest positive (0.561) while high elevation (1800–2100 m) showed the strongest negative (−0.463). In the third function, low elevation had the highest positive (0.253) while high elevation had the strongest negative.

Conclusion: The findings indicate that northern provenances and lower elevations produce larger seeds with higher content. Due to their greater width (diameter) and lower length-to-diameter ratio, these seeds are expected to generate more vigorous seedlings for afforestation. However, such variation in seed size across provenances and elevations may represent genetic and ecological adaptation to local habitats and natural seed predators, serving as a site-specific survival strategy.

Keywords: Discriminant Functions, Morphology, Provenance, Zagros.

How to Cite This Article: Karimi Hajji Pamogh, K., Seyedi, N., Ghasemzade, R., Banj Shafiei, A., and Taheri, A. (2025). The effect of changes in longitude, latitude and altitude above sea level on Iranian oak seed size. *Forest Research and Development*, 11(2), 223-248. DOI: [10.30466/jfrd.2024.55316.1725](https://doi.org/10.30466/jfrd.2024.55316.1725)



Copyright ©2024 Karimi Hajji Pamogh et al. Published by Urmia University.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

اثر تغییرات طول، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا بر اندازه بذر بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)خالد کریمی حاجی پمق^۱، نسرين سیدی^{۲*}، راحله قاسم‌زاده^۳، عباس بانج شفیعی^۴، آیدا طاهری^۵

۱- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (khaled0872@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (n.seyedi@urmia.ac.ir)

۳- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (r.ghasemzade@urmia.ac.ir)

۴- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)

۵- دانش‌آموخته دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (taheri_ayda@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۴

چکیده

مقدمه و هدف: زادآوری طبیعی، به دلیل تولید پایه‌های مرغوب و بهتر، برتری دارد و تحت‌تاثیر اندازه بذر بوده و بر رشد گیاهچه و استقرار و بقا آن تأثیر می‌گذارد. اندازه بذر راهبرد مهمی در توانایی و قدرت رقابتی رویشگاه در محیط است و شناخت ویژگی‌های اندازه بذر در رویشگاه‌های زاگرس می‌تواند به مدیریت بهینه، حفظ و پایداری این جنگل‌ها منجر شود. در جنگل‌های زاگرس به‌طور کلی سه گونه عمده بلوط به نام‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)، دارمازو (*Q. infectoria*) و ویول (*Q. libani*) وجود دارد که گسترده‌ترین آنها گونه بلوط ایرانی است. با توجه به جایگاه ارزشمند گونه بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس، توسعه پژوهش‌های هرچه بیشتر در رابطه با این گونه از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین شناخت ارتباط اندازه بذر با عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا و روند تغییرات اندازه بذر در گرادیان ارتفاع و عرض جغرافیایی ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها: به‌همین منظور در این پژوهش، بذر چهار رویشگاه بلوط ایرانی از زاگرس (بانه، چوار ایلام، چکنی خرم‌آباد و سی‌سخت یاسوج) در عرض‌های جغرافیایی و ارتفاعات مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در هر پروونانس ۱۲ پایه با قطر یکسان (۳۰-۴۰ سانتی‌متر) و با رعایت فاصله در حدود ۱۰۰ متر (به دلیل اجتناب از قرابت ژنتیکی)، به صورت تصادفی و روی خط‌نمونه انتخاب شدند. موقعیت جغرافیایی پایه‌های انتخاب شده با موقعیت مکانی جهانی GPS ثبت شد. سپس از هر درخت حدود یک کیلوگرم بذر رسیده در همه جهات تاج به صورت کاملاً تصادفی در اوایل آذر ماه ۱۴۰۱ جمع‌آوری شد. شاخص‌های طول بذر، قطر ناف، قطر بذر، قطر بذر در هشت میلی‌متری نوک بذر، نسبت طول به قطر بذر، محیط دور بذر، نسبت محیط بذر به قطر بذر، نسبت محیط بذر به طول بذر، دانسیته محتوای بذر، نسبت دانسیته محتوای

بذر به طول بذر، نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر برای ۲۰ عدد بذر از هر پایه اندازه‌گیری شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون Kolmogorov-Smirnov یک نمونه‌ای بررسی شد. سپس مقایسه صفات مورفولوژیک بذر پروونانس‌های مختلف و مقدار تاثیر عوامل مختلف با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن (در سطح ۰/۰۵) انجام شد. برای شناسایی تفکیک پروونانس و ارتفاعات مختلف از تجزیه تابع تشخیص در صفات بذر استفاده شد و این توابع بر اساس آزمون Wilks lambda و کای اسکوار مورد آزمون قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با کاهش عرض جغرافیایی، طول بذر و نسبت طول به قطر آن افزایش یافت، درحالی‌که قطر، دانسیته محتوای بذر در طول، قطر ناف و قطر در فاصله هشت میلی‌متری نوک بذر کاهش یافت. تحلیل تابع تشخیص (دو تابع اول و دوم که مجموعاً ۸۸ درصد واریانس را توضیح می‌دهند) نشان داد در تابع اول، رویشگاه بانه بیشترین تمایز مثبت (۲/۹۵۶) و رویشگاه چکنی خرم‌آباد بیشترین تمایز منفی (۰/۹۹۸-) را داشت، درحالی‌که در تابع دوم، رویشگاه چوار ایلام بیشترین تمایز مثبت (۰/۹۰۵) و پروونانس سی سخت بیشترین تمایز منفی (۰/۵۷۵-) را نشان دادند. همچنین در تابع سوم، مرکز رویشگاه‌ها بیشترین تمایز مثبت (۰/۷۸۱) را در پروونانس چکنی خرم‌آباد و بیشترین تمایز منفی را در رویشگاه سی سخت یاسوج داشت. بررسی شاخص‌ها در ارتفاعات مختلف نیز تفاوت معناداری نشان داد؛ به‌طوری‌که ارتفاع پایین (۱۰۰۰-۱۲۶۰ متر) بیشترین مقادیر را در شاخص‌های طول بذر، محیط طولی بذر، نسبت طول به قطر و نسبت محیط به قطر بذر داشت، درحالی‌که ارتفاع میانی (۱۲۶۰-۱۵۴۰ متر) بیشترین مقادیر را در شاخص‌های مساحت، دانسیته محتوای بذر، مساحت سطح مقطع طولی بذر و نسبت دانسیته به طول و قطر بذر نشان داد. نتایج تحلیل تابع تشخیص برای ارتفاعات (دو تابع که مجموعاً ۸۵/۹ درصد واریانس را توضیح می‌دهند) نشان داد در تابع اول، ارتفاع میانی (۱۲۶۰-۱۵۴۰ متر) بیشترین عملکرد مثبت (۰/۶۴۳) و ارتفاع ۱۵۴۰-۱۸۰۰ متر بیشترین عملکرد منفی (۱/۲۵۹-) را داشت، درحالی‌که در تابع دوم، ارتفاع میانی بیشترین عملکرد مثبت (۰/۵۶۱) و ارتفاع ۱۸۰۰-۲۱۰۰ متر بیشترین عملکرد منفی (۰/۴۶۳-) را نشان داد. در تابع سوم نیز مرکز پروونانس‌ها بیشترین عملکرد مثبت (۰/۲۵۳) را در ارتفاع پایین (۱۰۰۰-۱۲۶۰ متر) و بیشترین عملکرد منفی را در ارتفاع بالا (۱۸۰۰-۲۱۰۰ متر) داشت.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این بررسی نشان داد که رویشگاه‌های شمالی و ارتفاعات پایین دارای اندازه و محتوای بذر بیشتری هستند و به‌واسطه قطر (پهنا) بیشتر و نسبت طول به قطر کمتر می‌توان انتظار داشت در جنگلکاری‌ها نهال‌های بهتری تولید کنند. البته باید ذکر کرد که شاید این تغییرات اندازه در رویشگاه‌ها و ارتفاعات مختلف نوعی سازگاری ژنتیکی و محیطی با رویشگاه‌های خود باشند و یک راهبرد رویشگاهی برای تطابق با شرایط محلی و دشمنان طبیعی بذر باشد.

واژه‌های کلیدی: پروونانس، تابع تشخیص، زاگرس، مورفولوژی.

مقدمه

عوامل زیستی و غیرزیستی مربوط به خاک، مواد مغذی یا برخی عوامل غیرزیستی دیگر مرتبط با یخبندان و مستقل از عرض جغرافیایی نیز است.

اندازه و وزن بذر با افزایش ارتفاع به طور تدریجی کاهش می یابد، اما کاهش اندازه و وزن بذر با افزایش ارتفاع همیشه صادق نیست، به طوری که با افزایش ارتفاع، اندازه و وزن بذر در بعضی بررسی ها افزایش یافته (Blionis et al., 2001)، در برخی پژوهش ها کاهش یافته (Totland & Birks, 1996) و در بعضی دیگر بدون تغییر بوده است (Mohit Gera et al., 2000). اندازه و شکل بذر نقش بسیار بزرگی در استقرار نهال ها دارد و تفاوت گسترده ای از نظر اندازه بذر وجود دارد و بررسی های زیادی در مورد تفاوت های مورفولوژیک بذر در جوامعی که شرایط رویشی مختلف داشتند انجام گرفته است و مشخص شده است که این صفت توسط منابع در دسترس و شرایط محیطی درخت مادری در طول تشکیل بذر کنترل می شود (Krannitz et al., 1991). در این میان، تابستان های خشک در بوم سازگان هایی که اقلیم مدیترانه ای دارند، تأثیر زیادی بر مورفولوژی بذور دارند (Larcher, 2000).

در چندین بررسی نیز مشاهده شده است که بذره های بزرگ تر در مناطق خشک (Seiwa, 2000) سبب بهبود سرعت جوانه زنی (Mao et al., 2022)، استقرار نهال (Castro, 1999)، رویش و زنده ماندن نهال (Baraloto et al., 2005) می شود. به عبارتی، اندازه بذرها از عوامل اصلی استقرار اولیه نهال گونه های چوبی محسوب می شود. از طرف دیگر، اندازه بذر عموماً تأثیر مطلوبی بر بقا و رشد گیاهچه دارد (Quero et al., 2007). البته بزرگی بذر همیشه برتری نیست و بذره های کوچک شانس بیشتری برای ورود آسان به خاک نسبت به دانه های بزرگ دارند و بنابراین ذخیره

فرآیندهای مختلف زندگی گیاهی، مانند پراکندگی بذر، روابط آبی بذر، جوانه زنی، استقرار و بقا و رشد نهال تحت تأثیر اندازه بذر قرار می گیرد (Mao et al., 2022). در واقع اندازه بذر یکی از عوامل اصلی است که در کنار بسیاری از عوامل داخلی و خارجی روی جوانه زنی و رشد گیاهچه تأثیر می گذارد (Shahi et al., 2015). اندازه بذر در عملکرد گیاهچه نقش زیادی داشته و بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Seiwa and Kikuzawa, 1991). تفاوت های زیادی در اندازه بذر میان گونه ها وجود دارد که ناشی از شرایط بوم شناسی متنوع است، به طوری که گونه هایی که در زیستگاه های باز رشد می کنند، معمولاً دارای جرم متوسط بذر کمتری نسبت به گونه های زیستگاه های بسته تر هستند (Kelly and Purvis, 1993). گونه های بزرگ دانه نیز در محیط های رقابتی (Gross, 1984)، در برگ خواری (Armstrong and Westoby, 1993)، در سایه (Leishman and Westoby, 1994a)، یا تنش رطوبتی (Baker, 1972; Pandey, 2017) مقاومت بهتری داشته اند.

به طور کلی اندازه بذر تحت تأثیر فصول رشد کوتاه و بلند که مشخصه های عرض های مختلف جغرافیایی است قرار می گیرد. به عنوان مثال، اندازه بذر بلوط با کاهش بارندگی، دما و دیگر عوامل محیطی (مانند کاهش طول دوره رویش و غیره) که با افزایش عرض جغرافیایی کاهش می یابند محدود می شود (Moles et al., 2007). تأثیر تنوع جغرافیایی در مورفولوژی گیاهی تابعی از تغییرات محیطی در پاسخ به شرایط محیط - زیستی است (Mohammadi et al., 2021). سازگاری مورفولوژیکی یکی از راه های اولیه سازگاری گیاهان با محیط خارجی است. طبیعتاً اندازه بذر بلوط تحت تأثیر

1994). اندازه بذر بر پراکنش و استقرار آن و به تبع آن موفقیت تولیدمثلی گیاه تأثیرگذار است (Vander Wall, 2002) و می‌تواند فشارهای انتخابی را بر مورفولوژی و فیتوشیمی بذر وارد کند (Herrera et al., 2002). بسیاری از گونه‌های گیاهی، مانند درختان جنگلی، برای پراکندگی بذرهايشان به شکارچیان بذری تکیه می‌کنند (Gomez et al., 2019). پراکنده‌کننده‌های بذر احتکارکننده، مانند جوندگان یا پرندگان و گرازاها، بذرها را مصرف کرده و تعدادی از آن‌ها را در انبارهای کم‌عمق ذخیره می‌کنند (Vander Wall, 2010; Perea et al., 2011a; Pesendorfer et al., 2016) و با ذخیره بذرها در یک محیط مناسب توسط جوندگان پراکنده‌کننده و ذخیره‌کننده بذر، احتمال استقرار نهال را افزایش می‌دهند (Steele et al., 2007; Zwolak and Crone, 2012). بنابراین، احتکارکننده‌ها هم به‌عنوان شکارچی بذر و هم به‌عنوان پراکنده‌کننده بذر عمل می‌کنند و تصمیم‌گیری در مورد ذخیره یا مصرف یک بذر برای ساختار جوامع گیاهی مهم است (Schupp and Fuentes, 1995; Pesendorfer et al., 2018).

یکی از عوامل اصلی مؤثر بر تصمیم‌گیری در مورد نگهداری یا مصرف بذر، صفات بذر است (Lichti et al., 2017). از صفات برجسته که بر برداشت و سرنوشت بذر تأثیر می‌گذارد، اندازه آن‌هاست (Lichti et al., 2014). بذرهاي بزرگ‌تر منبعی با کیفیت بالاتری هستند (Theimer, 2003) و بنابراین شانس حذف بیشتری هم دارند (Wang and Ives, 2017). علاوه بر این، بذرهاي بزرگ‌تر و سنگین‌تر احتمال بیشتری دارد که بیشتر پراکنده شوند (Moore et al., 2007). اندازه و وزن بذر صفات کمی هستند که توسط ژن‌های متعدد کنترل می‌شوند و توسط عوامل محیطی محدود می‌شوند. شکل‌گیری هر دو صفت یک فرآیند زیستی پیچیده است (Li et al., 2020).

بذر در خاک را تسهیل می‌کند که برای بازسازی گونه‌ها پس از مخلوط‌شدن در بستر خاک به‌صورت طبیعی بسیار مهم است. از سوی دیگر، ذخیره بذر بیشتر ممکن است توانایی بذرهاي بزرگ‌تر را برای ماندگاری با تأمین نیازهای متابولیکی در طول دوره سکون، تا زمانی‌که شرایط نور یا رطوبت مناسب ایجاد شود، افزایش دهد. بذرهاي بزرگ‌تر و سنگین‌تر فراوانی به نسبت کمتری دارند، اما نهال‌هایی با توانایی رقابتی بیشتری نسبت به دانه‌های کوچک تولید می‌کنند که آن‌ها را قادر می‌سازد تحت تنش‌های مختلف مانند رقابت (McConnaughay and Bazzaz, 1987)، رطوبت (Awasthi et al., 2016) و تغییر موقت و سریع شرایط محیطی (Hammond and Brown, 1995) استقرار یافته و زنده بمانند.

برگزایی و خوش‌خوراک بودن توسط حیوانات و آفات (Armstrong and Westoby, 1993)، جوانه‌زنی، رشد و زیست‌توده نهال‌ها به شدت تحت تأثیر اندازه بذر قرار می‌گیرند که سبب محصول آینده می‌شود (Gunaga et al., 2011). به‌عنوان مثال، اندازه بذر در *Q. leucotrichophora* به‌طور قابل توجهی جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه‌ها را تحت تأثیر قرار داد؛ به‌طوری‌که بذرهاي با اندازه بسیار بزرگ بیشترین جوانه‌زنی بذر را ثبت کردند (Pandey et al., 2017). بذرهاي تولید شده توسط گیاهان منفرد اغلب از نظر اندازه متفاوت هستند. به‌طور معمول، نهال‌هایی که بذرهاي بزرگ‌تر تولید می‌کنند نسبت به نهال‌های تولید شده توسط بذرهاي کوچک‌تر شانس بیشتری برای استقرار و بقا دارند. با این حال، بذرهاي بزرگ‌تر نیز به‌دلیل محتوای کالری (Urbietta et al., 2008) بیشتر توسط بذرخواران ترجیح داده می‌شوند.

پراکندگی بذر یک فرآیند کلیدی است که بر جمعیت و استقرار گیاه تأثیر می‌گذارد (Herrera et al., 2008).

گونه‌های بلوط پراکندگی بسیار طولانی در سطح جهان دارند و از گونه‌های با بذر سنگین و درشت محسوب می‌شوند. استقرار موفقیت‌آمیز بلوط به دلیل رقابت گونه‌ها، تنش‌های محیطی و محدودیت‌های بیولوژیکی بذرها، مشکل‌ساز است. گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) در طول رشته کوه‌های زاگرس پراکندگی و گسترش وسیعی دارد و از گونه‌های با اهمیت در جنگل‌های زاگرس است که نقش مهمی در حفظ و بهبود آب و خاک و معیشت مردمان این ناحیه دارد. شناخت هرچه بیشتر این گونه سبب ایجاد اطلاعات مفید در استقرار آن و تقویت پوشش گیاهی منطقه خواهد شد.

این گونه در تمام جهات، عرض‌های جغرافیایی و ارتفاعات کوه‌های زاگرس گسترش دارد؛ از این‌رو، تنوع زیادی از نظر فنوتیپی و ژنتیکی در این نواحی دارد (Karimi Hajii Pamogh et al., 2012)، اما در اثر تخریب‌های بی‌رویه از فرم دانه‌زاد به فرم شاخه‌زاد تبدیل شده است و تنها در مناطق سخت‌گذر و عوارض طبیعی فرم دانه‌زاد آن باقی مانده است (Amiri et al., 2024). همچنین با توجه به اینکه با کاهش عرض جغرافیایی، مقدار خشکی این جنگل‌ها افزایش می‌یابد و از آنجا که تجدید حیات طبیعی مانند مباحث بنیادین و مهم در علم جنگل‌شناسی به‌شمار می‌رود و یکی از دغدغه‌های اصلی جنگلبانان، استقرار تجدید حیات در بستر جنگل است، در واقع ساختار توده‌های جنگلی به نحوه استقرار و روابط دورنی درختان زنده و محیط اطراف اشاره دارد (Henareh et al., 2024).

در این میان، بذر به‌عنوان یکی از راه‌های تکثیر این گونه اهمیت زیادی در استقرار و زنده‌مانی نهال‌ها در این ناحیه دارد و وجود مشکلاتی مانند مصرف‌کننده بذر، تجزیه‌کننده‌ها و شرایط نامساعد مانند کمبود نور و خشکی خاک، همچنین عدم شناخت روابط اندازه

بذر و شکارچیان بلوط و ترکیبات شیمیایی بذر، تجدید حیات طبیعی را در معرض آسیب قرار می‌دهد. ارتباط متقابل صفات بذر با عوامل محیطی زیستی و غیرزیستی تأثیرات قابل‌توجهی بر سرنوشت بذر دارد. صفات بذر حتی در یک گونه یکنواخت نیست و تغییرات درون‌گونه‌ای زیادی در برخی از صفات بذر گزارش شده است. تعدادی از بررسی‌های قبلی اندازه بذر را مستند کرده و اثرات آن را بر سرنوشت بذر بر اساس تنوع درون‌گونه‌ای بررسی کرده‌اند (Gómez, 2004).

از این‌رو، شناخت مبداهایی از بذر که قدرت استقرار بالایی داشته باشند، نقش بسزایی در استقرار بذر خواهد داشت. بنابراین شناخت ارتباط اندازه بذر با عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا و روند تغییرات اندازه بذر در گرادیان ارتفاع و عرض جغرافیایی ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، چهار رویشگاه گونه بلوط ایرانی در عرض‌های جغرافیایی مختلف شامل جنگل-های آرموده در شهرستان بانه در استان کردستان، رویشگاه چوار از توابع شهرستان ایلام در استان ایلام، رویشگاه چکنی در شهرستان چکنی در استان لرستان و رویشگاه سی‌سخت نیز در شمال یاسوج واقع در استان کهیلویه و بویراحمد انتخاب شدند (جدول ۱).

بعد از جنگل‌گردشی در سطح زاگرس و بر اساس تقسیم‌بندی (زاگرس شمالی، مرکزی و جنوبی)، پروونانس‌ها انتخاب شدند. در هر پروونانس ۱۲ پایه با قطر یکسان (۳۰-۴۰ سانتی‌متر) و با رعایت فاصله در حدود ۱۰۰ متر (به‌دلیل اجتناب از قرابت ژنتیکی)، به‌صورت تصادفی و روی خط‌نمونه انتخاب شدند. موقعیت جغرافیایی پایه‌های انتخاب شده با موقعیت مکانی جهانی GPS ثبت شد. سپس از هر درخت

حدود یک کیلوگرم بذر رسیده در همه جهات تاج به- آوری شد (Alvaninejad et al., 2010; Zolfaghari
صورت کاملاً تصادفی در اوایل آذر ماه ۱۴۰۱ جمع- et al., 2012; Mataji et al., 2016).

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی رویشگاه‌های جنگلی مورد بررسی

Table 1. Geographical location of studied forest sites

رویشگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
Habitat	Latitude	Longitude	Height above sea level (m)
بانه	35° 58' 58" N	45° 51' 21" E	1300-1750
Baneh			
چوار ایلام	33° 38' 49" N	46° 19' 44" E	1000-1400
Chavar of Ilam			
چکنی خرم‌آباد	33° 31' 11" N	48° 10' 29" E	1000-1300
Chekeni of Khorramabad			
سی سخت یاسوج	30° 51' 37" N	51° 27' 36" E	1400-2100
Sisakht of yasuj			

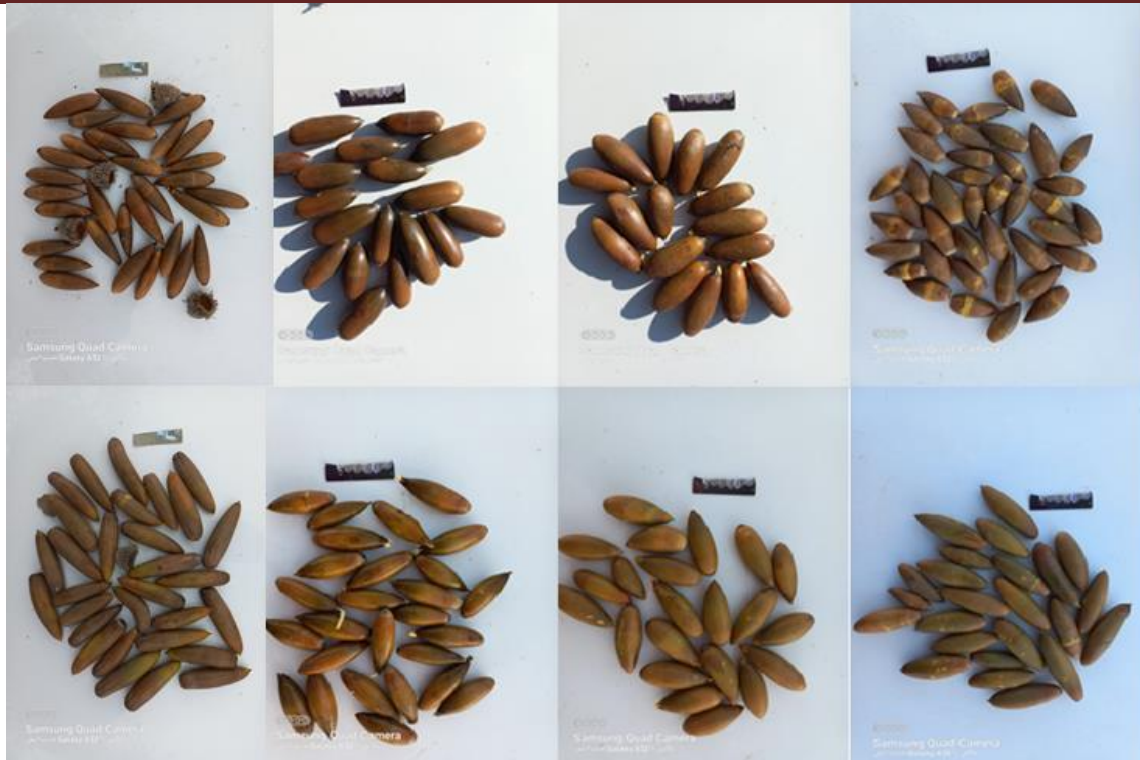
صفات مورفولوژیک بذر پروونانس‌های مختلف و مقدار تاثیر عوامل مختلف با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون دانکن (در سطح ۰/۰۵) انجام شد. اثر ساده پروونانس (طول و عرض جغرافیایی) و ارتفاع از سطح دریا بدون توجه به پروونانس با استفاده از داده‌های بذر درختان مادری و به کمک مدل‌های خطی ساده ذیل با ثابت فرض کردن متغیر پروونانس (طول و عرض جغرافیایی) و ارتفاع بررسی شد و از همبستگی پیرسون برای مقدار همبستگی طول، عرض جغرافیایی و ارتفاعات مختلف استفاده شد.

$$Y_{ij} = \mu + Pri + e_{ijk} \quad \text{مدل ۱}$$

$$Y_{ij} = \mu + Alti + e_{ijk} \quad \text{مدل ۲}$$

در مدل ۱ و ۲، μ معرف میانگین کل بذر درختان مادری در صفت موردنظر، Pri اثر پروونانس‌ها، $Alti$ اثر ارتفاعات و e_{ijk} خطای کل مدل‌ها هستند.

اندازه‌گیری بذرهای پس از اسکن، با دوربین Samsung Quad Camera Galaxy A32 تصویربرداری شد (شکل ۱) و در نرم‌افزار Image J اندازه‌گیری انجام گرفت (Schneider et al., 2012). مشخصات مورفولوژیک بذر شامل طول بذر، قطر بذر، دانسیته محتوای بذر (تعداد پیکسل‌ها در طول بذر)، قطر در هشت میلی‌متری نوک بذر، قطر ناف بذر (دایره‌ی موجود در زیر بذر)، مساحت سطح مقطع طولی، محیط طولی بذر، نسبت طول به قطر بذر، حجم بذر، نسبت محیط به قطر بذر، نسبت محیط به طول بذر، نسبت دانسیته محتوای بذر به طول بذر، نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر، برای ۲۰ عدد بذر از هر پایه اندازه‌گیری شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون Kolmogorov-Smirnov یک نمونه‌ای بررسی شد. سپس مقایسه



شکل ۱- نمونه‌هایی از اسکن بذرهای رویشگاه‌های مختلف زاگرس
Figure 1. Samples from the scanning of seeds from different habitats of Zagros

تجزیه تابع تشخیص

برای شناسایی تفکیک پرووانس و ارتفاعات مختلف از تجزیه تابع تشخیص در صفات بذر استفاده شد و این توابع بر اساس آزمون Wilks lambda و کای اسکوار مورد آزمون قرار گرفتند. تمام این آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 19 انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس و مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک بذر

نتایج حاکی از آن است که تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های اندازه‌گیری شده در پرووانس‌های مختلف وجود دارد؛ به‌طوری که پرووانس بانه در پارامترهای قطر بذر، دانسیته محتوای بذر، قطر در هشت میلی‌متری نوک بذر، قطر ناف بذر، نسبت محیط به طول بذر و

نسبت دانسیته بذر به طول بذر بیشترین مقدار را دارد. پرووانس چکنی خرم‌آباد در شاخص‌های طول بذر، محیط دور بذر، نسبت طول به قطر بذر و نسبت محیط به قطر بذر بیشترین مقدار را داشت (جدول ۲).

نتایج تجزیه تابع تشخیص پرووانس‌های مختلف بر اساس صفات مورفولوژیک بذر

نتایج نشان داد که این پرووانس‌ها بر اساس سه تابع از هم جدا می‌شوند. به‌طوری که بیشترین درصد واریانس به تابع اول با ۷۴/۶ درصد و تابع‌های دیگر به ترتیب ۱۳/۸ و ۱۱/۶ درصد از هم تفکیک می‌شوند؛ به‌طوری که دو تابع اول در مجموع ۸۸/۴ درصد را شامل می‌شوند (جدول ۳). این توابع بر اساس آزمون Wilks lambda به‌طور معنی‌داری تفاوت دارند (جدول ۴).

جدول ۲- آنالیز واریانس و مقایسه میانگین رویشگاه‌های مختلف

Table 2. Analysis of variance and mean comparison of different habitats

منبع تغییرات Source of variations				%CVtotal	df	P	F	MS	صفات مورفولوژی بذر
سی سخت Sisakht	چکنی Chekni	چوار Chavar	بانه Baneh						Seed morphology traits
49.04 ^b	56713 ^a	49.95 ^b	48.68 ^b	15.95	1180	0.000	76.07	4275.86	طول بذر (میلی‌متر) Seed length (mm)
18.10 ^b	17.14 ^c	16.51 ^d	22.45 ^a	18.36	1180	0.000	241.08	1664.63	قطر بذر (میلی‌متر) Seed diameter (mm)
220.40 ^d	274.37 ^c	290.40 ^b	313.300 ^a	29.90	1180	0.000	82.69	448332.07	دانشیه محتوای بذر Seed content density
10.99 ^b	10.69 ^b	10.92 ^b	16.00 ^a	23.52	1180	0.000	382.98	1488.54	قطر در هشت میلی‌متری ابتدایی نوک بذر (میلی‌متر) Diameter in the first eight millimeters of the tip of the seed (mm)
6.94 ^b	6.62 ^b	6.72	10.97 ^a	31.65	11180	0.000	322.25	999.03	قطر ناف بذر (میلی‌متر) Seed navel diameter (mm)
695.90 ^b	759.47 ^b	10350.82 ^a	875.52 ^b	24.62	1135	0.000	382.98	1488.54	مساحت سطح مقطع طولی بذر (میلی‌متر مربع) longitudinal cross-sectional area of the seed (mm ²)
112.95 ^c	126.03 ^a	112.90 ^c	117.84 ^b	14.11	1180	0.000	50.05	12180.29	محیط طولی بذر (میلی‌متر) Longitudinal perimeter of the seed (mm)
2.74 ^c	3.33 ^a	3.07 ^b	2.20 ^d	21.01	1180	0.000	264.62	58.81	نسبت طول به قطر بذر ratio of length to Seed diameter
12949.82 ^b	13204.83 ^b	160578.75 ^a	20124.74 ^b	39.12	1124	0.000	15.34	1.71	حجم بذر (میلی‌متر مکعب) Seed volume (mm ³)
6.31 ^c	7.40 ^a	6.93 ^b	5.30 ^d	17.95	1180	0.000	225.00	201.74	نسبت محیط به قطر بذر Surrounding ratio Seed diameter
2.31 ^b	2.22 ^d	2.27 ^c	2.43 ^a	7.34	1180	0.000	75.10	1.80	نسبت محیط به طول بذر Surrounding ratio Seeding length
4.47 ^d	4.80 ^c	5.82 ^b	6.38 ^a	25.80	1180	0.000	161.14	212.31	نسبت دانشیه محتوای بذر به طول بذر Density ratio of seed content to seed length
12.37 ^d	16.10 ^b	17.95 ^a	13.97 ^c	32.32	1180	0.000	99.006	1919.11	نسبت دانشیه محتوای بذر به قطر بذر The ratio of seed content density to seed diameter

F: آزمون فیشر، P: سطح احتمال، حروف مشابه در ردیف نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری (۰/۰۵) بین میانگین‌هاست.

F: Fisher's F test, P: probability level, similar letters in the row indicate the absence of significant difference (0.05) between the means.

جدول ۳- مقادیر ویژه، درصد و درصد واریانس تجمیعی تابع تشخیص پروونانس‌ها

Table 3. Eigenvalues, percentages and aggregated variance percentages of provenance discriminant function

تابع Function	ارزش ویژه Special value	درصد واریانس Percent variance	درصد واریانس تجمیعی Cumulative variance percentage	همبستگی متعارف Conventional correlation
1	1.892 ^a	74.6	74.6	0.809
2	0.350 ^a	13.8	88.4	0.509
3	0.293 ^a	11.6	100	0.476

a: هر سه تابع متعارف در تشخیص و تجزیه و تحلیل استفاده شد.

a: All three conventional functions were used for detection and analysis.

جدول ۴- آزمون Wilks lambda و کای اسکوار توابع تشخیص پروونانس‌ها

Table 4. Wilks lambda and chi-square test for discriminant functions of provenances

آزمون توابع Test functions	Wilks lambda	Chi-square	df	Sig.
۱ با ۳ 1 with 3	0.198	1901.355	39	0.000
۲ با ۳ 2 with 3	0.573	654.295	24	0.000
۳ 3	0.774	301.608	11	0.000

تجزیه و تحلیل تابع تشخیص براساس سه تابعی
که پروونانس‌های مختلف را از هم جدا کردند که هر کدام ضرابی از صفات مورفولوژی بذر را به خود گرفته‌اند (روابط ۱-۳).

رابطه (۱) $Y = 0.20IND - 0.238L + 0.188N + 0.184W + 0.309WI + 2.821LW + 0.429PW - 2.169PL + 0.789INDL - 0.521INDW - 3.887$

رابطه (۲) $Y = -0.002IND + 0.118L - 0.136N - 0.212W + 0.213WI - 0.056P - 1.087LW + 0.015PW + 2.226PL + 0.031INDL + 0.248INDW - 2.378$

رابطه (۳) $Y = -0.010IND - 0.028L + 0.109N - 0.304W + 0.088WI + 0.097P + 10.243LW - 2.784PW + 3.753PL + 2.769INDL - 0.791INDW - 26.027$

IND = دانسیته محتوای بذر، L = طول بذر، N = قطر ناف، W = قطر بذر، WI = قطر بذر در هشت میلی متری ناف، LW = نسبت طول به محیط بذر به قطر بذر، INDL = نسبت دانسیته محتوای بذر به طول بذر، INDW = نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر
نوک بذر (۰/۷۱۰)، قطر ناف (۰/۶۴۸)، قطر بذر (۰/۵۲۵) و نسبت محیط به طول بذر (۰/۲۹۴) بود و در تابع دوم بیشترین همبستگی مثبت مربوط به: نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر (۰/۷۴۲)، نسبت دانسیته محتوای بذر به طول بذر (۰/۶۸۳)، مساحت سطح مقطع طولی بذر (۰/۳۳۶) و حجم بذر (۰/۳۲۴) بود. در تابع سوم بیشترین همبستگی مثبت مربوط به: طول بذر (۰/۶۹۳)، نسبت طول به قطر بذر (۰/۶۴۴)، محیط بذر

جدول ۵- ساختار ماتریس و همبستگی صفات بذر با توابع تشخیص پروونانس‌ها

Table 5. Matrix structure and correlation of seed traits with discriminant functions

توابع تشخیص discriminant functions			صفات Characteristics
3	2	1	
0.148	-0.201	0.710*	قطر در هشت میلی‌متری ابتدایی نوک بذر (میلی‌متر) Diameter in the first eight millimeters of the tip of the seed (mm)
0.119	-0.24	0.648*	قطر ناف بذر (میلی‌متر) Seed navel diameter (mm)
0.015	-0.509	0.525*	قطر بذر (میلی‌متر) Seed diameter (mm)
-0.272	-0.134	0.294*	نسبت محیط بذر به طول بذر The ratio of seed circumference to seed length
0.404	0.742*	-0.077	نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر The ratio of seed content density to seed diameter
0.157	0.683*	0.356	نسبت دانسیته محتوای بذر به طول بذر The ratio of seed content density to seed length
-0.079	0.336*	-0.019	مساحت سطح مقطع طولی (میلی‌متر مربع) Longitudinal cross-sectional area (mm ²)
-0.077	0.324*	-0.014	حجم بذر (میلی‌متر مکعب) Seed volume (mm ³)
0.693*	-0.105	-0.161	طول بذر (میلی‌متر) Seed length (mm)
0.644*	0.36	-0.517	نسبت طول به قطر بذر ratio of length to Seed diameter
0.621*	-0.189	-0.032	محیط طولی بذر (میلی‌متر) Longitudinal cross-sectional perimeter (mm)
0.585*	0.344	-0.477	محیط طولی بذر به قطر بذر (میلی‌متر) Longitudinal perimeter of seed-to-seed diameter (mm)
0.468*	0.459	0.196	دانسیته محتوای بذر Seed content density

ضرایب تابع تشخیص پروونانس‌های مختلف بر مورفولوژیک ذکر شده دارند و می‌توان براساس این اساس صفات بذر در (جدول ۶) آمده است. هر یک از توابع پروونانس‌های مختلف را از هم تفکیک کرد پروونانس‌ها ضرایب مشخصی از نظر صفات (توابع تفکیک خطی فیشر).

جدول ۶- ضرایب تابع تشخیص پروونانس‌های مختلف بر اساس صفات بذر

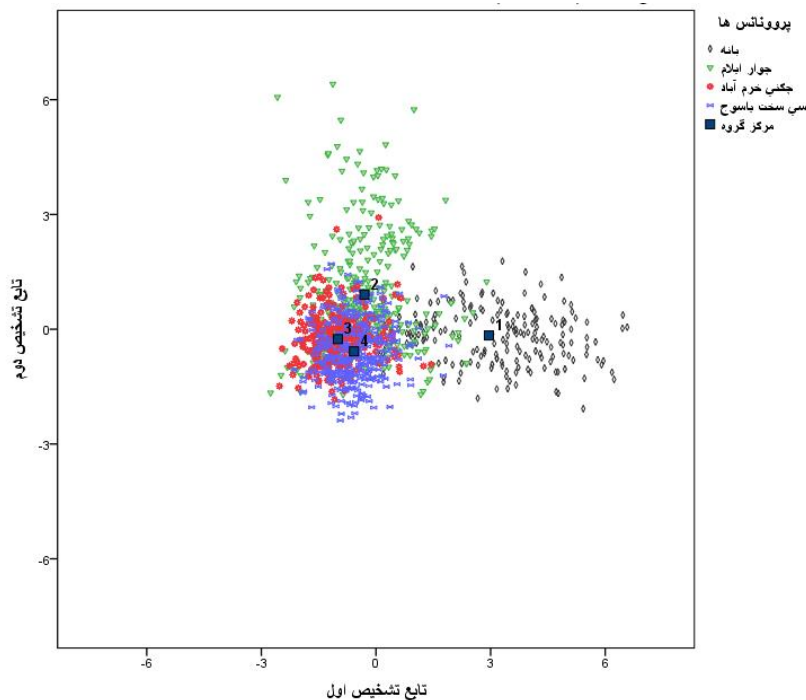
Table 6. Coefficients of different provenances discriminant function based on seed characteristics

پروونانس‌ها Provenances				صفات Characteristics
سی سخت Sisakht	چکنی Chekni	چوار Chavar	بانه Baneh	
-1.185	-1.208	-1.187	-1.122	دانسیتة محتوای بذر Seed content density
137.523	137.622	137.62	136.71	طول بذر (میلی‌متر) Seed length (mm)
-6.867	-6.835	-6.968	-6.171	قطر ناف بذر (میلی‌متر) Seed navel diameter (mm)
37.306	36.726	36.902	37.622	قطر بذر (میلی‌متر) Seed diameter (mm)
-6.169	-6.106	-5.729	-4.92	قطر در هشت میلی‌متری ابتدایی نوک بذر (میلی‌متر) Diameter in the first eight millimeters of the tip of the seed (mm)
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	مساحت سطح مقطع طولی (میلی‌متر مربع) Longitudinal cross-sectional area (mm ²)
-61.803	-61.682	-61.842	-61.749	محیط طولی بذر (میلی‌متر) Longitudinal cross-sectional perimeter (mm)
5.60E-05	5.72E-05	5.80E-05	5.49E-05	حجم بذر (میلی‌متر مکعب) Seed voume (mm ³)
308.051	321.13	311.942	325.88	نسبت طول به قطر بذر ratio of length to Seed diameter
24.028	19.868	22.836	23.275	محیط طولی بذر به قطر بذر (میلی‌متر) Longitudinal perimeter of seed-to-seed diameter (mm)
3044.425	3051.414	3048.871	3040.741	نسبت محیط بذر به طول بذر The ratio of seed perimeter to seed length
142.091	145.72	143.631	147.138	نسبت دانسیته محتوای بذر به طول بذر The ratio of seed content density to seed length
-29.416	-30.246	-29.557	-31.797	نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر The ratio of seed content density to seed diameter
-4187.068	-4223.635	-4203.617	-4226.78	ثابت Fxed

و نسبت محیط به طول بذر نسبت به پروونانس‌های دیگر نشان می‌دهد. به‌طوری‌که پروونانس بانه با استفاده از تابع تشخیص اول بیشتر قابل تشخیص است. اما پروونانس‌های چوار ایلام، چکنی خرم‌آباد و سی سخت یاسوج فاصله کمتری نسبت به تابع اول دارند و با

دو تابع که در مجموع ۸۸ درصد از واریانس صفات مختلف را شامل می‌شود، پروونانس‌های مختلف را از هم تفکیک کرده است (شکل ۲). به‌طوری‌که بذور با مبداء بانه تفاوت‌های بیشتری را از نظر صفات صفات قطر در هشت میلی‌متری نوک بذر، قطر ناف، قطر بذر

استفاده از تابع تشخیص دوم بیشتر قابل تشخیص هستند.



شکل ۲- تمایز پرووانس‌های مختلف براساس توابع تشخیص صفات بذر

Figure 2. Differentiating different provenances based on seed trait discriminant functions

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس ارتفاعات مختلف
نتایج حاکی از آن است که تفاوت معنی‌داری در پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در ارتفاعات مختلف وجود دارد؛ به‌طوری که ارتفاع پایین ۱۰۰۰-۱۲۶۰ در شاخص‌های طول بذر، محیط طولی بذر، نسبت طول به قطر بذر، نسبت محیط به قطری بذر، بیشترین مقدار را دارد. ارتفاع ۱۲۶۰-۱۵۴۰ در پارامترهای مساحت، دانسیته محتوای بذر، مساحت سطح مقطع طولی بذر، نسبت دانسیته بذر به طول و قطر بذر بیشترین مقدار را داشت (جدول ۸).

تمایز پرووانس‌های تفکیک شده نسبت به عملکرد توابع (جدول ۷) نشان داد که در تابع اول پرووانس بانه بیشترین تمایز مثبت ۲/۹۵۶ و پرووانس چکنی خرم‌آباد بیشترین تمایز منفی ۰/۹۹۸- را دارد و در تابع دوم پرووانس چوار ایلام بیشترین تمایز مثبت ۰/۹۰۵ و پرووانس سی‌سخت یاسوج بیشترین تمایز منفی ۰/۵۷۵- را دارند. همچنین مرکز پرووانس‌ها در تابع سوم بیشترین تمایز مثبت ۰/۷۸۱ را پرووانس چکنی خرم‌آباد و بیشترین تمایز منفی را پرووانس سی‌سخت یاسوج دارند.

جدول ۷- مراکز صفات بذر در پروونانس‌های مختلف بر اساس توابع تشخیص

Table 7. Centers of seed traits in different provenances based on discriminant functions

تابع Function			پروونانس‌ها Provenances
3	2	1	
0.166	-0.162	2.956	بانه Baneh
-0.184	0.905	-0.302	چوار Chavar
0.781	-0.257	-0.998	چکنی Chekni
-0.646	-0.578	-0.575	سی‌سخت Sisakht

توابع متمایز متعارف غیراستاندارد با میانگین گروهی ارزیابی شدند.

Non-standard canonical discriminant functions were evaluated with group mean

جدول ۸- آنالیز واریانس و مقایسه میانگین ارتفاعات مختلف

Table 8. Analysis of variance and comparison of the mean of different altitudes

1800-2100	1540-1800	1260-1540	1000-1260	P	F	MS	صفات مورفولوژی بذر Seed morphology traits
47.15 ^d	48.80 ^c	51.57 ^a	53.93 ^a	0.000	42.245	2558.912	طول بذر (میلی‌متر) Seed length (mm)
17.93 ^b	20.91 ^a	17.14 ^c	17.15 ^c	0.000	111.405	966.849	قطر بذر (میلی‌متر) Seed diameter (mm)
221.466 ^d	260.234 ^c	297.027 ^a	276.96 ^b	0.000	34.510	208173.554	دانشسته محتوای بذر Seed content density
10.78 ^c	13.91 ^a	11.28 ^b	11.06 ^{bc}	0.000	93.566	579.826	قطر در هشت میلی‌متری ابتدایی نوک بذر (میلی‌متر) Diameter in the first eight millimeters of the tip of the seed (mm)
6.94 ^{bc}	9.36 ^a	7.19 ^b	6.72 ^c	0.000	98.595	444.634	قطر ناف بذر (میلی‌متر) Seed navel diameter (mm)
665.74 ^b	808.08 ^b	12166.99 ^a	726.30 ^b	0.000	21.344	9.4173	مساحت سطح مقطع بذر (میلی‌متر مربع) The cross-sectional area of the seed (mm ²)
109.32 ^c	116.01 ^b	116.58 ^b	121.006 ^a	0.000	21.639	5625.669	محیط طولی بذر (میلی‌متر) Longitudinal perimeter of the seed (mm)
2.65 ^c	2.39 ^d	3.06 ^b	3.18 ^a	0.000	161.124	58.81	نسبت طول به قطر بذر ratio of length to Seed diameter
12294.85 ^b	17581.52 ^b	189054.74 ^a	12743.56 ^b	0.000	20.019	2.208	حجم بذر (میلی‌متر مکعب) Seed volume (mm ³)

F: آزمون فیشر، P: سطح احتمال، حروف مشابه در ردیف نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری (۰/۰۵) بین میانگین‌هاست.

F: Fisher's F test, P: probability level, similar letters in a row indicate no significant difference (0.05) between the means.

ادامه جدول ۸

Continued table 8.

1800-2100	1540-1800	1260-1540	1000-1260	P	F	MS	صفات مورفولوژی بذر Seed morphology traits
5.65 ^d	6.15 ^c	6.92 ^b	7.13 ^a	0.000	142.894	147.740	نسبت محیط به قطر بذر Perimeter ratio to Seed diameter
2.32 ^b	2.38 ^a	2.27 ^c	2.25 ^c	0.000	44.819	1.150	نسبت محیط به طول بذر Perimeter ratio to seeding length
4.71 ^c	5.26 ^b	5.85 ^a	5.11 ^b	0.000	30.316	52.278	نسبت دانسیته محتوای بذر به طول Density ratio of seed content to length
12.56 ^c	12.30 ^c	17.77 ^a	16.30 ^b	0.000	101.897	1963.621	نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر The ratio of seed content density to seed diameter

F: آزمون فیشر، P: سطح احتمال، حروف مشابه در ردیف نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی داری (۰/۰۵) بین میانگین هاست.

F: Fisher's F test, P: probability level, similar letters in a row indicate no significant difference (0.05) between the means.

نتایج تجزیه و تحلیل تابع تشخیص ارتفاعات مختلف
نتایج حاکی از آن است که ارتفاعات مختلف براساس
سه تابع از هم جدا می شوند؛ به طوری که بیشترین درصد
واریانس به تابع اول با ۶۹/۱ درصد و تابع های دیگر
به ترتیب با ۱۶/۸ و ۱۴/۱ درصد از هم تفکیک می شوند،
به طوری که دو تابع اول در مجموع ۸۵/۹ درصد را شامل
می شوند (جدول ۹) این توابع بر اساس آزمون Wilks
lambda به طور معنی داری تفاوت دارند (جدول ۱۰).

جدول ۹- مقادیر ویژه، درصد و درصد واریانس تجمیعی تابع تشخیص ارتفاعات مختلف

Table 9. Eigenvalues, percentages and cumulative variance percentages of discriminant function of different altitude

همبستگی متعارف Conventional correlation	درصد واریانس تجمیعی Cumulative variance percentage	درصد واریانس Variance percentage	مقادیر ویژه Eigenvalues	تابع Function
0.613	69.1	69.1	0.602 ^a	1
0.357	85.9	16.8	0.146 ^a	2
0.331	100.0	14.1	0.123 ^a	3

a: هر سه تابع متعارف در تشخیص و تجزیه و تحلیل استفاده شد.

a: All three conventional functions were used for discriminant and analysis.

جدول ۱۰- آزمون Wilks lambda و کای اسکوار توابع تشخیص ارتفاعات مختلف

Table 4. Wilks lambda and Chi-Square tests for discriminant functions of different altitudes

Sig.	df	Chi-square	Wilks lambda	آزمون توابع Test functions
0.000	39	850.401	0.485	۱ با ۳ 1 with 3
0.000	24	296.754	0.777	۲ با ۳ 2 with 3
0.000	11	136.264	0.890	3

تجزیه و تحلیل تابع تشخیص بر اساس سه تابعی
ضرایبی از صفات مورفولوژی بذر را به خود گرفته‌اند،
که ارتفاعات مختلف را از هم جدا کردند و هر کدام
در روابط چهار و پنج آمده است.

$$Y = -0.023IND + 0.299L - 0.147N - 0.500W + 0.069WI - 0.007P - 0.212LW - 0.394PW + 1.751PL + 1.565INDL - 0.044INDW - 7.224 \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$Y = -0.029IND + 0.039L + 0.102N + 0.111W + 0.149WI + 0.012P - 0.467LW + 0.669PW - 3.226604PL + 1.565INDL + 0.011INDW - 4.758 \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$Y = 0.028IND - 0.247L + 0.015N - 0.304114W + 0.299WI + 0.059P + 11.169LW - 3.384PW + 7.381PL - 0.183INDL - 0.471INDW - 22.298 \quad \text{رابطه (۶)}$$

IND = دانسیته محتوای بذر، L = طول بذر، N = قطر ناف، W = قطر بذر، WI = قطر بذر در هشت میلی - متری نوک بذر، LW = نسبت طول به قطر بذر، P = محیط دور بذر، PW = نسبت محیط بذر به قطر بذر، INDL = نسبت دانسیته محتوای بذر به طول بذر، INDW = نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر.
مقدار همبستگی صفات بذور ارتفاعات مختلف با ساختار ماتریکس توابع نشان می‌دهد که بیشترین همبستگی معنی‌دار در تابع اول که بیشترین درصد از تشخیص ارتفاع‌ها را داشت به ترتیب مربوط به صفات نسبت طول به قطر بذر (۰/۸۰۵) و نسبت محیط به قطر بذر (۰/۷۵۹)، قطر بذر (۰/۶۶۱)، نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر (۰/۶۱۸)، قطر ناف (۰/۵۷۲)،

قطر بذر در هشت میلی‌متری نوک بذر (۰/۵۳۷)، نسبت محیط بذر به طول بذر (۰/۴۲۷) است و در تابع دوم بیشترین همبستگی مربوط به نسبت دانسیته محتوای بذر به طول بذر (۰/۶۸۴)، مساحت سطح مقطع بذر (۰/۵۰۶)، حجم بذر (۰/۴۹۶) و دانسیته محتوای بذر (۰/۴۷۶) است. در تابع سوم بیشترین همبستگی مثبت مربوط به محیط بذر (۰/۵۷۹) و طول بذر (۰/۵۷۱) است (جدول ۱۱).

ضرایب تابع تشخیص ارتفاع‌های مختلف بر اساس صفات بذر در (جدول ۱۲) آمده است. هر یک از ارتفاع‌ها ضرایب مشخصی از نظر صفات مورفولوژیک ذکر شده دارند و می‌توان براساس این توابع ارتفاع‌های مختلف را از هم تفکیک کرد (مدل خطی فیشر).

جدول ۱۱- ساختار ماتریکس و همبستگی صفات بذر با توابع تشخیص ارتفاعات مختلف

Table 11. Matrix structure and correlation of seed traits with discriminant functions of different altitudes

تابع Function			صفات Characteristics
3	2	1	
0.317	-0.219	0.805*	نسبت طول به قطر بذر Seed length to diameter ratio
0.282	-0.204	0.759*	محیط طولی بذر به قطر بذر Longitudinal perimeter of the seed to the diameter of the seed
0.296	0.257	-0.661*	قطر بذر (میلی‌متر) Seed diameter (mm)
0.209	0.403	0.618*	نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر The ratio of seed content density to seed diameter

ادامه جدول ۱۱.

Continued table 11.

تابع Function			صفات Characteristics
3	2	1	
0.331	0.522	-0.572*	قطر ناف بذر (میلی متر) Seed navel diameter (mm)
0.523	0.457	-0.537*	قطر در هشت میلی متری ابتدایی نوک بذر (میلی متر) Diameter in the first eight millimeters of the tip of the seed (mm)
-0.075	0.154	-0.427*	نسبت محیط به طول بذر Perimeter ratio Seeding length
0.080	0.684*	0.114	نسبت دانسیته محتوای بذر به طول Density ratio of seed content to length
-0.205	0.506*	0.139	مساحت سطح مقطع بذر (میلی متر مربع) The cross-sectional area of the seed (mm ²)
-0.197	0.496*	0.130	حجم بذر (میلی متر مکعب) Seed volume (mm ³)
0.405	0.476*	0.239	دانسیته محتوای بذر Seed content density
0.579*	-0.040	0.150	محیط طولی بذر (میلی متر) Longitudinal perimeter (mm)
0.571*	-0.107	0.330	طول بذر (میلی متر) Seed length (mm)

جدول ۱۲- ضرایب تابع تشخیص ارتفاعات مختلف بر اساس صفات بذر

Table 12. Discriminant function coefficients of different altitudes based on seed traits

ارتفاعات مختلف Different altitudes				صفات Characteristics
1800- 2100	1540- 1800	1260- 1540	1000- 1260	
-1.181	-1.152	-1.219	-1.179	دانسیته محتوای بذر Seed content density
138.411	137.943	138.626	138.442	طول بذر (میلی متر) Seed length (mm)
-8.100	-7.897	-8.144	-8.205	قطر ناف بذر (میلی متر) Seed navel diameter (mm)
37.226	37.606	36.745	36.665	قطر بذر (میلی متر) Seed diameter (mm)
-6.564	-6.234	-6.166	-6.169	قطر در هشت میلی متری ابتدایی نوک بذر (میلی متر) Diameter in the first eight millimeters of the tip of the seed (mm)
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	مساحت سطح مقطع طولی Longitudinal cross-sectional area

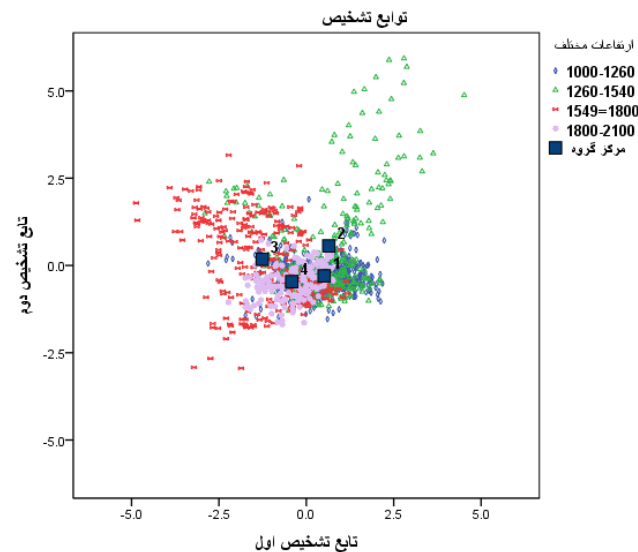
ادامه جدول ۱۲.

Continued table 12.

ارتفاعات مختلف				صفات
Different altitudes				Characteristics
1800- 2100	1540- 1800	1260- 1540	1000- 1260	
-62.228	-62.156	-62.189	-62.173	محیط طولی بذر (میلی متر) Longitudinal perimeter (mm)
5.965E-5	6.004E-5	6.135E-5	6.185E-5	حجم بذر (میلی متر مکعب) Seed volume (mm ³)
266.918	277.724	272.627	278.067	نسبت طول به قطر بذر ratio of length to Seed diameter
31.322	28.772	29.647	27.607	محیط طولی بذر به قطر بذر Longitudinal circumference of the seed to the diameter of the seed
3044.767	3048.205	3047.171	3053.342	نسبت محیط به طول بذر Surrounding ratio seeding length
129.560	129.219	132.960	131.123	نسبت دانسیته محتوای بذر به طول بذر The ratio of seed content density to seed length
-25.133	-25.550	-25.439	-25.654	نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر The ratio of seed content density to seed diameter
-4141.179	-4160.304	-4166.404	-4171.187	ثابت Fixed

مراکز ارتفاع‌های مختلف در شکل ۲، نسبت به عملکرد توابع که باعث تفکیک آنها شده‌اند در جدول ۶ آمده است. به‌طوری‌که مشخص هست در تابع اول ارتفاع میانی ۱۲۶۰-۱۵۴۰ بیشترین مقدار مثبت (۰/۶۴۳) و ارتفاع ۱۵۴۰-۱۸۰۰ بیشترین عملکرد منفی (۱/۲۵۹-) را دارد و در تابع دوم ارتفاع ۱۲۶۰-۱۵۴۰ بیشترین عملکرد مثبت (۰/۵۶۱) و ارتفاع ۱۸۰۰-۲۱۰۰ بیشترین عملکرد منفی (۰/۴۶۳-) را دارند. همچنین در تابع سوم بیشترین عملکرد مثبت (۰/۲۵۳) را ارتفاع ۱۲۶۰-۱۰۰۰ و بیشترین مقدار منفی را ارتفاع ۱۸۰۰-۲۱۰۰ دارند.

دو تابع که در مجموع ۸۵/۹ درصد از واریانس صفات مختلف را شامل می‌شود پرووانس‌های مختلف را از هم جدا کرده است (شکل ۳)، به‌طوری‌که بذور با مبداء ۱۲۶۰-۱۵۴۰ تفاوت‌های بیشتری را از نظر صفات نسبت طول به قطر، نسبت محیط به قطر بذر، قطر بذر، نسبت دانسیته محتوای بذر به قطر بذر، قطر ناف، قطر بذر در هشت میلی‌متری نوک بذر، نسبت محیط بذر به طول بذر نسبت به ارتفاع‌های دیگر نشان می‌دهد. به‌طوری‌که ارتفاع ۱۲۶۰-۱۵۴۰ با استفاده از تابع تشخیص اول بیشتر قابل تشخیص است.



شکل ۳- تمایز ارتفاعات مختلف بر اساس توابع تشخیص صفات بذر

Figure 3. Differentiating different heights based on seed trait discriminant functions

بحث

نتایج به دست آمده نشان داد که بین مبدهای بذر بلوط ایرانی (*Q. brantii*) واقع در عرض های جغرافیایی مختلف تفاوت معنی داری از نظر اندازه صفات مرفولوژی بذر وجود دارد (جدول ۲). به طوری که با کاهش عرض جغرافیایی طول بذر و نسبت طول به قطر بذر افزایش یافت اما قطر، دانسیته محتوای بذر در طول بذر، قطر ناف و قطر در هشت میلی متری نوک بذر، کاهش یافت. به طوری که پرووانس شمالی تر (بانه) در این شاخص های بذر بیشترین مقدار را دارند و تمایز آن ها از پرووانس های دیگر بسیار بیشتر است که نشان از شرایط متفاوت پرووانس بانه نسبت به پرووانس های دیگر دارد و صفات ذکر شده همبستگی بالایی با مقدار دانسیته محتوای بذر نشان می دهند. به شکلی که با افزایش قطر و قطر ناف بذر این مقدار افزایش و با افزایش طول بذر و نسبت طول به قطر بذر کاهش می یابد (شکل ۲). در واقع در پاسخ به شرایط محیطی تحت رشد آن، خود را سازگار کرده است یا این که در این پرووانس شاید به دلیل شرایط رقابت با دو گونه دیگر

و برای استقرار و بقا، نیازمند ذخیره بیشتر در این پرووانس باشد. از این رو، نیازمند است که محتوای بذر خود را با افزایش قطر و محتوای دانه بیشتر کند و منابع خود را در بذر ذخیره کنند تا در صورت لزوم از آن استفاده کنند (Leishman et al. 2000b) و این در ساختار جامعه این زیستگاه ضروری باشد که با بررسی Karimi hajii pamogh et al. (2014) که حاکی از آن بود پرووانس شمالی تر (عرض جغرافیایی بیشتر) به دلیل اندازه بزرگتر بذر در قطر و قطر ناف و وراثت پذیری بالا، درختان مادری نهال های بزرگتر و زنده مانده بهتری در پرووانس جنوبی (یاسوج) داشته اند هم خوانی دارد. استثناء از پرووانس بانه (به دلیل شرایط رقابتی با دو گونه دیگر)، پرووانس شمالی تر چوار ایلام نیز تمایز بیشتری نسبت به پرووانس های جنوبی تر (عرض جغرافیای کمتر) از نظر اندازه بذر را نشان می دهد؛ به طوری که دانسیته محتوای بذری و حجم بیشتری داشتند.

جدول ۱۴- میزان همبستگی صفات مورفولوژیک بذر در رویشگاه‌های مختلف

Table 14. Correlation rate of seed morphological traits in different habitats

نسبت دانسیته محتوای بذر به طول بذر The ratio of seed content density to seed length	نسبت محیط به طول بذر Surrounding ratio seedling length	نسبت محیط به قطر بذر The ratio of the medium to the diameter of the seed	نسبت طول به قطر بذر ratio of length to Seed diameter	حجم بذر (میلی متر مکعب) Seed volume (mm ³)	محیط بذر (میلی متر) Seed circumference (mm)	مساحت سطح مقطع طولی بذر (میلی متر مربع) Longitudinal cross-sectional area of the seed (mm ²)	قطر در هشت میلی متری ابتدای نوک بذر (میلی متر) Diameter in the first eight millimeters of the tip of the seed (mm)the seed (mm)	قطر بذر (میلی متر) Seed diameter (mm)	قطر ناف بذر (میلی متر) Seed navel diameter (mm)	طول بذر (میلی متر) Seed length (mm)	دانسیته محتوای بذر Seed content density	ارتفاع سطح دریا Altitude	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude
													عرض جغرافیایی Latitude	-0.188**
													ارتفاع از سطح دریا Altitude	1
											1	-0.330**	.412**	-0.043
														دانسیته محتوای بذر Seed content density
											1	.554**	-.368**	0.056
														طول بذر (میلی متر) Seed length (mm)
														قطر ناف بذر (میلی متر) Seed navel diameter (mm)
									1	0.02	.299**	.164**	.446**	-.085**
														قطر بذر (میلی متر) Seed diameter (mm)
								1	.739**	.162**	.239**	.242**	.307**	-.066*
														قطر در هشت میلی متری ابتدای نوک بذر (میلی متر) Diameter in the first eight millimeters of the tip of the seed (mm)
							1	.833**	.756**	.071*	.301**	.128**	.485**	-.077**
														مساحت سطح مقطع طولی بذر (میلی متر مربع)
						1	-.084**	-.099**	.062*	-0.007	-0.008	-0.053	0.038	-0.003

														Longitudinal cross-sectional area of the seed (mm ²)
														محیط بذر (میلی متر)
														Seed circumference (mm)
														حجم بذر (میلی متر مکعب)
														Seed volume (mm ³)
														نسبت طول به قطر بذر
														ratio of length to Seed diameter
														نسبت محیط به قطر بذر
														The ratio of the medium to the diameter of the seed
														نسبت محیط به طول بذر
														Surrounding ratio seeding length
														نسبت دانسیته محتوای بذر
														به طول بذر
														The ratio of seed content density to seed length
														نسبت دانسیته محتوای بذر
														به قطر بذر
														The ratio of seed content density to seed diameter

البته باید این را نیز ذکر کرد که با کاهش عرض جغرافیایی شرایط محیطی مانند خشکی و دوره رویش در زاگرس افزایش می‌یابد (Fatahi 1995) و نیز به دلیل افزایش دما و مقدار ساعات آفتابی، پراکنش نامناسب‌تر بارندگی نیز افزایش می‌یابد. و در این بررسی نیز با کاهش عرض جغرافیای طول بذر بلوط ایرانی افزایش می‌یابد. در بررسی بر روی *Pinus caribaea* نیز نشان داد که درختانی که در مناطق رویشی سخت‌تر و خشک‌تر با پراکنش بارندگی کمتر وجود دارند، بذرشان بلندتر می‌باشد (Salazar, 1983) و بررسی Zhang et al. (2017) برای ۱۲۶۵ گونه آنژیوسپرم نیز هر چند نشان داد که توده بذر با عرض جغرافیایی کاهش می‌یابد اما نشان داده‌اند که بیشتر متغیرهای آب و هوایی با توده بذر همبستگی مثبت دارند. الگوی جغرافیایی توده بذر در فصل رشد تحت تأثیر انرژی و در دسترس بودن آب قرار گرفته و تأثیر در دسترس بودن انرژی مهم‌تر بوده است. در این بررسی نیز با افزایش طول جغرافیایی صفات مثبت بذر کاهش می‌یابد. در بررسی Zheng et al. (2017) نیز همبستگی منفی ضعیفی بین اندازه بذر و حداکثر طول جغرافیایی مشاهده شده است. اما به طور کلی با نتایج بررسی‌های Moles and Westoby (2003, 2007) مبنی بر کاهش اندازه بذر و وزن بذر (محتوای بذر) با افزایش عرض جغرافیایی، هم‌خوانی ندارد. با این حال، اگر دانه‌های بزرگ‌تر در اندازه (و در نتیجه نهال‌های بزرگ‌تر) بهتر بتوانند بر برخی از خطرات محیطی غلبه کنند، احتمال بقای نهال‌های بزرگ‌تر ممکن است بر تعداد کوچک‌تر آنها مزیت داشته باشد. هر چند اطلاعات در زمینه، نسبت اندازه و فراوانی بذر، چگونگی پراکنندگی بذر و همچنین شکار و شکارچیان بذر در رویشگاه‌های مختلف گونه بلوط ایرانی بسیار اندک است.

از نظر ارتفاعی نیز ارتفاعات پایینی از ارتفاعات بالایی تمایز داشتند و تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. چرا که با افزایش ارتفاع از سطح دریا شاخص‌های اقلیمی تغییر می‌یابند که شامل کاهش فشار هوا، کاهش درجه حرارت و افزایش حداقل دما، افزایش تشعشع خورشیدی و تابش حرارتی در شب، حاصلخیزی خاک، سرعت باد، کاهش طول دوره رویش، افزایش اشعه B-UV است (Korner, 2007). به‌طوری که در این بررسی نیز با افزایش ارتفاع بیشتر شاخص‌های بذر و دانسیته محتوای بذر با روند کاهشی روبه‌رو بود و نتایج این بررسی با نتایج Karimi hajii pamogh et al (2012) در بررسی ارتفاعات مختلف مبدا نورآباد خرم‌آباد و بررسی‌های Fabbro and Korner (2004) مطابقت دارد چرا که با افزایش ارتفاع شرایط سخت‌تری در رویشگاه اتفاق می‌افتد و درختان نخواهند توانست بذرهای با محتوای بیشتر تولید کنند. هرچند لازم است که رابطه بین اندازه بذر و تأثیر بر اسقرار و بقا در زیستگاه را به‌طور مستقل و گسترده‌تر تجزیه و تحلیل کرد. چرا که گسترش این گونه در مناطق مختلف از نظر شرایط محیطی و جهات مختلف وجود دارد و باید بررسی شود که سرنوشت بذر در محیط طبیعی خود چگونه است و چه اندازه‌ای از بذر در این محیط‌ها می‌تواند بقا و استقرار خود را تأمین کنند، و همچنین از نظر دشمنان طبیعی و چگونگی پراکنندگی و ترکیبات شیمیایی درون بذر نیز بررسی شود؛ زیرا در بذرخواری، پراکنندگی و قدرت جوانه‌زنی بذر تأثیرگذار است (Mao et al., 2022). از این‌رو، با توجه به این بررسی که اندازه بذر در پرووانانس‌های شمالی و ارتفاعات پایین محتوای بذر بیشتری دارند به واسطه قطر (پهنا) بیشتر و نسبت طول به قطر کمتر می‌توانند در جنگل‌کاری‌ها نهال‌های بهتری تولید کنند. البته باید ذکر کرد که شاید این تغییرات

محلی و دشمنان طبیعی بذر باشد و لازم است از نظر ژنتیکی و فنولوژیکی و شرایط محیطی محدودکننده نیز بررسی شود.

References

- Alvaninejad, S.; Tabari, M.; Espahbodi, K.; Taghvaei, M.; Hamzpour, M., Morphology and germination characteristics of *Quercus brantii* Lindl. acorns in nursery. Iranian Journal of Forest and Poplar Research **2010**, 17(4), 523-533.
- Armstrong, D. P.; Westoby, M., Seedlings from large seeds tolerated defoliation better: a test using phylogenetically independent contrasts. *Ecology* **1993**, 74(4), 1092-1100.
- Amiri, P.; Soosani, J.; Naghavi, H., Investigating diameter-height models of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) in height forests of Middle Zagros. *Journal of Forest Research and Development* **2024**, 10(1), 19-38. (In Persian)
- Awasthi, P.; Karki, H.; Bargali, K. I. R. A. N.; Bargali, S. S., Germination and seedling growth of pulse crop (*Vigna* spp.) as affected by soil salt stress. *Current Agriculture Research Journal* **2016**, 4(2), 159-170.
- Baker, H. G., Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* **1972**, 53(6), 997-1010.
- Baraloto, C.; FORGET, P. M.; Goldberg, D. E., Seed mass, seedling size and neotropical tree seedling establishment. *Journal of Ecology* **2005**, 93(6), 1156-1166.
- Blionis, G. J.; Halley, J. M.; Vokou, D., Flowering phenology of *Campanula* on Mt Olynipos, Greece. *Ecography* **2001**, 24(6), 696-706.
- Castro, J., Seed mass versus seedling performance in Scots pine: a maternally dependent trait. *The New Phytologist* **1999**, 144(1), 153-161.
- Fatahi, M., The study of Zagros oak forests and the most important factors of its Destruction. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran **1995**. (In Persian)
- Gómez, J. M.; Schupp, E. W.; Jordano, P., Synzoochory: the ecological and evolutionary relevance of a dual interaction. *Biological Reviews* **2019**, 94(3), 874-902.
- Gómez, J. M.; Bigger is not always better: conflicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*. *Evolution* **2004**, 58: 71-80.

اندازه در پرووونانسها و ارتفاعات مختلف خود نوعی سازگاری ژنتیکی و محیطی با رویشگاههای خود باشند و یک استراتژیک رویشگاهی برای تطابق با شرایط

- Gross, K. L., Effects of seed size and growth form on seedling establishment of six monocarpic perennial plants. *The Journal of Ecology* **1984**, 369-387.
- Gunaga, RP.; Doddabasava, Vasudeva R., Influence of seed size on germination and seedling growth in Karnataka. *Journal of Agricultural Sciences* **2011**, 24: 415-416.
- Hammond, D. S.; Brown, V. K., Seed size of woody plants in relation to disturbance, dispersal, soil type in wet neotropical forests. *Ecology* **1995**, 76(8), 2544-2561.
- Henareh, J.; Bordbar, S.K.; Pourhashemi, M.; Ghasempour, S., Investigating the structure of degraded oak forest stands in Northern Zagros Forests (Piranshahr and Sardasht forests). *Journal of Forest Research and Development* **2024**, 6(4), 627-643. (In Persian)
- Herrera, C.M., Plant animal interactions: an evolutiona approach. Wiley **2002**.
- Herrera, C. M.; Jordano, P.; Lopez-Soria, L.; Amat, J. A., Recruitment of a mast-fruiting, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological monographs* **1994**, 64(3), 315-344.
- Karimi Hajipomagh, K.; Zolfaghari, R.; Alvaninejad, S.; Fayyaz, P., Effect of Seed Provenance and Mother Tree of *Quercus branti* Base on Primary Establishment in Yasuj. *Forest and Wood Products* **2014**, 66(4), 427-439. (In Persian)
- Karimi, K.; Zolfaghari, R.; Fayaz, P., 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* **2012**, 19(3), 127-141. (In Persian)
- Kelly, C. K.; Purvis, A., Seed size and establishment conditions in tropical trees: on the use of relatedness in determining ecological patterns. *Oecologia* **1993**, 94, 356-360.
- Körner, C., The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in ecology & evolution* **2007**, 22(11), 569-574.
- Krannitz, P. G.; Aarssen, L. W.; Dow, J. M., The effect of genetically based differences in seed

- size on seedling survival in *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae). *American Journal of Botany* **1991**, 78(3), 446-450.
- Larcher, W., Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants. *Plant biosystems* **2000**, 134(3), 279-295.
- Leishman, M. R.; Westoby, M., The role of large seed size in shaded conditions: experimental evidence. *Functional ecology* **1994a**, 205-214.
- Leishman, M. R.; Westoby, M., The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions--experimental evidence from semi-arid species. *Journal of Ecology* **1994b**, 249-258.
- Leishman, M. R.; Wright, I. J.; Moles, A. T.; Westoby, M., The evolutionary ecology of seed size. In *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* **2000**, 31-57). Wallingford UK: CABI publishing.
- Li, M.; Li, W.; Zhao, L., Identification of traits contributing to high and stable yields in different soybean varieties across three Chinese latitudes. *Frontiers in plant science* **2020**, 10, 455270.
- Lichti, N. I.; Steele, M. A.; Swihart, R. K., Seed fate and decision-making processes in scatter-hoarding rodents. *Biological Reviews* **2017**, 92(1), 474-504.
- Lichti, N. I.; Steele, M. A.; Zhang, H.; Swihart, R. K., Mast species composition alters seed fate in North American rodent-dispersed hardwoods. *Ecology* **2014**, 95(7), 1746-1758.
- Mao, P.; Kan, X.; Pang, Y.; Ni, R.; Cao, B.; Wang, K.; Dong, J., Effects of forest gap and seed size on germination and early seedling growth in *Quercus acutissima* plantation in Mount Tai, China. *Forests* **2022**, 13(7), 1025.
- Mataji, A.; Abdi, F.; Etemad, V.; Kiadaliri, H., Effects of seed origin on survival morphology and growth of Iranian oak (*Quercus brantii* Lindl.). *Iranian Journal of Forest* **2016**, 8(1), 11-22.
- McConnaughay, K. D. M.; Bazzaz, F. A., The relationship between gap size and performance of several colonizing annuals. *Ecology* **1987**, 68(2), 411-416.
- Mohammadi Alaghoz, R.; Darvishzadeh, R.; Alijanpour, A.; Razi, M., Assessment of relationship between morphological variability in sumac population and environmental variants by canonical correlation analysis. *Journal of Forest Research and Development* **2021**, 6(4): 627-643. (In Persian)
- Mohit Gera, M. G.; Neelu Gera, N. G.; Gupta, B. N., Preliminary observations on genetic variability and character association in *Dalbergia sissoo* Roxb. *Indian Forester* **2000**, 134, 608-615.
- Moles, A. T.; Westoby, M., Latitude, seed predation and seed mass. *Journal of biogeography* **2003**, 30(1), 105-128.
- Moles, A. T.; Ackerly, D. D.; Tweddle, J. C.; Dickie, J. B.; Smith, R.; Leishman, M. R.; Westoby, M., Global patterns in seed size. *Global ecology and biogeography* **2007**, 16(1), 109-116.
- Moore, J. E.; McEuen, A. B.; Swihart, R. K.; Contreras, T. A.; Steele, M. A., Determinants of seed removal distance by scatter-hoarding rodents in deciduous forests. *Ecology* **2007**, 88(10), 2529-2540.
- Pandey, R.; Bargali, S. S.; Bargali, K., Does seed size affect water stress tolerance in *Quercus leucotrichophora* A. camus at germination and early seedling growth stage. *Biodiversity International Journal* **2017**, 1(00005).
- Perea, R.; San Miguel, A.; Gil, L., Acorn dispersal by rodents: the importance of re-dispersal and distance to shelter. *Basic and Applied Ecology* **2011**, 12(5), 432-439.
- Pesendorfer, M. B.; Baker, C. M.; Stringer, M.; McDonald-Madden, E.; Bode, M.; McEachern, A. K.; Sillett, T. S., Oak habitat recovery on California's largest islands: scenarios for the role of corvid seed dispersal. *Journal of Applied Ecology* **2018**, 55(3), 1185-1194.
- Pesendorfer, M. B.; Sillett, T. S.; Koenig, W. D.; Morrison, S. A., Scatter-hoarding corvids as seed dispersers for oaks and pines: a review of a widely distributed mutualism and its utility to habitat restoration. *The Condor: Ornithological Applications* **2016**, 118(2), 215-237.
- Quero, J. L.; Villar, R.; Marañón, T.; Zamora, R.; Poorter, L., Seed-mass effects in four Mediterranean *Quercus* species (Fagaceae) growing in contrasting light environments. *American Journal of Botany* **2007**, 94(11), 1795-1803.
- Salazar, R. O. D. O. L. F. O., Seed and seedling provenance variation under greenhouse conditions of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr et Golf. *Revista IPEF* **1986**, 32, 25-32.

- Schneider, C. A.; Rasband, W. S.; Eliceiri, K. W., NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods* **2012**, 9(7), 671-675.
- Schupp, E. W.; Fuentes, M., Spatial patterns of seed dispersal and the unification of plant population ecology. *Ecoscience* **1995**, 2(3), 267-275.
- Seiwa, K.; Kikuzawa, K., Phenology of tree seedlings in relation to seed size. *Canadian Journal of Botany* **1991**, 69(3), 532-538.
- Seiwa, K., Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints. *Oecologia* **2000**, 123, 208-215.
- Shahi, C.; Vibhuti, K. B.; Bargali, S. S., How seed size and water stress affect the seed germination and seedling growth in wheat varieties. *Current Agriculture Research Journal* **2015**, 3(1), 60-68.
- Steele, M. A.; Carlson, J. E.; Smallwood, P. D.; McEuen, A. B.; Contreras, T. A.; Terzaghi, W. B., 14 Linking Seed and Seedling Shadows: A Case Study in the Oaks (*Quercus*). *Seed dispersal* **2007**, 322.
- Theimer, T. C., Intraspecific variation in seed size affects scatterhoarding behaviour of an Australian tropical rain-forest rodent. *Journal of Tropical Ecology* **2003**, 19(1), 95-98.
- Totland, Ø.; Birks, H. J. B., Factors influencing inter-population variation in *Ranunculus acris* seed production in an alpine area of southwestern Norway. *Ecography* **1996**, 19(3), 269-278.
- Urbietta, I. R.; Perez-Ramos, I. M.; Zavala, M. A.; Maranon, T.; Kobe, R. K., Soil water content and emergence time control seedling establishment in three co-occurring Mediterranean oak species. *Canadian Journal of Forest Research* **2008**, 38(9), 2382-2393.
- Vander Wall, S. B., How plants manipulate the scatter-hoarding behaviour of seed-dispersing animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **2010**, 365(1542), 989-997.
- Vander Wall, S. B., Masting in animal-dispersed pines facilitates seed dispersal. *Ecology* **2002**, 83(12), 3508-3516.
- Wang, B.; Ives, A. R., Tree-to-tree variation in seed size and its consequences for seed dispersal versus predation by rodents. *Oecologia* **2017**, 183, 751-762.
- Zhang, S.; Kang, H.; Yang, W., Climate change-induced water stress suppresses the regeneration of the critically endangered forest tree *Nyssa yunnanensis*. *PLoS ONE* **2017**, 12, e0182012.
- Zolfaghari, R.; Nazari, M.; Karimi, Kh.; Fayyaz, P.; Alvaninejad, S., Relation between seed morphological characteristics of three native oak species of Zagros with germination characteristics and seedling growth. *Journal of Forest and Wood Products* **2012**, 65(1), 33-45.
- Zwolak, R.; Crone, E. E., Quantifying the outcome of plant-granivore interactions. *Oikos* **2012**, 121(1), 20-27.