Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 11, Issue 2, 2023 p: 24-34

OPEN ACCESS

Research Paper

Prediction of Establishment in Progenies of Persian Oak Trees Based on the Morphological and Chlorophyll Fluorescence Traits

Zahra Alizade[1], Roghayeh Zolfaghari[2], Shahla Molaee[1] and Payam Fayyaz[3]

1- M.Sc., Department of Forestry, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Yasouj, Yasuj, Iran
2-Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Yasouj, Yasuj, Iran, (Corresponding author: Zolfaghari@yu.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Yasouj, Yasuj, Iran

Received: 16 February, 2023 Accepted: 11 June, 2023

Extended Abstract

Background: The regeneration of trees in forests characterized by prolonged dry seasons, such as the Zagros region, presents significant challenges. The ability to predict water deficit tolerance in progenies of trees based on their geographic, vegetative, and physiological characteristics—particularly the performance of photosystem II—can enhance the efficiency of reforestation and plantation efforts. Understanding these factors is crucial for developing strategies that ensure the survival and growth of saplings in arid conditions, ultimately contributing to the restoration of forest ecosystems.

Methods: In this study, we assessed the progenies of 40 Persian oak trees, which were derived from eight distinct populations located in the southern Zagros forests. Our primary focus was to evaluate their water deficit tolerance based on various geographic, growth, and physiological characteristics, specifically examining the performance of photosystem II under controlled greenhouse conditions. Additionally, we conducted field trials over two years to evaluate the percentage of seedling establishment for each mother tree. The data obtained from these experiments were complemented by morphological assessments of the leaves and seeds from the mother trees. These comprehensive datasets were utilized to develop predictive models for seedling establishment in the field. Our research involved both greenhouse and forest field experiments aimed at evaluating the responses of Persian oak seedlings to drought stress. This was achieved by monitoring several indicators of stress resistance linked to photosystem II functionality. In the greenhouse, seedlings from different mother trees were subjected to drought stress by halting irrigation for one month. Following this period, seedlings were re-irrigated for another month. Throughout these stages, we meticulously recorded data on photosystem II performance, the percentage of leaf yellowing, and the survival rates of the seedlings. Furthermore, we assessed the establishment success of the offspring from the mother trees in the forest field, focusing on their survival rates and height over the two-year period. We also investigated the relationships between these growth metrics and the morphological characteristics of the leaves and seeds from the mother trees.

Results: Our findings indicated a positive correlation between the percentage of survival and indicators of stress resistance observed in greenhouse conditions, as well as the survival rates and heights of seedlings in the forest field. Notably, seedlings originating from drier seed sources, as well as those from lower altitudes and latitudes, exhibited higher drought resistance in greenhouse settings. However, it is important to note that none of the growth and survival parameters observed in the field were significantly related to the environmental characteristics of the populations. We also explored the relationship between the leaf and seed morphological traits of the mother trees and the stress resistance and establishment success of their seedlings. Our results revealed that seedlings grown from larger and heavier seeds demonstrated superior

Copyright ©2023 Alizadeh et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License 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.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]

[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]

growth characteristics and survival rates, particularly during their first year. Additionally, specific leaf morphological traits of the mother trees—such as petiole length, tooth width, and the number of veins—were identified as influential factors contributing to the successful establishment of seedlings in the forest field.

Conclusion: The outcomes of this research underscore the importance of collecting larger seeds from mother trees exhibiting favorable leaf traits to enhance reforestation success. Moreover, utilizing physiological traits assessed under controlled greenhouse conditions can aid in identifying resistant progenies from superior populations or mother trees. This approach not only supports the selection of robust seedlings capable of thriving in challenging environments but also contributes to the broader goal of restoring and sustaining forest ecosystems in arid regions like Zagros. In summary, our study highlights the intricate relationships between environmental factors, morphological traits, and physiological responses in determining the success of tree regeneration efforts. By focusing on these relationships, we can develop more effective strategies for reforestation that consider the unique characteristics of local tree populations and their adaptations to drought conditions. Future research should continue to explore these dynamics, aiming to refine our understanding of how to best support the regeneration of vital forest ecosystems in the face of climate change and increasing environmental stressors.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, Drought resistant index, Regeneration, Zagros forests, Mother tree traits

How to Cite This Article: Alizadeh, Z., Zolfaghari, R., Molaee, S., & Fayyaz, P. (2023). Prediction of Establishment in Progenies of Persian Oak Trees Based on the Morphological and Chlorophyll Fluorescence Traits. *Ecol Iran For*, 11(2), 24-34. https://doi.org/10.61186/ifej.11.22.22

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

پیش‌بینی استقرار نتاج درختان مادری بلوط ایرانی بر اساس نشانگرهای ریخت‌شناسی و فلورسانس کلروفیل

زهرا علیزاده[۱]، رقیه ذوالفقاری[۲]، شهلا مولایی[۱] و پیام فیاض[۳]

۱- کارشناسی ارشد گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران، (نویسنده مسوول: Zolfaghari@yu.ac.ir)
۳- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۱
صفحه: ۲۴ تا ۳۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تجدیدحیات درختان در جنگل‌های با فصل خشک طولانی مانند زاگرس با دشواری‌های زیادی روبرو است. پیش‌بینی مقاومت به تنش خشکی در نتاج بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ و بذر درختان مادری و خصوصیات فیزیولوژیک نتاج مانند عملکرد بهینه فتوسیستم II می‌تواند به افزایش کارآیی جنگل‌کاری‌ها منجر شود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش نتاج حاصل از ۴۰ درخت بلوط ایرانی از هشت پرووننانس واقع در جنگل‌های زاگرس جنوبی از نظر مقاومت به تنش کمبود آب با استفاده از مشخصات جغرافیایی، رویشی و فیزیولوژیکی نظیر عملکرد بهینه فتوسیستم II در شرایط گلخانه‌ای ارزیابی شدند. همچنین درصد استقرار نهال با انجام آزمون پرووننانس در عرصه برای هر درخت مادری به‌مدت دو سال تعیین گردید. داده‌های حاصل از این دو آزمون به‌همراه اطلاعات مربوط به ریخت‌شناسی برگ و بذر هر درخت مادری برای توسعه مدل‌های پیش‌بینی کننده استقرار نهال در عرصه مورد استفاده قرار گرفت. نهال‌های بلوط ایرانی حاصل از درختان مادری مختلف در گلخانه تحت تنش خشکی با قطع آبیاری به‌مدت یک ماه قرار گرفتند. سپس نهال‌ها دوباره به‌مدت یک ماه آبیاری شدند و در تمام مراحل میزان عملکرد بهینه فتوسیستم II، درصد زردی برگ و درصد زنده‌مانی نهال‌ها ثبت گردید. همچنین استقرار نتاج درختان مادری در عرصه جنگلی بر اساس درصد زنده‌مانی و ارتفاع نهال‌ها در طی دو سال ارزیابی گردید و ارتباط آنها با خصوصیات ریخت‌شناسی برگ و بذر درختان مادری بررسی گردید.

یافته‌ها: نتایج مشخص نمود که ارتباط مثبت بین درصد زنده‌مانی، شاخص‌های مقاومت به تنش در شرایط گلخانه‌ای با درصد زنده‌مانی و ارتفاع نهال‌ها در عرصه جنگلی وجود دارد. همچنین نهال‌های حاصل از مبدا بذر خشک‌تر، ارتفاعات و عرض‌های جغرافیایی پایین دارای مقاومت به خشکی بالاتری در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای بودند. اما هیچ‌یک از پارامترهای رویشی و زنده‌مانی در عرصه با ویژگی‌های محیطی مبدأ بذر ارتباط نداشت. ارتباط بین صفات ریخت‌شناسی برگ و بذر درختان مادری با مقاومت به تنش و استقرار نهال‌ها نشان داد که نهال‌های حاصل از بذور پهن‌تر و سنگین‌تر دارای ویژگی‌های رویشی و زنده‌مانی بهتر تنها در سال اول بودند. همچنین برخی صفات ریخت‌شناسی برگ درختان مادری مانند طول دمبرگ، پهنای دندانه و تعداد رگبرگ از صفات تاثیرگذار در موفقیت استقرار نهال‌ها در عرصه جنگلی بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که جمع‌آوری بذور بزرگ‌تر از درختان مادری همراه با ویژگی‌های مناسب ریخت‌شناسی برگ می‌تواند در موفقیت جنگل‌کاری‌ها موثر باشد. همچنین استفاده از صفات فیزیولوژیک در شرایط کنترل‌شده گلخانه می‌تواند در انتخاب نتاج مقاوم حاصل از جمعیت‌ها یا درختان مادری برتر کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: تجدیدحیات، جنگل زاگرس، شاخص مقاومت به خشکی، فلورسانس کلروفیل، ویژگی درخت مادری

مقدمه

تجدیدحیات گونه بلوط به‌عنوان گونه غالب در مناطق مدیترانه‌ای مانند جنگل‌های زاگرس، به‌دلیل کند رشد بودن آن و تنش خشکی طولانی‌مدت، کار بسیار سختی است. از طرف دیگر با توجه به پیش‌بینی کاهش بارندگی و افزایش دما در دهه‌های آینده، اختلافات موجود در افراد یک گونه از نظر مقاومت به تنش خشکی می‌تواند یک فاکتور تعیین‌کننده برای استقرار آنها در مقیاس محلی و منطقه‌ای باشد (Engelbrecht *et al.*, 2007). تفاوتهای درون گونه‌ای شامل تغییرپذیری فنوتیپی و سازگاری محلی می‌باشند و به‌عنوان یک مکانیسم برای مقابله با خشکی در برابر تغییرات اقلیمی هستند (Matías *et al.*, 2019). همچنین شناسایی جمعیت‌ها و ژنوتیپ‌های با مقاومت به خشکی بالا می‌توانند در استراتژی مدیریت برای مقابله با تغییرات اقلیمی در دهه‌های پیش‌رو موثر باشد. زیرا صفات عملکردی مهم که در طول گرادیان‌های جغرافیایی و منابع در دسترس تغییر می‌یابند، می‌توانند برای پاسخ‌های موقتی (پلاستیک) و سازگار برای مقابله با تغیرات اقلیمی مهم باشند و در نتیجه بر توزیع گونه‌ها اثر دارند (Matías *et al.*, 2019) و با استفاده از این صفات مرتبط با مقاومت، می‌توان حساسیت گونه‌ها به تغییرات اقلیمی را ارزیابی نمود (Aubin *et al.*, 2016; Bussotti *et al.*, 2015). مطالعات زیادی نشان داده است که حساسیت گیاهان به خشکی می‌تواند به‌وسیله برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه مانند پتانسیل آبی، هدایت روزنه‌ای و عملکرد بهینه فتوسیستم II ارزیابی شود (Quero *et al.*, 2006, 2011). اما مطالعاتی کمی وجود دارد که بتواند تنها با استفاده از یک متغیر فیزیولوژیکی که با زنده‌مانی همبستگی داشته باشد، میزان حساسیت را ارزیابی نمود (Tyree *et al.*, 2003). همچنین اندازه‌گیری مقاومت به خشکی در نهال‌های واقع در شرایط گلخانه که بتواند مقاومت آنها را در شرایط عرصه نیز نشان دهد، می‌تواند یک ابزار قوی برای افزایش موفقیت جنگلکاری‌ها باشد، زیرا پایش این صفات در بین و درون جمعیت‌ها در عرصه جنگلی بسیار مشکل است. از آنجا که گیاهان استراتژی‌های متفاوت در مقاومت دارند که شامل موارد زیر می‌باشد: ۱) بر هر دو فاکتور زنده‌مانی و رویش آنها اثر کمی دارد ۲) بر زنده‌مانی تاثیر کم اما بر روی رویش آنها اثر زیادی دارد ۳) بر زنده‌مانی تاثیر زیاد اما بر رویش تاثیر

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]

کمی دارد، بنابراین مطالعه هر دو جنبه زنده‌مانی و رویش می‌تواند در پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی موثر باشد.

از طرف دیگر عواملی دیگری از درختان مادری مانند اندازه بذر که به‌عنوان ذخیره در دسترس گیاه در مراحل اولیه رویش موثر است (Tilki *et al.*, 2010) و برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ درختان مادری مانند اندازه برگ و شبکه رگبرگ‌بندی می‌تواند در مقاومت به خشکی و استقرار نهال‌های حاصل از آنها تاثیرگذار باشد (Alimohamadi *et al.*, 2015; Karimi Hajipomagh *et al.*, 2011). مطالعات مختلف نیز نشان داده که تغییرات ژنتیکی بین جوامع و حتی تغییرات ژنتیکی در سطح درخت مادری به‌همراه فاکتورهای محیطی می‌تواند روی اندازه بذر (Schmitt *et al.*, 1992; González-Rodríguez *et al.*, 2010)، خصوصیات ریخت‌شناسی برگ (Rice *et al.*, 1993;) و رویش نهال (Castro *et al.*, 2008) یا مقاومت به خشکی تاثیرگذار باشند (Leiva and Fernández-Alés, 1998). در واقع گیاهان مناطق مدیترانه‌ای دارای تنوع فنوتیپی بالایی در در سطح جامعه از نظر فیزیولوژیکی، ساختاری و رویش بین افراد یک گونه هستند و باعث می‌شود که آنها به این شرایط ناهمگن محیطی از نظر زمانی و مکانی سازگار شوند (Gimeno *et al.*, 2009).

جنگل‌های زاگرس از نظر وسعت، اقتصادی و اجتماعی دارای اهمیت فراوانی هستند. قسمت زیادی از این جنگل‌ها نیز توسط گونه بلوط ایرانی اشغال شده است که به‌دلیل تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی در حال کاهش است، بنابراین استقرار این گونه به‌ویژه در فاز نهالی که به شرایط محیطی بسیار حساس است (González-Rodríguez *et al.*, 2011)، از اولویت بالایی برخوردار است. برخی مطالعات در آزمایشات گلخانه‌ای و در گلدان (Rahiminasab *et al.*, 2017; Zeynali Yadegari and Seyedi, 2019; Zolfaghari *et al.*, 2013) ، نهالستان (Mataji *et al.*, 2016) و یا در عرصه برای گونه بلوط ایرانی وجود دارد (Karimi Hajipomagh *et al.*, 2014)، اما مطالعات اندکی برای ارتباط بین مطالعات گلخانه‌ای و عرصه جنگلی وجود دارد. از آنجا که در شرایط طبیعی جنگل، یک سناریوی پیچیده وجود دارد و عوامل زنده و غیرزنده زیادی می‌توانند به‌طور همزمان و متقابل تاثیرگذار باشند (Matías *et al.*, 2019)، بنابراین این تحقیق می‌تواند به ما در انتخاب درختان مادری برتر برای جنگل‌کاری کمک نماید و سوالات این تحقیق عبارتند از: ۱) آیا ارتباطی بین مقاومت به خشکی و استقرار نهال‌ها در گلخانه و عرصه با شرایط محیطی مبدا بذر آنها وجود دارد؟ ۲) کدام ویژگی ریخت-شناسی از درخت مادری باعث مقاومت به خشکی و استقرار بهتر در نهال‌ها می‌گردد؟ ۳) آیا می‌توان با یک شاخص مقاومت در شرایط گلخانه‌ای، استقرار نهال‌ها را در عرصه پیش‌بینی نمود؟

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق بذر و برگ درختان بلوط ایرانی از ۴۰ درخت مادری واقع در هشت پرووننس مختلف استان‌های فارس و گهگیلویه و بویراحمد واقع در ارتفاعات و عرض جغرافیایی مختلف بودند، جمع‌آوری شد. جمع‌آوری بذر درختان مادری به‌صورت تصادفی و با رعایت حداقل فاصله ۱۰۰ متری از هم (به‌منظور دوری از روابط فامیلی) انتخاب شدند (Zolfaghari *et al.*, 2013). موقعیت جغرافیایی درختان مادری شامل ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی ثبت گردید. همچنین با استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک به جمعیت‌ها که در جدول ۱ آورده شده است و استخراج میانگین دما و بارندگی ماهیانه، ضریب خشکی گروسمن برای هر جمعیت نیز محاسبه گردید (Lauteri *et al.*, 2004) (جدول ۱).

اندازه‌گیری صفات ریخت‌شناسی بذر

پس از جمع‌آوری بذر درختان مادری مختلف، صفات ریخت‌شناسی بذور مانند طول، قطر، حجم بذر و تعداد بذر در یک کیلوگرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری طول، قطر و حجم بذور، ۲۰ عدد بذر به‌صورت تصادفی انتخاب شدند و میانگین هریک از صفات اندازه‌گیری‌شده برای آن پایه درخت مادری محاسبه شد (Zeynali Yadegari and Seyedi, 2019). طول، پهنا بذر، قطر و عمق کاسه بذر و قطر ناف با استفاده از کولیس با دقت میلی‌متر و حجم بذر نیز با استفاده از افزایش حجم آب واقع در استوانه‌ی مدرج (افزایش حجم آب به‌عنوان حجم بذر) با دقت میلی‌لیتر مکعب اندازه‌گیری گردید. همچنین تعداد بذر در یک کیلوگرم هر درخت مادری نیز شمارش گردید.

اندازه‌گیری صفات ریخت‌شناسی برگ

به‌منظور اندازه‌گیری صفات کمّی و کیفی برگ درختان، تعداد ۱۰ برگ از هر پایه درخت مادری از قسمت بیرونی جهات مختلف جغرافیایی انتخاب، جمع‌آوری و اسکن شدند و صفات ریختاری با استفاده از نرم‌افزار Image j 1.43 (Rasband, 1997-2015) اندازه‌گیری شدند. همچنین برگ‌های هر درخت مادری به‌مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد (Bruschi *et al.*, 2003). ۲۵ صفت کمّی و کیفی از برگ اندازه‌گیری و محاسبه شدند که در جدول ۲ و شکل شماره ۱ نحوه اندازه‌گیری و واحد آنها آورده شده است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی جمعیت‌های مورد مطالعه

Table 1. Geographical and climatic characteristics of studied populations

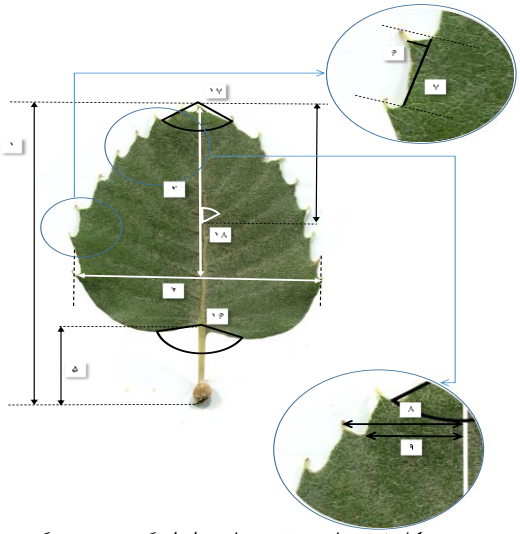
جمعیت Population	شاه‌مختار Shah Mokhtar	کالوس Kaloos	گنجه Ganje	علی‌اولادمومن Ali olad Momen	چیتاب Chitab	باشت Basht	بن‌زرد Bonzard	قائمیه (فارس) Qaemiyeh (Fars)
عرض جغرافیایی Latitude	3393583	3397571	3401311	3389726	3409843	3379373	3432026	3284038
طول جغرافیایی Longitude	548707	543052	552376	546107	545161	495867	529190	586135
ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	1750	2050	2050	2000	1700	1100	1850	900-
متوسط دمای سالیانه Mean annual temp. (°C)	15	15	15	15	15	20	16	14
بارندگی کل (میلی‌متر) Mean annual prec. (mm)	724	796	796	796	618	724	463	548
ضریب خشکی گروسمن Grossman drought index	131	124	124	124	147	230	182	298
ایستگاه سینوپتیک Synoptic stations	---------- فرودگاه یاسوج Yasuj Airport ----------				چیتاب Chitab	تلچگاه Talechegah	پاتاوه Pataveh	قائمیه Qaemiyeh

جدول ۲- ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ اندازه‌گیری‌شده در درختان مادری بلوط ایرانی

Table 2. Measured leaf morphological traits of Persian oak mother trees

ردیف Row	ویژگی ریخت‌شناسی برگ Leaf morphological traits	واحد Unit	نحوه اندازه‌گیری و محاسبه Method of measurement and calculator
1	طول پهنک (BL) Length of lamina	mm	Image j 1.43 Software
2	حداکثر پهنای برگ (BW_{max}) Maximal width of lamina	mm	Image j 1.43 Software
3	ارتفاع از نوک تا پهن‌ترین قسمت برگ (BH1) Height of maximal width from terminal tooth to widest part	mm	Image j 1.43 Software
4	وزن خشک برگ (DW) Leaf dry weight	میلی‌گرم mg	ترازو Balance
5	طول دم برگ (PL) Length of petiole	میلی‌متر mm	-- Image j 1.43 Software
6	عرض دندانه (TW) Width of tooth	میلی‌متر mm	-- Image j 1.43 Software
7	طول دندانه (TL) Length of tooth	میلی‌متر mm	-- Image j 1.43 Software
8	فاصله بین رگبرگ میانی تا راس دندانه (BW_{3ext}) Distance between midvein and tooth apex	میلی‌متر mm	-- Image j 1.43 Software
9	فاصله بین رگبرگ میانی تا سینوس زاویه دندانه (BW_{3int}) Distance between midvein and sinus base	میلی‌متر mm	-- Image j 1.43 Software
10	دندانه راست (NRT) Number of teeth on right side	تعداد Number	چشمی – شمارش Visual-counts
11	دندانه چپ (NLT) Number of teeth on left side	تعداد Number	چشمی – شمارش Visual-counts
12	رگبرگ راست (NRV) Number of intercalary veins on right side	تعداد Number	چشمی – شمارش Visual-counts
13	رگبرگ چپ (NLV) Number of intercalary veins on left side	تعداد Number	چشمی – شمارش Visual-counts
14	مساحت برگ (A) Leaf area	میلیمتر مربع mm^2	-- Image j 1.43 Software
15	محیط برگ (P) leaf perimeter	میلی‌متر mm	-- Image j 1.43 Software
16	زاویه بن (B^) angle of leaf base	درجه Degree	-- Image j 1.43 Software
17	زاویه نوک (T^) angle of leaf tip	درجه Degree	-- Image j 1.43 Software
18	زاویه رگبرگ (V^) vein angle	درجه Degree	-- Image j 1.43 Software
19	درصد دمبرگ (PL%) Percentage of petiole	درصد %	-- PL% = (PL/BL)*۱۰۰
20	شاخص دندانه (DI) Teeth index	--	-- $DI = BW_{3ext}/BW_{3int}$
21	سطح ویژه برگ (SLA) Specific leaf area	-- mg/mm^2	-- SLA = DW/A
22	نرخ دندانه (DR) Teeth ratio	--	-- DR= (NRT+NLT)/(2*BL)
23	میانگین فاصله رگبرگ‌ها (VD) Mean distance between veins	میلی‌متر mm	-- VD= (NRV+NLV)/(2*BL)
24	شکل پهنک برگ (AR) Lamina shape	--	-- $AR=BL/BW_{max}$
25	نسبت ارتفاع از نوک تا پهن‌ترین قسمت برگ به پهنای برگ (AR1) Height of maximal width from terminal tooth to widest part / Maximal width of lamina	--	-- $AR1=BH1/BW_{max}$

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]



شکل۱- صفات ریخت‌شناسی اندازه‌گیری شده برگ
Figure 1. Measured leaf morphological traits

آزمایشات گلخانه‌ای

برای مطالعات گلخانه‌ای، ابتدا ۳۰ عدد بذر هر درخت مادری درون گلدان‌های پلاستیکی ۳ کیلوگرمی در آذرماه کاشته شدند، بدین‌نحو که داخل هر گلدان دو بذر کاشته شد. خاک گلدان‌ها شامل خاک منطقه، کود حیوانی و ماسه (به‌نسبت ۲، ۱ و ۱) بودند و گلدان‌ها نیز به میزان مورد نیاز آبیاری شدند. بذور کاشته شده در بهار سال بعد سبز شدند و تا شهریور ماه و مهر ماه به‌طور مرتب آبیاری شدند. سپس نهال‌های سبز شده برای اعمال تنش خشکی به گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج (ارتفاع ۱۸۰۰ متر، عرض جغرافیایی '۴۰ °۳۰ شمالی، طول جغرافیایی '۳۵ °۵۱ شرقی) با بیشینه دمای بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کمینه دمای بین ۱۰ تا ۱۱ درجه سانتی‌گراد انتقال یافتند. برای اعمال تنش خشکی روی نهال‌های حاصل از درختان مادری، نهال‌های با ارتفاع و شادابی یکسان انتخاب شدند و نیمی از گلدان‌ها به‌عنوان شاهد و نیمی برای تنش خشکی درنظر گرفته شدند. نهال‌های شاهد یا کنترل به‌میزان لازم آبیاری شدند، اما نهال‌های تحت تنش خشکی به‌مدت یک ماه آبیاری نشدند تا زمانی‌که هدایت روزنه‌ای نهال‌های نزدیک به صفر بود (Huber *et al.*, 2019). پس از طی یک ماه تنش خشکی میزان عملکرد بهینه فتوسیستم II و درصد زردی برگ محاسبه و اندازه‌گیری شدند. پس از آن نهال‌ها مجدداً آبیاری شدند و پس از گذراندن یک ماه از آبیاری مجدد، عملکرد بهینه فتوسیستم II کلیه نهال‌ها اندازه‌گیری شد. میزان درصد زنده‌مانی نهال‌ها نیز در سال بعد از تقسیم تعداد نهال‌های زنده بر کل نهال‌های در معرض تنش خشکی محاسبه گردید.

برای محاسبه درصد زردی برگ هر نهال در پایان تنش خشکی با ثبت و شمارش تعداد کل برگ‌های هر نهال و تعداد برگ‌های خشکیده در چهار گروه برگ‌های سالم و کاملاً سبز (کد صفر)، برگ‌های با خشکیدگی کم (کد ۱)، برگ‌های نیمه‌خشک (کد ۲) و برگ‌های کاملاً خشک (کد ۳) و بر اساس میانگین وزنی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\text{Yelowing index} = \sum WiNi/\sum Ni \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن Ni: تعداد برگ‌های با کد iام، Wi: وزن برگ با کد iام (کد صفر: وزن صفر، کد ۱: وزن یک سوم، کد ۲: وزن دو سوم، کد ۳: وزن یک) می‌باشد.

میزان عملکرد بهینه فتوسیستم II در اولین برگ کاملاً توسعه یافته هر نهال در اوایل صبح (حدود ساعت ۱۰) به‌وسیله فلورومتر Hansatech ساخت ایالت متحد آمریکا (OSI-FL Optic-Sciences) ثبت شد (Homayoonfar *et al.*, 2019).

میزان مقاومت نهال‌ها به تنش خشکی نیز با استفاده از عملکرد بهینه فتوسیستم II و با محاسبه شاخص‌های زیر کمی گردید که شامل شاخص تنش (STI) (Fernandez, 1992)، مقاومت (Resistant)، انعطاف‌پذیری (Resilience) و برگشت‌پذیری (Recovery) بودند (Schwarz *et al.*, 2020) و به‌ترتیب با استفاده از روابط ۲، ۳، ۴ و ۵ به‌دست آمدند.

$$STI = \frac{\bar{Y}_{S_i} \times \bar{Y}_{C_i}}{\bar{Y}_c} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن $\bar{Y}_{Si}$ میانگین عملکرد بهینه فتوسیستم II نهال‌های هر درخت مادری در زمان تنش، $\bar{Y}_{Ci}$ میانگین عملکرد بهینه فتوسیستم II نهال‌های هر درخت مادری در زمان کنترل، $\bar{Y}_C$ میانگین عملکرد بهینه فتوسیستم II نهال‌های درختان مادری در زمان کنترل می‌باشد.

$$Resistance = \frac{Y_S}{\bar{Y}_d} i \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$Resilience = \frac{Y_{r_i}}{\bar{Y}_d} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$Recovery = \frac{Y_{r_i}}{Y_{S_i}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن Y_{Si} عملکرد بهینه فتوسیستم II هر نهال از درخت مادری i ام در زمان تنش، Y_{ri} عملکرد بهینه فتوسیستم II هر نهال از درخت مادری i ام پس از آبیاری مجدد، $\bar{Y}_d$ میانگین اختلاف عملکرد بهینه فتوسیستم II نهال‌های درختان مادری در زمان قبل از تنش نسبت به زمان تنش

کاشت بذر درختان مادری در عرصه جنگلی

بذر کلیه درختان مادری در عرصه جنگلی واقع در جنگل تحقیقاتی دانشگاه یاسوج (ارتفاع ۱۸۰۰ متر، عرض جغرافیایی

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]

'۴۲ °۳۰شمالی، طول جغرافیایی '۳۵ °۵۱شرقی) با تاج پوشش حدود ۳۰ درصد کاشته شدند. بدین نحو که بذر هر درخت مادری در ۱۰ گودال یا تکرار به‌طور تصادفی کاشته شد. داخل هر گودال نیز سه بذر قرار داده شد. سپس برای هر درخت مادری میزان درصد زنده‌مانی (از تقسیم تعداد نهال زنده /تعداد بذر کاشته‌شده) و میزان ارتفاع نهال‌ها در پاییز سال اول و دوم اندازه‌گیری و محاسبه شدند. برای محاسبه درصد زنده‌مانی سال اول، تعداد نهال‌های باقیمانده در بهار سال دوم و درصد زنده‌مانی سال دوم تعداد نهال‌های زنده در بهار سال سوم ثبت گردیدند، زیرا در پاییز همان سال امکان تشخیص نهال‌های زنده و خشک‌شده وجود نداشت. درصد بقای نهال هم از تفاوت درصد زنده‌مانی سال اول از سال دوم به‌دست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای انجام تجزیه و تحلیل آماری ابتدا توزیع نرمال داده‌ها به‌وسیله آزمون کولموگروف – اسمیرنوف و همگنی واریانس توسط آزمون لون بررسی گردید سپس از همبستگی پیرسون برای تعیین ارتباط بین عوامل محیطی مبدا بذر با ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نهال‌ها در عرصه و گلخانه و نیز ارتباط بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نهال‌ها در عرصه و گلخانه با یکدیگر استفاده شد. همچنین از رگرسیون خطی گام‌به‌گام برای شناسایی صفات ریخت‌شناسی مؤثر برگ و بذر درختان مادری به‌عنوان متغیر مستقل بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نهال‌ها در گلخانه (مانند درصد زنده‌مانی، شاخص‌های مختلف مقاومت به تنش، زردی برگ) و نیز صفات رویشی و زنده‌مانی آنها در طی سال اول و دوم در عرصه جنگلی به‌عنوان متغیر وابسته استفاده شد. تمامی آنالیزها در نرم‌افزار SPSS 16.0 (Released, 2007) انجام گردید.

نتایج و بحث

ارتباط بین زنده‌مانی و شاخص‌های مرتبط با مقاومت به خشکی در نهال‌های گلخانه با یکدیگر و با عوامل محیطی نشان داد که زنده‌مانی نهال‌ها در گلخانه با شاخص تنش، مقاومت و انعطاف‌پذیری رابطه مستقیم معنی‌دار و با برگشت‌پذیری نهال‌ها رابطه عکس داشت (جدول ۳). در واقع این شاخص‌ها می‌توانند تا حد زیادی بیانگر مقاومت آنها به تنش باشند و در این تحقیق مشخص شد که نهال‌های بلوط از مکانیسم مقاومت برای مقابله با تنش خشکی و زنده‌مانی بالا استفاده می‌کنند (Schwarz *et al.*, 2020). شاخص‌های به‌دست آمده در این تحقیق بر اساس اندازه‌گیری عملکرد بهینه فتوسیستم II به‌دست آمد و مطالعه بر روی گونه‌های دیگر بلوط نیز نشان داد که فلورسانس کلروفیل یک اندیکاتور مناسب در تنش خشکی کوتاه‌مدت و شدید است (Vastag *et al.*, 2020). همچنین با توجه به رابطه مثبت معنی‌دار بین ضریب خشکی گروسمن با مقاومت به خشکی نهال‌ها می‌توان بیان داشت که نهال‌های حاصل از مبدا بذر خشک‌تر دارای مقاومت بالاتر نسبت به تنش خشکی هستند. مطالعه بر روی گونه *Q. ilex* هم نشان داد که که نهال‌های حاصل از مناطق خشک‌تر مقاومت بالاتری به دماهای بالا و خشکی بیشتر نسبت به جمعیت‌های دیگر دارند (Gratin *et al.*, 2003) و در مطالعه دیگر نیز مشخص گردید که زنده‌مانی و رویش نهال‌های حاصل از مبدا بذر خشک‌تر بالاتر بود (Andivia *et al.*, 2018). از طرف دیگر نتایج همبستگی نشان داد که ارتفاعات و عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر دارای اقلیم خشک‌تر هستند زیرا ارتباط منفی معنی‌دار بسیار بالا بین ضریب خشکی گروسمن، ارتفاع و عرض جغرافیایی مشاهده شد (جدول ۳) که این نتیجه با نتایج مطالعه جمعیت‌های مختلف گونه بلوط مطابقت دارد (Ramírez-Valiente *et al.*, 2009). رابطه منفی معنی‌دار بین مقاومت و انعطاف‌پذیری نهال‌ها با ارتفاع از سطح دریا نیز نشان داد که نهال‌های حاصل از مبدا بذر ارتفاعات پایین نسبت به تنش خشکی مقاوم‌ترند و این نتیجه با نتایج مطالعه جمعیت‌های مختلف گونه بلوط و گونه‌های دیگر مطابقت دارد (Ramírez-Valiente *et al.*, 2017; Csilléry *et al.*, 2020).

جدول ۳- همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی نهال‌ها در گلخانه با عوامل محیطی

Table 3. Correlation between drought resistant indexes of seedlings in greenhouse condition and environmental factors

	ضریب خشکی گروسمن Grossman drought index	شاخص تنش Stress index	مقاومت Resistance	انعطاف‌پذیری Resilience	برگشت‌پذیری Recovery	درصد زنده‌مانی Survival%	درصد زردی برگ Leaf yellowing%
ضریب خشکی گروسمن Grossman drought index	1	–	–	–	–	–	–
شاخص تنش Stress index	-0.063	1	–	–	–	–	–
مقاومت Resistance	0.332*	0.314*	1	–	–	–	–
انعطاف‌پذیری Resilience	0.306	0.331*	**0.93****	1	–	–	–
برگشت‌پذیری Recovery	-0.03	**-0.602****	-0.296	-0.222	1	–	–
درصد زنده‌مانی Survival%	-0.135	0.37*	0.39*	0.355*	-0.441*	1	–
درصد زردی برگ Leaf yellowing%	-0.15	0.27	0.278	0.221	-0.129	0.122	1
ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	**-0.928****	-0.029	-0.35*	-0.326*	0.061	0.2	0.125
طول جغرافیایی Longitude	0.154	-0.164	0.324	-0.176	0.011	0.124	0.07
عرض جغرافیایی Latitude	**-0.736****	-0.025	-0.24	-0.178	0.206	0.068	-0.075

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

* and ** indicate significances according to p-values under <0.05 and < 0.01 (**), respectively.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]

ارتباط بین شاخص‌های مقاومت به خشکی نهال‌ها در گلخانه و عوامل محیطی با زنده‌مانی و رویش نهال‌ها در عرصه جنگلی نیز نشان داد که درصد زنده‌مانی در سال اول با درصد زردی برگ نهال‌ها در شرایط گلخانه‌ای رابطه منفی معنی‌دار داشت (جدول ۴). در واقع نهال‌های با تعداد برگ زرد کمتر در گلخانه و در شرایط تنش خشکی، زنده‌مانی بیشتری در عرصه داشتند که می‌تواند به‌دلیل ریزش برگ آنها و نیز کاهش تبخیر و تعرق و از دست رفتن آب باشد (Ramírez-Valiente and Cavender-Bares, 2017). در مطالعه بر روی نهال‌های گونه‌های مختلف جنگلی نیز این مورد اثبات گردید (Vander Mijnsbrugge *et al.*, 2017). از طرف دیگر ارتفاع نهال‌ها در سال اول با مقاومت و میزان زردی برگ نهال‌ها در گلخانه رابطه عکس داشت. در مطالعه بر روی گونه بلوط (*Q. robur*) نیز مشخص شد که خانواده‌های ناتنی که ارتفاع کمتری در طی تنش خشکی داشتند، پتانسیل بالاتری برای سازگاری به خشکی دارند زیرا طول ریشه آنها افزایش می‌یابد (Vastag *et al.*, 2020). همچنین در مطالعه دیگر بر روی دو گونه بلوط مشخص شد که ژنوتیپ‌های با ارتفاع بیشتر دارای تعداد برگ بیشتر هستند و در نتیجه تبخیر و تعرق در آنها بیشتر و مقاومت به خشکی آنها کمتر است (Vander Mijnsbrugge *et al.*, 2017). همچنین رابطه منفی بین ارتفاع با طول جغرافیایی نشان می‌دهد که نهال‌های حاصل از مبداء بذر مناطق غربی رشد کمتر اما مقاومت بالاتری نسبت به تنش خشکی دارند. مطالعه بر روی گونه *Quercus ilex* نیز نشان داد که نهال‌های حاصل از اکوتیپ‌های غربی نسبت به اکوتیپ‌های شرقی در برابر افزایش دما و کاهش بارندگی بهتر پاسخ می‌دهند (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2018).

نتایج تحقیق بر روی گونه نراد در گلخانه و عرصه جنگلی نیز نشان داد که نتاج حاصل از جمعیت‌های خشک‌تر، دارای رشد کمتر اما مقاومت بیشتر به تنش در گلخانه هستند. در عرصه جنگلی نیز درختان جمعیت خشک‌تر، کارایی مصرف آب بالاتری داشتند (Csilléry *et al.*, 2020).

جدول ۴- همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی نهال‌ها در گلخانه با رویش و زنده‌مانی نهال‌ها در عرصه جنگلی
Table 4. Correlation between drought resistant indexes of seedlings and environmental factors

	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	درصد زردی برگ Leaf yellowing%	درصد زنده‌مانی در گلخانه Greenhouse survival%	برگشت‌پذیری Recovery	انعطاف‌پذیری Resilience	مقاومت Resistance	شاخص تنش Stress index	ضریب خشکی گروسمن Grossman drought index
درصد زنده‌مانی سال اول First year survival%	-0.106	0.236	-0.095	-0.382*	-0.255	0.175	0.004	-0.061	-0.219	0.242
ارتفاع سال اول First year height	0.294	-0.461**	-0.012	-0.351*	-0.095	-0.133	0.177	-0.379*	-0.02	-0.011
درصد زنده‌مانی سال دوم Second year survival%	-0.088	0.021	-0.108	-0.193	0.203	-0.085	0.259	0.336	0.24	0.223
ارتفاع سال دوم Second year height	-0.089	0.1	0.056	-0.042	-0.073	-0.079	0.069	-0.045	0.156	-0.005

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.
* and ** indicate significances according to p-values under <0.05 and < 0.01 (**), respectively

همبستگی بین صفات برگ و بذر درختان مادری با صفات مرتبط با مقاومت به خشکی نهال‌ها در گلخانه هم نشان داد که درصد زنده‌مانی با زاویه بن برگ رابطه منفی معنی‌دار (r=-0/341, P≤0/05) داشت و رابطه مثبت معنی‌دار با زاویه نوک برگ (r=-0/326, p≤0/05) دارد. مقاومت به خشکی نیز با گردی برگ رابطه مثبت (r=0/334, p≤0/05)، انعطاف‌پذیری هم ارتباط مثبت معنی‌دار با طول دمبرگ (r=0/39, p≤0/05) داشت. همچنین هر دو ویژگی مقاومت به خشکی و انعطاف‌پذیری به‌ترتیب با طول به پهنای برگ (r=-0/368, r=-0/361, p≤0/05)، ارتفاع ماکزیمم پهنای برگ به پهنای برگ (r=-0/36, r=-0/36, p≤0/05) رابطه منفی داشتند اما با درصد دمبرگ رابطه مثبت (r=0/43, r=0/52, p≤0/05) نشان دادند. درصد زردی برگ نهال‌ها نیز با درصد دمبرگ (r=0/354, p≤0/05) و تعداد بذر در کیلو (r=0/439, p≤0/05) رابطه مثبت اما با پهنا بذر (r=-0/383, P≤0/05)، حجم بذر (r=-0/349, p≤0/05) و اندازه دهانه کاسه بذر (r=-0/399, p≤0/05) رابطه منفی معنادار داشت. نتایج رگرسیون بین ویژگی‌های مقاومت نهال‌ها در گلخانه با صفات ریخت‌شناسی برگ و بذر نیز تا حد زیادی این نتایج را تایید کرد. به نحوی‌که زاویه بن برگ یک متغیر موثر در میزان درصد زنده‌مانی نهال‌ها بود و همانند نتایج همبستگی رابطه عکس وجود داشت (رابطه ۶). مقاومت و انعطاف‌پذیری نهال‌ها نیز با صفات منعکس کننده شکل برگ مانند گردی برگ، طول به پهنای برگ و ارتفاع ماکزیمم پهنای برگ به پهنای برگ به‌همراه طول دمبرگ رابطه داشت (رابطه ۷،۸،۹). در واقع درختان مادری با طول دمبرگ بلندتر و برگ گردتر یا پهن‌تر می‌توانند نهال‌های مقاوم‌تر به خشکی تولید نمایند. در تحقیق دیگر نیز بر روی این‌گونه نیز نتایج مشابه مشاهده شد (Karimi Hajipomagh *et al.*, 2011). از طرف دیگر مطالعه بر روی صفات ریخت‌شناسی دو گونه بلوط اروپا *Quercus petraea* (گونه مقاوم‌تر به خشکی) با گونه *Quercus tobur* نشان داد که گونه مقاوم‌تر دارای طول دمبرگ بلندتر است (Vander Mijnsbrugge *et al.*, 2017). همچنین نتایج رگرسیون نشان داد که بذور هر چه ریزتر باشند برگشت‌پذیری و درصد زردی برگ بیشتر است (رابطه ۱۰ و ۱۱). در بسیاری از مطالعات بر روی گونه‌های مختلف مشخص گردید که بذرهای بزرگ‌تر از رویش و زنده‌مانی بالاتری در مناطق خشک برخوردارند (zolfaghari *et al.*, 2013; Seiwa, 2000; Baraloto *et al.*, 2005) ، زیرا بذرهای کوچک‌تر به سبب محدودیت ذخیره مواد غذایی، چندین هفته دیرتر شروع به

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]

طویل‌شدن می‌کنند و در نتیجه نهال‌های آنها کوچک‌تر، سیستم ریشه‌ای آنها نیز ضعیف‌تر و ریشه‌های جانبی کمتر و کوچک‌تر خواهد خواهد بود (Quero *et al.*, 2007). از طرف دیگر برگ‌های با تعداد رگبرگ کمتر هم درصد زردی برگ بیشتر داشتند (رابطه ۶). در مطالعه دیگر بر روی گونه بلوط ایرانی نیز مشخص شد که درختان مادری با میانگین فاصله رگبرگ کمتر و تعداد رگبرگ بیشتر دارای شبکه رگبرگ بهتری هستند و نهال‌های حاصل از آن‌ها نیز زنده‌مانی بالاتری دارند (Karimi Hajipomagh *et al.*, 2011). مطالعات دیگر نیز نشان داده است که شبکه رگبرگ‌بندی برای جایگزینی آب از دست‌رفته در طی فتوسنتز و تعرق نقش دارد (Park *et al.*, 2008) و بنابراین در تحمل خشکی نقش موثری دارد (Xu *et al.*, 2008) و به‌نظر می‌رسد که این صفت می‌تواند از درختان مادری به نهال‌ها منتقل گردد.

رابطه (۶) (زاویه بن) ۰/۰۰۶− ۱/۳۳۷ = درصد زنده‌مانی
رابطه (۷) (تعداد رگبرگ راست) ۰/۷۹ + (تعداد رگبرگ چپ) ۰/۸۶− ۱/۴۵= شاخص تنش
رابطه (۸) (درصد دمبرگ) ۱/۸+ ۲۷/۸− = مقاومت به خشکی
رابطه (۹) (درصد دمبرگ) ۱/۹۴+ ۳۳/۷− = انعطاف‌پذیری
رابطه (۱۰) (تعداد بذر در کیلو) ۰/۰۸۲−۹/۷۷۵= برگشت‌پذیری
رابطه (۱۱) (تعداد رگبرگ راست) ۳/۸۲ − (پهنای بذر) ۳/۴۴− ۱۲۷/۰۷= درصد زردی برگ

از طرف دیگر همبستگی بین صفات برگ و بذر درختان مادری با میزان زنده‌مانی و ارتفاع نهال‌ها در عرصه جنگلی نیز نشان داد که درصد زنده‌مانی نهال‌ها در سال اول با پهنای بذر ($r=0/389, p\leq0/05$)، حجم بذر ($r=0/415, p\leq0/01$) و اندازه دهانه کاسه بذر ($r= 0/457, p\leq0/01$)، عمق کاسه بذر ($r=0/338, p\leq0/05$) رابطه مثبت اما با تعداد بذر در کیلو ($r=-0/431, p\leq0/05$) رابطه منفی معنادار نشان داد. ارتفاع در سال اول نیز ارتباط مثبت معنی‌دار با پهنای بذر ($r=0/341, p\leq0/05$) و رابطه منفی با پهنای دندانه ($r=-0/323, p\leq0/05$) داشت. ارتفاع در سال دوم نیز رابطه منفی معنی‌دار با طول دمبرگ ($r=0/451, p\leq0/05$) و رابطه مثبت با قطر ناف بذر ($r=0/409, p\leq0/01$) نشان داد. نتایج رگرسیون هم نشان داد که بذور بزرگ‌تر نهال‌های با درصد زنده‌مانی بالاتر در سال اول تولید می‌کنند (رابطه ۱۲). همانند نتایج گلخانه، نهال‌های حاصل از بذور سنگین‌تر و پهن‌تر دارای ارتفاع و زنده‌مانی بالاتر در سال اول بودند و این ارتباط در سال بعدی مشاهده نشد. مطالعه بر روی گونه *Quercus suber* L نیز مشاهده گردید که بذرهای بزرگ‌تر زنده‌مانی بالاتری در سال اول دارند (Ramírez-Valiente *et al.*, 2009). از طرف دیگر عدم ارتباط بین وزن بذر و زنده‌مانی در مراحل رویش بالاتر در گونه کاج نیز وجود داشت که همبستگی بین وزن بذر و رویش نهال‌ها تنها در چهار ماه اول رویش وجود داشت و پس از آن هیچ ارتباطی وجود نداشت (Salazar, 1983). در واقع اثر درخت مادری نسبت به وزن بذر و شرایط محیطی بیشتر موثر است (Rahiminasab and Tabandeh Saravi, 2017; Puértolas *et al.*, 2009). همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که درختان با پهنای دندانه برگ کوچک‌تر، نهال‌هایشان ارتفاع بیشتری در سال اول داشتند (رابطه ۱۳). مطالعه بر روی گونه *Quercus acutissima* نیز نشان داد که درختان واقع در مناطق خشک دارای تعداد دندانه کمتر و کوچک‌تر هستند (Xu *et al.*, 2008)، زیرا دندانه‌ها دارای تعداد زیادی منافذ هستند که باعث افزایش تعرق و از دست رفتن آب در گیاهان می‌شود (Field *et al.*, 2005). همچنین در مطالعه دو گونه بلوط مقاوم و حساس به خشکی، گونه مقاوم‌تر دارای دندانه کوچک‌تر بود (Vander Mijnsbrugge *et al.*, 2017). ارتفاع سال دوم نهال نیز بیشتر با طول دمبرگ ارتباط داشت و درختان مادری با طول دمبرگ کوچک‌تر، نهال‌هایشان بزرگ‌تر بود (رابطه ۱۴). اما مطالعه بر روی گونه سپیدار نشان داد که ارتفاع نهالها با دمبرگ رابطه مستقیم دارد و این صفت با محیط ارتباط ندارد (Alimohamadi *et al.*, 2015). به‌نظر می‌رسد که پاسخ گونه‌ها با یکدیگر متفاوت است زیرا در همین مطالعه طول دمبرگ گونه *P. nigra* هیچ ارتباط معنی‌داری با ارتفاع نداشت

رابطه (۱۲) (حجم بذر) ۱/۷۶ + ۴۹/۶ = درصد زنده‌مانی سال اول
رابطه (۱۳) (پهنای دندانه) ۴/۷۷− ۱۰/۳۶ = ارتفاع سال اول
رابطه (۱۴) (طول دمبرگ) ۱/۵۴− ۹/۶ = ارتفاع سال دوم

با توجه به مجموع نتایج این تحقیق می‌توان بیان داشت که تنها با اندازه‌گیری عملکرد بهینه فتوسیستم II که یک روش غیرتخریبی است و برآورد شاخص‌های مقاومت به تنش به‌ویژه انعطاف‌پذیری در شرایط گلخانه‌ای پی به سازگاری نهال‌ها در شرایط عرصه جنگلی برد و میزان استقرار نهال‌ها را پیش‌بینی نمود. همچنین گونه بلوط برای مقابله با تنش خشکی از مکانیسم اجتناب استفاده می‌نماید زیرا با کاهش رشد اندام‌های هوایی مانند ارتفاع مقاومت بیشتری نسبت به تنش خشکی بروز می‌دهد. مطالعات نیز نشان داده است که بسته به‌شدت، دوره و زمان تنش خشکی از مکانیسم‌های مختلف استفاده می‌نمایند تا زنده‌مانی بالاتری داشته باشند (McDowell *et al.*, 2008). از طرف دیگر با جمع‌آوری بذور بزرگ‌تر و پهن‌تر از درختان مادری با طول دمبرگ کوتاه‌تر، دندانه و زاویه بن کوچک‌تر، اما تعداد رگبرگ بیشتر، زاویه نوک بزرگ‌تر و برگ‌های تا حدی کشیده‌تر می‌توان نهال‌های مقاوم‌تر به شرایط تنش خشکی تولید نمود و میزان موفقیت جنگل‌کاری‌ها را افزایش داد. با توجه به مطالعات دیگر طول دمبرگ و تعداد رگبرگ ژنتیکی می‌باشند (Zolfaghari, 2008; Alimohamadi *et al.*, 2015)، بنابراین این صفات می‌توانند از درختان مادری به نهال‌ها به ارث برسند و در مقاومت به تنش خشکی کمک نمایند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی با عنوان "ارزیابی تنوع سازگاری ژنتیکی در مقاومت به تنش کمبود آب خانواده‌های بلوط ایرانی به‌وسیله مارکر ژنتیکی EST-SSR" و به‌شماره ۹۹۰۱۶۸۹۸ توسط معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری حمایت مالی گردید.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]

References

Alimohamadi, A., Asadi, F., & Tabaie Aghdaei, S. R. (2015). Evaluation of growth and morphological parameters in two poplar species (P.nigra L. & P. alba L.) to tree growth reveal traits related To productivity (case study in Kermanshah, Zanjan and Esfahan provinces). *Ecology of Iranian Forest,* 3(5), 31-41 (In Persian) DOI: http://dorl.net/dor/20.1001.1.24237140.1394.3.5.4.2.

Andivia, E., Natalini, F., Fernandez, M., Alejano, R., & Vazquez-Pique, J. (2018). Contrasting holm oak population show different field performance but similar resilience to drought events eight years after planting in a Mediterranean environment. *iForest,* 11(2), 259. DOI: https://doi.org/10.3832/ifor2573-011

Aubin, I., Munson, A. D., Cardou, F., Burton, P. J., Isabel, N., Pedlar, J. H., Paquette, A., Taylor, A. R., Delagrange, S., Kebli, H., & Messier, C. (2016). Traits to stay, traits to move: a review of functional traits to assess sensitivity and adaptive capacity of temperate and boreal trees to climate change. *Environmental Reviews,* 24(2), 164-186. DOI: 10.1139/er-2015-0072

Baraloto, C., Forget, P. M., & Goldberg, D. E. (2005). Seed mass, seedling size and neotropical tree seedling establishment. *Journal of Ecology,* 53, 1- 10. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2005. 01041.x

Bruschi, P., Bussotti, F., & Grossoni, P. (2003). Within and among tree variation in leaf morphology of Quercus petraea (Matt.) Liebl. natural populations. *Trees*, 173, 164-172. DOI: 10.1007/s00468-002-0218-y

Bussotti, F., Pollastrini, M., Holland, V., & Brüggemann, W. (2015). Functional traits and adaptive capacity of European forests to climate change. *Environmental and Experimental Botany*, 111, 91-13. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2014.11.006

Castro, J., Reich, P. B., Sánchez-Miranda, A., & Guerrero, J. D. (2008). Evidence that the negative relationship between seed mass and relative growth rate is not physiological but linked to species identity: a within-family analysis of Scots pine. *Tree Physiology,* 28, 1077-1082. DOI: 10.1093/treephys/28.7.1077

Csilléry, K., Buchmann, N., & Fady, B. (2020). Adaptation to drought is coupled with slow growth, but independent from phenology in marginal silver fir (*Abies alba* Mill.) populations. Evolutionary Applications, 13(9), 2357-2376. DOI: 10.1111/eva.13029

Engelbrecht, B. M., Comita, L. S., Condit, R., Kursar, T. A., Tyree, M. T., Turner, B. L., & Hubbell, S. P. (2007). Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. *Nature,* 447, 80-82. DOI: 10.1038/nature05747

Feild T. S., Sage, T. L., Czerniak, C., & Iles, W. J. D. (2005). Hydathodal leaf teeth of Chloranthus japonicus (Chloranthaceae) prevent guttation- induced flooding of the mesophyll. *Plant, Cell and Environment*, 28, 1179-1190. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2005. 01354.x

Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kus EG (ed) Adaptation of Food Crop Temperature and Water Stress. Proceeding of 4th International Symposium, Asian Vegetable and Research and Development Center, 257–270. Shantana, Taiwan. DOI: 10.22001/wvc.72511

Gimeno, T. E., Pías, B., Lemos-Filho, J. P., & Valladares, F. (2009). Plasticity and stress tolerance override local adaptation in the responses of Mediterranean holm oak seedlings to drought and cold. *Tree Physiology*, 29, 87-98. DOI: 10.1093/treephys/tpn007

Gómez, J. M. (2004). Importance of microhabitat and acorn burial on Q. ilex early recruitment: non-additive effects on multiple demographic processes. *Plant Ecology*, 172, 287-297. DOI: 10.1023/B: VEGE.0000026327. 60991.f9

González-Rodríguez, V., Navarro-Cerrillo, R., & Villar, R. (2010). Maternal influences on seed mass effect and initial seedling growth in four Quercus species. *Acta Oecologica*, 37, 1-9. DOI: 10.1016/j.actao.2010.10.006

González-Rodríguez, V., Villar, R., Casado, R., Suárez-Bonnet, E., Quero J. L., & Navarro Cerrillo, R. (2011). Spatio-temporal heterogeneity effects on seedling growth and establishment in four Quercus species. *Annals of Forest Science*, 68, 1217-1232. DOI:10.1007/s13595-011-0069-z

Gratani, L., Meneghini, M., Pesoli, P., & Crescente, M. F. (2003). Structural and functional plasticity of Quercus ilex seedlings of different population in Italy. *Trees,* 17(6), 515-521. DOI:10.1007/s00468-003-0269-8

Homayoonfar, S., Zolfaghari, R., & Fayyaz, P. (2019). Effect of cold Stress on physiological traits of Pistacia atlantica and P. khinjuk during acclimation. *Iranian Journal of Forest*, 11(2), 207-219 (In Persian).

Huber, A.E., P.J. Melcher, M.A. Piñeros, T.L. Setter and T.L. Bauerle. 2019. Signal coordination before, during and after stomatal closure in response to drought stress. *New Phytologist,* 224(2), 675-688. DOI: 10.1111/nph.16082

Karimi Hajipomagh, Kh., R. Zolfaghari and P. Fayyaz. 2011. Relation between leaf morphological traits and seedling survival of Quercus brantii. Abstracts of the National Central Zagros Forests Conferences, 1-7, Khoram Abad, Iran (In Persian).

Karimi Hajipomagh, Kh., Zolfaghari, R., Alvaninejad, S., & Fayyaz, P. (2014). Effect of seed provenance and mother Tree of Quercus branti base on primary establishment in Yasuj. Journal of Forest and Wood Products, 66(4), 427-439 (In Persian). DOI: 10.22059/JFWP.2014.36659

Lauteri, M., Pliura, A., Monteverdi, M. C., Brugnoli, E., Villani, F., & Eriksson, G. (2004). Genetic variation in carbon isotope discrimination in six European populations of Castanea sativa Mill. originating from contrasting localities. *Journal of evolutionary biology*, 17(6), 1286-1296. DOI: 10.1111/j.1420-9101.2004. 00765.x

Leiva, M. J., & Fernández-Alés, R. (1998). Variability in seedling water status during drought within a Quercus ilex subsp. ballota population, and its relation to seedling morphology. *Forest Ecology and Management,* 111, 147-156. DOI: 10.1016/S0378-1127(98)00320-X

Mataji, A., Abdi, F., Etemad, V., & 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)

Matías, L., Pérez-Ramos, I. M., & Gómez-Aparicio, L. (2019). Are northern-edge populations of cork oak more sensitive to drought than those of the southern edge? *Environmental and Experimental Botany*, 163, 78-85. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2019.04.011

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]

McDowell, N., Pockman, W. T., Allen, C. D., Breshears, D. D., Cobb, N., Kolb, T., Plaut, J., Sperry, J., West, A., Williams, D. G., & Yepez, E. A (2008). Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytologist*, 178, 719-39. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02436.x

Navarro-Cerrillo, R. M., Gómez, F. J. R., Cabrera-Puerto, R. J., Sánchez-Cuesta, R., Rodriguez, G. P., & Pérez, J. L. (2018). Growth and physiological sapling responses of eleven Quercus ilex ecotypes under identical environmental conditions. *Forest Ecology and Management*, 415, 58-69. DOI: 10.1016/ j.foreco. 2018.01.004

Park, J., Hwang, E., & Nam, Y. (2008). Utilizing venation features for efficient leaf image retrieval. *The Journal of Systems and Software*, 81, 71-82. DOI: 10.1016/j.jss.2007.05.001

Puértolas, J., Benito, L. F., & Peñuelas, J. L. (2009). Effects of nursery shading on seedling quality and post-planting performance in two Mediterranean species with contrasting shade tolerance. *New Forest*, 38, 295-308. DOI:10.1007/s11056-009-9148-5

Quero, J. L., Villar, R., Maranón, T., & Zamora, R. (2006). Interactions of drought and shade effects on seedlings of four Quercus species: physiological and structural leaf responses. *New Phytologist*, 170, 819-834. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2006. 01713.x

Quero, J.L., Villar, R., Maranon, T., Zamor, R., & Poorter. L. (2007). Seed mass effects in four Mediterranean Quercus species (Fagaceae) growing in contrasting light environments. *American Journal of Botany*, 94, 1795–1803. DOI: 10.3732/ajb.94.11.1795

Quero, J.L., Sterck, F.J., Villar, R., & Martínez-Vilalta, J. (2011). Water use strategies of six co-existing Mediterranean woody species during a summer drought. *Oecologia*, 166, 45-57. DOI:10.1007/s00442-011-1922-3

Rahiminasab, A., & Tabandeh Saravi, A. (2017). Effect of seed source on germination and morphology of seed and seedlings of Quercus brantii Lindl. *Journal of Forest Research and Development*, 3(3), 249-262 (In Persian).

Ramírez-Valiente, J.A., Valladares, F., Gil, L., & Aranda, I. (2009). Population differences in juvenile survival under increasing drought are mediated by seed size in cork oak (*Quercus suber* L.). *Forest Ecology and Management*, 257(8), 1676-1683. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.01.024

Ramírez-Valiente, J.A., & Cavender-Bares, J. (2017). Evolutionary trade-offs between drought resistance mechanisms across a precipitation gradient in a seasonally dry tropical oak (*Quercus oleoides*). *Tree Physiology*, 37(7), 889-901. DOI: 10.1093/treephys/tpx040

Rasband, W.S. (1997-2015). ImageJ. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. http://imagej.nih.gov/ij

Released, S. I. (2007). SPSS for windows, version 16.0. SPSS Inc., Chicago.

Rice, K. J., Gordon, D. R., Hardison, J. L., & 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. DOI: 10.1007/BF00320511

Salazar, R. (1983). Genetic variation in needles of Pinus caribaea var. hondurensis Barr. and Golf. from natural stands. *Silva Genetica*, 32, 52-99.

Schmitt, J., Niles, J., & Wulff, R. D. (1992). Norms of reaction of seed traits to maternal environments in Plantago lanceolata. *American Naturalist*, 139, 451-466. DOI: 10.1086/285338

Schwarz, J., Skiadaresis, G., Kohler, M., Kunz, J., Schnabel, F., Vitali, V., & Bauhus, J. (2020). Quantifying growth responses of trees to drought-A critique of commonly used resilience indices and recommendations for future studies. *Current Forestry Reports*, 6, 185-200. DOI: 10.1007/s40725-020-00119-2

Seiwa, K. (2000). Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints. *Oecologia*, 123, 1-7. DOI: 10.1007/s004420051007

Stokes, V.J., Morecroft, M. D., & Morison, J. I. L. (2006). Boundary layer conductance for contrasting leaf shapes in a deciduous broadleaved forest canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139, 40–54. DOI: 10.1016/j.agrformet.2006.05.011

Tilki, F. (2010). Influence of acorn size and storage duration on moisture content, germination and survival of Quercus petraea (Mattuschka). *Journal of Environmental Biology*, 30, 325-328.

Tyree, M.T., Engelbrecht, B. M. J., Vargas, G., & Kursar, T. A. (2003). Desiccation tolerance of five tropical seedlings in Panama. Relationship to a field assessment of drought performance. *Plant Physiology*, 132, 1439-1447. DOI: 10.1104/pp.102.018937

Vander Mijnsbrugge, K., Turcsán, A., Maes, J., Duchêne, N., Meeus, S., Van der Aa, B., Steppe K., & Steenackers, M. (2017). Taxon-independent and taxon-dependent responses to drought in seedlings from Quercus robur L., Q. petraea (Matt.) Liebl. and their morphological intermediates. *Forests*, 8(11), 407. DOI: 10.3390/f8110407

Vastag, E., Cocozza, C., Orlović, S., Kesić, L., Kresoja, M., & Stojnić, S. (2020). Half-sib lines of pedunculate oak (Quercus robur L.) respond differently to drought through biometrical, anatomical and physiological traits. *Forests*, 11(2), 153. DOI: 10.3390/f11020153

Xu, F., Guo, W., Xu, W., & Wang, R. (2008). Habitat effects on leaf morphological plasticity in Quercus acutissimacta. *Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 50(2), 19-26.

Zeynali Yadegari, L., & Seyedi, N. (2019). Effect of altitude on seed germination and biomass of Quercus brantii. *Journal of Forest Research and Development*, 5(3), 405-417 (In Persian). DOI: 10.30466/ JFRD.2019.120784.

Zolfaghari, R. (2008). Investigation Resistance to Water Deficit of Quercus brantii Lindl. seedlings using molecular, biochemical-physiological and morphological markers. Ph.D. thesis, Tarbiat Modares University, Noor, Iran (In Persian)

Zolfaghari, R., Fayyaz, P., Nazari, M., & Valladares, F. (2013). Interactive effects of seed size and drought stress on growth and allocation of Quercus brantii Lindl. seedlings from two population. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(3), 361-368. DOI: 10.3906/tar-1206-54

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.10.8]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.22]