J. Crop Prod. Process. 2025, 15(2), 19-40; DOI: 10.47176/jcpp.15.2.35592

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

Investigating the Effect of Physical and Chemical Treatments on the Rate of Rooting of Iranian and Imported Olive Cultivars Cuttings under Bottom-Heat and without Bottom-Heat Conditions

Mohammad Mahmoudi[1], AhmadReza Dadras[2]* and Mahmood Ghasemnezhad[3]

1 and 3. M.Sc. Graduate and Professor, respectively, Department of Horticultural Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
2. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agricultural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran.

Extended Abstract

Introduction: Olive (*Olea europaea* L.) encompasses numerous species and cultivars widely distributed as wild, naturalized, or cultivated trees and shrubs across vast regions of the world. Possessing a millennium-long history in Iran, this plant has been a crucial agricultural commodity and consistently holds substantial economic importance. Olive trees grow and develop well in Mediterranean climates, which feature temperate weather and mild winters. In recent years, the consumption of olives and their products has significantly increased in Iran, a trend expected to continue in the coming years. This rising demand necessitates expanding cultivation areas, developing horticultural programs, and establishing a source for producing new saplings to create new orchards and rejuvenate older ones. Propagating olive trees can be tricky, especially when it comes to rooting certain imported cultivars. This challenge has made it difficult for growers to expand production and meet demand for these popular plants. Rooting success is influenced by a mix of factors: the physical treatments applied to cuttings, the use of rooting chemicals like indole butyric acid (IBA), and environmental conditions, such as temperature. This study takes a closer look at how combining these approaches can improve rooting in four olive cultivars (Koroneiki, Koncervolia, Picual, and Zard) to make propagation easier and more reliable.

Materials and Methods: This study was conducted as two separate experiments one with bottom heat and one without at the Tarom Olive Research Station (49°05′ E longitude, 36°47′ N latitude, 350 meters above sea level). Each experiment was arranged as a factorial design within a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The factors included cultivar (Koroneiki, Konservolia, Picual, and Zard), plant growth regulator (indole-3-butyric acid IBA at 0, 2000, and 4000 mg L^{-1}), and physical treatment of cuttings (control, basal scratching, and basal splitting). Ten cuttings were used as a sample for each replication. Semi-hardwood cuttings, 18 to 20 cm in length, were collected from the selected cultivars between early and mid-December. Each cutting retained four leaves, and the remaining leaves were removed. To prevent fungal diseases in the rooting medium, carbendazim fungicide at a concentration of 1.5 g/L was applied. The basal ends of the cuttings were disinfected by immersing them in the same carbendazim solution for 10 to 15 minutes before planting. After treatment, cuttings were rinsed thoroughly with clean

Received: Mar. 09, 2025; Revised: Apr. 17, 2025; Accepted: Apr. 21, 2025; Published Online: Jun. 16, 2025.
* Corresponding Author: a.dadras@areeo.ac.ir

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

water to eliminate any fungicide residue. Key parameters measured included rooting percentage, root number, root length, fresh and dry root weight, shoot number, and shoot length. The study also analyzed how the interaction of these treatments affected each cultivar's performance.

Results and Discussion: Initially, a test of homogeneity of variances was performed on the data with the aim of pooling it for a combined analysis. However, since the test for homogeneity of variances was significant for all traits, a combined analysis was not permissible. Consequently, the data from each experiment were analyzed separately. The analysis of variance (ANOVA) results revealed distinct outcomes between the two experimental conditions. Under without bottom heat conditions, cultivar, physical factors, and chemical factors, along with their interactions, showed significant effects on all investigated traits. The sole exception was the length of the longest root, where the interaction between cultivar and physical factor was non-significant. In contrast, under bottom heat conditions, cultivar, physical factors, and chemical factors, as well as their interactions, exerted significant effects on most of the traits examined. The findings were promising. Both the physical treatments and the chemical application of IBA significantly boosted rooting across all cultivars. Among the physical methods, scratching and splitting had the most impact, especially when combined with 4000 mg L^{-1} IBA. Picual emerged as the top performer, achieving a 66.15% rooting rate under non-bottom-heat conditions when treated with 4000 mg L^{-1} IBA and splitting the ends of the cuttings. On the other end of the spectrum, Koncervolia showed the lowest rooting rate (5.25%) in the control treatment under similar conditions. Adding bottom heat further enhanced rooting results. Picual excelled again, with a 69.75% rooting rate when treated with 4000 mg L^{-1} IBA and scratching. These results highlight the importance of combining high IBA concentrations with physical treatments to maximize rooting success, particularly when bottom heat is used to create a more favorable environment for root growth.

Conclusion: This study demonstrates how crucial it is to tailor propagation techniques for better rooting success in olive cuttings. Combining 4000 mg L^{-1} IBA with scratching or splitting the ends of cuttings under bottom-heat conditions proved to be the most effective method, especially for the Picual cultivar. These insights provide growers with practical strategies for overcoming the challenges of rooting imported cultivars. Moving forward, researchers might want to explore other factors, like nutrient enrichment or fine-tuning environmental controls, to make olive propagation even more successful.

Keywords: Indole butyric acid, Rooting percentage, Scratching, Splitting.

How to Cite: Mahmoudi M., Dadras A. R., Ghasemnezhad M. Investigating the Effect of Physical and Chemical Treatments on the Rate of Rooting of Iranian and Imported Olive Cultivars Cuttings under Bottom-Heat and without Bottom-Heat Conditions. *J. Crop Prod. Process*. 2025, 15(2), 19-40. (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.15.2.35592

Copyright © 2025 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۲، صص. ۴۰-۱۹، DOI: 10.47176/jcpp.15.2.35592

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

بررسی اثر تیمارهای فیزیکی و شیمیایی در میزان ریشه‌زایی قلمه‌های ارقام زیتون ایرانی و وارداتی تحت شرایط پاگرما و بدون پاگرما

محمد محمودی[۱]، احمدرضا دادرس[۲*] و محمود قاسم‌نژاد[۳]

چکیده– یکی از مشکلات اصلی تکثیر زیتون، سخت ریشه‌زایی برخی از ارقام مهم است. در این راستا، به‌منظور بررسی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی بر ریشه‌زایی قلمه‌های زیتون (ارقام کرونیکی، کنسروالیا، پیکوال و زرد) در دو شرایط کشت بدون پاگرما و پاگرما در دو آزمایش جداگانه اجرا شد. تیمارهای فیزیکی در سه سطح (شاهد، خراش‌دهی و شکاف‌دهی انتهای قلمه‌ها) به‌همراه کاربرد ایندول بوتیریک اسید در سه سطح (غلظت‌های صفر، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بررسی شدند. هر دو آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. بر اساس نتایج، استفاده از تیمار ایندول بوتریک اسید به‌ویژه در غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌همراه تیمارهای فیزیکی توانست به‌طور معنی‌داری صفات درصد ریشه‌زایی، طول بلندترین ریشه، تعداد ریشه، وزن‌تر ریشه، وزن خشک ریشه، تعداد شاخه و طول شاخه را در رقم‌های مختلف زیتون را بهبود بخشد. در شرایط بدون پاگرما درصد ریشه‌زایی رقم پیکوال در ترکیب تیمار همزمان غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید و شکاف‌دهی انتهای قلمه با میزان ۶۶/۱ درصد بیشترین درصد ریشه‌زایی را به خود اختصاص داد و کمترین مقدار این صفت در تیمار شاهد با میزان ۵/۲۵ درصد در رقم کنسروالیا به‌دست آمد. در شرایط پاگرما نیز رقم پیکوال با میزان ۶۹/۷ درصد بالاترین میزان ریشه‌زایی را در ترکیب تیماری همزمان غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید و خراش‌دهی داشت و کمترین میزان آن را در رقم کنسروالیا و به میزان ۹/۹ درصد در تیمار شاهد بود. در نهایت، در شرایط پاگرما، می‌توان استفاده از تیمار ایندول بوتریک اسید در غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌همراه خراش‌دهی و شکاف‌دهی را برای بهبود ریشه‌زائی قلمه‌های مختلف زیتون توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: ایندول بوتریک اسید، درصد ریشه‌زایی، خراش‌دهی، شکاف‌دهی.

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۱۹، بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۸، پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱، اولین انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۲۶

۱ و ۳. بترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲. استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران.

*: نویسنده مسئول، رایانامه: a.dadras@areeo.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) دارای گونه‌ها و ارقام متعددی است که به‌صورت درخت یا درختچه‌های خودرو، طبیعی یا اصلاح شده در مناطق وسیعی از جهان پراکنده هستند. این جنس مربوط به تیره زیتون (Oleaceae) است. این گیاه با پیشینه هزارساله در ایران، یکی از مهمترین محصولات کشاورزی بوده و همواره نقش مهمی در اقتصاد دارد. درخت زیتون در اقلیم مدیترانه‌ای با آب و هوای معتدل و زمستان‌های ملایم رشد و نمو می‌کند (۲۱). در حال حاضر، زیتون در ۲۸ استان ایران کشت می‌شود و مساحت زیر کشت زیتون مجموعاً ۷٤,۹۸۱ هکتار است که از این مقدار، ۱۷,۱٤۸ هکتار غیربارور و ۵۷,۸۳۳ هکتار بارور هستند (۲). در ایران، ارقام متنوعی از زیتون کشت می‌شود که برخی از آن‌ها بومی هستند. از جمله این ارقام می‌توان به زرد، ماری، شنگه و روغنی اشاره کرد که بیشترین سطح زیر کشت باغ‌های زیتون کشور را به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل، برخی دیگر از ارقام، وارداتی محسوب می‌شوند (۱۹) . در میان این ارقام، تعدادی به‌دلیل ویژگی‌های ژنتیکی و مورفولوژیکی منحصربه‌فرد، به‌ویژه در منطقه طارم استان زنجان، رایج شده‌اند. شهرستان طارم رتبه اول تولید زیتون در ایران را به خود اختصاص داد (۲).

در سال‌های اخیر، مصرف خوراکی زیتون و فرآورده‌های آن در ایران افزایش چشم‌گیری داشته که این روند افزایشی همچنان در سال‌های آتی ادامه خواهد داشت. افزایش تقاضا برای زیتون نیازمند گسترش سطح زیر کشت، توسعه برنامه‌های باغداری و ایجاد منبعی برای تولید نهال‌های جدید جهت احداث باغ‌های تازه و نوسازی باغ‌های قدیمی است (۹ و ۱۹). از طرف دیگر تکثیر غیرجنسی با قلمه‌های خشبی برگ‌دار کارآمدترین و اقتصادی‌ترین روش تکثیر درختان زیتون است. با این حال، قلمه‌های برگ‌دار ارقام مختلف زیتون در قابلیت ریشه‌زایی آن‌ها تفاوت‌هایی مشاهده می‌شود. بنابراین به سه گروه سهل ریشه‌زا (٦٦ تا ۱۰۰ درصد)، ریشه‌زایی متوسط (۳۳ تا ٦٦ درصد) و سخت ریشه‌زا (کمتر از ۳۳ درصد) دسته‌بندی شده‌اند (۹ و ۲۳).

مشخص شده است که قلمه‌های برگ‌دار برخی از ارقام مانند فرانتیو (Frantoio)، کوراتینا (Coratina)، زورزالینو (Zorzaleno) و ترلیا (Trilye) توانایی بالایی برای ریشه‌زایی دارند، در حالی که ارقام دیگر مانند کنسرولیا (Konservolia)، پیکولین (Picholine) و دوآیبلی (Doebli) قابلیت متوسطی برای ریشه‌زایی دارند (۹ و ۲۳).

عوامل متعددی بر موفقیت ریشه‌زایی قلمه‌ها تأثیرگذارند که شامل عوامل محیطی مانند میزان آب، دما، تهویه، نور و ترکیب بستر کشت می‌شود. همچنین عوامل داخلی همچون وضعیت فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای گیاهان مادری، سن گیاه مادری، نوع قلمه، زمان مناسب قلمه‌گیری، وجود برگ‌ها و جوانه‌ها، انجام زخم‌زنی در انتهای قلمه و کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در این فرآیند دارند (۱۳) . هدف از استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد یا هورمون‌های گیاهی بر روی قلمه‌ها، افزایش درصد قلمه‌هایی است که ریشه‌دار می‌شوند، تسریع در شروع ریشه‌زایی، بهبود تعداد و کیفیت ریشه‌های ایجاد شده و در نهایت افزایش یکنواختی در فرآیند ریشه‌دهی است (۱۳ و ۲٤).

برای گیاهانی که قلمه‌های آن‌ها به آسانی ریشه می‌دهند، استفاده از هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد، به‌دلیل ایجاد هزینه اضافی، قابل توصیه نیست؛ اما برای قلمه گیاهانی که به سختی ریشه می‌دهند، کاربرد این مواد می‌تواند موثر باشد، هرچند که نمی‌توانند جایگزین عملیات ضروری در فرآیند تکثیر به وسیله‌ی قلمه شوند، زیرا تیمارهای مختلفی از جمله کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اکسین‌ها، یکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین روش‌ها برای افزایش موفقیت تکثیر درختان از طریق قلمه هستند. امروزه انواع مختلفی از هورمون‌های مصنوعی به‌ویژه هورمون اکسین از قبیل ایندول بوتیریک اسید و ایندول استیک اسید به‌صورت موفقیت‌آمیزی برای افزایش ریشه‌دهی قلمه‌ها استفاده می‌شود

(٤، ۱۰، ۱۱ و۱۳). نقش اساسی اکسین در القاء ریشه‌زائی و تشکیل سرآغازه ریشه اثبات شده است. اکسین روی سرعت و افزایش درصد ریشه‌زائی قلمه‌ها تأثیر دارد (۱۰ و ۱٦). بارزترین ویژگی اکسین‌ها اثری است که بر رشد و طویل شدن سلول‌ها دارند. عامل مهمی که در نقش و اثر اکسین‌ها دخالت دارد، غلظت این مواد در بافت گیاهی است. به‌طور کلی، حساسیت بافت‌های مختلف گیاهی نسبت به غلظت اکسین‌ها با یکدیگر متفاوت است، برای مثال بافت‌های ساقه، نسبت به اکسین، بیش از سایر بافت‌ها تحمل دارند، درحالی‌که بافت‌های ریشه از همه حساس‌تر هستند. در هر بافت معین، تا زمانی‌که غلظت اکسین از مقدار بیشترین تحمل آن بافت پایین‌تر باشد، هورمون بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی آن اثر محرک دارد ولی هنگامی‌که غلظت این ماده از حد اشاره شده بیشتر شد، نه تنها اثر محرک متوقف می‌شود بلکه یک اثر بازدارندگی نیز دیده می‌شود (۱۲ و ۲۵). ال هتب و همکاران (۳) در بررسی اثر غلظت‌های ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول استیک اسید، ایندول بوتریک اسید و نفتالین استیک اسید بر ریشه‌زایی قلمه‌های چهار رقم زیتون نشان دادند که قلمه‌های تیمار شده با ایندول بوتریک اسید بالاترین و قلمه‌های تیمار شده با نفتالین استیک اسید کمترین درصد ریشه‌زایی را داشتند.

تحقیقات قبلی نشان داد در صورتی‌که مصرف هورمون در هنگام ریشه‌زائی بیش از حد نیاز باشد، علاوه بر افزایش هزینه، باعث برهم زدن تعادل هورمونی در گیاه می‌شود. بنابراین اهمیت تعیین غلظت مناسب هورمون، برای تکثیر گونه‌های درختان میوه کاملاً مشخص شده است (۱۳، ۲٤ و ۲۵). در این مورد، خالقی و علوی‌پور جلیعه (۱۷) گزارش کردند که برای افزایش ریشه‌دهی در قلمه سخت ریشه‌زای زیتون رقم کنسروالیا می‌توان از غلظت ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید استفاده کرد. همچنین مشخص شده است که ایجاد زخم در قسمت تحتانی قلمه‌ها، منجر به زیاد شدن تقسیم سلولی در پارانشیم‌های کناره لایه زاینده، افزایش اکسین و کربوهیدرات در منطقه زخم، افزایش تنفس سلولی، تجمع مواد فنولی و همچنین تحریک تولید اتیلن شده که، همه این موارد بر کیفیت و کمیت ریشه‌زائی قلمه‌ها تأثیر دارند (۱۳ و ۲٤). علاوه بر این، ایجاد زخم کم عمق در قاعده قلمه‌ها موجب شکافتن حلقه اسکرانشیمی در منطقه کورتکس خواهد شد و احتمالاً نفوذ ریشه‌های در حال توسعه (نابجا) را به طرف بیرون ممکن می‌سازد که خود این امر بر استقرار و توسعه ریشه‌ها تأثیرگذار خواهد بود (۱۳ و ۲٤). در آزمایشی، عیدی (۸) در بررسی اثرات سه نوع زخم‌زنی (زخم‌زنی شکافی، حلقه‌برداری و پوست‌برداری) بر ریشه‌زایی قلمه‌های زیتون تلخ نشان داد که زخم‌زنی شکافی، مؤثرترین تیمار برای ریشه‌زایی قلمه‌ها، از بین دیگر تیمارهای زخم‌زنی جهت ریشه‌زایی زیتون تلخ بود.

در این راستا، بررسی تیمارهای مختلف فیزیکی به‌همراه کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر روی برخی از ارقام مهم گیاه زیتون که کمتر مورد بررسی دقیق با تیمارهای مختلف قرار گرفته‌اند، ضروری به‌نظر می‌رسد. بر این اساس، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی بر ریشه‌زایی قلمه‌های زیتون در ارقام مختلف، تحت دو شرایط استفاده از پاگرما و بدون پاگرما انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات زیتون طارم با طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٤۷ دقیقه شمالی، در ارتفاع ۳۵۰ متری از سطح دریا، طی سال‌های ۱٤۰۰ تا ۱٤۰۱ اجرا شد. برای اجرای آزمایش، ابتدا پایه‌های مادری مناسب و سالم زیتون شامل ارقام کرونیکی (Koroneiki) متوسط ریشه‌زا، کنسروالیا سخت ریشه‌زا، پیکوال(Picual) متوسط ریشه‌زا (ارقام وارداتی) و زرد (Zard) متوسط ریشه‌زا (رقم ایرانی) از نظر فنوتیپ و ژنوتیپ در باغ کلکسیون تحقیقاتی انتخاب شدند. قلمه‌های نیمه‌خشبی از ارقام مختلف به طول ۱۸ تا ۲۰ سانتی‌متر از درختان مورد نظر از اوایل تا اواسط آذر جمع‌آوری شدند. روی هر قلمه تعداد چهار برگ حفظ و مابقی برگ‌ها حذف شد. از قارچ‌کش کاربندازیم با غلظت ۱/۵

در هزار برای جلوگیری از شیوع بیماری‌های قارچی در بستر ریشه‌زایی استفاده شد. همچنین انتهای قلمه‌ها قبل از کشت به مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه در محلول کاربندازیم غلظت ۱/۵ در هزار ، ضدعفونی شدند سپس از مدت زمان تعیین شده، قلمه‌ها به‌دقت با آب تمیز شسته شدند تا هر گونه باقی‌مانده از محلول قارچ‌کش حذف شود.

برای اعمال تیمار فیزیکی خراش‌دهی، در حدود ۲ تا ۳ سانتی‌متری در انتهای قلمه‌ها با چاقوی ضدعفونی شده چهار خراش به طول ۲ سانتی‌متر در چهار جهت قلمه به‌صورت عمودی ایجاد شد و همچنین برای تیمار شکاف‌دهی در انتهای قاعده قلمه‌ها یک شکاف به طول ۲ سانتی‌متر ایجاد شد.

برای اعمال تیمار شیمیایی از ایندول بوتریک اسید با سطوح صفر، ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. برای مثال تهیه محلول ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر، ابتدا میزان ۲ گرم از ایندول بوتریک اسید را با ترازوی دقیق توزین نموده و در سود ۰/۱ نرمال حل نموده و سپس با استفاده از آب مقطر دوبار تقطیر به حجم یک لیتر رسید. پس از آماده‌سازی محلول قلمه‌ها به مدت ۳ تا ۵ ثانیه در داخل محلول قرار گرفتند. سعی شد قطر قلمه‌ها تا حد امکان یکسان و در حدود ۰/٦ تا یک سانتی‌متر باشند. سپس قلمه‌ها در بستر پرلیت و در دو حالت کشت شدند: در حالت اول، با استفاده از سیستم پاگرما (تأمین دما توسط لوله‌های آب گرم در محدوده ۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس)، با فاصله‌گذاری ۵ سانتی‌متر بین قلمه‌ها و بهره‌گیری از سیستم مه‌افشان برای حفظ رطوبت نسبی، و حالت دوم، کشت قلمه‌ها بدون سیستم پاگرما انجام شد. پس از حدود ۹۰ روز، قلمه‌ها برداشت شدند تا صفات مورد نظر اندازه‌گیری شود.

در این آزمایش صفات مرتبط با ریشه‌دهی شامل درصد ریشه زایی، طول بلندترین ریشه، تعداد ریشه‌ها، وزن‌تر و وزن خشک ریشه‌ها و نیز تعداد و طول شاخه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت تعیین طول ریشه، از خط‌کش و کولیس دیجیتال استفاده شد. وزن‌تر و خشک ریشه‌ها توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

این پژوهش به‌صورت دو آزمایش جداگانه (شرایط پاگرما و بدون پاگرما) انجام شد. هر یک از آزمایش‌ها به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور شامل رقم در چهار سطح (کرونیکی، کنسروالیا، پیکوال و زرد) و تنظیم کننده رشد گیاهی در سه سطح (صفر، ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید) و فاکتور فیزیکی در سه سطح (شاهد، خراش‌دهی و شکاف‌دهی انتهای قلمه‌ها) بر پایه طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای هر تکرار ۱۰ قلمه به‌عنوان نمونه در نظر گرفته شد. پس از ثبت داده‌ها، ابتدا مفروضات تجزیه واریانس از جمله نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی مورد آزمون قرار گرفت. پس از اطمینان از برقراری مفروضات، ابتدا تجزیه واریانس و سپس مقایسه میانگین به روش توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام و رسم نمودارها نیز با استفاده از اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

در ابتدا برای تجزیه آماری داده‌ها با هدف ادغام داده‌ها و انجام تجزیه مرکب، آزمون یکنواختی واریانس انجام شد. با توجه به معنی‌دار بودن آزمون یکنواختی واریانس برای تمامی صفات، این نتیجه اجازه‌ی انجام تجزیه مرکب را نداد. بر این اساس، داده‌های مربوط به هر آزمایش به‌طور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

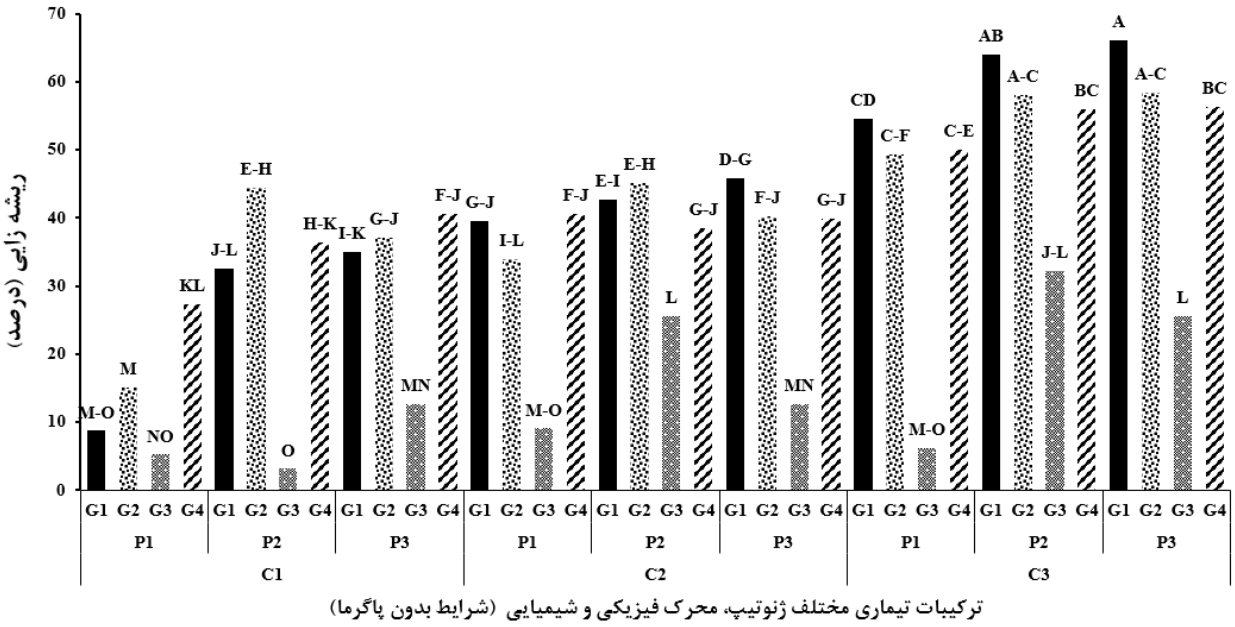
آزمایش شماره یک (در شرایط بدون پاگرما)

نتایج تجزیه واریانس در شرایط بدون پاگرما برای کلیه صفات مورد بررسی بیانگر معنی‌داری اثرات رقم، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و اثرات متقابل آنها بود بجز صفت طول بلندترین ریشه که اثر متقابل رقم در فاکتور فیزیکی غیر معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مختلف قلمه رقم‌های زیتون تیمارشده با سطوح مختلف فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی در شرایط بدون پاگرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد ریشه‌زایی	طول بلندترین ریشه	تعداد ریشه	وزن‌تر ریشه	وزن خشک ریشه	تعداد شاخه	طول شاخه
بلوک	۲	۱۳۵*	۱/۵۲*	۱/۲۳*	۰/۱۷*	۰/۰۰۱ns	۰/۶۰*	۰/۲۴ns
رقم	۳	۵۳۵۱**	۹۷/۵**	۴۸/۵**	۵/۸۱**	۰/۰۵۹**	۲۶/۸**	۱۵/۹**
فاکتور فیزیکی	۲	۱۵۱۹**	۷۴/۹**	۱۳/۷**	۱/۲۵**	۰/۰۰۷**	۹/۵۵**	۵/۳۵**
فاکتور شیمیایی	۲	۴۹۰۸**	۲۸۱**	۴۴/۵**	۶/۵۸**	۰/۰۶۷**	۲۲/۶**	۲۵/۸**
رقم × فاکتور فیزیکی	۶	۷۷/۴*	۰/۳۵ ns	۰/۷۰*	۰/۲۸**	۰/۰۰۳**	۰/۴۰*	۰/۴۴**
رقم × فاکتور شیمیایی	۶	۲۲۲**	۹/۹۶**	۲/۰۱**	۱/۳۹**	۰/۰۱۲**	۱/۰۵**	۱/۷۵**
فاکتور فیزیکی× فاکتور شیمیایی	۴	۱۳۷**	۲۴/۳**	۱/۲۵**	۰/۵۱**	۰/۰۰۵**	۰/۹۰**	۱/۱۳**
رقم× فاکتور فیزیکی× فاکتور شیمیایی	۱۲	۱۰۸**	۰/۸۹*	۰/۹۸**	۰/۵۵**	۰/۰۰۵**	۱/۳۷**	۲/۲۴**
خطا	۷۰	۳۲/۶	۰/۴۱	۰/۳۰	۰/۰۴	۰/۰۰۰۶	۰/۱۷	۰/۱۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۵/۸	۱۲/۲	۱۵/۹	۲۰/۴	۲۴/۲	۱۴/۷	۱۲/۷

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

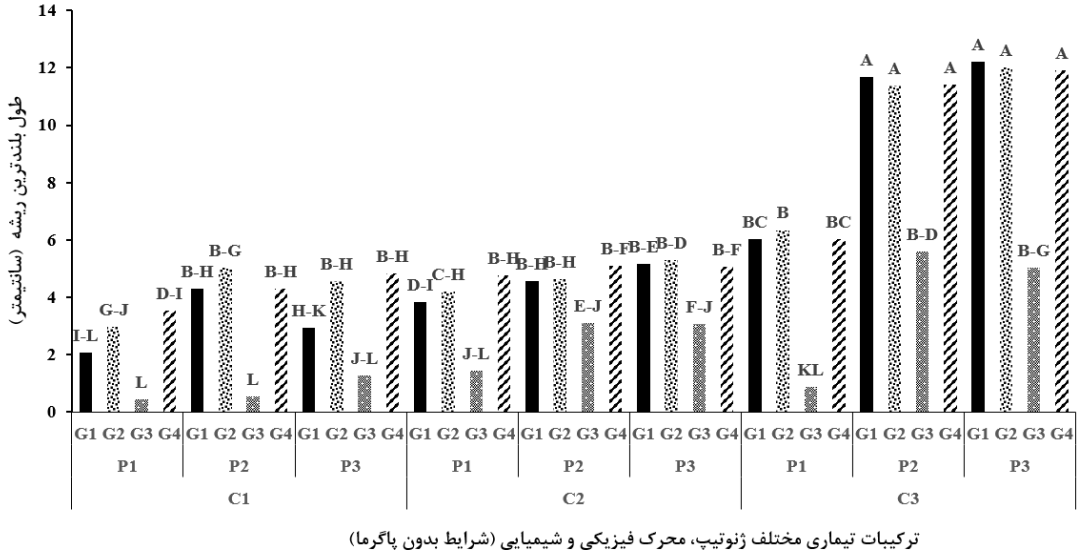


شکل ۱. مقایسه میانگین درصد ریشه زایی قلمه رقم های مختلف زیتون تیمارشده با سطوح مختلف فاکتور های شیمیایی و فیزیکی در شرایط بدون پاگرما. G1: رقم پیکوال ،G2: رقم زرد ، G3: رقم کنسروالیا ، G4: رقم کرونیکی ؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

نتایج به تفکیک صفات ارائه شده است.

درصد ریشه‌زایی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی اثرات ساده و اثرات متقابل بر درصد ریشه‌زایی قلمه‌های زیتون معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین کلیه ترکیبات تیماری نشان داد که رقم پیکوال با ٦٦/۱ درصد ریشه‌زایی، بیشترین مقدار را از لحاظ عددی به خود اختصاص داد و رقم کنسروالیا در تیمار شاهد با ۵/۲۵ درصد ریشه‌زایی واجد کمترین میزان ریشه‌زایی بود (شکل ۱). از لحاظ آماری برترین ترکیبات تیماری با اختلاف غیرمعنی‌دار از هم رقم پیکوال و زرد تیمارشده با ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید بودند که درصد ریشه‌زایی آنها برای فاکتور خراش‌دهی در رقم پیکوال و زرد به‌ترتیب ٦٤/۱ و ۵۸/۱ و برای فاکتور شکاف‌دهی انتهای قلمه به‌ترتیب ٦٦/۱ و ۵۸/٤ به‌دست آمد (شکل ۱). این ترکیبات تیماری در ارقام پیکوال و زرد از لحاظ درصد ریشه‌زایی توانستند بالاترین مقادیر درصد ریشه‌زایی را با اختلاف غیرمعنی‌دار از هم به خود اختصاص دهند.

طول بلندترین ریشه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی اثرات ساده و چندگانه رقم، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی به جزء اثرات متقابل رقم × فاکتور فیزیکی بر طول بلندترین ریشه قلمه‌های زیتون معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسات میانگین نشان داد که در مجموع تیمار ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید اثر معنی‌داری بر افزایش طول بلندترین ریشه قلمه‌های ارقام مختلف زیتون داشت (شکل ۲). همچنین، تیمار خراش‌دهی و شکاف‌دهی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش طول بلندترین ریشه قلمه‌های ارقام مختلف زیتون شد. مشخص شد که ارقام پیکوال، زرد و کرونیکی بلندترین طول ریشه و رقم کنسروالیا کوتاه‌ترین طول ریشه را دارا بودند (شکل ۲). در مجموع مشخص شد که بلندترین طول

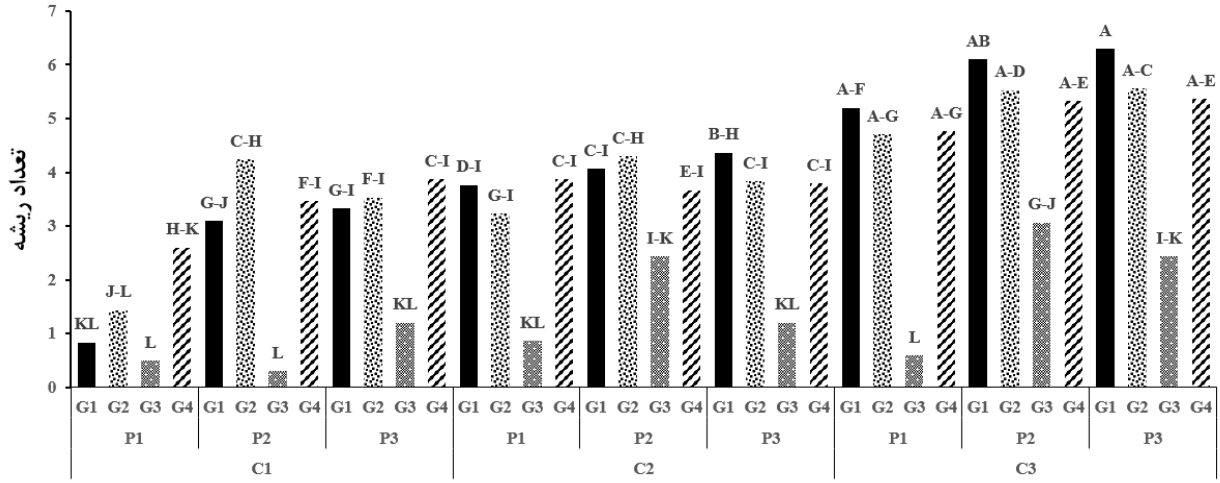


شکل ۲. مقایسه میانگین طول بلندترین ریشه قلمه رقم های مختلف زیتون تیمارشده با سطوح مختلف فاکتور های شیمیایی و فیزیکی در شرایط بدون پاگرما. G1: رقم پیکوال ،G2: رقم زرد ، G3: رقم کنسروالیا ، G4: رقم کرونیکی ؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

ریشه از لحاظ عددی با ۱۲/۲ سانتی‌متر در شرایط استفاده از شکاف‌دهی همراه با تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید در رقم پیکوال و کوتاهترین طول ریشه از لحاظ عددی با ۰/۴۴ سانتی‌متر در شرایط بدون استفاده از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی در رقم کنسروالیا به‌دست آمد (شکل ۲).

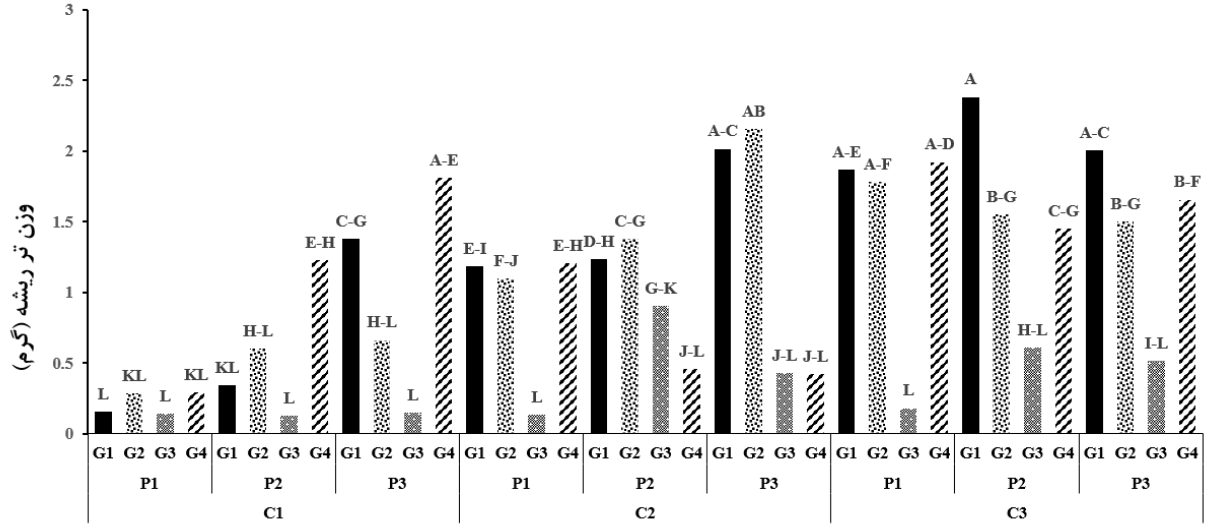
تعداد ریشه: تعداد ریشه نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تمامی اثرات ساده و چندگانه رقم، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱). به‌طور کلی مشخص شد که تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید نیز نقش مؤثری در افزایش تعداد ریشه‌ها داشت (شکل ۳). از طرف دیگر، استفاده از خراش‌دهی و شکاف‌دهی ته قلمه‌های زیتون به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد ریشه قلمه‌های ارقام مختلف شد (شکل ۳). مقایسه ارقام مختلف در سطوح مختلف تیمارهای فیزیکی و شیمیایی نیز حاکی از آن بود که در مجموع ارقام پیکوال، زرد و کرونیکی از تعداد ریشه بیشتری برخوردار بودند، درحالی‌که رقم کنسروالیا کمترین تعداد ریشه را به‌خود اختصاص داده بود (شکل ۳). در مجموع مشخص شد که بیشترین تعداد ریشه از لحاظ عددی با ۶/۳ عدد در شرایط استفاده از شکاف‌دهی همراه با تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید در رقم پیکوال و کمترین تعداد ریشه از لحاظ عددی با ۰/۳ عدد در شرایط خراش‌دهی و بدون استفاده از فاکتورهای شیمیایی در رقم کنسروالیا به‌دست آمد (شکل ۳).

وزن‌تر و خشک ریشه: مطابق جدول ۱، اثرات ساده رقم، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و نیز تمامی اثرات متقابل برای هر دو صفت وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسات میانگین نشان داد که در بین تیمارهای ایندول بوتریک اسید، غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مؤثرترین تیمار در افزایش وزن‌تر و خشک ریشه ارقام مختلف زیتون بود (شکل‌های ٤ و ٥). در مجموع استفاده از فاکتورهای فیزیکی نیز خراش‌دهی و شکاف‌دهی توانست به‌طور معنی‌داری وزن‌تر و خشک ریشه ارقام مختلف زیتون را به‌طور معنی‌داری



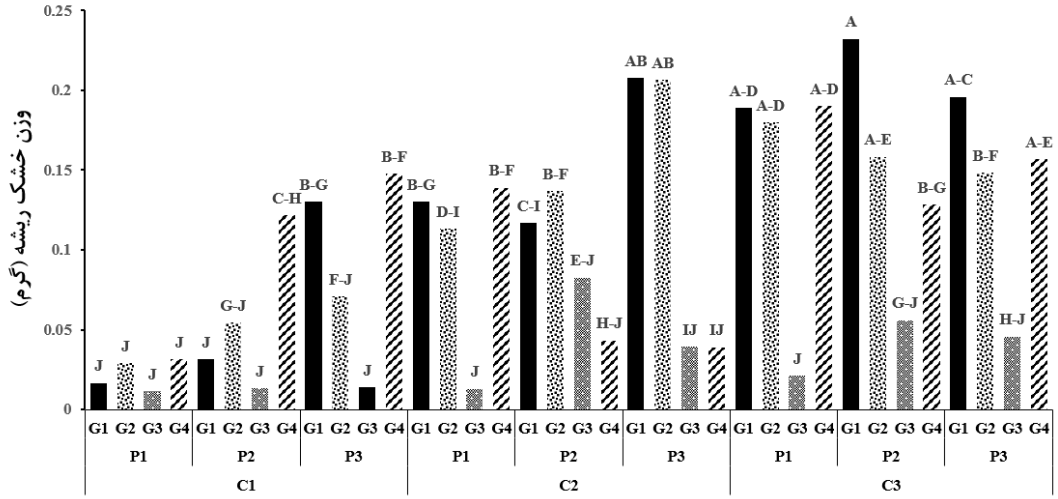
ترکیبات تیماری مختلف ژنوتیپ، محرک فیزیکی و شیمیایی (شرایط بدون پاگرما)

شکل۳ .مقایسه میانگین تعداد ریشه‌های قلمه رقم های مختلف زیتون تیمارشده با سطوح مختلف فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی در شرایط بدون پاگرما. G1: رقم پیکوال ،G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا ، G4: رقم کرونیکی ؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 بترتیب ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشاندهنده اختلاف غیر معنی دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح پنج درصد است.



ترکیبات تیماری مختلف ژنوتیپ، محرک فیزیکی و شیمیایی (شرایط بدون پاگرما)

شکل ٤. مقایسه میانگین وزن‌تر ریشه قلمه‌های رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با سطوح مختلف فاکتور های شیمیایی و فیزیکی در شرایط بدون پاگرما. G1: رقم پیکوال ،G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا ، G4: رقم کرونیکی ؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

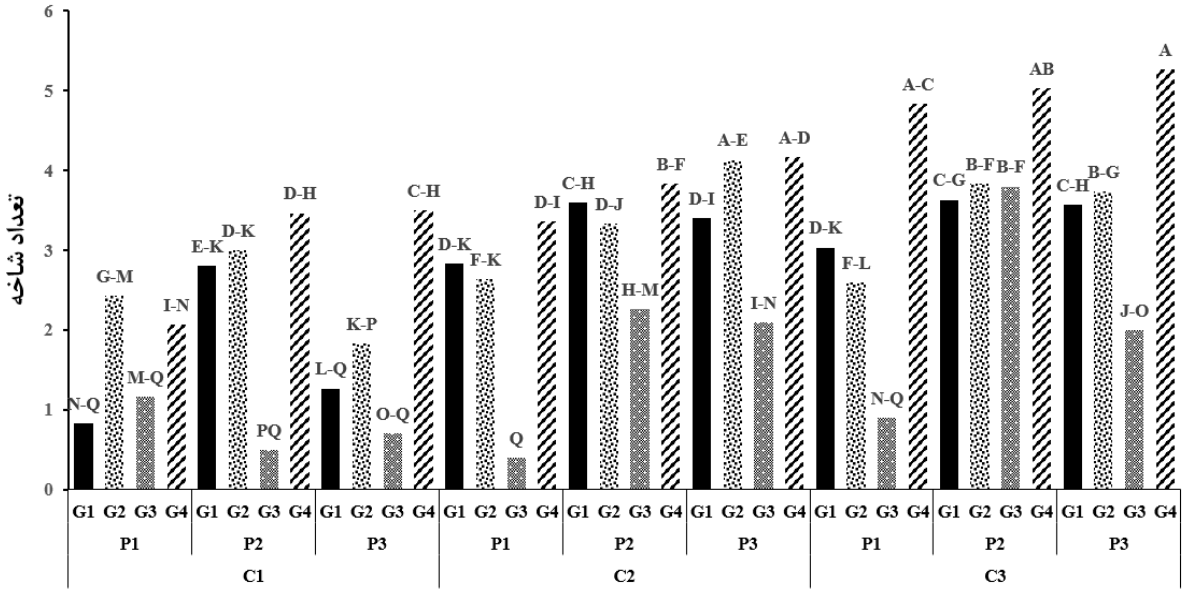


شکل ۵. مقایسه میانگین وزن خشک ریشه قلمه‌های رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با سطوح مختلف فاکتور های شیمیایی و فیزیکی در شرایط بدون پاگرما. G1: رقم پیکوال ،G2: رقم زرد، G3: رقم کرونیکی ، G4: رقم کنسروالیا ؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

افزایش دهد (شکل‌های ٤ و ٥). همچنین مشخص شد که از لحاظ بیشترین به کمترین وزن‌تر و خشک ریشه به‌ترتیب ارقام پیکوال، زرد، کرونیکی و کنسروالیا قرار داشتند (شکل‌های ٤ و ٥). در مجموع مشخص شد که بیشترین وزن‌تر و خشک ریشه از لحاظ عددی به‌ترتیب با ۲/۸۳ و ۰/۲۳ گرم در شرایط استفاده از خراش‌دهی همراه با تیمار ٤٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید در رقم پیکوال و کمترین وزن‌تر و خشک ریشه از لحاظ عددی به‌ترتیب با ۰/۱۳ و ۰/۰۱ گرم در شرایط خراش‌دهی و بدون استفاده از فاکتورهای شیمیایی در رقم کنسروالیا به‌دست آمد (شکل‌های ٤ و ٥).

تعداد شاخه: نتایج حاکی از آن بود که تعداد شاخه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تمامی اثرات ساده و چندگانه رقم، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱). بر اساس شکل ٦، بیشترین تعداد شاخه قلمه‌های ارقام مختلف در حالتی به‌دست آمد که از تیمار ایندول بوتریک اسید با غلظت ٤٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. همچنین مشخص شد که خراش‌دهی و شکاف‌دهی توانستند به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تعدا شاخه قلمه‌های ارقام مختلف شوند (شکل ٦). در بین ارقام نیز در اکثر تیمارها، بیشترین تعداد شاخه از قلمه‌های رقم کرونیکی و کمترین از قلمه‌های رقم کنسروالیا به‌دست آمد و قلمه‌های ارقام زرد و پیکوال در بین این دو قرار داشتند (شکل ٦). در مجموع مشخص شد که بیشترین تعداد شاخه از لحاظ عددی با ٥/٢٦ عدد در شرایط استفاده از شکاف‌دهی همراه با تیمار ٤٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید در رقم کرونیکی و کمترین تعداد شاخه از لحاظ عددی با ٠/٤ عدد در شرایط تیمار ٢٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید و بدون استفاده از فاکتورهای فیزیکی در رقم کنسروالیا به‌دست آمد (شکل ٦).

طول شاخه: طول شاخه نیز به‌طور معنی‌داری و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تمامی اثرات ساده و چندگانه رقم، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱). به طور کلی مشخص شد که هر دو تیمار ٢٠٠٠ و ٤٠٠٠ میلی‌گرم



ترکیبات تیماری مختلف ژنوتیپ، محرک فیزیکی و شیمیایی (شرایط بدون پاگرما)

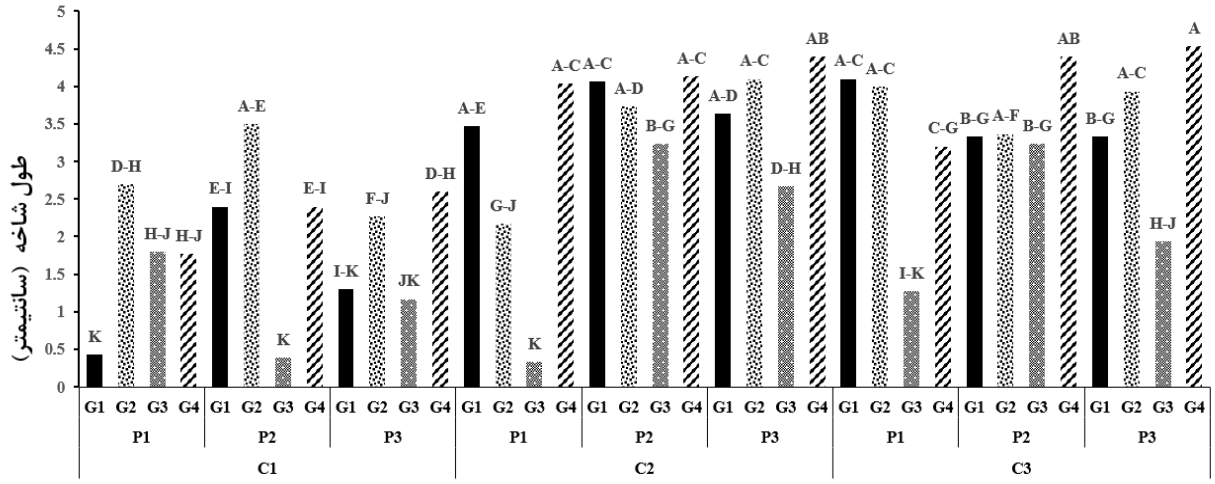
شکل ٦. مقایسه میانگین تعداد شاخه قلمه‌های رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با سطوح مختلف فاکتور های شیمیایی و فیزیکی در شرایط بدون پاگرما. G1: رقم پیکوال ،G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا، G4: رقم کرونیکی ؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

در لیتر ایندول بوتریک اسید نیز نقش مؤثری در افزایش طول شاخه داشتند (شکل ۷). از طرف دیگر، استفاده از خراش‌دهی و شکاف‌دهی ته قلمه‌های زیتون به‌طور معنی‌داری باعث افزایش طول شاخه قلمه‌های ارقام مختلف شد (شکل ۷). مقایسه ارقام مختلف در سطوح مختلف تیمارهای فیزیکی و شیمایی نیز حاکی از آن بود که در مجموع ارقام کرونیکی، زرد و پیکوال از طول شاخه بیشتری برخوردار بودند، درحالی‌که رقم کنسروالیا کمترین طول شاخه را به خود اختصاص داده بود (شکل ۷). در مجموع مشخص شد که بلندترین طول شاخه از لحاظ عددی با ٤/٥٣ سانتی‌متر در شرایط استفاده از شکاف‌دهی همراه با تیمار ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید در رقم کرونیکی و کوتاهترین طول شاخه از لحاظ عددی با ۰/۳۳ سانتی‌متر در شرایط تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید و بدون استفاده از فاکتورهای فیزیکی در رقم کنسروالیا به‌دست آمد (شکل ۷).

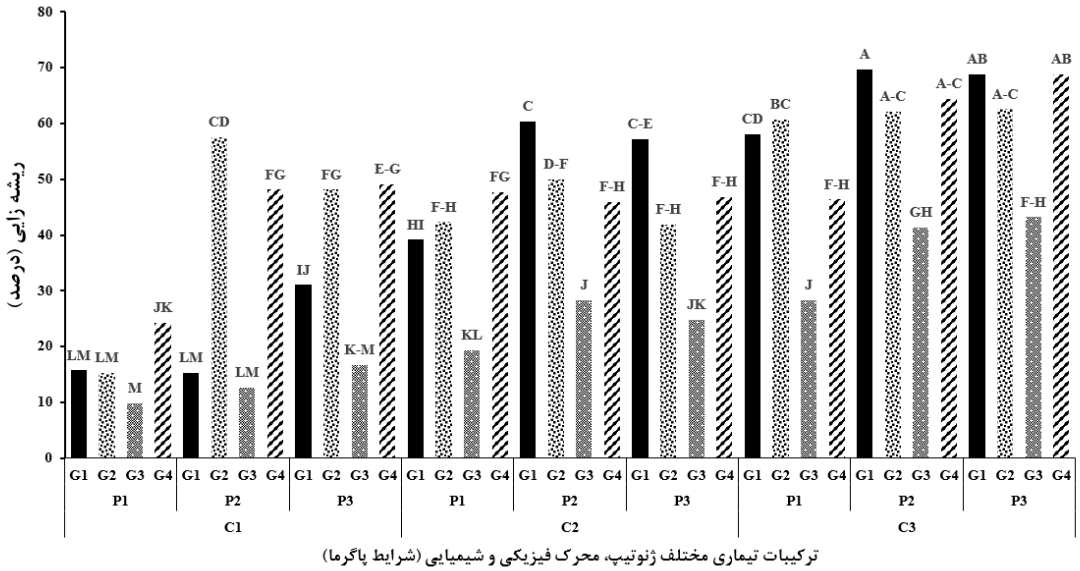
آزمایش دو (در شرایط وجود پاگرما)

نتایج تجزیه واریانس در شرایط پاگرما برای اکثر صفات مورد بررسی بیانگر معنی‌داری اثرات رقم، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و اثرات متقابل آنها بود. (جدول ۲).

درصد ریشه‌زایی: نتایج تجزیه واریانس برای صفت درصد ریشه‌زایی نشان داد تمامی اثرات ساده و اثرات متقابل معنی‌دار است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین بین ترکیبات تیماری نشان داد که در مجموع در شرایط پاگرما بیشترین مقدار این صفت متعلق به رقم پیکوال با ٦۹/۷ درصد ریشه‌زایی است که در تیمار ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید برای فاکتور خراش‌دهی حاصل شد و در مقابل رقم کنسروالیا با ۹/۹ درصد ریشه‌زایی برای تیمار شاهد کمترین میزان را به خود اختصاص داد (شکل ۸).



شکل ۷. مقایسه میانگین طول شاخه قلمه‌های رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با سطوح مختلف فاکتور های شیمیایی و فیزیکی در شرایط بدون پاگرما. G1: رقم پیکوال ،G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا ، G4: رقم کرونیکی ؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

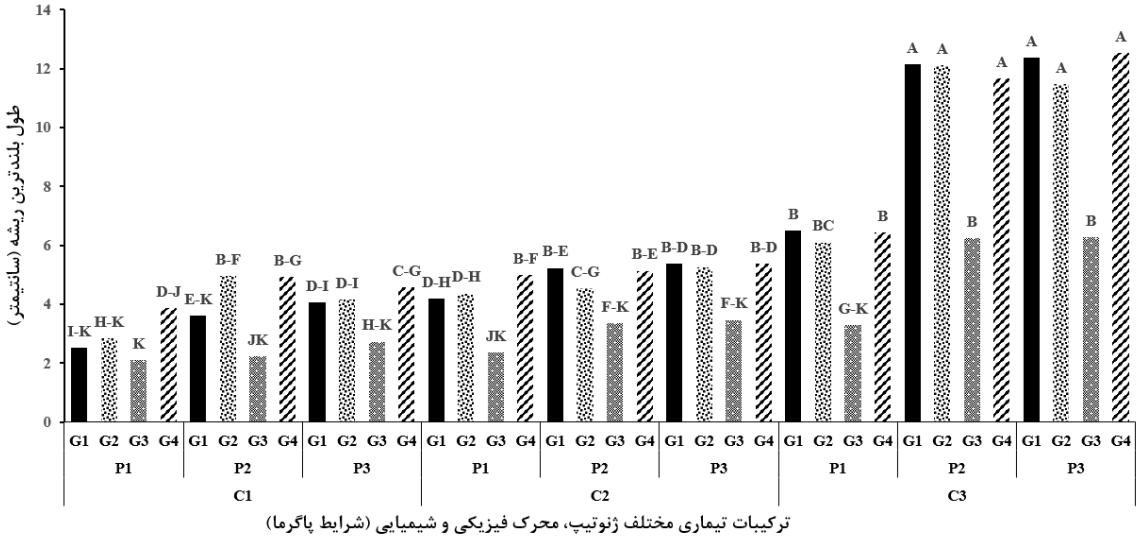


شکل ۸. مقایسه میانگین درصدریشه‌زایی قلمه رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی در شرایط پاگرما. G1: رقم پیکوال، G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا، G4: رقم کرونیکی؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۲. تجزیه واریانس برای صفات مختلف قلمه رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با سطوح مختلف فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی در شرایط وجود پاگرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد ریشه‌زایی	طول شاخه	طول بلندترین ریشه	تعداد ریشه	وزن‌تر ریشه	وزن خشک ریشه	تعداد شاخه
بلوک	۲	۱۱۱*	۰/۱۷ns	۰/۵۳ ns	۰/۶۱*	۰/۱۱**	۰/۰۰۰۸*	۰/۱۹ ns
رقم	۳	۳۶۵۰**	۵/۵۴**	۵۳/۲**	۲۰/۰**	۱/۳۴**	۰/۰۱۳**	۵/۴۱**
فاکتور فیزیکی	۲	۱۸۷۷**	۴/۹۲**	۶۲/۲**	۱۰/۳**	۱/۵۶**	۰/۰۱۲**	۵/۰۵**
فاکتور شیمیایی	۲	۶۸۳۹**	۴۴/۹**	۲۹۷**	۳۷/۵**	۸/۱۲**	۰/۰۷۴**	۴۰/۴**
رقم × فاکتور فیزیکی	۶	۶۱/۱*	۰/۳۴*	۱/۱۳**	۰/۳۴**	۰/۰۲ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۲۴*
رقم × فاکتور شیمیایی	۶	۴۴۴**	۰/۵۵**	۸/۱۳**	۲/۴۴**	۰/۳۷**	۰/۰۰۴**	۰/۶۹**
فاکتور فیزیکی× فاکتور شیمیایی	۴	۱۶۱**	۰/۴۱*	۲۲/۷**	۰/۸۹*	۰/۰۴ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۵۹**
رقم × فاکتور فیزیکی× فاکتور شیمیایی	۱۲	۲۰۵**	۰/۴۹**	۰/۹۶**	۱/۱۳**	۰/۰۲ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۴۳**
خطا	۷۰	۲۵/۳	۰/۱۳	۰/۲۶	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۱۰
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۹	۱۴/۳	۸/۹۷	۱۱/۹	۴/۳۹	۱۶/۵	۱۴/۴

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

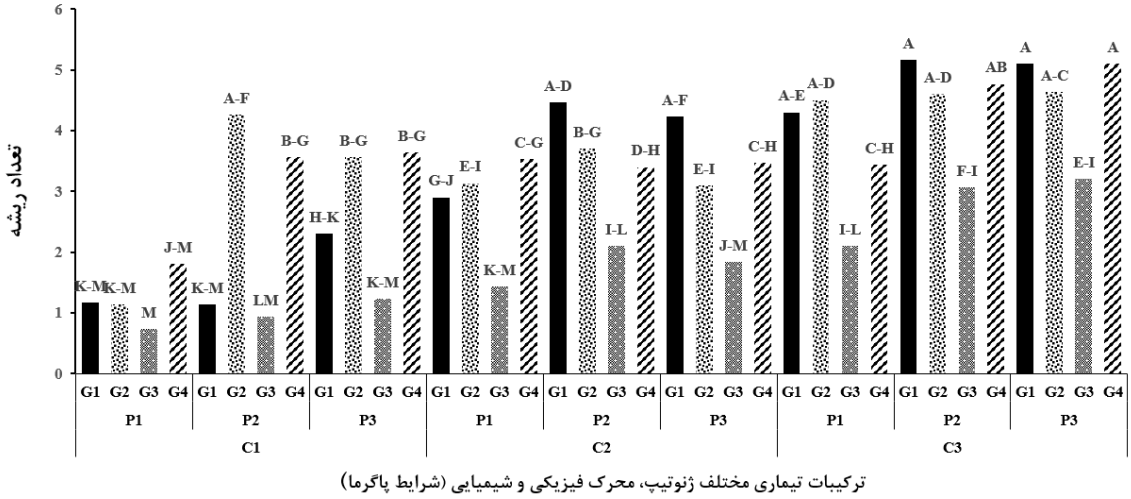


شکل ۹. مقایسه میانگین طول بلندترین ریشه قلمه رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی در شرایط پاگرما. G1: رقم پیکوال، G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا، G4: رقم کرونیکی؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

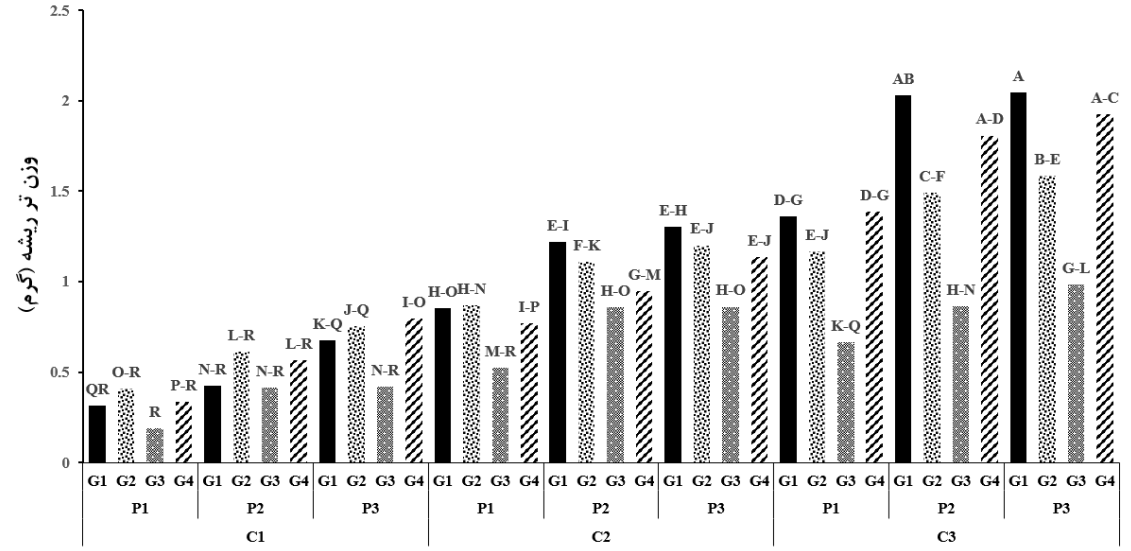
طول بلندترین ریشه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی اثرات ساده و چندگانه رقم‌ها، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی بر طول بلندترین ریشه قلمه‌های زیتون معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسات میانگین نشان داد که در مجموع تیمار خراش‌دهی و شکاف‌دهی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش طول بلندترین ریشه قلمه‌های رقم‌های مختلف زیتون شد (شکل ۹). همچنین، تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید نیز اثر معنی‌داری بر افزایش طول بلندترین ریشه قلمه‌های رقم‌های مختلف زیتون داشت (شکل ۹). مشخص شد که ارقام پیکوال، زرد و کرونیکی بلندترین طول ریشه و رقم کنسروالیا کوتاه‌ترین طول ریشه را دارا بودند (شکل ۹).

تعداد ریشه: تعداد ریشه نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تمامی اثرات ساده و چندگانه رقم‌ها، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۲). به‌طور کلی مشخص شد که استفاده از خراش‌دهی و شکاف‌دهی ته قلمه‌های زیتون به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد ریشه قلمه‌های رقم‌های مختلف شد (شکل ۱۰). از طرف دیگر، تیمارهای تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید نیز نقش مؤثری در افزایش تعداد ریشه‌ها داشت (شکل ۱۰). مقایسه رقم‌های مختلف در سطوح مختلف تیمارهای فیزیکی و شیمیایی نیز حاکی از آن بود که در مجموع ارقام پیکوال، زرد و کرونیکی از تعداد ریشه بیشتری برخوردار بودند، درحالی‌که رقم کنسروالیا کمترین تعداد ریشه را به خود اختصاص داده بود (شکل ۱۰).

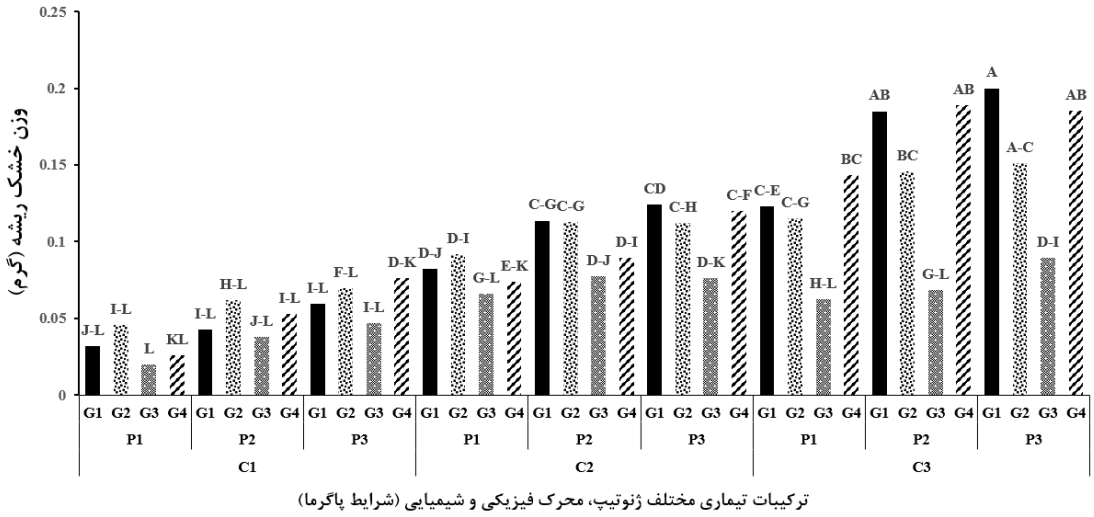
وزن تر و خشک ریشه: مطابق جدول ۲، اثرات ساده رقم‌ها، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و نیز فقط اثر متقابل رقم × فاکتور شیمیایی بر هر دو صفت وزن‌تر و خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسات میانگین نشان داد که در مجموع استفاده از فاکتورهای فیزیکی خراش‌دهی و شکاف‌دهی توانست به‌طور معنی‌داری وزن‌تر و خشک ریشه رقم‌های مختلف زیتون را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). همچنین مشخص شد که در بین تیمارهای ایندول بوتریک اسید، غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر



شکل ۱۰. مقایسه میانگین تعداد ریشه قلمه رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی در شرایط پاگرما. G1: رقم پیکوال، G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا، G4: رقم کرونیکی؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.



شکل ۱۱. مقایسه میانگین وزن‌تر ریشه قلمه رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی در شرایط پاگرما. G1: رقم پیکوال، G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا، G4: رقم کرونیکی؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

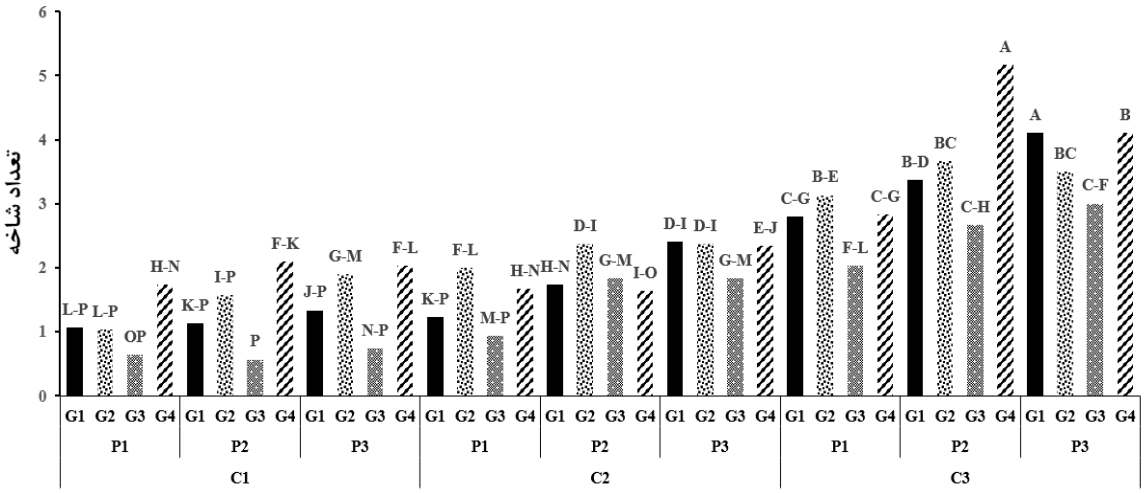


شکل ۱۲. مقایسه میانگین وزن خشک ریشه قلمه رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی در شرایط پاگرما. G1: رقم پیکوال، G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا، G4: رقم کرونیکی؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

مؤثرترین تیمار شیمیایی در افزایش وزن‌تر و خشک ریشه رقم‌های مختلف زیتون بود (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). از لحاظ بیشترین به کمترین وزن‌تر و خشک ریشه به‌ترتیب ارقام پیکوال، زرد، کرونیکی و کنسروالیا قرار داشتند (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

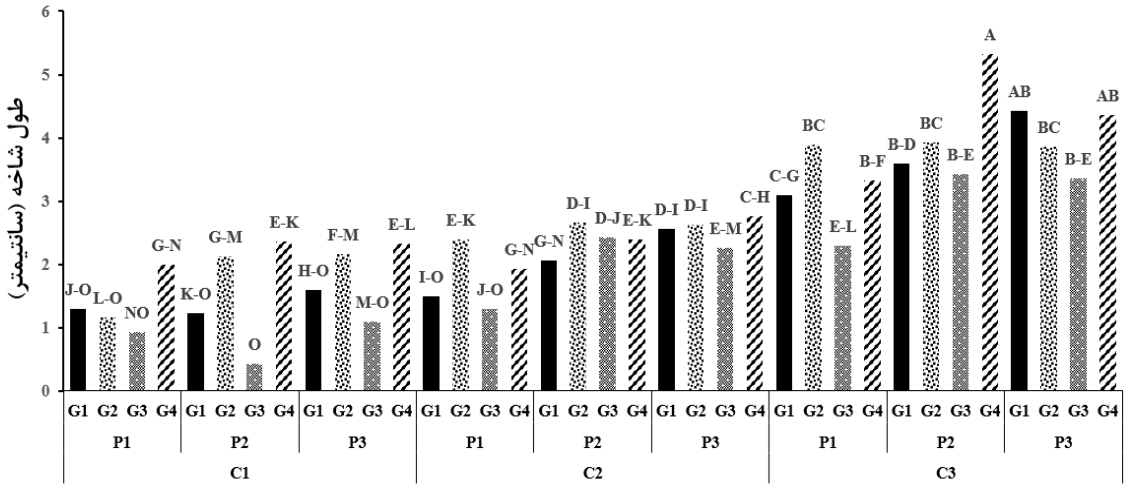
تعداد شاخه: نتایج حاکی از آن بود که تعداد شاخه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تمامی اثرات ساده و چندگانه رقم‌ها، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۲). بر اساس شکل ۱۳، بیشترین تعداد شاخه قلمه‌های رقم‌های مختلف در حالتی به‌دست آمد که از تیمار ایندول بوتریک اسید با غلظت ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. همچنین مشخص شد که خراش‌دهی و شکاف‌دهی توانستند به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد شاخه قلمه‌های رقم‌های مختلف شوند (شکل ۱۳). در بین رقم‌ها نیز، بیشترین تعداد شاخه از قلمه‌های به رقم کرونیکی اختصاص داشت که با رقم پیکوال اختلاف غیر معنی‌دار نشان داد و کمترین از قلمه‌های رقم کنسروالیا به‌دست آمد و قلمه‌های ارقام زرد و کرونیکی در بین این دو قرار داشتند (شکل ۱۳).

طول شاخه: طول شاخه قلمه‌ها نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تمامی اثرات ساده و چندگانه رقم، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۲). تیمار ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید نقش مؤثری در افزایش طول شاخه قلمه‌ها داشت (شکل ١٤). به‌طور کلی مشخص شد که استفاده از خراش‌دهی و شکاف‌دهی ته قلمه‌های زیتون به‌طور معنی‌داری باعث افزایش طول شاخه قلمه‌های ارقام مختلف شد (شکل ١٤). از طرف دیگر، مقایسه ارقام مختلف در سطوح مختلف تیمارهای فیزیکی و شیمیایی نیز حاکی از آن بود که در مجموع قلمه‌های ارقام کرونیکی، پیکوال و زرد از طول شاخه بیشتری برخوردار بودند، درحالی‌که قلمه‌های رقم کنسروالیا کمترین طول شاخه را به خود اختصاص داده بودند (شکل ١٤). در مجموع مشخص شد که بلندترین طول شاخه از لحاظ عددی با ۵/٤۱ سانتی‌متر در شرایط استفاده از خراش‌دهی همراه با تیمار ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید در رقم کرونیکی و



ترکیبات تیماری مختلف ژنوتیپ، محرک فیزیکی و شیمیایی (شرایط پاگرما)

شکل ۱۳. مقایسه میانگین تعداد شاخه قلمه رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی در شرایط پاگرما. G1: رقم پیکوال، G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا، G4: رقم کرونیکی؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.



ترکیبات تیماری مختلف ژنوتیپ، محرک فیزیکی و شیمیایی (شرایط پاگرما)

شکل ١٤ .مقایسه میانگین طول شاخه قلمه رقم‌های مختلف زیتون تیمارشده با فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی در شرایط پاگرما. G1 : رقم پیکوال، G2: رقم زرد، G3: رقم کنسروالیا، G4: رقم کرونیکی؛ P1: بدون فاکتور فیزیکی، P2: خراش دهی، P3: شکاف دهی؛ C1: بدون فاکتور شیمیایی، C2 و C3 به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتریک اسید. ستون‌هایی با داشتن حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار براساس آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال پنج درصد است.

کوتاهترین طول شاخه از لحاظ عددی با ۰/٤۲ سانتی‌متر در شرایط خراش‌دهی و بدون استفاده از فاکتورهای شیمیایی در رقم کنسروالیا به‌دست آمد (شکل ١٤).

هورمون ایندول بوتریک اسید در بین اکسین‌ها مؤثرترین ماده جهت ریشه‌زائی قلمه‌ها است، چرا که در محدوده وسیعی از غلظت‌های مختلف برای تسهیل ریشه‌زائی در بسیاری از گونه‌های گیاهی مؤثر است (۱۳). در مطالعات اولیه انجام شده نشان داده شد که قلمه‌های گونه‌های مختلف درختان میوه نیازمند غلظت‌های بهینه‌ای از ایندول بوتریک اسید جهت بهبود ریشه‌زائی هستند. همراستا با نتایج بررسی حاضر، یونس‌آبادی و همکاران (٢٦) و خالقی و علوی‌پور جلیعه (۱۷) گزارش نمودند که فرو بردن انتهای قلمه‌های زیتون در محلول‌های حاوی ترکیبات مختلف اکسین، باعث افزایش صفات مرتبط با ریشه‌دهی قلمه‌ها شد. در پژوهشی به بررسی اثرات غلظت‌های مختلف IBA بر ریشه‌دهی هوایی در درخت زیتون با استفاده از هشت تیمار، شامل غلظت IBA از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تا ۷۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌همراه شاهد، برای تعیین سطح بهینه برای افزایش رشد ریشه و ساقه در درختان زیتون استفاده شد. نتایج نشان داد که تیمار با ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مؤثرترین بوده و منجر به کوتاه‌ترین زمان برای تشکیل ریشه (٤٦/۱ روز) شد (۲۰). در پژوهشی گزارش شد که با افزایش غلظت ایندول بوتریک اسید به ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، صفاتی شامل طول بلندترین ریشه، تعداد ریشه، وزن تر و خشک ریشه‌ها و همچنین تعداد شاخه در قلمه‌های ریشه‌دار شده افزایش یافت. این تأثیر احتمالاً ناشی از نقش این هورمون در تحریک تشکیل ریشه‌های نابجا و توسعه آغازنده‌های ریشه نهفته از پیش تشکیل شده است (١٤). در مطالعه حاضر، استفاده از غلظت ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA منجر به بهبود معنادار درصد ریشه‌زایی، تعداد و طول ریشه‌ها در تمامی ارقام زیتون شد. این یافته با نتایج مطالعه ال هتب و همکاران (۳) که نشان دادند IBA با غلظت ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بهترین پاسخ را در ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه خشبی رقم فرانتیو و ایجاد می‌کند، هم‌خوانی داشت.

به‌طور کلی علت اثر مثبت ریشه‌زایی را می‌توان به تاثیر اکسین‌ها در تحریک تقسیم اولین یاخته آغازگر ریشه مربوط دانست (۱۸ و ۲۵). گزارش شده است که کاربرد اکسین خارجی می‌تواند سطح اکسین داخلی را به دو روش تنظیم عمل آنزیم ایندول استیک اسید- اکسیداز و انتقال محافظت کننده‌های اکسین کنترل نماید. تیمار کردن با مواد ریشه‌زا، به‌ویژه اسید ایندول بوتریک با غلظت‌های نسبتاً زیاد، به‌طور معمول در افزایش سرعت ریشه‌دهی، درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده و دستیابی به سیستم ریشه قوی‌تر، مفید هستند (۱۳). مطالعه‌ای برای بررسی تاثیر هورمون IBA و سولفات روی بر ریشه‌زایی قلمه‌های زیتون با هدف ارزیابی تأثیر محیط‌های کشت مختلف و ترکیب‌های هورمونی بر رشد رویشی دو رقم زیتون انجام شد. قلمه‌های نیمه‌خشبی با IBA با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در ترکیب با غلظت‌های مختلف سولفات روی تیمار شدند و در انواع مختلف خاک تحت شرایط کنترل‌شده کشت شدند. نتایج نشان داد که ترکیب ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات روی در خاک حاصل از تفاله نیشکر بهترین نتایج را به‌همراه داشت، از جمله بیشترین تعداد جوانه (٥/٦٦)، شاخه (٦٦/٦) و درصد زنده‌مانی گیاه (۷۳/٦٦ درصد) در بر داشت در مقابل، گروه شاهد (بدون تیمار) پارامترهای رشد بسیار کم‌تری مشاهده شد، که نشان می‌دهد ترکیب مناسب هورمون‌ها و محیط کشت برای تکثیر موفق زیتون در شرایط آب‌وهوایی خشک بسیار حیاتی است (۱).

اکسین با تحریک ریشه‌زایی، سبب انتقال کربوهیدرات‌ها و مواد نیتروژنه از برگ به سوی ریشه شده و این امر موجب افزایش وزن‌تر ریشه می‌شود (٦). اکسین خارجی بکار برده شده سبب فعالیت ایندول استیک اسید شده و سنتز درونی ایندول استیک اسید را افزایش داده و نیز می‌تواند با تحریک حساسیت بافت به ایندول استیک اسید سبب القاء ریشه‌زائی شود (۱۳ و ۱۵). همچنین اکسین باعث جابجایی و انتقال ریزوکالین‌های

متحرک و کربوهیدرات‌ها به منطقه ریشه‌زائی و فعال شدن آنها در این نواحی می‌شود و در آغازش و تمایزیابی ریشه نقش مهمی دارد (٦). عطار زاده و همکاران (٥) در بررسی تیمارهای مختلف هورمونی (هورمون ایندول استیک اسید با غلظت‌های ٢٠٠٠، ٤٠٠٠ و ٦٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر و نفتالین استیک اسید با غلظت های ٢٠٠٠ میلی گرم در لیتر) و همچنین مواد کمک ریشه‌زا (پراکسید هیدروژن با غلظت ٣/٥ درصد و اسید آسکوربیک با غلظت ٢ درصد) بر ریشه‌زایی قلمه‌های دو رقم زیتون فیشمی و شیراز نشان دادند که قلمه‌های تیمار شده با ایندول استیک اسید با غلظت ٤٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر به مدت ٥ ثانیه به‌همراه پراکسیدهیدروژن با غلظت ٣/٥ درصد به مدت ٣٠ ثانیه بیشترین تاثیر را بر افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های زیتون داشت.

استفاده از تیمارهای فیزیکی مانند شکاف‌دهی و خراش‌دهی موجب افزایش تقسیم سلولی در بافت پارانشیمی اطراف لایه زاینده، تجمع اکسین و کربوهیدرات‌ها در ناحیه زخم، افزایش تنفس سلولی، تجمع ترکیبات فنولی و تحریک تولید اتیلن می‌شود که همگی بر بهبود کیفیت و کمیت ریشه‌زایی قلمه‌ها مؤثر هستند. همچنین، این تیمارها با شکستن حلقه اسکلرانشیمی در ناحیه کورتکس، خروج و توسعه ریشه‌های نابجا را تسهیل نموده و درنتیجه استقرار و رشد ریشه‌ها را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهند (١٣ و ٢٤). در مطالعه حاضر، ترکیب شکاف‌دهی با غلظت IBA ٤٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر در شرایط بدون پاگرما درصد ریشه‌زایی رقم پیکوال را به ٦٦/١ درصد افزایش داد. در مطالعه‌ای که اثر عوامل تغذیه‌ای، غلظت‌های مختلف IBA و شکاف دهی انتهای قلمه‌ها را بر روی چهار رقم زیتون مورد بررسی قرار دادند نتایج آنها نشان داد که محلول پاشی درختان مادری با عناصر غذایی یک ماه قبل از تهیه قلمه تاثیر زیادی در بهبود ریشه‌زایی ارقام مورد استفاده داشت. بیشترین درصد ریشه‌زایی برای تیمار IBA با غلظت ٤٥٠٠ میلی‌گرم در لیتر و همچنین این تیمار به‌همراه روی با غلظت ٥٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد (٢٢). نتایج یافته‌های رمضانی ملکرودی و همکاران (٢٢) نشان دادند شکاف‌دهی قاعدهٔ قلمه‌های زیتون همراه با IBA درصد ریشه‌زایی را تا ٥٨ درصد افزایش می‌دهد، هم‌سو با مطالعه حاضر است. تفاوت پاسخ ارقام مختلف به تیمارهای فیزیکی و شیمیایی می‌تواند ناشی از تغییرات در غلظت ترکیبات درون‌زای محرک و بازدارنده ریشه‌زایی باشد. علاوه بر این، ویژگی‌های ساختاری مانند ضخامت و ترکیب حلقه اسکلرانشیمی نیز در این تفاوت پاسخ‌ها نقش داشته و با تأثیر بر میزان نفوذپذیری بافت، ریشه‌زایی و رشد ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (١٣ و ٢٤).

لازم به ذکر است که با وجود اینکه دو آزمایش در شرایط پاگرما و بدون پاگرما به‌دلیل عدم امکان ادغام داده‌ها و انجام تجزیه مرکب، برای مقایسه دو شرایط تجزیه واریانس نشدند، نمی‌توان اختلاف معنی‌دار یا غیرمعنی‌دار بین این دو شرایط را بیان کرد. با این حال، بر اساس نتایج آماره‌های توصیفی و میانگین صفات در آزمایشات جداگانه، می‌توان اظهار داشت که استفاده از پاگرما در فرآیند ریشه‌زایی شرایط مناسب‌تری را برای رشد ریشه‌ها فراهم کرد و باعث افزایش کارایی فاکتورهای شیمیایی و روش‌های فیزیکی شد و باعث بهبود صفات مرتبط با ریشه‌دهی شامل درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه وطول ریشه قلمه‌های ارقام مختلف زیتون شد. در قلمه‌ها لازم است که نمو ریشه قبل از نمو شاخ و برگ انجام گیرد. چنانچه گرمای محیط قلمه‌ها زیاد باشد، جوانه‌ها پیش از آنکه تشکیل ریشه دهند، رشد خود را آغاز می‌کنند که این خود موجب اتلاف آب توسط برگ‌ها می‌شود. در بیشتر گونه‌های گیاهی دمای ٢١ تا تا ٢٧ درجه سلسیوس در روز و ١٦ تا ٢١ درجه سلسیوس در شب برای ریشه‌زایی مناسب است. مشخص شده است که استفاده از پاگرما باعث انگیزش و افزایش تقسیم سلولی در محیط تولید ریشه می‌شود و درنتیجه باعث بهبود ریشه‌زائی قلمه‌ها می‌شود (١٣ و ٢٤). بهبود ریشه‌زایی مشاهده‌شده تحت شرایط پاگرما و تیمارهای ترکیبی ممکن است ناشی از افزایش سطح قندهای محلول، پلی‌آمین‌ها و

ترکیبات فنولی باشد. این عوامل بیوشیمیایی برای تقسیم و تمایز سلولی ضروری هستند (۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام پیکوال، زرد، کرونیکی و کنسروالیا از لحاظ سهولت ریشه‌زائی در رتبه‌های اول تا چهارم قرار داشتند. همچنین، استفاده از ایندول بوتریک اسید با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز توانست به‌طور معنی‌داری باعث بهبود صفات مرتبط با ریشه‌زائی در ارقام مختلف زیتون شود. از طرف دیگر، فاکتورهای فیزیکی مانند خراش‌دهی و شکاف‌دهی نیز توانستند ریشه‌زائی را در ارقام مختلف زیتون تسریع نمایند. در نهایت، بر اساس نتایج این پژوهش، کاربرد ایندول بوتریک اسید با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با تیمارهای خراش‌دهی و شکاف‌دهی در شرایط استفاده از سیستم پاگرما به‌عنوان روش بهینه برای ازدیاد زیتون از طریق قلمه قابل توصیه است. همچنین در شرایط عدم دسترسی به سیستم پاگرما، کاربرد هورمون همراه با تیمارهای فیزیکی در سیستم بدون پاگرما می‌تواند به‌عنوان جایگزین مؤثری مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می دانند که از همکاری و حمایت های دانشگاه گیلان و مرکز تحقیقات کشاورزی زنجان (ایستگاه تحقیقات زیتون طارم) تشکر و قدردانی به عمل آورند.

منابع

1. Afzal, M., H. Naeem, M. Waqas, I. Akhtar, S. Alam and M. Tehseen. 2023. Effect of indole butyric acid and zinc sulphate in different media on rooting of olive cuttings. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 9(4): 104-111.
2. Agricultural Statistics. 2019. The third volume of horticultural products. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. (In Farsi).
3. Al Hattab, Z. N., W. A. Abdulazez and M. A. Al Ani. 2018. The influence of growth regulators on the rooting capacity of semi hardwood cuttings of olive *Olea europaea* L. *Bioscience Research* 15(1): 412-417.
4. Arteca, N. R. 1996. Plant Growth Substances: Principles and Applications. Chapman and Hall, New York.
5. Atarzadeh, M., A. Abotalebi and M. Atarzadeh. 2017. Effect of different hormonal treatments and rooting-cofactors on rooting of olive cultivars (Fishomi and Shiraz). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 7(1): 49-58. (In Farsi).
6. Babaei, H., H. Zarei and K. Hemmati. 2015. The effect of different concentrations of IBA, type of plant rootstock and timeing of cuttings on propagation of *Ficus benjamina* CV. Variegata by Cutting - Graft. *Journal of Crop Production and Processing* 5(17): 253-261.
7. Denaxa, N. K., S. N. Vemmos and P. A. Roussos. 2021. Shoot girdling improves rooting performance of kalamata olive cuttings by upregulating carbohydrates, polyamines and phenolic compounds. *Agriculture* 11(1): 71.
8. Eidi, O. 2019. Effects of auxin hormones (IBA and NAA) and wounding on some rooting characteristics of bitter olive (*Melia azedarach* L.) cuttings. . In: Proceeding of 3th National Conference on Science and Technology of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment of Iran. Tehran, Iran. 11 March 2019. (In Farsi).
9. Fabbri, A., G. Bartolini, M. Lambardi and S. Kailis. 2004. Olive Propagation Manual. Landlinks Press, Collingwood.
10. Fahad, S., O. Sonmez, S. Saud, D. Wang, C. Wu, M. Adnan and V. Turan. 2021. Plant Growth Regulators for Climate-Smart Agriculture. CRC Press, Boca Raton.
11. Gibsonto, J. L. 2001. Plant Propagation: Basic Principles and Methodology. NC State University, Floriculture Research, Florex.
12. Guilfoyle, T. J. and G. Hagen. 2007. Auxin response factors. *Current Opinion in Plant Biology* 10: 453-460.
13. Hartmann, H. T., D. E. Kester, F. T. Davies and R. L. Geneve. 2011. Plant Propagation, Principles and Practices. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

14. Heydarpour-Monfared, A., H. Kiadaliri, E. Jaferyan and A. Drikvand. 2013. The effect of Indolebutyric acid and the cutting time on rooting of *Myrtus Communis* L. *Journal of Renewable Natural Resources Research* 4(1): 1-8. (In Farsi).
15. Ingle, M. R. 2008. Effect of growth regulators and environments on rooting of stevia cuttings (*Stevia rebaudiana* Bertoni). MSc. Thesis, India University of Agricultural Sciences, Dharwad.
16. Kasim, N. E. and A. Rayya. 2009. Effect of different collection times and some treatments on rooting and chemical interminal constituents of bitter almond hard wood cutting. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 5(2): 116-122.
17. Khaleghi, E. and S. Alavipour-Jallieh. 2019. Response of rooting and some biochemical traits of cutting of olive (*Olea europaea* L.) cv. concervolia to indole butyric acid and puterscine. *Seed and Plant Production Journal* 35(2): 221-263. (In Farsi).
18. Loach, K. 1992. Environmental conditions for rooting cutting: importance, measurement and control. *Acta Horticulturae* 314: 233-242.
19. Maghsoudi, Sh. 2015. Olive. Aghaye Ketab Publication. Tehran. (In Farsi).
20. Manoj, A., A. V. Joseph, V. Bahadur and K. Naveen. 2023. Effect of different indole butyric acid concentrations on air layering in olive (*Olea europaea* L.). *International Journal of Plant & Soil Science* 35(14): 263-268.
21. Mohammadi, H. and D. Vakili. 2007. Olive (Planting, Protection, Harvest and Processing). Ndaye Sabz Shomal Publication, Rasht. (In Farsi).
22. Ramazani Malakroudi, M., A. R. Talaei, M. T. Eghdami and A. Bonyadi. 2005. Study of effected factors on rooting on semi-hardwood cuttings of difficult rooting olive cultivars (*Olea europaea* L.). *Pajouhesh and Sazandegi* 66: 74-81. (In Farsi).
23. Schuch, M. W., Z. F. P. Tomaz, J. V. Casarin, R. M. Moreira and J. B. Silva. 2019. Advances in vegetative propagation of Olive tree. *Revista Brasileira de Fruticultura* 41(2): 1-11.
24. Toogood, A. 2019. Propagating Plants: How to Create New Plants for Free Hardcover. Dorling Kindersley Ltd, United Kingdom.
25. Weijers, D., K. L. jung, M. Estelle and O. Leyser. 2022. Auxin Signaling: From Synthesis to Systems Biology. Cold Spring Harbor Laboratory Press. Cold Spring Harbor, NY.
26. Yonesabadi, T., M. Alizadeh, E. Seifi and M. Sadeghi. 2018. Evaluation of joint application of auxin and some chemical compounds to induce root in olive cuttings. *Journal of Plant Production Research* 25(3): 41-54. (In Farsi).