



DOI: 10.22092/irn.2025.369428

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۰۶/۳۰

اثر غلظت‌های مختلف هورمون اکسین بر ریشه‌زایی انواع قلمه *Tecomella undulata* (Roxb.) Seem (انارشیطان)

فاطمه غلامیان^{۱*}

چکیده

نبود امکان تکثیر گیاه انارشیطان از طریق زایشی و تخریب شدید رویشگاه‌های طبیعی آن در ایران موجب شد تا تکثیر آن از طریق غیرجنسی با استفاده از هورمون‌های ریشه‌زا مدنظر قرار گیرد. با این هدف، قلمه‌های نیمه‌چوبی و چوبی (هوایی و ریزوم) در اردیبهشت‌ماه از رویشگاه طبیعی جمع‌آوری شدند. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو نوع قلمه (ساقه و ریزوم)، دو فرم قلمه (نیمه‌چوبی و چوبی) و سه تیمار هورمونی در سه سطح غلظتی (۰، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با شش تکرار انجام شد. تیمار قلمه‌ها به‌مدت پنج دقیقه با محلول‌های سطوح غلظتی مختلف هورمون‌های ایندول ۳-بوتریک اسید (IBA)، نفتیل استیک اسید (NAA) و مخلوط دو هورمون (NAA+IBA)، که با ده میلی‌لیتر ژل کرپومر ۹۴۰ (Carbomer) مخلوط شده بودند (افزایش چسبندگی محلول هورمونی به قلمه)، انجام شد. قلمه‌های تیمار شده، در گلدان‌های پلاستیکی حاوی ماسه‌بادی مرطوب کاشته شد. نتایج نشان داد، تیمار ترکیبی NAA+IBA موجب افزایش سه تا پنج برابری ریشه‌زایی قلمه‌های هوایی نسبت به قلمه شاهد (۱۶/۳۳ درصد) شد. درحالی‌که، درصد ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌چوبی و چوبی ریزومی در حضور و عدم‌حضور اکسین نسبت به درصد ریشه‌زایی قلمه‌ریزومی شاهد، به‌نسبت، یکسان ($33/83 < p$) و فاقد اختلاف معنی‌دار ($p \geq 0.05$) بود. این نتایج بیانگر آن است که برای تکثیر انارشیطان، استفاده از ترکیب NAA+IBA با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، برای ریشه‌زایی قلمه‌های هوایی نیمه‌چوبی و چوبی بهترین اثر را دارد ولی تولید نهال از قلمه ریزومی، نیاز به تیمار با هورمون‌های ریشه‌زا ندارد.

واژه‌های کلیدی: سمگ، ایندول ۳-بوتریک اسید، نفتیل استیک اسید، ریشه‌زایی.

Differential auxin concentration effects on rooting performance of various cutting types in *Tecomella undulata* (Roxb.) Seem

F. Gholamian^{1*}

Abstract

The limitations of sexual reproduction and the severe degradation of *Tecomella undulata*'s natural habitats in Iran necessitate the development of vegetative propagation methods utilizing rooting hormones. Semi-hardwood and hardwood cuttings (aerial and rhizome) were collected from natural habitats during May. A factorial completely randomized design was employed with two cutting types (stem and rhizome), two cutting types (semi-hardwood and hardwood), and three auxin treatments at varying concentrations (0, 1500, and 3000 mg L⁻¹), with six replicates. Cuttings were treated for 5 minutes with solutions containing indole-3-butyric acid (IBA), naphthalene acetic acid (NAA), or their combination (NAA+IBA), each mixed with 10 mL of Carbomer 940 gel to enhance solution adhesion. Treated cuttings were planted in plastic pots filled with moist, sandy substrate. Results showed that the NAA+IBA combination induced a 3-5 fold increase in rooting percentage of aerial cuttings compared to controls (16.33%). In contrast, rhizome cuttings exhibited consistent rooting success (>83.33%) regardless of auxin treatment, showing no statistically significant differences ($p \geq 0.05$). These findings indicate that for *T. undulata* propagation: (1) aerial semi-hardwood and hardwood cuttings require NAA+IBA treatment at 1500 mg L⁻¹ for optimal rooting, while (2) rhizome cuttings root effectively without hormonal treatment.

Keywords: *Tecomella undulata*, IBA, NAA, rooting.

*- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.

پست الکترونیک: f.gholamian@areeo.ac.ir

^{1*}- Natural Resources and Watershed Management Research Division, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran. E-mail: f.gholamian@areeo.ac.ir



● مقدمه

انارشیطان یا سمنگ
(*Tecomella undulate*)

تنها جنس و گونه بومی از تیره Bignoniaceae در ایران است که حفاظت و تکثیر آن به دلیل ارزش های اقتصادی و اکولوژیکی، اهمیت ویژه ای دارد. با این حال، تخریب رویشگاه های طبیعی و محدودیت های تکثیر جنسی این گیاه، لزوم استفاده از روش های تکثیر غیرجنسی را افزایش داده است. در میان روش های غیرجنسی، تکثیر از طریق قلمه به ویژه با استفاده از هورمون های ریشه زا، به عنوان یک روش کارآمد و اقتصادی مطرح است.

این گونه گیاهی، به شکل درختی و درختچه ای به ارتفاع تا شش متر، با شاخه های واگرای خاکستری، شاخه های جوان (تازه) کوتاه و با برگ های دسته ای به طول سه تا هفت و به عرض یک تا ۲/۵ سانتی متر، متقابل، به رنگ سبز کلمی چرمی است. گل آذین آن خوشه ای، کم گل با دمگل های کوتاه با کاسه گل استکانی پنج دندانه ای پهن و نوک کند و جام زیبای گل به طول چهار تا هفت سانتی متر، زرد تا زرد مایل به نارنجی و اناری است که در فصل بهار و تابستان، زیبایی و جلوه ای خاص به درخت و طبیعت می دهد (شکل های ۱-۶).

این گونه، به عنوان یکی از گونه های بومی، چوبی و بسیار مقاوم به خشکی در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب ایران به ویژه استان بوشهر پراکنش دارد. *T. undulata* معروف به رگ جنگلی (Desert Teak) یک گونه گیاهی مقاوم به خشکی است که با سیستم ریشه زایی قوی و ریزوم های گسترده، نقش مؤثری در تثبیت خاک و کاهش فرسایش در مناطق خشک و نیمه خشک ایفا می کند. ریشه های عمیق و ریزوم های افقی این گیاه ذرات خاک را به هم، متصل و از شسته شدن آنها توسط آب یا باد جلوگیری می کنند (Mughal et al., 2013).

این گیاه با افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش رواناب سطحی، فرسایش آبی را کاهش می دهد، ضمن اینکه زیست توده تولید شده توسط ریزوم های آن موجب بهبود ساختار خاک و افزایش مواد آلی می شود (Kumar &

Sharma, 2018). مطالعات نشان داده اند، *T. undulata* در

تثبیت تپه های ماسه ای و مناطق بیابانی مؤثر است، چراکه شبکه ریشه های آن مانند یک اسکلت بندی طبیعی، خاک را در برابر فرسایش بادی محافظت می کند (Singh et al., 2020). بنابراین، این گونه نه تنها در کنترل فرسایش، بلکه در احیای اکوسیستم های تخریب شده مناطق خشک نیز کاربرد دارد.

این گونه که در فهرست گیاهان در معرض تهدید قرار گرفته، با چالش های جدی در تکثیر طبیعی مواجه است که بیشتر ناشی از تولید نکردن بذر زنده یا تولید بذرهای پوک است. رویشگاه های طبیعی این گونه ارزشمند تحت تأثیر عوامل تخریب گرا متعددی از جمله حفر چاه های غیرمجاز نیمه عمیق، برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی، انحراف مسیر رودخانه های فصلی و تغییر کاربری اراضی ملی قرار گرفته اند (شکل های ۷-۸).

بررسی ها نشان می دهند، زادآوری طبیعی این گونه بیشتر از طریق ریزوم و با موفقیت بسیار محدودی انجام می شود و جمعیت های باقی مانده آن در استان بوشهر به صورت پراکنده در قطعات جدا از هم با مساحت کلی ۲۰/۴۳ هکتار پراکنش یافته اند (صادقی و همکاران، ۱۴۰۱).

مرور مطالعات پیشین نشان می دهد، بیشتر پژوهش های انجام شده روی این گونه به روش های ریزازدیادی با استفاده از جوانه های انتهایی ساقه درختان بالغ و جوانه های ریشه (Bhansali, 1993) یا گره های پله ای، هیپوکوتیل ها و قطعات ریشه از نهال های شش تا هشت روزه (Nandwani et al., 1995) متمرکز بوده اند.

مطالعات محدودی اثر هورمون های مختلف را بر ریشه زایی قلمه های ساقه انارشیطان بررسی کرده اند. براساس گزارش Arya و Shekhawat (1986)، تکثیر طبیعی این گونه با موفقیت کمی همراه است و روش های تکثیر غیرجنسی مرسوم نیز با چالش مواجه شده اند. Kumar و همکاران (2008) نشان دادند، ریشه زایی قلمه های هوایی این گونه به عوامل متعددی از جمله سلامت درخت مادری، وضعیت فیزیولوژیکی قلمه و شرایط محیطی وابسته است. مطالعات Karami و

Salehi (2010) حاکی از آن است که این گونه در زمره گیاهان چوبی سخت ریشه زاست و موفقیت ریشه زایی قلمه های هوایی آن به فصل قلمه گیری بستگی دارد، به طوری که موفقیت ریشه زایی قلمه های هوایی در پاییز ناموفق، ولی در زمستان با حدود ۸۰ درصد موفقیت همراه بوده است.

با توجه به این محدودیت ها، هدف اصلی این پژوهش، بررسی امکان ریشه زایی قلمه های هوایی (چوبی و نیمه چوبی) و ریزومی (چوبی و نیمه چوبی) انارشیطان در خارج از فصل معمول قلمه گیری (اردیبهشت) با استفاده از تیمارهای هورمونی مختلف [ایندول ۳-بوتریک اسید (IBA)، نفتالین استیک اسید (NAA) و مخلوط دو هورمون (NAA+IBA)] و پیش تیمار سرمایی به عنوان جایگزینی برای دوره خواب زمستانی و کاهش اثرهای منفی فصل بر ریشه زایی است. این مطالعه در پی آن است تا روشی کارآمد و سریع برای تکثیر این گونه ارزشمند در خارج از فصل معمول قلمه گیری ارائه نماید.

● اقدامات و یافته ها

در این پژوهش، قلمه های ساقه ای (هوایی و ریزوم) از پایه های سالم سه تا چهار ساله گونه انارشیطان در اردیبهشت ۱۴۰۲ از رویشگاه طبیعی در نزدیک روستای بشک (شهرستان دشتی، استان بوشهر) جمع آوری شدند. منطقه نمونه برداری از نظر جغرافیایی در عرض $28^{\circ}31'51''/44''$ و طول $51^{\circ}37'73''/32''$ و در ارتفاع ۱۹۰ متری از سطح دریا واقع شده است. با توجه به ناکامی در ریشه زایی قلمه های هوایی در مطالعه مقدماتی (اردیبهشت ۱۴۰۱)، که تنها با تیمار هورمونی انجام شده بود، در این پژوهش از پیش تیمار سرمایی به عنوان یک عامل کمکی استفاده شد. ابتدا قلمه های ۲۵ سانتی متری تهیه شده، با آب شهری شسته و سپس با مخلوط قارچ کش های مرکپتان (۵ درصد) و بنومیل (۲۵ درصد)، ضد عفونی سطحی شدند. سپس، قلمه ها برای ده روز در دمای کنترل شده دو تا پنج درجه سانتی گراد تحت پیش تیمار سرمایی (یخچال آزمایشگاه) قرار گرفتند تا با شبیه سازی شرایط زمستانی،

اثرهای منفی دماهای بالای فصل رشد، خنثی و القای فیزیولوژیکی مناسب برای ریشه‌زایی انجام شود.

برای تهیه ۵۰۰ میلی‌لیتر از محلول‌های هورمونی در غلظت‌های ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از IBA و NAA، ابتدا مقادیر ۰/۷۵ و ۱/۵ گرم از پودر هر هورمون (با خلوص >99/9 درصد از شرکت Duchefa Biochemi هلند) به‌دقت توزین و در ارن‌های

مایر جداگانه ریخته شد. برای حل کردن هورمون‌ها، ۱-۲ قطره NaOH یک نرمال به هر نمونه اضافه شد (Ghavami & Lajevar- di, 2010). پس از انحلال کامل، حجم محلول با آب مقطر حاوی ۲۰ میلی‌لیتر ژل کربومر ۹۴۰ (شرکت مرک آلمان) به‌منظور افزایش غلظت محلول هورمونی به ۵۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و pH آن با افزودن دو تا سه قطره اسیدسیتریک یک نرمال به هفت تنظیم

شد. برای تهیه محلول ترکیبی NAA+IBA، مقادیر مساوی (۲۵۰ میلی‌لیتر) از محلول‌های انفرادی هر هورمون با غلظت‌های متناظر (۱۵۰۰ یا ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) مخلوط شدند تا ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول ترکیبی حاصل شود. قلمه‌ها پس از خروج از یخچال (مرحله سرمادهی) در غلظت‌های مختلف محلول‌های هورمونی تهیه‌شده (جدول ۱) به‌مدت پنج دقیقه تیمار شدند.



شکل ۱- پایه‌های انارشیشان در اواخر زمستان (شروع گل‌دهی)



شکل ۲- پایه‌های گل‌دار انارشیشان در فصل بهار



شکل ۴- گل آذین انارشیشان در اواخر زمستان (شروع گل دهی)



شکل ۳- شاخه های گل دار انارشیشان در اواخر زمستان (شروع گل دهی)



شکل ۶- جست های حاوی گل روی تنه انارشیشان



شکل ۵- چرای دام در محدوده قرق شده انارشیشان در علی آباد کشتو



شکل ۸- تغییر کاربری اراضی و تخریب پایه های انارشیشان



شکل ۷- تکثیر طبیعی انارشیشان از طریق ریزوم در حاشیه رودخانه فصلی

(۳۰ روز پس از کشت) آغاز می‌شود (شکل ۱۵). روند جوانه‌زنی تا روز ۴۵ ادامه یافت و سپس تثبیت شد (شکل ۱۱). پس از آن، جوانه‌ها به رشد خود ادامه دادند. با هدف حمایت و حفاظت از این گونه ارزشمند، پس از ۱۲۰ روز، بخشی از قلمه‌های ریشه‌دار (شکل‌های ۱۳-۱۷) دارای شاخه‌های جدید، در گلدان‌های حاوی خاک باغچه (شکل ۱۶) و بخش دیگر به ایستگاه تحقیقات انجیره چھوک، منتقل و در زمان مناسب در عرصه این ایستگاه

در بستر کشت (با زاویه ۴۵ درجه نسبت به سطح) قرار داده شدند (شکل‌های ۹-۱۲). در ۴۸ ساعت اول، از آبیاری اجتناب شد تا از شسته شدن هورمون‌ها جلوگیری شود، سپس آبیاری به صورت روزانه و با استفاده از سیستم مه‌پاش به میزان حفظ رطوبت مطلوب محیطی انجام شد. نتایج نشان داد، جوانه‌زنی در قلمه‌های نیمه‌چوبی، زودتر (۲۰ روز پس از کشت) و در قلمه‌های چوبی، دیرتر

پس از اعمال تیمارهای هورمونی، قلمه‌ها در گلدان‌های پلاستیکی حاوی ماسه‌بادی و از پیش آبیاری شده (با رطوبت اولیه ۶۵-۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) کشت شدند. برای قلمه‌های هوایی، حفره‌ای به عمق مناسب (عمق ۱۰-۱۲ سانتی‌متر) در مرکز گلدان ایجاد شد تا حین کاشت قلمه، محلول هورمونی اطراف قلمه باقی بماند، درحالی‌که قلمه‌های ریزومی در شیارهای افقی تعبیه شده



شکل ۱۰- آماده‌سازی قلمه ریزوم نیمه‌چوبی و چوبی



شکل ۹- قلمه ساقه هوایی نیمه‌چوبی و چوبی



شکل ۱۲- ظهور جوانه‌زنی قلمه ساقه و ریزوم



شکل ۱۱- آماده‌سازی گلدان قبل از کاشت قلمه ساقه



شکل ۱۴- نهال‌های تولیدشده از قلمه‌های ریزومی نیمه‌چوبی و چوبی



شکل ۱۳- جوانه‌های رشدکرده قلمه ریزوم



شکل ۱۶- گل دهی قلمه هوایی ریشه دار شده پس از یک سال در گلدان حاوی خاک باغچه



شکل ۱۵- آغاز جوانه زنی قلمه های ریشه دار شده انارشیشان پس از ۲۰-۳۰ روز



شکل ۱۸- بزرگ نمایی ریشه قلمه هوایی



شکل ۱۷- ریشه زایی قلمه هوایی (عکسبرداری در سی امین روز کاشت)

نیمه چوبی به ۸۳/۳۳ درصد و برای قلمه های چوبی به ۵۰ درصد رسید. در مقابل، استفاده از هورمون های NAA و IBA به صورت جداگانه در غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر موجب ریشه زایی ۵۰ درصد از قلمه های نیمه چوبی و چوبی شد. این مقدار در غلظت ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر کاهش یافت و تنها یک سوم (۳۳/۳۳ درصد) از قلمه ها ریشه دار شدند. این نتایج مربوط به قلمه هایی است که در فصل بهار تهیه شده اند.

نتایج مقایسه میانگین درصد ریشه زایی کل، بدون در نظر گرفتن نوع قلمه (هوایی یا ریزوم) نشان داد، ترکیب دو هورمون اکسین (NAA+IBA) در غلظت های ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر، بیشترین اثر را در تحریک ریشه زایی قلمه های نیمه چوبی و چوبی داشته است، به گونه ای که میزان

واریانس مقایسه میانگین تأثیر نوع و غلظت هورمون ها بر درصد ریشه زایی قلمه و درصد ریشه زایی انواع قلمه انارشیشان در سطوح غلظتی مختلف هورمون های ریشه زا در جدول های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

بررسی میانگین درصد ریشه زایی انواع قلمه انارشیشان (جدول ۱) نشان داد، کمترین میزان ریشه زایی مربوط به قلمه های شاهد بود که تنها ۱۶/۶۷ درصد ریشه زایی داشتند. این میزان به طور معنی داری ($p \geq 0/05$) کمتر از قلمه هایی بود که با هورمون های رشد NAA، IBA و ترکیب این دو تیمار شده بودند. بیشترین تأثیر مثبت در ریشه زایی قلمه های ساقه ای مربوط به تیمار ترکیبی IBA+NAA در دو غلظت ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود. در این شرایط، درصد ریشه زایی برای قلمه های

کاشته شدند (شکل های ۱۳-۱۵). این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور اصلی شامل: ۱) نوع هورمون (NAA، IBA و ترکیب NAA+IBA)، ۲) غلظت هورمون (۰، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) و ۳) نوع قلمه (هوایی و ریزوم) با دو فرم نیمه چوبی و چوبی انجام شد. برای هر تیمار شش تکرار (شامل شش قلمه چوبی و شش قلمه نیمه چوبی) در نظر گرفته و در مجموع، تعداد ۱۵۶ قلمه ارزیابی شد. تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۲ انجام شد. برای ارزیابی تفاوت های کلی بین گروه ها، از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه (Two-way ANOVA) در سطح معنی داری ۵ درصد و برای مقایسه میانگین گروه ها، از آزمون LSD استفاده شد. نتایج آنالیز

جدول ۱- تجزیه واریانس ریشه‌زایی انواع قلمه انارشیطان در سطوح غلظتی مختلف هورمون‌های ریشه‌زا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری	ضریب تغییرات (%)
اثر نوع قلمه	۳	۴/۱۱	۲۹/۷۷	***۰/۰۰	
اثر غلظت هورمون ریشه‌زا	۶	۰/۲۰	۱/۴۵	۰/۲۰	
اثر متقابل	۱۸	۰/۰۸	۰/۵۷	۰/۹۲	
خطا	۱۴۰	۰/۱۴			۱۱/۸۸
مجموع	۱۶۷				

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد ریشه‌زایی انواع قلمه انارشیطان در سطوح غلظتی مختلف هورمون‌های ریشه‌زا

اکسین (mgL ⁻¹)	ریشه‌زایی قلمه هوایی (%)		ریشه‌زایی قلمه ریزومی (%)		میانگین کل
	نیمه‌چوبی	چوبی	نیمه‌چوبی	چوبی	
شاهد	۱۶/۶۷ ^C	۱۶/۶۷ ^C	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۵۸/۳۳ ^b
NAA					
۱۵۰۰	۵۰ ^{abc}	۳۳/۳۳ ^{bc}	۸۳/۳۳ ^{ab}	۱۰۰ ^a	۶۶/۶۷ ^{ab}
۳۰۰۰	۵۰ ^{abc}	۳۳/۳۳ ^{bc}	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۷۰/۸۳ ^{ab}
IBA					
۱۵۰۰	۵۰ ^{abc}	۳۳/۳۳ ^{bc}	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۷۰/۸۳ ^{ab}
۳۰۰۰	۵۰ ^{abc}	۳۳/۳۳ ^{bc}	۸۳/۳۳ ^{ab}	۱۰۰ ^a	۶۶/۶۷ ^{ab}
NAA+IBA					
۱۵۰۰	۸۳/۳۳ ^{ab}	۵۰ ^{abc}	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۸۳/۳۳ ^a
۳۰۰۰	۸۳/۳۳ ^{ab}	۵۰ ^{abc}	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۸۳/۳۳ ^a
میانگین کل	۵۴/۷۶ ^b	۳۵/۷۱ ^C	۹۵/۲۴ ^a	۱۰۰ ^a	

Control: شاهد؛ NAA: نفیتیل استیک اسید؛ IBA: ایندول ۳-بوتریک اسید؛ NAA+IBA: مخلوط هورمون‌های اکسین. در هر سطر و ستون میانگین کل، مقادیری که با حروف متفاوت a-c نشان‌گذاری شده‌اند، براساس آزمون LSD در سطح معنی‌داری 0/05 اختلاف آماری معنی‌داری دارند.

برداشت (پاییز و زمستان) متفاوت است. به‌طور مشخص، تیمار قلمه‌های نیمه‌چوبی با محلول‌های NAA در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد به‌ترتیب منجر به ۵۸/۹۶، ۶۷/۱۹ و ۸۲/۹۲ درصد ریشه‌زایی شد، درحالی‌که همین غلظت‌ها در قلمه‌های چوبی منجر به ۶۹/۳۵، ۷۲/۰۸ و ۸۹/۳۷ درصد ریشه‌زایی شد. همچنین، تیمار با ۰/۴ درصد IBA (معادل ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب ریشه‌زایی ۸۰/۶۱ درصد در قلمه‌های نیمه‌چوبی و ۸۱/۶۵ درصد در قلمه‌های چوبی شد. اگرچه این نتایج با یافته‌های پیش‌رو درمورد قلمه‌های ساقه‌ای اختلاف دارد، اما تا حدودی با نتایج حاصل از قلمه‌های هوایی تیمار شده با ترکیب NAA+IBA در غلظت‌های ۱۵۰۰

می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، وجود اثر هم‌افزایی (سینرژیستی) میان این دو هورمون می‌تواند بر مشکلات فصلی در فرایند ریشه‌زایی قلمه‌ها غلبه کند (Hartmann et al., 2014). بیشترین میزان ریشه‌زایی (۸۳/۳۳ درصد) در قلمه‌های نیمه‌چوبی، تحت تیمار ترکیبی NAA+IBA در غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، مشاهده شد. این نتایج با یافته‌های Davies و همکاران (2010) و Leakey و همکاران (۲۰۱۴)، که قلمه‌های نیمه‌چوبی را نسبت به قلمه‌های چوبی در پاسخ به تیمارهای هورمونی مؤثرتر می‌دانند، مطابقت دارد. در مقابل، Karami و Salehi (2010) گزارش کردند، تأثیر هورمون‌های NAA و IBA بر ریشه‌زایی قلمه‌های انارشیطان، بسته به فصل

ریشه‌زایی در این تیمارها به ۸۳/۳۳ درصد رسیده است. بااین‌حال، با بررسی درصد ریشه‌زایی براساس نوع قلمه مشخص شد، قلمه‌های ریزومی (اعم از نیمه‌چوبی و چوبی) چه در حضور و چه در غیاب هورمون‌های اکسین، توانایی بالایی در ریشه‌زایی دارند، به‌طوری‌که درصد ریشه‌زایی آنها بین ۹۵/۲۴ تا ۱۰۰ درصد متغیر بود (جدول ۱).

● نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد، استفاده ترکیبی از هورمون‌های اکسین (NAA+IBA) در غلظت‌های ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، به‌طور معنی‌داری ($p \geq 0/05$) موجب افزایش ریشه‌زایی در قلمه‌های انارشیطان



و ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر مشابه است. این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از عوامل مختلفی مانند فصل نمونه برداری (بهار در برابر زمستان)، روش اعمال هورمون و شرایط محیطی متفاوت در زمان کاشت باشد. همچنین، Sharma و Kumar (2018) گزارش کردند، تیمار IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر در قلمه‌های زمستانه، بیشترین ریشه‌زایی (۸۲ درصد) را در انارشیطان ایجاد کرده است. از سوی دیگر، Mughal و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای ترکیبی روی بسترهای مختلف کشت همراه با هورمون NAA (۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر) در قلمه‌های هوایی انارشیطان دریافتند، این تیمار در بستر ماسه خالص ۵۰ درصد، در کوکوبیت ۶۵ درصد و در ترکیب ماسه و خاکستر (۱:۱) معادل ۷۰ درصد ریشه‌زایی ایجاد می‌کند. همچنین، Pandey و Gupta (2015) گزارش دادند، تیمار قلمه‌های جویی با ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر IBA در بستر ماسه و ورمیکولیت، منجر به ۶۸ درصد ریشه‌زایی شد. به علاوه، Singh و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از ترکیب IBA و اسیدسالیسیلیک (۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر) به میزان ریشه‌زایی ۸۸ درصد دست یافتند، که این نیز نشان‌دهنده نقش تقویتی اثر هم‌افزایی در این ترکیب مشابه با ترکیب NAA+IBA در این پژوهش است. به‌طور کلی، نتایج تحقیقات پژوهشگران در زمینه ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه‌ای انارشیطان نشان می‌دهد، موفقیت در ریشه‌زایی این گیاه تحت تأثیر هم‌افزایی چندین عامل کلیدی قرار دارد. در این میان، تیمار هورمونی با IBA در غلظت‌های بهینه (۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر) بیشترین تأثیر را دارد، اگرچه دامنه غلظت مؤثر ممکن است بسته به شرایط محیطی متغیر باشد. همچنین، عواملی مانند نوع قلمه (به‌ویژه قلمه‌های نیمه‌جویی تهیه‌شده در فصل زمستان)، روش تیمار هورمونی (اعم از غوطه‌وری سریع یا پودرکاری) و انتخاب بستر کشت مناسب (ترجیحاً ماسه همراه با مواد معدنی) به‌صورت هماهنگ می‌توانند درصد موفقیت ریشه‌زایی را به‌طور معناداری افزایش دهند. این یافته‌ها مؤید آن است که برای دستیابی به بهترین نتایج در تکثیر غیرجنسی این گونه با ارزش بیابانی،

لازم است همه این پارامترها به‌صورت نظام‌مند و با دقت کنترل شوند.

برای افزایش موفقیت در تولید نهال انارشیطان (*Tecomella undulata*) از طریق قلمه‌های تهیه‌شده در خارج از فصل بهینه (فصل بهار به جای زمستان) پیشنهادهای زیر ارائه می‌شوند: (۱) استفاده از قلمه‌های هوایی نیمه‌جویی به دلیل بر خورداری از تعادل مناسب بین مواد ذخیره‌ای و قدرت ریشه‌زایی

(۲) استفاده از تیمار هورمونی ترکیبی NAA + IBA با غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر که با ژل کربومر ۹۴۰ یا آگار غلیظ‌شده، مخلوط شده است (افزایش چسبندگی هورمون به قلمه و جذب هورمون)

و (۳) اعمال پیش‌تیمار سرمایی با قراردادن قلمه‌ها در دمای دو تا پنج درجه سانتی‌گراد به مدت حداقل ۱۰ روز در یخچال یا سردخانه (شبیه‌سازی اثرهای مثبت زمستان‌گذرانی طبیعی).

این راهکار ترکیبی، با بهره‌گیری از مزایای قلمه‌های هوایی نیمه‌جویی، تیمار هورمونی بهینه و شبیه‌سازی شرایط سرمایی می‌تواند بازدهی ریشه‌زایی را در خارج از فصل طبیعی به میزان چشمگیری افزایش دهد. در صورتی که، قلمه‌های ریزومی برخلاف قلمه‌های هوایی، نیاز به تیمار هورمونی ندارند و می‌توان آنها را به‌طور مستقیم در محیط مناسب کاشت.

● منابع

- صادقی، س.م.، سرطاوی، ک.، مزارعی، ح.، جلیلی، ع.، جم‌زاد، ز.، غلامیان، ف. و درودی، ه.، ۱۴۰۱. رویشگاه‌های انارشیطان *Tecomella undulata* در جنوب ایران و عوامل تهدید آنها. طبیعت ایران، ۷ (۵): ۱۱۵-۱۰۱.
- 10.22092/IRN.2022.357810.1448
- Arya, H.C. and Shekhawat, N.S., 1986. Clonal multiplication of tree species in the Thar desert through tissue culture. Forest Ecology and Management, 16: 201-208. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(86\)90020-4](https://doi.org/10.1016/0378-1127(86)90020-4)
- Bhansal, I.R., 1993. Bud culture for shoot multiplication and plantlet formation of *Tecomella undulata* (Rohida), a woody tree of the arid zone. Tropical Science, 3: 31-38.
- Davies, F.T., Geneve, R.L. and Wilson,

- Practices. 8th edn. Upper Saddle River: Pearson, pp. 234-237. DOI: 10.1007/978-0-387-73945-8
- Ghavami, F. and Lajevardi, M., 2010. Indol-3-butyric acid (IBA) and its effects on plant growth. Iranian Journal of Plant Physiology, 1(1): 32-39.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. and Geneve, R.L., 2014. Plant Propagation: Principles and Practices. 8th edn. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, pp. 412-415.
- Karami, A. and Salehi, H., 2010. Adventitious root formation in Rohida (*Tecomella undulata* (Sm.) Seem) cuttings. Propagation of Ornamental Plants, 10(3): 163-165. DOI: 10.1007/s12229-010-9055-7
- Kumar, A. and Sharma, P., 2018. Ecological importance of *Tecomella undulata* in arid regions'. Journal of Arid Environments, 150: 45-52. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2017.12.005.
- Kumar, R., Singhal, S. and Misra R., 2008. Rohida micro-propagation. Annual Report 2007-2008. Indian Council of Forestry Research and Education, Dehradun, India, 255p.
- Leakey, R.R.B., 2014. Vegetative propagation of medicinal desert trees. Journal of Arid Environments, 102: 104-112. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2013.11.006.
- Mughal, A.H., Khan, M.W. and Srivastava, R.K., 2013. Role of *Tecomella undulata* in desert soil stabilization. Arid Land Research and Management, 27(3): 278-291. DOI: 10.1080/15324982.2012.719570.
- Nandwani, D., Mathur N. and Ramawat K.G., 1995. In-vitro shoot multiplication from cotyledonary node explants of *Tecomella undulata*. Gartenbauwissenschaft, 60: 65-68.
- Pandey, S. and Gupta, R., 2015. Asexual propagation of *Tecomella undulata* for arid land restoration. Ecological Engineering, 84: 1-6. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2015.06.020.
- Singh, R.P., Kumar, S., Sharma, A. and Meena, R.K., 2020. Sand dune fixation using *Tecomella undulata* in the Thar Desert. Journal of Environmental Management, 265: 110532. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110532.