Karafan
Quarterly Scientific Journal of National University of Skill
Winter 2025, Vol. 21, No. 4, p. 475-486
Journal Homepage: https://karafan.nus.ac.ir/?lang=en
doi:10.48301/KSSA.2024.435402.2811

Investigating the Possibility of Improving the Propagation of *Ficus Amstel* cv. King Using Different Combinations

Hosein Zarei[1*], Dina Karimabadi[2], Mehrdad Babarabie[3]

[1]Associate Professor, Department of Horticulture and Landspace, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
[2]Bachelor's Student, Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
[3]Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering, Minab Higher Education Complex, University of Hormozgan, Bandarabbas, Iran.

ARTICLE INFO

Article Type:
Original Research

Received: 02.23.2024
Revised: 04.13.2024
Accepted: 06.02.2024

Keyword:
Chemical Compounds
Ficus Amstel King
Hormone
Rooting
Thiamine

***Corresponding Author:**
Hosein Zarei
Email: *h.zarei@gau.ac.ir*

ABSTRACT

Ficus Amstel King plant (Ficus amstel cv. King) is one of the indoor ornamental plants that has become very popular in recent years due to the beauty of its large and green leaves as well as the effective role of this plant in indoor air purification. As a result, its production using chemical compounds effective on rooting in a shorter time and with better quality is very important from a commercial point of view. The purpose of this research was to investigate the effect of indole acetic acid, thiamine, glucose and zinc sulfate on Ficus Amstel King cuttings in order to improve their rooting and propagation in a commercial and practical way. For this purpose, semi-woody stem cuttings of this plant were prepared and after being transferred to the mist greenhouse, they were placed in different levels of four treatments for 24 hours. 4 treatments including hormone indole acetic acid, thiamine, glucose and zinc sulfate were used in this experiment, with three repetitions and each repetition including 7 semi-woody stem cuttings were cultivated in a bed with a combination of cocopeat and perlite in a completely randomized design. The results showed that the most effective treatment in increasing the number of roots of the cuttings was the concentrations of 200 and 400 mg/liter indole acetic acid. The best result for the fresh weight of cuttings roots was observed in the treatments of 3 and 5% glucose as well as all three concentrations of thiamine. The most effective combination in increasing the amount of chlorophyll in the leaves was the treatment of 150 mg/l thiamine.

©2025 the authors. Published by National University of Skill, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Ficus Amstel King plant (Ficus amstel cv. King) is one of the indoor ornamental plants that has gained popularity in recent years due to the beauty of its large and green leaves as well as the effective role of this plant in purifying indoor air. has found a lot, as a result, its production using chemical compounds effective on rooting in a shorter time and with better quality is very important from a commercial point of view. Important things such as physiological and environmental conditions of the mother plant, carbohydrates, plant hormones and many other factors have an effect on the rooting of plants. The use of plant growth regulators in improving the quantitative and qualitative characteristics of plants has been common for a long time. Plant growth regulators affect all stages of plant growth and development. Auxin hormone is one of the growth regulating hormones effective on rooting.

Methodology

To investigate the propagation of Ficus Amstel King plant, semi-woody stem cuttings of this plant were prepared from several mother plants in a greenhouse around the city of Gorgan and after being transferred to the mist greenhouse in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in Different levels of four treatments were placed for 24 hours. 4 treatments including hormone indole acetic acid, thiamine, glucose and zinc sulfate were used in this experiment, then in the form of a completely randomized design with three repetitions and each repetition including 7 semi-woody stem cuttings were cultivated in a substrate with a mixture of cocopeat and perlite. The cuttings were kept in the substrate for 36 days and after rooting on April 18, 2023, they were removed from the substrate and tested. The measured traits included leaf chlorophyll, number of rooted cuttings, length, volume and fresh weight of cuttings roots. The data related to each trait to be measured was entered into the Excel software, and then data analysis was done using SAS software and comparison of average data was done through LSD test.

Results and discussion

The most effective treatment in increasing the number of roots of cuttings is the concentrations of 200 and 400 mg/liter of indole acetic acid. After indole acetic acid, high concentrations of thiamine showed acceptable results in increasing the number of roots of the cuttings, but the cuttings treated with zinc sulfate and glucose, in most concentrations, not only did not have a significant positive effect, but even the ratio Shahid also had fewer roots. The best result for the wet weight of the roots of the cuttings was observed in the treatments of 3 and 5% glucose as well as all three concentrations of thiamine. Among the effective treatments on increasing the amount of chlorophyll in the leaves, the cuttings treated with 3% glucose and 150 mg/l thiamine had the greatest effect on increasing the chlorophyll of the leaves. The treatment of 50 mg/liter of thiamine also had the least positive effect compared to the rest of the treatments (except the control). Zinc activates tryptophan synthetase, the enzyme responsible for the synthesis of tryptophan in the biochemical model of indoleacetic acid, which is a heteroauxin. The two-step conversion of tryptophan

to indoleacetic acid is the main pathway of auxin biosynthesis, which plays an essential role in many growth processes. The most effective compound in increasing the amount of chlorophyll in the leaves is the treatment of 150 mg/liter of thiamine and in increasing the number of leaves, the concentration of 100 and 200 mg/liter of indole acetic acid. Thiamine treatment increases the stem growth in plants and the reason is that thiamine is considered a growth factor and can increase the fresh weight of the root and even the stem. It can be concluded that thiamine without the presence of auxin caused the growth of the roots formed on the cuttings, and when this vitamin is used with auxin for treatment, the effect of thiamine on the growth of roots decreases because thiamine is a growth factor and its growth effect is greater. It is a direct effect

Conclusion

Among the investigated treatments, in general, the best and highest quantity and quality of rooting were obtained in concentrations of 100 and 200 ppm indole acetic acid. Also, the separate examination of other treatments shows that 100 mg/l thiamine, 5% glucose and 4 mg/l zinc sulfate had a more effective role in the rooting of Ficus Amstel King than other concentrations. Zinc acts as a cofactor of various enzymes in catalytic processes, chlorophyll production, synthesis of carbohydrates and proteins, metabolism of nucleic acids and lipids, auxin formation and cell proliferation. Considering that today Ficus Amstel King is one of the most popular plants in the world and also in Iran, therefore, the use of the mentioned treatments by the producers of this plant is recommended for better rooting and increasing the quality of the produced cuttings.

Acknowledgement

We are grateful to the department of horticultural sciences of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources and to the management of the greenhouse town of Fahrikhetgan of Gorgan Islamic Azad University for their excellent cooperation.

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه ملی مهارت
زمستان ۱۴۰۳، دوره ۲۱، شماره ٤، ٤٨٦-٤٧٥
آدرس نشریه: https://karafan.nus.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2024.435402.2811

بررسی امکان بهبود ریشه‌زایی گیاه فیکوس آمستل کینگ (*Ficus amstel cv. King*) با استفاده از ترکیبات مختلف

حسین زارعی[1*]، دینا کریم آبادی[2]، مهرداد باباربیع[3]

۱- دانشیار، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳- استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۰۴
بازنگری مقاله: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵
پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳

کلید واژگان:
ترکیبات شیمیایی
تیامین
ریشه‌زایی
فیکوس آمستل کینگ
هورمون

***نویسنده مسئول:** حسین زارعی
پست الکترونیکی:
h.zarei@gau.ac.ir

چکیده

گیاه فیکوس آمستل کینگ (*Ficus amstel cv. King*) به دلیل زیبایی برگ‌های درشت و سبز آن و همچنین نقش مؤثر این گیاه در تصفیه هوای درون خانه، محبوبیت زیادی پیدا کرده است، در نتیجه تولید آن با استفاده از ترکیبات شیمیایی مؤثر بر ریشه‌زایی از نظر تجاری دارای اهمیت زیادی می‌باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ایندول استیک اسید، تیامین، گلوکز و سولفات روی بر قلمه ساقه گیاه فیکوس آمستل کینگ به‌منظور بهبود ریشه‌زایی و تکثیر آنها به‌صورت تجاری و کاربردی بود. به این منظور قلمه‌های ساقه نیمه‌خشبی این گیاه تهیه شد و پس از انتقال به گلخانه میست در سطوح مختلف چهار تیمار به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. چهار تیمار شامل هورمون ایندول استیک اسید، تیامین ،گلوکز و سولفات روی در این آزمایش استفاده شدند، با سه تکرار و هر تکرار شامل ۷ قلمه ساقه نیمه‌خشبی در بستری با ترکیب کوکوپیت و پرلیت در قالب طرح کاملاً تصادفی کشت شدند. نتایج نشان داد که مؤثرترین تیمار در افزایش تعداد ریشه قلمه‌ها (۱۶ و ۱۵ عدد) غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول استیک اسید بود. کمترین تعداد ریشه (۷ عدد) نیز در قلمه‌های تیمارشده با سولفات روی ۶ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. بهترین نتیجه برای وزن تر ریشه‌های قلمه‌ها، در تیمارهای ۳ و ۵ درصد (۱/۳ گرم) گلوکز و همچنین هر سه غلظت تیامین (۱/۲ گرم) قابل مشاهده بود. مؤثرترین ترکیب در افزایش میزان کلروفیل برگ‌ها (۵۶) تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین بود و کمترین مقدار را شاهد (۴۷) داشت. بیشترین حجم ریشه در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول استیک اسید با میانگین حجم ۲/۵۷ سانتی‌مترمکعب و بعد از آن در گلوکز ۵ درصد با حجم ۲/۲۳ سانتی‌مترمکعب مشاهده شد.

شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

©2025 the authors. Published by National University of Skill, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

مقدمه

گیاه فیکوس آمستل کینگ با نام علمی *Ficus amstel cv. King* از خانواده Moraceae، بومی مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که به دلیل زیبایی برگ‌ها، توانایی تصفیه هوا و همچنین خاصیت ضداسترس و آرامبخشی آن، از گیاهان زینتی پرطرفدار به‌شمار می‌رود. برگ‌های چرمی و بیضی این گیاه در ابتدا به رنگ نارنجی و قرمز و سپس به رنگ سبز تیره درمی‌آید و با شرایط نوری و رطوبتی مختلف سازگاری قابل‌توجهی دارد که به محبوبیت آن می‌افزاید، در نتیجه انتخاب بهترین و سریع‌ترین روش برای تکثیر این گیاه از اهمیت زیادی برخوردار است [۱]. موارد مهمی مانند شرایط فیزیولوژیکی و محیطی گیاه مادری، کربوهیدرات‌ها، هورمون‌های گیاهی و بسیاری از عوامل دیگر، بر ریشه‌زایی گیاهان تأثیر دارند. استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در ارتقای ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان از دیرباز رایج بوده است. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی تمام مراحل رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. هورمون اکسین از هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مؤثر بر ریشه‌زایی است و از متداول‌ترین ترکیبات اکسینی مورداستفاده برای ریشه‌دهی قلمه‌های گیاهان می‌توان به ایندول استیک اسید نیز اشاره کرد [۲]. پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد ایندول استیک اسید در خوابانیدن هوایی شاخه‌های درختچه *Eusideroxylon zwageri* میزان تشکیل ریشه را افزایش داد [۳]. محسنی‌فرد (۱۳۹۸) گزارش کرد که نفتالین استیک اسید و ایندول بوتیریک اسید باعث افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های درختچه کاغذی شد [۳]. تیامین یک بخش ضروری برای بیوسنتز کوآنزیم تیامین پیروفسفات است که نقش مهمی در متابولیسم کربوهیدارت دارد. تیامین در گیاهان در برگ سنتز و به ریشه منتقل می‌شود و رشد را کنترل می‌کند. تیامین از فاکتورهای مهم برای ریشه گیاه است. تیامین در رشد و توسعه ریشه اهمیت دارد و فرم‌های مختلفی از ویتامین B برای تحریک تقسیم سلولی شناخته شده است [۴]. بر اساس مطالعات علوی نایینی و همکاران (۱۳۹۴) در مورد تأثیر ویتامین B_1 (تیامین) بر ریشه‌زایی قلمه‌های رزماری، مشخص شد که تیامین نقش قابل‌توجهی در رشد ریشه قلمه‌ها داشته است [۵]. یکی از ترکیبات قابل‌استفاده برای ریشه‌زایی قلمه‌ها سولفات روی است. راهداری و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند که سولفات روی از موارد مهم و مؤثر بر ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه دراسنا بلالی می‌باشد به‌طوری که طبق گزارش‌ها، قلمه‌های آغشته‌شده به این محلول با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (به مدت ۵ ثانیه) دارای بیشترین درصد قلمه‌های ریشه‌دارشده بودند [۶].

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ایندول استیک اسید، تیامین، گلوکز و سولفات روی بر قلمه ساقه گیاه فیکوس آمستل کینگ به‌منظور بهبود ریشه‌زایی و تکثیر آن‌ها به‌صورت تجاری و کاربردی بود.

مواد و روش‌ها

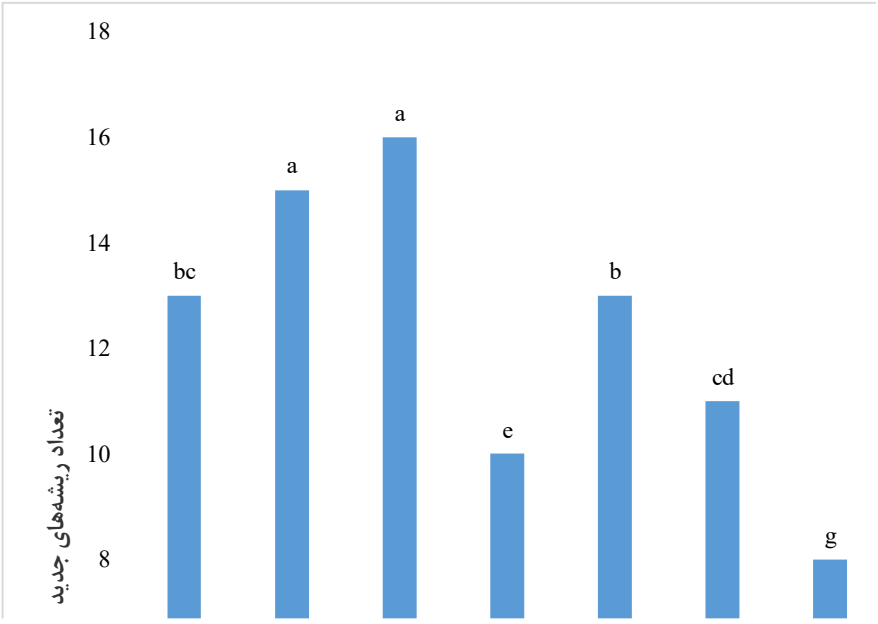
در اواخر اسفندماه ۱۴۰۱ قلمه‌های نیمه‌خشبی گیاه فیکوس آمستل کینگ، به ارتفاع تقریبی ۱۵ تا۲۰ سانتی‌متر و قطر ساقه حدود ۰/۵ سانتی‌متر از چند پایه مادری موجود در شهرک گلخانه‌ای فرهیختگان دانشگاه آزاد اسلامی گرگان تهیه و بعد از انتقال به گلخانه تکثیر گیاهان باغی موجود در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. تیمارهای به‌کاررفته شامل ایندول استیک اسید (صفر ،۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ قسمت در میلیون)، تیامین (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ قسمت در میلیون)، گلوکز (صفر، ۱ درصد، ۳ درصد، ۵ درصد) و سولفات روی (صفر، ۲، ۴، ۶ قسمت در میلیون) بودند که به مدت ۲۴ ساعت اعمال شدند. مواد به‌کاررفته با نشان تجاری مرک آلمان بودند. هر تیمار شامل سه تکرار و هر تکرار شامل ۷ قلمه ساقه نیمه‌خشبی بود که در بستری با ترکیب کوکوپیت و پرلیت با نسبت حجمی ۱:۱ کشت شدند. گلخانه مجهز به سیستم مه‌افشان بود. رطوبت نسبی گلخانه در زمان آزمایش ۷۰ درصد و میانگین دما ۲۴ درجه بود. قلمه‌ها به مدت ۳۶ روز در این شرایط نگهداری و در اواخر فروردین ۱۴۰۲ از بستر خارج شدند و صفات مورد نظر آن‌ها اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل برگ‌ها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD) مدل ۵۰۲ PLUS با نشان تجاری KONICA MINOLTA ژاپن و با اندازه‌گیری تمام برگ‌های قلمه و سپس ثبت میانگین آن برای هر قلمه

سنجیده شد. اندازه‌گیری تعداد ریشه‌های هر قلمه با شمارش تمامی ریشه‌ها و ثبت طول هریک از آن ها برای محاسبه و میانگین طول ریشه انجام شد. برای محاسبه حجم ریشه، بعد از شستن ریشه و پاک‌کردن آن از ذرات کوکوپیت و پرلیت، ریشه را در بشر حاوی آب قرار داده و حجم اضافه‌شده به‌عنوان حجم ریشه ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن تر ریشه‌ها از هر تکرار دو قلمه به‌طور تصادفی انتخاب و به وسیله کاتر ضدعفونی‌شده، ریشه‌های آن‌ها بریده و وزن آن با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. داده‌های مربوط به هر صفت موردانداز‌ه‌گیری، در نرم‌افزار اکسل وارد شد و سپس تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد قلمه‌های ریشه‌دارشده

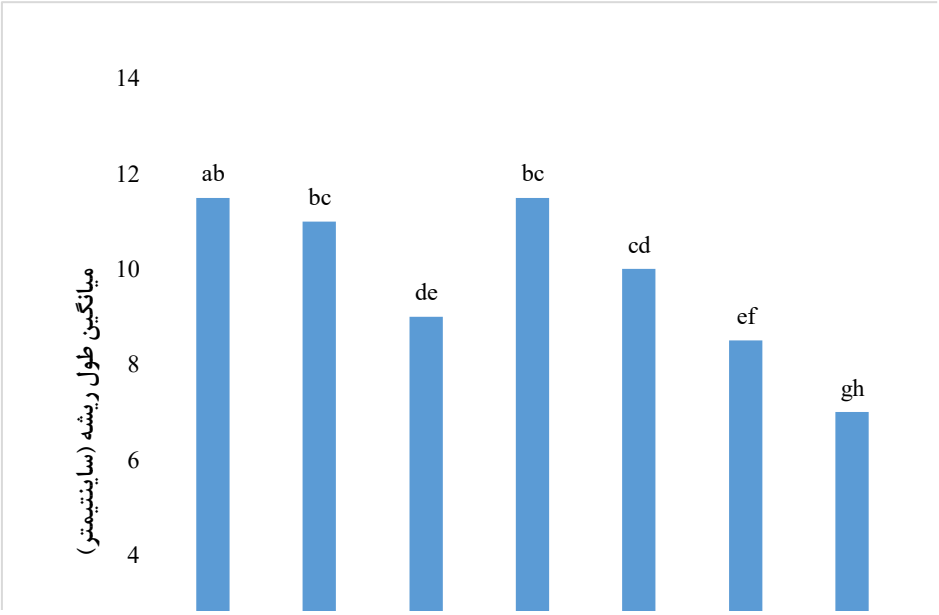
با توجه به شکل ۱، مؤثرترین تیمار در افزایش تعداد ریشه قلمه‌ها، غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول استیک اسید می‌باشد. پس از ایندول استیک اسید، غلظت‌های بالای تیامین نتایج قابل‌قبولی در افزایش تعداد ریشه‌های قلمه‌ها نشان دادند اما قلمه‌های تیمار سولفات روی و گلوکز، در بیشتر غلظت‌ها نه‌تنها تاثیر مثبت قابل‌توجهی نداشتند که حتی نسبت به شاهد نیز تعداد ریشه کمتری داشتند. کمترین تعداد ریشه نیز در قلمه‌های تیمارشده با سولفات روی ۶ میلی‌گرم بر لیتر و بعد از آن در غلظت یک درصد گلوکز مشاهده شد.



شکل ۱. تأثیر تیمارها بر تعداد ریشه‌های جدید قلمه‌های فیکوس آمستل کینگ.

میانگین طول ریشه‌های قلمه‌ها

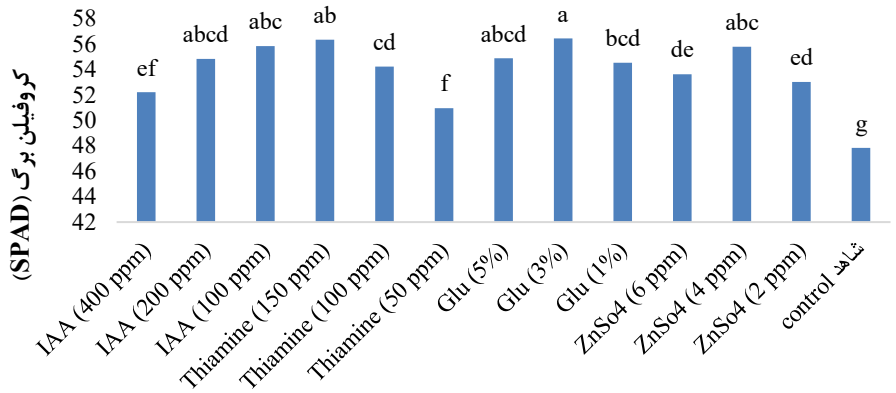
بر اساس شکل ۲ به‌طور کلی قلمه‌های شاهد، ریشه‌های طویل‌تری داشتند و میانگین طول ریشه‌های آن نسبت به دیگر تیمارها بیشتر می‌باشد.



شکل ۲. تأثیر تیمارها بر میانگین طول ریشه قلمه های فیکوس آمستل کینگ.

میزان کلروفیل برگ‌های قلمه‌ها

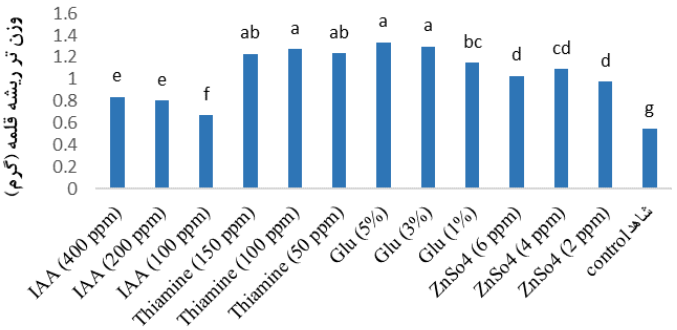
در میان تیمارهای مؤثر بر افزایش میزان کلروفیل برگ‌ها، قلمه‌های تیمار گلوکز ۳ درصد و تیامین ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را بر افزایش کلروفیل برگ‌ها داشتند. تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین نیز کمترین تأثیر مثبت را نسبت به باقی تیمارها (غیر از شاهد) داشته است (شکل ۳).



شکل ۳. تأثیر تیمارها بر میزان کلروفیل برگ‌های قلمه‌های فیکوس آمستل کینگ.

وزن تر ریشه قلمه‌ها

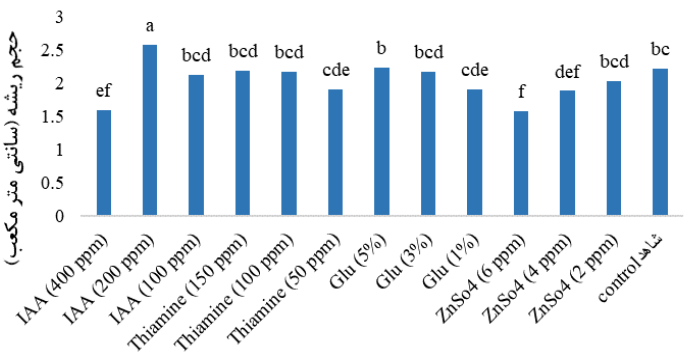
بهترین نتیجه برای وزن تر ریشه‌های قلمه‌ها، در تیمارهای ۳ و ۵ درصد گلوکز و همچنین هر سه غلظت تیامین قابل مشاهده است (شکل ۴).



شکل ۴. تأثیر تیمارها بر میزان وزن تر ریشه قلمه‌های فیکوس آمستل کینگ.

حجم ریشه‌های قلمه‌ها

با توجه به شکل ۵، بیشترین حجم ریشه در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول استیک اسید با میانگین حجم ۲/۵۷ سانتی‌مترمکعب و بعد از آن در گلوکز ۵ درصد با حجم ۲/۲۳ سانتی‌مترمکعب مشاهده شد. تیمارهایی که باعث ایجاد ریشه پرحجم قلمه‌ها شدند به‌طور عمده دارای طول تقریباً کوتاه و ریشه‌های جانبی فراوان بودند درنتیجه بیشتر تیمارهایی که دارای ریشه‌های طویل بودند به نسبت دیگر تیمارها حجم کمتری داشتند. البته در این میان تیمارهایی نیز بودند که در هر دو صفت اندازه‌گیری‌شده در رتبه پایین قرار داشتند یا بالعکس، که این مشاهدات نشان‌دهنده تأثیر کم یا زیاد این تیمارها بر صفات ریشه‌زایی گیاه است.



شکل ۵. تأثیر تیمارها بر حجم ریشه‌های قلمه‌های فیکوس آمستل کینگ.

بحث

گزارش‌های بسیاری در خصوص تأثیر اکسین بر افزایش ریشه‌دهی و سرعت تشکیل ریشه، در قلمه‌های ساقه وجود دارد [۷]. اما ترکیباتی همچون سولفات روی برای ریشه‌زایی قلمه‌های گیاهان کمتر مورد استفاده قرار گرفته است. در پژوهش ما نیز مشخص شد که ایندول استیک اسید نسبت به سولفات روی تأثیر بسیار بیشتری بر ریشه‌زایی قلمه‌ها

داشت. صورت و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی که درمورد تأثیر دوزهای مختلف نفتالین استیک اسید، ایندول بوتریک اسید و سولفات روی بر ریشه‌زایی قلمه‌های توت انجام دادند گزارش کردند که این ترکیبات، تأثیرات مثبت و معنی‌داری بر میزان ریشه‌زایی، اندازه ریشه و ساقه، تعداد ریشه‌زایی قلمه، تعداد برگ و وزن تر و خشک برگ گیاه توت داشتند و نتیجه گرفتند که سولفات روی به‌تنهایی یا در ترکیب با هورمون‌های اکسین، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر ریشه‌زایی قلمه گیاه توت می‌گذارد [۸].

همان‌طور که مشخص شد تمام تیمارهای به‌کاررفته در پژوهش حاضر، وزن تر ریشه‌های قلمه‌ها را افزایش دادند. راهداری و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی خود در مورد تأثیر سولفات روی، هورمون‌های نفتالین استیک اسید و ایندول بوتریک اسید بر ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه خشبی گیاه آرالیا به این نتیجه رسیدند که بیشترین درصد ریشه‌زایی مربوط به تیمار سولفات روی با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود و بهترین تیمار برای تعداد ریشه نیز این تیمار معرفی شد. از نظر طول ریشه تیمارهای اکسین تأثیرگذاری بیشتر و معنی‌دارتری را برجای گذاشتند همچنین بیان کردند که بیشترین وزن خشک ریشه نیز در تیمار سولفات روی قرار داشت اما از لحاظ وزن تر ریشه، بیشترین مقدار در تیمار سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم به همراه ترکیب با دوزهای ۱۰۰۰ هورمون‌های اکسین بود. تحقیقات این محققان درمورد گیاه دراسنا نیز با همین ترکیبات تیماری، نتایج مشابه با این تحقیق داشت [۶].

روی به‌عنوان کوفاکتور آنزیم‌های مختلف در فرایندهای کاتالیزوری، تولید کلروفیل [۹]، سنتز کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها، متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و لیپیدها، تشکیل اکسین و تکثیر سلولی عمل می‌کند [۱۰; ۱۱] روی تریپتوفان سنتتاز را فعال می‌کند، آنزیمی که مسئول سنتز تریپتوفان در الگوی بیوشیمیایی ایندول استیک اسید است که یک هترواکسین است. تبدیل دو مرحله‌ای تریپتوفان به ایندول استیک اسید، مسیر اصلی بیوسنتز اکسین است که در بسیاری از فرایندهای رشد نقش اساسی ایفا می‌کند [۱۲].

در پژوهش حاضر مشخص شد که ایندول استیک تأثیر بسزایی در افزایش تعداد ریشه قلمه‌های گیاه فیکوس آمستل دارد. یاماشیتا[1] و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که اکسین تأثیر مفیدی بر ریشه‌زایی و تعداد ریشه‌های قلمه انبه گذاشت، در حالی که تعداد شاخه‌های جوانه‌زده را به میزان قابل‌توجهی کاهش داد. هنگامی که قلمه‌ها با سولفات روی در ترکیب با اکسین تیمار شدند، ریشه‌زایی افزایش یافت و یک اثر متقابل مثبت در تعداد ریشه‌های تولیدشده مشاهده شد [۱۳].

پدیده ریشه‌زایی در قلمه‌ها بسیار پیچیده است که در کنترل آن عوامل داخلی مانند غلظت اکسین، ذخیره کربوهیدارات‌ها، شرایط فیزیولوژیکی گیاه مادری و برخی عوامل خارجی مانند رطوبت، نور و دما دخالت دارند [۱۴]. جمشیدی (۱۳۸۷) در بررسی‌های خود به این نتایج دست پیدا کرد که غوطه‌ور کردن تعدادی از گیاهان در غلظت‌های مختلف ایندول استیک اسید از صفر تا ۱ میلی‌گرم در لیتر ریشه‌زایی را تسریع می‌کند و تعداد ریشه‌های نابه‌جا را افزایش می‌دهد. تعدادی از گیاهان چوبی مثل چنار، سیب و زردآلو و غیره به این تیمارها هیچ پاسخی نمی‌دهند اما تعدادی از آنها به همه تیمارها پاسخ می‌دهند و یکی از این غلظت‌ها بهینه است. در گیاهان مونسترا، خرزهره و سینگونیوم، ظاهرا اکسین سبب ریشه‌زایی شده است ولی اختلاف معنی‌داری بین شاهد و نمونه‌های تیمارشده وجود ندارد اما در گیاه برگ نو غلظت ۱۰-۲ میلی‌گرم در لیتر اکسین سبب افزایش معنی‌داری در تعداد ریشه‌های نابه‌جا و وزن تر و خشک آن گردیده است. در گیاه پیچ امین‌الدوله نیز غلظت ۱۰-۲ میلی‌گرم در لیتر اکسین سبب افزایش وزن خشک ریشه‌ها نسبت به شاهد و بعضی تیمارها شده است [۱۵].

رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق خود درمورد تأثیر غلظت‌های مختلف هورمون ایندول استیک اسید بر قلمه‌های گیاه اسطوخدودوس بیان کردند که غلظت‌های مختلف IAA برای تمامی صفات، دارای اختلاف معنی‌دار ولی غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای بیشترین درصد ریشه‌زایی، تعداد شاخه، بلندترین شاخه، تعداد ریشه، بلندترین

[1] Yamashita

ریشه، تعداد بوته به گل رفته و شادابی بود و می‌توان این غلظت را به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار برای ریشه‌زایی این گیاه توصیه کرد [۱۶].

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، تنها تیماری که از نظر میزان حجم ریشه، اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت، تیمار ایندول استیک اسید ۲۰۰ پی پی ام بود. در بررسی که ویتال دا سیلوا[1] و همکاران (۲۰۱۹) در زمینه استفاده از تیمار روی برای ریشه‌دارکردن قلمه‌های سخت ریشه‌زای درخت کائوچو انجام دادند بیان کردند که با افزایش دوزهای مصرفی روی در این تحقیق، میزان ریشه‌زایی قلمه‌ها افزایش چشمگیر و معنی‌داری پیدا کرد [۱۷]. علوی نایینی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقات خود بیان کردند که تیمارهای جداگانه و همزمان تیامین و ایندول بوتریک اسید، به‌خوبی بر رشد طولی، مورفولوژی و آناتومی قلمه‌های رزماری در مرحله ریشه‌زایی تأثیر معنی‌داری داشت. به هر حال نتایج نشان دادند که تیامین بیشترین تأثیر را بر رشد ریشه دارد و هورمون اکسین با تحریک تقسیم سلولی در دایره محیطیه می‌تواند ریشه‌زایی را در قلمه‌ها تحریک کند [۵]. بنابراین کاربرد همزمان این دو ماده، به‌خوبی و به‌طور چشمگیری بر تکثیر و رشد گیاه زینتی و دارویی رزماری تأثیر معنی‌دار دارد و از این دو ماده می‌توان در شرایط تجاری و مزرعه نیز استفاده و در مورد سایر گیاهان زینتی که مشکل تکثیر دارند نیز استفاده کرد.

بیان شده است که اکسین تعداد ریشه‌های قلمه را افزایش می‌دهد و ریشه‌های طبیعی ایجاد می‌کند [۱۸]. همچنین محققان بیان کردند که تیامین برای رشد ریشه نسبت به اکسین تأثیرگذاری بیشتری داشته است [۱۹].

برهم‌کنش قوی میان تیامین و اکسین در ایجاد ریشه‌های نابه‌جا به اثبات رسیده است. اگرچه تیامین به‌تنهایی تأثیرات مثبتی را ایجاد می‌کند اما تأثیرات متقابل با اکسین، تأثیرات بیشتری در بردارد و استفاده مستقل تیامین توصیه نشده است [۲].

تیمار تیامین باعث افزایش رشد ساقه در گیاهان می‌شود و علت آن هم این است که تیامین یک فاکتور رشد محسوب می‌شود و به‌خوبی می‌تواند وزن تر ریشه و حتی ساقه را افزایش دهد [۲۰]. می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که تیامین بدون حضور اکسین، بیشتر موجب رشد ریشه‌های پدیدآمده بر روی قلمه‌ها شده است و زمانی که این ویتامین با اکسین برای تیمار استفاده شود تأثیر تیامین بر روی رشد ریشه‌ها کمتر می‌شود زیرا تیامین یک فاکتور رشد است و تأثیر رشدی آن بیشتر از تأثیر مستقیم آن است و اکسین شرایط معکوس دارد [۱۸].

فتحی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی که درمورد تأثیر ترکیبات طبیعی و شیمیایی بر میزان ریشه‌زایی قلمه‌های پیچ‌امین‌الدوله داشتند بیان کردند که ترکیبات طبیعی (عسل طبیعی، صمغ عربی و شیره انگور) تأثیر مثبتی بر ریشه‌زایی قلمه در این گیاه داشت به‌گونه‌ای که نسبت به شاهد این تغییرات معنی‌دار بودند [۲۱]. در این تحقیق به تأثیر کربوهیدرات‌ها بر ریشه‌زایی در ارتباط با نقش آن‌ها به‌عنوان منبع انرژی اشاره شده است. بسیاری از پژوهشگران گزارش کردند که رابطه مثبتی بین کربوهیدرات‌ها و آغازش ریشه وجود دارد [۲۲].

زاواتیری و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند درصد ریشه‌زایی زمانی که غلظت بالای ساکارز اعمال شد افزایش داشت [۲۳]. حسن‌خواه و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند قلمه‌های تیمارشده گردوی ایرانی با ۳۰ گرم در لیتر ساکارز بیشترین درصد ریشه‌زایی را نشان داد [۲۴]. زرین‌بال و همکاران (۲۰۰۶) در گزارش خود به این موضوع اشاره داشتند که با انتقال کربوهیدرات به سمت منطقه ریشه‌زایی و با تحریک تقسیم سلولی در این مناطق ،ریشه‌زایی تحریک می‌گردد [۲۵].

References

[1] Shah, M., Khattak, A. M., & Amin, N. (2006). Effect of different growing media on the rooting of Ficus binnendijkii ‘Amstel Queen’cuttings. *Journal of Agricultural and Biological*

[1] Vital da Silva

Science, *1*(3), 15-17. https://www.semanticscholar.org/paper/EFFECT-OF-DIFFERENT-GROWING-MEDIA-ON-THE-ROOTING-OF-Shah-Khattak/30bb475d2ab335_27173b9371f2d4d786c01b85c1

[2] Singh, S. (2011, October 31- November 5). *Clonal plantations of teak for enhanced productivity* [Conference session]. Proceedings of International Forestry Conference on Planted Teak Forests-a Globally Emerging Forest Resource, San Jose and Guanacaste, Costa Rica. https://teaknet.org/events/event-28.html

[3] Mohsenifard, M. (2019, August 23). *The effect of indole butyric acid and naphthalene acetic acid growth regulators on the rooting of paper flower cuttings* [Conference session]. The 5th International Conference on Agriculture & Environment with Sustainable development approac, Fars, Shiraz, Iran. https://civilica.com/doc/967217/

[4] El-Aziz, N., El-Quesni, F., & Farahat, M. (2007). Response of vegetative growth and some chemical constituents of Syngonium podophyllum L. to foliar application of thiamine, ascorbic acid and kinetin at Nubaria. *World Journal of Agricultural Sciences*, *3*(3), 301–305 .https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20073155892

[5] Alavi Naeini, F., Asrar, Z., & Mozafari, H. (20 .(۱۵The effect of vitamin B1 and IBA on rooting and cortex cells growth of adventitious root in Rosmarinus officinalis L. cuttings under hydroponic media. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *31*(1), 16-30. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2015.12607

[6] Rahdari, P., Mohanna, M., & Asadi, M. (2010). The Effect of Zinc Sulphate on the NAA and IBA Hormones on Rooting of Semi - Hardwood Cuttings of Aralia elegantissima. *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, *5*(1), 95-103. https://www.magiran.com/paper/1848879

[7] Davarynejad, G., Shokouhian, A. A., & Tehranifar, A. (2015). Effect of IBA and Medium on Rooting of Two New Selected Peach × Almond Hybrids Cuttings. *Journal Of Horticultural Science*, *29*(2), 176-184. https//:doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.27561

[8] Sourati, R., Sharifi, P., Poorghasemi, M., Alves Vieira, E., Seidavi, A., Anjum, N. A., Sehar, Z., & Sofo, A. (2022). Effects of Naphthaleneacetic Acid, Indole-3-Butyric Acid and Zinc Sulfate on the Rooting and Growth of Mulberry Cuttings. *International Journal of Plant Biology*, *13*(3), 245-256. https://doi.org/10.3390/ijpb13030021

[9] Ebrahim, A. M., Alnajjar, A. O., Mohammed, M. E., Idris, A. M., Mohammed, M. E. A., & Michalke, B. (2020). Investigation of total zinc contents and zinc-protein profile in medicinal plants traditionally used for diabetes treatment. *BioMetals*, *33*(1), 65-74. https://doi.org/10.1007/s10534-019-00230-3

[10] Gai, A. P. C., Dos Santos, D. S., & Vieira, E. A. (2017). Effects of zinc excess on antioxidant metabolism, mineral content and initial growth of Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos and Tabebuia roseoalba (Ridl.) Sandwith. *Environmental and Experimental Botany*, *144*(2), 88-99. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.09.006

[11] Zayed, Z. E., El-Dawayati, M. M., Hussien, F. A., & Saber, T. Y. (2020). Enhanced in vitro multiplication and rooting of date palm cv. yellow maktoum by zinc and copper ions. *Plant Arch*, *20*(1), 517-528. https://www.researchgate.net/publication/341713628

[12] Tao, Y., Ferrer, J.-L., Ljung, K., Pojer, F., Hong, F., Long, J. A., Li, L., Moreno, J. E., Bowman, M. E., Ivans, L. J., Cheng, Y., Lim, J., Zhao, Y., Ballaré, C. L., Sandberg, G., Noel, J. P., & Chory, J. (2008). Rapid Synthesis of Auxin via a New Tryptophan-Dependent Pathway Is Required for Shade Avoidance in Plants. *Cell*, *133*(1), 164-176. https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.01.049

[13] Yamashita, K., Okamura, S., Honsho, C., & Tetsumura, T. (2006). Zinc Treatment inCombination with Auxin Enhances Rooting of Cuttings in Taiwan Native Strain of Mango (Mangifera indica L.). *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, *50*(2), 76-81. https://doi.org/10.11248/jsta1957.50.76

[14] Mudge, K. (1988). Effect of ethylene on rooting. *Adventitious root formation in cuttings*, 150-161.

[15] Jamshidi, J. (2008). Study of effects of different concentrations of IAA on root formation of some plant species. *Peyke Noor Journal Science*, *2*(1), 85-93. https://www.sid.ir/paper/203506/en

[16] Rezaie Moghaddam, N., Shahidi, V., & Arabzadeh, N. (2014, February 13). *The effect of different concentrations of the indole acetic acid hormone on accelerating the rooting of lavender cuttings* [Conference session]. The First National Conference on Sustainable Agriculture Using Crop Model ,Hamedan, Iran. https://civilica.com/doc/278276/

[17] Vital da Silva, J., Itamar Maruyama, W., da Silva Oliveira, C. E., Steiner, F., Zuffo, A. M., & Zoz, T. (2020). Zinc-rooting cofactor in rubber tree mini-cuttings. *Bioscience Journal*, *36*(6), 1821-1827 .https://doi.org/10.14393/BJ-v36n6a2020-48170

[18] Kieffer, M., Neve, J., & Kepinski, S. (2010). Defining auxin response contexts in plant development. *Current Opinion in Plant Biology*, *13*(1), 12-20. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.10.006

[19] Goyer ,A. (2010). Thiamine in plants: Aspects of its metabolism and functions. *Phytochemistry*, *71*(14), 1615-1624. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.06.022

[20] Tunc-Ozdemir, M., Miller, G., Song, L., Kim, J., Sodek, A., Koussevitzky, S., Misra, A. N., Mittler, R., & Shintani, D. (2009). Thiamin Confers Enhanced Tolerance to Oxidative Stress in Arabidopsis. *Plant Physiology*, *151*(1), 421-432. https://doi.org/10.1104/pp.109.140046

[21] Fathi, M., Zarei, H., & Varasteh, F. (2018). Rooting of honeysuckle's (Lonicera japonica L.) stem cuttings under treatment of natural and chemical compounds. *Journal of Plant Production Research*, *25*(2), 83-97. https://doi.org/10.22069/jopp.2018.13074.2179

[22] Haissig, B. E. (1982). Carbohydrate and Amino Acid Concentrations During Adventitious Root Primordium Development in Pinus Banksiana Lamb. Cuttings. *Forest Science*, *28*(4), 813-821. https://doi.org/10.1093/forestscience/28.4.813

[23] Zavattieri, A., Lima, M., Sobral, V., Oliveira, P., & Costa, A. (2007, September 12-15). *Effects of carbon source, carbon concentration and culture conditions on in vitro rooting of Pinus pinea L. microshoots.* III International Symposium on Acclimatization and Establishment of Micropropagated Plants, Faro, Portugal. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.812.19

[24] Hassankhah, A., Vahdati, K., Lotfi, M., Mirmasoumi, M., Preece, J., & Assareh, M. H. (2014). Effects of Ventilation and Sucrose Concentrations on the Growth and Plantlet Anatomy of Micropropagated Persian Walnut Plants. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *1*(2), 111-120. https://doi.org/10.22059/ijhst.2014.52781

[26] Zarrinbal, M., Moallemi, N. A., & Daneshvar, M. H. (2005). The effect of different concentrations of auxin, time of cutting and environmental conditions on rooting of the semi-hardwood cuttings of Callistemon viminalis sol. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *6*(3), 121-134 https://www.sid.ir/paper/80880/en