Original Article

Journal of Drought and Climate change Research (JDCR)

Winter 2024, Vol.1, No.4, pp 87-104

10.22077/JDCR.2023.6925.1047

Effect of Drought Stress on Morphological Characteristics of Tehran Pine (Pinus eldarica Medw.) and Chinaberry (Melia azedarach L.) at Various Ages

Mohammad Asgari[1], Mohsen Javanmiri Pour[2*], Vahid Etemad[3], Khaled Ahmadaali[4]

1. Late PhD student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Ph.D Graduate, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Associate Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Revitalization and Dry and Desert Areas, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

***Corresponding Author: mjavanmiri@ut.ac.ir**

Keywords:
Canopy area, Collar diameter, Canopy height, Water stress.

Received:
04 November 2023

Revised:
25 November 2023

Accepted:
25 November 2023

Extended abstract

Introduction:

Drought significantly affects plant growth and causes delay in growth, disturbance in physiology and damage to reproduction. This study analyzes the effect of drought stress on Pi.el and Me.az morphological characteristics at different ages.

Material and methods:

To conduct this study, Robat Karim in the arid region in the southwest of Tehran province was selected. This research was conducted in a greenhouse environment. This study was included the factor of diverse ages of tree species and different drought stresses in the form of a randomized complete block design with 10 replications. The considered factors include the age factor of different plant species (1, 3 and 5-year-old tree species), the drought stress factor at three levels 0.3, 0.5, 0.7, the percentage of the permissible limit of moisture reduction and the plant factor is in two levels (Pi.el and Me.az) and each in ten repetitions, which results in a total of 180 treatments. 10 stems were selected from each seedling at each age and collar diameter, height and canopy size were noted as the mean of the zero condition of the examined seedlings. The evaluated parameters were measured at the beginning and end of the studied period each year. With the increase of drought stress and decrease of humidity at a certain age, the growth rate of each of the studied factors including collar diameter, height and crown area decreases in Pi.el and Me.az.

Results:

The results showed that the value of collar diameter, height and crown area in drought stress of 0.3 compared to drought stress of 0.5 and 0.7 at the ages of 1, 3 and 5 years in 2021 and 2022 in Pi.el and Me.az species with the highest level of drought stress. The

How to cite this article:
Asgari, M., Javanmiri Pour, M., Etemad, V., & Ahmadaali, Kh. (2024). Effect of Drought Stress on Morphological Characteristics of Tehran Pine (Pinus eldarica Medw.) and Chinaberry (Melia azedarach L.) at Various Ages. Journal of Drought and Climate change Research, 1(4), 87-104. 10.22077/JDCR.2023.6925.1047

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee Journal of *Drought and Climate change Research* (JDCR). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

mean comparison results showed that water stress on the characteristics of seedlings is not significant in all cases. Water deficiency has a significant effect on collar diameter and canopy surface in Pi.el and on collar diameter and height of Me.az. The mutual effect of seedling age and drought stress on the crown area of Pi.el and on collar diameter and height of Me.az has a significant effect.

Conclusion:

According to the set of technical and non-technical limiting factors among the examined drought stresses, it is better to use 0.7 drought stress so that Pi.el and Me.az seedlings can withstand adverse environmental conditions.

مقاله پژوهشی

مجلـه
پژوهش‌های خشکسالی و تغییر اقلیم

دوره اول، شماره چهارم، پیاپی ۴، زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۱۰۴ - ۸۷

doi 10.22077/JDCR.2023.6925.1047

تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های ریختی کاج تهران (*Pinus eldarica Medw.*) و زیتون تلخ (*Melia azedarach L.*) در سن‌های مختلف

محمد عسگری[۱]، محسن جوانمیری‌پور[۲*]، وحید اعتماد[۳]، خالد احمدآلی[۴]

۱. دانشجوی فقید دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. دانش‌آموخته دکتری جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳. دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴. استادیار، گروه احیا و مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

*نویسنده مسئول: mjavanmiri@ut.ac.ir

واژه‌های کلیدی:
ارتفاع پوشش، تنش آبی، سطح تاج پوشش، قطر یقه.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۸/۱۳

تاریخ ویرایش:
۱۴۰۲/۰۹/۰۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۹/۰۴

چکیده

خشکی به‌طور قابل توجهی بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد و باعث تأخیر در رشد، اختلال در فیزیولوژی و آسیب به تولید مثل می‌شود. بر همین اساس، هدف این مطالعه بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های ریختی کاج تهران و زیتون تلخ در سن‌های مختلف است. این پژوهش به صورت کاشت گلخانه‌ای و فاکتوریل به اجرا درآمد. عامل‌های در نظر گرفته شده شامل سن‌های مختلف گونه‌های گیاهی (گونه‌های درختی ۱ ساله، ۳ ساله و ۵ ساله)، عامل تنش خشکی در سه سطح ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ درصد از حد مجاز تقلیل رطوبت و عامل گیاهی در دو سطح (گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ) و هر کدام در ده تکرار است که در مجموع ۱۸۰ تیمار حاصل می‌گردد. قطر یقه، ارتفاع و اندازه تاج پوشش به عنوان میانگین وضعیت صفر نهال‌های مورد مطالعه یادداشت گردید و پارامترهای مورد ارزیابی در ابتدا و انتهای بازه مورد مطالعه در هر سال اندازه‌گیری شد. با افزایش تنش خشکی و کاهش رطوبت در یک سن خاص مقدار رشد هر یک از عامل‌های مورد مطالعه شامل قطر یقه، ارتفاع و سطح تاج پوشش در گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ کاهش یافت. نتایج نشان داد مقدار قطر یقه، ارتفاع و سطح تاج پوشش در تنش خشکی ۰/۳ نسبت به تنش‌های خشکی ۰/۵ و ۰/۷ در سن‌های ۱، ۳ و ۵ سالگی در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ دارای بیشترین مقدار می‌باشد. نتایج مقایسه‌ی میانگین نشان داد که تنش آبی بر ویژگی‌های نهال‌ها با احتمال ($p<0.01$) در همه‌ی موارد معنی‌دار نیست. کمبود آب بر قطر یقه و سطح تاج پوشش در گونه‌ی کاج تهران و بر قطر یقه و ارتفاع زیتون تلخ با احتمال ($p<0.01$) دارای تأثیر معنی‌دار می‌باشد. همچنین تأثیر متقابل سن نهال و تنش خشکی بر سطح تاج پوشش کاج تهران و بر قطر یقه و ارتفاع زیتون تلخ با احتمال ($p<0.01$) دارای تأثیر معنی‌دار است. با توجه به مجموعه عوامل محدود کننده از قبیل شرایط اکولوژیک و محدودیت منابع مالی در میان تنش‌های خشکی بررسی شده بهتر است از تنش خشکی ۰/۷ استفاده نمود تا نهال‌های کاج تهران و زیتون تلخ مورد استفاده توان مقاومت در مقابل شرایط نامساعد محیطی را داشته باشند.

مقدمه

خشکی، یکی از تنش‌های غیرزیستی مهم، زمانی اتفاق می‌افتد که پتانسیل آب و آماسیدگی به حدی کاهش یابد که عملکرد متابولیک طبیعی و ظرفیت تولیدمثلی گیاه را مختل کند (Kamali et al., 2023). خشکی یکی از شدیدترین تهدیدات محیط‌زیستی است که امروزه جمعیت جهان با آن مواجه است و پیش‌بینی می‌شود به دلیل کاهش بارندگی و تبخیر بیشتر ناشی از تغییرات اقلیمی در بسیاری از مناطق شیوع و شدت بیشتری پیدا کند. علاوه بر این، گرم شدن کره‌ی زمین با ایجاد الگوهای بارش غیرقابل پیش‌بینی، منجر به تکرار دوره‌های طولانی خشکی در جهان شده است (Diatta et al., 2020). خشکی به‌طور قابل توجهی بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد و باعث تأخیر در رشد، اختلال در فیزیولوژی و آسیب به تولید مثل می‌شود (Okorie et al., 2019).

زمانی که تلفات آب از گیاه بیش از مقدار جذب آن می‌شود، کمبود آب حادث شده و گیاه دچار تنش خشکی می‌گردد (Boor et al., 2022). تنش آب می‌تواند ساختار و ریخت‌شناسی، فیزیولوژی و شیمی زیستی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد و تقریباً بر کلیه‌ی جنبه‌های رشد و نمو آن‌ها اثر بگذارد (Ahmadlo et al., 2012). گیاه ممکن است در دوره‌ی رشد و یا در مراحل خاصی از نمو خود مثل سبز شدن، رشد رویشی، گلدهی، بذردهی و رسیدگی در معرض تنش آبی باشد ولی به‌طور کلی در اکثر گیاهان زمان گرده‌افشانی، لقاح و تشکیل اندام‌های زایشی حساس‌ترین مراحل نسبت به کمبود آب هستند (Mohammadi et al., 2015).

مطالعه‌ی جمعیت‌های گیاهی حاکی از آن است که گیاهان در شرایط اکولوژیکی مختلف در صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیک خود تنوع ایجاد می‌کنند (Moradi et al., 2016). خصوصیات مختلف مورفولوژیکی برگ به کاهش سرعت تعرق کمک کرده و ممکن است بر رشد، عملکرد و بقای گیاه در شرایط خشکی تأثیر بگذارد (Ghabooli and Hosseini, 2021). در این ارتباط، وجود برگ‌های دارای کوتیکول ضخیم، سطوح موم‌دار، روزنه‌های فرورفته در حفره‌های سطح برگ و وجود کرک می‌تواند مؤثر باشد (Amini et al., 2016). در بعضی از گونه‌های گیاهی، خشکی می‌تواند تولید کرک‌های اپیدرمی را تحریک کند، که این کرک‌ها از طریق افزایش آلبدوی سطح برگ (افزایش انعکاس نور از سطح برگ) سبب کاهش تعرق می‌شوند (Mir-zaei and Ghadami Firuzabadi, 2022).

گیاهان چوبی را از نظر مقاومت به خشکی می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد. گروه اول شامل درختانی که در اثر خشکی به آن‌ها آسیب شدید وارد می‌شود. گروه دوم شامل درختانی که قدرت ذخیره‌ی آب کمتری دارند. سطح برگ این درختان کمتر بوده و لایه‌ی کوتیکول برگ‌ها ضخیم است. گروه سوم، درختان مقاوم و متحمل به خشکی هستند. در گروه چهارم درختانی قرار دارند که سیتوپلاسم سلول آن‌ها کمبود آب را تحمل می‌کند و این نوع درختان ویژگی‌های آناتومیکی و مورفولوژیکی سازگار با خشکی دارند. در شرایط خشک، لایه‌ی کوتیکول آن‌ها ضخیم شده و تعداد کرک‌ها افزایش می‌یابد. ریزش برگ‌ها و بسته شدن روزنه‌ها برای کاهش تعرق از مکانیسم‌های دیگر گیاهان گروه چهارم است (Jalili-marandi, 2005)؛ با توجه به نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد که زیتون تلخ جزء گروه دوم و کاج تهران جزء گروه سوم باشند.

نتایج ارزیابی اثر پوترسین بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال‌های استبرق (*Calotropis procera* Ait) تحت شرایط خشکی نشان داد که افزایش دور آبیاری تا ۱۲ روز سبب کاهش سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و محتوای کلروفیل می‌شود (Dolatkordestani et al., 2017).

تأثیر تنش خشکی روی مورفولوژی نهال گیاه دارویی سنجد تلخ نشان داد، در تیمارهای مورد مطالعه تنها وزن خشک ریشه به عنوان شاخص مناسب نشان‌دهنده‌ی تنش خشکی روی این گیاه معنی‌دار نیست و صفت تعداد برگ در سطح ۵٪ و مابقی صفات در سطح ۱٪ تیمارهای آبیاری معنی‌دار می‌باشند (Ahani et al., 2018).

نتایج اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های

مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال‌های ارغوان نشان داد که تنش خشکی شدید به‌طور معنی‌داری سبب کاهش در ویژگی‌های ارتفاع نهال، سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ و افزایش در طول ریشه، نشت الکترولیت و غلظت مالون‌دی‌آلدئید در مقایسه با گیاهان شاهد شد (Saeidi Aboeshaghi et al., 2021). در تحقیقی در نهالستان ایلام بین تیمارهای مختلف آبیاری نهال‌های کیکم اختلاف معنی‌داری از نظر خصوصیات مورفولوژیک سطح برگ، رشد طولی ساقه و قطر یقه وجود داشت که بیشترین میانگین صفات مربوط به تیمار آبیاری چهار روز یک بار گزارش شد (Haidari and Attarroshan, 2010). نتایج بررسی اثرات تنش خشکی بر نهال‌های اکالیپتوس در یزد، نشان داد که رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری بر کاهش تولید زیست‌توده، اجزاء زیست‌توده (شاخه، برگ و ریشه) و نسبت ریشه به شاخه داشت (Rad et al., 2011). در تحقیقی، نهال‌های سفید پلت تحت آزمایش رطوبتی بین مبدأ بذرهای مختلف قرار گرفتند. رویش قطری و ارتفاعی در مبدأ گلستان و اندازه‌ی سطح برگ، بیوماس ریشه و بیوماس کل در مبدأ گیلان بیش از دو مبدأ دیگر هیرکانی بوده است (Sadati et al., 2011). دوره‌های مختلف آبیاری ۲ و ۱ روزه روی عامل‌های رویشی نهال‌های سرو نقره‌ای در لرستان، اثر معنی‌داری نداشته است (Soofizadeh et al., 2011). تأثیر تنش خشکی روی مورفولوژی نهال داغداغان در مشهد بین آبیاری یک روز در میان و چهار روز یک بار نشان داد که صفات ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک و نسبت سطح برگ کاهش معنی‌داری وجود دارد در حالی‌که در قطر یقه اختلاف معنی‌داری بین شاهد و خشکی مشاهده نشد (Tabatabaei et al.,). در بررسی تأثیر تنش آبی بر ویژگی‌های رویش نهال‌های جوان زیتون، ارقام زرد و باغملک نتیجه گرفته شد که با افزایش تنش آبی، وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح برگ و سطح ریشه کاهش یافتند (Sadrzadeh and Moalemi, 2006). تنش باعث افزایش نسبت ریشه به شاخه و افزایش غلظت آبسزیک اسید در جوانه‌ی انتهایی اکالیپتوس گردید (Li and Wang, 2003).

با توجه به اثرات خشکی بر گونه‌های درختی، محدودیت آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نیاز به گسترش جنگل‌کاری و ایجاد فضای سبز، مطالعه‌ی کنونی به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های ریختی نهال‌های کاج تهران (*Pinus eldar-ica*[1] *Medw.*) و زیتون تلخ (*Melia azedarach L.*[2]) در سن‌های مختلف انجام گردید.

مواد و روش‌ها

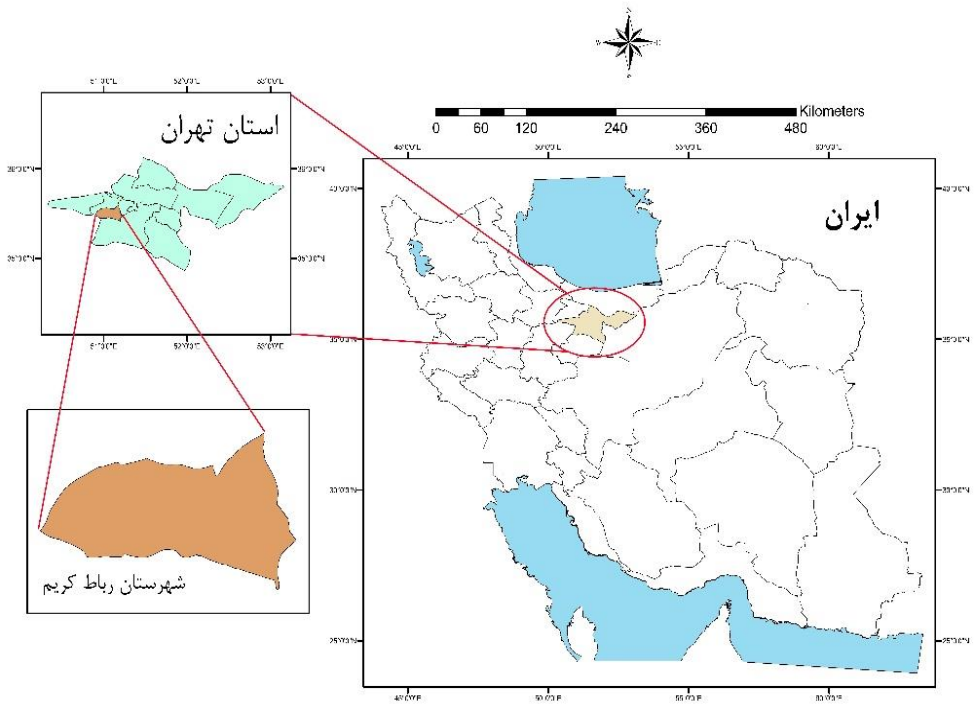
منطقه مورد مطالعه

شهرستان رباط‌کریم در جنوب غربی استان تهران واقع شده و با وسعتی معادل ۲۷۵ کیلومتر مربع در طول جغرافیایی ۵۱°۴′ و عرض جغرافیایی ۳۵°۲۸′ قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰۵۰ متر می‌باشد و از شمال به شهرستان‌های شهریار و شهر کرج (استان البرز)، از جنوب به شهرستان‌های ری و اسلامشهر، از شرق به شهرستان بهارستان و از غرب به شهرستان ساوه (استان مرکزی) محدود گردیده است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه بر اساس اقلیم‌نمای دومارتن گسترش‌یافته دارای تیپ اقلیم خشک با میانگین بارش ۱۴۷/۶ میلی‌متر و میانگین دمای ۱۷/۷ درجه‌ی سانتی‌گراد است. تاکنون پژوهشی در ارتباط با پوشش‌گیاهی در رباط‌کریم صورت نگرفته است اما با مشاهدات میدانی، از پوشش گیاهی شامل سنجد، توت، انجیر، انگور، زبان‌گنجشک، عناب و سماق می‌توان نام برد.

روش انجام تحقیق

این پژوهش در شهرستان رباط‌کریم به صورت کاشت گلخانه‌ای به اجرا درآمد. این مطالعه به صورت فاکتوریل با عامل سن‌های مختلف گونه‌های درختی و تنش‌های مختلف خشکی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۰ تکرار انجام گرفت. این آزمایش برای دو گونه‌ی مورد نظر به صورت مستقل و مجزا انجام شد. عامل‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش شامل عامل سن‌های مختلف گونه‌های گیاهی (گونه‌های درختی ۱ ساله، ۳ ساله و ۵ ساله)، عامل تنش خشکی (۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ درصد از حد مجاز تقلیل رطوبت

1. Pi. el
2. Me. az



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

Fig. 1. Location of the study area

(MAD) و هر کدام در ده تکرار است که در مجموع ۱۸۰ تیمار حاصل می‌گردد. در این مطالعه بافت خاک ثابت و برابر با لومی-ماسه‌ای در نظر گرفته شد. این پژوهش به مدت دو سال و در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام گردید.

برای اینکه گیاه به نقطه‌ی پژمردگی دائم نرسد ضریب اطمینانی در نظر گرفته می‌شود و اینقدر آب از خاک گرفته می‌شود که قبل از آبیاری بعدی گیاه به مرحله پژمردگی نرسیده باشد که آن را مدیریت مجاز نقصان یا تقلیل رطوبت گویند و بصورت MAD نمایش می‌دهند. در حقیقت MAD درصدی از آب قابل استفاده در خاک می‌باشد که بین دو راندمان آبیاری، گیاه بدون آنکه صدمه‌ای ببیند از خاک دریافت می‌کند و معمولاً آن را به‌صورت درصدی از ظرفیت آب قابل استفاده در منطقه ریشه‌ی بیان می‌کنند. برای پایش رطوبت خاک در عمق توسعه‌ی ریشه از دستگاه رطوبت سنجTDR مدل HH2، در چند نقطه از گلدان و در اعماق مختلف استفاده شد. پس از اندازه‌گیری نقاط رطوبتی ظرفیت زراعی و نقطه‌ی پژمردگی و لحاظ نمودن درصد مناسب تخلیه‌ی مجاز رطوبتی (MAD[1]) یک برنامه آبیاری برای هر یک از تیمارهای مختلف تهیه و آبیاری و جبران کمبود رطوبتی (SMD[2]) بر اساس آن انجام گردید.

با توجه به حداکثر عمق ریشه‌ی نهال‌های مختلف یک، سه و پنج ساله‌ی کاج تهران و زیتون تلخ، کاشت نهال‌ها در میکرولایسیمترهایی به قطر و ارتفاع متناسب با نوع گونه و سن آن‌ها انجام شد. بدین صورت که گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ در سن ۱ سالگی در میکرولایسیمتر کوچک، در سن ۳ سالگی در میکرولایسیمتر متوسط و در سن ۵ سالگی در میکرولایسیمتر بزرگ کاشته شدند. تمام میکرولایسیمترها، هم‌اندازه، هم‌شکل، کاملاً سالم و بدون لب پریدگی بودند. حجم میکرولایسیمتر بزرگ، متوسط و کوچک به ترتیب معادل ۰/۰۱۶، ۰/۰۰۹۹ و ۰/۰۰۴ مترمکعب می‌باشد (شکل ۲).

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از کاشت نهال‌ها نیز اندازه‌گیری شد. نسبت ماسه، رس و سیلت آن به‌ترتیب شامل ۶۲٪، ۱۸/۲٪ و ۱۹/۸٪ است. وزن مخصوص ظاهری آن ۱/۴۲ می‌باشد.

1. Management Allowable Depletion
2. Soil Moisture Deficit

شکل ۲. تصاویری از نهال‌های مورد استفاده در مطالعه

Fig. 2. Images of applied seedlings in the study

pH آن ۷/۱۲ و هدایت الکتریکی آن ۵/۶۲ دسی زیمنس برمتر است.

از هر نهال در هر سن به تعداد ۱۰ اصله انتخاب و قطر یقه، ارتفاع و اندازه‌ی تاج پوشش به عنوان میانگین وضعیت اولیه‌ی نهال‌های مورد مطالعه یادداشت گردید. همواره سعی بر آن بود تا نهال‌های تهیه شده از نهالستان بزرگ کرج از نظر قطر و ارتفاع هم‌اندازه باشند. قبل از کاشت، خصوصیات ریختی اولیه‌ی تیمارهای ۱۸گانه نظیر قطر یقه (با کولیس بر حسب میلی‌متر)، ارتفاع ساقه (با متر نواری بر حسب سانتی‌متر)، ابعاد تاج پوشش (با متر نواری بر حسب سانتی‌متر مربع) اندازه‌گیری شد و در اواسط و انتهای دوره آزمایش نیز این خصوصات اندازه‌گیری شدند.

برای محاسبه‌ی سطح تاج پوشش نهال‌ها در سن‌های مختلف با توجه به شبه دایره‌ای بودن شکل تاج به اندازه‌گیری شعاع قطرهای بزرگ و کوچک تاج اقدام و سپس میانگین شعاع تاج در هر نهال محاسبه گردید (Javanmiri Pour et al., 2022). در نهایت مساحت تاج از رابطه مساحت دایره محاسبه شد.

در مراحل مختلف رشد، وضعیت نهال‌های هر یک از سطوح مختلف تنش خشکی مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفت. پارامترهای مورد ارزیابی شامل ارتفاع نهال با دقت سانتی‌متر، قطر بن نهال با دقت میلی‌متر، مساحت تاج پوشش در ابتدا و انتهای بازه‌ی مورد مطالعه در هر سال اندازه‌گیری گردید.

اطلاعات جمع‌آوری شده در نرم‌افزار اکسل (Excel) ذخیره و با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و R مقایسه میانگین‌ها از روش تجزیه واریانس با استفاده از آزمون توکی و t جفتی در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثرات منفرد و متقابل تیمارهای مورد استفاده در کاج تهران

نتایج تجزیه واریانس تیمارها، گونه‌ی گیاهی، تنش خشکی، اثرات متقابل تیمار در گیاه و تنش خشکی بر قطر یقه گونه‌ی کاج تهران در جدول (۱) نشان داده شده است. همان‌طور که جدول (۱) نشان می‌دهد اثر سن و تنش خشکی در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید اما تأثیر متقابل سن گونه و تنش خشکی بر قطر یقه معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و سن بر قطر یقه گیاه کاج تهران

Table 1. Variance analysis of the effect of drought stress and age on collar diameter of Pi.el

پارامتر parameter		مقدار Value	مقدار F F	فرض df Hypothesis df	خطای df Error df	معنی‌داری Sig.
قطر یقه Collar diameter	پیلای تریس Pillai's Trace	.965	1285.735^{b}	2.000	94.000	.000**
	لامبدا ویلکس Wilks' Lambda	.035	1285.735^{b}	2.000	94.000	.000**
	هتلینگ تریس Hotelling's Trace	27.356	1285.735^{b}	2.000	94.000	.000**
	بزرگترین ریشه روی Roy's Largest Root	27.356	1285.735^{b}	2.000	94.000	.000**

**، ns: معنی‌داری به ترتیب در سطح ۱ درصد و عدم معنی‌داری

نتایج تجزیه‌ی واریانس تیمارها، گونه‌ی گیاهی، تنش خشکی، اثرات متقابل تیمار در گیاه و تنش خشکی بر ارتفاع گونه‌ی کاج تهران در جدول (۲) نشان داده شده است. اثر سن در سطح ۱ درصد (p=0.01) معنی‌دار گردید درحالی‌که اثر تنش خشکی و تأثیر متقابل سن گونه در تنش خشکی معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و سن بر ارتفاع گیاه کاج تهران

Table 2. Variance analysis of the effect of drought stress and age on Pi.el height

پارامتر parameter		مقدار Value	مقدار F F	فرض df Hypothesis df	خطای df Error df	معنی‌داری Sig.
ارتفاع Height	پیلای تریس Pillai's Trace	.533	53.718^{b}	2.000	94.000	.000**
	لامبدا ویلکس Wilks' Lambda	.467	53.718^{b}	2.000	94.000	.000**
	هتلینگ تریس Hotelling's Trace	1.143	53.718^{b}	2.000	94.000	.000**
	بزرگترین ریشه روی Roy's Largest Root	1.143	53.718^{b}	2.000	94.000	.000**

**، ns: معنی‌داری به ترتیب در سطح ۱ درصد و عدم معنی‌داری

نتایج تجزیه واریانس تیمارها، گونه‌ی گیاهی، تنش خشکی، اثرات متقابل تیمار در گیاه در تنش خشکی بر مساحت تاج پوشش گونه‌ی کاج تهران در جدول (۳) نشان داده شده است. اثر سن، اثر تنش خشکی و تأثیر متقابل سن گونه در تنش خشکی در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید.

تجزیه واریانس اثرات منفرد و متقابل تیمارهای مورد استفاده در زیتون تلخ

نتایج تجزیه‌ی واریانس تیمارها، گونه‌ی گیاهی، تنش خشکی، اثرات متقابل تیمار در گیاه در تنش خشکی

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و سن بر مساحت تاج پوشش گونه‌ی کاج تهران

Table 3. Variance analysis of the effect of drought stress and age on canopy area of Pi.el

پارامتر Parameter		مقدار Value	مقدار F F	فرض df Hypothesis df	خطای df Error df	معنی‌داری Sig.
سطح تاج پوشش Canopy area	پیلای ترایس Pillai's Trace	.538	54.665[b]	2.000	94.000	.000**
	لامبدا ویلکس Wilks' Lambda	.462	54.665[b]	2.000	94.000	.000**
	هتلینگ ترایس Hotelling's Trace	1.163	54.665[b]	2.000	94.000	.000**
	بزرگترین ریشه روی Roy's Largest Root	1.163	54.665[b]	2.000	94.000	.000**

**، ns: معنی‌داری به ترتیب در سطح ۱ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و سن بر قطر یقه زیتون تلخ

Table 4. Variance analysis of the effect of drought stress and age on collar diameter of Me.az

پارامتر Parameter		مقدار Value	مقدار F F	فرض df Hypothesis df	خطای df Error df	معنی‌داری Sig.
قطر یقه Collar diameter	پیلای ترایس Pillai's Trace	.986	3385.947[b]	2.000	94.000	.000**
	لامبدا ویلکس Wilks' Lambda	.014	3385.947[b]	2.000	94.000	.000**
	هتلینگ ترایس Hotelling's Trace	72.041	3385.947[b]	2.000	94.000	.000**
	بزرگترین ریشه روی Roy's Largest Root	72.041	3385.947[b]	2.000	94.000	.000**

**، ns: معنی‌داری به ترتیب در سطح ۱ درصد و عدم معنی‌داری

بر قطر یقه گونه‌ی زیتون تلخ در جدول (۴) نشان داده شده است. اثر سن، تنش خشکی و تأثیر متقابل سن گونه در تنش خشکی بر قطر یقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید.

نتایج تجزیه‌ی واریانس تیمارها، گونه‌ی گیاهی، تنش خشکی، اثرات متقابل تیمار در گیاه در تنش خشکی بر ارتفاع گونه‌ی زیتون تلخ در جدول (۵) نشان داده شده است. اثر سن، تنش خشکی و تأثیر متقابل سن گونه در تنش خشکی بر قطر یقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید.

نتایج تجزیه‌ی واریانس تیمارها، گونه‌ی گیاهی، تنش خشکی، اثرات متقابل تیمار در گیاه در تنش خشکی بر سطح تاج پوشش گونه‌ی زیتون تلخ در جدول (۶) نشان داده شده است. اثر سن معنی‌دار گردیده است اما تنش خشکی و تأثیر متقابل سن گونه در تنش خشکی در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیست.

اثر تنش خشکی بر قطر یقه

مقدار قطر یقه در تنش خشکی ۰/۳ نسبت به تنش‌های خشکی ۰/۵ و ۰/۷ در سن‌های ۱، ۳ و ۵ سالگی در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ نشان می‌دهد که مقدار آن در گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ دارای بیشترین مقدار می‌باشد (شکل ۳). برای کاج تهران در سن ۵ سالگی، مقدار قطر یقه برای تنش‌های خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در سال ۱۴۰۰ به ترتیب برابر با ۲۳/۳، ۱۳/۴ و ۱۴/۵ میلی‌متر و در سال ۱۴۰۱ به ترتیب برابر با ۲۸/۳، ۲۵/۴ و ۲۶/۴ میلی‌متر می‌باشد. همچنین، برای زیتون تلخ در سن ۵ سالگی، در سال ۱۴۰۰ به ترتیب برابر با ۳۱/۷۳، ۲۶/۸ و ۲۸/۹ میلی‌متر و در سال ۱۴۰۱ به ترتیب برابر با ۳۷/۳، ۳۰/۷ و ۲۹/۹

جدول ۵ . نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و سن بر ارتفاع گونه‌ی زیتون تلخ
Table 5. Variance analysis of the effect of drought stress and age on Me.az height

پارامتر Parameter		مقدار Value	مقدار F F	فرض df Hypothesis df	خطای df Error df	معنی‌داری Sig.
ارتفاع Height	پیلای ترایس Pillai's Trace	.988	3920.254[b]	2.000	94.000	.000**
	لامبدا ویلکس Wilks' Lambda	.012	3920.254[b]	2.000	94.000	.000**
	هتلینگ ترایس Hotelling's Trace	83.410	3920.254[b]	2.000	94.000	.000**
	بزرگترین ریشه روی Roy's Largest Root	83.410	3920.254[b]	2.000	94.000	.000**

**، ns: معنی‌داری به ترتیب در سطح ۱ درصد، و عدم معنی‌داری

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و سن بر سطح تاج پوشش گونه‌ی زیتون تلخ
Table 6. Variance analysis of the effect of drought stress and age on the crown area of Me.az

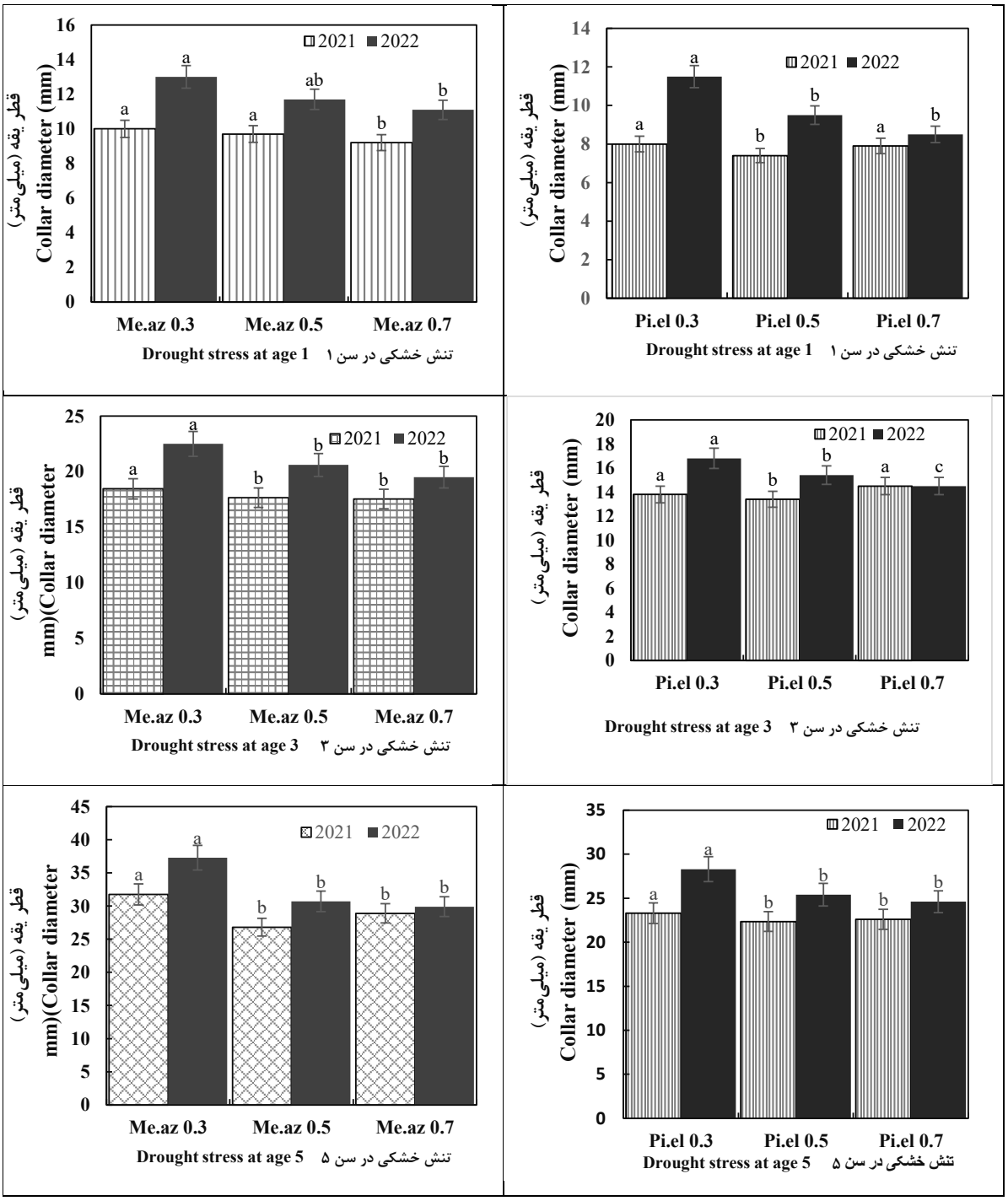
پارامتر Parameter		مقدار Value	مقدار F F	فرض df Hypothesis df	خطای df Error df	معنی‌داری Sig.
سطح تاج Canopy area	پیلای ترایس Pillai's Trace	.628	79.266[b]	2.000	94.000	.000**
	لامبدا ویلکس Wilks' Lambda	.372	79.266[b]	2.000	94.000	.000**
	هتلینگ ترایس Hotelling's Trace	1.687	79.266[b]	2.000	94.000	.000**
	بزرگترین ریشه روی Roy's Largest Root	1.687	79.266[b]	2.000	94.000	.000**

**، ns: معنی‌داری به ترتیب در سطح ۱ درصد، و عدم معنی‌داری

میلی‌متر است (شکل ۳).

نتایج مقایسه‌ی قطر یقه‌ی نهال‌ها در گروه‌ها و سال‌های مختلف تحت تنش‌های مختلف خشکی نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها به احتمال ۰/۰۱ است (شکل ۳).

تنش خشکی بر قطر نهال‌ها تأثیر معنی‌داری داشته است، که این امر با مطالعه Asri و همکاران (2008) سازگار می‌باشد. آنان طی تحقیقاتی بر روی نهال‌های بلند مازو در سواحل نوشهر دریافتند که هر چه خشکی بیشتر باشد، قطر نهال‌ها کمتر می‌شود. Miller (2008)در مطالعه‌ای اشاره نمود که تنش رطوبتی سبب کاهش قطر یقه‌ی نهال‌ها می‌شود که این احتمالاً به دلیل طولانی بودن مدت زمان مطالعه بر روی نهال‌ها بوده است. همچنین، نتایج مطالعه Bouno و همکاران (2020) مبنی بر نیاز آبی و شاخص‌های رشد نهال گونه‌های درختان جنگلی با مدیریت آبیاری نشان‌دهنده‌ی مقادیر عامل‌های رشد گیاهی زیر ۰/۵ برای همه‌ی گونه‌ها می‌باشد که این امر حساسیت کم به رشد، هم از نظر ارتفاع و هم از نظر قطر، در پاسخ به کمبود آب را نشان می‌دهد. در راستای تأثیر تنش‌های خشکی بر صفات مورفولوژیک گونه‌های مورد بررسی، نتایج Boor و همکاران (2022) همسو با یافته‌های مطالعه‌ی حاضر است. بر این اساس، نتایج این مطالعه نشان داد که با طولانی‌تر شدن دوره‌های آبیاری از هفت روز یک‌بار به ۲۸ روز یک‌بار، درصد زنده‌مانی گونه‌ها و صفات ریختی مانند رویش ارتفاعی، قطری، تاجی (تاج پوشش) و سطح برگ گونه‌ها تحت تأثیر تنش



شکل ۳. قطر یقه‌ی نهال‌ها در گونه‌های زیتون تلخ و کاج تهران در سن‌های ۱، ۳ و ۵ سال و در تنش‌های ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

Fig 3. Collar diameter of Me.az and Pi.el seedlings at the ages of 1, 3 and 5-years and in stresses of 0.3, 0.5 and 0.7 in 2021 and 2022

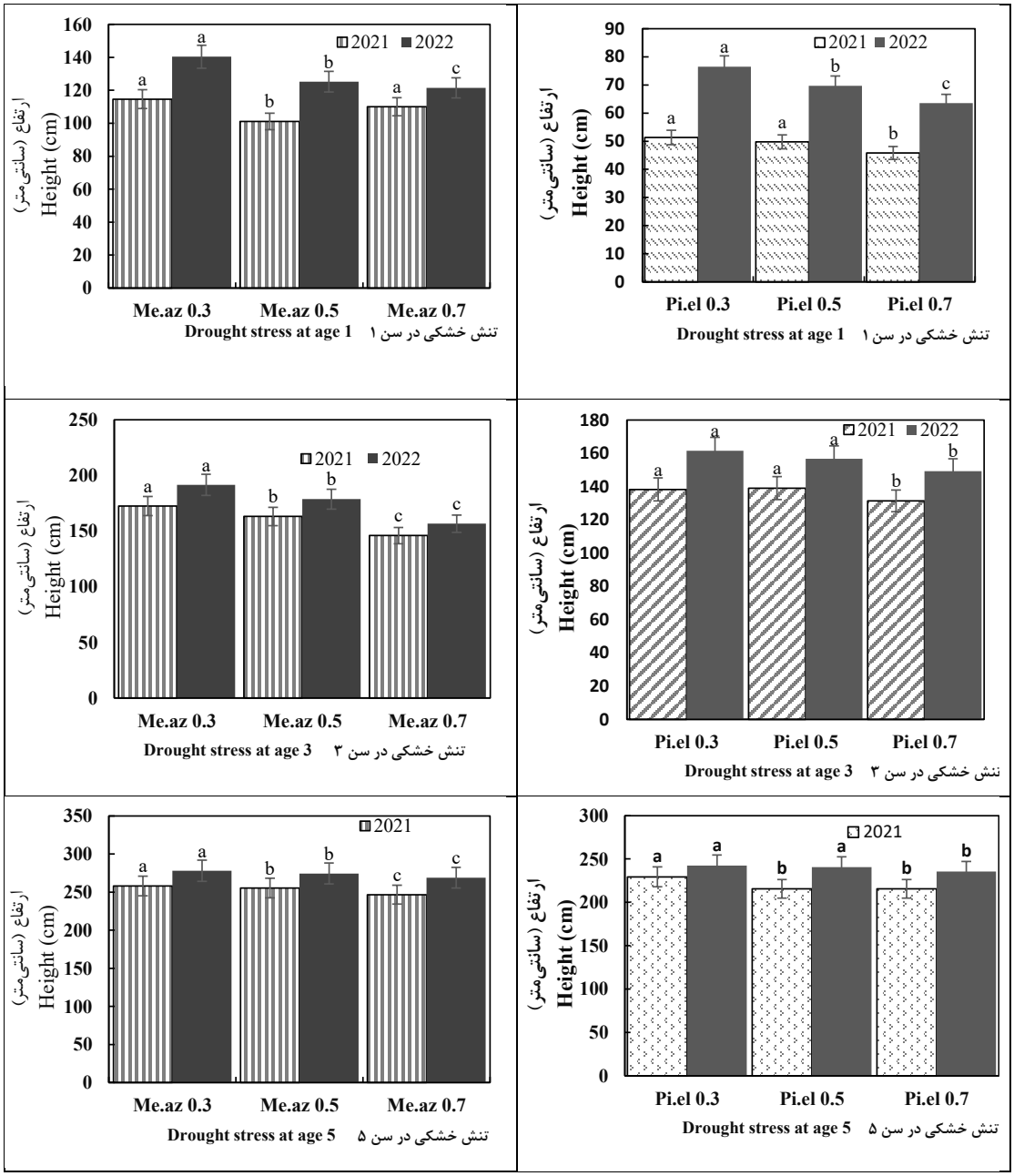
کم‌آبیاری کاهش می‌یابد. برآیند نتایج نشان داد که گونه‌های داغداغان، زیتون تلخ و اقاقیا عملکرد مناسبی در دوره‌های آبیاری مختلف در برخی مشخصه‌های مورد بررسی از خود نشان دادند.

مطالعه‌ی اثر تنش خشکی بر رشد و برخی ویژگی‌های نهال‌های بنه توسط Mirzaei و Karam-shahi (2015) نیز با نتایج پژوهش جاری همسو می‌باشد. زیرا نتایج نشان داد که تنش خشکی بر اکثر ویژگی‌های مورفولوژیک نهال‌های بنه تأثیر معنی‌داری دارد به‌طوری که تنش خشکی سبب

کاهش رشد ارتفاعی، قطری و سطح برگ نهال‌های بنه گردیده است.

اثر تنش خشکی بر ارتفاع نهال

ارتفاع نهال در تنش خشکی ۰/۳ نسبت به تنش‌های خشکی ۰/۵ و ۰/۷ در سن‌های ۱، ۳ و ۵ سالگی در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ نشان می‌دهد که مقدار آن در گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ به طور معمول دارای بیشترین مقدار می‌باشد (شکل ۴). برای کاج تهران در سن ۳ سالگی، مقدار ارتفاع برای تنش‌های خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در سال ۱۴۰۰ به ترتیب برابر با ۱۳۸/۳، ۱۳۹/۱ و ۱۳۴/۳۵ میلی‌متر و در سال ۱۴۰۱ به ترتیب برابر با ۱۶۱/۵، ۱۵۶/۷ و ۱۴۹/۳۵ میلی‌متر می‌باشد. همچنین، برای زیتون تلخ در سن ۳ سالگی، در سال ۱۴۰۰ به ترتیب برابر با ۱۷۲/۵، ۱۶۳/۱ و ۱۴۶ میلی‌متر و در سال ۱۴۰۱ به ترتیب برابر با ۱۹۱/۶، ۱۷۸/۷ و ۱۵۶/۶ میلی‌متر است (شکل ۴).



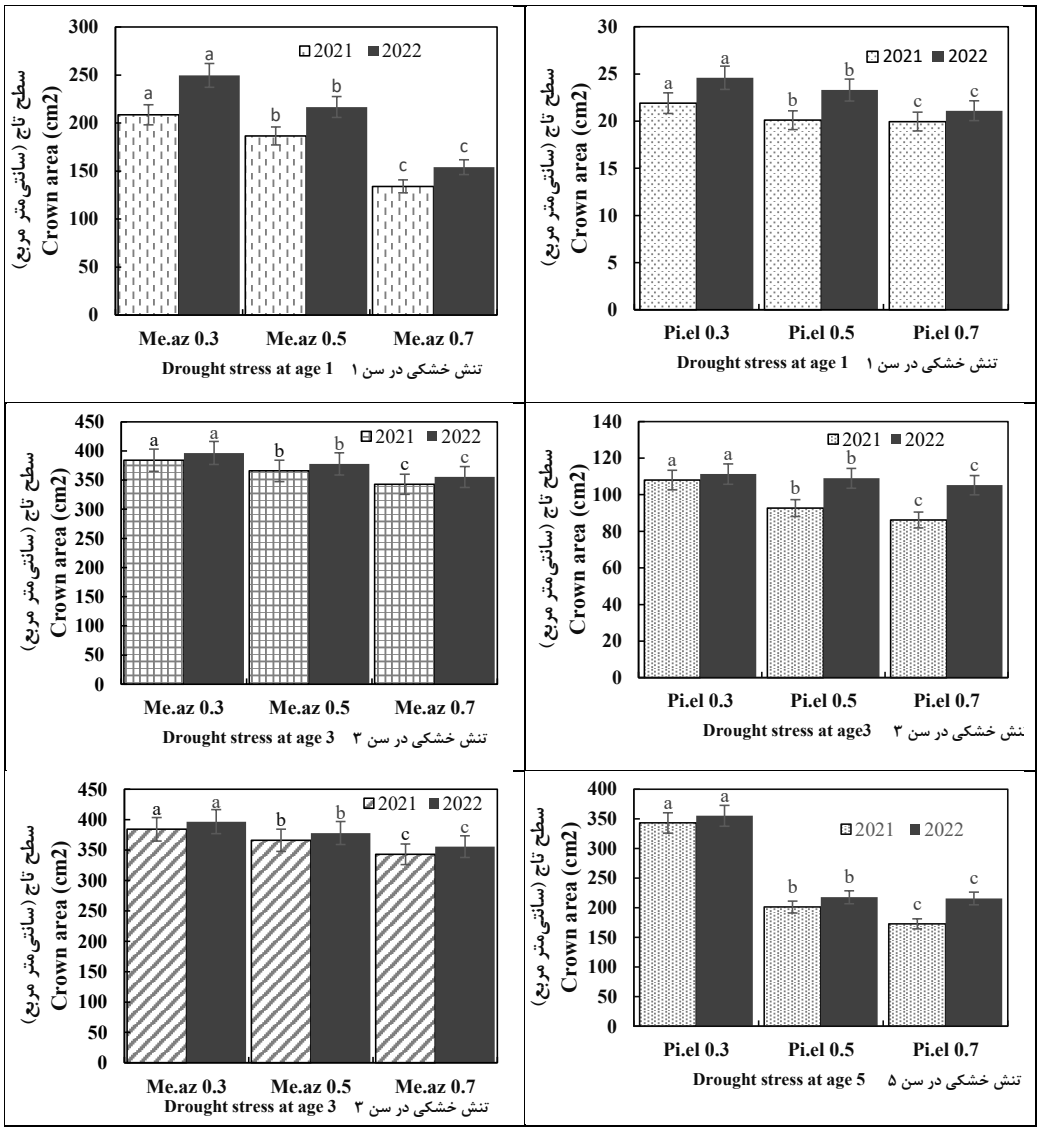
شکل ۴. ارتفاع نهال‌ها در گونه‌های زیتون تلخ و کاج تهران در سن‌های ۱، ۳ و ۵ سال و در تنش‌های ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

Fig. 4. The height of Me.az and Pi.el seedlings at the ages of 1, 3 and 5-years and in stresses of 0.3, 0.5 and 0.7 in 2021 and 2022

نتایج مقایسه‌ی ارتفاع نهال‌ها در گروه‌ها و سال‌های مختلف تحت تنش‌های مختلف خشکی نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها به احتمال ۰/۰۱ در گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ است (شکل ۴). کاهش آبیاری موجب گردیده تا ارتفاع نهال‌ها کاسته شده و این نتیجه با مطالعات Hassanvand و همکاران (2010)، Rahimi و همکاران (2021)، Dichio و همکاران (2002) و Hoffو Rambal (2003) در یک راستا می‌باشد. Nakagawa و همکاران (2018) نشان دادند که خشکی سبب کاهش رشد اندام هوایی نهال می‌شود. همچنین Lin و همکاران (2023) نشان دادند که تأثیر توام آبیاری منظم و کوددهی سبب افزایش ارتفاع می‌گردد و حتی کوددهی بدون آبیاری تأثیری روی رویش نهال ندارد .

اثر تنش خشکی بر مساحت تاج پوشش

مساحت تاج پوشش در تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در سن‌های ۱، ۳ و ۵ سالگی در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ نشان می‌دهد که مقدار آن‌ها در گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ با نوساناتی همراه می‌باشد (شکل ۵). برای کاج تهران در سن ۱ سالگی، مقدار سطح تاج پوشش برای تنش‌های خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در سال ۱۴۰۰ به ترتیب برابر با ۲۰/۱، ۲۱/۹ و ۱۹/۹۵ میلی‌متر و در سال ۱۴۰۱ به ترتیب برابر با ۲۴/۶،



شکل ۵. مساحت تاج پوشش نهال‌های زیتون تلخ و کاج تهران در سن‌های ۱، ۳ و ۵ سال و در تنش‌های ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

Fig. 5. Canopy area of Me.az and Pi.el seedlings at the ages of 1, 3 and 5-years and at stresses of 0.3, 0.5 and 0.7 in 2021 and 2022

۲۳/۳ و ۲۱/۱ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین، برای زیتون تلخ در سن ۱ سالگی، در سال ۱۴۰۰ به ترتیب برابر با ۱۵۴/۱، ۲۱۶/۶۵ و ۲۴۹/۷ سانتی‌متر مربع و در سال ۱۴۰۱ به ترتیب برابر با ۲۴۹/۷، ۲۱۶/۶۵ و ۱۵۴/۱ سانتی‌متر مربع است (شکل ۵).

نتایج مقایسه‌ی سطح تاج پوشش در گروه‌ها و سال‌های مختلف تحت تنش‌های مختلف خشکی نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها به احتمال ۰/۰۱ در گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ است (شکل ۵).

با افزایش تنش خشکی و کاهش رطوبت در یک سن خاص مقدار سطح تاج پوشش در گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ کاهش می‌یابد. نتایج مقایسه‌ی میانگین انجام شده در این تحقیق نیز نشان داد که تنش آبی بر مورفولوژی اندام نهال‌های مورد مطالعه در همه‌ی موارد معنی‌دار نیست، به‌طوری‌که می‌توان گفت کمبود آب بر قطر یقه و سطح تاج پوشش در گونه‌ی کاج تهران و بر قطر یقه و ارتفاع زیتون تلخ معنی‌دار به دست آمد. تأثیر متقابل سن نهال و تنش خشکی بر سطح تاج پوشش کاج تهران و بر قطر یقه و ارتفاع زیتون تلخ معنی‌دار است. این نتایج با مطالعه‌ی رحیمی و همکاران (Rahim et al., 2021) هم‌راستا نیست که این امر احتمالاً به تفاوت گونه‌های مورد آزمایش و شرایط محیطی مربوط است. با این تفاوت که در در مطالعه‌ی مورد مقایسه از گونه‌ی ارغوان استفاده شده است و شرایط محیطی انجام آزمایش نیمه‌خشک می‌باشد.

رویش نهال بید سفید (*S.alba*) تحت تنش کم‌آبی در شهرستان نور توسط Barshan و همکاران (2016) با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. زیرا نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش تنش خشکی از رویش طولی و قطری، از توده‌ی اندام هوایی و زمینی، تعداد برگ و حجم ریشه‌ی نهال‌ها کاسته می‌شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده، با توجه به آشنایی با سرشت مقاومت به خشکی گونه‌های کاج تهران و زیتون تلخ، رعایت رژیم آبیاری و انتخاب تنش خشکی مناسب می‌توان به موفقیت پروژه‌های جنگل‌کاری در مناطق خشک امیدوار بود. با توجه به مجموعه عوامل محدود کننده‌ی فنی و غیرفنی از قبیل شرایط ادافیک و اکولوژیک و منابع مالی موجود در میان تنش‌های خشکی بررسی شده بهتر است از تنش خشکی ۰/۷ استفاده نمود تا نهال‌های کاج تهران و زیتون تلخ مورد استفاده توان مقاومت در مقابل شرایط نامساعد محیطی را داشته باشند. زیرا استفاده از چنین تنشی باعث مقاوم‌تر شدن گونه‌های مورد استفاده در جنگل‌کاری در شرایط واقعی طبیعی و بقای آن‌ها در بلندمدت می‌شود.

سپاسگزاری

این پژوهش با اعتبارات شهرداری تهران، سازمان بوستان‌ها و فضای سبز شهر تهران به انجام رسیده است.

منابع

Ahani, H., jalilvand, H., Vaezi, J. & Sadati, S E. (2018). Drought stress on Elaeagnus rhamnoides (L.) A. Nelson seedlings morphology, *Plant ecosystem protection*, 5(11), 191-204. [In Persian].

Ahmadlo, F., tabari, M. & behtari, B. (2012). Effect of water stress and accelerated ageing on some physiological characteristics of Pinus brutia Ten. seeds, *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, *19*(2), 345-358. [In Persian].

Amini, F., Fatah Ravandi, N. & Asgari, M. (2016). Anatomical Study of the Air Pollution Effect on Robinia pseudoacacia and Ailanthus altisima leaves near to Iran Aluminum Co. (IRALCO), *Cell and Tissue Journal*, *6*(4), 501-511. [In Persian].

Asri, M., Tabari, M., Alavipanah, S.K. & Mahdavi, R. (2008). Growth and development of Quercus castaneifolia seedlings at different irrigation treatments, *Research and development in Natural Resources*, 21(1(, 167-176. [In Persian].

Barshan, M., Tabari Kouchaksaraei, M., Sadati, S. E. & Shahhoseini, R. (2016). Growth and Survival

Ghabooli, M. & Hosseini, A. (2021). Piriformospora indica promotes some morphophysiological traits, yield and ion homeostasis of barley (*Hordeum Vulgare* L.) under drought stress, *Iranian Journal of Plant Biology*, *13*(1), 1-18. [In Persian].

Hassanvand, Sh., Etemad, V., Nemiranyan, M. & Atarod, P. (2010). *The effect of irrigation levels on root length and survival of seedlings and comparison of drought resistance of production seedlings. (Case study: Kentia nursery in north of Tehran)*. Complete articles of the first conference of the National Botanical Garden of Iran, November. [In Persian].

Heidari, M., & Attarroshan, S. (2010). Determining the appropriate irrigation period for Kikum seedlings (*Acer monspessulanum*) in Dareh Shahr Nursery - Ilam Province. Renewable Natural Resources Research, 1(2), 59-71. [In Persian].

Heidari, M. Abdullahzadeh, p. & Attar Roshan, S. (2013). Determining the appropriate irrigation period for Maple seedlings (Acer monspessulanum) in Dareh Shahr Nursery, Ilam Province, *Renewable Natural Resources Research*, 1(2), 59-71. [In Persian].

Hoff, C, & Rambal, S. (2003). An examination of the interaction between climate, soil and leaf area index in a *Quercus ilex* ecosystem, *Annals of Forest Science*, 60(2), 153-161.

Jalilimarandi, R. (2005). *Physiology of environmental stresses and resistance mechanisms in garden plants*, The first volume, University Jihad Publications, Urmia branch. [In Persian].

Javanmiri Pour, M., Hassanzadeh, A., Parvaneh, R. & Mashayekhi, Z. (2022). Quantification of the destruction of structural characteristics in the areas of Brant`s oak (Quercus brantii Lindl.) slash and burn agricultural areas in Zagros ecosystems, *Iranian Journal of Forest and* of Willow Seedling (*Salix alba* L.) Under Water Deficit Stress, *Forest and Wood Products*, *69*(2), 249-257.

Boor, Z., Hosseini, S. M., Soleimani, A. & Taheri Abkenar, K. (2022). Investigation of survival, growth and physiology of six afforested species under different irrigation regimes, *Forest Research and Development*, *8*(1), 97-111. [In Persian].

Bouno, MM, dos Santos Leles PS, Gonçalves Abreu JF, dos Santos JJS. & de Carvalho DF. (2020). Water requirement and growth indicators of forest tree species seedlings produced with automated irrigation management, *PLoS ONE* 15(11), e0238677.

Delafan Azari, N., Rostami Shahraji, T., Gholami, V. & Hashemi Garmdareh, S. E. (2018). An assessment of water requirement and investigation of different irrigation levels on growth parameters of eldar pine (Pinus eldarica Medw) seedlings (case study: Tehran), *Iranian Journal of Forest*,*10*(2), 237-250. [In Persian].

Diatta, A. A. , Fike, J. H. , Battaglia, M. L., Galbraith, J. & Baig, M. B. (2020). Effects of biochar on soil fertility and crop productivity in arid regions: A review, *Arabian Journal of Geosciences,* 13, 595.

Dichio, B., Romano, M., Nuzzo, V. & Xiloyannis, C. (2002). Soil water availability and relationship between canopy and roots in young olive trees (cv Coratina), *Acta Horticulturae*, 586, 419–422.

Dolatkordestani, M., Taghvaei, M. & Barkhori, S. (2017). Evaluation of the effect of putrescine on morphological and physiological indices of Giant Milkweed Seedlings (*Calotropis procera* Ait.) under drought conditions, *Journal of Plant Environmental Physiology*, *12*(45), 1-13. [In Persian].

layer diversity and some morphological traits and nutrient of leaves of hornbeam (Carpinus betulus L.) trees in Hyrcanian forests (Case study: Asalam forest, Guilan), *Plant ecosystem protection*, 4(9), 49-60. [In Persian].

Nakagawa, A.C., Itoyama, H., Ariyoshi, Y., Ario, N., Tomita, Y., Kondo, Y., Iwaya-Inoue, M. & Ishibashi. Y. (2018). Drought stress during soybean seed filling affects storage compounds through regulation of lipid and protein metabolism, *Acta Physiol*ogy *Plant*, 40, 1-8.

Okorie, V. O., Mphambukeli, T. N. & Amusan, S. O. (2019). Exploring the political economy of water and food security nexus in BRICS, *Africa Insight,* 48, 21-38.

Rad, M. H., asareh, M., meshkat, M. A. & soltani, M. (2011). Effects of drought stress on biomass, several growth parameters and water use efficiency of eucalyptus (*Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh) in response to drought stress, *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 19(1), 13-27. [In Persian].

Rahimi, H., Ahmadaali, K. &tion levels, *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *14*(6), 2100-2111. [In Persian].

Sadati, S. E., Tabari, M., Assareh, M. H., Heidari Sharifabad, H. & Fayaz, P. (2011). Response of *Populus caspica* Bornm. Seedlings to flooding, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *19*(3), 355-340. [In Persian].

Sadrzadeh, M., & Moalemi, N. (2006). The effect of water and potassium stress on the vegetative characteristics of young olive seedlings, Zard and Baghmolek cultivars. Agricultural Research, 6(4), 1-10.

Saeidi abueshaghi, Z., Pilehvar, B. & Sayedena, S. (2021). Effect of drought stress on morphophysiological and biochemical traits of *Poplar Research*, *30*(2), 164-179. [In Persian].

Kamali M, Samsampour D, Bagheri A, Mehrafarin A. & Homaei A. (2023). Influence of Wate Stress on the Morphophysiological and Biochemical Traits of the Medicinal Plant *Teucrium stocksianum* Boiss, Plant Process and Function, 12(54), 307-324. [In Persian].

Li, C. & Wang, K. (2003). Differences in drought responses of three contrasting Eucalyptus microtheca F. Muell. Populations, *Forest Ecology and Management*, 179, 377–385.

Lin, S., Wang, C., Lei, Q., Wei, K., Wang, Q., Deng, M., Su, L., Liu, S. & Duan, X. (2023). Effects of Combined Application of Organic Fertilizer on the Growth and Yield of Pakchoi under Different Irrigation Water Types, *Agronomy*, 13, 2468.

Miller, J. & Curtin, D. (2008). Electrical conductivity and soluble ions. Section 15 in MR Carter and EG Gregorich, eds. Soil sampling and methods of analysis: CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL.

Mirzaei, J. & Karamshahi, A. (2015). Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of Pistacia atlantica seedlings, *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *22*(1), 31-43. [In Persian].

Mirzaei, M. R. & Ghadami Firouzabadi, A. (2022). Evaluation of the Effective Drought Stress Level for Drought Tolerance of Sugar Beet Genotypes, *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *16*(5), 1055-1065. [In Persian].

Mohammadi, S., Nahvi, M. & Mohadesi, A. (2015). The effect of irrigation interval on vegetative different stage on yield and yield component in rice line and varieties, *Applied Field Crops Research*, 28(107), 108-114. [In Persian].

Moradi, S., Abrari vajari, K., Pilehvar, B. & Shabanian, N. (2017). Interactions between tree

purple (*Cercis siliquastrum* L.) seedlings, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *29*(1), 91-100. [In Persian].

Soofizadeh, N., Hosseini, S. M., & Tabari, M. (2010). Effect of seed sowing date, irrigation and weed control on some quantitative and qualitative characteristics of *Pinus brutia* seedlings in nursery. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *18*(1), 89-77. [In Persian].

Tabatabaei, S.A.H., Jalilvand, H. & Ahani, H. (2014). Drought stress response in Caucasian hackberry: growth and morphology, *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5(3), 158-169.