پژوهش در علوم باغبانی
Journal of Reserch in Horticultural Science
جلد۱، شماره۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱ (ص۳۱۶-۳۰۵)
Vol. 1, No.2 Autumn and Winter 2022 (305-301)
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir
مقاله علمی پژوهشی
10.22092/rhsj.2023.361287.1048

نوع و مدت تاثیر مواد ریشه‌زا بر میزان ریشه‌زایی و گیرایی قلمه‌های خشبی توت‌های برگی

سیدعباس میرجلیلی[1*] ، رضا صورتی[2]

۱- دانشیار، مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲- مربی، مرکز تحقیقات ابریشم، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی ، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷

چکیده

مصرف تازه‌خوری میوه توت و استفاده از برگ آن در صنعت نوغان‌داری دو جنبه از مهم‌ترین کاربردهای این درخت چند منظوره است. رویکرد توسعه صنعت پرورش کرم ابریشم و عدم وابستگی واردات ابریشم به کشور و از همه مهم‌تر ایجاد و گسترش این صنعت به منظور توسعه پایدار مناطق روستایی باعث شده تا تامین برگ مورد نیاز تغذیه کرم ابریشم در اولویت صنعت نوغان‌داری قرار گیرد. تکثیر سریع و ارزان ارقام پرمحصول برگی یکی از دغدغه‌های این صنعت است. به منظور ارزیابی ارقام پرمحصول برگی به روش‌های تکثیر رویشی با قلمه، آزمایشی با هفت رقم، دو سطح هورمونی شامل ایندول بوتیریک اسید و نفتالین استیک اسید به میزان ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در سه زمان مدت تاثیر ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت در برابر شاهد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد، اختلاف بین ارقام به لحاظ نوع تیمار معنادار نبود ولی به لحاظ مدت زمان تاثیر تیمارها، تفاوت معناداری در سطح یک درصد وجود داشت. در خصوص میزان ریشه‌زایی و گیرایی قلمه‌ها، اختلاف بین ارقام معنادار بود و رقم کن‌موچی بیشترین درصد (۹۳/۳) ریشه‌زایی را در هر دو تیمار داشت. رقم شین ایچی‌نویسه کم‌ترین (۴۵ %) تاثیرپذیری از مواد ریشه‌زا داشت. ارقام تاچی‌بانا، کایریونزومی گائی‌شی و یوکی‌شن‌اوگی به ایندول بوتیریک اسید پاسخ بهتری (به ترتیب ۹۴، ۷۴، ۷۷ درصد) دادند در حالی که نفتالین استیک اسید در ارقام کن‌موچی و کوکوزو موجب درصد ریشه‌زایی بالاتری (۹۴ و ۸۰ درصد) شد.

واژگان کلیدی: ایندول بوتیریک اسید، تکثیر رویشی، نفتالین استیک اسید، نوغان‌داری، هورمون.

Evaluation the type and duration of rooting materials on the rate of rooting and establishment of hardwood cuttings in leafy mulberries

Seyed Abbas Mirjalili[1*],Reza sourati[2]

1- Associate Professor, Imam Khomeini Higher Education Center, Agricultural Research, Education And Extension Organization, Tehran, Iran
2-Researcher, Silk Research Center, Agricultural Research, Education And Extension Organization, Tehran, Iran

Abstract

The fresh consumption of mulberry fruit and the use of its leaves in sericulture are two aspects of the most important applications of this multi-purpose tree. The government policy in developing sericulture industry and reducing dependence on silk import, and most importantly, the creation and expansion of this industry for sustainable development of rural areas has made it a priority to supply the leaves needed in sericulture industry for feeding silkworm. Rapid and inexpensive propagation of high-yield leaf cultivars is one of the concerns of this industry. In order to evaluate high-yield leaf cultivars by vegetative propagation methods with cuttings, an experiment was conducted with seven cultivars and two hormones including indole butyric acid and naphthalene acetic acid at a rate of 20 mg/liter in three exposure times of 12, 24 and 48 hours compared to the control in a factorial experiment in a completely randomization design. The results showed that there was no significant difference between cultivars in terms of treatment type, but there was a significant difference at the level of 1% in terms of the treatments duration. Regarding the rate of rooting and establishment of the cuttings, the difference between cultivars was significant, and the cultivar Kenmochi had the highest percentage (93.3) of rooting in both treatments. The cultivar Shin Ichinose was the least (45%) susceptible to rooting materials. Tachibana, kaeiryonezumi Gaeishi and Yukishinogi cultivars responded better to indole butyric acid (94, 74, 77%), while naphthalene acetic acid led to upper rooting percentage in Kenmochi and Kokuso cultivars (94, 80%).

Keywords: Climate change, Food security, Postharvest, Production management, Quality loss.

* نویسنده مسئول: mirjalili@areeo.ac.ir

مقدمه

توت از جنس *Morus* و متعلق به تیره توت (Moraceae) درختی ارزشمند و چند منظوره است که اغلب به لحاظ استفاده در صنعت نوغان‌داری کشت می‌شود؛ زیرا تنها منبع غذایی برای کرم ابریشم است. مصرف تازه‌خوری میوه توت نیز در کشور ما علاقمندان زیادی دارد و به همین جهت در بسیاری از باغ‌ها و خانه‌های قدیمی یافت می‌شود. ورود ارقام غیرمثمر توت به فضای سبز شهری و تحمل زیاد این گیاه به شرایط نامساعد محیطی، که موجب گسترش کشت آن به مناطق خشک، نیمه‌خشک و آلوده شهری شده، ضرورت تکثیر سریع و ارزان این گیاه را دوچندان کرده است. این در حالی است که روش‌های تکثیر رویشی مرسوم از طریق پیوند از نظر اقتصادی برای این گونه‌ها مقرون به صرفه نیست، زیرا مستلزم وجود نیروی انسانی ماهر، امکانات گران‌قیمت نهالستانی و حداقل دوره زمانی ۴ تا ۵ ساله برای به‌دست‌آوردن گیاهان آماده برای برداشت است (Bhau & Wakhlu, 2001).

قلمه‌زنی تکنیک اصلی مورد استفاده برای تکثیر رویشی گونه‌های درختی است که توسط آن با تکثیر درختان گزینش شده می‌توان در مدت زمان کوتاهی باغ‌های با یکنواختی ژنتیکی ایجاد کرد. استفاده از تکثیر رویشی علاوه بر اینکه یک فن‌آوری ارزان و ساده است، حفظ خصوصیات زراعی گیاه مادری، با کوتاه کردن مرحله رویشی و یکنواختی در درختان را نیز فراهم می‌کند (Pires *et al.*, 2021).

موفقیت قلمه‌زنی عمدتاً به توانایی ریشه‌زایی هر گونه بستگی دارد لیکن عواملی مانند سن و شرایط فیزیولوژیکی گیاه مادری، زمان قلمه‌گیری، سلامت گیاه، دما و نوع بستر کشت می‌توانند بر ریشه‌زایی در قلمه‌ها تأثیر بگذارند (Pires *et al.*, 2021; Mir-jalili and Poorazizi, 2013). در این میان تعداد زیادی رقم پرمحصول برگی برای صنعت نوغان‌داری معرفی شده‌اند؛ لیکن تکثیر این ارقام و نژادها از طریق قلمه به دلیل قدرت ریشه‌زایی ضعیف آنها با چالش روبروست. تلاش برای القای ریشه‌زایی در قلمه‌های ساقه‌ای این گروه‌های گیاهی با کاربرد اکسین نیز نتایج دلگرم‌کننده‌ای به همراه نداشته است (Bhau & Wakhlu, 2001).

به کارگیری ترکیبات ریشه‌زا هم‌چون ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) در ریشه‌دار کردن قلمه‌های خشبی گونه‌های درختی گزارش شده است (قوامپور و همکاران، ۱۳۹۷؛ میرجلیلی و همکاران، ۱۳۹۸؛ میرجلیلی، ۱۳۹۹). تاثیر این ترکیبات به منظور ریشه‌دار کردن قلمه‌های خشبی توت نیز گزارش شده است. اثر ایندول بوتیریک اسید (IBA) بر ریشه‌زایی و رشد قلمه‌های شاخساره توت سفید (*Morus alba* L.) در شرایط معتدله کشمیر مورد بررسی قرار گرفته است (Rafeeq *et al*., ۲۰۲۰). هازن و همکاران (Husen *et al.*, 2017) اثر ایندول-۳- بوتیریک اسید بر تکثیر کلونال ریشه‌زایی و تغییرات بیوشیمیایی قلمه‌های ساقه توت سفید را نیز گزارش نموده‌اند. برخی مولفین تأثیر غلظت‌های مختلف IBA و NAA بر ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه توت سفید در شرایط گلخانه مرطوب (mist) را بررسی کرده‌اند (Singh and Kumar., 2014).

در کشور ما کم‌تر به درخت توت به عنوان یک درخت مثمر اقتصادی نگاه شده است و اغلب به صورت تفننی در حاشیه مزارع و باغ‌ها کشت شده است. با توجه به گسترش شهرنشینی و تقاضای روزافزون تازه‌خوری میوه توت به‌ویژه شاه‌توت، باغات تجاری در حال شکل‌گیری هستند. اما باسابقه‌ترین و مهم‌ترین جنبه کشت و کار درخت توت، تامین غذای کرم ابریشم و توسعه صنعت نوغان‌داری است. طی دهه‌های گذشته، چندین رقم وارداتی در صنعت

نوغان‌داری مورد استفاده قرار گرفته است و در برنامه توسعه کشور مقرر شده تا این صنعت مورد حمایت جدی قرار گیرد به همین منظور باید سطح زیر کشت منطقی متناسب با صنعت پرورش کرم ابریشم ایجاد شود. اما دستیابی به این هدف مستلزم تولید و تکثیر درختان با کیفیت و پرمحصول برگی است. اگرچه مستندی دال بر معرفی بهترین رقم یا نژاد برگی توت در کشور وجود ندارد، گزارشی از شیوه‌های علمی، ارزان و سریع تکثیر درختان پرمحصول برگی توت هم وجود ندارد. به همین منظور این تحقیق با هدف بررسی تاثیر ترکیبات ریشه‌زا و زمان تاثیر آنها بر برخی ارقام وارداتی توت که مورد استفاده صنعت نوغان‌داری قرار می‌گیرند، و معرفی موثرترین و باصرفه‌ترین روش و ترکیب هورمونی برای تکثیر سریع قلمه‌های خشبی توت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: این آزمایش از زمستان ۱۳۹۹ تا تابستان ۱۴۰۰ در محل گلخانه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اصفهان انجام شد. شاخساره‌های شش رقم از درختان توت از کلکسیون ارقام توت مرکز تحقیقات ابریشم کشور واقع در استان گیلان و یک رقم از کلکسیون مرکز توسعه نوغان‌داری واحد نطنز اصفهان تهیه شد. ارقام مورد مطالعه از ارقام وارداتی و اصلاح شده گیلان شامل: تاچی‌بانا (Tachibana) (با علامت اختصاری T)، ایچی‌نویسه (Ichinose)(IN)، شین‌ایچی‌نویسه (Shin Ichinose) (SI)، کایریونزومی‌گائی‌شی (kaeiryonezumi Gaeishi) (KN)، کن‌موچی (Kenmochi)(KM)،یوکی‌شن‌اوگی (Yukishinogi)(Y) و رقم کوکوزو(Kokuso) (CO) از نطنز بودند که طی سنوات گذشته به منظور تقویت صنعت نوغان‌داری و تامین خوراک کرم ابریشم به کشور وارد شده بودند. قلمه‌ها با طول تقریبی ۱۵ سانتی‌متر و ضخامت بین ۸ تا ۱۲ میلی‌متر از نوساقه‌های خشبی ۲ ساله انتخاب و از پایه‌های مادری جدا شدند. قلمه‌ها در اسفندماه ۱۳۹۹ در محیط گلخانه (با شرایط دمای ۳±۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت ۵± ۸۵ درصد و نور معمولی آفتاب) و در سینی‌های نشایی ۵۰تایی با عمق گلدانی ۷ سانتی‌متر در مخلوطی از کوکوپیت و پرلیت با نسبت مساوی کاشت شدند.

تیمارها: فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: سه سطح هورمونی شامل دو نوع هورمون در برابر شاهد و سه سطح زمانی که به شرح زیر روی قلمه‌ها اعمال شدند. قلمه‌ها با دو هورمون ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در مقابل شاهد (غلظت صفر، آب مقطر) و در سه سطح زمانی ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت تیمار شدند. در هر تیمار زمانی، به تعداد ۱۰ قلمه و در مجموع به ازای هر رقم ۹۰ قلمه و با احتساب تعداد ارقام و زمان‌های تحت تیمار، ۶۳۰ قلمه مورد آزمایش قرار گرفتند.

متغیرهای مورد بررسی: در این آزمایش متغیرهای تعداد ریشه، تعداد نوساقه، طول ریشه (بر حسب سانتی‌متر، اندازه‌گیری با خط‌کش و محاسبه میانگین طول ریشه‌ها)، طول نوساقه (بر حسب سانتی‌متر، اندازه‌گیری با خط‌کش و محاسبه میانگین طول نوساقه‌ها)، تعداد برگ، اندازه برگ‌ها (میانگین مجموع مساحت برگ‌ها با حاصل‌ضرب طول در عرض برگ‌ها)، استقرار نهال، درصد جوانه‌زنی (منظور Sprouting percentage است که درصد جوانه‌زنی یا درصد بازشدن و رشد جوانه‌های خواب را بیان می‌کند) و درصد خشکیدگی (قلمه‌هایی که علی‌رغم جوانه‌زنی، تولید نوساقه نکردند و خشک شدند)، پس از گذشت ۱۰۰ روز از اعمال تیمارها اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری: طرح آماری مورد استفاده در این آزمایش، کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل بود. داده‌های حاصل از این آزمایش با نرم افزار SPSS

نسخه ۱۱ تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها در دو سطح یک و پنج درصد با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

نتایج

الف) مقایسه بین تیمارها: در خصوص صفت تعداد ریشه، تیمار ایندول بوتیریک اسید با شاهد تفاوت معناداری در سطح یک درصد نشان داد. همچنین تفاوت معناداری در همین سطح بین ایندول بوتیریک اسید و نفتالین استیک اسید مشاهده شد؛ لیکن تفاوت معناداری بین تیمارهای شاهد و نفتالین استیک اسید به لحاظ صفت تعداد ریشه وجود نداشت (جدول ۱).

در خصوص میانگین طول ریشه، قلمه‌های تیمار شده با ایندول بوتیریک اسید تفاوت معناداری با شاهد و تیمار نفتالین استیک اسید در سطح یک درصد داشتند؛ ولی بین تیمار نفتالین استیک اسید و شاهد تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۱).

به لحاظ تعداد نوساقه تفاوت معناداری بین تیمارها مشاهده نشد؛ ولی به لحاظ میانگین طول نوساقه تیمار ایندول بوتیریک اسید در سطح یک درصد و نفتالین استیک اسید در سطح پنج درصد با شاهد تفاوت داشتند (جدول ۱).

تعداد برگ تولید شده در قلمه‌های تحت بررسی نشان داد که تیمارها تفاوت معناداری با شاهد نداشتند. به لحاظ اندازه برگ نیز تیمار ایندول بوتیریک اسید اختلاف معناداری با شاهد در سطح یک درصد داشت؛ ولی نفتالین استیک اسید تاثیر معناداری در مقایسه با شاهد روی اندازه برگ قلمه‌ها نداشت (جدول ۱).

ب) مقایسه بین ارقام: در مجموع و بر مبنای صفات مورد بررسی، اختلاف بین ارقام به لحاظ هورمون مورد استفاده (نوع تیمار) معنادار بود؛ ولی به لحاظ مدت زمان تاثیر تیمارها (زیرتیمار)، بین ارقام تفاوت معناداری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۱).

بررسی اختلاف بین ارقام به لحاظ صفات مورد بررسی نشان داد که رقم کایریونزومی‌گائی‌شی با ارقام کن‌موچی و کوکوزو و تاچی‌بانا در صفت تعداد ریشه تفاوت معناداری در سطح یک درصد دارند. صفت طول ریشه نیز در رقم کوکوزو با بقیه ارقام تفاوت معناداری نشان داد. در صفت تعداد نوساقه، تنها ارقام کوکوزو با کایریونزومی‌گائی‌شی تفاوت معنادار مشاهده شد. صفات طول نوساقه، تعداد برگ و اندازه برگ رقم کن‌موچی با بقیه ارقام تفاوت معناداری نشان داد (جدول ۲).

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی توت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد ریشه	طول ریشه	تعداد نوساقه	طول نوساقه	تعداد برگ	اندازه برگ	جوانه زنی	خشکیدگی
هورمون (تیمار)	۲	۹۵/۳۶**	۱۴۲/۵۸**	۰/۵۰۸^{ns}	۲۱۱/۸۹**	۱۰۷/۴۴**	۱۵/۷۲**	۳۲۶/۴۳^{ns}	۲۳۴/۲۶**
زمان (زیر تیمار)	۲	۳۰/۶۴**	۵۰/۵۲**	۰/۶۵۰^{ns}	۹۹/۷۰**	۴۷/۵۶**	۶/۲۸**	۲۹۸/۶۱^{ns}	۱۷۹/۲۲*
رقم	۶	۱۶/۲۲**	۲۶/۰۱**	۱/۵۷**	۶۱۱/۵۷**	۱۴۱/۱۳**	۳/۸۷**	۴۱۳/۴۱^{ns}	۳۰۷/۴۵**
زمان × هورمون	۱۲	۱۲/۳۳^{ns}	۱۶/۸۷^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۷۲/۶۸^{ns}	۳۴/۲۸^{ns}	۲/۰۹^{ns}	۲۶۷/۲۸^{ns}	۲۰۳/۱۹*
رقم × زمان	۱۲	۳۶/۷۵**	۴۱/۵۵*	۱/۰۵*	۱۰۶/۶۸*	۸۶/۲۹**	۵/۳۷*	۳۱۱/۲۹^{ns}	۱۸۳/۴۷*
رقم × هورمون	۱۲	۱۳/۲۲*	۶۵/۸۴^{ns}	۲/۲۱^{ns}	۸۹/۶۳*	۹۷/۴۳^{ns}	۶/۳۸*	۲۵۷/۴۸^{ns}	۱۸۹/۳۸*
رقم × زمان × هورمون	۴۸	۸۵/۴۶**	۴۲/۴۷*	۰/۰۸^{ns}	۸۳/۲۷*	۷۵/۵۳**	۳/۵۴*	۱۶۳/۳۷^{ns}	۱۰۶/۲۵^{ns}
خطا		۸/۵۱	۶/۴۷	۹/۸۸	۱۱/۶۴	۹/۴۳	۷/۷۷	۸/۹۲	۹/۶۸

ns، * و **: به ترتیب: فاقد تفاوت معنادار، دارای تفاوت معنادار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲: مقایسه میانگین‌های صفات در ارقام مورد مطالعه با آزمون توکی در ریشه‌زایی قلمه‌های توت

رقم	تعداد ریشه	طول ریشه (سانتی‌متر)	تعداد نوساقه	طول نوساقه (سانتی‌متر)	تعداد برگ	اندازه برگ (سانتی‌متر مربع)	جوانه زنی (درصد)	خشکیدگی (درصد)
کن‌موچی	۲/۲۰۰ a	۲/۸۴۶ a	۱/۵۳۸ ab	۱۱/۰۳۸ a	۸/۵۳۸ a	۲/۰۷۶ a	۱۰۰ a	۹۲/۲۶a
یوکی شن اوگی	۰/۹۳۱ ab	۱/۴۴۸ ab	۱/۲۷۵ b	۲/۵۵۸ b	۴/۲۴۱ b	۱/۳۴۴ ab	۹۶/۶ a	۱۰/۳۳b
کوکوزو	۲/۰۰ a	۲/۷۸۴ a	۱/۳۱۰ b	۲/۵۲۴ b	۴/۴۴۸ b	۱/۸۶۲ ab	۱۰۰ a	۸۵/۲۴ab
تاچی‌بانا	۲/۲۲۹ a	۳/۱۰۴ a	۱/۷۰۸ ab	۳/۵۴۱ b	۵/۴۱۶ b	۱/۸۹۵ ab	۱۰۰ a	۵۸/۳۲ab
ایچی‌نویسه	۱/۵۳۳ ab	۲/۳۰۰ ab	۱/۴۳۳ ab	۲/۷۰۰ b	۴/۲۰۰ b	۱/۸۶۶ ab	۱۰۰ a	۴۸/۲۷ab
شین ایچی‌نویسه	۱/۷۵۶ ab	۲/۸۹۱ a	۱/۶۷۵ ab	۳/۰۳۵ b	۴/۶۲۱ b	۱/۸۱۰ ab	۳۳,۹۳ a	۸/۵۴b
کایریونزومی‌گائی‌شی	۰/۴۰۷ b	۰/۷۰۳ b	۱/۸۱۴ a	۰/۹۸۱ b	۴/۰۳۷ b	۱/۱۴۸ b	۱۰۰ a	۳۸/۷۱ab

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد اختلاف معنادار در سطح ۱ درصد آزمون دانکن می‌باشند

جدول ۳: درصد جوانه‌زنی و گیرایی نهال‌های توت در اثر تیمارهای مختلف هورمونی

رقم	جوانه‌زنی قلمه‌ها (درصد)			گیرایی (ایجاد نوساقه و ظهور ریشه) (درصد)		
	شاهد	IBA	NAA	شاهد	IBA	NAA
تاچی‌بانا	۱۰۰	۱۰۰	۹۷,۳	۶۱,۱۱	۹۴,۱	۱۵,۰۹
ایچی‌نویسه	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۵	۵۷	۵۳
شین ایچی‌نویسه	۹۳,۳۳	۱۰۰	۹۳,۵	۶۲,۰۳	۵۵,۵۵	۵۵,۹۲
کایریونزومی‌گائی‌شی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۳۲,۵۶	۷۴,۶۱	۴۵,۸۹
کن‌موچی	۱۰۰	۹۶,۶۶	۱۰۰	۸۳,۳۳	۹۰	۹۳,۳۳
یوکی‌شن‌اوگی	۹۶,۶	۱۰۰	۱۰۰	۴۳,۵۳	۷۷,۹۴	۲,۷۷
کوکوزو	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۶,۶۶	۶۶,۶	۸۰

بر مبنای صفات اندازه‌گیری شده، رقم کن‌موچی به تیمار ایندول بوتیریک اسید بهتر از نفتالین استیک اسید پاسخ داد. رقم یوکی‌شن‌اوگی به هر دو تیمار ایندول بوتیریک اسید و نفتالین استیک اسید پاسخ مثبت داد و اختلاف معناداری در سطح یک درصد با شاهد نشان داد. تیمارهای IBA و NAA در رقم کوکوزو مثبت ارزیابی شد و بر مبنای صفات اندازه‌گیری‌شده، هر دو تیمار اختلاف معناداری با شاهد داشتند. تیمارهای هورمونی در رقم شین ایچی‌نویسه و تاچی‌بانا اختلاف معناداری با شاهد داشتند ولی ارقام کایریونزومی‌گائی‌شی و ایچی‌نویسه اختلاف معناداری با شاهد نشان ندادند (جداول۱ و ۲).

بررسی اثرات متقابل متغیرهای مورد مطالعه نشان داد که اثر رقم در زمان در همه صفات در سطح یک و پنج درصد معنادار بود. اثر متقابل زمان و هورمون در کلیه صفات فاقد معناداری بود و اثر متقابل نوع رقم در هورمون در صفات تعداد ریشه، اندازه نوساقه و اندازه برگ در سطح پنج درصد معنادار بود؛ ولی در خصوص سایر صفات معنادار نبود (جدول ۱).

نتایج به دست آمده در خصوص میزان جوانه‌زنی و گیرایی قلمه‌ها نشان داد که تمام ارقام مورد مطالعه دارای درصد جوانه‌زنی بین ۹۵ تا ۱۰۰ درصد بودند. بررسی میزان گیرایی (ایجاد نوساقه و ظهور ریشه) قلمه‌ها نشان داد که ارقام ایچی‌نویسه، کایریونزومی‌گائی‌شی و شین‌ایچی‌نویسه فارغ از نوع تیمار، کم‌ترین میزان گیرایی قلمه‌ها را داشتند. رقم

کن‌موچی نیز بیشترین درصد گیرایی را ثبت کرد. بررسی اثر نوع هورمون در میزان گیرایی قلمه‌ها نشان داد که هورمون ایندول بوتیریک اسید در ارقام تاچی‌بانا، کایریونزومی گائی‌شی، کن‌موچی، یوکی‌شن‌اوگی و کوکوزو باعث افزایش گیرایی قلمه‌ها نسبت به شاهد شده است. همچنین نفتالین استیک اسید در ارقام کایریونزومی گائی‌شی، کن‌موچی و کوکوزو باعث افزایش گیرایی قلمه‌ها نسبت به شاهد شده بود. در حالی که نفتالین استیک اسید در ارقام تاچی‌بانا، شین‌ایچی‌نویسه و یوکی‌شن‌اوگی تاثیر منفی داشته و باعث کاهش گیرایی قلمه‌ها نسبت به شاهد شده بود. ایندول بوتیریک اسید نیز در رقم شین‌ایچی‌نویسه باعث کاهش معنادار گیرایی قلمه‌ها شده بود. در مقایسه نوع هورمون روی ارقام، نتایج حاکی از این بود که ارقام تاچی‌بانا، ایچی‌نویسه، کایریونزومی گائی‌شی و یوکی‌شن‌اوگی به ایندول بوتیریک اسید نسبت به نفتالین استیک اسید عملکرد بهتری در گیرایی قلمه‌ها داشتند. در عوض ارقام کن‌موچی و کوکوزو پاسخ بهتری به نفتالین استیک اسید داشتند و عملکرد بالاتری در گیرایی قلمه در آنها ثبت شد. هیچ کدام از تیمارهای هورمونی در رقم شین‌ایچی‌نویسه باعث افزایش گیرایی قلمه‌ها نشد و تیمار شاهد بیشترین بازدهی را داشت (جدول ۳).

بحث

گیرایی قلمه‌ها: ایجاد ریشه نابجا یک فرآیند پیچیده است که مشارکت عوامل متعددی را به همراه دارد. غلظت اکسین‌ها در بافت گیاه یکی از عوامل محرک برای القای تشکیل پریموردیوم ریشه است و متعاقب آن غلظت اکسین باید کاهش یابد تا ازدیاد طول ریشه رخ دهد (Husen *et al.* 2017). موفقیت قلمه‌زنی عمدتاً به توانایی ریشه‌زایی هر گونه، نژاد یا رقم بستگی دارد (Mirjalili and Poorazizi, 2013؛ میرجلیلی و همکاران، ۱۳۹۸). ریشه‌زایی یک فرآیند تشریحی و فیزیولوژیکی پیچیده است که شامل بیان کل پتانسیل گیاهی می‌شود و سلول‌ها را به سمت تمایززدایی سوق می‌دهد و منجر به تشکیل ریشه‌های نابجا می‌شود. تعدادی از عوامل مانند سن و شرایط فیزیولوژیکی گیاه مادری، فصل قلمه‌گیری؛ سلامت گیاه؛ دما و نوع بستر، می‌توانند بر ریشه‌زایی قلمه‌ها تأثیر بگذارند (Pires *et al.*, 2021). در تحقیق حاضر سعی شد تا با استفاده از درختانی همسن که در یک باغ یکنواخت کاشته شده بودند و شرایط فیزیولوژیک مشابهی را تجربه کرده بودند، با برداشت همزمان از درختان، ضمن حذف اغلب عوامل موثر در ریشه‌زایی، تاثیر نوع تنظیم کننده رشد گیاهی برونزاد و نیز مدت زمان تاثیر هرکدام مورد بررسی قرار گیرد و در عین مقایسه ارقام، پاسخ هر نوع تنظیم کننده رشد گیاهی ارزیابی شود. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر نشان داد که جوانه‌زنی بین ۹۵ تا ۱۰۰ درصد قلمه‌های خشبی رخ داده و این نشانگر توان بالای ارقام و قلمه‌های جداشده از پایه‌های مادری و نیز شرایط مطلوب فیزیولوژیک برای ریشه‌زایی و تبدیل شدن به نهال بود (جدول ۳). نتایج حاکی از پاسخ متفاوت ارقام توت به نوع هورمون و زمان تحت تاثیر آنها بود. این نتایج با یافته‌های محققین هم‌راستا و تایید کننده آنها بود (Rafeeq *et* al., 2020; Singh *et al.*, 2014).

مقایسه ارقام: توت، درختی ارزشمند و چندمنظوره است که تنها منبع غذایی برای کرم ابریشم است. برخی ژنوتیپ‌های توت همانند رقم سفید چینی (*Morus alba* L. vars. ChinaWhite)، Kokuso-27 و Ichinose ژنوتیپ‌های امیدوارکننده‌ای برای صنعت نوغان‌داری در مناطق معتدله جهان هستند (Bhau & Wakhlu, 2001). تعداد زیادی رقم پرمحصول برگی برای صنعت نوغان‌داری معرفی شده‌اند؛ لیکن

تکثیر این ارقام و نژادها از طریق قلمه به دلیل قدرت ریشه‌زایی ضعیف آنها با چالش روبروست. تلاش برای القای ریشه‌زایی در قلمه‌های ساقه‌ای این تاکسون‌ها با کاربرد اکسین نیز، نتایج دلگرم‌کننده‌ای به همراه نداشته است (Bhau & Wakhlu, 2001). نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر بیانگر تفاوت آشکار بین ارقام مورد بررسی به لحاظ ریشه‌زایی داشت. رقم کن‌موچی و کوکوزو بیشترین درصد ریشه‌زایی و تولید نهال را در بین ارقام از خود نشان دادند؛ در حالی که ارقام ایچی‌نویسه و کایریونزومی گائی‌شی کم‌ترین میزان تولید ریشه و نوساقه را داشتند و ارقام یوکی‌شن‌اوگی و تاچی‌بانا و شین‌ایجی‌نویسه وضعیتی میانگین را داشتند و درصد قابل قبولی از قلمه‌های آنها ریشه‌دار و نوساقه‌دار شدند (جدول ۲). نتایج مشابهی نیز توسط محققین گزارش شده است (حیدرپور و همکاران،۱۳۹۲؛ Bhau and Wakhlu, 2001). عدم موفقیت تنظیم کننده‌های رشد گیاهی برای ریشه‌دار کردن قلمه‌های خشبی رقم ایچی‌نویسه و ریشه‌دار شدن بالای ۹۰ درصد رقم کوکوزو در تحقیقات دیگری (Bhau and Wakhlu, 2001) نیز به اثبات رسیده است.

ارزیابی تاثیر هورمون‌ها: در بین انواع هورمون‌های رشد، IBA به دلیل توانایی سریع تر در تولید ریشه، پایداری شیمیایی و مرگ و میر کم در گیاهان، به طور گسترده برای تکثیر رویشی از طریق قلمه استفاده می‌شود (Rafeeq *et al*., 2020). نفتالین استیک اسید نیز به دلیل سنتزی بودن، در دسترس بودن و قیمت مناسبی که نسبت به سایر هورمون‌های ریشه‌زا دارد، می‌تواند گزینه مناسبی برای تکثیر توت باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه ارقام کایریونزومی گائی‌شی و ایچی‌نویسه به اثرات هورمونی پاسخی ندادند؛ که به طور قطع ناشی از سخت‌ریشه‌زا بودن آنهاست، لیکن سایر ارقام به هر دو هورمون ایندول بوتیریک اسید و نفتالین استیک اسید پاسخ مثبت دادند و اختلاف معناداری با شاهد داشتند (جداول ۱ و ۳). رقم کن‌موچی نیز به هورمون ایندول بوتیریک اسید نسبت به نفتالین استیک اسید عکس‌العمل مناسب‌تری نشان داد (جدول ۳). تحقیقات متعددی روی نوع هورمون موثر بر قلمه‌های نرم و خشبی توت انجام گرفته است. اغلب این مطالعات روی اثر ایندول بوتیریک اسید بوده و نتایج نشان‌دهنده آن بودند که این هورمون اثر مثبتی بر ریشه‌زایی قلمه‌های توت داشته و همچنین افزایش میزان غلظت باعث افزایش درصد ریشه‌زایی شده است (Husen *et al*., 2015). بررسی اثر دو هورمون ایندول بوتیریک اسید و نفتالین استیک اسید روی قلمه‌های خشبی توت سفید رقم محلی، نشان داد هورمون ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به روش غوطه‌وری سریع، بهترین تیمار برای ریشه‌زایی قلمه‌های توت است (Singh and Kumar, 2014). در تحقیق حاضر که روی هفت رقم صورت گرفت، پاسخ‌های متفاوتی از ارقام نسبت به هورمون مورد استفاده به دست آمد. در ارقامی که ریشه‌زایی موفقی داشتند، هر دو هورمون نتایج خوبی را به همراه داشتند؛ در حالی که بر مبنای صفات اندازه‌گیری شده، تنها در رقم کن‌موچی صفات تحت تیمار با ایندول بوتیریک اسید نسبت به نفتالین استیک اسید، پاسخ بهتری دادند (جدول ۲). همچنین غلظت مورد استفاده در تحقیق حاضر با غلظتی حدود یک درصد غلظت تحقیق مورد اشاره به کار رفته بود.

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که توانایی باززایی در ارقام توت تا حد زیادی به ژنوتیپ توت وابسته است؛ کما اینکه توسط محققین قبلی نیز بیان شده است (Bhau and Wakhlu, 2001, Vijayan *et al*., 1998). تفاوت فاحش ارقام در توان ریشه‌زایی آنها در تحقیق حاضر آشکار شد به نحوی که ارقامی هم‌چون کوکوزو و کن‌موچی

درصد بالایی از ریشه‌زایی را داشتند، در حالی که ارقام کایریونزومی‌گائی‌شی و ایچی‌نویسه کم‌ترین میزان ریشه‌زایی را نشان دادند. توان بالای ریشه‌زایی رقم کوکوزو (Bhau and Wakhlu, 2001) و سفید چینی (Fotadar *et al.,* 1990) و ضعف ریشه‌زایی در رقم ایچی‌نویسه (Bhau and Wakhlu, 2001) در تحقیقات مشابه به اثبات رسیده است.

مقایسه هورمونی: سه هورمون ایندول بوتیریک اسید، ایندول استیک اسید (IAA) و نفتالین استیک اسید در غربالگری ارقام توت به منظور بررسی میزان ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی توت استفاده شده است (Fotadar *et al*, ۱۹۹۰). توت رقم سفید چینی بیشترین درصد ریشه‌زایی را نشان داد. به دلیل ریشه‌زایی خوب و دوره بارداری کوتاه، رقم سفید چینی مناسب‌ترین رقم برای شرایط معتدل است. IBA در ۱۰۰ ppm تیمار مؤثری در القای ریشه‌زایی در واریته‌های توت است که در غیر این صورت دارای پیش‌توانی برای ریشه‌زایی بودند. واریته‌هایی که دارای پیش‌توانایی کم‌تری بودند، حتی با استفاده از هر یک از تنظیم‌کننده‌های رشد، بیان کم‌تری در ریشه‌زایی نشان دادند. اثر متقابل هورمون و رقم نشان داد که کاربرد ۱۰۰ پی‌پی‌ام ایندول بوتیریک اسید باعث بهبود ریشه‌زایی در Ro-Goshoerami، kokuyaso، Kairyonezumigaeshi، Ichinose و Kokuso 27 شد. در حالی که IAA فقط روی رقم سفید چینی مؤثر بود و NAA کم‌ترین تاثیر را داشت.

مزیت استفاده از ایندول بوتیریک اسید نسبت به سایر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی برای ریشه‌زایی ارقام مختلف توت در تحقیقات قبلی تایید شده است (Singh and Kumar, 2014; Kalyoncu *et al.,* 2009). ایندول استیک اسید (IAA) روی رقم چینی سفید کارایی خوبی داشته است ولی نفتالین استیک اسید (NAA) کم‌ترین اثر را روی ریشه‌زایی نشان داده است (Fotadar *et al.*, 1990). در تحقیق حاضر تفاوتی بین تیمارهای هورمونی مشاهده نشد و تاثیر مشابهی از دو هورمون ایندول بوتیریک اسید و نفتالین استیک اسید در ارقامی که ریشه‌زایی قابل قبولی داشتند، به دست آمد (جدول ۳). تنها در رقم کن‌موچی ایندول بوتیریک به لحاظ آماری پاسخ مناسب‌تری داد و ریشه‌زایی بیشتری صورت گرفت.

میزان ریشه‌زایی: نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر بیانگر درصد بالای جوانه‌زنی قلمه‌های خشبی توت در ارقام مختلف بود (جدول ۳) ولی میزان ریشه دهی از ۲,۷ درصد در رقم یوکی‌شن‌اوگی با تیمار نفتالین استیک اسید تا بالغ بر ۹۴ درصد در رقم تاچی‌بانا تحت تیمار ایندول بوتیریک اسید متغیر بود. این اعداد در خصوص تیمارهای شاهد بین ۳۲ تا ۸۳ در نوسان بود. بررسی منابع حاکی از این بود که قلمه‌های خشبی شاه‌توت درصدی بین ۳,۳ تا ۶۰ درصد را ثبت کرده‌اند (Koyuncu and Senel, 2003). به کارگیری ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۳۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در رقم توت سفید منجر به ریشه‌زایی در ۸۰ درصد در ماه اول و ۸۳ درصد در ماه دوم تیماردهی در قلمه‌های خشبی شد (Pelica-no, *et al* 2007). اثرات مقادیر صفر، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام ایندول بوتیریک اسید بر روی قلمه‌های چوب نرم انتهای شاخه دو رقم توت سیاه و یک رقم توت سفید تحت سیستم مه‌پاش در گلخانه مطالعه شده است (Kalyoncu *et al.,* 2009). بیشترین درصد ریشه‌زایی (به میزان ۱۰۰ درصد) از توت سیاه به میزان ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام ایندول بوتیریک اسید و کم‌ترین آن مربوط به گروه شاهد از توت سیاه بود که ریشه نداشت. این محققین معتقدند که مطالعات زیادی روی ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی

توت انجام شده ولی مطالعه روی قلمه‌های نرم محدود بوده است. از این رو، نتایج به دست آمده از قلمه‌های خشبی با نرم کاملاً با یکدیگر متفاوت بوده است.

در تحقیقات صورت گرفته روی ریشه‌زایی، در حالی که میزان موفقیت در توت سفید تا ۱۰۰ درصد گزارش شده است، این میزان برای شاه‌توت ۸۹/۳ درصد بود. حتی برخی از محققین نتوانستند هیچ ریشه‌زایی در قلمه‌های چوب نرم شاه‌توت به دست آورند، در حالی که برخی دیگر نرخ بالای ریشه‌زایی در شاه‌توت را ثبت کرده‌اند (Koyuncu and Senel, 2003).

تاثیر نوع هورمون: گزارشات متعددی در خصوص اثرات مثبت ایندول بوتیریک اسید و نفتالین استیک اسید بر ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی درختی گزارش شده است (قوامپور و همکاران، ۱۳۹۷؛ میرجلیلی و همکاران، ۱۳۹۸، میرجلیلی، ۱۳۹۹). تاثیر نوع رقم در میزان ریشه‌زایی و اثر متقابل نوع هورمون با رقم مورد مطالعه نیز در قلمه‌های خشبی انار گزارش شده است (میرجلیلی و همکاران، ۱۳۹۸). بررسی تاثیر ایندول بوتیریک اسید و نفتالین استیک اسید در غلظت‌های بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ پی پی ام روی قلمه‌های خشبی توت سفید نشان داد که ریشه‌زایی ۴۶ تا ۹۶ درصد در تیمارهای ایندول بوتیریک اسید و ۵۳ تا ۵۶ درصد موفقیت ریشه‌زایی در تیمار با نفتالین استیک اسید دارد (Singh and kumar, 2014). استفاده از غلظت ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید منجر به ۷۰ تا ۸۷ درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های نرم توت سفید شد (Husen *et al*., 2015).

غلظت و زمان تاثیر هورمون: غلظت هورمون‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر ۲۰ میلی‌گرم در لیتر از ایندول بوتیریک اسید و نفتالین استیک اسید در چهار زمان مختلف بود. اغلب مطالعات ریشه‌زایی توت بر مبنای غوطه‌وری سریع (quick dip) و در غلظت‌های بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر انجام شده است (برای مثال Singh and kumar, 2014 و Kako, 2012). این در حالی است که تحقیق حاضر بر مبنای غوطه‌وری آهسته و در زمان‌های مختلف بود و نظر به میزان هورمون‌های مورد استفاده (۲۰ میلی‌گرم بر لیتر)، نتایج قانع‌کننده‌ای قابل مقایسه با غلظت‌های بالا به دست آمد. اثر زمان تیمار در میزان ریشه‌دهی قلمه‌های خشبی انار هم گزارش شده است (میرجلیلی و همکاران، ۱۳۹۸). بررسی تاثیر زمانی هورمون‌ها در مطالعات ریشه‌زایی توت ثبت نشده است و تحقیق حاضر اولین گزارش از تاثیر زمانی هورمون‌ها در ریشه‌زایی توت بود. نتایج نیز نشانگر معنادار بودن زمان تاثیر هورمون‌ها در سطح یک درصد بود (جدول ۲). همچنین درصد ریشه‌زایی در ارقام مختلف از صفر تا ۱۰۰ درصد متفاوت بود که با توجه به طیف گسترده ارقام مورد بررسی (هفت رقم)، میزان ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی مطابق با سایر تحقیقات در این زمینه است (Fotadar et al., 1990; Rafeeq *et al.,* 2020 Singh and kumar, 2014; Kalyoncu *et al.,* 2009;).

تضاد و تعارض منافع- نویسنده (نویسندگان) هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با اثر منتشر شده است رد می‌نمایند.

منابع

قوامپور، م. ع.، میرجلیلی، س. ع.، جعفری، م.، آذرنیوند، ح. و جوادی، س. ا. (۱۳۹۷). تاثیر طول و قطر قلمه و هورمون اسید ایندول بوتیریک بر تکثیر رویشی گونه بومی گز خزری. تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۹(۲)،۴۹ –۵۸.

میرجلیلی، س. ع.، وظیفه‌شناس، م. ر.، زینلی، ح. و لطیفی ا. (۱۳۹۸). رفتارهای رویشی قلمه‌های هفت رقم انار در پاسخ به نفتالین استیک اسید. مطالعات علوم زیستی و زیست فناوری، ۶(۲)، ۱–۱۱.

میرجلیلی، س. ع. (۱۳۹۹). بررسی توان ریشه‌زایی برخی ارقام انار به منظور تولید تجاری آنها. پنجمین همایش بین المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۹، همدان، https://civilica.com/doc/1168567.

Bhau, B. S., & Wakhlu, A. K. (2001). Effect of genotype, explant type and growth regulators on organogenesis in *Morus alba. Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 66(1), 25-29.

Fotadar, R. K., Ahsan, M. M., Dhar, K. L. & Dhar, A. (1990). Screening of mulberry varieties for rooting and induction of rooting by the use of growth regulators. *Sericologia*, 30(3), 347-367.

Husen, A., Iqbal, M., Siddiqui, S. N., Sohrab, S. S., & Masresha, G. (2017). Effect of indole-3-butyric acid on clonal propagation of mulberry (*Morus alba* L.) stem cuttings: rooting and associated biochemical changes. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: *Biological Sciences*, 87(1), 161-166.

Kako, S. M. (2012). The effect of auxin IBA and kinetin in budding success percentage of mulberry (Morus sp.). *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, 13(1), 50.

Kalyoncu I. H., Ersoy N., Yılmaz M. & Aydın M. (2009). Effects of humidity level and IBA dose application on the softwood top cuttings of white mulberry (*Morus alba* L.) and black mulberry (*Morus nigra* L.) types. *African Journal of Biotechnology*, 8(16), 3754-3760.

Koyuncu F. & Senel E. (2003). Rooting of black mulberry (*Morus nigra* L.) hard wood cuttings, *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 11, 53-57.

Mirjalili S. A. & Poorazizi E. (2013). A Study on Determining the Optimum Thickness and Planting Time of Pomegranate Cuttings in Greenhouse Conditions in Iran. The 3rd international symposium on pomegranate and minor Mediterranean climate fruits. September 20-24, 2013.Taian, Shanding, China.

Pelicano, A., de Sesar, M. D., Zamuner, N., Danelón, J. L. & Yoshida, M. (2007). The effect of asexual`propagation and persistence of the vegetative growth of *Morus alba* on silk coco on`production, *Cien. Inv. Agr.,* 34(2), 55-62.

Pires, A. C. C. S., Junior, A. S., & Dias, L. L. C. (2021). Adventitious rooting induction of mulberry (Morus sp.) cuttings by sound frequencies and spermidine at different times. *Scientific Electronic Archives,* 14 (2), 30-34.

Rafeeq, J., Mughal, A. H., Zaffar, S. N., Dutt, V., Ahmad, K., & Raja, T. (2020). Effect of IBA on rooting and growth of Morus alba shoot cuttings under temperate conditions of Kashmir. *Interna-*

tional Journal of Chemical Studies, 8(4), 3800-3802.

Singh, K. K., Choudhary, T., & Kumar, A. (2014). Effect of various concentrations of IBA and NAA on the rooting of stem cuttings of mulberry (*Morus alba* L.) under mist house condition in Garhwal hill region. *Indian Journal of Hill Farming*, 27(1), 125-131.

Vijayan K., Chajraborti S. P. & Roy B. N. (1998). Regeneration of plantlets through callus culture in mulberry. *Indian Journal of Plant Physiology*, 3, 310–313