



تأثیر هورمون IBA و بستر کاشت بر ریشه‌زایی قلمه‌های شیرخشت (*Cotoneaster kotschy* (C.K.Schneid.) G.Klotz)

داود کر تولی‌نژاد^{۱*}

^۱ دانشیار گروه جنگلداری مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۹)

چکیده

مقدمه: شیرخشت‌ها گونه‌های درختچه‌ای خزان‌کننده خانواده Rosaceae هستند که پراکنش آنها تنها در نیمکره شمالی و بیشتر در استپ‌ها و مراتع مناطق معتدله اوراسیا است. درختچه شیرخشت گونه *Cotoneaster kotschy* (C.K.Schneid.) G.Klotz به دلیل سیستم ریشه‌ای گسترده و داشتن برگ‌های ریز پوشیده از کرک‌های فراوان و انبوه، گونه‌ای مقاوم به خشکی است که در اغلب دامنه‌های خشک و نیمه‌خشک اکوسیستم‌های البرز جنوبی به عنوان درختچه‌ای پیشاهنگ در مراتع پایین‌دست جوامع ارس ظاهر می‌شوند. تکثیر سنتی اغلب گونه‌های جنس شیرخشت به دلیل داشتن خواب مضاعف بذر (فیزیکی و فیزیولوژیکی) و مقدار کم ریشه‌دهی در قلمه، با مشکلاتی همراه است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، از شاخه‌های دوساله شیرخشت *C. kotschy* در ارتفاعات جنگل‌های روستای کردمیر، قلمه تهیه شده و در شرایط گلخانه‌ای با دما و رژیم رطوبتی یکسان کاشته شد. چهار سطح مختلف از تیمارهای هورمونی IBA (۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام) به همراه هفت تیمار مختلف بستر کاشت (ماسه، پرلیت، خاکبرگ+پرلیت، ورمی کمپوست+پرلیت، ماسه+پرلیت، ورمی کمپوست+ماسه+پرلیت و خاک منطقه) برای بررسی ریشه‌زایی قلمه گونه شیرخشت مزبور اعمال شد. شایان ذکر است که همه نسبت‌های ترکیبی بستر کاشت مساوی بودند. در این بررسی از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور هورمون محرک ریشه‌زایی و بستر کاشت در چهار تکرار استفاده شد. قلمه‌هایی چوبی از شاخه‌های دوساله به طول تقریبی ۲۵ سانتی‌متر از درختچه‌های بالغ و سالم تهیه شدند. قلمه‌ها پس از ضدعفونی با محلول قارچ‌کش بنومیل ۲ درصد در غلظت‌های مختلف هورمون تیمار شدند و در بسترهای کشت قرار گرفتند.

یافته‌ها: در این تحقیق غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون ایندول ۳-بوتیریک‌اسید، بیشترین رویش ارتفاعی قلمه (۶/۷ سانتی‌متر)، طول ریشه (۱۷/۲ سانتی‌متر)، تعداد ریشه فرعی (۲۷) و زنده‌مانی قلمه‌ها (۷۲ درصد) را ایجاد کرد. غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون بیشترین قلمه‌های ریشه‌دار شده (۷۶/۷ درصد) را ایجاد کرد و در برخی از متغیرهای یادشده، اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار غلظت هورمون ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام نداشت. بهترین تیمار بستر کاشت در تحقیق حاضر تیمار تلفیقی ورمی کمپوست+ماسه+پرلیت (۱:۱:۱) بود که بیشترین میانگین رویش ارتفاعی قلمه (۶/۱۱ سانتی‌متر)، طول بلندترین ریشه (۱۵/۵ سانتی‌متر)، تعداد ریشه فرعی (۲۴/۸)، قلمه‌های ریشه‌دار شده (۶۳/۳ درصد) و زنده‌مانی قلمه‌ها (۸۸/۳ درصد) را ایجاد کرد. از نظر تیمارهای نام‌برده، سطوح مختلف تیمار هورمون ریشه‌زایی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، اما همگی اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان دادند. تیمار بستر کاشت ورمی کمپوست+پرلیت (۱:۱) نیز از نظر بیشتر متغیرهای آزمون شده در جایگاه بعدی قرار داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج پژوهش حاضر، غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون ایندول ۳-بوتیریک‌اسید در ترکیب با بستر کاشت ورمی کمپوست+ماسه+پرلیت (۱:۱:۱) بیشترین تأثیر را در متغیرهای ریشه‌زایی، رویش و زنده‌مانی قلمه‌ها داشتند. بنابراین استفاده از این تیمارها برای تکثیر درختچه‌های شیرخشت ایران که اغلب گونه‌های کم‌نیاز و مقاوم به خشکی هستند، برای احیای رویشگاه‌های کوهستانی و کاشت در فضای سبز توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ایندول ۳-بوتیریک‌اسید، ریشه‌های فرعی، شیرخشت، ورمی کمپوست، هورمون‌های اکسینی.

مقدمه

ضدخارش و ضدتحریک در مراقبت از پوست، درمان درماتیت، بریدگی و زخم، عفونت‌ها، بیماری‌های عروقی، برونشیت، ورم معده، بیماری‌های گوارشی، دیابت، تب و سرفه و همچنین رفع اختلال عملکرد صفراوی و قاعدگی نامنظم است. گونه‌های شیرخشت همانند جنس خویشاوند خود یعنی *Pyracantha M. Roem.* دارای منابع ارزشمند شهد هستند که برای زنبورهای عسل به‌خصوص در زمانی که بقیه گونه‌های گیاهی در عرصه بدون گل هستند اهمیت دارد. میوه‌های قرمز شیرخشت نیز برای پرندگانمانند باسترک یا توکا (Thrushes) جذاب است (Khoshdel & Kheiri, 2011; Popoviciu et al., 2020; Krzemińska et al., 2022).

شیرخشت اغلب اگرروفیت، الیگوتروف (از نظر غذایی کم‌نیاز) و آفتاب‌دوست است و به‌طور معمول در جنگل‌های تنک در میان بوته‌ها، در دامنه‌های خشک و سنگلاخی یافت می‌شود (Kirillov et al., 2023). کرک‌های فراوان در رو و پشت برگ (و حتی شاخه‌ها و میوه)، تبخیر و تعرق را کاهش می‌دهد که سبب افزایش مقاومت این گیاه در برابر شرایط خشک می‌شود. گونه‌های شیرخشت دوره زیست طولانی دارند و به‌دلیل داشتن سیستم ریشه‌ای گسترده اغلب در برابر خاک‌های ضعیف، خشکی و سرما مقاوم‌اند و بنابراین گونه‌هایی پیشاهنگ به شمار می‌روند که در اغلب رویشگاه‌های خشک و نیمه‌خشک مشاهده می‌شوند (Les et al., 2017; Huang et al., 2024). به‌طوری‌که زیستگاه *C. nummularioides* Pojark. در جنگل‌های با تاج‌پوشش باز، زیستگاه *C. hissaricus* Pojark. در جنگل‌های استپی و زیستگاه *C. ovatus* Pojark. در بوته‌زارها و خارستان‌هاست. گونه‌های خوابیده اغلب، گونه‌های منطقه آلپاین محسوب و در ارتفاعات بالا یافت می‌شوند؛ برای مثال *C. integrifolius* (Roxb.) G. Klotz در ارتفاع ۴۰۰۰-۳۰۰۰ متر از سطح دریا در هیمالیا می‌روید، در حالی که گونه‌های بزرگ‌تر در خارستان‌ها و درختزارهای کم‌ارتفاع می‌رویند. گونه‌های خیلی کمی مانند *C.*

جنس *Cotoneaster Medik.* از نظر تاکسونومیک در خانواده Rosaceae طبقه‌بندی شده است. تعداد دقیق گونه‌های آن در منابع مختلف، متفاوت بوده و رده‌بندی آن بسیار مبهم و نامشخص است؛ به‌طوری‌که براساس ویژگی‌های مورفولوژیکی تشخیصی و فرایندهای تکاملی پیچیده، درباره طبقه‌بندی جنس شیرخشت در ۱۳۰ سال گذشته بسیار بحث شده است (Yang et al., 2022). مشکلات و اختلاف نظرهای بسیار زیادی درباره گونه‌های این جنس وجود دارد و تعداد گونه‌های این جنس در جهان را از ۵۰ تا بیش از ۵۰۰ گونه در منابع مختلف ذکر می‌کنند (Les et al., 2017; Kicel et al., 2018; Kšičan et al., 2020; WFO plant list تاکنون ۱۳۵۶ تاکسون تحت این جنس معرفی شده‌اند که ۲۷۰ گونه توسط نهادهای گیاه‌شناسی جهان تأیید شده است (WFO, 2025). علت تنوع زیاد در این جنس را وقوع زیاد هیبریدها و بکرزایی ذکر کرده‌اند؛ گونه‌های این جنس بومی قلمرو پالئارکتیک (مناطق معتدله بر قدیم در نیمکره شمالی شامل آسیا، اروپا و شمال آفریقا) به‌جز ژاپن است. مرکز تنوع زیستی این جنس در هیمالیا و مناطق کوهستانی جنوب غرب چین (دو استان یونان و سیچوان) است که در حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد تعداد کل گونه‌های این جنس را در خود جای داده است (Kicel, 2020).

نام علمی شیرخشت از دو واژه *Cotoneum* به‌معنای «میوه به» و *aster* به معنای «مشابه» گرفته شده است. علت این نامگذاری، شباهت برگ این درختچه‌ها به برگ درخت به است (Ravanbakhsh et al., 2018). از شیرابه و ترشحات آن به‌دلیل پاسخ فیزیولوژیک گیاه به فعالیت سوسک (*Scolytus rugolus* Müller) فرآورده‌هایی به همین نام روی شاخه‌های نورسته ایجاد می‌شود که از دیرباز در ایران برای درمان زردی نوزادان استفاده می‌شد (Rameshk et al., 2023). کاربردهای دارویی شناخته‌شده از شیرخشت شامل تولید خمیرهای

البرز میانی تا حدود ۲۶۰۰ متر پراکنش دارد (Ravanbakhsh et al., 2018; Sabeti, 2008). در سال‌های اخیر مشکلات چرای دام در اکثر مناطق پراکنش این گونه، استقرار زادآوری آن را با تهدیدهای جدی روبه‌رو کرده است. بیشتر جوامع طبیعی درختی و درختچه‌ای موجود در ایران متأسفانه به دلیل چرای دام، کوبیدگی خاک، فرسایش و بهره‌برداری‌های غیرمجاز انسانی قابلیت تکثیر به‌صورت جنسی و زادآوری طبیعی خود را تا حد زیادی از دست داده‌اند و با ادامه این روند، بسیاری از این جنگل‌ها و مراتع به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک نابود خواهند شد (Ravanbakhsh et al., 2018; Kartoolinejad et al., 2025).

با تکثیر غیرجنسی گیاهان از طریق قلمه می‌توان از پایه‌های مادری دارای صفات برتر، تعداد زیادی قلمه گرفت و پس از ریشه‌دار کردن، تعداد زیادی گیاه جدید با خواص ژنتیکی مشابه پایه مادری تولید کرد؛ ضمن اینکه بوته‌های حاصل از قلمه چون از قسمت‌های بالغ پایه مادری گرفته می‌شوند، زودتر به بلوغ، گلدهی و میوه‌دهی می‌رسند (Ersoy et al., 2016). تکثیر گونه‌های جنس شیرخشت به‌طور معمول به دلیل داشتن خواب مضاعف بذر (فیزیکی و فیزیولوژیکی) و مقدار کم ریشه‌دهی قلمه با مشکلاتی همراه است (Toma et al., 2014; Bujarska- Borkowska & Szuszk, 2019; Li et al., 2022).

در زمینه تکثیر غیرجنسی گونه‌های شیرخشت، پژوهش‌های متعددی در نقاط مختلف جهان انجام گرفته است. در پژوهش (Celik et al., 2018) درباره ریشه‌دهی و کیفیت ریشه قلمه‌های *C. horizontalis* Decne.، غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون IBA بیشترین تأثیر را در ریشه‌زایی قلمه‌های کوچک پربرگ داشت. در پژوهش دیگری در چین توسط (Lai et al., 2008) بر روی گونه *C. Hjelmqvistii* Flinck & B.Hylmö، پرلیت مناسب‌ترین بستر کاشت قلمه‌های شیرخشت از

frigidus Wall. ex Lindl. نیز به ارتفاع ۱۵ (و حتی ۲۰ متر) قطر ۷۵ سانتی‌متر می‌رسند (Raei Niaki et al., 2009; Bukhari et al., 2019; Kicel, 2020; Li et al., 2023). بیشتر گونه‌های شیرخشت برای جنگلکاری دامنه‌های سنگی و ایجاد جنگل‌های دست‌کاشت حفاظتی مناسب‌اند.

در ایران گونه‌های بومی شیرخشت به‌طور معمول در مناطق خشک کوهستانی و نقاط استپی و همچنین در مناطق مرتفع و خشک جنگل‌های شمالی و جنوبی رشته‌کوه البرز پراکنش دارند و تا بخش‌های فوقانی این جنگل‌ها نیز مشاهده می‌شوند. بیشتر این گونه‌ها درختچه‌ای هستند و اغلب پراکنش گونه‌های این جنس در ارتفاعات البرز، ارسباران، هزارمسجد خراسان، زاگرس، کرمان و فارس است (Sabeti, 2008). ثابتی برای این جنس در ایران ۱۲ گونه ذکر کرده است؛ در حالی که (Mozaffarian, 2003) ۲۹ گونه از این جنس را برشمرده است. در حدود ۱۹ گونه از آنها در بیشتر مناطق ایران حضور دارند که البته اصلی‌ترین محدوده پراکنش آنها در کوه‌های البرز، ارتفاعات شمال غرب ایران (استان آذربایجان) و زاگرس است. در فلور ایرانیکا نیز به وجود ۱۴ گونه شیرخشت اشاره شده است و براساس فلور ایران ۱۹ گونه از این جنس در نقاط مختلف ایران پراکنش دارند (Niaki et al., 2019).

در این میان سه گونه (*C. assadii* Khat., *C. esfandiarrii* Khat. و *C. persicus* Pojark.) اندمیک ایران هستند (Raei Niaki et al., 2009). جوامع شیرخشت در بیشتر مناطق پراکنش جنگل‌های ارس و در مناطق پایین‌دست آن مشاهده می‌شود. به‌عبارتی جوامع شیرخشت تنها در ارتفاع کمی بالاتر از جوامع بادام‌های وحشی دیده می‌شود. این موضوع نشان‌دهنده مقاومت زیاد این گونه در برابر شرایط خشک است؛ در حالی که گونه ارس هنوز قابلیت حضور و استقرار در این شرایط را ندارد.

گونه بررسی‌شده در این تحقیق (*Cotoneaster*)

ایران در دسترس است و اطلاعات پژوهشی منتشر شده اغلب به خواص دارویی این گیاه مربوط می‌شود (Khoshdel & Kheiri, 2011; Boskabadi et al., 2019). بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف یافتن بهترین سطح تیمار هورمون اکسینی IBA و نوع بستر کاشت برای تکثیر غیرجنسی (از طریق قلمه) گونه شیرخشت انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

منطقه نمونه برداری و تهیه قلمه

در اواخر بهمن ماه از جنگل‌ها و مراتع دامنه‌های جنوبی ارتفاعات روستای کردمیر (از توابع بخش چهاردانگه شهرستان ساری) واقع در جاده کیاسر (سمنان-ساری)، قلمه‌های چوبی از شاخه‌های دوساله شیرخشت گونه *C. kotschyi* تهیه گردید. مختصات منطقه نمونه برداری، طول جغرافیایی "۱۰/۷' ۱۴' ۳۶° شمالی و عرض جغرافیایی "۱۷/۶' ۴۳' ۵۳° شرقی بود. قلمه‌ها به طول ۲۵ سانتی‌متر از پایه‌های مادری دارای صفات برجسته مورفولوژیکی تهیه شد. قلمه‌گیری تنها از پایه‌های مادری بالغ، کاملاً سالم و فاقد هر گونه بیماری و آثار خشکیدگی و سرچرشدگی انجام گرفت. شکل ۱ بخشی از یک توده طبیعی شیرخشت در منطقه مورد مطالعه که از آن قلمه تهیه شده است را نشان می‌دهد.

قلمه‌ها پس از تهیه در داخل کیسه‌های مرطوب قرار گرفتند و بلافاصله به گلخانه منتقل شدند. در آنجا تیمارهای هورمونی پیش از کاشت روی قلمه‌ها اعمال شدند و سپس قلمه‌ها در داخل گلدان‌های حاوی بسترهای کاشت مختلف و از پیش تهیه شده کاشته شدند.

نظر زنده‌مانی تشخیص داده شد و نرخ زنده‌مانی و کیفیت شاخه‌دوانی قلمه‌ها هنگام استفاده از هورمون‌های گیاهی IBA و NAA نیز بهتر بود. حداکثر نرخ زنده‌مانی در تیمارهای ترکیبی پرلیت+NAA+قلمه بخش فوقانی شاخه‌های شیرخشت بود. ریشه‌زایی قلمه‌های شاخه‌های نرم و غیرچوبی گونه *C. horizontalis* در ترکیه توسط Ersoy et al. (2016) بررسی شد. پس از ۴۷ روز بیشترین تعداد ریشه از غلظت ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام و بلندترین ریشه در تیمار ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون IBA به دست آمد. در پژوهش Pošta و Bernardis (2018) پس از ۱۳۰ روز روی نهال *C. dammeri* C.K.Schneid. قوی‌ترین نهال‌ها بستر متشکل از ۳۰ درصد کود دامی، ۲۰ درصد پیت و ۵۰ درصد ماسه به دست آمد. (He et al. (2009) بهترین تیمار بستر کاشت برای قلمه‌های *C. horizontalis* را ترکیب ماسه و خاکبرگ گزارش کردند. در پژوهش Lai et al. (2008) روی گونه *C. Hjelmqvistii*، پرلیت مناسب‌ترین بستر برای قلمه‌های شیرخشت از نظر زنده‌مانی تشخیص داده شد. کیفیت شاخه‌دوانی قلمه‌ها هنگام استفاده از هورمون‌های IBA و NAA و حداکثر نرخ زنده‌مانی در تیمارهای ترکیبی پرلیت+NAA+قلمه بخش فوقانی شاخه‌ها مشاهده شد.

به‌طور کلی، قلمه‌های گونه‌های مختلف نیازهای متفاوتی در پاسخ به انواع تیمار ریشه‌زایی دارند. به همین دلیل چنین پژوهش‌هایی روی گونه‌های مختلف ضرورت دارد؛ بنابراین استفاده از تیمارهای مختلف قلمه (با وجود مقدار کم ریشه‌دهی آن) و انتخاب بستر مناسب برای ریشه‌زایی، گام مهمی در تکثیر غیرجنسی و حفاظت ژنتیکی این گونه‌های درختچه‌ای ارزشمند است. با وجود پتانسیل زیاد شیرخشت در تحمل شرایط خشک، متأسفانه اطلاعات ناچیزی درباره جنبه‌های اکولوژیک و تکثیر آن در



شکل ۱- توده طبیعی شیرخشت نمونه‌برداری شده برای تهیه قلمه‌ها
Figure 1. Natural stand of *Cotoneaster kotschyi* sampled for cutting preparation

شیوه اجرای پژوهش

تیمار قلمه‌ها و کاشت در بسترهای خاک در گلخانه

در تحقیق حاضر سه سطح مختلف از تیمار هورمونی IBA یعنی ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام در بهمن‌ماه روی قلمه‌ها اعمال شد. برای تهیه غلظت‌های مختلف محلول IBA در این تحقیق از IBA آزمایشگاهی شرکت مرک آلمان استفاده شد. به دلیل نامحلول بودن IBA در آب، ابتدا پودر IBA با مقدار لازم از هر غلظت ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام در ۵۰ میلی‌لیتر اتیل الکل ۷۵ درصد حل شد و سپس این محلول با آب رقیق شد و به حجم رسید تا غلظت‌های تحت آزمایش هورمون IBA به دست آید. برای اعمال این تیمارها، انتهای قلمه‌ها به‌طور دسته‌ای به مدت ۳۰ ثانیه در ظرف حاوی هر یک از تیمارها فرو برده شد و سپس هر سه قلمه به‌طور جداگانه در قسمت وسط گلدان‌های نایلونی ۱۸×۲۸ سانتی‌متری حاوی بسترهای کاشت مختلف کاشته

شدند. قلمه‌های تیمار شده با سه تکرار در بسترهای مختلف کاشت درون گلدان قرار گرفتند. تیمارهای بستر کاشت برای بررسی ریشه‌زایی قلمه شیرخشت عبارت بودند از ماسه (S)، خاکبرگ+پرلیت (HP)، پرلیت (P)، ورمی کمپوست+پرلیت (VP)، ماسه+پرلیت (SP)، ترکیب ورمی کمپوست+ماسه+پرلیت (VSP) و خاک منطقه به‌عنوان تیمار شاهد (C). شایان ذکر است که تیمارهای ترکیبی بستر کاشت به نسبت مساوی اعمال شد. برای استریل کردن و جلوگیری از آلودگی قارچی و بیولوژیکی تیمارهای بستر کاشت قبل از کاشت قلمه‌ها، همگی در دمای ۱۲۵ درجه به مدت یک ساعت اتوکلاو شدند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه که به‌عنوان تیمار شاهد آزمایش شد در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۲ خصوصیات آنالیز شیمیایی ورمی کمپوست استفاده شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه به‌عنوان تیمار شاهد

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil in the study area used as the control treatment

رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	ماده آلی Organic matter (%)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	ازت کل Total N (%)	آهک Lime (%)	هدایت الکتریکی EC (ds.m ⁻¹)	اسیدیته pH
10	37	53	0.325	49.13	2.012	0.02	9.17	1.172	7.1

جدول ۲- آنالیز شیمیایی ورمی‌کمپوست استفاده‌شده در تحقیق حاضر

Table 2. Chemical analysis of the vermicompost used in the present research

آهن Fe(mg.kg ⁻¹)	منگنز Mg(mg.kg ⁻¹)	مس Cu(mg.kg ⁻¹)	روی Zn(mg.kg ⁻¹)	کلسیم Ca(mg.kg ⁻¹)	نیترژن N(%)	پتاسیم K(mg.kg ⁻¹)	فسفر P(mg.kg ⁻¹)	ماده آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی EC(ds.m ⁻¹)	اسیدیته pH
9650	425	37	122	4500	1.72	1650	5750	22.6	9.7	7.5

گرفت. سپس نمودارها به‌وسیله نرم‌افزار اکسل ترسیم شدند.

نتایج

تأثیر غلظت‌های مختلف هورمون IBA و بستر کاشت قلمه بر صفات رویشی قلمه‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف هورمون ایندول بوتیریک‌اسید بر درصد ریشه‌زایی، رویش ارتفاعی، رویش قطری، طول ریشه و درصد زنده‌مانی نهال‌های شیرخشت در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است. نتایج تجزیه واریانس چهار متغیر بررسی‌شده در جدول ۳ ذکر شده است. همچنین نتایج آنالیز واریانس داده‌های مربوط به اثر بسترهای مختلف کاشت قلمه بر درصد ریشه‌زایی، رویش ارتفاعی، رویش قطری، طول ریشه و درصد زنده‌مانی قلمه‌های شیرخشت نیز نشان داد که متغیرهای تحت بررسی در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دارند.

با توجه به آزمون توکی مشخص شد که تیمار شاهد با کمترین درصد قلمه‌های ریشه‌دارشده تفاوت معنی‌داری با تیمارهای هورمونی دارد. بیشترین درصد قلمه‌های ریشه‌دارشده متعلق به غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام است. غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام بر لیتر نیز در برخی از متغیرهای اندازه‌گیری‌شده، تفاوت معنی‌داری با غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام دارند، اما همه تیمارهای هورمونی، در درصد قلمه‌های ریشه‌دار تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون هورمون دارند. از نظر طول ریشه و رویش ارتفاعی نیز غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام وضعیت مطلوب‌تری نسبت به بقیه تیمارها دارد که البته دو تیمار هورمونی دیگر نیز با تیمار شاهد اختلاف

نهال‌های تولیدشده به‌مدت حدود ۶ ماه در گلخانه نگهداری و هر دو تا چهار روز یک‌بار (بسته به دمای هوا) با حدود نیم لیتر آبیاری شدند. قلمه‌ها در نهایت در اواسط شهریور و با رسیدن به شرایط مطلوب رویشی و جوانه‌زنی اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شدند. همه نهال‌های ریشه‌دارشده، از گلدان‌ها خارج شدند و زیست‌سنجی انجام گرفت. پس از اندازه‌گیری‌ها، با استفاده از آنالیزهای آماری، نتایج آزمون، تفسیر و بحث شد. در کل برای این تحقیق، هفت تیمار بستر کاشت و سه تیمار هورمونی ایندول ۳-بوتیریک‌اسید (IBA) در چهار تکرار و در هر تکرار سه قلمه استفاده شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های رویشی قلمه‌ها

پس از ریشه‌زایی، صفاتی مانند رویش ارتفاعی قلمه، رویش قطری قلمه، طول بلندترین ریشه، تعداد ریشه‌های فرعی در هر قلمه، درصد قلمه‌های ریشه‌دارشده و درصد زنده‌مانی نهال‌ها ارزیابی شد. با خارج کردن جداگانه هر تکرار و شمارش تعداد قلمه‌های ریشه‌دار، درصد قلمه‌های ریشه‌دارشده مشخص شد. رویش ارتفاعی ساقه و نیز رویش قطری یقه به‌ترتیب حاصل اختلاف ارتفاع و قطر قلمه‌ها قبل و بعد از آزمایش بوده است. طول ریشه‌ها به‌وسیله خط‌کش و قطر آنها با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد.

روش تحلیل

پس از اندازه‌گیری نهایی رویش قلمه‌ها، نتایج در قالب آزمایش فاکتوریل و در یک طرح کاملاً تصادفی آنالیز شد. پس از استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه (Two-Way Anova)، مقایسه میانگین چندگانه نیز با استفاده از آزمون Tukey's HSD انجام گرفت. همه آنالیزهای آماری در محیط نرم‌افزار SPSS انجام

متغیر اخیر کمترین میانگین نیز متعلق به تیمار بدون هورمون یا شاهد بود.

در کل تیمارهای سطوح مختلف هورمون به‌ویژه ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام سبب افزایش بیشتر زیست‌توده و رشد گیاه شیرخشت شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر بستر کاشت بر متغیرهای مدنظر (شکل ۲) با استفاده از آزمون توکی نشان داد که ترکیب ورمی‌کمپوست+ماسه+پرلیت بر طول بلندترین ریشه، تعداد ریشه‌های فرعی و رشد ارتفاعی

چشمگیری دارند. تعداد ریشه‌های فرعی در هر قلمه در غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام با اختلاف معنی‌داری بیشتر از غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و همگی تیمارهای هورمونی اثر معنی‌داری نسبت به شاهد دارند. ریش قطری قلمه نیز در هر سه غلظت هورمونی اعمال‌شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد است. از نظر درصد زنده‌مانی نهال‌ها، تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و از نظر درصد قلمه‌های ریشه‌دارشده غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون ایندول بوتیریک‌اسید بیشترین میانگین را نشان داد. در هر دو

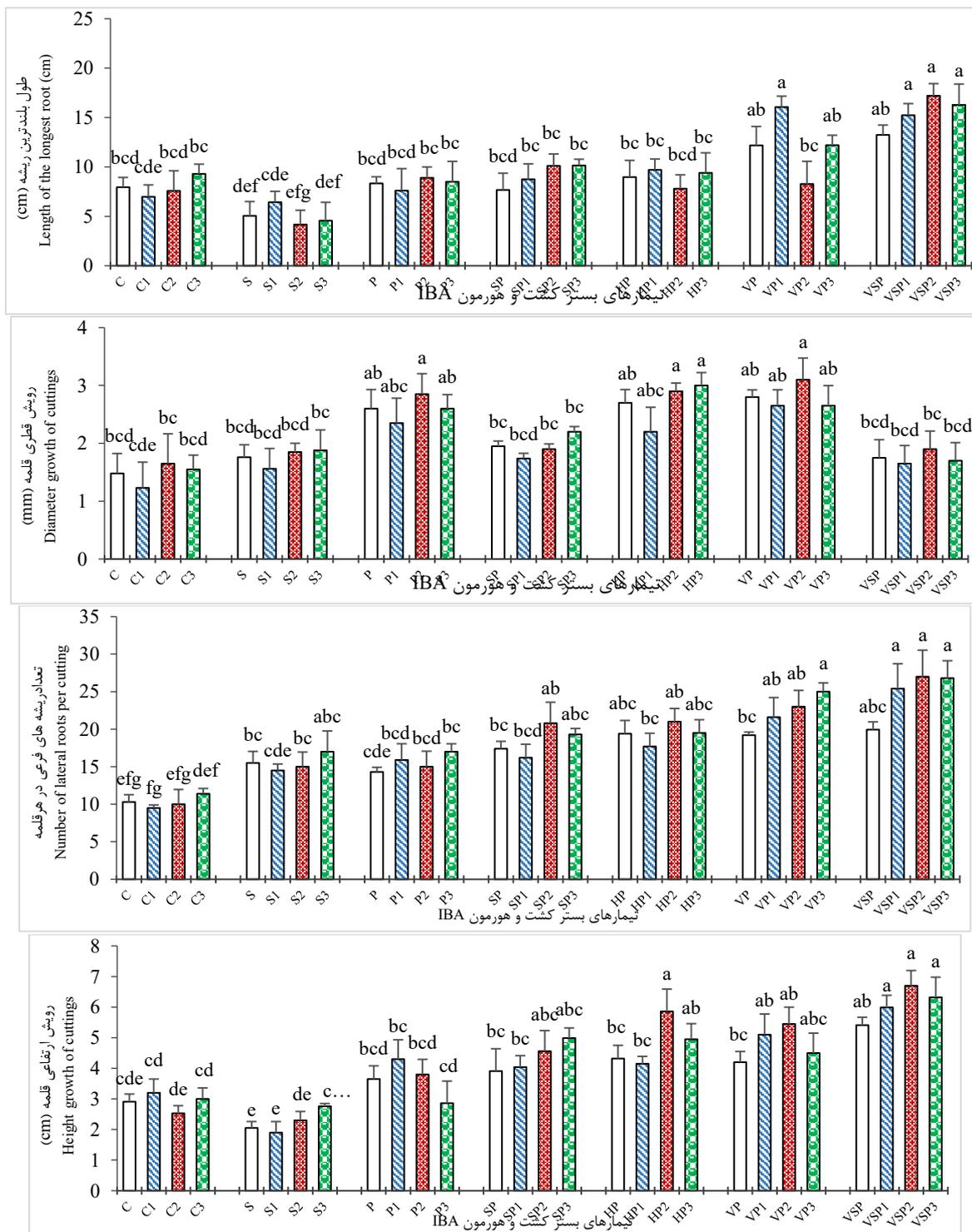
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف هورمون ایندول بوتیریک‌اسید (IBA) و بسترهای مختلف کاشت بر متغیرهای رویشی قلمه‌های شیرخشت

Table 3. Analysis of variance for the effects of different concentrations of Indole-3-butyric acid (IBA) and various planting substrates on the growth variables of Cotoneaster cuttings

F	MS	df	متغیرهای اندازه‌گیری شده Measured variables	فاکتورها Factors
14.36 **	8.84	3	رویش ارتفاعی قلمه Height growth of the cuttings	هورمون ریشه‌زایی IBA IBA Rooting hormone
15.39 **	1.17	3	رویش قطری قلمه Diameter growth of the cuttings	
60.03 **	47.79	3	طول بلندترین ریشه قلمه‌ها Length of the longest root of the cuttings	
81.11 **	183.96	3	تعداد ریشه‌های فرعی در هر قلمه Number of lateral roots per cutting	
60.19 **	7.91	6	رویش ارتفاعی قلمه Height growth of the cuttings	بستر کاشت Planting Substrate
25.68 **	1.15	6	رویش قطری قلمه Diameter growth of the cuttings	
25.09 **	50.60	6	طول بلندترین ریشه قلمه‌ها Length of the longest root of the cuttings	
110.79 **	11.64	6	تعداد ریشه‌های فرعی در هر قلمه Number of lateral roots per cutting	
4.57 **	3.29	18	رویش ارتفاعی قلمه Height growth of the cuttings	بستر کاشت × IBA IBA × Planting Substrate
2.11 *	0.03	18	رویش قطری قلمه Diameter growth of the cuttings	
8.09 **	23.35	18	طول بلندترین ریشه قلمه‌ها Length of the longest root of the cuttings	
9.22 **	37.78	18	تعداد ریشه‌های فرعی در هر قلمه Number of lateral roots per cutting	

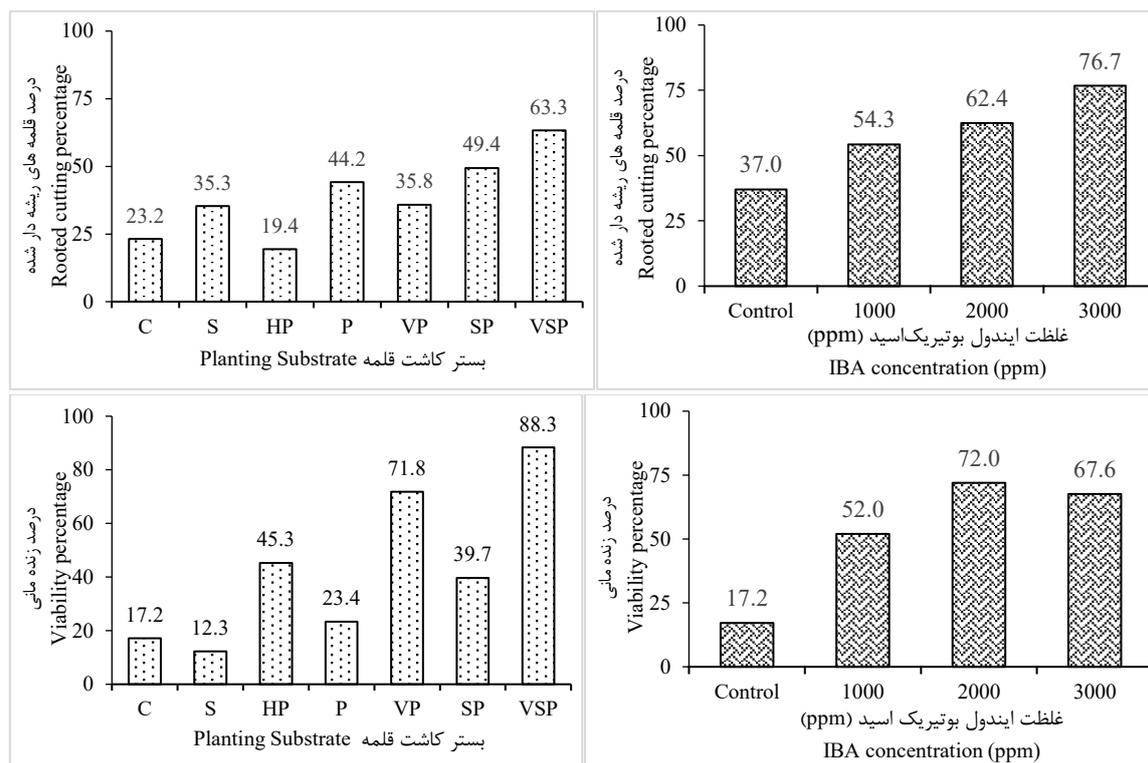
** و * به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد است.

** and * indicate statistically significant differences at the 99% and 95% confidence levels, respectively.



شکل ۲- تأثیر کاربرد همزمان غلظت‌های مختلف بستر کاشت قلمه و هورمون ایندول بوتیریک‌اسید (IBA) بر طول بلندترین ریشه، تعداد ریشه‌های فرعی در هر قلمه، رویش قطری و رویش ارتفاعی قلمه‌ها. بسترهای کاشت: (C) خاک منطقه به‌عنوان شاهد، (S) ماسه، (P) پرلیت، (SP) ماسه+پرلیت (HP خاکبرگ+پرلیت، (VP) ورمی کمپوست+پرلیت، و (VSP) ورمی کمپوست+ ماسه+پرلیت. اعداد ۱، ۲، و ۳ در ترکیب با حروف، به‌ترتیب بیانگر غلظت‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام ایندول بوتیریک‌اسید و حروف بدون این اعداد بیانگر غلظت صفر است

Figure 2. Effects of simultaneous application of various substrate concentrations for rooting cuttings and indole-3-butyric acid (IBA) on: (i) the length of the longest root, (ii) the number of lateral roots per cutting, (iii) diameter growth of the cuttings, and (iv) height growth of the cuttings. Planting substrates: C = soil from the local region (control), S = sand, P = perlite, SP = sand + perlite, HP = humus soil + perlite, VP = vermicompost + perlite, and VSP = vermicompost + sand + perlite. The numerals 1, 2, and 3, when paired with the letters, denote indole-3-butyric acid (IBA) concentrations of 1000, 2000, and 3000 ppm, respectively. Letters not accompanied by a numeral indicate 0 ppm IBA



شکل ۳- مقایسه درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده و درصد زنده‌مانی قلمه‌های شیرخشت در غلظت‌های مختلف هورمون ایندول بوتیریک‌اسید (سمت راست) و بستر کاشت قلمه (سمت چپ). بسترهای کاشت: (C) خاک منطقه به‌عنوان شاهد، (S) ماسه، (P) پرلیت، (SP) ماسه+پرلیت، (HP) خاکبرگ+پرلیت، (VP) ورمی کمپوست+پرلیت، و (VSP) ورمی کمپوست+ماسه+پرلیت.

Figure 3. Comparison of the percentage of rooted cuttings and the survival rate of *Cotoneaster kotschyi* cuttings at different concentrations of Indole-3-butyric acid (right) and cutting substrate (left). Planting substrates: C = soil from the local region (control), S = sand, P = perlite, SP = sand + perlite, HP = humus soil + perlite, VP = vermicompost + perlite, and VSP = vermicompost + sand + perlite.

+ماسه+پرلیت و ورمی کمپوست+پرلیت به‌ترتیب بیشترین مقادیر زنده‌مانی قلمه‌ها را نشان دادند. درحالی که تیمارهای ماسه و خاک منطقه کمترین زنده‌مانی را داشتند (شکل ۳ سمت چپ).

بحث

براساس نتایج این تحقیق، گونه شیرخشت تحت بررسی می‌تواند با موفقیت از طریق قلمه و با استفاده از هورمون ریشه‌زایی IBA که منشأ اکسینی دارد ازدیاد یابد. تعیین غلظت بهینه و مناسب هورمون، برای تکثیر هر یک از گونه‌های زینتی، درختی و درختچه‌ای اهمیت زیادی دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که اگر مصرف هورمون در هنگام ریشه‌زایی بیش از حد نیاز باشد، افزون بر افزایش هزینه، سبب برهم خوردن

قلمه‌ها بیشترین اثر را داشته است. از این نظر، ترکیب ورمی کمپوست+پرلیت در جایگاه بعدی قرار می‌گیرد. ماسه و خاک منطقه در بین متغیرهای یادشده کمترین تأثیر را نشان دادند. از نظر رویش قطری نیز تیمارهای ورمی کمپوست+پرلیت، خاکبرگ+پرلیت و پرلیت بیشترین مقادیر میانگین را نشان دادند و بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

همچنین درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده به‌ترتیب در تیمارهای ورمی کمپوست+ماسه+پرلیت و ماسه+پرلیت بیشترین مقادیر را نشان داد، درحالی که در تیمارهای خاکبرگ+پرلیت و خاک منطقه کمترین مقدار به دست آمد (شکل ۳ سمت چپ). از نظر درصد زنده‌مانی نهال‌ها، تیمارهای ورمی کمپوست

افزایش درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها اثر دارد. اکسین‌ها سبب تشکیل ریشه نابجا در قلمه‌های ساقه از طریق تحریک فعالیت آغازنده‌های ریشه و افزایش انتقال کربوهیدرات‌ها به سمت انتهای قلمه می‌شوند. اکسین‌ها با تقویت آغاز تشکیل پرموردیای ریشه از طریق تقسیم‌های سلولی، اثر مهمی در رشد اولیه و تشکیل ریشه‌های ناخواسته در انتهای قلمه‌های دارند (Kaushik & Shukla, 2020; Khan et al., 2022).

Bi et al. (2012) در گونه‌ای شیرخشت به نام *C. buxifolius* Wall. ex Lindl. در چین با استفاده از کشت بافت بخش کوچکی از ساقه دارای یک جوانه در محیط کشت نتیجه گرفتند که محیط کشت MS حاوی ۱۰۰ پی‌پی‌ام هورمون IBA بهتر از محیط کشت حاوی هورمون گیاهی IBA+NAA برای ریشه‌زایی گونه شیرخشت مزبور تأثیر می‌گذارد.

تفاوت بین تیمار غلظت‌های هورمونی با شاهد نشان‌دهنده این واقعیت است که وجود مقداری هورمون اکسین در آغاز مرحله ریشه‌زایی در بسترهای کاشت می‌تواند به افزایش درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده کمک کرده و از مرگ قلمه‌ها جلوگیری کند. گیاهان، اکسین طبیعی را در شاخه‌ها و برگ‌های جوان تولید می‌کنند، اما برای ریشه‌زایی موفق باید اکسین مصنوعی به کار برده شود تا از مرگ قلمه‌ها جلوگیری شود (Kasim & Rayya, 2009). تحقیقات نشان داده‌اند که افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های تیمار شده با اکسین‌ها ممکن است به علت افزایش هیدرولیز ذخایر غذایی تحت تأثیر این هورمون‌ها باشد (Kaushik & Shukla, 2020; Khan et al., 2022).

تشکیل ریشه یکی از مراحل مهم تکثیر گیاه است که توسط چند عامل فیزیولوژیکی، آناتومیکی، ژنتیکی و بیوشیمیایی کنترل می‌شود. طول ریشه‌های فرعی در تکثیر قلمه‌ای به نوع گونه و ارقام گیاهی بستگی دارد (El-Banna et al., 2023). متأسفانه تحقیقات بسیار کمی در زمینه تأثیر تیمارهای مختلف بستر کاشت بر متغیرهای کمی ریشه‌زایی قلمه‌های جنس

تعادل هورمونی در گیاه می‌شود (Ersoy et al., 2016). در تحقیق حاضر، غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون IBA بزرگ‌ترین اندازه طول ریشه و درصد زنده‌مانی قلمه‌ها را در بستر کاشت ورمی کمپوست+ماسه+پرلیت ایجاد کرد. در حالی که غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده را در همین بستر کاشت که بهترین ترکیب بستر کاشت نیز بود ایجاد کرد. در کل براساس نتایج این تحقیق قلمه‌های شیرخشت تیمار شده با هورمون IBA متغیرهای ریشه‌زایی بهتری را در مقایسه با شاهد در اغلب بسترهای کاشت نشان دادند. تحقیقات در زمینه ریشه‌زایی گونه‌های مختلف شیرخشت نیز نتایج ضدونقیضی دارند. برای مثال نتایج تحقیق (Celik et al., 2018) در ترکیه درباره ریشه‌دهی و کیفیت ریشه قلمه‌های *C. horizontalis* نشان داد که قلمه‌های کوچک پربرگ با غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون IBA، بیشترین تأثیر را در ریشه‌زایی گونه شیرخشت مزبور دارد. اما (Kalyoncu et al., 2017) در پژوهشی در گونه *C. horizontalis* نشان دادند که بیشترین تعداد و سطح ریشه در هر قلمه در غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام، بیشترین طول ریشه در غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و بیشترین درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده در غلظت ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام به دست آمد. در تحقیق دیگری توسط (Sivanesan et al., 2011) در کشت درون شیشه حاوی محیط کشت MS، حداکثر تعداد ریشه در هر قلمه گونه *C. wilsonii* H.P.Kelsey در غلظت ۵۰۰ و سپس ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون IBA ایجاد شد. کمترین تعداد ریشه در هر قلمه و نیز کمترین درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده در غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون IBA به دست آمد. براساس یافته‌های آنان، بهترین هورمون برای ریشه‌زایی گونه شیرخشت یادشده در درجه اول IBA و سپس هورمون‌های اکسینی NAA و IAA معرفی شد.

به‌طور کلی نتایج بیشتر پژوهش‌ها روی گونه‌های مختلف جنس شیرخشت نشان می‌دهد که هورمون‌های ریشه‌زایی اکسینی هم بر سرعت و هم بر

بیولوژیکی بستر کاشت، موجب افزایش رشد زی‌توده، زنده‌مانی و بازده تولید نهال می‌شود، به‌طوری که غلظت مطلوب عناصر تغذیه‌ای خاک شرایط مطلوبی برای فتوسنتز و رشد و نمو گیاه فراهم می‌کند و مقاومت گیاه را در برابر فشارهای محیطی افزایش می‌دهد (Rajkumar et al., 2017; Jaleta et al., 2019; Mokhizadeh et al., 2024).

در برخی از تحقیقات در بقیه نقاط جهان، پرلیت توانست عملکرد خوبی داشته باشد (Banko et al., 2008; Lai et al., 1992)، اما تفاوت تحقیق حاضر در این است که مدت اجرای این آزمایش طولانی‌تر بوده و به همین دلیل، بستر کاشتی که هم تهیه مناسب و هم ماده غذایی لازم را در طی شش ماه دوره آزمایش در اختیار قلمه‌ها قرار دهد تأثیر رضایت‌بخش‌تری نشان داده است. بر این اساس، پرلیت مخلوط‌شده با ورمی‌کمپوست و ماسه توانست ترکیب مناسب‌تری را هم برای ریشه‌دار کردن قلمه‌های شیرخشت و هم برای زنده‌مانی آنها در این مدت در سطوح مختلف تیمارهای هورمونی (به‌خصوص غلظت ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام) فراهم آورد.

ورمی‌کمپوست، مجموعه‌ای از مواد حاصل از بستر رشد کرم است که پس از دفع مواد زائد از دستگاه گوارشی کرم در محیط باقی می‌ماند و شامل فضولات کرم به‌همراه مواد آلی تجزیه‌شده و نیز اجساد کرم‌هاست که برای گیاه ارزش غذایی فراوانی دارد. در خاک‌های دارای مواد دفع‌شده توسط کرم‌ها، عناصری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم حتی تا بیش از ۱۰ برابر بیشتر از خاک‌های بدون کرم است. همچنین در اثر عبور مواد آلی از دستگاه گوارش کرم، عناصری از جمله ریزمغذی‌ها بسیار زیاد می‌شوند که همین عامل می‌تواند رشد بیشتری را هم برای اندام‌های هوایی و هم ریشه گیاهان ایجاد کند. نتایج این بخش از تحقیق با اظهارات (Arancon et al., 2020) مشابه است.

شیرخشت در سراسر جهان صورت گرفته است. با وجود این می‌توان به یافته‌های (Banko et al., 1992) درباره تأثیر تیمارهای مختلف هورمون و بستر کاشت برای ریشه‌دار کردن قلمه‌های نیمه‌خشبی شیرخشت گونه *C. Buxifolius* Wall. ex Lindl. اشاره کرد. یافته‌های آنان نشان داد که درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه‌ها و کیفیت ریشه در بستر کاشت پرلیت ۱۰۰ درصد بیشتر بود. بیشترین تعداد ریشه و بیشترین کیفیت ریشه نیز در غلظت ۴۰۰۰ یا ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام ایندول ۳-بوتیریک‌اسید به دست آمد. در تحقیق حاضر نیز غلظت‌های مختلف هورمون ایندول ۳-بوتیریک‌اسید نسبت به شاهد (بدون هورمون) نتایج بهتری را نشان داد. در حالی که از نظر بستر کاشت، ترکیب ورمی‌کمپوست+ماسه+پرلیت بیشینه طول ریشه، تعداد ریشه‌های فرعی، رشد ارتفاعی قلمه‌ها، درصد قلمه‌های ریشه‌دارشده و درصد زنده‌مانی قلمه‌ها را ایجاد کرد. ترکیب ورمی‌کمپوست+پرلیت جایگاه بعدی را به خود اختصاص داد. درصد قلمه‌های ریشه‌دارشده در بستر پرلیت مناسب بود، اما زنده‌مانی قلمه‌ها طی ۶ ماه در این محیط به دلیل ناکافی بودن مواد غذایی، چندان رضایت‌بخش نبود. همچنین با نگهداری طولانی‌مدت قلمه‌ها در محیط پرلیت و به دلیل زیاد بودن ظرفیت نگهداری رطوبت توسط پرلیت سبب شد اکسیژن در محیط ریشه‌دهی اطراف قلمه‌ها کاهش یابد و گیاه دچار تنش رطوبتی شود و بنابراین درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دارشده کاهش چشمگیری یابد. نتایج این بخش از تحقیق با اظهارات (Shin et al., 2022) مشابهت دارد.

یکی از مهم‌ترین عوامل برای ریشه‌زایی موفق قلمه‌ها، فراهم بودن بستر مناسب برای ریشه‌زایی است. درصد ریشه‌زایی، کیفیت ریشه‌های تولیدشده و حتی فرم ریشه‌دهی ارتباط مستقیم با بستر کاشت دارد (Shin et al., 2022). با توجه به اینکه عناصر تغذیه‌ای مواد آلی به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌گیرند، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و

نتیجه‌گیری

بوتیریک‌اسید (به‌ویژه غلظت ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام) نسبت به شاهد ایجاد کرد. تیمار بستر کاشت ورمی‌کمپوست+ پرلیت نیز از نظر بیشتر متغیرها در جایگاه بعد قرار داشت. در کل تیمار تلفیقی غلظت ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون IBA در ترکیب با بستر کاشت ورمی‌کمپوست+ماسه+پرلیت را می‌توان بهترین تیمار از نظر ایجاد میانگین‌های بیشتر در اغلب متغیرهای آزمون شده دانست.

سپاسگزاری

این طرح تحقیقاتی با استفاده از اعتبار ویژه پژوهشی دانشگاه سمنان با شماره طرح ۱۴۰۴۱۱۶۶ انجام گرفته است و نویسنده بر خود لازم می‌داند از مسئولین محترم پژوهش دانشگاه سمنان قدردانی نماید.

با توجه به نتایج این تحقیق غلظت ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون ایندول ۳-بوتیریک‌اسید توانست بیشترین رویش ارتفاعی قلمه، طول بلندترین ریشه، تعداد ریشه فرعی و درصد زنده‌مانی در هر قلمه را به‌ویژه در تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست+ماسه+پرلیت ایجاد کند. غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون، بیشترین درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده را ایجاد کرد و در برخی از متغیرهای نام‌برده، اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار غلظت هورمون ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام نداشت. بهترین تیمار بستر کاشت در تحقیق حاضر نیز تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست+ماسه+پرلیت بود که بیشترین رویش ارتفاعی قلمه، طول بلندترین ریشه، تعداد ریشه فرعی و درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده و درصد زنده‌مانی قلمه‌ها را در غلظت‌های مختلف هورمون ایندول

References

- Arancon, N., Cleave, J.V., Hamasaki, R., Nagata, K., & Felts, J. (2020). The influence of vermicompost water extracts on growth of plants propagated by cuttings. *Journal of plant nutrition*, 43(2), 176-185. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1659355>
- Banko, T.J., Schultz, P.B., & Dills, M.S. (1992). Propagation of a hawthorn lace bug-resistant cotoneaster (*Cotoneaster buxifolius*) by stem cuttings. *Journal of Environmental Horticulture*, 10(2), 99-101.
- Bi, H., He, J., Yang, Y.Z., Yang, H.T., He, W., & Li, Y. (2012). Study on tissue culture and rapid propagation of *Cotoneaster buxifolius*. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 25(1), 343-345.
- Boskabadi, H., Bagheri, F., & Zakerihamidi, M. (2019). Comparison of maternal and neonatal characteristics of neonates with dehydration fever and healthy infants. *Tehran University Medical Journal*, 77(10), 627-633. (In Persian) <http://tumj.tums.ac.ir/article-1-10138-fa.html>
- Bujarska-Borkowska, B., & Szuszk, J. (2019). Seed dormancy breaking under controlled conditions in ornamental *Cotoneaster* spp. *Dendrobiology*, 81, 97-104. [doi:10.12657/denbio.081.011](https://doi.org/10.12657/denbio.081.011)
- Bukhari, S.A., Qasim, M., Masoud, M.S., Anwar, H., Waqas, A., & Mustafa, G. (2019). Evaluation of Medicinally Important Constituents of *Cotoneaster afghanicus* G. Klotz Collected from Baluchistan Region of Pakistan. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 81(2), 259-265. (In Persian) [doi:10.36468/pharmaceutical-sciences.506](https://doi.org/10.36468/pharmaceutical-sciences.506)
- Celik, H., Cakir, S., Celik, D., & Altun, B. (2018). Effects of leaf size and IBA on rooting and root quality of Japanese privet, rock cotoneaster and ornamental pomegranate mini-cuttings. In *XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Ornamental Horticulture and XI International 1263*, 253-260. [doi:10.17660/ActaHortic.2019.1263.33](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1263.33)
- El-Banna, M.F., Farag, N.B., Massoud, H.Y., & Kasem, M.M. (2023). Exogenous IBA stimulated adventitious root formation of *Zanthoxylum beecheyanum* K. Koch stem cutting: Histo-physiological and phytohormonal investigation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 197, 107639. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107639>

Ersoy, N., Kalyoncu, İ.H., & Özer, N. (2016). Rooting of Apical Softwood Cuttings of *Cotoneaster horizontalis* Dene with Application of IBA and Air Humidity. *Selcuk Journal of Agriculture & Food Sciences/Selcuk Tarim ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 30(2), 67-73.

He, Q., Chen, X.D., Ma, L.L., Fan, W.W., & Li, J.H. (2009). Effects of Different Measures on Cutting of *Cotoneaster horizontalis* Dene. in Autumn. *Northern Horticulture*, 6, 080.

Huang, Q., Liu, H., Li, C., Zhu, X., Yuan, Z., Lai, J., Cao, M., Huang, Z., Yang, Y., Zhuo, S., Lü, Z., & Zhang, G. (2024). Predicting the geographical distribution and niche characteristics of *Cotoneaster multiflorus* based on future climate change. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1360190. doi:10.3389/fpls.2024.1360190

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

Kalyoncu, İ., Ersoy, N., & Özer, N. (2017). Rooting of Apical Softwood Cuttings of *Cotoneaster horizontalis* Dene. with Application of IBA and Air Humidity. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 30(2), 67-73.

Kartoolinejad, D., Ravanbakhsh, H., Fadaei, Z., Moshki, A.R., & Nikouee, E. (2025). Infection of juniper trees (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) to juniper dwarf mistletoe (*Arceuthobium oxycedri* (DC) M. Bieb.) in forests of Miankouh Tash protected area, Shahroud. *Iranian Journal of Forest*, 15(4), 497-514. (In Persian) doi:10.22034/ijf.2023.363540.1894

Kasim, N.E., Abou Rayya, M.S., Shaheen, M.A., Yehia, T.A., & Ali, E.L. (2009). Effect of different collection times and some treatments on rooting and chemical internal constituents of Bitter Almond hardwood cuttings. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(2), 116-122.

Kaushik, S., & Shukla, N. (2020). A review on effect of IBA and NAA and their combination on the rooting of stem cuttings of different ornamental crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(3), 1881-1885.

Khan, M.A., Wang, Y., Muhammad, B., Uddin, S., Saeed, A., Khan, D., Ali, M., Saeed, S., & Kui, J. Z. (2022). Morpho-physiological and phytohormonal changes during the induction of adventitious root development stimulated by exogenous IBA application in *Magnolia biondii* Pamp. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e255664. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.255664>

Khoshdel, A., & Kheiri, S. (2011). Effect of shir-e-khesht (billinaster drop) consumption by the neonates or their mothers on the neonatal icter. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*, 13(4), 67-73. (In Persian)

Kicel, A. (2020). An overview of the genus *Cotoneaster* (Rosaceae): phytochemistry, biological activity, and toxicology. *Antioxidants*, 9(10), 1002. doi:10.3390/antiox9101002

Kicel, A., Kolodziejczyk-Czepas, J., Owczarek, A., Rutkowska, M., Wajs-Bonikowska, A., Granica, S., Nowak, P., & Olszewska, M. A. (2018). Multifunctional Phytocompounds in *Cotoneaster* Fruits: Phytochemical Profiling, Cellular Safety, Anti-Inflammatory and Antioxidant Effects in Chemical and Human Plasma Models In Vitro. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018(1), 3482521. <https://doi.org/10.1155/2018/3482521>

Kirillov, V., Pathak, A., Patel, S.R., Daulenova, M., Dyussembekova, D., Stikhareva, T., Rakhimzhanov, A., & Kakimzhanova, A. (2023). Micropropagation of *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex A. Blytt: an economically important ornamental plant. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 59(1), 147-153. <https://doi.org/10.1007/s11627-023-10332-w>

Krzemińska, B., Dybowski, M.P., Klimek, K., Typek, R., Miazga-Karska, M., & Dos Santos Szewczyk, K. (2022). The anti-acne potential and chemical composition of two cultivated *Cotoneaster* species. *Cells*, 11(3), 367. doi:10.3390/cells11030367

- Kšišnan, S., Ďurišová, L., & Eliáš, P. (2020). Morphological characteristics as a key attribute for a successful determination of selected *Cotoneaster* species. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 23(1), 15-23. <https://doi.org/10.15414/afz.2020.23.01.15-23>
- Lai, F.Y., Dong, L.J., Guo, Y.R., & Luo, J.X. (2008). Study on Softwood Cutting of *Cotoneaster Hjelmqvistii* Flinck and Turcz [J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 1(1), 1-12.
- Les, F., López, V., Caprioli, G., Iannarelli, R., Fiorini, D., Innocenti, M., Bellumori, M., & Maggi, F. (2017). Chemical constituents, radical scavenging activity and enzyme inhibitory capacity of fruits from *Cotoneaster pannosus* Franch. *Food & Function*, 8(5), 1775-1784. <https://doi.org/10.1039/C7FO00330G>
- Li, M., Li, D., Lu, M., Mo, S., Ding, S., Chen, Y., Lai, Y., Zhang, D., Liao, W., & Fan, Q. (2023). A new species of *Cotoneaster* (Rosaceae) from western Sichuan, China. *PhytoKeys*, 236, 39-52. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.236.111819>
- Li, Y., Xiao, J., & Jeong, B.R. (2022). Regeneration of *Cotoneaster wilsonii* Nakai through Indirect Organogenesis. *Horticulturae*, 8(9), 795. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8090795>
- Mokhizadeh, V.M., Moshki, A., Ravanbakhsh, H., Mollashahi, M., & Kianian, M.K. (2024). Seedlings response of *Cercis siliguastrum* L., *Celtis caucasica* Wild., *Elaeagnus angustifolia* L. and *Amygdalus scoparia* Spach to moisture storage treatments in the arid region of Semnan. *Iranian Journal of Forest*, 16(2), 185-195. [doi:10.22034/ijf.2023.388252.1919](https://doi.org/10.22034/ijf.2023.388252.1919). (In Persian)
- Mozaffarian, V. (2003). Trees and Shrubs of Iran. Farhange Moaser, Tehran, Iran, 874-877. (In Persian)
- Niaki, N.A.R., Attar, F., Sheidai, M., Maroofi, H., Joharchi, M.R., & Ullah, F. (2019). Two new species of *Cotoneaster* (Rosaceae, subgen. *Chaenopetalum*) for the flora of Iran. *Phytotaxa* 402(4), 207-215. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.402.4.4>
- Raei Niaki, N., Attar, F., & Maroofi, H. (2009). Anatomical studies on fourteen species of the genus *Cotoneaster* Medik. (Rosaceae) in Iran. *The Iranian Journal of Botany*, 15(1), 96-104. [20.1001.1.1029788.1388.15.1.16.8](https://doi.org/10.1001.1.1029788.1388.15.1.16.8)
- Popoviciu, D.R., Negreanu-Pirjol, T., Motelica, L., & Pirjol, B.S.N. (2020). Carotenoids, flavonoids, total phenolic compounds and antioxidant activity of two creeping *Cotoneaster* species fruits extracts. *Rev. Chim*, 71(3), 136-142. <https://doi.org/10.37358/RC.20.3.7981>
- Pošta, D.S., & Bernardis, R. (2018). Researches regarding the influence of the nutritive mixture and of other foliar fertilizers on the growth of seedlings of the *Cotoneaster dammeri* Scheind." Skogholm" species in container conditions. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 22(2), 64-68.
- Rajkumar, R., Gora, J.S., Kumar, R., Singh, A., Kumar, A., & Gajender, G. (2017). Effect of different growing media on the rooting of pomegranate (*Punica granatum* L.) cv.'Phulearakta'cuttings. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(2), 715-719. <https://doi.org/10.31018/jans.v9i2.1263>
- Rameshk, M., Khoshbin, E., Moeinzadeh, M., Sharififar, K., Bahrami, D., & Sharififar, F. (2023). Mannas, unique products of a dynamic insect-plant interaction: Biodiversity, conservation and ethnopharmacological considerations. *Heliyon*, 9(12), e22976. [doi:10.1016/j.heliyon.2023.e22976](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22976)
- Ravanbakhsh, H., Hamzeh'ee, B., & Moshki, A. (2018). Ecology and phytosociology of *Cotoneaster* shrublands in Central Alborz of Iran. *Dendrobiology*, 79, 47-60. [doi:10.12657/DENBIO.079.005](https://doi.org/10.12657/DENBIO.079.005)
- Sabeti, H. (2008). Forests, trees and shrubs of Iran. Fifth edition, Yazd University publication, pp 888. (In Persian)
- 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](https://doi.org/10.11628/ksppe.2022.25.6.617)

Toma, R. S., Al-Mizory, L. S., & Faizy, H. S. (2014). Rooting response of *Rosa canina* and *Cotoneaster acuminatus* to different in vitro factors. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(6), 724-731. doi:10.9734/AJEA/2014/8542

WFO (2025). *Cotoneaster* Medik. Published on the Internet; <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000009472>. Accessed on: 05 Oct 2025.

Yang, J., Kim, S.H., Pak, J.H., & Kim, S.C. (2022). Infrageneric plastid genomes of *Cotoneaster* (Rosaceae): Implications for the plastome evolution and origin of *C. wilsonii* on Ulleung Island. *Genes*, 13(5), 728.



Effect of IBA Hormone and Planting Medium on the Rooting of *Cotoneaster kotschyi* (C.K.Schneid.) G.Klotz Cuttings

D. Kartoolinejad^{1*}

¹Associate Prof., Dept. of Arid land Forestry, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran

(Received: 25 November 2024; Accepted: 21 October 2025)

Abstract

Introduction: Species of *Cotoneaster* are deciduous shrubs belonging to the Rosaceae family, distributed exclusively in the Northern Hemisphere, predominantly across the steppes and grasslands of temperate Eurasia. The shrub species *Cotoneaster kotschyi* (C.K.Schneid.) G.Klotz. demonstrates remarkable drought resistance, attributed to its extensive root system and small leaves densely covered with fine pubescent trichomes. This species frequently appears as a pioneer shrub on the dry and semi-arid slopes within the southern Alborz ecosystems, particularly in the lower rangelands associated with juniper communities. Traditional propagation methods for most *Cotoneaster* species are often hindered by the presence of double seed dormancy (both physical and physiological) and the low rooting efficiency observed in cuttings.

Materials and Methods: In this study, cuttings were prepared from two-year-old branches of *C. kotschyi* in the highland forests of the Kordmir vilage and were planted under uniform greenhouse conditions with uniform temperature and humidity regimes. Four levels of IBA hormone treatments (0, 1000, 2000, and 3000 ppm), along with seven different rooting media (sand, perlite, humus:perlite, vermicompost:perlite, sand:perlite, vermicompost:sand:perlite, and soil of the region), were applied to evaluate the rooting response of this species. Notably, all substrate components in the rooting media were combined in equal proportions. A factorial experiment based on a completely randomized design (CRD) with two factors—root-inducing hormone and rooting medium—was used with four replications. Hardwood cuttings approximately 25 cm in length were obtained from healthy, mature shrubs and, after disinfection with a 2% Benomyl fungicide solution, were treated with different hormone concentrations and planted in the respective media.

Results: In this study, the concentration of 2000 ppm Indole-3-butyric acid (IBA) hormone induced the highest shoot growth of cuttings (6.7 cm), root length (17.2 cm), number of lateral roots (27), and survival rate of cuttings (72%). The 3000 ppm hormone concentration produced the highest percentage of rooted cuttings (76.7%), while exhibiting no statistically significant differences in most of the aforementioned variables compared to the 2000 ppm treatment. The best rooting medium treatment in the present study was the combination of vermicompost:sand:perlite (1:1:1), which resulted in the highest average shoot growth (6.11 cm), longest root length (15.5 cm), number of lateral roots (24.8), percentage of rooted cuttings (63.3%), and survival rate of cuttings (88.3%). Regarding the hormone treatments, different levels did not show significant differences among themselves, but all were significantly different from the control. The vermicompost:perlite (1:1) rooting medium treatment ranked second in most of the evaluated variables.

Conclusion: Based on the results of the present study, the 2000 and 3000 ppm concentrations of Indole-3-butyric acid, in combination with the vermicompost:sand:perlite (1:1:1) rooting medium, had the greatest effect on rooting, growth, and survival variables of the cuttings. Therefore, the use of these treatments is recommended for the propagation of *Cotoneaster* shrubs native to Iran, which are generally low-maintenance and drought-tolerant, particularly for the restoration of mountain rangelands and for use in urban landscape.

Keywords: Auxin plant hormones, *Cotoneaster*, Indole-3-butyric acid, lateral roots, vermicompost.