مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال هجدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۵
ص ۳۰۳-۲۸۹
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2026.565040.2095
CC BY 4.0

تأثیر عصاره‌های طبیعی بید و آلوئه‌ورا و هورمون رشد اکسین بر تکثیر قلمهٔ بداغ (*Viburnum tinus* L.)

ولی کریمی*

استادیار، باغ گیاه‌شناسی نوشهر، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نوشهر، ایران

(تاریخ دریافت: ۲۲/ ۱۴۰۴/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۰۹/ ۱۴۰۴/۱۲)

چکیده

مقدمه: گونه‌های فراوانی در باغ‌های گیاه‌شناسی وجود دارد که بسیاری از آنها، با گذشت زمان به مرحلهٔ دیرزیستی می‌رسند. برنامه‌های تکثیر به‌منظور حفاظت و احیای این گونه‌ها به کار برده می‌شود. بسیاری از درختان و درختچه‌های باغ گیاه‌شناسی نوشهر جزء گونه‌های جنگلی هستند و درختچهٔ بداغ (*Viburnum tinus* L.) یکی از گونه‌های جنگلی و زینتی است. قلمه یکی از روش‌های اصلی تکثیر این گیاه است که می‌تواند در زمان کوتاه گیاهی شبیه و با تمام ویژگی‌های مادری تولید کند. امروزه از هورمون‌های مختلف اکسینی برای تسهیل روند تکثیر به روش قلمه استفاده می‌شود که جزئی از مواد گران‌قیمت و در عین‌حال مضر برای سلامت محیط زیست هستند. کاربرد مواد طبیعی بدون ضرر برای انسان و محیط زیست جزئی از روش‌های نوین جایگزین هورمون‌های شیمیایی است. این تحقیق با هدف احیای گونه‌ای، با توجه به برخی از جنبه‌های زیست‌محیطی برای ازدیاد رویشی بداغ انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این تحقیق از اواخر پاییز ۱۴۰۳ تا اواخر تابستان سال ۱۴۰۴ خورشیدی در باغ گیاه‌شناسی نوشهر روی قلمه‌های بداغ اجرا شد. آزمایش به‌صورت طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش را دو نوع عصاره، یکی از درخت بید (*Salix alba* L.) در دو غلظت صفر (شاهد) و ۲۰ درصد و دیگری از گیاه علفی آلوئه‌ورا (*Aloe vera* (L.) Burm.f.) در دو غلظت صفر (شاهد) و ۲۰ درصد و هورمون اکسین مصنوعی نفتالین استیک‌اسید (NAA) در سه غلظت صفر (شاهد)، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام تشکیل دادند. برای عصاره‌گیری بید، از شاخه‌های جوان یکسالهٔ درخت بید استفاده شد. برای استخراج عصارهٔ آلوئه‌ورا، از ژل خالص برگ‌های قدیمی استفاده شد. هورمون NAA نیز خریداری شد. آزمایش خاک پیش از کاشت قلمه‌ها انجام گرفت. قلمه‌های با قطر تقریبی ۱۰ میلی‌متر و به طول حدود ۱۵ سانتی‌متر از شاخه‌های جوان تهیه شد. برای هر تیمار ۱۰ قلمه انتخاب شد. قلمه‌ها بلافاصله در تیمارهای آزمایشی قرار داده شدند. پس از رشد و نمو قلمه‌ها، صفات مورفولوژیکی شامل قطر شاخهٔ جدید، ارتفاع بلندترین جوانهٔ رشدکرده، طول و عرض برگ و تعداد ریشه، طول ریشه، وزنِ تر و خشک ریشه و فتوسنتز برگ اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از به‌کارگیری عصاره‌های طبیعی و هورمون اکسین (NAA) در این آزمایش نشان داد که تیمارها از نظر شاخص‌های رشد و ریشه‌زایی اثرهای معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشتند. بیشترین قطر شاخه به‌ترتیب در عصارهٔ آلوئه‌ورا و در غلظت ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA به اندازهٔ ۰/۳ و ۰/۲۹ سانتی‌متر مشاهده شد. بیشترین طول برگ به‌ترتیب در عصارهٔ بید و غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA به اندازهٔ ۶/۴۶ و ۶/۱ سانتی‌متر مشاهده شد. بیشترین عرض برگ نیز در این تیمارها مشاهده شد. طولانی‌ترین ریشه در عصارهٔ آلوئه‌ورا با غلظت ۲۰ درصد به طول ۱۹/۷۸ سانتی‌متر و سپس در عصارهٔ بید به طول ۱۹ سانتی‌متر مشاهده شد. بیشترین تعداد ریشه در غلظت ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA به مقدار ۳/۵۳ و سپس در عصارهٔ آلوئه‌ورا به اندازهٔ ۳/۳۶ مشاهده شد. بیشترین وزنِ تر و خشک ریشه به‌ترتیب به مقدار ۰/۳۶۱ و ۰/۰۳۴گرم در عصارهٔ آلوئه‌ورا با غلظت ۲۰ درصد مشاهده شد. بیشترین مقدار فتوسنتز برگ در عصارهٔ آلوئه‌ورا به مقدار ۲/۴۱ میلی‌گرم بر وزنِ تر مشاهده شد. در بیشتر شاخص‌ها، شاهد کمترین عملکرد را در بین تیمارها داشت.

نتیجه‌گیری: در این آزمایش، عصارهٔ آلوئه‌ورا با غلظت ۲۰ درصد در بداغ با توجه به ارزش زیاد برخی شاخص‌های رشد مانند قطر شاخه، مقدار فتوسنتز برگ و طول ریشه، تیمار برتر انتخاب شد. با وجود این، عصارهٔ بید نیز توانایی جایگزینی با اکسین مصنوعی NAA در تکثیر درختچهٔ بداغ را دارد.

واژه‌های کلیدی: آلوئه‌ورا، بداغ (*Viburnum tinus* L.)، بید، تکثیر رویشی، عصارهٔ، نفتالین استیک‌اسید (NAA).

*نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۲۸۰۲۵۲۸۵
ایمیل: V.karimi@rifr-ac.ir

مقدمه

Viburnum tinus L. با نام‌های فارسی بداغ، یاس برزنی و افلوس در منابع ذکر شده است. این گیاه از خانوادهٔ Adoxaceae و درختچه‌ای همیشه‌سبز به ارتفاع حدود ۴ متر است. گل‌های معطر سفید، صورتی یا ترکیبی از سفید و صورتی این گیاه از اواسط زمستان (بسته به اقلیم از اواخر پاییز) می‌روید و تا اوایل بهار ادامه دارد. امروزه استفاده از قلمه، از روش‌های مطمئن برای دسترسی به نهال باکیفیت و مشابه پایهٔ مادری است. قلمه زدن معمول‌ترین روش ازدیاد غیرجنسی است که آسان‌تر و ارزان‌تر از دیگر روش‌های غیرجنسی است (Jalilimarandi, 2003). به‌طور معمول سه نوع قلمه به نام‌های چوب نرم، چوب نیمه‌سخت و چوب سخت در تکثیر گیاهان به کار می‌رود. قلمهٔ چوب نرم مهم‌ترین نوع قلمه برای تکثیر بداغ است (Hartmann & Kester, 1997). زمانی که قلمهٔ ساقه از گیاه گرفته می‌شود، ارتباط آبی و غذایی گیاه قطع می‌شود. در این وضعیت، گیاه در معرض تنش‌های اکسیداتیو قرار می‌گیرد و تعادل شیمیایی درون سلول به هم می‌ریزد (Papadakis et al., 2002). برای جلوگیری از ادامهٔ این روند، تحریک تشکیل ریشه‌های نابجا برای حفظ حیات قلمه ضروری است. ریشه‌دار کردن قلمه‌ها از آسان‌ترین و اقتصادی‌ترین شیوه‌های ازدیاد بسیاری از گیاهان چوبی است (Damiano & Monticelli, 1998). توانایی ریشه‌زایی در قلمه‌های ساقهٔ درختان و درختچه‌ها با توجه به ساختار آناتومی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عوامل محیطی متفاوت است. فرایند فیزیولوژیکی تشکیل ریشه، فرایند پیچیده‌ای است که به عوامل زیادی بستگی دارد. با وجود این، هورمون اکسین یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ریشه‌زایی است (Leakey, 1985). این هورمون تأثیر اساسی در تولید ریشه‌های نابجا در قلمه‌ها دارد. البته اکسین به‌تنهایی نمی‌تواند سبب ریشه‌زایی در قلمه‌ها شود، زیرا بسیاری از مواد مانند قندها، ترکیبات فنلی و آنزیم‌های اکسیدازی با اکسین واکنش‌های همسو یا متقابل انجام می‌دهند تا ریشه‌زایی مقدور شود (Gaspar et al., 2003). اکسین سبب تحریک تجزیهٔ نشاسته و حرکت قند و مواد غذایی به قسمت پایین قلمه‌ها (Cutting base) می‌شود (Das et al., 1997). همچنین موفقیت در ازدیاد به روش قلمه‌زنی به عوامل محیطی، نوع هورمون و خواص گونهٔ گیاهی بستگی دارد (De Silva, 2002). امروزه به‌کارگیری هورمون‌های گیاهی مصنوعی (انواع مشتقات اکسینی) توصیه نمی‌شود، زیرا برای محیط زیست، انسان و حیوانات اثرهای سمی دارند (El-Sherif, 2017). افزون‌بر این، هورمون‌های مصنوعی اکسینی مانند ایندول استیک‌اسید (IAA) و ایندول بوتیریک‌اسید (IBA) گران هستند و برای محیط زیست و انسان هم زیان دارند (Sezgina & Kahya, 2018)؛ بنابراین یکی از روش‌های مطمئن کم‌خطر و محرک ریشه‌زایی برای جایگزینی هورمون‌های مصنوعی، استفاده از عصاره‌ها و ترکیبات طبیعی گیاهی است (Mohammed et al., 2020; Rajan & Singh, 2021). عصارهٔ برگ و پوست درخت بید (*Salix* spp.) حاوی ترکیبات تحریک‌کنندهٔ ریشه‌زایی مانند سالیسیلیک‌اسید در قلمه‌هاست (Eid et al., 2018). در سال‌های اخیر، تقاضا برای جایگزینی این مواد افزایش یافته است. بنابراین تلاش‌های زیادی برای کشف مواد طبیعی تحریک‌کنندهٔ ریشه‌زایی با هزینهٔ کم و حداقل صدمه به انسان و محیط زیست صورت گرفته است (Suthar, 2010). اثر عصارهٔ برگ درخت مورینگا (*Moringa oleifera* Lam.) و آب نارگیل بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوب نرم، نیمه‌سخت و سخت درخت انبه (*Mangifera indica* L.) بررسی شد و نتیجه گرفته شد که عصارهٔ برگ درخت مورینگا موجب افزایش جوانه‌زنی همراه با تولید ریشهٔ بیشتر در قلمه‌های چوب سخت می‌شود (Yussuf et al., 2020). عصارهٔ آلوئه‌ورا اثرهای زیستی یا بیولوژیکی شامل افزایش رشد، زی‌توده (مادهٔ خشک) و رشد ریشه دارد (El-

(Sherif, 2017; Hamouda et al., 2012). امروزه بسیاری از کشاورزان از آلوئه‌ورا به‌عنوان محرک ریشه‌زایی و نیز ضدباکتری استفاده می‌کنند (Kaur, 2017). فرو بردن انتهای قلمه در عصارهٔ آلوئه‌ورا ضمن تحریک ریشه‌زایی، سبب از بین رفتن علف‌های هرز نیز می‌شود (Rajan & Singh, 2021). تحقیقات متعددی دربارهٔ کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد همراه با هورمون‌های اکسین مصنوعی، کارایی این مواد را نشان داده است. اثر هورمون‌های مصنوعی ایندول استیک‌اسید (IAA)، نفتالین استیک‌اسید (NAA) و تنظیم‌کنندهٔ رشد سبز (GGR) بر ریشه‌زایی قلمه‌های سیب (*Malus hupehensis* (Pamp.) Rehder) بررسی شد. استفاده از تنظیم‌کننده‌ها، درصد ریشه‌زایی را نسبت به تیمار شاهد (بدون هورمون) ۰/۱-۹/۳ برابر کرد (Zhang et al., 2017). اثر سه نوع قلمهٔ چوب سخت، نیمه‌سخت و چوب نرم درخت *Voacanga africana* Stapf. در مقابل تیمار هورمونی IBA ، NAA+ IBA و بدون هورمون (شاهد) همراه با سه مخلوط خاکی شامل خاک سطحی، شنی و مخلوط خاک سطحی و شنی بررسی شد. نتایج نشان داد که قلمه‌های چوب سخت و نیمه‌سخت، ریشه‌زایی و شاخه‌زایی بهتری در خاک سطحی و شنی داشتند (Kontoh, 2016). نفتالین استیک‌اسید با تأثیر بر تقسیم سلولی و توسعهٔ آن اثر اساسی بر تحریک تولید ریشه، تشکیل میوه و جلوگیری از ریزش میوه دارد (Kentelky et al., 2021). گونه‌های متعددی در باغ‌های گیاه‌شناسی وجود دارند که با گذشت زمان به مرحلهٔ دیرزیستی می‌رسند. برای حفظ و نگهداری این گیاهان، برنامه‌های ازدیادبخشی از امور پژوهشی محسوب می‌شوند. در زمینهٔ دسترسی به نهال باکیفیت و توجه به برخی از جنبه‌های زیست‌محیطی همراه با بهره‌وری مناسب از عصاره‌های طبیعی گیاهی، ازدیاد رویشی درختچهٔ بداغ از اهداف این تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

این تحقیق از اواخر پاییز ۱۴۰۳ تا آخر تابستان سال ۱۴۰۴ در باغ گیاه‌شناسی نوشهر در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقهٔ شرقی به ارتفاع منفی ۲۴ متر از سطح دریاهای آزاد و با میانگین بارش سالیانهٔ حدود ۱۳۰۰ میلی‌متر انجام گرفت.

شیوهٔ اجرای پژوهش

آزمایش به‌صورت طرح فاکتوریل سه‌عاملی (عصارهٔ بید، عصارهٔ آلوئه‌ورا و هورمون NAA) کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش دو نوع عصاره از درخت بید (*Salix alba*) در دو غلظت صفر (شاهد) و ۲۰ درصد و گیاه علفی آلوئه‌ورا (*Aloe vera* (L.) Burm.f.) در دو غلظت صفر (شاهد) و ۲۰ درصد و هورمون اکسین مصنوعی نفتالین استیک‌اسید (NAA) در سه غلظت صفر (شاهد)، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام بودند. آزمایش شامل سه مرحلهٔ مشخص یعنی تهیهٔ عصاره‌ها، آزمایش‌های خاک‌شناسی و قلمه‌گیری بود. برای عصاره‌گیری بید، ابتدا شاخه‌های جوان یکسالهٔ درخت بید جمع‌آوری و سپس پوست آنها جدا شد. پوست پس از خشک شدن، خرد و آسیاب شد. برای استخراج عصاره، ۲۰۰ گرم پوست خشک و آسیاب‌شده، به‌مدت ۲۴ ساعت در حلال (آب مقطر) قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت از کاغذ صافی عبور داده و باقی‌ماندهٔ حلال توسط دستگاه روتاری تبخیر شد؛ به این ترتیب عصارهٔ لازم به دست آمد. عصارهٔ به‌دست‌آمده برای استفاده به‌عنوان تیمار آزمایشی به نسبت ۲۰ درصد با آب مخلوط شد. برای استخراج عصارهٔ آلوئه‌ورا، ابتدا برگ‌های قدیمی از گیاه جدا شدند و پس از کندن پوست برگ، ژل خالص به دست آمد، ژل پس از خرد کردن در داخل ظرف همزن قرار داده شد و به‌صورت کامل له شد و سپس در داخل کیسهٔ پلاستیکی قرار داده شد و با فشردن

آن شیره (عصارهٔ خالص) به بیرون تراوش کرد. عصارهٔ حاصل با نسبت ۲۰ درصد با آب مخلوط و برای تیمار قلمه‌ها استفاده شد (El Sherif, 2017). تیمار هورمونی NAA به غلظت ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام شامل خیساندن انتهای قلمه به‌مدت ۱۰ ثانیه بود. آزمایش خاک قبل از کاشت قلمه‌ها از نظر شاخص‌هایی مانند pH، EC، درصد اشباع و مقدار مادهٔ آلی انجام گرفت. اسیدیتهٔ خاک (pH) با pH متر، هدایت الکتریکی (EC) با EC متر، درصد اشباع خاک به روش گل اشباع (Sp) و درصد مادهٔ آلی (OM) با استفاده از روش والکلی- بلک انجام گرفت (جدول ۱). از شاخه‌های جوان درختچه‌های بداغ موجود در باغ گیاه‌شناسی نوشهر، قلمه‌هایی با قطر تقریبی ۱۰ میلی‌متر و به طول حدود ۱۵ سانتی‌متر در هنگام عصر (حدود ساعت ۴ بعد از ظهر) تهیه شد. قلمه‌ها بلافاصله در تیمارهای آزمایشی قرار داده شدند. به این ترتیب که انتهای قلمه‌ها درون محلول‌های حاوی عصارهٔ بید شامل غلظت ۲۰ درصد و بدون عصارهٔ بید (آب) و عصارهٔ آلوئه‌ورا شامل غلظت ۲۰ درصد و بدون عصارهٔ آلوئه‌ورا (آب) و نیز آب (تیمار شاهد) به‌مدت ۱۶ ساعت (از ساعت ۴ عصر تا ۸ صبح روز بعد) قرار داده شدند. پس از تیمار قلمه‌ها با عصاره‌های بید و آلوئه‌ورا، در هنگام کاشت انتهای قلمه‌ها به محلول حاوی هورمون NAA به غلظت‌های ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام به مدت ۱۰ ثانیه آغشته شد و سپس قلمه‌ها در بستر قرار داده شدند. بسترها شامل کرتی به طول ۹ و عرض ۱/۲ متر با بافت خاک لوم شنی بود. ۷۲۰ قلمه در ردیف‌های ۱۵ سانتی‌متری و به فاصلهٔ ۵ سانتی‌متر از هم در عمق حدود ۱۰ سانتی‌متر در آذر سال ۱۴۰۳ در کرت‌های خزانه‌ای دارای بافت خاک لوم شنی کشت شدند. پس از حدود ۹ ماه رشد و نمو قلمه‌ها، یعنی شهریور ۱۴۰۴، صفات مورفولوژیکی شامل قطر شاخهٔ جدید (جوانهٔ رشدکرده)، ارتفاع شاخه (بلندترین جوانهٔ رشدکرده)، طول و عرض برگ و تعداد ریشه (ریشه به طول بیش از ۱۰ سانتی‌متر)، طول ریشه، وزنِ تر و خشک ریشه و فتوسنتز برگ (کلروفیل کل) اندازه‌گیری شد. قطر یقه با کولیس و بقیهٔ موارد با خط‌کش انازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزنِ تر و خشک ریشه، قلمه‌ها از زمین کنده شده و کاملاً شست‌وشو داده شدند و پس از خشک شدن آبِ روی ریشه‌ها، وزنِ تر اندازه‌گیری شد. قلمه‌ها پس از اندازه‌گیری وزنِ تر، در داخل آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند تا وزن خشک به دست آید (Ghazanshahi, 2006). برای اندازه‌گیری فتوسنتز از دستگاه فتوسنتزمتر استفاده شد. از دستگاه فتوسنتزمتر پرتابل مدل TES-1339P استفاده شد و رنگریزهٔ اصلی فتوسنتز یعنی کلروفیل کل اندازه‌گیری شد. در پایان، نتایج داده‌ها با نرم‌افزار آماری MSTAT-C در فایل اجرایی ۱۹ و به مدل شمارهٔ سه (CRD 3 Factor) تجزیه‌وتحلیل شد. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از مدل حداقل اختلاف معنی‌دار (آزمون LSD) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

جدول ۱- نتیجهٔ آزمایش خاک پیش از کاشت قلمه‌ها

Table 1. Soil test results before planting cuttings

علامت اختصاری نمونه Abbreviation Example	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	درصد اشباع SP (٪)	درصد مادهٔ آلی OM (٪)	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	اسیدیته pH
A	10-30	48	3.361	0.773	7.39
B	31-60	39	2.114	0.548	7.56

عمق خاک در ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر=A

عمق خاک در ۳۱ تا ۶۰ سانتی‌متر=B

نتایج

نتایج تجزیهٔ واریانس اثر عصارهٔ بید بر ریشه‌زایی قلمه‌های درختچه بداغ نشان داد که اثر تیمارهای یادشده بر شاخص‌هایی مانند طول و عرض برگ، تعداد و طول ریشه، وزنِ تر و خشک ریشه و مقدار فتوسنتز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمارها بر شاخص‌های قطر و طول شاخه اثر معنی‌داری نداشتند. اثر عصارهٔ آلوئه‌ورا بر شاخص‌هایی مانند طول برگ، تعداد و طول ریشه، وزنِ تر و خشک ریشه و فتوسنتز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل عصاره‌های بید و آلوئه‌ورا در همهٔ شاخص‌ها معنی‌دار نشد. اثر هورمون اکسین NAA در شاخص‌هایی مانند تعداد و طول ریشه، وزنِ تر و خشک ریشه و مقدار فتوسنتز در سطح ۱ درصد و در شاخص طول برگ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشت. اثر متقابل اکسین و عصارهٔ بید تنها در مقدار فتوسنتز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل عصارهٔ آلوئه‌ورا و اکسین در مقدار فتوسنتز برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل عصاره‌های بید، آلوئه‌ورا و اکسین تنها در شاخص اندازه‌گیری طول بزرگ‌ترین ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسهٔ میانگین اثرهای تیمارها نشان داد که بیشترین قطر شاخه به‌ترتیب در عصارهٔ آلوئه‌ورا و در غلظت ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA به اندازهٔ ۰/۳ و ۰/۲۹ سانتی‌متر مشاهده شد. با این‌حال، اندازهٔ قطر شاخه به غیر از آلوئه‌ورا در بقیهٔ تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. اثر تیمارها در شاخص رشدی طول شاخه، در حداقل سطح اختلاف معنی‌دار (آزمون LSD) با شاهد در یک سطح قرار داشتند. بیشترین طول برگ به‌ترتیب در عصارهٔ بید و غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA به اندازهٔ ۶/۴۶ و ۶/۱ سانتی‌متر مشاهده شد. بیشترین عرض برگ نیز در این تیمارها مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس اثر عصاره‌های بید و آلوئه‌ورا و هورمون اکسین (NAA) بر شاخص‌های رشدی در قلمه‌های بداغ

Table 2. Analysis of variance of the effects of willow and aloe vera extracts and auxin hormone (NAA) on growth indices in *Viburnum tinus* cuttings

منابع تغییرات Source of variation	درجهٔ آزادی D.f	میانگین مربعات Means of Square								
		قطر شاخه Branch diameter	ارتفاع شاخه Branch height	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	تعداد ریشه Number of roots	طول ریشه Length of the largest root	وزن تر ریشه Fresh weight of root	وزن خشک ریشه Dry weight of root	فتوسنتز Photosynthesis
بید Willow	1	0.001 ^{ns}	2.356^{ns}	20.551**	4.340**	17.361**	121.000**	45.01**	1.947**	0.711**
آلوئه‌ورا Aloe	1	0.039*	0.161^{ns}	3.004**	0.302^{ns}	17.521**	245.444**	31.21**	2.017**	0.928**
بید × آلوئه‌ورا Willow × Aloe	1	0.016 ^{ns}	0.697^{ns}	0.694 ^{ns}	0.234 ^{ns}	1.361^{ns}	2.778^{ns}	12.13^{ns}	0.378^{ns}	0.001^{ns}
NAA	2	0.007^{ns}	7.942^{ns}	2.09*	0.655^{ns}	13.028**	85.707**	36.318**	3.13*	0.336**
بید × NAA Willow × NAA	2	0.001^{ns}	2.597^{ns}	0.997^{ns}	0.305^{ns}	1.866^{ns}	2.250^{ns}	11.25^{ns}	0.158^{ns}	0.048*
آلوئه‌ورا × NAA Aloe × NAA	2	0.001^{ns}	0.615^{ns}	1.155 ^{ns}	0.033^{ns}	0.361^{ns}	11.194^{ns}	13.01^{ns}	0.171^{ns}	0.081**
بید×آلوئه‌ورا× NAA Willow × Aloe × NAA	2	0.001^{ns}	1.351^{ns}	0.629^{ns}	0.001^{ns}	0.194^{ns}	16.694**	0.356^{ns}	0.092^{ns}	0.005^{ns}
خطا Error	24	0.006	5.097	0.643	0.252	0.917	6.500	5.59	0.21	0.014
ضریب تغییرات CV (%)	-	29.05	17.86	14.05	14.91	38.73	14.85	27.14	21.78	9.2

^{ns} = معنی‌دار نبودن ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد * معنی‌دار در سطح ۵ درصد

Significant at the level of five percent = * Significant at the level of one percent = ** no significant = ns

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین اثرهای تیمارهای اصلی بر شاخص‌های رشدی در قلمه‌های بداغ

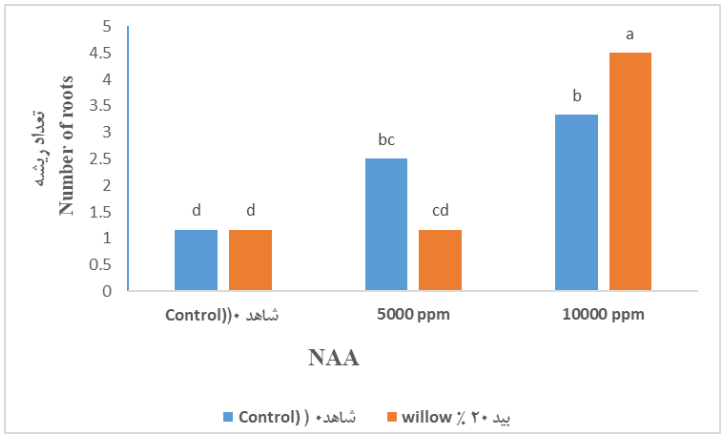
Table 3. Comparison of the average effects of treatments on growth indices in *Viburnum tinus* cuttings

تیمارها Treatments	نسبت Ratio	قطر شاخه (سانتی‌متر) Branch diameter (cm)	ارتفاع شاخه (سانتی‌متر) Branch height (cm)	طول برگ (سانتی‌متر) Leaf length (cm^2)	عرض برگ (سانتی‌متر) Leaf width (cm)	تعداد ریشه Number of roots	طول ریشه (سانتی‌متر) Length of the largest root (cm)	وزن تر ریشه (گرم) Fresh weight of root (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Dry weight of root (g)	فتوسنتز (میلی‌گرم بر وزن‌تر) Photosynthesis (mg. wet weight $^{-1}$)
عصارهٔ بید Willow extract	0(Control)	0.269 a	12.89 a	4.95 b	3.022 b	1.078 b	15.33 b	0.101 b	0.010 b	1.129 b
	20 %	0.268 a	12.38 a	6.461 a	3.717 a	3.237 a	19.08 a	0.221 a	0.020 a	1.431 a
عصارهٔ آلوئه‌ورا Aloe extract	0(Control)	0.236 b	12.71 a	5.417 b	3.278 a	1.766 b	14.56 b	0.10 b	0.011 b	1.109 b
	20 %	0.302 a	12.57 a	5.994 a	3.461 a	3.365 a	19.78 a	0.367 a	0.034 a	2.411 a
NAA	0(Control)	0.246 a	12.99 a	5.275 b	3.100 a	1.417 c	14.08 b	0.113 b	0.012 b	1.093 c
	5000 ppm	0.268 a	13.22 a	5.733 ab	3.492 a	2.50 b	18.58 a	0.242 a	0.021 a	1.161 b
	10000 ppm	0.293 a	11.71 a	6.108 a	3.517 a	3.53 a	18.83 a	0.231 a	0.021 a	1.293 a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک است از نظر آزمون چنددامنه‌ای LSD معنی‌دار نیست.

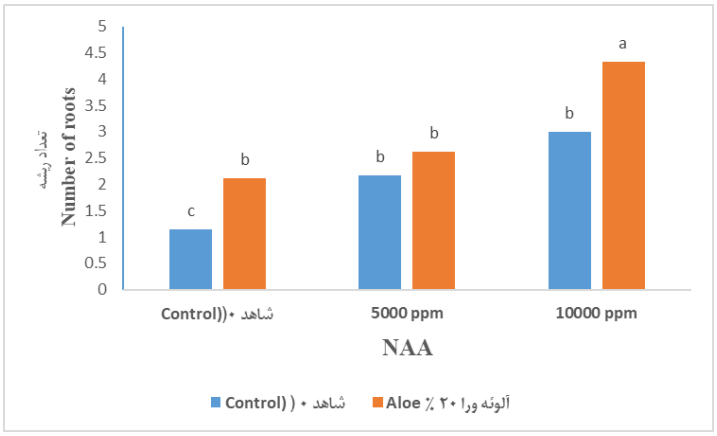
The means of common letters in each column are not significant for the LSD multi-domain test.

طولانی‌ترین ریشه در عصارهٔ آلوئه‌ورا به طول ۱۹/۷۸ سانتی‌متر و سپس در عصارهٔ بید به طول ۱۹ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۳). بیشترین تعداد ریشه (به طول بیش از ۱۰ سانتی‌متر) در غلظت ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA به مقدار ۳/۵۳ و سپس در عصارهٔ آلوئه‌ورا به اندازهٔ ۳/۳۶ مشاهده شد (شکل‌های ۵ و ۶). بیشترین وزنِ تر و خشک ریشه به‌ترتیب به مقدار ۰/۳۶۱ و ۰/۰۳۴گرم در تیمارآلوئه‌ورا مشاهده شد. بیشترین مقدار فتوسنتز برگ در عصارهٔ آلوئه‌ورا به مقدار ۲/۴۱ میلی‌گرم بر وزن تر مشاهده شد. در اغلب شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده، شاهد کمترین عملکرد را در بین تیمارها داشت. اثر متقابل عصارهٔ بید با NAA نشان داد که بیشترین تعداد ریشه (به طول بیش از ۱۰ سانتی‌متر) در غلظت ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA و ۲۰ درصد عصارهٔ بید به مقدار ۴/۵ حاصل شد (شکل ۱). همچنین اثر متقابل عصارهٔ آلوئه‌ورا و NAA نشان داد که بیشترین ریشه‌زایی در تیمار ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA همراه با ۲۰ درصد آلوئه‌ورا به تعداد ۴/۳۳ مشاهده شد (شکل ۲). اثر متقابل عصارهٔ بید و NAA نشان داد که بیشترین قطر شاخه در ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA همراه با ۲۰ درصد بید به مقدار ۰/۳۰۱ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۳). همچنین اثر متقابل عصارهٔ آلوئه‌ورا و NAA نشان داد که بیشترین قطر شاخه در ۱۰۰۰۰پی‌پی‌ام NAA همراه با ۲۰ درصد آلوئه‌ورا به مقدار ۰/۳۲۸ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۴).



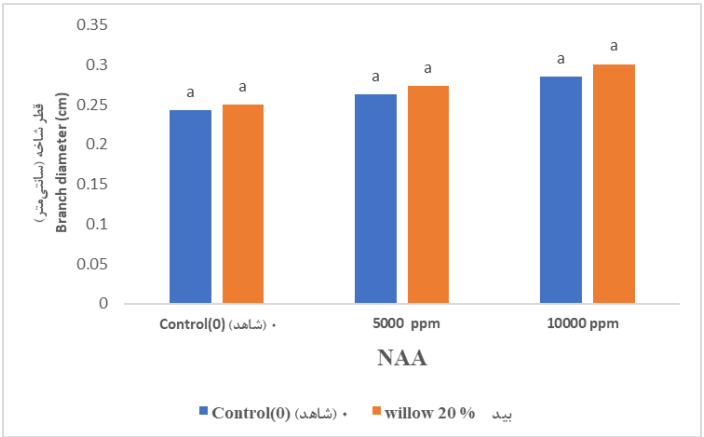
شکل ۱- اثر متقابل عصارهٔ بید و NAA در تعداد ریشه قلمه‌های بداغ (*Viburnum tinus*)

Figure 1. Interaction effect of willow extract and NAA on the number of roots of viburnum (*Viburnum tinus*) cuttings



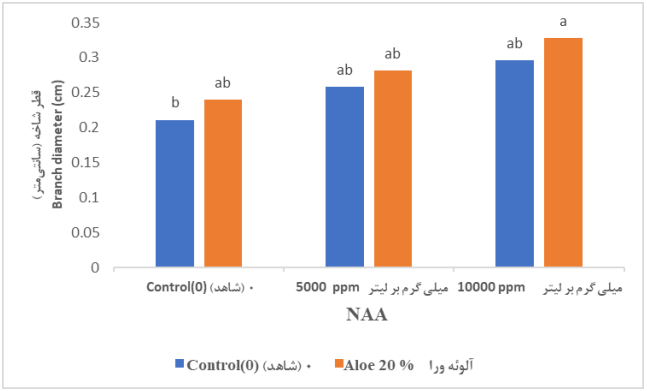
شکل ۲- اثر متقابل عصارهٔ آلوئه‌ورا و NAA در تعداد ریشه قلمه‌های بداغ (*Viburnum tinus*)

Figure 2. Interaction effect of Aloe vera extract and NAA on the number of roots of viburnum (*Viburnum tinus*) cuttings



شکل ۳- اثر متقابل عصارهٔ بید و NAA بر قطر قلمه‌های بداغ (*Viburnum tinus*)

Figure 3. Interaction effect of Willow extract and NAA on the branch diameter of viburnum (*Viburnum tinus*) cuttings



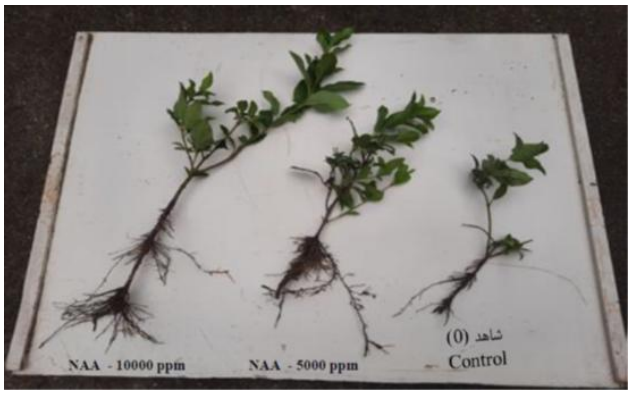
شکل ۴- اثر متقابل عصارهٔ آلوئه‌ورا و NAA بر قطر قلمه‌های بداغ (*Viburnum tinus*)

Figure 4. Interaction effect of Aloe vera extract and NAA on the branch diameter of viburnum (*Viburnum tinus*) cuttings



شکل ۵- اثر عصارهٔ بید و آلوئه‌ورا در تعداد ریشهٔ قلمه‌های بداغ (*Viburnum tinus*) تحت تأثیر عصارهٔ بید و آلوئه‌ورا

Figure 5. Effect of Willow and Aloe Vera Extracts on the Number of Roots in viburnum (*Viburnum tinus*) Cuttings



شکل ۶- اثر NAA در تعداد ریشهٔ قلمه‌های بداغ (*Viburnum tinus*) تحت تأثیر NAA

Figure 6. Effect of NAA on the number of roots in viburnum (*Viburnum tinus*) cuttings

بحث

امروزه از روش‌های مختلفی برای القای ریشه‌زایی قلمه‌های درختان چوبی استفاده می‌شود که پایه و اساس آنها تحریک ریشه‌زایی است (Ercan et al., 1999). اکسین‌ها عوامل اولیهٔ دخیل در القای ریشه‌زایی هستند، اما عوامل درون‌زا و برون‌زای دیگری نیز بر فرایند تشکیل ریشه مؤثرند. اکسین‌ها با افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها در منطقهٔ ریشه و هیدرولیز

آنزیم‌ها بر ریشه‌زایی و تحریک فعالیت مریستمی تأثیر می‌گذارند. با وجود این، قلمه‌های برخی از گونه‌های سخت ریشه‌زا با تولید اکسین نیز ریشه اندکی تولید می‌کنند (Hartmann et al., 2002). بنابراین استفاده از تحریک‌کننده‌های ریشه‌زایی در کارایی اکسین‌ها در ریشه‌دار کردن قلمه‌ها تأثیر چشمگیری دارد. نتایج به‌کارگیری عصاره‌های طبیعی و هورمون اکسین (NAA) در این آزمایش نشان داد که تیمارها از نظر شاخص‌های رشد و ریشه‌زایی اثرهای معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد مطابق با جدول ۳ داشتند. نتایج تحقیقات نشان داده که رابطه‌ای بین هورمون (مصنوعی و طبیعی)، مقدار رشد جوانه و ریشه‌زایی قلمه وجود دارد (Keeley et al., 2004). تشکیل ریشه‌های نابجا در قلمه، فرایند پیچیده‌ای بین عوامل داخلی و بیرونی است (Leakey, 2004). از مهم‌ترین عوامل داخلی می‌توان به اکسین اشاره کرد که با افزایش سرآغازه‌های ریشه، رشد و تقسیم سلولی، تأثیر مهمی بر تشکیل ریشه‌های نابجا دارد (Fogac & Fett-Neto, 2005). به‌عبارت دیگر تحریک تشکیل ریشه در قلمه شامل سه مرحلهٔ القا، آغازیدن و توسعه است (Guan et al., 2015). هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد از عوامل مهم خارجی برای تشکیل ریشه‌های نابجا در قلمه‌ها هستند. سازوکار آن چنین است که هورمون خارجی موجب تسریع تقسیم سلولی، تحریک ساخت هورمون‌های درونی (اکسین، سیتوکینین و جیبرلین)، سالیسیلیک‌اسید و تجمع کربوهیدرات می‌شود که همهٔ این واکنش‌ها موجب تشکیل ریشهٔ نابجا در قلمه می‌شود (Negishi et al., 2014). تیمار قلمه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه با ترکیب کمک‌ریشه‌زای اسیدآسکوربیک ۲ درصد و هورمون IBA با غلظت ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام به‌مدت پنج ثانیه، بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوب سخت انجیلی (*Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey.) اعمال شد و براساس نتایج، موفقیت ریشه‌زایی قلمه‌ها ۶۱/۵۴ درصد شد؛ درحالی که اثر سادهٔ IBA ۲۸/۲ درصد بود (Khaleghi & Masoumi, 2020). اثر ایندول بوتیریک‌اسید (IBA) و نفتالین استیک‌اسید (NAA) و بستر کشت همراه با دمای محیط ریشه بر ریشه‌زایی قلمه‌های سرخدار (*Taxus baccata* L.) بررسی شد. نتایج نشان داد که در غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام IBA با بستر کشت مخلوط پیت و پرلیت همراه با دمای بستر ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد بیشترین ریشه‌زایی حاصل شد (Bayraktar et al., 2018). غلظت و نوع هورمون‌های اکسینی با توجه به گونه‌های گیاهی می‌تواند متفاوت اثر کند. برای نمونه غلظت کم IBA (۲۰۰ پی‌پی‌ام) تأثیر معنی‌داری بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوب سخت زبان‌گنجشک (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) داشت (Çetin & Yavuzşefik, 2016). درحالی که در این تحقیق، بیشترین اثر بر ریشه‌زایی قلمه‌های بداغ در غلظت ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام NAA مطابق با جدول ۳ مشاهده شد. اثر سه هورمون ایندول ۳ استیک‌اسید، ایندول بوتیریک‌اسید و نفتالین استیک‌اسید در ریشه‌زایی قلمه‌های سرخدار (*Taxus baccata* L.) بررسی شد و نتایج نشان داد که بیشترین درصد ریشه‌زایی در غلظت ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام ایندول بوتیریک‌اسید مشاهده شد (Singh, 2006). اثر IBA بر ریشه‌زایی قلمه‌های ساقهٔ سرو (*Cupressus* × *leylandii* A.B.Jacks. & Dallim.) نشان داد که غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام به‌مدت پنج ثانیه بیشترین ریشه‌زایی را ایجاد کرد (Cetin, 2024). اثر ایندول بوتیریک‌اسید و نفتالین استیک‌اسید بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوب سخت سنجد (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) بررسی شد و نتایج نشان داد که غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام هر دو ماده، بیشترین ریشه‌زایی را داشت (Bayraktar et al., 2018). علت افزایش ریشه‌زایی در تیمارهای حاوی ترکیبات اکسینی، اثرهای تحریکی اکسین برای شروع تقسیم سلولی در بافت‌های ریشه است (Berthon et al., 1993). اکسین‌ها با تأثیر بر کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها با فعال‌سازی آنزیم‌های مرتبط با فرایندهای فتوسنتزی و سنتز پروتئین‌ها موجب بهبود رشد ریشه‌ها می‌شوند

(Roychoudhry & Kepinski, 2024). در این آزمایش، افزایش معنی‌دار ریشه‌زایی قلمه‌ها در عصارهٔ بید نسبت به تیمار شاهد (بدون عصاره) نشانه‌ای از خاصیت تحریک‌کنندگی عامل خارجی برای تولید ریشه است. عصارهٔ بید حاوی هورمون مشابه اکسینی مانند سالیسیلیک‌اسید است که سبب ریشه‌زایی در قلمه‌ها می‌شود (Knapke et al., 2018). اثر خیساندن انتهای قلمه‌های سیب (*Pyrus malus* L.) به‌مدت صفر، ۴، ۶ و ۸ ساعت در عصارهٔ بید (*Salix babylonica* L.) بررسی شد و نتایج نشان داد که بیشترین تعداد ریشه در تیمار ۸ ساعت خیساندن در عصاره حاصل شد (Rehman et al., 2018). اثر مثبت سالیسیلیک‌اسید بر کالوس‌زایی و در نتیجه ایجاد ریشه در قلمه‌های تبریزی (*Populus* spp.) گزارش شد (Bojarczuk & Jankiewicz, 1975). استفاده از عصارهٔ بید در آلوچهٔ جنگلی بی‌خار سبب بیشترین ریشه‌زایی (۲۰/۳ عدد) و رشد جوانهٔ رویشی (۱۳۸/۲ سانتی‌متر) شد (Karimi & Zarghani, 2023). تأثیر تیمارهای مختلف هورمونی (IAA, IBA, GA_3) و عصارهای طبیعی (آلوئه‌ورا، سیب، دارچین و عسل) بر ریشه‌زایی قلمه‌های درخت انگور نشان داد که در بین هورمون‌ها، IBA و در بین عصاره‌ها، آلوئه‌ورا بیشترین ریشه‌زایی را ایجاد کردند (Kumar et al., 2023). معنی‌دار بودن رشد قطری جوانهٔ شاخهٔ قلمه (جوانهٔ بیدار) در تیمار آلوئه‌ورا نشانی از اثر این ماده بر رشد مطابق با جدول ۳ است. هورمون‌های گیاهی فراوانی در عصارهٔ آلوئه‌ورا وجود دارد که می‌تواند موجب تحریک رشد در انواع مختلف گونه‌های گیاهی باشد (Hamouda et al., 2012). آلوئه‌ورا حاوی انواع ویتامین‌ها به‌ویژه ویتامین‌های B_1، B_6 و B_{12}، (همچنین ویتامین‌های C و E)، اسیدهای آمینه، آنتراکینون‌ها، آنزیم‌ها، مواد معدنی، لیگنین‌ها، مونوساکارید، پلی‌ساکاریدها، ساپونین‌ها، استرول‌ها و سالیسیلیک اسید است (Rosca-Casian, et al., 2007). ثابت شده که ویتامین B_1 سبب افزایش ریشه‌دهی در گیاهان می‌شود (Singh, 2011). در این آزمایش عصارهٔ آلوئه‌ورا احتمالاً به‌دلیل داشتن ویتامین B_1، سبب تحریک ریشه‌زایی بیشتر شده که شرایط مناسب بستر نیز به آن کمک کرده تا جذب عناصر غذایی و انتقال آن به اندام‌های هوایی بیشتر شود و در نتیجه، کارایی فتوسنتر و سرانجام رشد قطری جوانهٔ شاخهٔ قلمه (جوانهٔ بیدار) افزایش یابد (جدول ۳). مناسب بودن شرایط فیزیکی و شیمیایی بستر سبب بهبود جذب عناصر غذایی توسط ریشه و انتقال آن به اندام‌های هوایی می‌شود که نتیجهٔ آن افزایش رشد و بهبود عملکرد فتوسنتز گیاه می‌شود (Jaleta et al., 2019). هرچه قلمه ریشهٔ بیشتری داشته باشد، مواد غذایی بیشتری به برگ‌ها ارسال می‌شود که موجب افزایش طول و عرض آنها می‌شود. بیشتر بودن طول و عرض برگ در عصارهٔ بید و NAA ممکن است با تعداد ریشه‌های موجود در قلمه مرتبط باشد (جدول ۳). همچنین نتایج آزمایش‌های خاک‌شناسی نشان داد (جدول ۱) که قلمه‌ها از مواد آلی کافی همراه با درصد اشباع خاکی مناسبی برخوردارند که شرایط جذب مواد غذایی را فراهم کرده است. کمیت و کیفیت ریشه‌های تولیدشده ارتباط مستقیم با خصوصیت بستر دارد (Shin et al., 2022). ریشه‌زایی خوب در قلمه‌ها منوط به فراهم شدن تهویهٔ کافی همراه با ظرفیت نگهداری کافی آب، با تأکید بر زهکشی مناسب است (Hartmann & Kester, 1997). وجود مواد آلی کافی در بستر، موجب فراهم‌سازی شرایط مناسب رشد قلمه از راه افزایش جذب آب و مواد غذایی می‌شود (Rubasinghe et al., 2009). وزن تر و خشک بیشتر در تیمار عصاره‌ها و اکسینی، نشانه‌ای از ارتباط فعالیت ریشه‌ها با اندام‌های هوایی است. با افزایش ریشه‌زایی، قدرت جوانه برای رشد و در پی آن ارسال مواد غذایی فتوسنتزی به‌سمت ریشه بیشتر می‌شود که حاصل آن افزایش وزن تر و خشک ریشه است (Hartmann & Kester, 1997). برایند آزمایش‌های خاک نهالکاری نشان داد که شرایط خاک از نظر شوری (هدایت الکتریکی)، برای جذب مواد

غذایی مناسب بود (جدول ۱). این موضوع در تیمار آلوئه‌ورا به‌صورت طولانی‌ترین ریشه نشان داده شد. همچنین رشد بیشتر ریشه در این تیمار موجب شد که مقدار مواد فتوسنتزی در برگ‌ها نیز افزایش یابد. اثر هورمون IBA (۰، ۵۰۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام) و مواد کمک ریشه‌زای پروکسید هیدروژن ۳ درصد و پوترسین ۱ میلی‌مولار بر ریشه‌زایی قلمه‌های سرخدار (*Taxus baccata* L.) بررسی شد. نتایج نشان داد که تیمارهایی که بیشترین ریشه‌زایی را داشتند دارای بیشترین کلروفیل کل (۱۰/۷۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر) بودند که این تیمار مربوط به ۲۵۰۰ پی‌پی‌ام IBA و ۳ درصد پروکسید هیدروژن بود. بنابراین تعداد بیشتر ریشه احتمالاً دلیلی بر جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که سبب افزایش کلروفیل برگ شد (Karimi & Moradi, 2018).

نتیجه‌گیری

در این آزمایش، عصارهٔ آلوئه‌ورا با توجه به ارزش زیاد برخی شاخص‌های رشد در درختچهٔ بداغ به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد. پروتکل تجاری‌سازی عصارهٔ آلوئه‌ورا به‌عنوان تحریک‌کنندهٔ ریشه‌زایی و بهبود عملکرد فتوسنتز در تکثیر گیاهان چوبی وجود دارد. عصارهٔ آلوئه‌ورا در کاهش هزینه‌های مصرف هورمون‌های اکسین گران‌قیمت می‌تواند مؤثر باشد. با وجود این، می‌توان از عصارهٔ بید به‌جای اکسین مصنوعی NAA در تکثیر درختچه بداغ بهره گرفت. استفاده از عصاره‌های طبیعی در تکثیر رویشی درختان جنگلی به کاهش خطرهای زیست‌محیطی کمک می‌کند.

سپاسگزاری

از مسئولان محترم بخش‌های گیاه‌شناسی، گیاهان دارویی (آزمایش‌های عصاره‌گیری)، مرتع و بیابان (آزمایش‌های خاکشناسی) مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و رئیس محترم و همکاران باغ گیاه‌شناسی نوشهر بابت مساعدت و همکاری در اجرای این پروژه سپاسگزاری می‌شود.

References

Bayraktar, A., Yildirim, N., & Atar, F. (2018). Effects of some auxins on propagation by hardwood cutting of Autumn Olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.). *Ormancılık Araştırma Dergisi*, *5*(2), 112-116. https://doi.org/10.17568/ogmoad.401438

Berthon, J., Battraw, M., Gaspar, T., & Boyer, N. (1993). Early test using phenolic compounds and peroxidase activity to improve in vitro rooting of *Sequoiadendron giganteum*. *Saussurea*, *24*, 7-13.

Bojarczuk, T., & Jankiewicz, L.S. (1975). Influence of phenolic substances on rooting of softwood cuttings of *Populus alba* L. and *P. canescens* Sm. *Acta Agrobotanica*, *28,* 121-129.

Cetin, B. (2024). The Effect of Hormone Treatment on the Rooting of Leyland Cypress Cuttings. *Forestist*, *74*(2), 138-141. DOI:10.5152/forestist.2024.23036

Çetin, B., & Yavuzşefik, Y. (2016). Köklendirme ortamı ve hormonun dişbudak (*Fraxinus agustifolia* Vahl.) çeliklerinin köklenmesine etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, *12,* 154–164.

Damiano, C., & Monticelli, S. (1998). In vitro fruit trees rooting by agrobacterium rhizogenes wild type infection. *Electronic Journal of Biotechnology*, *1*(3). DOI:10.2225/vol1-issue3-fulltext-4

Das, P., Basak, U., & Das, A. (1997). Metabolic changes during rooting in pre-girdled stem cuttings and air-layers of Heritiera. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, *38*, 91–95.

De Silva, H. (2002). Cutting propagation of Leyland cypress (x *Cupressocyparis leylandii*), Soil, Plant and Ecological Sciences Division. *Combined proceedings international plant propagators' society, 52,* 206–210.

Eid, A.M.H., Nomier, S.A., Ibrahim, M.M., & Gad, M.M. (2018). Effect of some natural extracts, indolbutiric acid and naphthalene acetic acid on rooting of picual olive cuttings. *Zagazig Journal of Agricultural Research, Zagazig*, *45*(1), 119-136.

El Sherif, F. (2017). *Aloe vera* leaf extract as a potential growth enhancer for *populus* trees grown under in vitro conditions. *American Journal of Plant Biology*, *2*(3), 101- 105.

Ercan, A., Taskin, M., Turgut, K., & Yuce, S. (1999). *Agrobacterium rhizogenes*-mediated hairy root formation in some *Rubia tinctorum* L. populations grown in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, *23*(6), 373-377.

Fogac¸ C.M., & Fett-Neto, A.G. (2005). Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. *Plant Growth Regular, 45*(1),1–10.

Gaspar, T.H., Kevers, C., Faivre-Rampant, O., Crèvecoeur, M., Penel, C.L., Greppin, H., & Dommes, J., (2003). Changing concepts in plant hormone action. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, *39*, 85-106. https://doi.org/10.1079/IVP2002393

Ghazanshahi, J. (2006). Soil and Plant Analysis (translation). *Ayizh Publications*, Tehran, (In Persian).

Guan, L., Murphy, A.S., Peer, W.A., Gan, L., & Li, Y. (2015). Physiological and molecular regulation of adventitious root formation. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *34*, 506-521.

Hamouda, A.M.A., Hendi, D.M.G., & Abu-El-Leel, O.F.A. (2012). Improving basil growth, yield and oil production by *Aloe vera* extract and active dry yeast. *Egyptian Journal of Horticulture*, *39*, 45-71.

Hartmann, T.H., & Kester, D.E. (1997). *Plant propagation: Principles and Practices*, Sixth Edition, Prentice Hall.

Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T., & Geneve, R.L. (2002). *Plant Propagation: Principles and Practices*, Seventh Edition. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Jaleta, A., & Sulaiman, M. (2019). A review on the effect of rooting media on rooting and growth of cutting propagated grape (*Vitis vinifera* L). *World Journal of Agriculture and Soil Science*, *3*(4), 1-8. doi: 10.33552/WJASS.2019.03.000567

Jalilimarandi, R. (2003). *Plant propagation*. Urmia: Urmia University Jihad Publications, (In Persian).

Karimi, M., & Moradi, H. (2018). The effect of Cutting texture type and hormonal treatment with combination rooting cofactors on rooting of yew (*Taxus baccata* L.). *Iranian Journal of Forest, 9*(4), 541-553.

Karimi, V., & Zarghani, E. (2023). The effect of willow (*Salix alba* L.) and garlic (*Allium sativum* L.) extracts on rooting of cuttings and nematode density in some Rosaceae species of Hyrcanian forests, Iran. *Iranian journal of forest and poplar research*, *31*(3), 225-240. Doi: 10.22092/ijfpr.2023.362100.2101

Kaur, S. (2017). Evaluation of different doses of indole-3-butyric acid (IBA) on the rooting, survival and vegetative growth performance of hardwood cuttings of Flordaguard peach (*Prunus persica* L. Batch). *Journal of Applied and Natural Science*, *9*(1), 173-180. https://doi.org/10.31018/jans.v9i1.1167

Keeley, K., Preece, J.E., Taylor, B.H., & Dami, I.E. (2004) Effects of high auxin concentrations, cold storage, and cane position on improved rooting of *Vitis aestivalis* Michx. Norton cuttings. *American Journal of Enology & Viticulture*, *55,* 265–268.

Kentelky, E., Jucan, D., Cantor, M., & Szekely, V.Z. (2021). Efficacy of Different Concentrations of NAA on Selected OrnamentalWoody Shrubs Cuttings. *Horticulture*, *7*, 464. https://doi.org/10.3390/horticulturae7110464

Khaleghi , A., & Masoumi, K. (2020). Effect of Ascorbic acid or Chitosan application with Indole-3-Butyric Acid on rooting of *Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey. Cuttings. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *27*(4), 425-435. (In Persian).

Knapke, D., Readal, M., Stravinsky, D., Wells, L., & Wilson, M.J. (2018). The herb society of America's notable native herbal tree, Willow *Salix* L. species. *The Herb Society of America*, Kirtland, Ohio. USA, 2p.

Kontoh, I.H. (2016). Effect of growth regulators and soil media on the propagation of Voacanga africana stem cuttings. *Agroforestry Systems, 90*, 479–488. DOI 10.1007/s10457-015-9870-2

Kumar, N., Rajan, R.P., & Sahare, H. (2023). Effect of Synthetic and Natural Growth Hormones on Morphology of Rooting in Grape (Vitis vinifera L.) Cuttings Cultivar Punjab Macs Purple. *kepes journal*, *21*(4),130-135. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.24182547#154

Leakey, R.R.B. (2004). Physiology of vegetative reproduction. In: Burley J, Evans J, Youngquist JA (eds) Encyclopaedia of forest sciences. *Academic Press*, London.

Leakey, R.R.B. (1985). The capacity for vegetative propagation in trees. In: Cannell, M.G.R.; Jackson, J.E., (eds.) Attributes of trees as crop plants. *Abbotts Ripton*, Institute of Terrestrial Ecology, 110-133.

Mohammed, A.A., Ahmad, T.A., Noori, I.M., Aziz, R.R., & Ahmad, F.K. (2020). Application of baking yeast to induce rooting in hardwood cuttings of olive (*Olea europaea* L.) cv. Sorani. *Euphrates Journal of Agriculture Science*, *12*(2), 274-280.

Negishi, N., Nakahama, K., Urata, N., Kojima, M., Sakakibara, H., & Kawaoka A. (2014). Hormone level analysis on adventitious root formation in *Eucalyptus* globulus. *New Forest, 45*, 577-587.

Papadakis, A.K., & Roubelakis-Angelakis, K.A. (2002). Oxidative stress could be responsible for the recalcitrance of plant protoplasts. *Plant physiology biochemistry*, *40,* 549-559.

Rajan, R.P., & Singh, G.A. (2021). A review on the use of organic rooting substances for propagation of horticulture crops. *Plant Archives*, *21*, 685-692.

Rehman, A., Khan, M.S., Zakaria, S.A., Malik, A.A., & Shahid, M. (2018). To study the effect of willow extract on apple cuttings for different time duration. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, *8*(13), 21-24.

Rosca-Casian, O., Parvu, M., Vlase, L., & Tamas, M. (2007). Antifungal activity of *Aloe vera* leaves. *Fitoteropia*, *78*(3), 219-222.

Roychoudhry, S., & Kepinski, S. (2024). Auxin in root development. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 14*(4), a039933. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a039933

Rubasinghe, M.K., Amarasinghe, K.G.K.D., Krishnarajha, S.A., Gardens, R.B., & Lanka, S. (2009). Effect of rooting media, naphthalene acetic acid and gibberellic acid (GA3) on growth performances of Chiritamoonii. *Ceylon Journal of Science* (*Biological Sciences*), 38(1), 17-22.

Sezgina, M., & Kahya, M. (2018). Phytohormones. *Journal of Science and Technology, 8*(1), 35-39.

Shin, J.W., Yoon, H.W., Hong, Y.S., Ahn, C.H., Kim, Y.R., Kim, J.M., Yun, S.M., & Nam, J. I. (2022). Effects of Bed Soils and Plant Growth Regulators on Root Growth of *Hibiscus syriacus* L. *Journal of People, Plants, and Environment*, *25*(6), 617-625. doi:10.11628/ksppe.2022.25.6.617

Singh, S. (2011). Clonal plantations of teak for enhanced productivity. *Proceedings of International Forestry Conference on Planted Teak Forests-a Globally Emerging Forest Resource*, 31st October-5th November, San Jose and Guanacaste, Costa Rica.

Singh, S.P. (2006). Effect of phyto-hormones on propagation of Himalayan Yew (*Taxus baccata* L.) through stem cutting, *Bulletin of Arunachal Forest Research*, *22*, 1-2.

Suthar, S. (2010). Evidence of plant hormone like substances in vermiwash: An ecologically safe option of synthetic chemicals for sustainable farming. *Ecological Engineering*, *36*(8), 1089-1092. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.04.027

Yussuf, A.S., Amos, S., Mahamood, J., Kareem , I., & Kumar, N. (2020). Influence of cutting type and artificial hormone on the rootability of mango (*Mangifera indica* L.) in southern Guinea savanna, Nigeria. *Nigerian Journal of Horticultural Science*, *25*, 170-177.

Zhang, W., Fan J., Tan Q., Zhao M., & Zhou, T. (2017). The effects of exogenous hormones on rooting process and the activities of key enzymes of *Malus hupehensis* stem cuttings. *Plos one*, *12*(2), 1-13. DOI:10.1371/journal.pone.0172320

Iranian Journal of Forest
Vol. 18, No. 2, Summer 2026
pp. 289-303
Research Article

DOI: 10.22034/ijf.2026.565040.2095
CC BY 4.0

The effect of natural extracts of willow and aloe vera and the growth hormone auxin on the propagation of viburnum (*Viburnum tinus* L.) cuttings

V. Karimi*

Assistant Prof., Botanical Garden of Nowshahr, Botany Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Nowshahr, Iran.

(Received: 13 December 2025; Accepted: 28 February 2026)

Abstract

Introduction: Botanical gardens harbor a wide variety of plant species, many of which eventually reach advanced stages of maturity. Propagation programs play an important role in conserving and regenerating these species. Many of the trees and shrubs in Nowshahr Botanical Garden are forest species. However, the viburnum shrub (Viburnum tinus L.) is valued as both a forest and an ornamental shrub.. Cuttings are one of the main methods of propagating this plant, which can produce a plant similar to the mother plant in a short time. Today, various auxin hormones are used to facilitate the propagation process by cuttings, which are expensive and at the same time harmful to environmental health. The use of natural materials that are harmless to humans and the environment represents a promising alternative to synthetic rooting hormones. This research was conducted in order to revive the species, considering some environmental aspects for vegetative propagation of Viburnum tinus L.

Material and Methods: This study was conducted on Viburnum tinus L. cuttings at Nowshahr Botanical Garden, Iran, from late autumn 2024 to late summer 2025 (1403–1404 in the Iranian calendar). The treatments consisted of willow (Salix alba) extract at two concentrations (0% [control] and 20%), Aloe vera extract at two concentrations (0% [control] and 20%), and the synthetic auxin naphthaleneacetic acid (NAA) at three concentrations (0 [control], 5,000, and 10,000 ppm). To extract willow, young, one-year-old branches of the willow tree were used. To extract aloe vera extract, pure gel from old leaves was used. The synthetic auxin hormone naphthalene acetic acid (NAA) was among the purchased materials. Soil testing was performed before planting the cuttings. Cuttings approximately 15 cm in length and 10 mm in diameter were prepared from young branches, and 10 cuttings were selected for each treatment. The cuttings were immediately subjected to the respective experimental treatments. After the cuttings grew and developed, the morphological traits measured included the diameter of the new branch, the height of the tallest bud grown, leaf length and width, root length, root fresh and dry weights and leaf photosynthetic rate.

Results: The results of this study indicated that treatments involving natural extracts and the synthetic auxin naphthalene acetic acid (NAA) significantly affected growth and rooting parameters compared with the control. The largest branch diameters were recorded in Aloe vera extract and at a concentration of 10,000 ppm NAA, measuring 0.3 and 0.29 cm, respectively. The greatest leaf lengths were observed in the willow extract and 5000 ppm NAA concentration, measuring 6.46 and 6.1 cm, respectively. Similarly, the greatest leaf width was recorded in these treatments. The longest root was recorded in Aloe vera extract with a concentration of 20%, with a length of 19.78 cm, followed by willow extract with a mean root length of 19 cm. The highest number of roots was recorded at a concentration of 10,000 ppm NAA at 3.53, followed by 3.36 in Aloe vera extract. The highest fresh and dry root weights were observed in *Aloe Vera* extract with a concentration of 20%, 0.361 and 0.034 grams, respectively. The highest amount of leaf photosynthesis was observed in Aloe vera extract at 2.41 mg/wt. In most of the measured indicators, the control had the lowest performance among the treatments.

Conclusion: In this experiment, Aloe Vera extract with a concentration of 20% in viburnum was selected as the superior treatment due to the high value of some growth indicators such as branch diameter, leaf photosynthesis rate, and root length. However, willow extract also has the ability to replace the synthetic auxin NAA in the propagation of the viburnum shrub.

Keywords: Aloe, extract, Naphthalene acetic acid (NAA), Vegetative propagation, Viburnum, Willow.

Corresponding author Tel: +989128025285 Email: v.karimi@rifr-ac.ir