فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۴، شماره ۶۹، آذر و دی‌ماه ۱۴۰۴ صفحه: ۲۶۱-۲۷۶
https://doi.org/10.22034/14.69.261

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر نانوذرات نقره و مواد ضدعفونی‌کننده شیمیایی بر کاهش آلودگی و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر القای کالوس در گیاه آنتوریوم (*Anthurium andreanum* Lindl.)

مریم رحمتی[۱]، مریم دهستانی اردکانی[۱ و ۲*]، کاظم کمالی علی‌آباد[۳] و اعظم جعفری[۱]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

[۲] پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، اردکان، ایران، [۳] گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۶/۰۴)

چکیده

در پژوهش حاضر، در قالب دو آزمایش جداگانه ریزازدیادی گیاه آنتوریوم (*Anthurium andraeanum* Lindl.) مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش اول تأثیر انواع مواد ضدعفونی‌کننده شیمیایی بر کاهش آلودگی ریزنمونه‌های برگ و جوانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد آزمون قرار گرفت. فاکتور اول شامل شش روش مختلف ضدعفونی (S1، S2، S3، S4، S5 و S6)، فاکتور دوم دو نوع ریزنمونه (برگ و جوانه) و فاکتور سوم شامل دو رقم آنتوریوم (قرمز و لب‌ماتیکی) بود. نتایج نشان داد که کم‌ترین میزان آلودگی (صفر درصد) در تیمار S6 (نانوذرات نقره) رقم قرمز و ریزنمونه برگ، تیمار S2 و S6 در رقم لب‌ماتیکی و ریزنمونه برگ و همچنین در تیمار S1 در ریزنمونه جوانه همین رقم حاصل شد. در آزمایش دوم اثر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر القای کالوس در ریزنمونه‌های برگ رقم "لب ماتیکی" به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد که فاکتور اول شامل ۱۱ تیمار (T1، T2، T3، T4، T5، T6، T7، T8، T9، T10 و T11) و فاکتور دوم شامل دو نوع محیط‌کشت (MS و ½ MS) بود. بیش‌ترین کالوس‌زایی در تیمار T3 (دو میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر 2, 4-D + پنج درصد شیره نارگیل) به‌میزان ۴۰/۰۰ درصد صورت گرفت. جهت باززایی، کالوس‌ها به محیط‌کشت MS حاوی یک میلی‌گرم در لیتر 2,4-D + ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر NAA + ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر BA انتقال داده شدند. به‌طورکلی استفاده از ترکیباتی مانند نانوذرات نقره و آنتی‌بیوتیک تأثیر مثبتی در کاهش آلودگی ریزنمونه‌ها نشان داد و نیز ترکیبی از BA و 2,4-D در القای کالوس در ریزنمونه‌های برگ مؤثر شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، آنتی‌بیوتیک، کالوس، محیط‌کشت، نانوذرات نقره

مقدمه

گل‌کاری شاخه‌ای از باغبانی زینتی است که پتانسیل تولیدی بالایی در واحد سطح دارد (Wani *et al.*, 2018). *A. andreanum* یک گیاه زینتی با ارزش در سطح جهانی است که به‌عنوان گل شاخه‌بریده یا گیاه گلدانی به‌دلیل گل‌آذین‌های جذاب و ماندگار آن به فروش می‌رسد (Teixeira da Silva *et al.*, 2015). تکثیر از طریق بذر در آنتوریوم منجر به هتروزیگوسیتی بالا می‌شود که تفرقه ژنتیکی را به همراه دارد و بر کیفیت، عملکرد و زمان گلدهی اولیه در کشت‌های تجاری تأثیر می‌گذارد (Jahan *et al.*, 2010). علاوه‌براین، بذرها دارای

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mdehestani@ardakan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

عمر مفید کوتاه (۳–۲ روز پس از برداشت) و نرخ جوانه‌زنی پایینی (۳۰–۲۰ درصد) دارند (Jahan *et al.*, 2010). از سوی دیگر، تکثیر غیرجنسی آنتوریوم از طریق شاخه‌ها یا ساقه‌ها به دلیل رشد رویشی کند این گونه، زمان‌بر است (Cardoso and Habermann, 2014). به همین دلایل، توسعه یک روش تکثیر کلونی برای تولید تعداد بالایی از ریزنمونه‌های تجاری در مدت زمان کوتاه ضروری است (Cardoso and Habermann, 2014; Teixeira da Silva *et al.*, 2015). ریزازدیادی یک روش مناسب برای تکثیر آنتوریوم است و همچنین یک روش سریع برای کاربرد در مکان‌های کوچک برای تولید گیاهان عاری از پاتوژن است (Martinez-Estrada *et al.*, 2016; Teixeira da Silva *et al.*, 2015).

اجرای هر تکنیک کشت‌بافت گیاهی نیازمند مرحله پیش‌نیاز ضدعفونی ریزنمونه‌ها است. آلودگی هنوز یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در کشت‌بافت گیاهی است (Oyebanji *et al.*, 2009)، بنابراین موفقیت در کشت‌بافت به توسعه یک روش ضدعفونی مناسب برای کشت‌های عاری از میکروب بستگی دارد. میکروب‌ها می‌توانند در ریزنمونه گیاهی به صورت درون‌زاد باشند، یا آلودگی‌هایی هستند که به دلیل شرایط غیربهداشتی آزمایشگاه و مدیریت غیراستریل به وجود آمده‌اند (Oyebanji *et al.*, 2009). این میکروب‌ها با بافت‌های گیاهی برای مواد مغذی در محیط‌کشت رقابت می‌کنند و حضور آن‌ها منجر به از دست‌رفتن کشت‌ها می‌شود یا می‌تواند باعث نکروز بافت و رشد ضعیف شود (Kane, 2003). چنین میکروب‌هایی می‌توانند با استفاده از عوامل مختلف ضدعفونی‌کننده مانند پراکسید هیدروژن، هیپوکلریت سدیم، الکل، کلرید جیوه، انواع آنتی‌بیوتیک و ترکیبات نقره که به عنوان روش‌های شیمیایی برای ضدعفونی ریزنمونه‌ها استفاده می‌شوند، از بین بروند (Ahmed *et al.*, 2022; Tung, *et al.*, 2021b). این ضدعفونی‌کننده‌های شیمیایی اثرات مضر متفاوتی دارند، زیرا برای بافت‌های گیاهی سمی هستند و البته این بستگی به ماهیت ماده ضدعفونی‌کننده و نوع ریزنمونه دارد (Bharti *et al.*, 2018). آنتی‌بیوتیک‌ها به‌طور معمول در درمان گیاهان کشت بافتی که به وسیله باکتری‌های درون‌زاد آلوده شده‌اند، به کار نمی‌روند مگر اینکه حذف آلودگی به روش‌های دیگر دشوار باشد. تلاش‌های زیادی برای سرکوب یا حذف باکتری‌های درون‌زاد از کشت‌ها با استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها با درجات مختلفی از موفقیت انجام شده است، هر چند گاهی با مشکلات سمیت گیاهی (Phytotoxic) مواجه بوده‌اند. در پژوهشی ضدعفونی ریزنمونه‌های نوک شاخساره آنتوریوم به صورت ترکیبی در محلول‌های آنتی‌بیوتیک استرپتومایسین، کلرید جیوه و اتانول بیشترین اثر را در کاهش آلودگی نشان داد (Mendi *et al.*, 2024).

تا به امروز، نانوذرات نقره به عنوان ضدعفونی‌کننده برای محیط‌های کشت درون‌شیشه‌ای (Tung *et al.*, 2022)، ضدعفونی ریزنمونه‌های برون‌شیشه‌ای *Kappaphycus striatus* (Mo *et al.*, 2020)، گل داوودی (*Chrysanthemum*) (Tung *et al.*, 2022)، یا اضافه‌شدن به محیط‌کشت برای افزایش رشد درون‌شیشه‌ای *Fragaria* × *ananassa* (Tung Bao *et al.*, 2021)، *Panax vietnamensis* (Manh Cuong *et al.*, 2021)، محدودکردن میکروارگانیسم‌ها در سیستم میکروپونیک (یک سیستم هیدروپونیک که در آن گیاهان کشت‌بافتی، کشت می‌شوند) (Tung *et al.*, 2018) و غیره استفاده شده است. با این حال، تأثیرات نانوذرات نقره بر رشد و توسعه، غلبه بر پدیده‌های غیرعادی، بهبود ریشه‌زایی درون‌شیشه‌ای، افزایش نرخ بقا، بهبود سیستم کشت و غیره در برخی گیاهان نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

توانایی و ظرفیت بافت‌ها و اندام‌های مختلف گیاهی برای باززایی متفاوت است. بنابراین نوع، اندازه، سن، موقعیت و جهت ریزنمونه‌هایی که در کشت‌بافت گیاهی و در مرحله تکثیر (مرحله II) ریزازدیادی استفاده می‌شود، همگی از اهمیت بالایی برخوردارند (Pinheiro *et al.*, 2013, 2014). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که ژنوتیپ آنتوریوم تأثیر قابل توجهی بر القای کالوس دارد (Cardoso, 2019; Jia *et al.*, 2007; Jiang *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2009). Jiang و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که سطح القای کالوس و قهوه‌ای‌شدن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

ریزنمونه‌ها در میان انواع مختلف آنتوریوم به‌طور قابل توجهی متفاوت است و نشان‌دهنده یک همبستگی منفی قابل توجه است (Jiang *et al*., 2006). بنابراین تشکیل کالوس می‌تواند با کنترل قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها افزایش یابد. در پژوهشی ریزنمونه‌های برگ، دمبرگ، اسپات، اسپادیکس و جوانه آنتوریوم برای تکثیر از طریق اندام‌زایی غیرمستقیم در محیط‌کشت ½ MS (Murashige and Skoog, 1962) حاوی ۲ میلی‌گرم در لیتر ۶- بنزیل آمینوپورین (BA) + ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر ۲ و ۴- دی کلروفنوکسی استیک اسید (2,4-D) مورد استفاده قرار گرفتند (Zhou *et al*., 2012). زمان ایجاد کالوس با ژنوتیپ‌های مختلف آنتوریوم متفاوت بود. در ابتدا، تشکیل کالوس بر روی ریزنمونه‌های برگ سه هفته پس از کشت در محیط‌کشت ½ MS حاوی ۲/۱۶ میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D مشاهده شد (Yu YiXun *et al*., 2009). تشکیل کالوس ۶۰ روز پس از کشت ریزنمونه‌های برگ 'Terra' *A. andraeanum* در محیط‌کشت MS حاوی ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر BA + ۱ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D مشاهده شد (Farsi *et al*., 2012). در پژوهشی، فرآیند تکثیر از طریق القای کالوس از برگ‌های درون‌شیشه‌ای *A. andraeanum* 'Tropical' و باززایی شاخه از طریق تشکیل ساختارهای شبه پروتوکورم بررسی شد. تعداد ساختارهای شبه پروتوکورم در محیط‌کشت MS با افزودن کینتین و تیدیازوزن متفاوت بود. در محیط‌کشت MS که تنها از BA و 2,4-D استفاده شده بود، هیچ ساختار شبه پروتوکورمی مشاهده نشد و تمایل به افزایش تکثیر کالوس و وزن تازه کمتری وجود داشت و در محیطی که با کینتین غنی‌سازی شده بود، پروتوکورم‌های بیشتری به دست آمد و به بالاترین تعداد رسیدند (Tung *et al*., 2022). همچنین در پژوهشی جهت القای کالوس در ریزنمونه‌های برگ 'Pink Champion' *A. andraeanum* از محیط‌کشت MS حاوی ۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید (NAA) استفاده شد (Zhang *et al*., 2025).

علی‌رغم بهینه‌سازی کشت‌بافت گیاه آنتوریوم، همچنان مسئله ضدعفونی و رفع آلودگی از ریزنمونه‌ها یکی از چالش‌های بزرگ این بخش است، لذا این پژوهش با بررسی پروتکل‌های مختلف، سعی در رفع آلودگی و کاهش میزان قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها داشت. همچنین جهت القای کالوس در ریزنمونه‌های برگ، از ترکیب تنظیم‌کننده‌های رشدی مختلف استفاده شد و پس از باززایی ریزنمونه‌ها، سازگاری گیاهچه‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی تیمارهای مختلف جهت کاهش میزان آلودگی ریزنمونه‌ها و نیز تأثیر نوع محیط‌کشت و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر ریزازدیادی گیاه آنتوریوم (*A. andreanum*) در شرایط درون شیشه‌ای و در آزمایشگاه کشت‌بافت دانشکده کشاورزی دانشگاه اردکان یزد طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۳ انجام شد. گیاهان آنتوریوم مورد استفاده در این آزمایش از گلخانه تجاری واقع در شهرستان اصفهان تهیه شد. این پژوهش در قالب دو آزمایش صورت گرفت. در آزمایش اول اثر ضدعفونی‌کننده‌های شیمیایی بر کاهش آلودگی دو نوع ریزنمونه در دو رقم گیاه آنتوریوم مورد مطالعه قرار گرفت. در آزمایش دوم اثر تنظیم‌کننده‌های رشدی مختلف بر القای کالوس در ریزنمونه برگ رقم لب ماتیکی بررسی شد.

در آزمایش اول اثر شش تیمار مختلف (S1، S2، S3، S4، S5 و S6)، در ضدعفونی، دو ریزنمونه برگ و جوانه دو رقم آنتوریوم (قرمز و لب ماتیکی) بررسی شد (جدول ۱). این آزمایش به‌صورت فاکتوریل (دو فاکتور تیمار ضدعفونی و ریزنمونه) در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت و پس از هشت هفته، درصد آلودگی و قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها ارزیابی و یادداشت شد. در این آزمایش فاکتورهای مورد مطالعه شامل نوع ریزنمونه (برگ و جوانه)، رقم (لب ماتیکی و قرمز) و تیمارهای ضدعفونی (شش تیمار) بودند. داده‌ها با ANOVA و با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۳ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

لازم به ذکر است که در تمامی مراحل ظرف حاوی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

جدول ۱- نوع و مدت زمان تیمارهای ضدعفونی ریزنمونه‌های برگ و جوانه دو رقم آنتوریوم

تیمار	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴	مرحله ۵	مرحله ۶	مرحله ۷
S1	محلول‌پاشی شاخ و برگ گیاه گلدانی با محلول ۰/۰۵ در هزار آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین به مدت ۱۰ روز قبل از کشت	شستن ریزنمونه-های برگ و جوانه به مدت ۳۰ دقیقه زیر آب جاری	شستشو در محلول حاوی ۰/۰۵ درصد اسید سیتریک + ۰/۱ درصد کلرید جیوه استریل به مدت ۳/۵ دقیقه	شست‌وشو با محلول اسید سیتریک ۰/۰۵ درصد	اتانول ۷۰ درصد به مدت ۴۵ ثانیه	شست‌وشو با آب مقطر استریل	-
S2	اسپری گیاه گلدانی با قارچ‌کش کاربندازیم یک در هزار به مدت ۲ هفته قبل از کشت	شستن ریز نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه زیر آب جاری	محلول قارچ‌کش کاربندازیم به مدت ۱۵ دقیقه	اتانول ۷۰ درصد به مدت ۴۰ ثانیه	محلول کلریدجیوه ۰/۱ درصد به مدت ۱۰ دقیقه	شست‌وشو با آب مقطر استریل	-
S3	شست‌وشو با آب مقطر استریل و اسیدسیتریک ۰/۰۵ درصد	کلریدجیوه ۰/۱ درصد با اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد به مدت ۴ دقیقه	شست‌وشو با اسید سیتریک ۰/۰۵ درصد	شست‌وشو با آب مقطر استریل با اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد	نانو ذرات نقره ppm ۱۰۰۰ (Silvano co. اندازه ذرات ۸-۵ میلی‌متر) + اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه	شست‌وشو با آب مقطر استریل و اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد	-
S4	محلول‌پاشی روی شاخ و برگ گیاه گلدانی با محلول ۰/۰۵ در هزار آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین به مدت ۱۰ روز قبل از کشت	شست‌وشو ریزنمونه‌ها ابتدا با آب و مایع ظرفشویی	شست‌وشو با آب مقطر استریل و اسید سیتریک ۰/۰۵ درصد به مدت ۳ دقیقه	محلول ۰/۰۵ درصد اسید سیتریک + ۰/۱ درصد کلریدجیوه استریل به مدت ۴ دقیقه	شست‌وشو با اسید سیتریک ۰/۰۵ درصد و سپس شست‌وشو در محلول آب مقطر استریل و اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد	غوطه‌ور در محلول نانوذرات نقره ppm ۱۰۰۰ + اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه	۳ بار شست‌وشو با آب مقطر استریل به مدت ۱، ۳ و ۵ دقیقه
S5	غوطه‌ور در محلول نانوذرات نقره ppm ۱۰۰۰ + اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد به مدت ۲۵ دقیقه	شست‌وشو با آب مقطر استریل و اسید سیتریک ۰/۰۵ درصد به مدت ۳ دقیقه	شستشو در محلول حاوی ۰/۰۵ درصد اسید سیتریک + ۰/۱ درصد کلرید جیوه استریل به مدت ۷ دقیقه	شست‌وشو با اسید سیتریک ۰/۰۵ درصد	شست‌وشو با آب مقطر استریل و اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد	سه بار شست‌وشو با آب مقطر استریل به مدت ۱، ۳ و ۵ دقیقه	-
S6	شست‌وشو ریزنمونه‌ها ابتدا با آب و مایع ظرفشویی	غوطه‌ور در محلول نانوذرات نقره ppm ۱۰۰۰ + اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد به مدت ۴۰ دقیقه	شست‌وشو با آب مقطر استریل و اسید سیتریک ۰/۰۵ درصد	شستشو در محلول حاوی ۰/۰۵ درصد اسید سیتریک + ۰/۱ درصد کلرید جیوه استریل به مدت ۱۰ دقیقه	شست‌وشو با اسید سیتریک ۰/۰۵ درصد	شست‌وشو با آب مقطر استریل و اسید آسکوربیک ۰/۰۵ درصد	اتانول ۷۰ درصد به مدت ۹۰ ثانیه و سپس سه بار شست‌وشو با آب مقطر استریل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

جدول ۲- ترکیب‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (PGR) مورد استفاده در آزمایش دوم

تیمارها	ترکیب تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی
T1	۲ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D
T2	۲ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D
T3	۲ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D + ۵٪ شیره نارگیل
T4	۱ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۲ میلی‌گرم بر لیتر NAA
T5	۲ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۲ میلی‌گرم بر لیتر NAA
T6	۲ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۲ میلی‌گرم بر لیتر NAA + ۵٪ شیره نارگیل
T7	۱ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر IAA
T8	۱ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر IAA
T9	۵ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۱ میلی‌گرم بر لیتر IAA
T10	۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D + ۲۵۳ میلی‌گرم بر لیتر NH_4NO_3
T11	۱ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D + ۲۵۳ میلی‌گرم بر لیتر NH_4NO_3

ریزنمونه‌ها به خوبی تکان داده شد. بعد از اینکه نمونه‌ها آبگیری شدند با پنس استریل در زیر هود لامینار درون شیشه‌های مربایی با ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و قطر ۶ سانتی‌متر حاوی محیط‌کشت MS در ترکیب با ۳ درصد ساکارز و ۴ گرم در لیتر آگار آگار منتقل شدند. pH محیط‌کشت روی ۵/۷-۵/۶ تنظیم شد. درون هر شیشه سه ریزنمونه قرار گرفت. پس از کشت نمونه‌ها در اتاقک رشد با شدت نور ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ لوکس در ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی و دمای ۲۰ درجه سلسیوس در دوره تاریکی و ۲۲ تا ۲۴ درجه سلسیوس در دوره روشنایی نگهداری شدند. پس از چهار هفته میزان آلودگی و درصد قهوه‌ای شدن ریزنمونه‌ها با چشم غیرمسلح ارزیابی شد.

در آزمایش دوم اثر نوع محیط‌کشت و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر کالوس‌زایی ریزنمونه‌های برگی بررسی شد. در این آزمایش از دو محیط‌کشت MS و ½MS استفاده شد. همچنین اثر ۱۱ نوع ترکیب تنظیم‌کننده رشد گیاهی بر کالوس‌زایی ریزنمونه‌های برگی رقم لب ماتیکی بررسی شد (جدول ۲). لازم به ذکر است که ترکیب‌های انتخاب‌شده در این آزمایش بر اساس مطالعات قبلی صورت گرفت (Teixeira da Silva *et al.*, 2015). پس از تهیه محیط‌کشت، ۳۰ گرم در لیتر ساکارز به آن اضافه و pH محیط‌کشت روی ۵/۷-۵/۶ تنظیم شد. سپس ۴ گرم در لیتر آگار آگار به آن اضافه گردید. سپس محیط‌کشت داخل شیشه‌های مربایی (با طول ۱۰ سانتی‌متر و قطر ۶ سانتی‌متر) توزیع شد. هر شیشه حاوی حدود ۳۰ میلی‌لیتر محیط‌کشت بود. پس از بستن درب ظروف درون اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر به‌مدت ۱۴ دقیقه استریل شدند. ریزنمونه‌ها به صورت جداگانه در شیشه‌های حاوی محیط‌کشت قرار گرفتند. در هر شیشه سه ریز نمونه کشت و در اتاقک رشد با شدت نور ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ لوکس در ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی و دمای ۲۰ درجه سلسیوس در دوره تاریکی و ۲۲ تا ۲۴ درجه سلسیوس در دوره روشنایی نگهداری شدند.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت و پس از شش هفته، درصد کالوس‌زایی ریزنمونه‌ها یادداشت شد. در این آزمایش فاکتورهای مورد مطالعه شامل کالوس‌زایی، رنگ کالوس و مدت زمان تا تشکیل کالوس (براساس هفته) بودند. تمامی داده‌ها از نظر نرمال بودن تست‌شده و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن با سطح احتمال ۵ درصد مورد تجزیه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

و تحلیل قرار گرفتند. اندازه‌گیری صفاتی مانند درصد کالوس-زایی، رنگ کالوس و زمان تا تشکیل کالوس با چشم غیرمسلح انجام پذیرفت. رنگ کالوس براساس مقیاس هدونیک ۵-۱ اندازه‌گیری شد. به‌طوریکه کالوس‌های با رنگ قهوه‌ای نمره ۱ و سبز پررنگ (تیره) نمره ۵ را به خود اختصاص دادند (Zamani *et al.*, 2019).

چهار هفته پس از تشکیل کالوس (حدوداً ۱۰ هفته پس از کشت)، آن‌ها به محیط‌کشت باززایی MS شامل یک میلی‌گرم در لیتر 2.4-D +۰/۵ میلی‌گرم در لیتر NAA+ ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر BA انتقال داده شدند (این محیط براساس مطالعه منابع انتخاب شد) (Teixeira da Silva *et al.*, 2015). پس از گذشت سه ماه پرآوری صورت گرفت. گیاهچه‌های به‌دست آمده جهت سازگاری به گلدان‌های با قطر دهانه ۷ سانتی‌متر حاوی ۵۰ درصد کوکوپیت و ۵۰ درصد پرلیت، منتقل شدند (شکل ۶). جهت سازگاری بهتر روی هر گلدان یک لیوان پلاستیکی شفاف قرار داده شد و پس از سازگاری کامل از روی گیاه برداشته شد و همه گیاهچه‌ها پس از انتقال به محیط بیرون از شیشه سازگاری نشان دادند.

نتایج و بحث

آزمایش اول: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر رقم بر میزان آلودگی و قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌های گیاه آنتوریوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ریزنمونه‌ها اثر معنی‌داری بر میزان آلودگی و قهوه‌ای‌شدن نشان ندادند. اثر تیمار بر آلودگی معنی‌دار نبود اما در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری بر قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها نشان داد. اثر متقابل رقم و ریزنمونه اختلاف معنی‌داری بر میزان هر دو صفت مورد مطالعه نشان نداد. اثر متقابل رقم و تیمار بر میزان آلودگی و قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل ریزنمونه و تیمار در سطح احتمال یک درصد بر میزان آلودگی معنی‌دار بود اما اثر معنی‌داری بر میزان قهوه‌ای شدن ریزنمونه‌ها نشان نداد. اثر سه‌گانه رقم، ریزنمونه و تیمار بر میزان آلودگی ریزنمونه‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثر معنی‌داری بر قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها مشاهده نشد (جدول ۳).

با بررسی اثرات سه‌گانه تیمار، رقم و ریزنمونه مشخص شد که بیشترین میزان آلودگی (۱۰۰ درصد) در رقم قرمز، ریزنمونه برگ در تیمارهای S1، S2، S3، S5 و در ریزنمونه جوانه در تیمارهای S4، S5 و S6 و نیز در رقم لب ماتیکی در ریزنمونه برگ و تیمار S3 در ریزنمونه جوانه در تیمارهای S2 و S6 ایجاد شده است (شکل ۱). در بررسی اثرات سه گانه کمترین میزان آلودگی (صفر درصد) در رقم قرمز، ریزنمونه برگ و تیمار S6، در رقم لب ماتیکی در ریزنمونه برگ در تیمار S2 و S6، همچنین در ریزنمونه جوانه در تیمار S1 حاصل شد (شکل 1a).

یکی از مراحل حیاتی کشت‌بافت، استقرار کشت در شرایط درون‌شیشه است. دو مشکل اصلی در این مرحله وجود دارد: انتخاب صحیح ریزنمونه‌ها و فرآیند ضدعفونی. در ضدعفونی سطحی باید اطمینان حاصل شود که نمونه‌های قرار داده شده در محیط درون‌شیشه از هر گونه آلودگی میکروبی عاری باشند. در پژوهش حاضر، شش تیمار مختلف جهت ضدعفونی ریزنمونه‌های گیاه آنتوریوم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در ریزنمونه‌های جوانه کاربرد تیمارهای S1 و S6 و در ریزنمونه‌های برگ تیمارهای S2 و S6، بهترین عملکرد را در کاهش آلودگی داشتند. این تیمارها حاوی ترکیبات آنتی‌بیوتیک و نانوذرات نقره بودند که وجه تمایز میان آن‌ها و سایر تیمارها است. یکی از مشکلات در تکثیر درون شیشه‌ای گیاه آنتوریوم، آلودگی ریزنمونه‌ها بوده که منجر به عدم موفقیت در کشت‌بافت آن می‌گردد. آلودگی میکروبی یکی از بزرگ‌ترین مشکلات در کشت درون‌شیشه‌ای گیاهان است که مستقیماً بر هزینه تولید و نگهداری ریزنمونه‌های ارزشمند تأثیر می‌گذارد. آلاینده‌های باکتریایی به‌ویژه مشکل‌ساز هستند، زیرا اغلب تنها پس از چند بار واکشت از کشت‌های به ظاهر تمیز ظاهر می‌شوند (Fang and Hsu, 2012). نتایج این پژوهش با Mendi و همکاران (۲۰۲۴) که ترکیب محلول‌های آنتی‌بیوتیک استرپتومایسین، کلرید جیوه و اتانول را برای

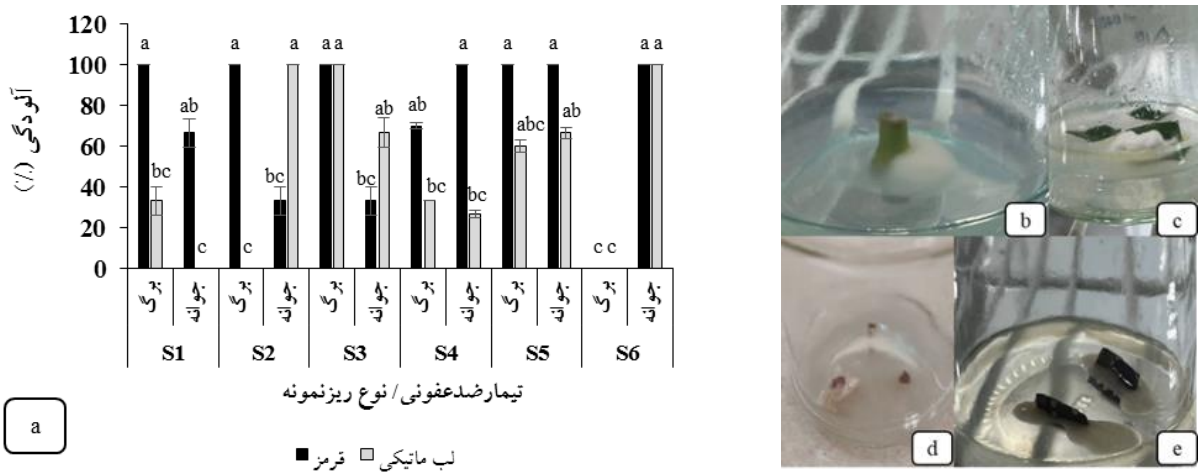
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر رقم، ریزنمونه و تیمارهای مختلف ضدعفونی بر میانگین مربعات قهوه‌ای‌شدن و آلودگی در محیط‌کشت MS گیاه آنتوریوم (*A. andreanum*).

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات	
		آلودگی	قهوه‌ای شدن
رقم (A)	۱	۱۲۵۳۴/۷۲**	۱۴۸۹۴/۳۸**
ریزنمونه (B)	۱	۱۱۶۸/۰۵ ns	۱۶۰۵/۵۵ns
تیمار (C)	۵	۲۱۰۵/۸۳ ns	۳۰۱۹/۰۸*
A×B	۱	۳۶۱۲/۵۰ ns	۹۳۸/۸۸ns
A×C	۵	۳۱۱۴/۷۲*	۱۸۲۹/۲۲ *
B×C	۵	۸۱۸۵/۰۵**	۲۱۴۹/۷۲ ns
A×B×C	۵	۳۸۱۹/۱۶**	۱۷۲۴/۵۲ ns
خطا	۴۸	۱۰۱۰/۰۶	۱۱۷۵/۸۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۶/۱۰	۱۰/۹۰

*** و ** به ترتیب نشان‌دهنده معناداری در سطوح ۵ و ۱٪ و ns نشان‌دهنده غیرمعنادار بودن است.**



شکل ۱- اثر سه‌گانه تیمار، رقم و ریزنمونه بر درصد آلودگی ریزنمونه‌های کشت‌شده در شرایط درون شیشه در گیاهان آنتوریوم (*Anthurium andreanum*) (a). نمونه‌هایی از آلودگی قارچی در ریزنمونه‌های b) جوانه و c) برگ و آلودگی باکتریایی در d) ریزنمونه‌های جوانه و e) برگ گیاهان آنتوریوم.

ضدعفونی ریزنمونه‌های نوک شاخساره آنتوریوم مؤثر دانستند، (Mendi *et al.*, 2024) مطابقت داشت. تتراسایکلین با جلوگیری از ترکیب پروتئین در باکتری‌ها عمل می‌کند. این آنتی‌بیوتیک به واحدی ۳۰ S ریبوزوم باکتری‌ها متصل می‌شود و باعث اختلال در فرآیند ترجمه (ترکیب پروتئین) می‌شود. این عمل باعث می‌شود که باکتری‌ها نتوانند پروتئین‌های ضروری برای رشد و تکثیر خود را تولید کنند و در نتیجه می‌میرند (Surre *et al.*, 2018).

مرحله ضدعفونی سطحی یکی از مراحل مهم در جلوگیری از شیوع آلودگی‌های قارچی و باکتریایی بر روی ریزنمونه‌ها، طی مراحل کشت‌بافت است. در این تحقیق آلودگی‌های سطحی بسیار شدیدی در ریز نمونه‌ها مشاهده شد، ولی کاربرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

همزمان محلول کلرید جیوه و اسید سیتریک آلودگی‌های قارچی را به‌طور کامل از بین برد. با گذشت حدوداً چهار تا ده روز از کشت گیاهان، آلودگی باکتریایی در ریزنمونه‌ها مشاهده شد و گسترش یافت. بنابراین آلودگی باکتریایی، در این گیاهان از نوع آلودگی اندوفیت بوده است.

نانوذرات نقره به دلیل خواص ضدمیکروبی قوی خود در برابر طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها، به عنوان یک عامل استریل‌کننده امیدوارکننده در کشت‌بافت گیاهی مطرح شده‌اند. مکانیسم اساسی که از طریق آن نانوذرات نقره اثرات ضدمیکروبی خود را اعمال می‌کنند، شامل توانایی آنها در نفوذ به سلول‌های میکروبی و القای تغییرات ساختاری و عملکردی در اجزای درون سلولی از جمله اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و لیپیدها است که در نهایت منجر به مرگ سلولی می‌شود (Park *et al*., 2021; Wang *et al*., 2017). این حالت عملکرد چند هدفی، ایجاد مقاومت را برای میکروارگانیسم‌ها دشوار می‌کند، زیرا برای غلبه بر اثرات ضدمیکروبی، به جهش‌های ژنی همزمان متعددی نیاز است (Wang *et al*., 2017). نتایج ثبت‌شده در این مطالعه نشان می‌دهد که نانوذرات نقره به عنوان ضدعفونی‌کننده‌های بالقوه عمل کرده و می‌توانند جایگزین ضدعفونی‌کننده‌های رایج شوند. اثربخشی ضدمیکروبی نانوذرات نقره (AgNPs) تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله اندازه، ابعاد و نوع خاص آن‌ها قرار دارد (Parzymies, 2021). به‌طورکلی، نانوذرات کوچک‌تر به دلیل نسبت سطح به حجم بیشتر و توانایی برتر در تعامل و نفوذ به سلول‌های میکروبی، اثرات ضدمیکروبی بهتری نشان می‌دهند (Ahlawat *et al*., 2022). در مقایسه با عوامل استریل‌کننده سنتی، نانوذرات نقره سمیت کمتری از خود نشان می‌دهند و تحمل بافتی بهتری دارند، که آن‌ها را به ویژه برای ریزنمونه‌های حساس مناسب می‌سازد (Park *et al*., 2021). با این حال، توجه به این نکته مهم است که در حالی که نانوذرات نقره به‌طورکلی نسبت به استریل‌کننده‌های معمولی برای بافت‌های گیاهی کم‌ضررتر هستند، اثرات آن‌ها می‌تواند براساس گونه گیاهی و غلظت متفاوت باشد. در غلظت‌های بالاتر، آن‌ها ممکن است رشد و تکامل گیاه را مهار کرده و باعث آسیب بافتی و حتی مرگ شوند (Eisa *et al*., 2022). بنابراین، تعیین غلظت بهینه که اثربخشی ضدمیکروبی را با زنده ماندن ریزنمونه متعادل کند، برای هر گونه گیاهی و نوع بافت خاص، حیاتی است. براساس این نتایج، مهار آلودگی بستگی به غلظت و زمان قرارگیری عامل روی نمونه‌ها کمترین میزان قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها (۱۸/۳۳ درصد) در تیمار S5 و بیشترین میزان (۶۲/۹۱ درصد) در تیمار S6 حاصل شد (شکل ۲a). ریزنمونه‌ها در رقم قرمز نسبت به لب‌ماتیکی کمتر (۲۲/۵ درصد) قهوه‌ای شدند (شکل ۲b). در تیمار S5 از محلول نانوذرات نقره استفاده شده بود. در تیمارهای S1 و S4 نیز که به‌ترتیب ۳۶/۸۳ و ۲۵/۰۰ درصد قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها مشاهده شد، از ترکیب تتراسایکلین استفاده شده بود. قهوه‌ای‌شدن در کشت‌بافت گیاهی را می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد: غیرآنزیمی و آنزیمی. قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی از طریق فرایندهایی مانند واکنش میلارد و پیرولیز قندها رخ می‌دهد و به‌طورکلی مانع جدی رشد طبیعی نمی‌شود. در مقابل، قهوه‌ای‌شدن آنزیمی که در کشت‌بافت گیاهی غالب است، یک چالش قابل توجه به شمار می‌رود. این نوع قهوه‌ای شدن شامل اکسیداسیون ترکیبات فنلی به o-کینون‌های ناپایدار توسط آنزیم‌هایی مانند پلی‌فنول اکسیداز (PPO)، پراکسیداز (POD) و ال- فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) است (Ru *et al*., 2013). استفاده از اسید آسکوربیک می‌تواند نقش مهمی در کاهش تولید فنل و قهوه‌ای شدن ریزنمونه‌ها داشته باشد که با نتایج Hesami و همکاران (۲۰۱۷) در گیاه انجیر معابد (*Ficus religiosa*) مطابقت داشت (Hesami *et al*., 2017).

آزمایش دوم: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (۴) اثر محیط‌کشت در سطح احتمال یک درصد بر القای کالوس و زمان تا القای کالوس و در سطح احتمال پنج درصد بر رنگ کالوس معنی‌دار بود و در سایر صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثر تیمار تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در سطح احتمال یک درصد بر میزان قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها معنی‌دار شد و بر زمان تا القای کالوس در سطح احتمال پنج درصد

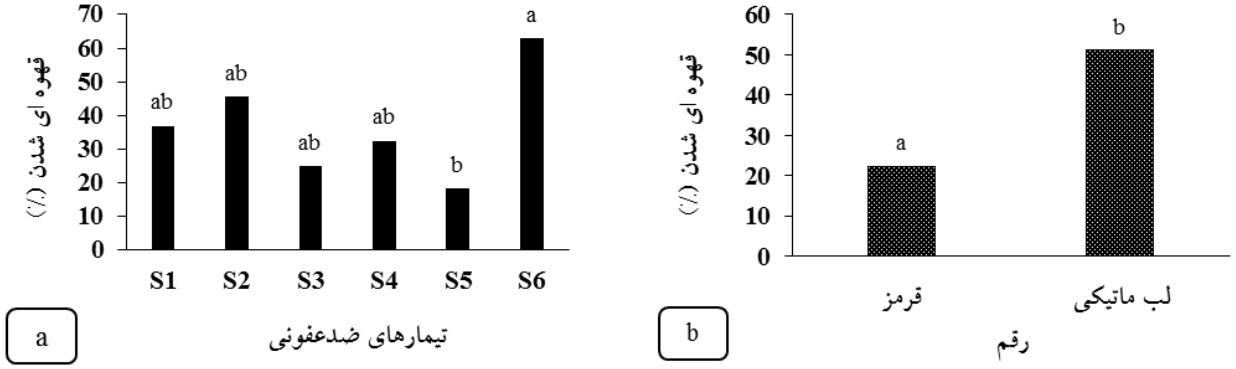
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر محیط‌کشت و تیمارهای مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر میانگین مربعات کالوس‌زایی در گیاه آنتوریوم (*A. andreanum*).

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات			
		کالوس‌زایی	زمان تا القای کالوس	قهوه‌ای شدن ریزنمونه‌ها	رنگ کالوس
محیط‌کشت (A)	۱	۶۱۲۸/۷۲**	۵۱۸/۶۵ **	۳۷۸۷/۸۷ns	۱۰/۲۴*
تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (B)	۱۰	۹۰۱/۳۸ ns	۱۱۲/۷۰ *	۵۴۲۴/۲۴**	۳/۴۹ns
A×B	۱۰	۱۷۲۸/۷۲ ns	۱۳۶/۵۲**	۱۱۲۱/۲۱ns	۷/۶۰**
خطا	۴۴	۴۷۵/۶۹	۴۷/۱۲	۱۰۶۰/۶۰	۲/۱۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۳/۵۰	۳۳/۵۰	۲۸/۰	۳۰/۳

*** و ** به ترتیب نشان‌دهنده معناداری در سطوح ۵ و ۱٪ و ns نشان‌دهنده غیرمعنادار بودن است.**



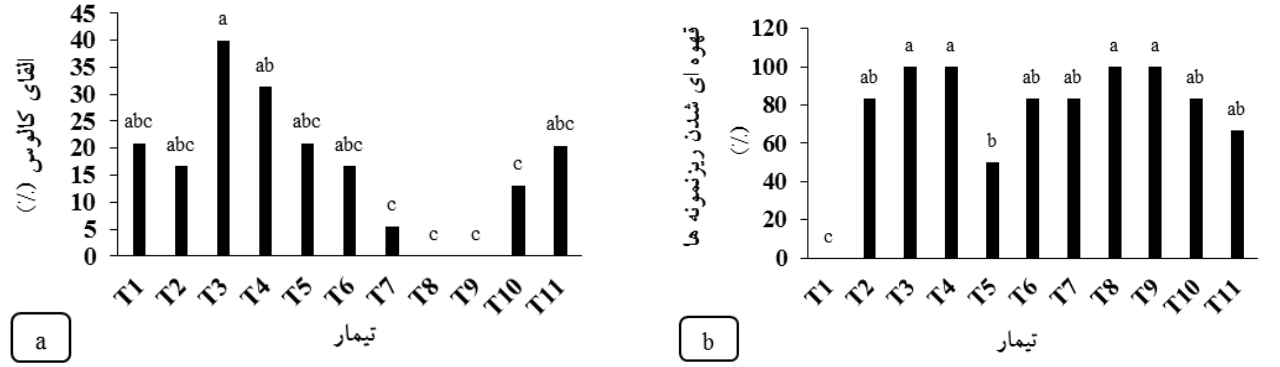
شکل ۲- اثر a) تیمارهای ضدعفونی و b) رقم بر درصد قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌های کشت‌شده درون شیشه‌ای در گیاه آنتوریوم (*Anthurium andreanum*).

معنی‌داری را نشان داد اما بر کالوس‌زایی و رنگ کالوس اثر معنی‌داری نشان نداد. اثر متقابل محیط‌کشت و تیمار تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در سطح احتمال یک درصد بر رنگ کالوس ریزنمونه‌ها و زمان تا القای کالوس معنی‌دار شد اما بر سایر صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴).

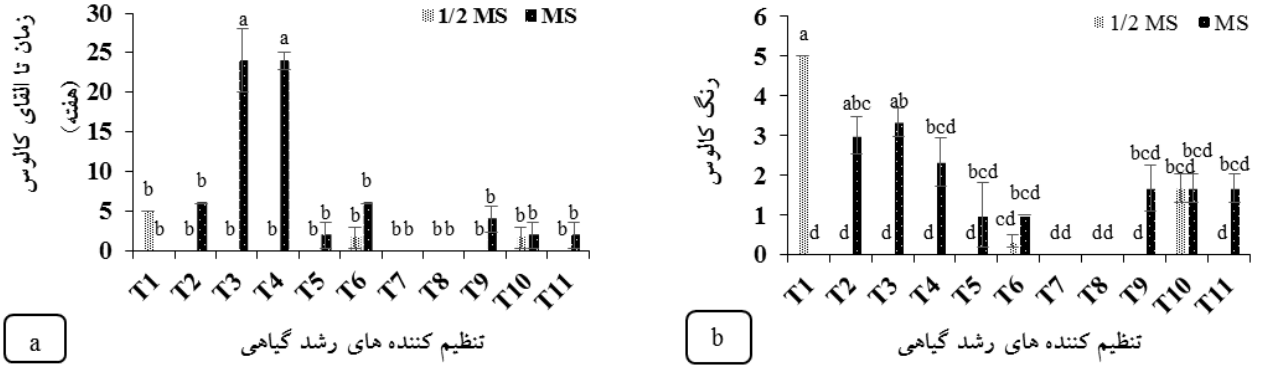
بیش‌ترین درصد تشکیل کالوس در تیمار T3 (۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D + پنج درصد شیره نارگیل) به‌میزان ۴۰/۰۰ درصد حاصل شد و پس از آن به‌ترتیب تیمارهای T4 (۳۱/۳۳ درصد)، T1 (۲۰/۸۳ درصد)، T5 (۲۰/۸۳ درصد)، T11 (۲۰/۵۰ درصد)، T2 (۱۶/۶۷ درصد) و T6 (۱۶/۶۷ درصد) منجر به بیش‌ترین میزان تشکیل کالوس شدند (شکل ۳a). در تیمارهای T3، T4، T8 و T9 ۱۰۰ درصد ریزنمونه‌ها قهوه‌ای شدند (شکل ۳b). در تیمار T1 نمونه‌ها هیچ‌گونه اثری از قهوه‌ای‌شدن نشان ندادند (صفر درصد) (شکل ۳b).

بیش‌ترین مدت زمان تا تشکیل کالوس یعنی ۲۴ هفته در محیط‌کشت MS و تیمارهای T3 و T4 و کمترین زمان تشکیل تا کالوس در محیط‌کشت MS به ترتیب در تیمارهای T5 (دو هفته)، T10 (دو هفته)، T11 (دو هفته)، T9 (چهار هفته)، T2 (شش هفته) و T6 (شش هفته) بود. در ضمن در محیط‌کشت MS ½ در تیمارهای T2، T3، T4، T5، T7، T8، T9 و T11 و نیز در محیط‌کشت MS در تیمارهای T1، T7 و T8 هیچ گونه کالوسی تشکیل نشد (شکل ۴a) با بررسی رنگ کالوس‌ها مشخص شد که کالوس‌های با رنگ سبز (نمره ۵) در تیمار T1 و محیط‌کشت ½MS تشکیل شده است (شکل ۴b و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]



شکل ۳- اثر تیمار بر a) درصد القای کالوس و b) قهوه‌ای شدن ریزنمونه‌های درون‌شیشه‌ای در گیاه آنتوریوم (*Anthurium andreanum*).

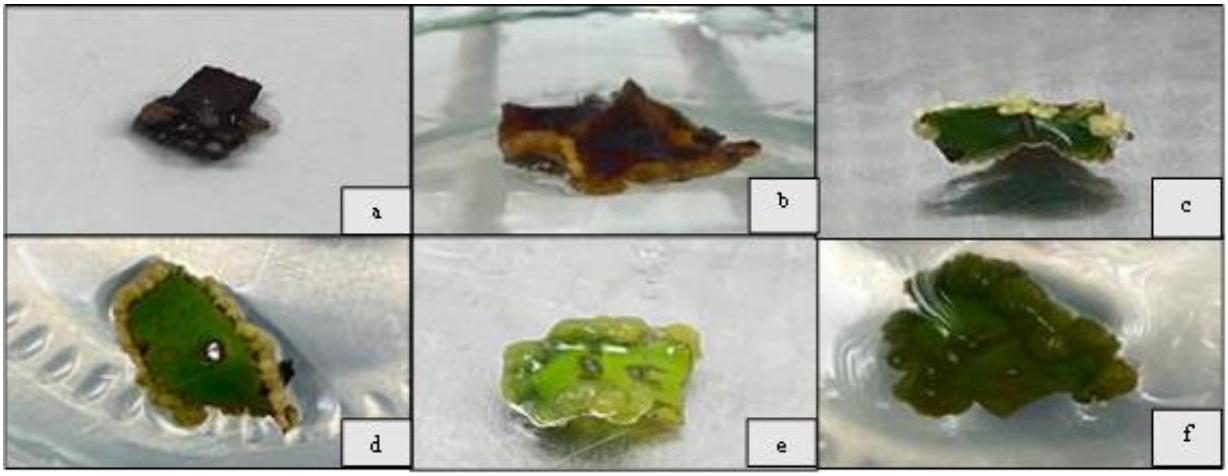


شکل ۴- اثر متقابل تیمار و محیط‌کشت بر a) زمان تا القای کالوس و b) رنگ کالوس در گیاه آنتوریوم (*Anthurium andreanum*).

شکل 5F). این کالوس دارای بافت سفت و منسجمی بود. همچنین در محیط‌کشت MS ½ در تیمار T6 کالوس‌های قهوه‌ای رنگ با بافت غیرمتراکم تشکیل شد (شکل 5A)، در محیط‌کشت MS در تیمارهای T4، T5، T6، 96، T10 و T11 کالوس‌های زرد (سفید و شیری) رنگ با بافت نسبتاً متراکم تشکیل شد (شکل 5D)، در تیمارهای T2 و T3 در محیط‌کشت MS کالوس‌های به رنگ سبز کم‌رنگ و بافت غیرمنسجم تشکیل شد (شکل 5E).

ایجاد کالوس برای دستیابی به افزایش میزان ریزازدیادی بسیار حیاتی است. در مطالعات ریزازدیادی گیاه آنتوریوم، موفقیت پروتکل‌ها به نوع رقم، نوع ریزنمونه و اجزای محیط‌کشت مورد استفاده برای تجدید ساقه و ریشه وابسته است (Budiarto, 2010). عموماً ریزنمونه‌های برگ برای تکثیر از طریق اندام‌زایی غیرمستقیم مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Farsi *et al.*, 2012) که در این آزمایش نیز همین کار صورت گرفت. در پژوهشی از برگ، دمبرگ، اسپات و اسپادیکس آنتوریوم استفاده شد (Zhou *et al.*, 2012). زمان ایجاد کالوس با ژنوتیپ‌های مختلف آنتوریوم متفاوت بود. تشکیل کالوس ۶۰ روز پس از کشت ریزنمونه‌های *A. andraeanum* 'Terra' مشاهده شد (Farsi *et al.*, 2012). در مطالعه حاضر، تشکیل کالوس پس از حدود حداقل ۲ تا ۲۴ هفته از کشت مشاهده شد. هنگامی که کالوس‌ها به محیط‌کشت پرآوری منتقل شدند و به مدت ۶۰ روز نگهداری شدند، ساقه و برگ اضافی تشکیل شد. سپس، گیاهچه‌ها به مدت یک هفته سازگار شدند. گیاهچه‌ها جهت سازگاری به‌گلدان‌های حاوی ۵۰ درصد کوکوپیت و ۵۰ درصد پرلایت که پس از آماده‌سازی اولیه بستر کشت، با آب‌مقطر کمی مرطوب شده بود و همزمان با قارچ‌کش بنومیل (۱/۵ گرم در لیتر) خیسانده شده بود، منتقل شدند. بستر کشت درون گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه هفت سانتی‌متر ریخته و برای انتقال گیاهچه‌ها به درون آنها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]



شکل ۵- رنگ‌های مختلف کالوس‌های القایی a) تشکیل کالوس در ریزنمونه برگ قهوه‌ای در محیط‌کشت MS حاوی ۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۲ میلی‌گرم در لیتر NAA + ۵٪ شیره نارگیل، b) کالوس زرد و قهوه‌ای در محیط‌کشت MS حاوی ۱ میلی‌گرم در لیتر BA + ۲ میلی‌گرم در لیتر NAA، c) کالوس زرد روشن در محیط‌کشت MS + ۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D، d) کالوس زرد در محیط‌کشت MS + ۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D، e) کالوس سبز و زرد در محیط‌کشت MS ½ + ۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۲ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D، f) کالوس سبز در محیط‌کشت MS ½ + ۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D

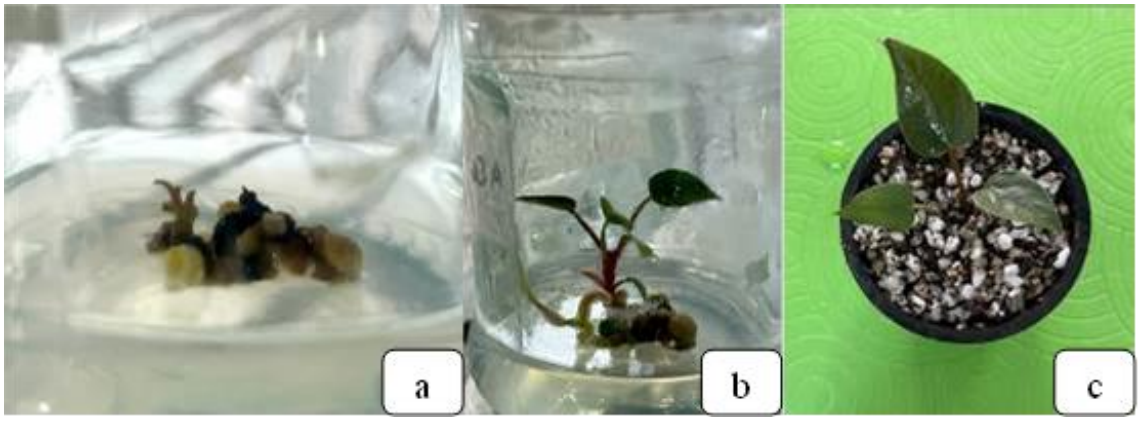
آماده شدند. جهت سازگاری بهتر روی هر گلدان یک لیوان پلاستیکی شفاف قرارداده شد و پس از سازگاری کامل از روی گیاه برداشته شد.

سطح القای کالوس و قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها در میان انواع مختلف آنتوریوم به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است و نشان‌دهنده یک همبستگی منفی قابل توجه بین این دو پارامتر است (Jiang *et al*., 2006). بنابراین تشکیل کالوس می‌تواند با کنترل قهوه‌ای‌شدن ریزنمونه‌ها افزایش یابد.

موفقیت کالوس و اندام‌زایی در مطالعات درون‌شیشه‌ای آنتوریوم به انتخاب تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (PGR) و افزودنی‌های محیط‌کشت بستگی دارد. دامنه وسیعی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، از جمله BA، 2.4-D، TDZ، زآتین، کینتین (Kin)، NAA، اسید ایندول-۳-بوتیریک (IBA)، اسید ایندول-۳- استیک (IAA) و غیره، به‌صورت تنها یا ترکیبی برای تکثیر درون‌شیشه‌ای آنتوریوم استفاده شده است. مناسب‌ترین غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی یا ترکیبات آن‌ها برای واریته‌های مختلف، ریزنمونه‌ها یا مراحل کشت متفاوت بود، که عمدتاً شامل القای کالوس، تمایز و تکثیر جوانه، تشکیل ریشه و سایر فرآیندهای اندام‌زایی می‌شود. در برخی تحقیقات مشخص شد که هورمون‌های گیاهی به‌تنهایی مانند BA، Kin و 2.4-D قادر به القای کالوس نبودند و ترکیبی از اکسین‌ها و سیتوکین‌ها برای القای کالوس از بافت برگ ضروری بود (Wu, 2010) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. با کشت ریزنمونه‌های برگ *A. andraeanum* القای کالوس با افزایش غلظت BA از ۱ به ۲/۰ میلی‌گرم در لیتر بهبود یافت (Gao YueRong *et al*., 2013) که با نتایج این پژوهش مطابقت نشان داد و با افزایش مقدار BA به ۲ میلی‌گرم در لیتر کالوس‌زایی بیشتری صورت گرفت. نسبت اکسین (2.4-D) و سیتوکینین (BA) از تأثیر تکی هر یک برای القای کالوس در *A. andraeanum* 'YNG5' مهم‌تر گزارش شد و ترکیب ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر 2.4-D و ۲ میلی‌گرم در لیتر BA مناسب‌ترین بود که با یافته‌های این پژوهش مطابقت نشان داد (Zhou *et al*., 2012). کاربرد BA در مقایسه با کاربرد کاینتین در محیط‌کشت گیاه *Haworthia cooperi* و نیز ژربرا بر پارامترهای باززایی مؤثرتر بود (Kharrazi *et al*., 2018, 2022).

در این پژوهش با وجود استفاده از نسبت‌های هورمونی متنوع برای کشت‌بافت با مشاهده و بررسی نمونه‌های کشت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]



شکل ۶- مراحل مختلف ریزازدیادی گیاه آنتوریوم a) القای کالوس در ریزنمونه برگ در محیط‌کشت MS حاوی ۲ میلی‌گرم بر لیتر BA + ۲ میلی‌گرم بر لیتر NAA + ۵٪ شیره نارگیل، b) باززایی کالوس‌ها و تشکیل برگ و شاخساره و ریشه در محیط‌کشت MS حاوی یک میلی‌گرم در لیتر 2.4-D +۰/۵ میلی‌گرم در لیتر NAA+ ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر BA و c) انتقال گیاهان ریشه‌دار به گلدان حاوی ۵۰ درصد پرلیت+ ۵۰ درصد کوکوپیت

شده هیچ گونه اندام‌زایی در برخی بافت‌های کالوسی مشاهده نشد که علت آن ممکن است استفاده از 2.4-D باشد. زیرا گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه استفاده از این هورمون سبب توقف اندام‌زایی و تمایزیابی بافت‌ها می‌شود و کال‌زایی را تسریع می‌کند (Rahmati *et al.*, 2017). با اینکه کشت ریزنمونه‌های اولیه به کار رفته در تحقیق همزمان انجام گرفت، ویژگی‌های کیفی از جمله بافت و رنگ کالوس‌های ایجادشده در محیط‌کشت‌ها متفاوت بود. کالوس‌ها در محیط‌کشت تیمار T1 (۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر 2.4-D) و محیط‌کشت ½MS به‌رنگ سبز تیره بودند، در صورتی‌که در محیط‌کشت MS تیمارهای T4، T5، T6، T9، T10 و T11 کالوس‌های زرد (سفید و شیری) داشتند. کالوس‌های محیط‌کشت MS ½ در تیمار T6 (۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۲ میلی‌گرم در لیتر NAA + پنج درصد شیره نارگیل) بافتی شل داشتند و رنگشان قهوه‌ای تیره مایل به سیاه بود (شکل ۶A). ازآنجا که کیفیت کالوس به نوع و مقدار عناصر موجود در محیط‌کشت (ماکرو و میکرو ویتامین‌ها و غیره) وابسته است، محیط‌کشت و تنظیم‌کننده‌های مختلف رشد می‌توانند بر این متغیر اثرگذار باشند. نتایج این تحقیق نشان داد که نوع محیط‌کشت پایه یا به عبارت دیگر نوع و غلظت عناصر غذایی ممکن است بر میزان کالوس‌زایی اثر قابل‌توجهی داشته باشد. کال‌زایی در هر دو محیط‌کشت از ابتدای هفته دوم کشت آغاز شد، اما در عین‌حال در طول مدت یکسان آزمایش، محیط‌کشت MS حجم بیشتری کالوس نسبت به محیط‌کشت MS ½ داشت. در این پژوهش یکی از ترکیباتی که در القای کالوس مؤثر بود، شیره نارگیل بود. مطالعه حاضر نشان داد که شیره نارگیل یکی از مواد مؤثر در القای توده کالوس بود که این امر می‌تواند به‌دلیل غلظت‌های بالای گلوکز و فروکتوز، همچنین مواد معدنی، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب مختلف باشد (Ebrahimzadeh *et al.*, 2023). همچنین شیره نارگیل حاوی دی‌فنل اوره (که به عنوان سیتوکینین عمل می‌کند) است و می‌تواند با القای تقسیم سلولی گیاهی، رشد را تسریع کند. همچنین مشخص شد که ۱۰٪ آب نارگیل در تولید کالوس بیشتر در *Phalaenopsis violacea* مؤثرترین است (Pavallekoodi Gnasekaran *et al.*, 2010). نتایج به‌دست آمده با Ebrahimzadeh و همکاران (۲۰۲۳) روی *Silybum marianum* L. نیز مطابقت داشت. آنها گزارش کردند که افزودن شیره نارگیل به محیط‌کشت حاوی ترکیب BAP و NAA موجب افزایش القای کالوس شد. 2.4-D به میزان بیشتری از یک اکسین سنتزی دیگر، یعنی NAA، باعث تکثیر سلول‌ها می‌شود. در پژوهشی ترکیب 2.4-D و BAP در القای کالوس در گیاه *Vaccinium corymbosum* بسیار مؤثر اعلام

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

شد (Rybin *et al*., 2024).

جهت باززایی با توجه به مطالعات صورت گرفته در منابع از محیط‌کشت شامل یک میلی‌گرم در لیتر 2.4-D +۰/۵ میلی‌گرم در لیتر NAA+ ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر BA استفاده شد (Teixeira da Silva *et al*., 2015). پس از باززایی، گیاهچه‌ها جهت سازگاری به گلدان‌های حاوی ۵۰ درصد کوکوپیت و ۵۰ درصد پرلیت منتقل شدند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، یک پروتکل مناسب جهت استریل‌سازی برگ و جوانه *Anthurium andreanum* با استفاده از آنتی‌بیوتیک، نانوذرات نقره و سایر عوامل استریل‌کننده شیمیایی معرفی شد. نانوذرات نقره به‌طور قابل‌توجهی درصد بقا و استریل‌سازی برگ و جوانه را نسبت به سایرتیمارها افزایش داد. هر چند نانوذرات نقره، آنتی‌بیوتیک‌ها و سایر استریل‌کننده‌ها مؤثر بودند اما به‌دلیل سمیت خود تأثیرات مضری مانند قهوه‌ای شدن را بروز دادند. کالوس‌زایی در ریزنمونه‌های برگ کار بسیار دشواری بود که با استفاده از ترکیب ۲ میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D + پنج درصد شیره نارگیل به‌خوبی صورت گرفت. جهت دستیابی به یک پروتکل مناسب، کاهش زمان کالوس‌زایی مدنظر است که با افزایش مقدار NH_4NO_3 به ۲۵۳ میلی‌گرم در لیتر (تیمارهای T10 و T11) و نیز ترکیب مناسب دو تنظیم‌کننده رشد BA و NAA (تیمار T4) طی دو هفته این نتیجه حاصل شد. بنابراین با توجه به اینکه این گیاه ارزش زینتی بالایی دارد، دستیابی به روش بهینه ریززازدیادی گیاه، زمینه را جهت انجام آزمایش‌های گسترده‌تر جهت بهره‌برداری بیشتر از این گیاه محبوب را فراهم می‌نماید.

منابع

Ahlawat, J., Sehrawat, A. R., Choudhary, R., & Yadav, S. K. (2022). Biologically synthesized silver nanoparticles eclipse fungal and bacterial contamination in micropropagation of *Capparis decidua* (FORSK.) Edgew: A substitute to toxic substances. *Indian Journal of Experimental Biology (IJEB)*, *58*(05), 336-343.

Ahmed, N., Mohamed, H. F., Xu, C., Lin, X., & Huang, L. (2022). A novel surface sterilization method using *Artemisia dracunculus* extract for tissue culturing of endangered species *Sargassum fusiforme*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. https://link.springer.com/article/10.1007/s11240-022-02239-y

Bharti, N., Kapoor, B., Shaunak, I., Sharma, P., & Sharma, R. (2018). Effect of sterilization treatments on in vitro culture establishment of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *IJCS*, *6*(5), 1165-1168.

Budiarto, K. (2010). Spectral quality affects morphogenesis on Anthurium plantlet during in vitro culture. *Agrivita Journal of Agricultural Science*, *32*(3), 234-240.

Cardoso, J. C. (2019). Silver nitrate enhances in vitro development and quality of shoots of *Anthurium andraeanum. Scientia Horticulturae*, *253*, 358-363. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.054

Cardoso, J. C, & Habermann, G. (2014). Adventitious shoot induction from leaf segments in *Anthurium andreanum* is affected by age of explant, leaf orientation and plant growth regulator. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *55*(1), 56-62. https://doi.org/10.1007/s13580-014-0022-9

Ebrahimzadeh, M. H., Naseri, M., Younesikelaki, F. S., & Javan, I. Y. (2023). Influence of plant growth regulators on callus induction, silymarin production and antioxidant activity in *Silybum marianum* L. Gaertn. by tissue culture. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *10*(2), 223-236.

Eisa, E. A., Tilly-Mándy, A., Honfi, P., Shala, A. Y., & Gururani, M. A. (2022). Chrysanthemum: A comprehensive review on recent developments on in vitro regeneration. *Biology*, *11*(12), 1774. https://doi.org/10.3390/biology11121774

Fang, J. Y, & Hsu, Y. R. (2012). Molecular identification and antibiotic control of endophytic bacterial contaminants from micropropagated Aglaonema cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *110*, 53-62. doi.org/10.1007/s11240-012-0129-6

Farsi, M., Taghavizadeh, Y. M., & Qasemiomran, V. (2012). Micropropagation of *Anthurium andreanum* cv. Terra. *African Journal of Biotechnology*, *11*(68), 13162-13166. DOI:10.5897/AJB12.893

Gao YueRong, G. Y., Niu JunHai, N. J., Yang GuangSui, Y. G., Huang SuRong, H. S., Chen JinHua, C. J., Leng QingYun, L. Q., & Yin JunMei, Y. J. (2013). Establishment of in vitro propagation system based on *Anthurium andraeanum* ('Fiesta'and'Altimo'). https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20133264409

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

Hesami, M., Daneshvar, M. H., & Lotfi-Jalalabadi, A. (2017). Activated charcoal, ascorbic acid and phloroglucinol control callus browning and induce indirect organogenesis in *Ficus religiosa* L. *Flower and Ornamental Plants*, *1*(2), 51-58. http://flowerjournal.ir/article-1-113-en.html

Jahan, M. T., Islam, M. R., Khan, R., Mamun, A. N. K., Ahmed, G., & Hakim, L. (2010). In vitro clonal propagation of Anthurium (*Anthurium andraeanum* L.) using callus culture. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, *19*(1), 61-69. https://doi.org/10.3329/ptcb.v19i1.4961

Jia, Y., Ma, Y., Guo, Y., & Li, M. (2007). Study on Tissue Culture of *Anthurium andraeanum*. Lind—Abstract—Europe PMC. https://europepmc.org/article/cba/631970

Jiang, L., Lan, T. W., Li, Y. H., Yi, M. S., Liang, C. H., & Zhang, Z. S. (2006). Factors influencing callus induction, proliferation and bud differentiation of *Anthurium andraeanum* Lind. *Seed*, *25*(11), 26-30.

Kane, M. (2003). Bacterial and fungal indexing of tissue cultures. *Journal of Allergy and Immunology*, *94*, 393-400.

Kharrazi, M., Moradian, M., Safari, N., Khadem, A., & Sharifi, A. (2022). Optimization of in vitro cultural conditions of Haworthia (*Haworthia Cooperi* Baker). *Plant Productions*, *45*(1), 53-66. https://doi.org/10.22055/ppd.2021.36744.1971

Kharrazi, M., Sharifi, A., Keykha Akhar, F., Bagheri, A., & Moradian, Y. M. (2018). Effect of hormonal compositions on micropropagation of fifteen cultivars of Gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hooker f.). *Plant Productions*, *40*(4), 91-102. https://doi.org/10.22055/ppd.2018.13443

Liu, G. F., Zhao, Q. Q., & Bao, M. Z. (2009). Factors affecting callus induction and plant regeneration from leaf explants of pot Anthurium (*Anthurium andraeanum* Lind.). *Journal of Huazhong Agricultural University*, *28*(3), 356-360.

Manh Cuong, D., Cong Du, P., Tung, H. T., Ngan, H. T. M., Luan, V. Q., Phong, T. H., Khai, H. D., Phuong, T. T. B., & Nhut, D. T. (2021). Silver nanoparticles as an effective stimulant in micropropagation of *Panax vietnamensis*—A valuable medicinal plant. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *146*(3), 577-588. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02095-2

Martinez-Estrada, E., Caamal-Velazquez, J. H., Morales-Ramos, V., & Bello-Bello, J. J. (2016). Light emitting diodes improves in vitro shoot multipication and growth of *Anthurium andraeanum* Lind. *Propagation of Ornamental Plants*, *16*, 51-59.

Mendi, Y. Y., Kacar, Y. A., Bicen, B., Cengiz, M., & Yildiz, C. (2024). Micropropagation of some Anthurium varieties for commercial in vitro production. *Book of Proceedings*, 181. https://www.researchgate.net/profile/Viktor-Husak/publication/382887418

Mo, V. T., Cuong, L. K., Tung, H. T., Huynh, T. V., Nghia, L. T., Khanh, C. M., Lam, N. N., & Nhut, D. T. (2020). Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from the seaweed *Kappaphycus striatus*. *Acta Physiologiae Plantarum*, *36*, 65-70. https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-020-03102-3#citeas

Murashige, T, & Skoog, F. (1962). A Revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiology Plant*, *15*, 179-473. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Oyebanji, O. B., Nweke, O., Odebunmi, O., Galadima, N. B., Idris, M. S., Nnodi, U. N., Afolabi, A. S., & Ogbadu, G. H. (2009). Simple, effective and economical explant-surface sterilization protocol for cowpea, rice and sorghum seeds. *African Journal of Biotechnology*, *8*(20), 20-28. https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/65980

Park, H. Y., Kim, K. S., Ak, G., Zengin, G., Cziaky, Z., JekHo, J., Adaikalam, K., Song, K., Kim, D. H., & Sivanesan, I. (2021). Establishment of a rapid micropropagation system for *Kaempferia parviflora* wall. Ex Baker: Phytochemical analysis of leaf extracts and evaluation of biological activities. *Plants*, *10*(4), 698. https://doi.org/10.3390/plants10040698

Parzymies, M. (2021). Nano-silver particles reduce contaminations in tissue culture but decrease regeneration rate and slows down growth and development of *Aldrovanda vesiculosa* explants. *Applied Sciences*, *11*(8), 3653. https://doi.org/10.3390/app11083653

Pavallekoodi Gnasekaran, P. G., Xavier Rathinam, X. R., Uma Rani Sinniah, U. R. S., & Sreeramanan Subramaniam, S. S. (2010). A study on the use of organic additives on the protocorm-like bodies (PLBS) growth of *Phalaenopsis violacea* orchid. *Journal of Physiology*, 29-33. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20113034564

Pinheiro, M. V. M., Martins, F. B., Cruz, A. C. F., Carvalho, A. C. P. P., Oliveira, E. J., & Otoni, W. C. (2014). Somatic embryogenesis inanthurium (*Anthurium andraeanum* cv. Eidibel) as affected by different explants. *Acta Scientiarum Agronomy*, *36*, 87-98. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i1.16557

Pinheiro, M. V. M., Martins, F. B., da Cruz, A. C. F., de Carvalho, A. C. P. P., Ventrella, M. C., & Otoni, W. C. (2013). Maturation of *Anthurium andraeanum* cv. Eidibel somatic embryos from nodal segments. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, *49*(3), 304-312. https://doi.org/10.1007/s11627-013-9522-z

Rahmati, Z., Payam Nour, V., Ghasemi Bezdi, K., & Ebrahimi, P. (2017). Optimization of culture medium for in vitro callogenesis in *Taxus baccata* L. and *T. berevifolia* Nutt. *Forest and Wood Products*, *70*(3), 381-391. https://doi.org/10.22059/jfwp.2017.111443.561

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

Rezazadeh, B., Ghanbari, A., Pourberami Hir, Y., & Haghjooyan, R. (2021). Investigation of different disinfection treatments on the explants of Cranberry (*Vaccinium arctostaphylos* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, *34*(1), 82-94.

Ru, Z., Lai, Y., Xu, C., & Li, L. (2013). Polyphenol oxidase (PPO) in early stage of browning of Phalaenopsis leaf explants. *Journal of Agricultural Science*, *5*(9), 57-64. http://ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/28291/17614

Rybin, D. A., Sukhova, A. A., Syomin, A. A., Zdobnova, T. A., Berezina, E. V., & Brilkina, A. A. (2024). Characteristics of callus and cell suspension cultures of highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivated in the presence of different concentrations of 2,4-D and BAP in a nutrient medium. *Plants*, *13*(23). https://doi.org/10.3390/plants13233279

Surre, J., Saint-Ruf, C., Collin, V., Orenga, S., Ramjeet, M., & Matic, I. (2018). Strong increase in the autofluorescence of cells signals struggle for survival. *Scientific Reports*, *8*(1), 1-14. https://doi.org/10.1038/s41598-018-30623-2

Teixeira da Silva, J. A., Dobranszki, J., Winarto, B., & Zeng, S. (2015). Anthurium in vitro: A review. *Scientia Horticulturae*, *186*, 266-298. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.024

Tung, H. T., Bao, H. G., Cuong, D. M., Ngan, H. T. M., Hien, V. T., Luan, V. Q., Vinh, B. V. T., Phuong, H. T. N., Nam, N. B., Trieu, L. N., Truong, N. K., Hoang, P. N. D., & Nhut, D. T. (2021a). Silver nanoparticles as the sterilant in large-scale micropropagation of chrysanthemum. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, *57*(6), 897-906. https://doi.org/10.1007/s11627-021-10163-7

Tung, H. T., Nam, N. B., Huy, N. P., Luan, V. Q., Hien, V. T., Phuong, T. T. B., Le, D. T., Loc, N. H., & Nhut, D. T. (2018). A system for large scale production of chrysanthemum using microponics with the supplement of silver nanoparticles under light-emitting diodes. *Scientia Horticulturae*, *232*, 153-161. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.063

Tung, H. T., Suong, P. T., Khai, H. D., Luan, V. Q., Cuong, D. M., Hien, V. T., Nam, N. B., Ngan, H. T. M., Bien, L. T., Phong, T. H., & Nhut, D. T. (2022). Protocorm-like body formation, stem elongation, and enhanced growth of *Anthurium andraeanum* 'Tropical' plantlet on medium containing silver nanoparticles. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, *58*(1), 70-79. https://doi.org/10.1007/s11627-021-10217-w

Tung, H. T., Thuong, T. T., Cuong, D. M., Luan, V. Q., Hien, V. T., Hieu, T., Nam, N. B., Phuong, H. T. N., Van The Vinh, B., & Khai, H. D. (2021b). Silver nanoparticles improved explant disinfection, in vitro growth, runner formation and limited ethylene accumulation during micropropagation of strawberry (*Fragaria ananassa*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *145*, 393-403. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02015-4

Wang, L., Hu, C., & Shao, L. (2017). The antimicrobial activity of nanoparticles: Present situation and prospects for the future. *International Journal of Nanomedicine*, *12*, 1227-1249. https://doi.org/10.2147/IJN.S121956

Wani, M. A., Nazki, I. T., Din, A., Iqbal, S., Wani, S. A., Khan, F. U., & Neelofar, (2018). Floriculture sustainability initiative: The dawn of new era. In: Sustainable Agriculture Reviews. (ed. Lichtfouse, E.) Pp. 91-127. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75190-0_4

Wu, A. L. (2010). Tissue culture in vitro and rapid propagation of *Anthurium andreanum*. *Gemomics Appllied Biology*, *29*(1), 185-190.

Yu YiXun, Y. Y., Liu Ling, L. L., Liu JuanXu, L. J., & Wang Jing, W. J. (2009). Plant regeneration by callus-mediated protocorm-like body induction of *Anthurium andraeanum*. *Horticultural Agricultural Science China*, *8*(5), 572-577.

Zamani, E., Dehestani-Ardakani, M., & Kamali Aliabad, K. (2019). Investigation the effects of different culture media on micropropagation of Abarkooh cypress plant (*Cupressus sempervirens* L. var. Horizontalis). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *25*(4), 19-34. https://doi.org/10.22069/jwfst.2019.15248.1756

Zhang, Y., Qiao, Y., Zhang, W., Liu, X., Gong, R., Wang, Z., & Zhang, Y. (2025). In vitro induction and characterization of *Anthurium andraeanum* 'Pink Champion' tetraploids. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*. 1-9. https://doi.org/10.1007/s11627-024-10476-3

Zhou, L. L., Wang, J., Yan, J. F., Zheng, B. P., Zhang, S. C., & Tan, J. Z. (2012). Effects of different explants on the primary culture and callus induction of *Anthurium andraeanum*. *Journal of Anhui Agriccultural Science*, *40*(28), 13720-13724.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]

Evaluation of the effect of silver nanoparticles and chemical disinfectants on reducing contamination and plant growth regulators on callus induction in anthurium (*Anthurium andreanum* Lindl.) plant

Maryam Rahmati[1], Maryam Dehestani-Ardakani[1, 2]*, Kazem Kamali Aliabad[3] and Azam Jafari[1]

[1] Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran
[2] Medicinal and Industrial Plant Research Institute, Ardakan, Iran
[3] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Yazd University, Yazd
(Received: 2025/05/01, Accepted: 2025/08/26)

Abstract

In the present study, the micropropagation of Anthurium (*Anthurium andraeanum* Lindl.) was investigated in the form of two separate experiments. In the first experiment, the effect of different types of chemical disinfectants on the reduction of contamination in leaf and bud explants was tested in a factorial experiment within a completely randomized design with three replicates. The first factor included six different disinfection methods (S1, S2, S3, S4, S5, and S6), the second factor comprised two types of explants (leaf and bud), and the third factor included two cultivars of Anthurium (red and lipstick). The results showed that the lowest contamination rate (zero percent) was achieved in treatment S6 (silver nanoparticles) for the red cultivar and leaf explant, as well as in treatments S2 and S6 for the lipstick cultivar and leaf explant, and also in treatment S1 for the bud explant of the same cultivar. In the second experiment, the effect of plant growth regulators on callus induction in leaf explants of the "lipstick cultivar was investigated in a factorial design within a completely randomized design with three replicates. The first factor comprised 11 treatments (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, and T11), and the second factor included two types of culture media (MS and ½ MS). The highest callus formation was observed in T3 treatment (2 mg L^{-1} BA + 0.5 mg L^{-1} 2,4-D + 5% coconut water), at a rate of 40.00%. For regeneration, the calluses were transferred to the MS medium containing 1 mg L^{-1} 2,4-D + 0.5 mg L^{-1} NAA + 1.5 mg L^{-1} BA. Overall, the use of compounds such as silver nanoparticles and antibiotics showed a positive effect in reducing contamination in the explants, and the ½ MS medium combined with BA and 2,4-D proved to be effective in callus induction in leaf explants.

Keywords: Antibiotics, Callus, Contamination, Culture medium, Silver nanoparticle

Corresponding author, Email: mdehestani@ardakan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.261]