مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۵ شماره ۳ صفحه‌های ۳۸۵ تا ۴۰۴ (۱۴۰۳)

مقاله پژوهشی

بهینه‌سازی کشت درون شیشه‌ای انجیر (*Ficus carica* L.) رقم سبز از ریزنمونه‌های جوانه انتهایی و جانبی

Optimization of Micropropagation of Fig (*Ficus carica* L.) cv. Sabz Using Shoot Tip and Single Node Explants

محبوبه هداوندخانی [۱]، عباس یداللهی [۱*]، مسلم جعفری [۲]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲. ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان، ایران

*نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (yadollah@modares.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۴

چکیده

امروزه ریزازدیادی گیاهان به‌عنوان روش اصلی تکثیر بسیاری از گونه‌های گیاهی، به‌ویژه گونه‌های گیاهی چوبی و مقاوم مانند درخت انجیر در نظر گرفته می‌شود. با این وجود، ریزازدیادی هنوز هم با محدودیت‌هایی از قبیل آلودگی‌های اندوفیت، ترشح ترکیبات فنولی و عدم وجود یک پروتکل ریزافزایی قابل‌اعتماد برای شماری گونه‌ها همراه است. هدف اصلی این مطالعه، دستیابی به یک پروتکل ریزافزایی قابل‌اعتماد و کارآمد از ریزنمونه جوانه انتهایی و جانبی برای انجیر، رقم سبز به‌عنوان با ارزش‌ترین رقم انجیر در ایران بود. در آزمایش اولیه غلظت‌های مختلف آنتی بیوتیک سفتریاکسون (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) برای حذف آلودگی اندوفیت باکتریایی ریزنمونه‌ها بررسی شد. برای مرحله استقرار، اثر دو محیط کشت پایه نمک (MS, WPM) و ترکیبات تنظیم کننده رشد گیاهی شامل BA در غلظت صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر و NAA در غلظت صفر و ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله پرآوری محیط کشت MS حاوی غلظت‌های مختلف BA (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر) ارزیابی شد. برای مرحله ریشه‌زایی از محیط کشت 1/2MS حاوی غلظت‌های مختلف IBA (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی گرم بر لیتر) استفاده شد و پس از چهار هفته (پایان مرحله ریشه‌زایی) شاخص‌های درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه‌ها و طول ریشه محاسبه شدند. نتایج نشان داد که باکتری‌های اندوفیت با کاربرد ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر سفتریاکسون با مؤفقیت حذف شدند. محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BA به تنهایی و یا همراه با ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA بهترین محیط کشت مرحله استقرار بود. علاوه بر این، محیط کشت MS حاوی ۲ میلی‌گرم در لیتر BA به عنوان بهترین محیط تکثیر با میانگین ۳/۲ شاخه شناسایی شد که به طور قابل توجهی متفاوت از سایر تیمارهای مورد استفاده بود. محیط کشت 1/2MS حاوی ۱/۵ میلی گرم IBA بیشترین درصد ریشه‌زایی (۸۸/۲۶ درصد)، طول ریشه (۶/۱۵ سانتی‌متر) و تعداد ریشه به ازاء قلمه (۸/۴۶) را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: انجیر، باکتری‌های اندوفیت، بهینه سازی محیط، ترکیبات فنلی، ریزازدیادی.

مقدمه

انجیر با نام علمی *Ficus carica* L. متعلق به خانواده توت‌سانان[۱] می‌باشد. در این تیره ۶۰ جنس و بیش از ۲۰۰۰ گونه گرمسیری و نیمه گرمسیری خزان کننده و همیشه سبز، درختی، درختچه‌ای، بالارونده و علفی وجود دارد. انجیر از زمان‌های

۱- Moraceae

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

طولانی به‌منظور تولید میوه در سراسر جهان کشت می‌شده است و یکی از قدیمی‌ترین درختان میوه شناخته شده در جهان محسوب می‌شود. آثار درخت انجیر در اواخر دوران دوم دیده شده و در دوران چهارم در اطراف مدیترانه کشت شده است. این گونه، درختی بسیار قدیمی است به طوری‌که کشت و کار آن ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد در مصر مرسوم بوده است. امروزه میوه این درخت، یک محصول مهم در بسیاری از مناطق جهان بوده و تحقیقات زیادی روی این محصول انجام شده و در حال انجام است. نزدیک به ۱۰۰۰ رقم انجیر در جهان شناخته شده و در سیزده کشور جهان بیش از ۱۵ کلکسیون انجیر وجود دارد. حدود ۹۰ درصد تولید انجیر در جهان از نوع انجیر خشک می‌باشد. میوه انجیر دارای ارزش غذایی نسبتاً بالایی است و منبع مناسبی از ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد. عناصر موجود در میوه انجیر باعث تعادل اعمال حیاتی بدن می‌شود. میوه انجیر مقدار پتاسیم بالایی دارد، بنابراین برای کنترل فشار خون به‌کار می‌رود. گزارش شده که میوه انجیر ملین و ضد یبوست می‌باشد. از میوه انجیر شربتی به نام فی‌جین تهیه که در رفع یبوست مصرف می‌شود (Mahdavian *et al*., 2008). با توجه به شرایط ویژه بسیاری از مناطق ایران، مثل تنش خشکی، شوری و گرما، که مانع گسترش کشت و کار بسیاری از گیاهان می‌شود، بنابراین توجه به کشت انجیر به‌عنوان یک محصول بسیار مهم اقتصادی، که جایگاه بسیار ویژه‌ای را در میان محصولات کشاورزی به‌خود اختصاص داده است، اهمیت بسیار ویژه‌ای دارد و می‌تواند سهم بسیار بزرگی را در اقتصاد کشاورزی کشور ایفا کند. انجیر رقم سبز، که یکی از مهم‌ترین ارقام انجیر ایران است مهم‌ترین رقم تجاری است و قابلیت خشکباری دارد. استان فارس یکی از مناطق مهم کشت و پرورش انجیر دیم در کشور بوده و بالغ بر ۹۰ درصد تولید انجیر خشک کشور را به خود اختصاص داده است در استان فارس ۴۴ هزار هکتار انجیر دیم وجود دارد که شهرستان استهبان با بیش از ۲۳ هزار هکتار بیشترین سطح کشت انجیر را به خود اختصاص داده و قطب تولید انجیر در ایران است و محصول آن از کیفیت و مرغوبیت خاصی برخوردار است عمده انجیرهای تولیدی در ایران گونه سبز از گروه ازمیر است. گیاهی است با رشد و باردهی نسبتاً زیاد، تاج مدور، رشد عمودی، دارای شاخه و برگ متراکم، معمولاً دارای ۴-۳ تنه می‌باشد میوه آن به صورت خشک مصرف می‌شود میزان قند ۲۳ درصد است، شکاف خوردن میوه که صفت مطلوب تلقی می‌شود. این رقم به صورت دیم کشت می‌شود و نزدیک به ۹۸ درصد از انجیر استهبان از این رقم می‌باشد که به صورت ارگانیک تولید می‌شود. محصول این انجیر شیرین، دیررس و به صورت خشک مصرف می‌شود. انجیر دارای خصوصیات مهم دارویی می‌باشد. کشت درون شیشه‌ای روشی برای تکثیر سریع گیاهان چوبی می‌باشد. نظر به این‌که تکنیک‌های درون شیشه‌ای در اصلاح نباتات با استفاده از ژنتیک سلول‌های سوماتیکی، هر روز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌گردند، بنابراین محصولاتی که شرایط درون شیشه‌ای تولید می‌شوند، باید در همان شرایط نیز حفاظت شوند. سیستم درون شیشه‌ای برای ذخیره مواد گیاهی بسیار مناسب است، زیرا که مواد با مقادیر اندک در محیط عاری از پاتوژن و تحت شرایط محدود کننده رشد ذخیره می‌شوند ذخیره ژرم‌پلاسم در شرایط درون شیشه‌ای برای توسعه و امنیت کشاورزی در آینده بسیار ضروری است (Chawla, 2003). در تکثیر و تولید گیاهان استفاده از روش ریزازدیادی سال‌های متمادی زیادی است که مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته و این شاید به این دلیل می‌باشد که استفاده از روش‌های سنتی در تکثیر و تولید گیاهان کلونی علاوه بر این‌که یک فرآیند طولانی مدت است، احتمال این‌که بیماری‌ها گسترش پیدا کنند نیز وجود دارد. لذا برای تولید و تکثیر گیاهان سالم، یکنواخت و یک‌دست در یک مدت زمان بسیار کوتاه، استفاده از تکنیک‌های کشت بافت مناسب است. پژوهش‌های بسیار زیادی نیز در ارتباط با کشت بافت انجیر و همچنین بررسی عوامل مختلف از قبیل میزان و نوع مواد ضدعفونی کننده، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی، و میزان کربوهیدرات برای رفع موانع احتمالی و بهینه نمودن بازده‌ی پرآوری، همچنین کاهش هزینه‌ها توسط تعدادی از پژوهشگران انجام شده است. گزارش شده که در ریزازدیادی انجیر رقم جامی‌کن[۱] و رقم سبز از مریستم انتهایی، از دو نوع محیط کشت B5[۲] و MS[۳] در غلظت‌های مختلف BA (۰/۵، ۱، ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و NAA (صفر، ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر) و اندازه‌های مختلف ریزنمونه مریستمی بکار گرفته شده بود، بیش‌ترین درصد بقاء ریزنمونه‌ها در محیط کشت تکمیل شده با ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BA و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA و با مریستم‌های با اندازه بزرگ‌تر گزارش شدند. بیش‌ترین تعداد شاخه و کوتاه‌ترین طول شاخه را در غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر BA گزارش کردند. بهترین ریشه‌زایی شاخه‌ها در غلظت

۱- Jaami-e-Kan ۲- Gamborg ۳- Murashige and Skoog

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

۱/۵ و ۲ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد. بیش‌ترین تعداد ریشه نیز در هر گیاهچه درغلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (Sahraroo *et al*., 2019)، پژوهشی در رابطه با باززایی چهار رقم انجیر (Deanna, Poona , Conadria and Brown Turkey) با استفاده از ریزنمونه‌های برگی به‌دست آمده از شاخساره‌های استقرار یافته در شرایط درون شیشه‌ای مورد بررسی و آزمون قرار گرفت، آن‌ها بهترین پینه‌دهی را روی محیط کشت MS تکمیل شده با ۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ[1] و ۴ میلی‌گرم در لیتر 2ip[2] به‌دست آوردند در بین ارقام، رقم برون ترکی بیش‌ترین پاسخ را به پینه‌دهی داشت و روی همان محیط شاخساره‌زایی را نشان داد. زودترین القاء پینه روی محیط MS حاوی ۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ و ۲ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد. شاخساره‌زایی از پینه انتقال یافته روی محیط کشت MS تکمیل شده با ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۷ میلی‌گرم در لیتر TDZ القاء شد. شاخساره‌ها بر روی محیط کشت نیم غلظت MS حاوی ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۲ گرم در لیتر ذغال فعال ریشه‌دار شدند (Dhage *et a*l., 2012). در باززایی شاخساره از قطعات برگ انجیر رقم Seungjung Dauphine، گزارش کردند که PG به میزان ۰/۵ میلی‌مول قهوه‌ای شدن برگ‌ها را کاهش داده بود. ریزنمونه‌های برگ زخمی شده بر روی محیط کشت MS تکمیل شده با ۲ میلی‌گرم در لیتر IBA همراه با ۰/۵ یا ۱ میلی‌گرم در لیتر TDZ به ترتیب به ۸/۱ یا ۱۰/۸ شاخساره از هر ریزنمونه منجر شد. TDZ در ترکیب با IBA بالاترین تعداد شاخساره در مقایسه با دیگر ترکیب اکسین و سیتوکینین را داشتند، شاخساره‌های باززایی شده در محیط کشت پایه MS ریشه‌زایی بهتری داشتند (Kim *et al*., 2007). از مشکلات عمده کشت بافت گیاهی، آلودگی‌های باکتریایی است و معمولاً کنترل این آلودگی‌ها بویژه از نوع داخلی مشکل است و هفته‌ها بعد از کشت ظاهر می‌شوند آنتی‌بیوتیک‌ها برای کنترل آلودگی‌های داخلی و خارجی موثر هستند. پژوهشگران بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌هایی شامل کربنیسیلین، پلی‌میکسین، سفالوتین، جنتامایسین، ریفامپیسن، استرپتومایسین، تیمنتین، تتراسایکلین در محیط‌های کشت بافت گیاهی استفاده کرده‌اند (Reed *et al*., 1995). القاء ریشه‌زایی در ریزنمونه‌ها در شرایط کشت بافت یکی از مراحل سخت در فرآیند ریزازدیادی می‌باشد توانایی بافت گیاهی در تشکیل ریشه بستگی به بسیاری از عوامل درونی و بیرونی از جمله هورمون‌ها دارد. لذا هدف از این پژوهش بهینه‌سازی کشت درون شیشه‌ای انجیر رقم سبز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تهیه ریزنمونه

در این پژوهش بهینه‌سازی کشت درون شیشه‌ای انجیر رقم سبز مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش در سال ۹۹-۹۷ در آزمایشگاه ریزازدیادی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت. در این پژوهش قلمه انجیر رقم سبز از درختان موجود در ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان تهیه و به گلخانه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس منتقل شدند این قلمه‌ها در گلدان‌های با مخلوط خاکی (به نسبت حجمی ۱ : ۱ : ۱) ماسه و خاکبرگ و خاک مزرعه ریشه‌دار شدند. قلمه‌ها در شرایط گلخانه در دمای ۲۲-۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد نگه‌داری شدند و بعد از گذشت یک ماه ریشه‌دار شدند. جهت تسریع در رشد رویشی گلدان‌ها هر دو هفته یک‌بار کود کامل (۲۰:۲۰:۲۰) و هر ۱۰ روز یک‌بار از محلول (GA_3)[3] و کود آمونیاک استفاده شد. گیاهان به صورت هفته‌ای سه بار آبیاری شدند. همچنین به‌منظور کاهش آلودگی‌ها گیاهان مادری یک هفته قبل از نمونه‌برداری با استفاده از قارچ‌کش بنومیل ۲ در ۱۰۰۰ ضدعفونی شدند.

مراحل مختلف این پژوهش

مرحله ضدعفونی، مرحله استقرار، مرحله پرآوری شاخساره، مرحله ریشه‌زایی شاخساره‌ها بودند.

مراحل تهیه نمونه گیاهی

تهیه جوانه جانبی و انتهایی از گیاه مادری موجود در گلخانه و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه، ضدعفونی سطحی مواد گیاهی، کشت جوانه‌های جانبی و انتهایی در محیط کشت‌های مختلف، مرحله پرآوری جوانه‌های جانبی و انتهایی کشت شده پس از استقرار، مرحله ریشه‌زایی نوساقه‌های کشت شده از مرحله پرآوری.

برای تهیه ریزنمونه (جوانه انتهایی و جوانه جانبی)، از شاخه‌های جوان حاصل از رشد جدید (سال جاری) به طول ۳۰

۱- Thidiazuron ۲- (2-isopentenyl)-adenin ۳- Gibberellic Acid

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

سانتی‌متر از گیاهان مادری جدا شدند و به آزمایشگاه ریزازدیادی شماره سه منتقل شدند. پس از این مرحله تمامی برگ‌های شاخساره‌ها حذف شدند و جهت جلوگیری از انتقال عوامل آلوده کننده، قیچی باغبانی و اسکالپل مورد استفاده بعد از چند بار برش با استفاده از الکل اتیلیک ۷۰ درصد ضدعفونی گردید و ریزنمونه‌ها برای ضدعفونی به قطعات ۵ سانتی‌متر تقسیم شدند، لذا بعد از آماده سازی ریزنمونه‌های (جوانه‌های جانبی و انتهایی)، برای برطرف کردن تمامی آلودگی‌های سطحی ابتدا تمامی ریزنمونه‌های مورد استفاده در این پژوهش در مدت زمان یک ساعت در زیر آب جاری غوطه‌ور شدند، بعد از گذشت یک ساعت ریزنمونه‌ها در مدت زمان ۲۰ دقیقه در مخلوط آب و چند قطره مایع ظرف‌شویی قرار گرفتند، بعد از سپری شدن این مدت زمان ریزنمونه‌ها چند بار شسته شده و سپس به مدت ۴۵ دقیقه در محلول ۲ در هزار قارچ‌کش کاپتان قرار گرفتند. سپس ۳ تا ۴ بار با فاصله زمانی مختلف توسط آب مقطر دو بار استریل شده شسته شدند و برای ادامه مراحل ضدعفونی به زیر هود لامینار منتقل شدند، سپس در زیر هود لامینار نیز به قطعات ۳-۲ سانتی‌متر برای کشت تقسیم شدند. محیط‌های کشت استفاده شده در این تحقیق شامل محیط (MS, 1/2MS) و محیط کشت LIoyd and McCown's (WPM)[1] بودند (جدول ۱). سپس قبل از این‌که آگار به محیط‌های کشت اضافه شود، pH محیط‌های کشت روی ۵/۸ تنظیم شد. محیط‌های کشت در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و مدت زمان ۲۰ دقیقه و فشار ۱/۵ اتمسفر استریل شدند. نمونه‌های گیاهی بعد از کشت بر روی محیط غذایی زیر نور ۲۵۰۰ لوکس و شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگه‌داری شدند، دما در تمام ساعت شبانه روز حدود ۲±۲۵ درجه سلسیوس تنظیم شد.

کنترل آلودگی‌های قارچی و باکتریایی

ریزنمونه‌های گیاهی بعد از شستشوی اولیه به زیر هود لامینار انتقال داده شدند. در ریز هود لامیتار نیز ضدعفونی ریزنمونه‌ها به این صورت انجام شد ریزنمونه‌ها به مدت ۳۰ ثانیه در الکل اتیلیک ۷۰ درصد قرار گرفتند و سپس سه بار با آب مقطر دو بار استریل شده در فاصله زمانی متفاوت شستشو شدند. در ادامه ریزنمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه داخل محلول کلراکس ۵/۲۵ درصد غوطه‌ور شدند و بعد از گذشت مدت زمان ۱۰ دقیقه سه یا چهار بار با آب مقطر دو بار استریل شده در فاصله زمانی متفاوت شستشو شدند. سپس ریزنمونه‌ها در محیط‌کشت‌های حاوی مقادیر مختلف آنتی بیوتیک (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰میلی‌گرم بر لیتر) سفتریاکسون کشت شدند این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و هر تکرار با چهار ریزنمونه شامل (جوانه انتهایی و جوانه جانبی) در محیط کشت MS مورد بررسی قرار گرفت (هر تکرار شامل یک شیشه بود). پس از کنترل آلودگی سطحی و گذشت حدود چهار روز از کشت آلودگی باکتریایی در ریزنمونه‌ها شروع شد و گسترش یافت. داده‌برداری بعد از گذشت ۴ هفته از کشت صورت گرفت.

مرحله استقرار

روش استقرار نمونه‌های گیاهی در محیط کشت

بعد از این‌که نمونه‌های گیاهی ضدعفونی شدند جوانه‌های (انتهایی و جانبی) گیاهی به طول (۲ تا ۳ سانتی‌متر) به محیط کشت منتقل شدند. اثر چهار سطح مختلف BA (صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و دو سطح مختلف NAA (صفر، ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر) در دو نوع محیط کشت MS و WPM بررسی شد. در این آزمایش دو فاکتور مورد بررسی قرار گرفت که، فاکتور اول نوع محیط کشت‌ها (اثر محیط کشت‌های MS و WPM) و فاکتور دوم نوع تنظیم کننده رشد (اثر دو نوع تنظیم کننده رشد BA در چهار سطح و NAA در دو سطح) بود. در تعیین بهترین محیط کشت و ترکیب هورمونی در مرحله استقرار، شاخص‌های، درصد استقرار، طول شاخساره، تعداد برگ، مورد ارزیابی قرار گرفتند. این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و هر تکرار با سه ریزنمونه انجام شد. داده‌برداری بعد از گذشت چهار هفته از کشت صورت گرفت.

مرحله پرآوری شاخساره

در این مرحله ابتدا تمامی شاخساره‌های حاصل از مرحله استقرار به قطعات ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر بدون برگ جدا شدند و به

۱- Woody Plant Medium

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

محیط کشت تهیه شده برای شاخساره‌زایی منتقل شدند. در این آزمایش از محیط کشت MS استفاده شد. اثر چهار غلظت مختلف BA (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) در محیط کشت MS در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار و هر تکرار با چهار ریزنمونه مورد بررسی قرار گرفت. داده‌برداری بعد از گذشت یک ماه از کشت صورت گرفت. در تعیین بهترین ترکیب هورمونی در مرحله پرآوری، شاخص‌هایی مانند تعداد برگ، تعداد شاخساره و طول شاخساره‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله پرآوری دوبار واکشت صورت گرفت. به این علت که برای تیمارهای ریشه‌زایی ریزنمونه کافی وجود داشته باشد

مرحله ریشه‌زایی

برای ریشه‌زایی از شاخساره‌های حاصل از مرحله پرآوری به طول حداقل ۱ سانتی‌متر و همچنین دارای چند برگ استفاده شد. اثر چهار سطح IBA (صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) در محیط کشت 1/2 MS در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و هر تکرار با چهار ریزنمونه مورد بررسی قرار گرفت. داده‌برداری بعد از گذشت یک ماه از کشت صورت گرفت. در تعیین بهترین ترکیب هورمونی در مرحله ریشه‌زایی شاخص‌هایی مانند درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه و طول ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.0 و مقایسه میانگین نیز بر اساس آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین از نرم‌افزار Excel 2013 برای رسم نمودارها استفاده شد

جدول ۱- ترکیبات مختلف محیط کشت‌های مورد استفاده در این پژوهش (میلی‌گرم در لیتر).

Table 1. Different combination of culture media used in this study (mg/l).

محیط کشت Culture medium			
عناصر پر مصرف	1/2 MS (mg L^{-1})	MS (mg L^{-1})	WPM mg L^{-1}
$NH_4(NO)_3$	825	1650	400
KNO_3	950	1900	-
$MgSO_4.7H_2O$	185	370	370
KH_2PO_4	85	170	170
$Ca\ (NO3)_2.4H_2O$			556
$CaCl_2.2H_2O$	220	440	96
K_2SO_4	-	-	990
$MgCl_2.6H_2O$	-	-	-
عناصر کم مصرف			
$MnSO_4.7H_2O$	11.1	22.3	22.3
$ZnSO_4.7H_2O$	4.3	8.6	8.6
H_3BO_3	3.1	6.2	6.2
KI	0.41	0.83	-
$Na_2MoO_4.2H_2O$	0.12	0.25	0.25
$CuSO_4.5H_2O$	0.012	0.025	0.25
$CoCl_2.6H_2O$	0.012	0.025	-
آهن			
Na_2EDTA	13.9	27.8	27.8

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

$FeSO_4.7H_2O$	18.6	37.3	37.3
ویتامین‌ها			
Thiamine, HCL	0.1	0.1	0.1
Nicotinic acid	0.5	0.5	0.5
Pyridoxine, HCL	0.5	0.5	0.5
Glycine	2	2	2
Myo-inositol	100	100	100
Sucrose	30000	30000	20000
Agar	7000	7000	7000

نتایج

نتایج تأثیر غلظت‌های مختلف آنتی بیوتیک سفتریاکسون در کنترل آلودگی باکتریایی

نتایج نشان داد (جدول ۲) که با افزایش میزان غلظت آنتی بیوتیک در محیط کشت، آلودگی باکتریایی کنترل شد. به طوری‌که بیش‌ترین میزان آلودگی (۹۵/۵۷ ٪) در تیمار شاهد مشاهده شد و در محیط کشت حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر سفتریاکسون آلودگی باکتریایی به طور کامل رفع شد.

جدول ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف آنتی بیوتیک سفتریاکسون در کنترل آلودگی باکتریایی و درصد زنده‌مانی.

Table 2. The effect of different ceftriaxone treatment on percentage of bacterial contamination and survival rate parameters

آنتی بیوتیک سفتریاکسون (میلی‌گرم برلیتر)	درصد بقاء	درصد آلودگی (٪)
Concentration ceftriaxone of antibiotic (mg L^{-1})	Survival percentage	Bacterial contamination (%)
0	0.00 ± 0.00^{f}	95.57 ± 2.65^{a}
50 mg L^{-1}	10.75 ± 0.48^{e}	42.21 ± 2.48^{b}
100 mg L^{-1}	25.75 ± 1.80^{d}	17.42 ± 2.68^{c}
150 mg L^{-1}	42.50 ± 1.76^{c}	6.19 ± 2.18^{d}
200 mg L^{-1}	58.50 ± 2.33^{b}	1.42 ± 0.82^{de}
250 mg L^{-1}	100.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{e}

† Means in each column with the same letters are not significantly different at $p<0.05$

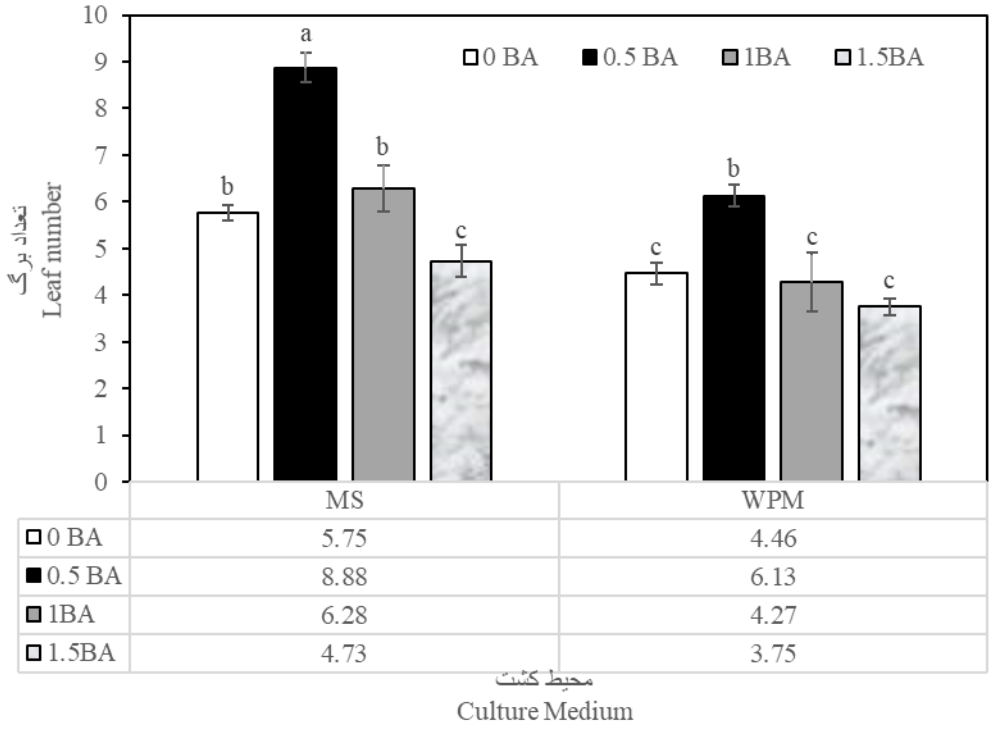
† میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون بیان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ می باشند

نتایج مرحله استقرار

تعداد برگ در مرحله استقرار

نتایج شکل ۱- نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ (۸/۸۸ عدد) در محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA مشاهده شد. کم‌ترین تعداد برگ (۳/۷۵، ۴/۲۷، ۴/۴۶ و ۴/۷۳ عدد) به‌ترتیب در محیط کشت WPM حاوی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA، ۱ میلی‌گرم بر لیتر BA، محیط کشت WPM بدون حضور BA و محیط کشت MS حاوی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA مشاهده شد.

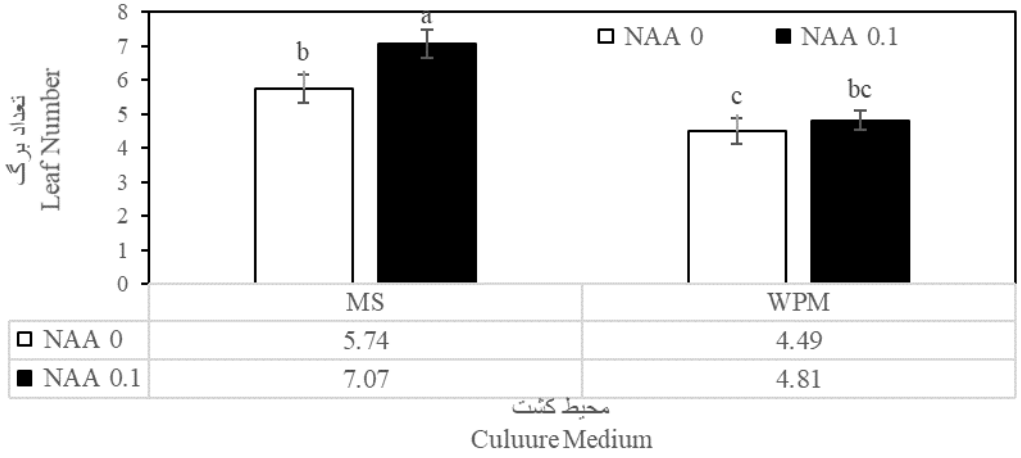
[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]



شکل ۱- برهمکنش بین نوع محیط کشت و غلظت‌های مختلف BA بر تعداد برگ.

Fig. 1. The two-way interaction between type of culture medium and different levels of BA concentrations on leaf number parameter.

نتایج شکل ۲- نشان داد که بیش‌ترین میزان برگ (۷/۰۷ عدد) در محیط کشت MS حاوی ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA مشاهده و کم‌ترین میزان برگ (۴/۴۹ عدد) در محیط کشت WPM بدون حضور NAA مشاهده شد.



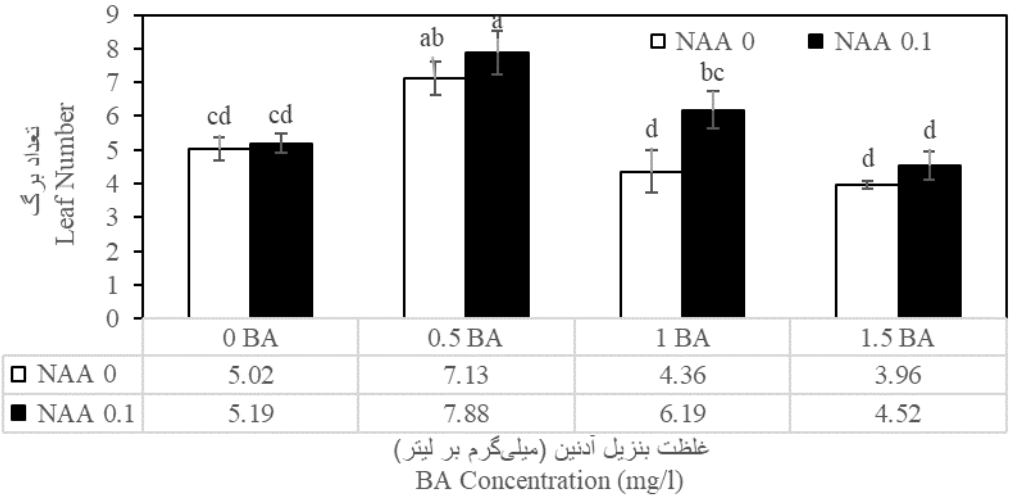
شکل ۲- برهمکنش بین نوع محیط کشت و سطوح مختلف NAA بر تعداد برگ.

Fig. 2. The two-way interaction between type of culture medium and different levels of NAA concentrations on leaf number parameter.

با توجه به شکل ۳ نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان تعداد برگ (۷/۸۸ عدد) در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA همراه با ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA مشاهده شد. کم‌ترین میزان برگ (۳/۹۶، ۴/۳۶ و ۴/۵۲ عدد) به‌ترتیب در تیمارهای ۱/۵

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

میلی‌گرم بر لیتر BA بدون حضور NAA، ۱ میلی‌گرم بر لیتر BA بدون حضور NAA و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA همراه با ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA مشاهده شده بود.

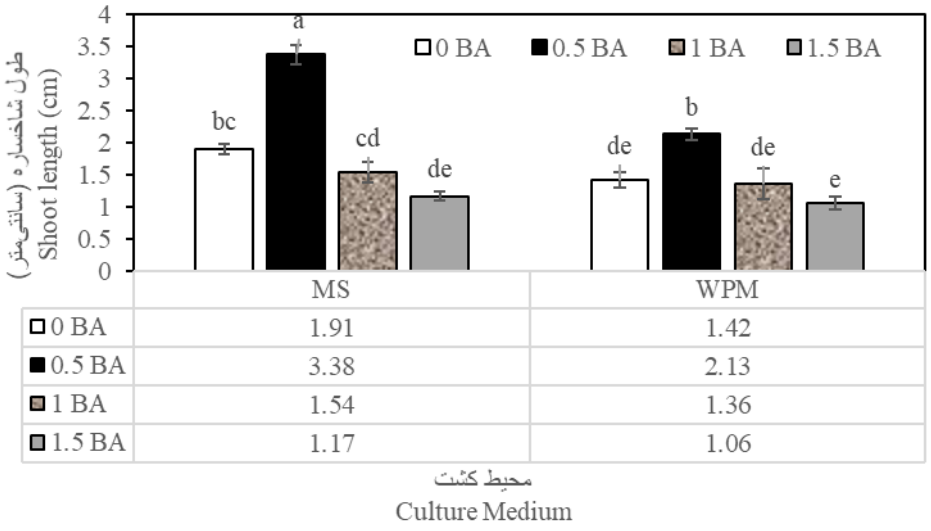


شکل ۳- برهمکنش بین سطوح مختلف غلظت BA و NAA بر تعداد برگ.

Fig. 3. The two-way interaction between different levels of BA concentrations and NAA on leaf number parameter

طول شاخساره در مرحله استقرار

در شکل ۴ نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان طول شاخساره (۳/۳۸ سانتی‌متر) در محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA مشاهده شد کم‌ترین میزان طول شاخساره (۱/۰۶ سانتی‌متر) در محیط کشت WPM حاوی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA مشاهده شد.

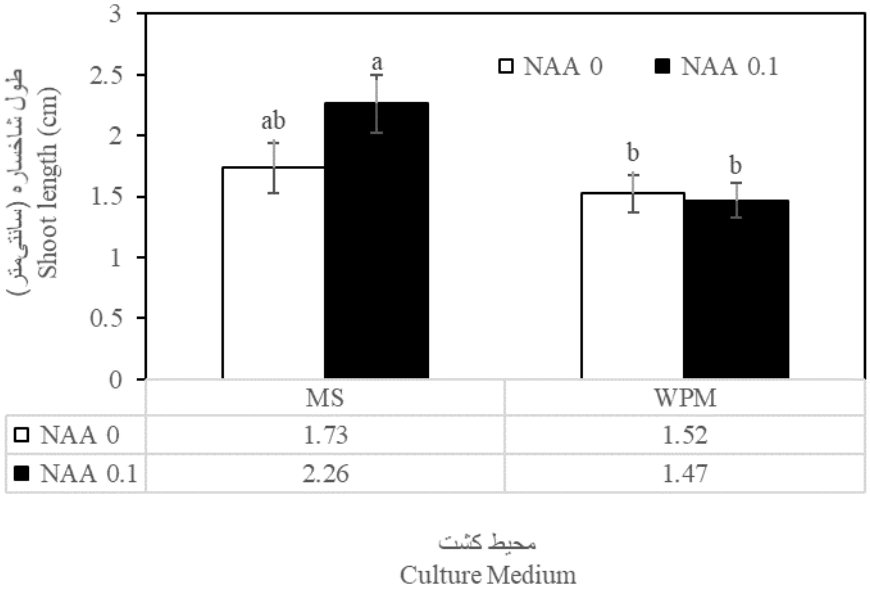


شکل ۴- برهمکنش بین نوع محیط کشت و سطوح مختلف غلظت BA بر طول شاخساره (سانتی‌متر).

Fig. 4. The two-way interaction between type of culture medium and different levels of BA concentrations on shoot length (cm) parameter.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

با توجه به شکل ۵ نتایج نشان داد که بیش‌ترین طول شاخساره (۲/۲۶ سانتی‌متر) در محیط کشت MS حاوی ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA به‌دست آمده بود. کم‌ترین میزان طول شاخساره (۱/۴۷ و ۱/۵۲ سانتی‌متر) به‌ترتیب در محیط کشت WPM حاوی ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA و محیط کشت WPM بدون حضور NAA مشاهده شده بود.



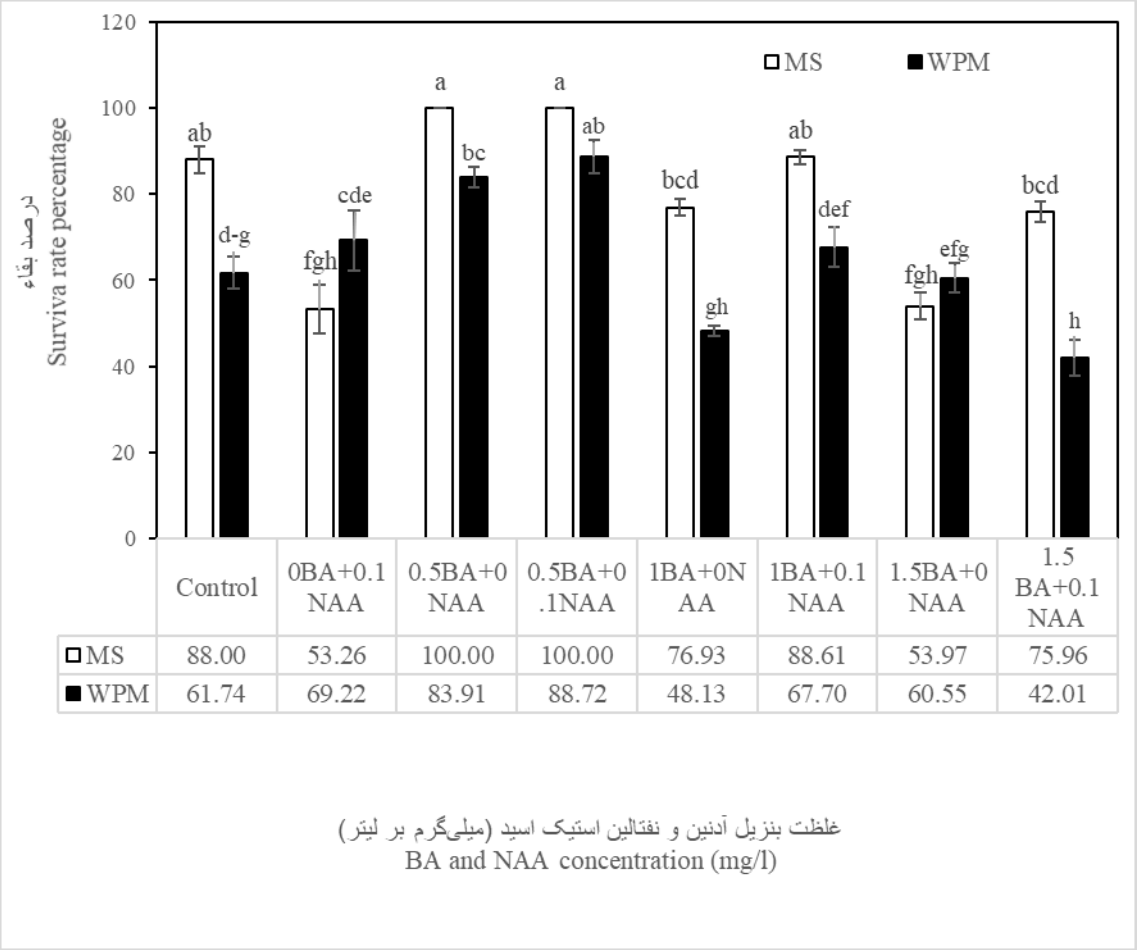
شکل ۵- برهمکنش نوع محیط و سطوح مختلف غلظت NAA بر طول شاخساره (سانتی‌متر).

Fig. 5. The two-way interaction between type of culture medium and different levels of NAA concentrations on shoot length (cm) parameter.

درصد بقاء (زنده‌مانی) در مرحله استقرار

نتایج شکل ۶ نشان داد که بیش‌ترین درصد بقاء (۱۰۰ درصد) در محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA بدون حضور NAA و محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA همراه با ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA مشاهده شده بود. کم‌ترین میزان درصد بقاء (۴۲/۰۱ درصد) نیز در محیط کشت WPM حاوی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA همراه با ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA به‌دست آمده بود.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]



شکل ۶- برهمکنش بین نوع محیط کشت و سطوح مختلف غلظت BA و NAA بر درصد بقاء.

Fig. 6. The three-way interaction between type of culture medium and different levels of BA and NAA concentrations on Survival rate percentage parameter.

شکل ۷- محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA همراه با ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA.

Fig 7. MS culture medium enriched with 0.5 mg/l BA and 0.1 mg/l NAA.

نتایج مرحله پرآوری

در این آزمایش اثر سطوح BA بر میزان پرآوری معنی‌دار بود و نتایج نشان داد که، غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر بیش‌ترین میزان پرآوری را داشت (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد شاخساره (۳/۲۰ عدد) و بیش‌ترین تعداد برگ (۶/۹۴ عدد) در تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر BA به‌دست آمده بود. طویل‌ترین طول شاخساره (۲/۴۶ سانتی‌متر) نیز در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA مشاهده شد کم‌ترین طول شاخساره (۱/۰۲ سانتی‌متر) نیز مربوط به تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر BA بود.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

جدول ۳- اثر غلظت‌های مختلف BA بر تعداد برگ، تعداد شاخساره و طول شاخساره (سانتی‌متر) در مرحله پرآوری.

Table 3. The Effect of different concentrations of BA of leaf number, shoot number and shoot length (cm) parameter at the proliferation stage.

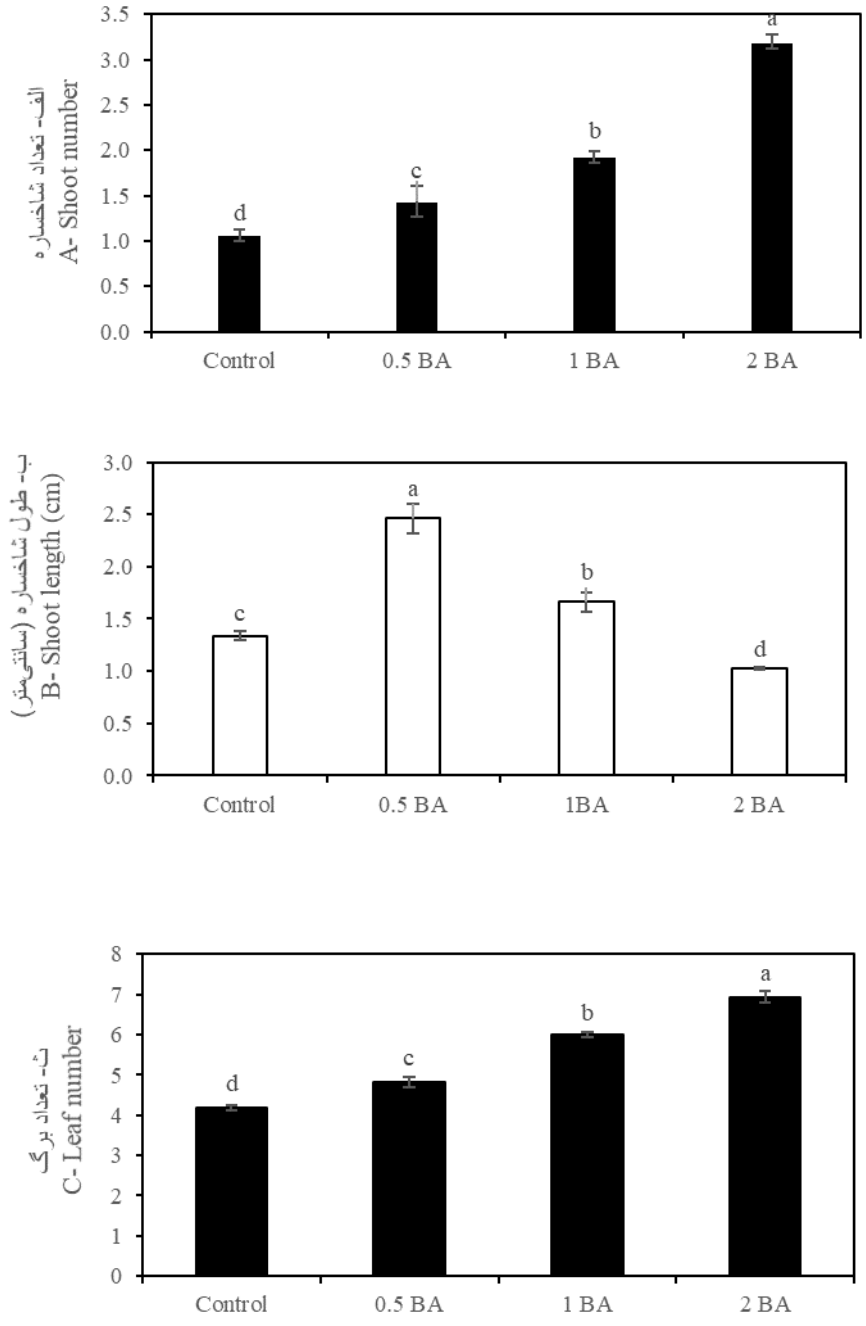
تیمارها Treatments	تعداد شاخساره Shoot number	طول شاخساره (سانتی‌متر) Shoot length (cm)	تعداد برگ Leaf number
غلظت‌های مختلف بنزیل آدنین (میلی‌گرم بر لیتر) Concentration different BA (mg/l)			
0	1.06±0.07^{d}†	1.34±0.04^{c}	4.18±0.08^{d}
0.5	1.44±0.17^{c}	2.46±0.14^{a}	4.81±0.12^{c}
1	1.93±0.07^{b}	1.66±0.09^{b}	6.01±0.06^{b}
2	3.20±0.08^{a}	1.02±0.01^{d}	6.94±0.14^{a}

† Means in each column with the same letters are not significantly different at $p<0.05$, according to LSD test. Each value represents SE (±)

† مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ٪ انجام شد. میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون بیان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشند.

بر اساس نتایج به دست آمده (شکل ۸- الف)، بیش‌ترین تعداد شاخساره در تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین تعداد شاخساره نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان BA تعداد شاخساره افزایش یافت. در (شکل ۸- ب)، کم‌ترین طول شاخساره در تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر BA و بیش‌ترین طول شاخساره در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. نتایج نشان داد که بین تعداد شاخساره و طول شاخساره یک رابطه عکسی وجود دارد با افزایش تعداد شاخساره، طول شاخساره کاهش یافت. در (شکل ۸- ث)، نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ در تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین تعداد برگ در تیمار شاهد مشاهده شد. لذا براساس نتایج حاصله با افزایش میزان BA تعداد برگ افزایش یافت.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]



شکل ۸- اثر بنزیل آدنین بر تعداد شاخساره در هر ریزنمونه الف)، طول شاخساره (ب) و تعداد برگ (ث).

Fig. 8. The effect of different benzyl adenine (BA) concentrations on Shoot number per explant (a), Shoot length (b) and Leaf number (c)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

شکل ۹- تأثیر BA بر تعداد شاخساره.

Fig. 9. Effect of BA on shoot number.

نتایج مرحله ریشه‌زایی

بیش‌ترین میزان درصد ریشه‌زایی (۸۸/۲۶ درصد) در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌دست آمده بود و کم‌ترین درصد ریشه‌زایی (۱۱/۶۹ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد. بیش‌ترین طول ریشه (۶/۱۵ سانتی‌متر) در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر IBA و کم‌ترین طول ریشه (۰/۹۲ سانتی‌متر) در تیمار شاهد به‌دست آمده بود. بیش‌ترین تعداد ریشه (۸/۴۶ عدد) در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر IBA و کم‌ترین تعداد ریشه (۱/۲۰ عدد) در تیمار شاهد به‌دست آمده بود (جدول ۴).

جدول ۴- اثر غلظت‌های مختلف IBA بر صفات درصد ریشه‌زایی، طول ریشه (سانتی‌متر) و تعداد ریشه.

Table 4. The effect of different concentrations of IBA on traits root number, root length (cm) and rootting percentage

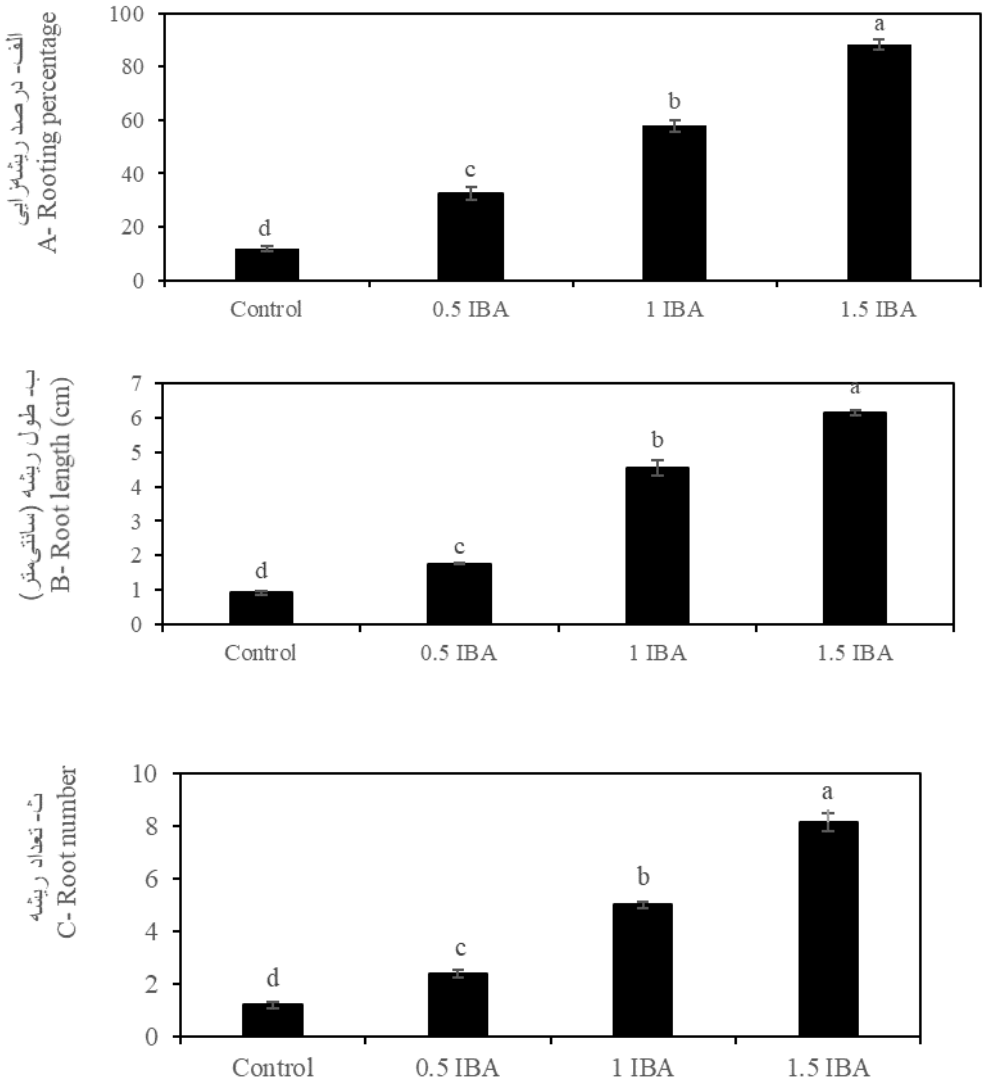
تیمارها Treatments	درصد ریشه‌زایی Rooting percentage	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	تعداد ریشه Root number
غلظت‌های مختلف اسید ایندول بوتریک (میلی‌گرم بر لیتر) Concentration different IBA (mg/l)			
0	11.69±1.02^{d}†	0.92±0.05^{d}	1.20±0.13^{d}
0.5	32.30±2.46^{c}	1.76±0.02^{c}	2.38±0.14^{c}
1	57.82±2.26^{b}	4.55±0.22^{b}	5.00±0.14^{b}
1.5	88.26±1.83^{a}	6.15±0.08^{a}	8.46±0.21^{a}

† Means in each column with the same letters are not significantly different at p<0.05, according to LSD test. Each value represents SE (±)

† مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ٪ انجام شد. میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون بیان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشند

در (شکل ۱۰- الف) نتایج نشان داد که اثر IBA بر درصد ریشه‌زایی موثر بود به طوری‌که بیش‌ترین میزان درصد ریشه‌زایی در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر IBA و کم‌ترین میزان درصد ریشه‌زایی نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. لذا با افزایش غلظت IBA درصد ریشه‌زایی افزایش یافت. نتایج در (شکل ۱۰- ب) نشان داد که اثر IBA بر طول ریشه نیز معنی‌دار بود به طوری‌که بیش‌ترین طول ریشه در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر حاصل شد در حالی‌که کم‌ترین طول ریشه در تیمار شاهد مشاهده شد. لذا بر اساس نتایج افزایش غلظت IBA باعث افزایش طول ریشه شد. در (شکل ۱۰- ث) نتایج نشان داد که اثر IBA بر تعداد ریشه معنی‌دار بود به طوری‌که بیش‌ترین تعداد ریشه در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین تعداد ریشه نیز در تیمار شاهد به‌دست آمده بود. نتایج نشان داد که با افزایش میزان IBA تعداد ریشه‌ها افزایش پیدا کرد.

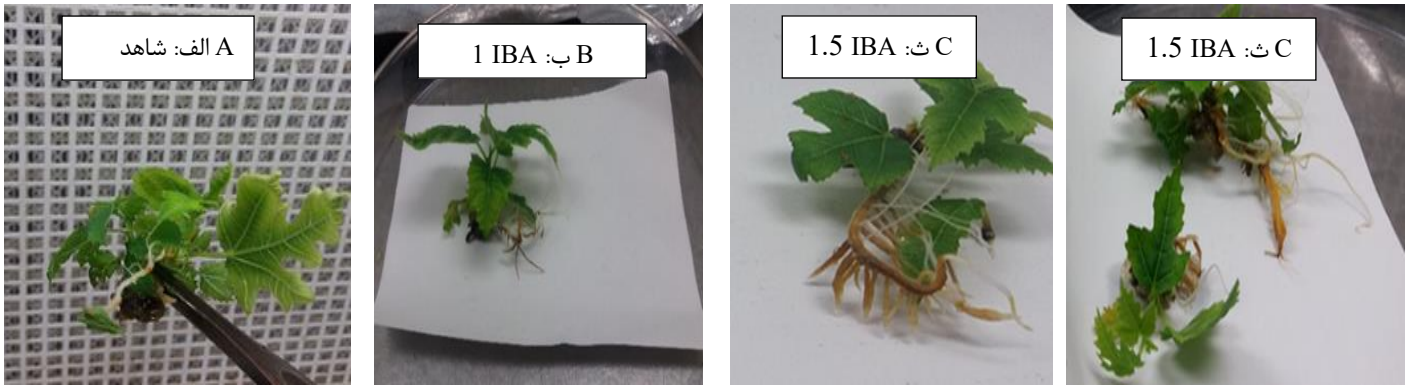
[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]



شکل ۱۰- اثر غلظت‌های مختلف اسید ایندول بوتریک بر درصد ریشه‌زایی (الف)، طول ریشه (سانتی‌متر) (ب)، تعداد ریشه (ث).

Fig. 10. The effect of different IBA concentrations on Rooting percentage (a), Root length (cm) (b) and rooting length (c).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]



شکل ۱۱- تأثیر IBA در ریشه‌زایی، شاهد (الف)، ۱ میلی‌گرم بر لیتر اسید ایندول بوتریک (ب)، ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر اسید ایندول بوتریک (ث).

Fig. 11. Effects of IBA on rooting of shoots *in vitro* condition, A= Control, B= 1 mg L^{-1} IBA, C= 1.5 mg L^{-1}.

بحث

گیاهان آلوده به باکتری ممکن است که از خود هیچ‌گونه علامت ظاهری نشان ندهند ولی ایجاد آلودگی‌های باکتریایی در گیاهان ممکن است به دلیل روش‌های ضعیف ضدعفونی، عدم استفاده از آنتی باکتریال مناسب و همچنین استفاده از ابزارهای آلوده به باکتری حین مراحل ضدعفونی باشد، که این آلودگی‌های سطحی با بهبود در به‌کارگیری تجهیزات استریل شده مرتفع می‌شوند. در کل برای داشتن یک فرآیند کشت بافت مؤفق نیز عوامل کنترل شده زیادی شامل، مقدار محیط کشت، وضعیت رشد گیاه مادری، سن ریزنمونه و ... مورد نیاز است. ولی با وجود کنترل همه این عوامل، آلودگی‌های باکتریایی باعث ایجاد مشکلاتی در طی مراحل کشت بافت می‌شوند. لذا یکی از مراحل بسیار مهم در کنترل شیوع آلودگی باکتریایی و قارچی بر روی ریزنمونه‌ها، طی مراحل کشت بافت گیاهی، ضدعفونی سطحی است. در ضدعفونی اولیه ریزنمونه‌ها با استفاده از محلول الکل اتیلیک ۷۰ ٪ و محلول هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵ درصد به مدت ۱۰ دقیقه آلودگی قارچی را به‌طور کامل برطرف کرد. ولی آلودگی باکتریایی برطرف نشد. نتایج نشان داد که در تیمار شاهد آلودگی بسیار بالایی وجود داشت ولی با افزایش میزان غلظت آنتی بیوتیک سفتریاکسون در محیط کشت آلودگی باکتریایی کنترل شد. در ریزافزایی دو نژادگان در حال انقراض انجیر برگ چناری و دهدز گزارش شد که آلودگی باکتریایی با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سفتریاکسون به طور کامل برطرف شد (Shahcheraghi *et al*., 2015). که در این تحقیق حاضر در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سفتریاکسون آلودگی باکتریایی به‌طور کامل بر طرف شد که این نتایج با یکدیگر مغایرت داشتند که علت این تفاوت می‌تواند بستگی به نوع ریزنمونه، نوع باکتری‌های درونی، قطر ریزنمونه، نوع رقم و ژنوتیپ باشد، گیاهان با یکدیگر متفاوت هستند و نوع باکتری‌های درونی موجود در آن‌ها نیز با یک‌دیگر متفاوت می‌باشد. این نوع از آنتی بیوتیک طیف وسیعی از باکتری‌های گرم منفی و مثبت را از بین می‌برند. از عوامل مؤثر در آلودگی ریزنمونه‌ها منشأ ریزنمونه، روش جمع‌آوری ریزنمونه‌ها، نوع بافت و مورفولوژی ریزنمونه‌ها می‌باشد. گزارش شده که در ضدعفونی ریزنمونه‌های ریزوم و نوک شاخساره گیاه موز برای کشت درون‌شیشه‌ای توسط آنتی بیوتیک جنتاماسین، آلودگی باکتریایی درونی را حذف کرد (Habiba *et al*., 2002). گزارش شده که کنترل آلودگی باکتریایی در ریزنمونه‌های زیتون با استفاده از آنتی بیوتیک سفوتاکسیم به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر میسر گردید (Kiani Feriz *et al*., 2005). گزارش شده که از آنتی بیوتیک‌های استرپتومایسین، ریفامپیسین، پنی سیلین و سفوتاکسیم به تنهایی یا به صورت ترکیبی در محیط کشت برای کنترل آلودگی‌های باکتریایی دارای منشای داخلی در کشت درون شیشه‌ای استفاده شده است (Reed *et al*., 1995)، همچنین از این آنتی بیوتیک‌ها در فرایند ضدعفونی به صورت قبل و یا بعد از ضدعفونی سطحی برای کنترل آلودگی‌های باکتریایی استفاده شده است (Pedraz Santos *et al*., 2006). صالحی و خوشخوی در رز مینیاتوری برای کنترل آلودگی باکتریایی از محلول جنتامایسین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بعد از ضدعفونی سطحی استفاده کردند (Salehi & Khosh-Khui, 1997).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

هدف اصلی در مرحله استقرار دستیابی به درصد بالای زنده‌مانی ریزنمونه‌ها و همچنین تحریک تولید شاخه‌زایی می‌باشد. نوع عکس‌العمل یک بافت گیاهی به محیط‌های کشت مختلف، نوع و غلظت سیتوکینین بکار گرفته شده به عواملی از جمله: شرایط فیزیولوژیکی گیاهان مادری در زمان نمونه‌برداری، میزان کربوهیدرات و غلظت هورمون‌های داخلی وابسته می‌باشد که انتخاب یک محیط کشت و غلظت هورمونی مناسب را، در مراحل مختلف ریزازدیادی کاری سخت و دشوار می‌کند. گزارش شده بود که در خصوص اولین مرحله ریزازدیادی، غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BAP به همراه ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر IBA برای استقرار مریستم‌های انجیر رقم بورسای سیاه[۱]، نتایج رضایت بخشی را حاصل شد (Demiralay *et al*., 1997). این در حالی بود که برای اولین مرحله ریزازدیادی انجیر رقم بورسای سیاه غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر BA به همراه ۱ میلی‌گرم در لیتر NAA نیز استفاده شده بود (Günver & Ertan, 1997). اگرچه هدف از آزمایش آن‌ها بررسی تأثیر زمان نمونه‌برداری بر درصد بقاء مریستم‌های جدا شده بود اما در هر سه زمان به‌کار رفته زنده‌مانی مریستم‌های کم‌تر از ۵۰ ٪ بود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج آن‌ها مبنی بر نیاز حضور تنظیم کننده‌های رشد به‌خصوص سیتوکینین در مرحله استقرار مطابقت داشت. نتایج این آزمایش با نتایج (Sahraroo *et al*., 2019) که از غلظت‌های متفاوت BA (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر) به همراه NAA (۰ و ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر) برای استقرار مریستم‌های دو رقم انجیر جامی‌کن و رقم سبز استفاده کرده بودند و نتایج رضایت بخشی کسب کرده بودند و حضور تنظیم کننده‌های رشد به‌خصوص سیتوکینین را در مرحله استقرار لازم دانستند مطابقت داشت. همچنین نتایج آزمایش حاضر با نتایج به‌دست آمده توسط (Nobre *et al*., 1997) مطابقت نداشت به این علت که آن‌ها برای مرحله استقرار مریستم‌های دو رقم انجیر (بربا[۲] و لامپا[۳] برانکا) هیچ‌گونه تنظیم کننده‌ی رشدی به‌کار نبردند. حضور سیتوکینین‌ها برای تحریک رشد ضروری است، این در حالی است که غلظت‌های بالای سیتوکینین محدود کننده رشد بوده و شاخساره‌های کوتاه تولید می‌کنند. همچنین گزارش شده که پس از استفاده از سه محیط کشت MS، SH، B_5 در ریزازدیادی نوک شاخساره‌های انجیر رقم گولار بهترین محیط کشت انتخاب شده، محیط کشت MS بود (Kumar *et al*., 1998)، که نتایج این محققان با پژوهش حاضر که بین دو محیط کشت MS و WPM مورد استفاده، محیط کشت MS نسبت به محیط کشت WPM برتری داشت، مطابقت دارد. به‌طوری‌که در بررسی خصوصیات مهم رشدی، این محیط دارای عملکرد بهتری بود، علت رشد بهتر در محیط کشت MS نسبت به محیط کشت WPM به دلیل وجود مقادیر بالای نیتروژن به ویژه نیترات موجود در محیط کشت MS است که مقدار آن تقریباً چهار برابر محیط کشت WPM است (Zarei *et al*., 2013). بنابراین از آن جا که محیط کشت‌های مختلف با یکدیگر از نظر نوع و غلظت برخی از املاح و ترکیبات با یکدیگر متفاوت می‌باشند به همین دلیل رشد و نمو ریزنمونه‌های مستقر شده روی این محیط‌ها متفاوت بوده که با شناخت این تفاوت‌هاست که می‌توان یک محیط مطلوب برای هدف مورد نظر را شناسایی کرد. نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست آمده توسط (Saha *et al*., 2016)، بر روی واریته S-1 توت سفید *Morus alba* L. Variety-S-1، با نتایج (Gogoi *et al*., 2017) بر روی توت هندی *Morus indica*، با نتایج (Aroonpong & Chang, 2015) بر روی توت مجنون *M. alba* var *shidareguwa*، که در اولین مرحله ریزازدیادی (مرحله استقرار) بهترین محیط کشت را محیط کشت MS، گزارش کرده‌اند مطابقت داشت.

یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در افزایش درون شیشه‌ای گیاهان، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی می‌باشند و نقش BA به عنوان یک سیتوکینین تأثیرگذار در پرآوری شاخساره در بسیاری از گیاهان گزارش شده است. موفقیت و کارایی پروتکل‌های تجاری ریزازدیادی به‌طور گسترده‌ای به میزان پرآوری شاخساره بستگی دارد. کارایی تکثیر شاخساره به وسیله فاکتورهای متعددی از جمله گونه گیاهی، ترکیبات محیط کشت، نوع و غلظت تنظیم کننده رشد و برخی عوامل درون شیشه‌ای دیگر بستگی دارد در پژوهش حاضر اثر سطوح BA بر میزان پرآوری معنی‌دار بود و در غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر بیش‌ترین میزان پرآوری را داشت سیتوکینین‌های مصنوعی مانند BA، فعالیت بیولوژیکی بسیار بالایی را دارند و گران نمی‌باشند، لذا کاربرد بسیار وسیعی در کشت بافت دارند. سیتوکینین‌ها باعث تحریک نمو جوانه‌های جانبی نابجا، تورم بافت‌ها و همچنین تحریک تقسیم سلولی می‌شوند. نقش سیتوکینین‌ها در کشت بافت گیاهی، در تحریک نمو جوانه‌های جانبی از طریق کاهش غالبیت انتهایی بسیار حائز اهمیت است. از میان سیتوکینین‌ها BA فعال‌ترین، ارزان‌ترین و تنها نوعی می‌باشد که می‌توان آن را اتوکلاو کرد. بنابراین

۱- Bursa Siyahi ۲- Berbera ۳- Lampa

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

بیش‌ترین کاربرد را دارا است. به‌خصوص در کارهای ریزازدیادی تجاری که هزینه و همچنین سادگی کار مورد توجه می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های حاصل از تحقیق (Sahraroo *et al*., 2019) که بیش‌ترین تعداد شاخساره را در انجیر رقم جامی‌کن و انجیر رقم سبز با کاربرد ۲ میلی‌گرم در لیتر BA به‌دست آمد مطابقت داشت. نتایج نشان داد که با افزایش میزان BA از ۰ تا ۲ میلی‌گرم بر لیتر، طول شاخساره‌ها کاهش یافت که با نتایج محققانی که گزارش کرده‌اند با افزایش میزان BA طول شاخساره‌ها کاهش می‌یابد، مطابقت داشت (Shahcheraghi & Shekafandeh, 2015; Sahraroo *et al*., 2019) همچنین استفاده از غلظت‌های متفاوت BA برای پرآوری ریزنمونه‌های انجیر توسط (Nobre *et al*., 1997) نشان داده بود که با افزایش میزان BA در محیط کشت بر تعداد شاخساره‌های به‌دست آمده از هر ریزنمونه افزوده شده است، بیش‌ترین میزان پرآوری در محیط کشت حاوی۲/۲ میکرومولار (۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر) BA به‌دست آمد، که با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت داشت. از طرفی دیگر با افزایش میزان BA، طول شاخساره‌ها سیر نزولی داشت. با افزایش میزان BA در محیط کشت تعداد پرآوری شاخساره‌ها زیاد شد ولی طول آن‌ها کاهش یافت، که غلظت‌های پایین BA شاخه‌های طویل‌تری را تولید کرده، و با افزایش غلظت سیتوکینین طول شاخساره‌ها کاهش یافت. همچنین بیان شده که غلظت بالای BA تعادل هورمونی داخل ریزنمونه‌ها را می‌تواند به‌هم زند و به‌علت کم کردن چیرگی انتهایی باعث ایجاد شاخه‌های کوتاه می‌شود، که نتایج پژوهش این محققان با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (Naik *et al*., 1999). نتایج به‌دست آمده در این تحقیق این نکته را تأیید می‌کند که سیتوکینین‌ها به‌دلیل کم کردن غالبیت انتهایی باعث تولید شاخساره‌های کوتاه می‌شوند. در پژوهش دیگری نیز دو نوع سیتوکینین (Kin, BA) در غلظت‌های مختلف برای پرآوری انجیر رقم رکسو دی والینهوس[1] بررسی شد و نتایج رضایت بخشی به همراه داشت (Fráguas *et al*., 2004). در پژوهشی سه ترکیب هورمونی متفاوت برای مرحله دوم ریزازدیادی به‌کار برده شد و بیش‌ترین تعداد شاخه در هر ریزنمونه در محیط حاوی ۵ میلی‌گرم در لیتر BA به همراه ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA و GA_3 به‌دست آمد (Hepaksoy & Aksoy, 2006) که نتایج آن‌ها با نتایج این تحقیق مغایرت داشت. علت این تفاوت می‌تواند به این دلیل باشد که گونه‌های مختلف، ارقام، اندام‌های مختلف یک گیاه به کشت بافت گیاهی پاسخ یکسانی را نشان نمی‌دهند و همچنین وجود زمینه‌های ژنتیکی متفاوت نیز می‌تواند باعث بروز پاسخ‌های متفاوت شود. همچنین می‌تواند بستگی به محل رویش آن رقم، تغذیه و بنیه آن رقم داشته باشد. ارقام مختلف انجیر در غلظت‌های متفاوت هورمونی ازخود پاسخ‌های متفاوتی را نشان می‌دهند یکی از دلایل به‌دست آمدن نتایج متفاوت در سیتوکینین می‌تواند به علت تفاوت در جذب سیتوکینین‌ها در سلول‌های گیاهی، شناسایی آن‌ها در سلول‌ها و مکانیسم عمل آن‌ها باشد. میزان استفاده از تنظیم کننده رشد BA بستگی به زمان گرفتن ریزنمونه در فصل‌های مختلف سال، سن گیاه مورد نظر، ژنوتیپ، رقم و مقدار هورمون‌های درونی ریزنمونه در گیاهان مختلف دارد. استفاده از سیتوکینین‌ها در غلظت‌های بیشتر موجب افزایش تعداد شاخه‌ها می‌شود که می‌تواند از چیرگی انتهایی ایجاد شده توسط اکسین جلوگیری کند اما باید به این نکته نیز توجه داشت که غلظت‌های بالای سیتوکینین موجب ناهنجاری‌های ژنتیکی و شیشه‌ای شدن گیاهچه‌ها نشود اگر در فاز تکثیر درون شیشه‌ای از غلظت‌های بالای سیتوکینین استفاده شود گیاهچه‌های تولید شده بیش از حد متورم شده و برگ‌ها در بعضی از ارقام حالت غیرطبیعی به خود می‌گیرند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در مرحله ریشه‌زایی شاخساره‌های تولید شده از مرحله پرآوری در شرایط درون شیشه‌ای ریشه‌دار شدند. برای دستیابی به یک ریشه‌زایی مطلوب، اندازه شاخساره‌های متناسب لازم می‌باشد. لذا در ریشه‌زایی از شاخساره‌هایی به طول ۴-۳ سانتی‌متر استفاده شد که نتایج خوبی به همراه داشت. القاء ریشه‌زایی در ریزنمونه‌ها در شرایط کشت بافت یکی از مراحل بسیار سخت در فرآیند ریزازدیادی می‌باشد. ریشه‌زایی یکی از مراحل بسیار مهم در ریزازدیادی است که توسط شماری از عامل‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و ژنتیکی تنظیم شده است. لذا توانایی بافت گیاه برای تشکیل ریشه‌های نابجا به برهمکنش بسیاری از عامل‌های داخلی و خارجی مانند هورمون‌ها، عنصرهای محیط کشت و نوع محیط کشت بستگی دارد. در این تحقیق اثر سطوح مختلف IBA در ریشه‌زایی معنی‌دار بود. بیش‌ترین درصد ریشه‌زایی (۸۸/۲۶ درصد) در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌دست آمد. کم‌ترین درصد ریشه‌زایی (۱۱/۶۹ درصد) در تیمار شاهد به‌دست

۱- Roxo de Valinhos

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

آمد. نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست آمده توسط (Shahcheraghi & Shekafandeh, 2015; Sahraroo *et al*., 2019) مطابقت داشت و با نتایج برخی محققان دیگر که حضور IBA را برای ریشه‌زایی درون شیشه‌ای انجیر رقم رکسو دی والینهوس ضروری ندانستند، مغایرت داشت (Fráguas *et al*., 2004). اکسین‌ها اکثراً ریشه‌زایی را تحریک کرده در حالی‌که از رشد ریشه جلوگیری می‌کنند، که البته این موضوع می‌تواند بسته به نوع رقم متفاوت باشد.

در پژوهشی گزارش شده که برای ریشه‌زایی انجیر رقم ساری لوپ[1] غلظت‌های متفاوتی از دو نوع اکسین IBA و NAA به‌کار برده شد و نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که از بین غلظت‌های (۰، ۱/۲، ۲/۵ و ۵ میکرومولار)، غلظت ۲/۵ میکرومولار IBA مؤثرتر بود (Hepaksoy & Aksoy, 2006). برای ریشه‌زایی درون شیشه‌ای انجیر رقم گولار غلظت‌های متفاوتی از سه نوع اکسین IBA، NAA، IAA به‌کار برده شد، در بین این سه نوع اکسین، غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر IBA بیش‌ترین درصد گیاهان ریشه‌دار شده را به‌خود اختصاص داد (Kumar *et al*., 1998). برای ریشه‌زایی درون شیشه‌ای ارقام برپا و لامپا برانکا که در یک تحقیقی مورد بررسی قرار گرفت آن‌ها غلظت‌های متفاوتی از دو نوع اکسین NAA و IBA را به‌کار برده‌اند، همچنین اذعان داشتند که بیش‌ترین درصد ریشه‌زایی را IBA در غلظت ۲/۵ میکرومولار داشته است (Nobre & Romano, 1997). همچنین نتایج تحقیق (Dhage *et al*., 2012) نشان داد که در مرحله ریشه‌زایی در محیط کشت MS 1/2، ریشه‌زایی درون شیشه‌ای گیاهچه‌های تولید شده در غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌دست آمد. در پژوهش دیگری گزارش شده که محیط کشت MS نسبت به محیط کشت MS 1/2 در ریشه‌زایی شاخساره‌های باززایی شده انجیر رقم Seungjung Dauphine برتری داشت (Kim *et al*., 2007). در خصوص مرحله ریشه‌زایی درون شیشه‌ای انجیر رقم Masui Dauphine گزارش شده که، گیاهان هم در محیط کشت MS بدون هورمون و هم در محیط کشت MS حاوی ۱ میلی‌گرم بر لیتر IBA ریشه‌دار شده‌اند (Yakushiji *et al*., 2003). گزارش شده که در خصوص مرحله ریشه‌زایی درون شیشه‌ای دو رقم انجیر رقم جامی‌کن و رقم سبز از چهار غلظت متفاوت IBA استفاده کردند و اظهار داشتند که بیش‌ترین درصد ریشه‌زایی (۸۸/۳ درصد) در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد و در تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر IBA (۷۸/۵ درصد) ریشه‌زایی داشت. در تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر IBA بیش‌ترین تعداد ریشه را به خود اختصاص داد. بیش‌ترین طول ریشه در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد. کم‌ترین طول ریشه در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد (Sahraroo *et al*., 2019). طویل‌ترین طول ریشه در این تحقیق در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌دست آمد، که با نتایج به‌دست آمده توسط سایر محققین که بیش‌ترین طول ریشه را در تیمار ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آورده بودند مطابقت داشت (Shahcheraghi & Shekafandeh, 2015; Sahraroo *et al*., 2019). این در حالی بود که براساس نتایج تحقیق دیگری که توسط (Danial *et al*., 2014) صورت گرفته بود، گزارش شده بود که طویل‌ترین ریشه‌ها در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد که با نتایج این تحقیق مغایرت داشت. در مجموع نتایج این آزمایش با نتایج محققان دیگری که حضور IBA را برای القاء ریشه‌زایی درون شیشه‌ای انجیر ضروری می‌دانستند، مطابقت داشت (Nobre & Romano, 1997; Kumar *et al*., 1998; Hepaksoy & Aksoy 2006; Shahcheraghi & Shekafandeh, 2016; Sahraroo *et al*., 2019). در یک پژوهش دیگری گزارش کردند که در مرحله ریشه‌زایی از دو محیط کشت MS و MS/2 و غلظت‌های مختلف IBA استفاده شد و نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه و طول ریشه در هر ریزنمونه در محیط کشت نیم غلظت MS و در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد (Shahcheraghi & Shekafandeh, 2016). هورمون‌های اکسین در محیط کشت در اکثر گونه‌های گیاهی ریشه‌زایی را تحریک می‌کنند بنابراین روابط متقابل زیادی بین ژنوتیپ، نوع هورمون و غلظت آن وجود دارد. به طور کلی، شروع ریشه‌زایی طی ۱۲ تا ۱۸ روز پس از انتقال شاخساره‌ها به محیط ریشه‌زایی حاصل می‌شود.

نتیجه‌گیری

از آن‌جا که ضدعفونی سطحی یکی از مراحل بسیار مهم در پیش‌گیری از گسترش آلودگی‌های باکتریایی و قارچی بر روی ریزنمونه‌ها طی انجام مرحله‌های کشت بافت می‌باشد. به همین دلیل بهینه‌سازی روش‌های ضدعفونی ریزنمونه‌ها در کشت درون شیشه‌ای از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. لذا بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق استفاده از ۲۵۰ میلی‌گرم در

۱- Sarilop

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

لیتر سفتریاکسون، به منظور ضدعفونی ریزنمونه‌های انجیر پیشنهاد می‌شود. در مرحله استقرار بهترین محیط کشت و ترکیب هورمونی، محیط کشت MS همراه با ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BA به تنهایی و یا همراه با ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در مرحله ریشه‌زایی اثر سطوح BA بر میزان پرآوری معنی‌دار بود و تیمار ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر IBA بهترین نتایج را برای تعداد ریشه، طول ریشه و درصد ریشه‌زایی به همراه داشت. لذا بهترین محیط‌های ذکر شده در هر مرحله این پژوهش می‌تواند برای انجام مطالعات آتی مشابه در انجیر پیشنهاد گردد.

منابع References

Aroonpong, P., Chang, J. C. (2015). Micropropagation of a difficult-to-root weeping mulberry (*Morus alba* var. shidareguwa): a popular variety for ornamental purposes. *Scientia Horticulturae*, *194*, 320-326.

Chawla, H. S. (2003). Principles of plant biotechnology, (2003). Translators. Farsi, M., & zulali J, Printing turn 4. Publisher Ferdowsi Mashhad University press, 495, (In Persian).

Danial, G. H., Ibrahim, D. A., Brkat, S. A., Khalil, B. M. (2014). Multiple Shoots Production from Shoot Tips of Fig Tree (*Ficus carica* L.) and Callus Induction from Leaf Segments. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, 20(1), 117-124.

Demiralay, A., Yalçin-Mendi, Y., Aka-Kaçar, Y. I. L. D. I. Z., Cetiner, S. (1997). *In vitro* propagation of *Ficus carica* L. var. Bursa Siyahi through meristem culture. In *I International Symposium on Fig,* 480, 165-168.

Dhage, S. S., Pawar, B. D., Chimote, V. P., Jadhav, A. S., Kale, A. A. (2012). *In vitro* callus induction and plantlet regeneration in fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Cell and Tissue Research*, *12*, 3395-3400.

Fráguas, C. B., M. Pasqual, M., Dutra, L. F., & Cazetta, J. O. (2004). Micropropagation of fig (*Ficus carica* L.) 'Roxo de Valinhos' Plants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, *40*, 471-474.

Gogoi, G., Borua, P. K., Al-Khayri, J. M. (2017). Improved micropropagation and *in vitro* fruiting of *Morus indica* L. (K-2 cultivar). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 15*(1), 249-256.

Günver, G., & Ertan, E. (1997). A study on the propagation of figs by the tissue culture techniques. In *I International Symposium on Fig*, *480*, 169-172.

Habiba, U., Reza, S., Saha, M. L., Khan, M. R., Hadiuzzaman, S. (2002). Endogenous bacterial contamination during *in vitro* culture of table banana: identification and prevention. *Plant Tissue Cult*, *12*(2), 117-124.

Hepaksoy, S. E. R. R. A., Aksoy, U. (2006). Propagation of *Ficus carica* L. clones by *in vitro* culture. *Biologia Plantarum*, *50*(3), 433-436.

Kim, K. M., Kim, M. Y., Yun, P. Y., Chandrasekhar, T., Lee, H. Y., Song, P. S. (2007). Production of multiple shoots and plant regeneration from leaf segments of fig tree (*Ficus carica* L.). *Journal of Plant Biology*, *50*, 440-446.

Kiani, F. M., Zamani, Z., Ebadi, A. (2005). *In vitro* establishment of three olive cultivars (*Olea europaea* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *12*(4), 29-37. (In Persian).

Kumar, V., Radha, A., Kumar Chitta, S. (1998). *In vitro* plant regeneration of fig (*Ficus carica* L. cv. Gular) using apical buds from mature trees. *Plant Cell Reports*, *17*, 717-720.

Mahdavian, M., Lessani, H., Ebadi, A., Fatah, R., Habibi Kuhi, M. (2008). Morphological study of genetic variation among Iranian figs (*Ficus carica* L.) cultivars. *Pajouhesh and Sazandegi*, *80*, 144 –158. (In Persian).

Naik, S.K., Pattnaik, S., Chand, P. K. (1999). *In vitro* propagation of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Ganesh) through axillary shoot proliferation from nodal segments of mature tree. *Scientia Horticulturae*, *79*(3-4), 175-183.

Nobre, J., & Romano, A. (1997). *In vitro* cloning of *Ficus carica* L. adult trees. In *I International Symposium on Fig*, *480*, 161-164.

Pedraza Santos M.E., López-Peralta, M. C., González-Hernández, V. A., Engleman-Clark, E. M., Sánchez-García, P. (2006). *In vitro* regeneration of Alstroemeria cv. 'Yellow King' by direct organogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *84*, 189-198.

Reed, B. M., Buckley, P. M., & Dewilde, T. N. (1995). Detection and eradication of endophytic bacteria from micropropagated mint plants. *In vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, *31*, 53-57.

Saha, S., Adhikari, S., Dey, T., & Ghosh, P. (2016). RAPD and ISSR based evaluation of genetic stability of micropropagated plantlets of *Morus alba* L. variety S-1. *Meta Gene*, *7*, 7-15.

Sahraroo, A., Zarei, A., Babalar, M. (2019). *In vitro* regeneration of the isolated shoot apical meristem of two commercial fig cultivars 'Sabz'and 'Jaami-e-Kan'. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *17*, 743-749.

Salehi H., Khosh-Khui, M. (1997). A simple procedure for disinfection of 'Baby Masquerade'miniature' rose explants. *Scientia Horticulturae*, *68*(1-4), 145-148.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

Shahcheraghi, S. T., Shekafandeh, A. (2015). Clonal Propagation of Two Endangered Genotypes of Fig. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *16*(1), 55-66. (In Persian).

Shahcheraghi, S. T., Shekafandeh, A. (2016). Micropropagation of three endemic and endangered fig (*Ficus carica* L.) genotypes. *Advances in Horticultural Science*, *30*(3), 129-134.

Yakushiji, H., Mase, N., & Sato, Y. (2003). Adventitious bud formation and plantlet regeneration from leaves of fig (*Ficus carica* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *78*(6), 874-878.

Zarei, M., Garoosi, G., Nezami, E., Hosseini, R., & Ahmadi, J. (2013). The effect of medium, Carbon source, light spectrum and style treatment of Auxin on shoot and root regeneration of Gisela 6 Root Stock. *Journal of Cell &Tissue*, *4*(2), 169-185. (In Persian).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 25 (3): 385-404 (2024)
Research article

Optimization of Micropropagation of Fig (*Ficus carica* L.) cv. Sabz Using Shoot Tip and Single Node Explants

Mahboube hadavand khani[1], Abbas yadollahi[1*], Moslem jafari[2]
1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Estahban Fig Research Station, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Estahban, I. R. Iran
Corresponding Author, Email: (yadollah@modares.ac.ir)

Nowadays, plant micropropagation is considered the main propagation method for numerous plant species, especially recalcitrant woody species, including the fig tree. However, micropropagation is still associated with some limitations, such as endophyte contaminations, phenolic compound secretion, and the lack of a reliable micropropagation protocol for many species. Thus, the main purpose of this study was to establish a reliable and efficient micropropagation protocol for *F. carica* cv. Sabz, as the most precious fig cultivar in Iran. For the elimination of endophytic bacteria contaminations, an initial experiment including different concentrations of ceftriaxone antibiotic (0, 50, 100, 150, 200 and 250 mg L^{-1}) was carried out. In the establishment stage, the effect of two basal media (MS and WPM) and PGRs combinations, including the interactions of BA (0, 0.5, 1, and 1.5 mg L^{-1}) × NAA (0 and 0.1 mg L^{-1}) were investigated. In the shoot proliferation stage, the MS medium and the effect of different concentrations of BA (0, 0.5, 1, and 2 mg L^{-1}) were evaluated. In the rooting stage, the effect of different concentrations of IBA (0, 0.5, 1, and 1.5 mg L^{-1}) and half-MS medium were evaluated. After four weeks (the end of the rooting stage), parameters of rooting percentage, root numbers, and root length were calculated. The results demonstrated that the endophytic bacteria were successfully eliminated by using 250 mg L^{-1} of ceftriaxone in the culture medium. MS medium supplemented with 0.5 mg L^{-1} BA with or without 0.1 mg L^{-1} NAA was found as the best establishment medium (100 %). Besides, MS medium enriched with 2 mg L^{-1} BA was identified as the best proliferation medium with a mean of 3.2 shoots/explant which displayed a significantly different from other proliferation treatments. ½ MS medium containing 1.5 mg L^{-1} IBA resulted in the highest rooting percentages (88.26%), root length (6.15 cm), and root numbers (8.46).

Keyword: *Ficus carica*, endophytic bacteria, medium optimizing, micropropagation, phenolic compounds.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-09]