

تأثیر ژنتیک، نوع ریزنمونه، تنظیم کننده رشد گیاهی و بستر کشت بر باززایی درون شیشه‌ای رقم‌های

تجاری ارکیده فالانوپسیس

فاطمه بیدرنامنی^۱، عبدالرحمن رحیمیان بوگر^{۲*}، سید نجم الدین مرتضوی^۱

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل (آدرس کنونی)

۳- گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل

✉ a.rahimian@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۹/۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۳

چکیده

ارکیده فالانوپسیس (*Phalaenopsis*)، محبوب‌ترین جنس تیره ثعلب‌ها می‌باشد که به دلیل داشتن گل‌های پروانه‌ای شکل و جذاب، بازار پسنندی بالایی دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ژنتیک، ریزنمونه، تنظیم کننده‌های رشد و بستر کشت بر افزایش درون شیشه‌ای ارکیده فالانوپسیس انجام شد. تیمارها شامل چهار تیمار تنظیم کننده رشد بنزیل آدنین (۲ و ۴ میلی گرم بر لیتر BA) و ایندول بوتیریک اسید (۵/۰ و ۱ میلی گرم در لیتر IBA)، دو محیط کشت MS و Chen، دو ریزنمونه برگ و ساقه، و پنج رقم تجاری فالانوپسیس بود. عوامل مورد بررسی تأثیر معنی داری بر زمان تشکیل سرآغازهای برگ و ریشه، ایجاد پدازه‌نما، شمار برگ و ریشه داشتند. کمترین زمان لازم برای تشکیل نخستین سرآغازهای برگ و ریشه، مربوط به رقم‌های Nottingham و Dubrovnik، تیمار ۲ میلی گرم بر لیتر BA ترکیب با IBA با غلظت‌های ۵/۰ و ۱ میلی گرم بر لیتر، و محیط کشت Chen بود. زمان تشکیل سرآغازهای برگ در ریزنمونه‌های برگ در مقایسه با ریزنمونه‌های ساقه، به‌طور معنی داری کمتر بود. ریزنمونه‌های برگ، پدازه‌نمای بیشتری نسبت به ریزنمونه‌های ساقه تولید کردند. در رقم Nottingham، تیمار BA+IBA با نسبت ۲ به ۱ میلی گرم بر لیتر و محیط کشت Chen بیشترین تأثیر را بر افزایش شمار پدازه‌نماها داشتند. افزون بر این، شمار برگ و ریشه در گیاهچه‌های تولید شده در شرایط درون شیشه‌ای، به‌طور معنی داری زیر تأثیر عوامل مختلف قرار گرفت به‌طوری که گیاهچه‌های رقم Dubrovnik شمار برگ بیشتری و گیاهچه‌های رقم Nottingham شمار ریشه بیشتری در مقایسه با سایر رقم‌ها داشتند. بیشترین شمار برگ در تیمار BA با غلظت ۲ میلی گرم در لیتر به همراه IBA با غلظت ۵/۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد. در حالی که بیشترین شمار ریشه در تیمار BA+IBA با نسبت ۲ به ۱ میلی گرم در لیتر وجود داشت. در مقایسه محیط کشت‌ها نیز محیط کشت Chen تأثیر بیشتری بر تولید برگ و ریشه داشت. این نتایج نشان داد که موفقیت باززایی رقم‌های مختلف ارکیده فالانوپسیس در شرایط درون شیشه‌ای، وابسته به ویژگی‌های ژنتیکی، نوع محیط کشت و تیمارهای تنظیم کننده رشد است. رقم Nottingham و ریزنمونه‌های برگ باززایی بهتری در شرایط درون شیشه‌ای داشت. افزایش غلظت تنظیم کننده رشد سیتوکینین BA از ۲ به ۴ میلی گرم بر لیتر، منجر به افزایش زمان مورد نیاز برای تشکیل سرآغازهای برگ و ریشه، و طولانی تر شدن دوره کشت درون شیشه‌ای شد.

واژه‌های کلیدی: باززایی، ریزافزایی، فالانوپسیس.

مقدمه

تیره ارکیدسانان^۱ از تیره‌های گیاهی بسیار بزرگ و گوناگون در میان تک لپه‌ای‌ها می‌باشد که دارای ۶۰۰ تا ۸۰۰ جنس با ۲۵۰۰۰-۳۵۰۰۰ گونه است (Chowdhery, 2001; Singh et al., 2007). فالانوپسیس^۲ مهمترین جنس از تیره ارکیده است که به‌صورت گسترده‌ای در مناطق مختلف جهان تولید می‌شود، همچنین فالانوپسیس به دلیل کشت آسان، گوناگونی در رنگ گل، گوناگونی در اندازه و شکل، در دسترس بودن در طول سال، ظرافت و عمر گلجایی طولانی، یکی از گل‌های با ارزش و محبوب است که به‌صورت گلدانی و گل بریدنی در سراسر جهان استفاده می‌شود (De et al., 2015). این گیاه دارای بذره‌های بسیار ریزی است که تنژگی آن در طبیعت نیاز به وجود قارچ همزیست دارد (Dijk, 1988). افزون بر این، افزایش بذری ارکیده باعث تفرقه ویژگی‌ها می‌شود و گیاهان حاصل شبیه به اصل نخواهند بود. بنابراین افزایش درون‌شیشه‌ای یک روش مناسب برای افزایش ارکیده‌ها می‌باشد (Zheng et al., 2010).

روش‌های مختلفی برای افزایش درون شیشه‌ای ارکیده‌ها وجود دارد، که در میان آنها رویان‌زایی بدنی، ممکن است یکی از بهترین گزینه‌ها برای دست یابی به اندام‌های شبیه پدازه‌نما^۳ باشد (Chen et al., 2000; Lee et al., 2013). از سویی رویان‌های بدنی، ماده مناسبی برای افزایش توده‌ای و باززایی گیاهان تراریخته محسوب می‌شوند (Moradi et al., 2017). ولی دست یابی به رویان‌های بدنی از راه تولید بافت پینه، به دلیل عدم موفقیت تشکیل پینه که ناشی از رشد کند بافت پینه و تمایل آن به قهوه‌ای شدن^۴ است، در ارکیده‌ها بسیار کم است (Naing et al., 2011). به ویژه، تشکیل پینه از ریزنمونه‌های برگ ارکیده بسیار دشوار می‌باشد. همچنین، حتی زمانی که انگیزش پینه رخ دهد، ممکن است سرانجام مقدار پینه به‌دست آمده کم و حفظ آن دشوار باشد (Roy and Banerjee, 2003; Huana et al., 2004). افزون بر این، بررسی‌ها نشان داده است که بین توانمندی رویان‌زایی توسط ریزنمونه‌های تهیه شده از قسمت‌های مختلف برگ تفاوت وجود دارد و ریزنمونه‌های تهیه شده از انتهای برگ‌ها توانایی بیشتری در تولید رویان‌های بدنی نسبت به نوک برگ‌ها دارند (Penggow et al., 2008). همچنین، گزارش شده است که بهترین نتیجه شاخه‌زایی با استفاده از ریزنمونه‌های گره روی ساقه گل دهند در ارکیده فالانوپسیس به دست آمده است (Chen and Chang, 2006). تنظیم‌کننده‌های رشد به ویژه اکسین‌ها، سائتوکینین‌ها، آبسزیک اسید و اتیلن، پاسخ‌های مورفولوژیکی درون‌شیشه‌ای را در شمار زیادی از گیاهان کنترل می‌کنند (Sidhu, 2010).

در بررسی تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر تشکیل رویان‌زایی مستقیم ریزنمونه‌های برگ‌ی در دو رقم ارکیده *P. nebula* و *P. amabilis* نشان داده شد که 2iP و BA بیشترین تأثیر را بر رویان‌زایی داشتند، در حالی که تیمارهای اکسین، جیبرلین و پلی آمین‌ها در هر دو گونه بازدارنده رویان‌زایی بودند (Penggow et al., 2008). همچنین بررسی اثر تنظیم‌کننده‌های TDZ و NAA بر رویان‌زایی پدازه‌نماهای ایجاد شده بوسیله کشت بذر ارکیده *P. amabilis* نشان داد که پدازه‌نماها در محیط کشت 1/2MS با ۹ میلی‌گرم در لیتر TDZ بیشترین رویان‌زایی را داشتند (Chen and Chang, 2004). تأثیر افزودن NAA و BAP بر ازدیاد پدازه‌نماها در ارکیده *Vanda* نشان داد که افزودن ۲ میلی‌گرم بر لیتر BAP + ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر NAA منجر به تولید درصد



بالاتر پدازه‌نماها می‌شود (David et al., 2008). بررسی اثر محیط‌های مختلف کشت در بهینه سازی تندش بذر و رشد گیاهچه ارکیده فلانوپسیس در شرایط درون شیشه‌ای نشان داد که محیط کشت‌های MS و 1/2MS تاثیر بیشتری در بهینه‌سازی تندش و ویژگی‌های دانه‌های ایجاد شده در مقایسه با محیط کشت‌های VW و KC داشتند (Abbaszadeh et al., 2017). بررسی دیگری نشان داد که شمار بیشتری پدازه‌نما طی ۲ هفته در محیط کشت VW مایع نسبت به MS مایع انگیخته شد، درحالی‌که محیط MS آبگونه منجر به افزایش سریع پدازه‌نما از نوک شاخه رقم سونیا در *Dendrobium* شد (Shylaraj et al., 2007). همچنین بنا بر یافته‌های این پژوهش محیط MS در مقایسه با VW در تشکیل شاخه‌های فراوان برتری داشت. پژوهش حاضر به بررسی تاثیر انواع ریزنمونه، محیط کشت و تیمارهای تنظیم کننده رشد بر تشکیل پدازه‌نما و ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهچه‌های ارکیده فلانوپسیس در شرایط درون شیشه ای پرداخته است.

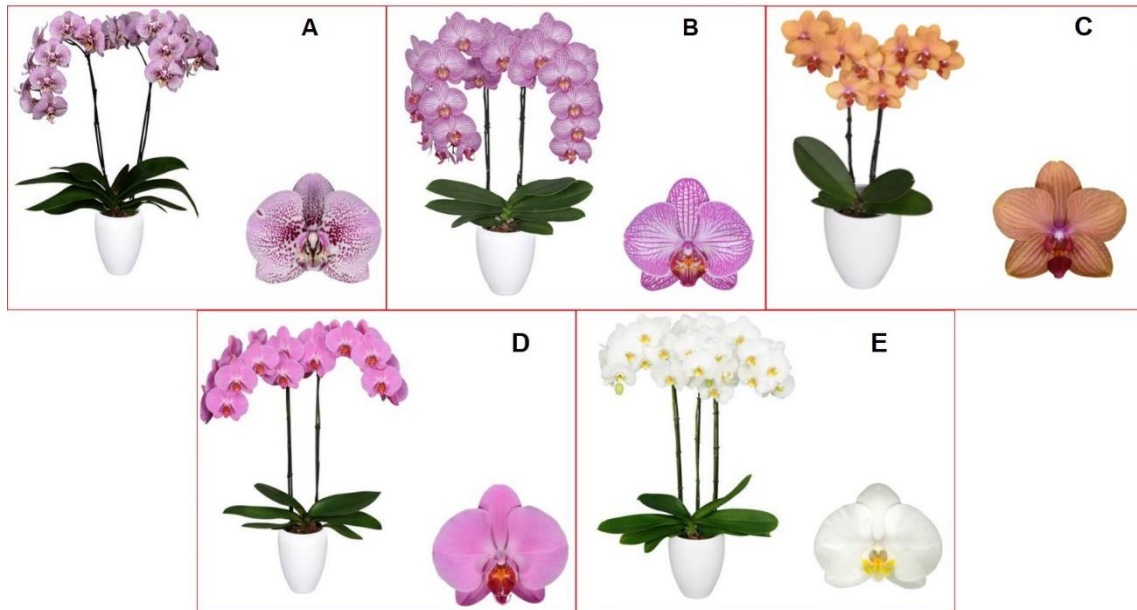
مواد و روش ها

در این پژوهش، پنج رقم از گونه زینتی ارکیده فلانوپسیس که در ایران تولید تجاری دارند، گزینش شدند (شکل ۱). آمیزش مصنوعی برای این رقم‌های انجام شد و کپسول‌های حاوی بذرهای رسیده نخست با افزودن چند قطره مایع شوینده و قرار دادن آن‌ها زیر آب جاری به مدت نیم ساعت و سه نوبت با آب مقطر شستشو شدند. سپس مرحله دوم گندزدایی زیر هود و با هیپوکلریت سدیم پنج درصد و الکل ۷۰٪ به مدت ۱۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه انجام شد. پس از این مرحله، کپسول‌های بذر بی‌درنگ با آب مقطر اتوکلاو شده، سه مرتبه شستشو داده شدند و در محیط کشت برای ادامه این پژوهش استفاده گردیدند. در پژوهش حاضر، برای بررسی تاثیر تیمارهای تنظیم کننده رشد، نوع بستر کشت و ریزنمونه بر افزایش درون شیشه‌ای رقم‌های مختلف فلانوپسیس چهار تیمار تنظیم کننده رشد شامل: بنزیل آدنین^۱ (BA) با غلظت‌های دو و چهار میلی گرم بر لیتر و ایندول بوتیریک اسید^۲ (IBA) در غلظت‌های نیم و یک میلی گرم بر لیتر، دو تیمار بستر کشت شامل محیط‌های Chen و MS، و دو نوع ریزنمونه شامل ریزنمونه‌های برگ به اندازه یک در یک سانتی متر و ریزنمونه ساقه به طول یک سانتی متر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

ریزنمونه‌ها پس از کشت در اتاق رشد با 25 ± 2 درجه سلسیوس، طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت با شدت نور ۵۰۰۰ لوکس و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. شاخص‌های مورد ارزیابی شامل: شمار پدازه‌نما، شمار روز تا تشکیل نخستین سرآغاز برگ و ریشه، شمار برگ و ریشه و برهمکنش تیمارهای مختلف تنظیم کننده، محیط کشت و نوع ریزنمونه بر شمار پدازه‌نما و زمان تشکیل نخستین سرآغاز برگ و ریشه که با چشم قابل مشاهد بود، و شمار برگ و ریشه در رقم‌های مورد بررسی فلانوپسیس بود.

این پژوهش به صورت طرح به طور کامل تصادفی و در قالب آزمایش فاکتوریل با ۳ تکرار انجام شد (هر شیشه کشت به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد و حاوی ۴ ریز نمونه بود). واکاوی داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS صورت پذیرفت. آنالیز واریانس داده‌ها با روش ANOVA و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪، انجام گردید.





شکل ۱- رقم‌های ارکید فالا‌نوپسیس که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند: (A) Andorra، (B) Bucharest، (C) Dubrovnik، (D) Memphis، (E) Nottingham.

Figure 1- The *Phalaenopsis* cultivars investigated in this research include; Andorra (A), Bucharest (B), Dubrovnik (C), Memphis (D), Nottingham (E).

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از تحلیل واریانس داده‌های این پژوهش نشان داد که هر چهار عامل تنظیم کننده رشد، بستر کشت، نوع ریزنمونه و رقم و برهمکنش این آن‌ها دارای تاثیر متفاوتی بر ویژگی‌های شمار پدازه‌نما، زمان تشکیل سرآغاز برگ و ریشه و شمار ریشه و برگ گیاهچه‌های فالا‌نوپسیس به‌دست آمده در شرایط درون شیشه‌ای هستند (جدول ۱). یافته‌ها همچنین نشان داد که کاربرد تیمارهای تنظیم کننده رشد به‌طور معنی داری باعث افزایش شمار پدازه‌نما، زمان تشکیل سرآغاز برگ و ریشه، و شمار ریشه ($P \leq 0.01$) و شمار برگ ($P \leq 0.05$) شد. محیط کشت تاثیر معنی داری بر شمار پدازه‌نما، زمان تشکیل سرآغاز برگ، شمار ریشه ($P \leq 0.01$) و زمان تشکیل سرآغاز ریشه ($P \leq 0.05$) بود، در حالی که تاثیر معنی داری بر شمار برگ نداشت. همچنین نوع ریزنمونه و رقم به‌طور معنی داری ($P \leq 0.01$) بر همه ویژگی‌های مورد ارزیابی تاثیر داشت (جدول ۱). این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های دیگری در زمینه تاثیر کاربرد تنظیم کننده‌ها بر پینه‌زایی و روپانه‌زایی بدنی مستقیم جنس‌های مختلف ارکید همسویی دارند (Chen and Chang, 2006; Naing et al., 2011; Moradi et al., 2017). همچنین، بررسی دیگری نشان داد که واکنش گونه‌های ارکید فالا‌نوپسیس و سیمبیدیوم در کشت درون شیشه‌ای زیر تاثیر نوع ژنوتیپ آن‌ها قرار می‌گیرد (Teixeira da Silva and Winarto, 2016).

یافته‌های این پژوهش نشان داد که برهمکنش بین تنظیم کننده رشد و رقم تاثیر معنی داری بر شمار پدازه‌نما، زمان تشکیل سرآغاز برگ و ریشه، شمار برگ و ریشه ($P \leq 0.01$) دارد، در حالی که برهمکنش بین تیمارهای تنظیم کننده رشد و محیط کشت فقط بر ویژگی‌های زمان تشکیل سرآغاز برگ و ریشه، و شمار ریشه ($P \leq 0.01$) اثر معنی دار داشت و برهمکنش تیمارهای تنظیم کننده رشد و ریزنمونه فقط بر شمار پدازه‌نما و شمار ریشه ($P \leq 0.05$) دارای تاثیر معنی دار بود.

جدول ۱- جدول آنالیز واریانس ANOVA

Table 1. Table of ANOVA analysis.

شمار ریشه Number of roots	شمار برگ Number of leaves	زمان تشکیل نخستین سرآغاز ریشه Time of root primordia initiation	زمان تشکیل نخستین سرآغاز برگ Time of leaf primordia initiation	شمار پدازه نما Number of protocorms	منبع تغییرات Source of variation
۲۸/۱۷**	۱/۲۱*	۱۴۱۴/۳۲**	۲۱۱۵/۵۲**	۱۵۷۱۳/۰۵**	تنظیم کننده رشد Growth regulator
۷/۷۰**	۱/۰۷ ^{ns}	۴۵/۹۴*	۴۰۵۰/۸۱**	۲۳۸۴۰/۲۷**	محیط کشت Culture medium
۱۵۲/۰۰**	۱۲۶/۱۵**	۲۱۶۶/۰۰**	۲۰۲۷۶/۸۲**	۱۷۶۰/۴۲**	ریز نمونه Explant
۱۴/۹۲**	۱۶/۶۷**	۴۰۵/۱۳**	۱۱۶۹/۳۲**	۵۲۵/۲۹**	رقم Cultivar
۲/۸۸	۰/۲	۱۵/۳۳ ^{ns}	۹۱/۸۹	۱۷۳۹/۲۶	تکرار Replication
۲/۳۲**	۰/۲۸ ^{ns}	۲۵۳/۵۷**	۱۶۵/۰۷**	۱۳۷۶/۱۴ ^{ns}	تنظیم کننده رشد × محیط کشت Medium × Growth regulator
۱/۲۸*	۰/۱۲ ^{ns}	۱۵/۸۲ ^{ns}	۱۳/۱۱ ^{ns}	۸۳/۱۴*	تنظیم کننده رشد × ریز نمونه Explant × Growth regulator
۲/۹۸**	۱/۱۸**	۴۰/۱۳**	۱۳۹/۲۸**	۹۴/۲۸**	تنظیم کننده رشد × رقم Cultivar × Growth regulator
۰/۰۲ ^{ns}	۲/۴**	۳۹/۲۰*	۱۳/۰۷ ^{ns}	۱۲۳/۲۷*	محیط کشت × ریز نمونه Explant × Medium
۱/۱۲*	۰/۸۰*	۶۱/۷۰**	۴۲/۴۸ ^{ns}	۲۴/۹۶ ^{ns}	محیط کشت × رقم Cultivar × Medium
۱/۳۸*	۵/۹۲**	۱۲۸/۱۰**	۶۳/۳۶ ^{ns}	۶۲/۸۶ ^{ns}	ریز نمونه × رقم Cultivar × Explant
۰/۵۱ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۲۳/۷۵*	۳۱/۲۵ ^{ns}	۲۸/۰۵ ^{ns}	تنظیم کننده رشد × محیط کشت × رقم C × M × GR
۰/۲۴ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۲۱/۲۷**	۱۹/۰۳ ^{ns}	۱۳/۱۳ ^{ns}	تنظیم کننده رشد × ریز نمونه × رقم C × E × GR
۰/۵۱ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۵/۸۵ ^{ns}	۱۱/۳۴ ^{ns}	۳۲/۴۸ ^{ns}	تنظیم کننده رشد × محیط کشت × ریز نمونه E × M × GR
۰/۰۸ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۱۰/۲۱ ^{ns}	۱۰/۰۷ ^{ns}	۲۶/۹۷ ^{ns}	تنظیم کننده رشد × محیط کشت × رقم × ریز نمونه E × C × M × GR
۱۷/۷۱	۲۳/۹۲	۱۱/۶۸	۴/۲۵	۹/۸۸	ضریب تغییرات (%) CV
۸۱/۴۱	۸۰/۳۱	۸۸/۱۷	۸۸/۱۸	۹۵/۲۲	R2

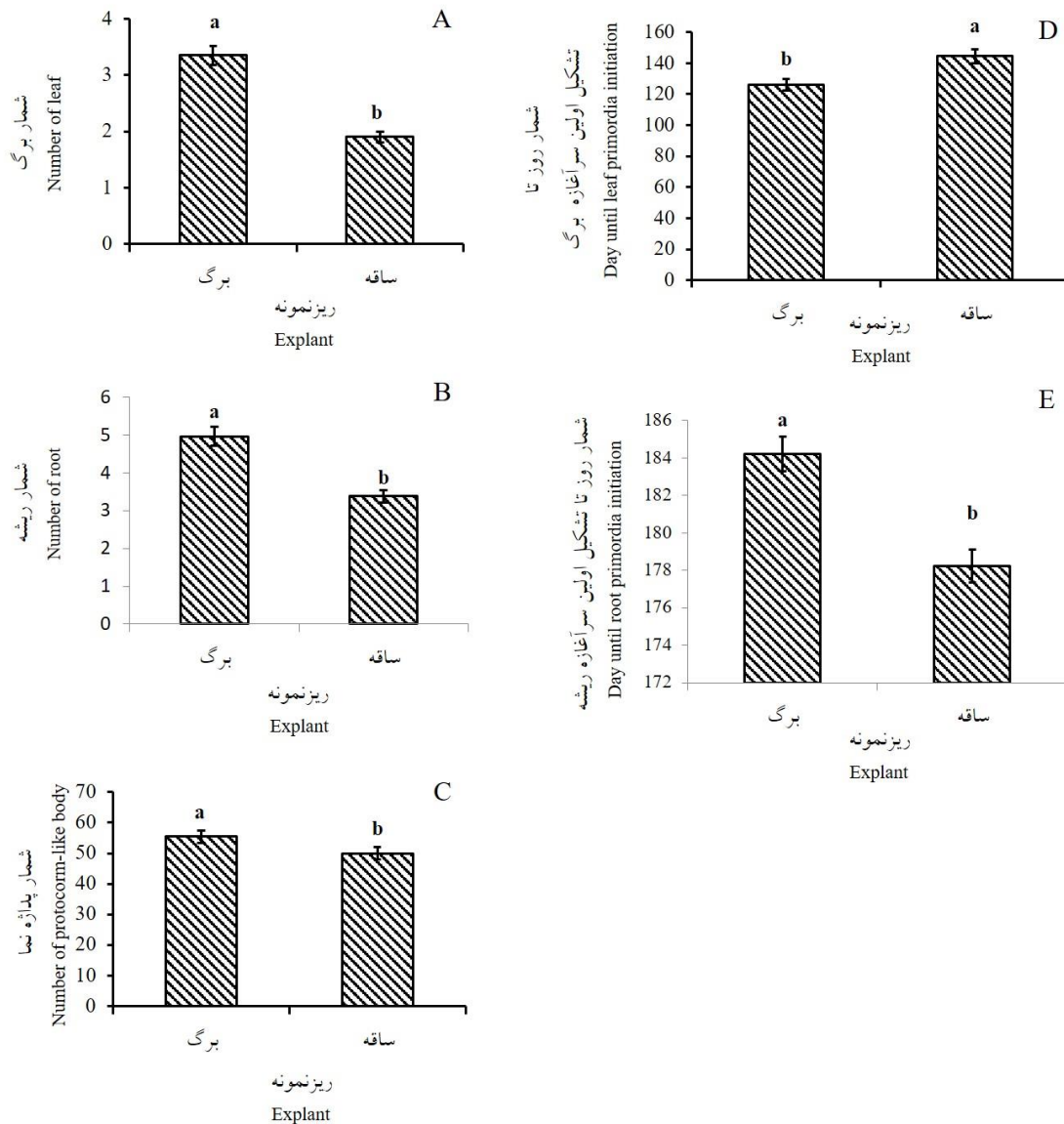
** معنی داری در سطح ۱٪، * معنی داری در سطح ۵٪، ns نبود معنی داری.

** Significant at 1%, and * Significant at 5% levels, ^{ns} non-significant.

در بررسی پینه‌زایی شاهدانه^۱ برهمکنش رقم و محیط کشت بر پینه‌زایی از ریزنمونه‌های مختلف برگ، دم‌برگ، میانگره و جوانه جانبی معنی‌دار بود، در حالی که اثر محیط کشت و ریزنمونه بر پینه‌زایی و باززایی معنی‌دار نبود (Ślusarkiewicz-Jarzina et al., 2005). بررسی اثر برهمکنش محیط کشت و ریزنمونه بر باززایی درون شیشه‌ای گوجه‌فرنگی، نشان داد که نوع محیط کشت تأثیر معنی‌داری بر باززایی ریزنمونه‌های مختلف دارد (Mamidala and Nanna, 2011). در پژوهش حاضر، برهمکنش محیط کشت با ریزنمونه بر ایجاد شمار پدازه‌نما، سرآغاز ریشه و شمار برگ معنی‌دار بود، که می‌تواند ناشی از میزان دسترسی به عناصر غذایی و کربوهیدرات محیط کشت و میزان تنظیم‌کننده‌ها و ذخیره کربوهیدراتی درونی و پتانسیل باززایی ریزنمونه‌ها باشد.

نتایج نشان داد که تأثیر نوع ریزنمونه، رقم، غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده رشد و نوع محیط کشت بر زمان تشکیل نخستین سرآغاز برگ معنی‌دار است ($P \leq 0.01$). در این راستا، پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که عوامل مختلفی مانند نوع ریزنمونه، تنظیم‌کننده‌های رشد و ترکیبات محیط کشت، افزایش درون شیشه‌ای گونه‌های گیاهی را زیر تأثیر قرار می‌دهند (Pipino et al., 2021; Meng et al., 2021; Shekhawat et al., 2015; Vieira et al., 2014; Ozarowski et al., 2013; al., 2010). در این پژوهش برهمکنش نوع ریزنمونه و تنظیم‌کننده رشد بر شمار پدازه‌نما و ریشه معنی‌دار بود. بیشترین شمار پدازه‌نما و ریشه برای ریزنمونه برگ در تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر BA ترکیب با ۱ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌دست آمد. در باززایی درون شیشه‌ای گل ساعت^۲ غلظت‌های مختلفی از تنظیم‌کننده‌های رشد BA و NAA برای پینه‌زایی و پرآوری از ریزنمونه‌های میانگره، دم‌برگ و پیچک مورد استفاده قرار گرفت، که بین اثر غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده رشد بر پینه‌زایی و پرآوری گل ساعت اختلاف معنی‌دار وجود دارد، در حالی که بین اثر ریزنمونه‌های مختلف تفاوتی وجود ندارد (Meng et al., 2021). نوع و غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد، و به‌طور ویژه میزان سایتوکینین درون‌زای ریزنمونه از مهم‌ترین عواملی هستند که اندام‌زایی درون شیشه‌ای گیاهان را زیر تأثیر قرار می‌دهند (Gentile et al., 2014). از سویی در پژوهش‌های زیادی برای ریشه‌زایی گونه‌های گیاهی مختلف تیمارهای تنظیم‌کننده رشد اکسینی مورد کاربرد بوده است (Chen and Chang, 2006; Dias et al., 2009; Rocha et al., 2012; Meng et al., 2021). در حالی که در این پژوهش برای ریشه‌زایی رقم‌های مختلف ارکیده از بسترهای کشت حاوی ترکیب تنظیم‌کننده رشد سایتوکینینی و اکسینی استفاده شد، در تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر BA ترکیب با ۱ میلی‌گرم بر لیتر IBA بیشترین شمار ریشه ایجاد شد. این نتایج همسو با ریشه‌زایی گل ساعت در غلظت‌های پایین نفتالین استیک اسید است (Ragavendran et al., 2012). برای دو نوع ریزنمونه مورد استفاده در این پژوهش، زمان لازم برای تشکیل سرآغازهای برگ در ریزنمونه برگ به‌طور معنی‌داری در مقایسه با ریزنمونه‌های ساقه کمتر بود (شکل ۲). در حالی که زمان لازم برای تشکیل سرآغاز ریشه در ریزنمونه‌های ساقه کمتر از ریزنمونه‌های برگ بود (شکل ۲). افزون بر این، تأثیر نوع ریزنمونه‌ها بر شمار برگ، ریشه و پدازه‌نما نشان داد که استفاده از ریزنمونه‌های برگ به‌طور معنی‌داری باعث افزایش این شاخص‌ها شد (شکل ۲).





شکل ۲- مقایسه تاثیر ریزنمونه بر شمار برگ (A)، ریشه (B)، پدازه نما (C) و شمار روز تا تشکیل نخستین سرآغاز برگ (D) و ریشه (E). در هر نمودار، ستون‌های میانگین که دارای حروف کوچک و خطای استاندارد مشابه هستند دارای اختلاف معنی داری نیستند.

Figure 2- Comparison of the effect of explant on number of leaf (A), root (B), and protocorm-like body (C), and number of days until initiation of leaf (D) and root (E) primordia. In each graph, columns of means with the same lowercase letters and standard error have no significant difference.

در این راستا، نشان داده شده که نوع ریزنمونه بر القای پینه و کشت درون شیشه‌ای گل بنفشه^۱ تاثیر معنی داری دارد (Andarz *et al.*, 2014). افزون بر این، نوع ریزنمونه بر پتانسیل باززایی و افزایش درون شیشه‌ای گیاهان مختلف کاسنی^۲ (Kohsari *et al.*, 2020)، سویا^۳ (Raza *et al.*, 2017) و سدروس^۴ (Nazemi Rafi and Salehi, 2018) دارای تاثیر معنی دار بوده است. از آنجا که باززایی گیاهان کشت بافتی ارکیده به‌طور مستقیم از یاخته‌های روپوست ریزنمونه با ایجاد پدازه‌نما، یا به‌صورت غیر



مستقیم با تولید بافت پینه و کاربرد تیمارهای مداخله‌ای انجام می‌شود، در پژوهش‌های پیشین برای باززایی گونه‌های مختلف ارکیده بیشتر از ریزنمونه برگ (Wu et al., 2004; Chung et al., 2007; Naing et al., 2011; Sembi et al., 2020) و کمتر از ریزنمونه‌های ساقه (Balilashaki et al., 2014) استفاده شده است. از این رو، می‌توان تفاوت بین تاثیر نوع ریزنمونه‌های مختلف بر باززایی درون شیشه‌ای ارکیده در بررسی حاضر را به تفاوت در سطح تنظیم کننده‌های رشد درون‌زا و ذخیر کربوهیدراتی ریزنمونه‌های برگ و ساقه نسبت داد.

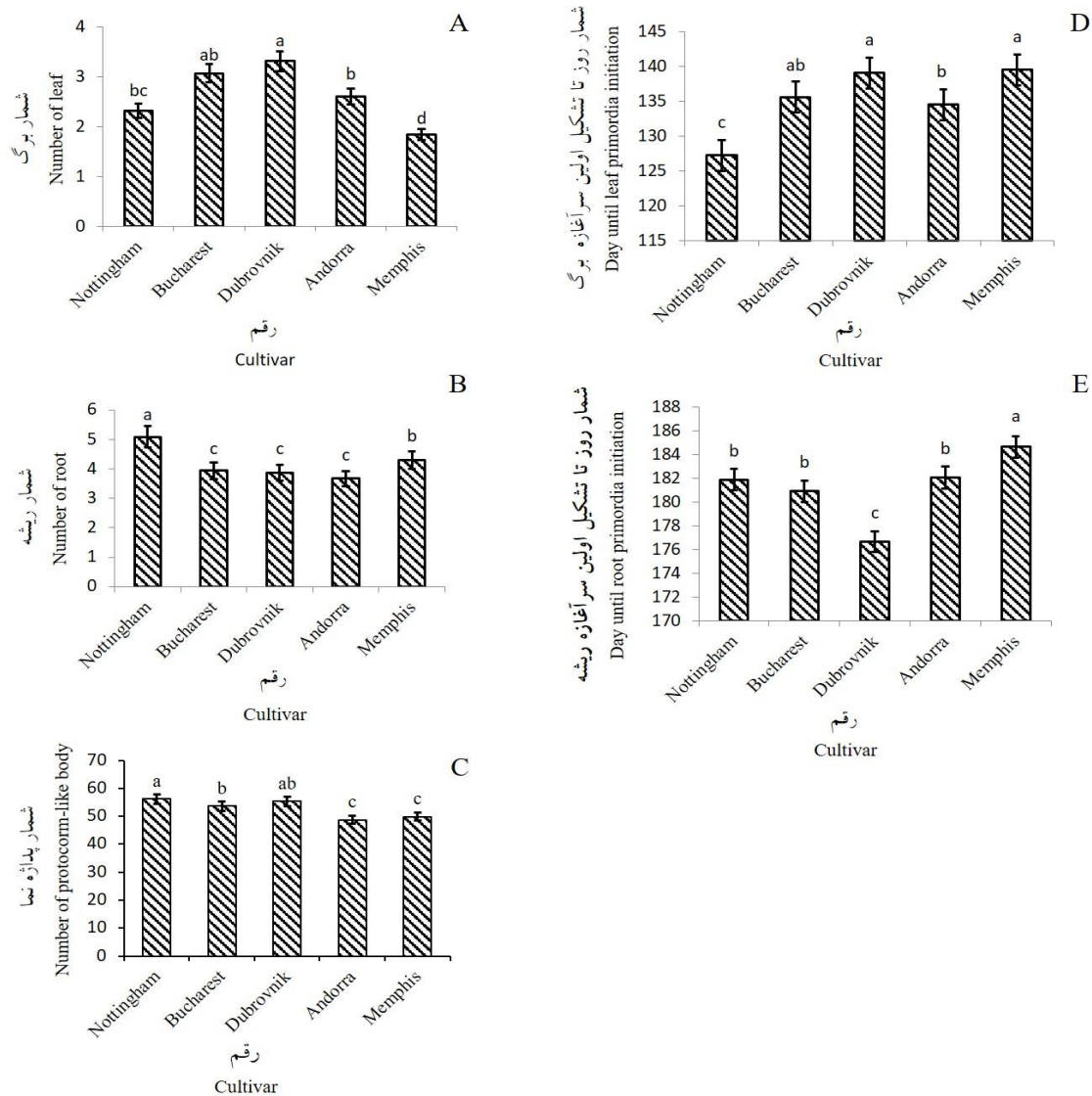
مقایسه میانگین داده‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میان ویژگی‌های ارزیابی شده برای رقم‌های مختلف ارکیده در پژوهش حاضر است (شکل ۳). بر اساس این نتایج کمترین شمار روز تا تشکیل نخستین سرآغاز برگ، ۱۲۹ روز برای رقم Nottingham بود، و بیشترین شمار روز تا تشکیل نخستین سرآغاز برگ ۱۳۹ روز برای رقم‌های Dubrovnik و Memphis می‌باشد. همچنین بین زمان لازم تا تشکیل نخستین سرآغاز ریشه در رقم‌های مورد مطالعه، اختلاف معنی وجود دارد. در این راستا رقم Dubrovnik با ۱۷۶ روز دارای کمترین زمان تا تشکیل سرآغاز ریشه بود و رقم Memphis با ۱۸۴ روز دارای بیشترین شمار روز تا تشکیل سرآغاز ریشه است (شکل ۳).

افزون بر این، رقم‌های مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌داری در شمار برگ، ریشه و پدازه‌ها هستند. نتایج نشان داد که رقم Dubrovnik دارای بیشترین شمار برگ و رقم Memphis دارای کمترین شمار برگ بودند. رقم Nottingham دارای بیشترین شمار ریشه و رقم‌های Bucharest, Dubrovnik و Andorra دارای کمترین شمار ریشه بودند. همچنین بیشترین شمار پدازه‌ها برای رقم Nottingham به‌دست آمد و کمترین آن برای رقم‌های Memphis و Andorra به‌دست آمد (شکل ۳). این نتایج با یافته‌های پژوهش دیگری در رابطه با تاثیر نوع رقم در افزایش درون شیشه‌ای رقم‌های مختلف در اسنا^۱ همسویی دارد (Kakouei and Salehi, 2015). مقایسه فراوانی باززایی ژنوتیپ‌های مختلف سویا نشان داده است که نوع ژنوتیپ بر باززایی درون شیشه‌ای موثر است (Raza et al., 2017).

نتایج ارزیابی تاثیر تیمارهای مختلف تنظیم کننده رشدی بر زمان تشکیل نخستین سرآغازهای برگ و ریشه نشان داد که ریزنمونه‌های کشت شده در شرایط کاربرد تیمار ۲ گرم در لیتر BA در ترکیب با ۰/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر IBA در بازه زمانی کمتری نسبت به ریزنمونه‌های کشت شده در زیر تیمار تنظیم کننده رشد ۴ گرم بر لیتر BA در ترکیب با ۰/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر IBA سرآغازهای برگ و ریشه را ایجاد نموده‌اند. در این راستا بین نتایج به‌دست آمده از تیمارهای BA و IBA با نسبت ۲ به ۰/۵ میلی گرم در لیتر و ۲ با ۱ میلی گرم در لیتر این دو تنظیم کننده رشد اختلاف معنی داری وجود نداشت، در حالی که بین این دو تیمار با تیمارهای ۴ میلی گرم در لیتر BA در ترکیب با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر IBA اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد (شکل ۴). این نتایج با یافته‌های دیگر پژوهش‌ها در خصوص نقش تیمارهای تنظیم کننده رشدی در آغازش فعالیت‌های مریستمی ریزنمونه‌های کشت شده برای باززایی گونه‌های ارکیده *Rhynchostylis gigantea* (Pathak et al., 2017) و *Cymbidium eburneum* (Sembi et al., 2020) همسویی دارد. بین تاثیر تیمارهای مختلف تنظیم کننده رشد و شمار پدازه‌ها، برگ و ریشه تولید شده در هر ریزنمونه اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت. بیشترین شمار پدازه‌ها و ریشه



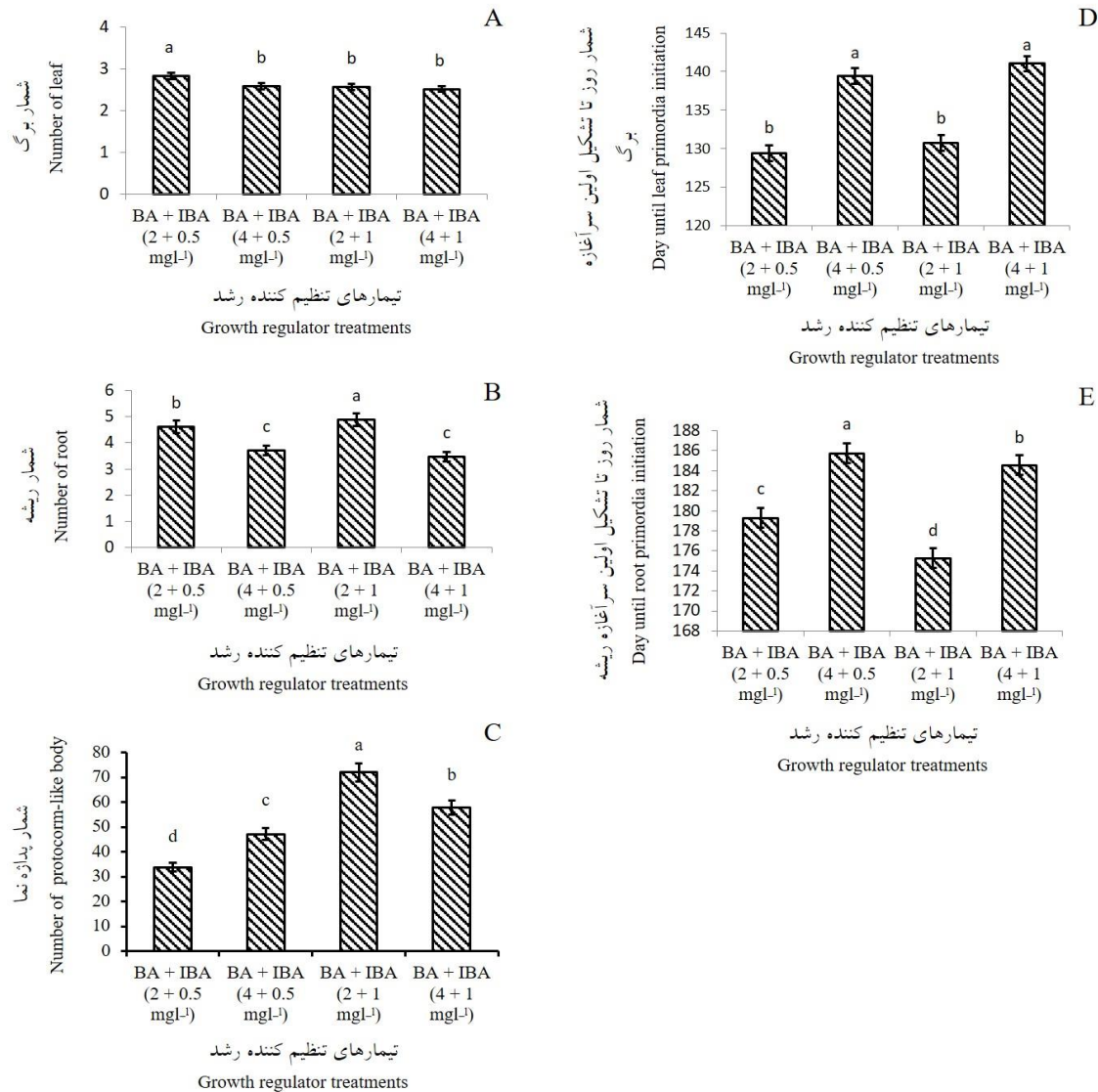
ر ریزنمونه‌های زیر تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر BA ترکیب با ۱ میلی گرم در لیتر IBA به‌دست آمد و بیشترین شمار برگ در ریزنمونه‌های زیر تیمار ۲ میلی گرم بر لیتر BA در ترکیب با ۱ میلی گرم در لیتر IBA وجود داشت (شکل ۴). این نتایج با یافته‌های بررسی دیگری و تاثیر تیمار ترکیب تنظیم کننده رشد BA و NAA در باززایی مستقیم پدازه‌نماها از ریزنمونه‌ها در گونه ارکیده *Cymbidium eburneum* همسویی دارد (Sembi et al., 2020). همچنین، در این راستا در پژوهش دیگری نشان داد که کاربرد تنظیم کننده‌های کیتین (Kin) و نفتالن استیک اسید (NAA) باعث تشکیل پدازه‌نماها در جنس‌های ارکیده *Dendrobium* و *Cymbidium* شد (Teixeira da Silva and Winarto, 2016).



شکل ۳- مقایسه تاثیر رقم بر شمار برگ (A)، ریشه (B)، پدازه نما (C) و شمار روز تا تشکیل نخستین سرآغاز برگ (D) و ریشه (E). در هر نمودار، ستون‌های میانگین که دارای حروف کوچک و خطای استاندارد مشابه هستند دارای اختلاف معنی داری نیستند.

Figure 3- Comparison of the effect of cultivar on number of leaf (A), root (B), and protocorm-like body (C), and number of days until initiation of leaf (D) and root (E) primordia. In each graph, columns of means with the same lowercase letters and standard error have no significant difference.



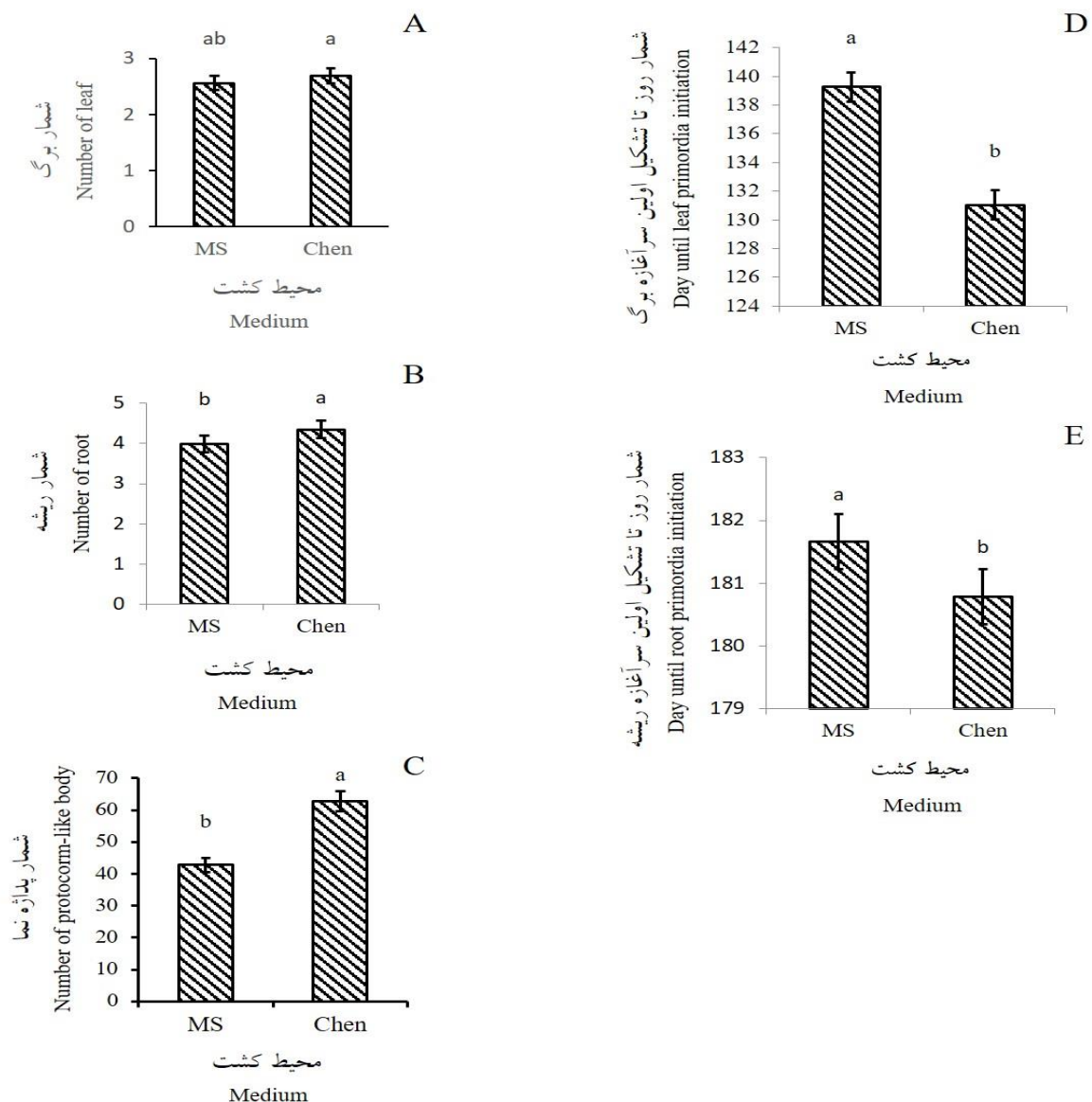


شکل ۴- مقایسه تاثیر تیمارهای تنظیم کننده رشد بر شمار برگ (A)، ریشه (B)، پدازه نما (C) و شمار روز تا تشکیل نخستین سرآغاز برگ (D) و ریشه (E). در هر نمودار، ستون‌های میانگین که دارای حروف کوچک و خطای استاندارد مشابه هستند دارای اختلاف معنی داری نیستند.

Figure 4- Comparison of the effect of growth regulator treatments on number of leaf (A), root (B), and protocorm-like body (C), and number of days until initiation of leaf (D) and root (E) primordia. In each graph, columns of means with the same lowercase letters and standard error have no significant difference.

در پژوهش حاضر استفاده از تیمارهای تنظیم کننده‌های رشد BA به عنوان یک تنظیم کننده رشد سایتوکینینی و IBA به عنوان یک تنظیم کننده رشد اکسینی نشان داد که با افزایش غلظت تنظیم کننده رشد BA از ۲ میلی گرم بر لیتر به ۴ میلی گرم بر لیتر بازه زمانی لازم برای تشکیل سرآغاز برگ افزایش و شمار پدازه‌نما، برگ و ریشه کاهش داشته است که احتمالاً به دلیل غلظت بالاتر در کار دو تنظیم کننده رشد اختلال ایجاد شده و گیاه به غلظت‌های بالاتر واکنش منفی نشان داده است. بنابراین استفاده از غلظت ۲ میلی گرم بر لیتر BA در رقم‌های مورد نظر این آزمون نتایج بهتری نشان داده است. در پژوهشی روی گره ساقه ارکید فالا نوپسیس در محیط کشت MS، غلظت ۴ میلی گرم بر لیتر BA و ۱ میلی گرم بر لیتر NAA بیشترین بازایی شاخه را داشت، در حالی که برگ‌ها در محیط کشت MS حاوی تیدیا زورون در غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۲ و ۳ میلی گرم بر لیتر به طور مستقیم

رویانه‌های بدنی را ایجاد کردند (Balilashaki et al., 2014). همچنین یافته‌های این بررسی نشان داد که افزایش غلظت تنظیم کننده رشد تیدیاورون منجر به افزایش تولید شمار پدازه نما از ۶ به ۵۸ شد. در بررسی دیگری بهترین غلظت تیدیاورون برای رویان‌زایی برگ *P. amabilis*، ۳ میلی گرم بر لیتر گزارش شده است (Chen and Chang, 2006). در این بررسی برای باززایی درون شیشه‌ای رقم‌های مختلف ارکیده فالانوپسیس از دو محیط کشت MS و Chen استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان دادند که تشکیل سرآغازهای برگ و ریشه در محیط MS نسبت به محیط Chen به زمان بیشتری نیاز دارد و همچنین شمار پدازه‌نماها، برگ و ریشه ریزنمونه‌های قرار گرفته در MS به طور معنی داری کمتر از ریزنمونه‌های قرار گرفته در محیط Chen بود (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه تاثیر محیط کشت بر شمار برگ (A)، ریشه (B)، پدازه نما (C) و شمار روز تا تشکیل نخستین سرآغاز برگ (D) و ریشه (E). در هر نمودار، ستون‌های که دارای حروف کوچک و خطای استاندارد مشابه هستند دارای اختلاف میانگین معنی داری نیستند.

Figure 5. Comparison of the effect of medium on number of leaf (A), root (B), and protocorm-like body (C), and number of days until initiation of leaf (D) and root (E) primordia. In each graph, columns of mean with the same lowercase letters and standard error have no significant difference.



در این راستا، بررسی پینه‌زایی *Anthurium* در بسترهای مختلف کشت نشان داد که ایجاد پینه‌های مرستمی گره‌دار^۱ و شبه رویانی^۲ زیر تاثیر نوع بستر کشت قرار می‌گیرد. به‌طوری که در بسترهای کشت MMS^۳ و NN^۴ پینه‌های مرستمی گره‌دار ایجاد شد، در حالی که در بسترهای کشت MS و WPM^۵ پینه‌های شبه رویانی ایجاد شد (Te-chato et al., 2006). غلظت عناصر غذایی در بسترهای کشت مهمترین عاملی است که باززایی گیاهان را زیر تاثیر قرار می‌دهد (Te-chato et al., 2002). همچنین بررسی‌های دیگری نشان داده‌اند که محیط کشت به عنوان عامل غیرزیستی بر باززایی درون شیشه‌ای گیاهان موثر است، که تاثیر آن به نوع ترکیبات، غلظت عناصر غذایی و پتانسیل اسمزی آن بستگی دارد (Fitch, 1993; Vale et al., 2018; Solórzano et al., 2018).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، زمان ایجاد سرآغازهای برگ و ریشه در رقم‌های مختلف جنس ارکیده فالانوپسیس زیر تاثیر عوامل مختلف متفاوت بوده است. بین نوع ریزنمونه برگ و ساقه، کمترین زمان تشکیل سرآغاز برگ از ریزنمونه برگی حاصل شد، درحالی‌که در تولید سرآغاز ریشه از ریزنمونه برگ نیاز به زمان بیشتری داشت. گیاهچه‌ها در محیط کشت Chen برای تشکیل هر دو سرآغاز برگ و ریشه نیاز به زمان کمتری نسبت به محیط کشت MS داشتند. در بین رقم‌های مورد بررسی، رقم‌های Nottingham و Dubrovnik نیاز به زمان کمتری برای تشکیل سرآغازهای برگ و ریشه داشتند، درحالی‌که رقم Memphis در تشکیل هر دو سرآغاز نیاز به بیشترین زمان داشت. تیمار تنظیم کننده رشد ترکیبی ۲ میلی‌گرم بر لیتر BA و ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر IBA در کمترین زمان و تیمار حاوی ترکیب ۴ به ۱ میلی‌گرم بر لیتر از این تنظیم کننده‌ها در بیشترین زمان، تشکیل سرآغاز برگ داد. اما در تشکیل سرآغاز ریشه تیمار ۲ به ۱ میلی‌گرم بر لیتر BA با IBA نیاز به زمان کمتر و تیمار ۴ به ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر از این تنظیم کننده‌ها نیاز به زمان طولانی‌تر داشت. بنابراین و بر اساس یافته‌های به‌دست آمده از این پژوهش در خصوص دشواری تکثیر رقم‌های تجاری ارکیده فالانوپسیس بوسیله کشت درون شیشه‌ای، ریزنمونه‌های ساقه به‌دلیل باززایی‌گندتر و ایجاد گیاهچه‌هایی با ریشه و برگ کمتر، کاربردشان در تولید تجاری رقم‌های فالانوپسیس توجیه اقتصادی ندارد. در حالی که استفاده از ریزنمونه‌های برگی به دلیل بازدهی بهتر، هزینه کمتر، سرعت بالای باززایی و تولید گیاهان با شمار برگ و ریشه بیشتر، روش مطلوبی برای تولید تجاری ارکیده‌های فالانوپسیس است. همچنین محیط کشت Chen، تاثیر معنی‌داری بر کاهش زمان ایجاد سرآغازهای برگ و ریشه در مقایسه با محیط MS داشت و با توجه به نقش موثر آن در تولید گیاهچه‌هایی با شمار برگ و ریشه بیشتر، به عنوان بهترین نوع محیط کشت برای افزایش درون شیشه‌ای رقم‌های ارکیده فالانوپسیس، قابل توصیه است.

منابع

Abbaszadeh, S.M., Miri, S.M., Naderi, R. (2017). An effective nutrient media for asymbiotic seed germination and *in vitro* seedling development of *Phalaenopsis* 'Bahia Blanca'. *Journal of Ornamental Plants*, 11-20. (In Persian).

Embryogenic-like callus (ELC) –۲

Woody Plant Medium –۵

Nitsch and Nitsch –۴

Meristematic Nodular Callus (MNC) –۱

Modified Murashige and Skoog –۳



- Andarz, Z., Daneshvar, M.H., Yari, F. (2014). Induction of callus from three explants of leaf, petiole and stem of *viola odorata* using growth regulators. 1st National Congress of Ornamental Flowers and Plants. Karaj, Iran. <https://civilica.com/doc/331730> (In Persian).
- Balilashaki, K., Naderi, R., Kalantari, S., Vahedi, M. (2014). PTC & B Efficient *in vitro* Culture Protocols for Propagating *Phalaenopsis* 'Cool Breeze', *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 24(2), 191-203.
- Chen, J.T., Chang, W.C. (2006). Direct somatic embryogenesis and plant regeneration from leaf explants of *Phalaenopsis amabilis*. *Biologia Plantarum*, 50(2), 169-173.
- Chen, J.T., Chang, W.C. (2004). Induction of repetitive embryogenesis from seed-derived protocorms of *Phalaenopsis amabilis* var. *formosa* Shimadzu. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 40(3), 290-293.
- Chen, Y.C., Chang, C., Chang, W.C. (2000). A reliable protocol for plant regeneration from callus culture of *Phalaenopsis*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 36, 290-293.
- Chowdhery, H. J. (2001) Orchid diversity in north-east India. *Journal of Orchid Society of India*, 15, 1-17.
- Chung, H. H., Cheng, J. T., Chang, W. C. (2007). Plant regeneration through direct somatic embryogenesis from leaf explants of *Dendrobium*. *Biologia Plantarum*, 51(2), 346-350.
- David, D., Jualang, A.G. Janna, O.A. (2008). Effect of NAA and BAP on protocorm proliferation of Borneo Scented Orchid, *Vanda helvola*. *Asian Pacific Journal Molecular Biology Biotechnology*, 16(3), 221-224.
- De, L.C. (2015). Commercial Orchids. Berlin: De Gruyter Open. Available at: <http://www.degruyter.com/view/product/456245>.
- Dias, L.L.C., Santa-Catarina, C., Ribeiro, D.M., Barros, R.S., Floh, E.I.S., Otoni, W.C. (2009). Ethylene and polyamine production patterns during *in vitro* shoot organogenesis of two passion fruit species as affected by polyamines and their inhibitor. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 99, 199-208.
- Dijk, E. (1988) Mykorrhizen der Orchideen. *II Die Pilze. Die Orchidee*. 39, 116-20
- Fitch, M.M. (1993). High frequency somatic embryogenesis and plant regeneration from papaya hypocotyl callus. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 32, 205-212.
- Gentile, A., Gutierrez, M.J., Martinez, J., Frattarelli, A., Nota, P., Caboni, E. (2014). Effect of metatopolin on micropropagation and adventitious shoot regeneration in *Prunus* rootstocks. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 118, 373-381.
- Huana, L.V.T., Takamura, T., Tanaka, M. (2004). Callus formation and plant regeneration from callus through somatic embryo structures in *Cymbidium* Orchid. *Plant Science*, 166(6), 1443-1449.
- Kakouei, F., Salehi, H. (2015). Factors affecting *in vitro* propagation of *Dracaena sanderiana* Sander ex Mast. cultivars. II. MS salt strengths, subculturing times, rooting and acclimatization. *Advances in Horticultural Science*, 29(4), 165-170.
- Kohsari, A., Chalavi, V., Akbarpour, V. (2020) Effect of explant types and growth regulators on callus induction and secondary metabolites of chicory (*Cichorium intybus* L.). *Journal of Plant Production Research*, DOI: 10.22069/jopp.2020.15491.2390 (In Persian).
- Lee, Y.I., Hsu, S.T., Yeung, E.C. (2013). Orchid protocorm- like bodies are somatic embryos. *American Journal of Botany*, 100, 2121-2131.
- Mamidala, P., Nanna, R.S. (2011). Effect of genotype, explant source and medium on *in vitro* regeneration of tomato. *International Journal of Genetics and Molecular Biology*, 3(3), 45-50.
- Meng, Y.Y., Song, S.J., Landrein, S. 2021. *In vitro* organogenesis and plant regeneration of *Passiflora xishuangbannaensis*, a species with extremely small populations. *Global Ecology and Conservation*, 31, e01836.
- Moradi, S., Daylami, S.D., Arab, M., Vahdati, K. (2017). Direct somatic embryogenesis in *Epipactis veratrifolia*, a temperate terrestrial orchid. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 92(1), 88-97.
- Naing, A.H., Chung, J.D., Lim, K.B. (2011). Plant regeneration through indirect somatic embryogenesis in *Coelogyne cristata* Orchid. *American Journal of Plant Sciences*, 2, 262-267.
- Nazemi Rafi, Z., Salehi, H. (2018). Factors affecting *in vitro* propagation of some genotypes of Himalayan cedar [*Cedrus deodara* (Roxb. ex Lamb) G. Don.]. *Advances in Horticultural Science*, 32(4), 479-486.
- Ozarowski, M., Thiem, B., Gryszczyńska, A., Budzianowski, J. (2013). Studies on *in vitro* seed germination and plant regeneration from mature leaf, internodal and petiole explants of *Passiflora caerulea* L. 56th Convention of the Polish Botanical Society, Interdisciplinary and Practical Significance of Botanical Sciences. Olsztyn, Poland.



- Pathak, P., Verma, S., Prakash, A., Mahant, K.C. (2017). Regeneration competence of an ornamentally important epiphytic orchid, *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. through leaf segments: a study *in vitro*. *Journal of the Orchid Society of India*, 31, 97-101
- Penggow, W., Chen, J. T., Chang, W.C. (2008). Influence of growth regulators on direct embryo formation from leaf explants of *Phalaenopsis* Orchid. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30, 507-512.
- Pipino, L., Braglia, L., Giovannini, A., Fascella, G. (2010). *In vitro* regeneration and multiplication of *Passiflora* hybrid "Guglielmo Betto". In: Jain, S.M., Ochatt, S.J. (Eds.), *Protocols for in Vitro propagation of ornamental plants*. Methods in molecular biology. Humana Press, New Jersey, 153-162.
- Ragavendran, C. (2012). *In vitro* propagation of nodal and shoot tip explants of *Passiflora foetida* L. an exotic medicinal plant. *Asian Journal of Plant Science & Research*, 2, 707-711.
- Raza, G., Singh, M.B., Bhalla, P.L. (2017). *In vitro* plant regeneration from commercial cultivars of soybean. *BioMed Research International*, ID 7379693, <https://doi.org/10.1155/2017/7379693>.
- Rocha, D.I., Vieira, L.M., Tanaka, F.A.O., Silva, L.C., Otoni, W.C. (2012). Anatomical and ultrastructural analyses of *in vitro* organogenesis from root explants of commercial passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 111, 69-78.
- Roy, J., Banerjee, N. (2003). Induction of callus and plant regeneration from shoot tip explants of *Dendrobium fimbriatum* Lindl. var. *oculatum* Hk.f. *Scientia Horticulturae*, 97(3), 333-340.
- Sembi, J.K., Pathak, P., Verma, J. (2020). Regeneration competence of leaf explants in *Cymbidium eburneum* Lindl. *Journal of the Orchid Society of India*, 34, 17-21.
- Shekhawat, M.S., Kannan, N., Manokari, M., Ravindran, C. P. (2015). *In vitro* regeneration of shoots and ex vitro rooting of an important medicinal plant *Passiflora foetida* L. through nodal segment cultures. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 13, 209-214.
- Shylaraj, H.S., Deepthy, R., Korah, P.L. (2007). High Frequency Mericlone from Shake Cultures of Tropical Orchids *Dendrobium* cv. Sonia. In: Keshavachandran, R., Nazeem, P.A., Girija, D., John, P.S., Peter, K.V. (Eds.). *Recent Trends in Horticultural Biotechnology*. New Delhi: New India Publishing. 327-332.
- Sidhu, S. (2010) *In vitro* micropropagation of medicinal plants by tissue culture. *The Plymouth Student*, 4(1), 432-446.
- Singh, M.K., Sherpa, A.R., Hallan, V., Zaidi, A.A. (2007). A potyvirus in *Cymbidium* spp. in Northern India. *Australasian Plant Disease Notes*, 2(1), 11-13.
- Ślusarkiewicz-Jarzina, A., Ponitka, A., Kaczmarek, Z. (2005). Influence of cultivar, explant source and plant growth regulator on callus induction and plant regeneration of *Cannabis sativa* (L.). *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 47(2), 145-151.
- Solórzano-Cascante, P., Sánchez-Chiang, N., Jiménez, V.M. (2018). Explant type, culture system, 6-Benzyladenine, Meta-Topolin and Encapsulation affect indirect somatic embryogenesis and regeneration in *Carica papaya* (L.). *Frontiers in Plant Science*, 9, 1769.
- Te-chato, S., Susanon, T., Sontikun, Y. (2006). Cultivar, explant type and culture medium influencing embryogenesis and organogenesis in *Anthurium* spp. *Songklanakarin. Journal of Science and Technology*, 28(4), 717-722.
- Te-chato, S., Naksombut, S., Boonsiri, J. (2002). Effect of variety and explant on callus formation and micropropagation of *Anthurium*. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 24, 569-578.
- Teixeira da Silva, J.A., Winarto, B. (2016). *Somatic Embryogenesis in Two Orchid Genera (Cymbidium, Dendrobium)*. Maria Antonietta Germanà, M.A., Lambardi, M. (Eds.), *In Vitro Embryogenesis in Higher Plants*, Methods in Molecular Biology, Vol. 1359, Springer Science+Business Media, New York. DOI 10.1007/978-1-4939-3061-6_18
- Vale, E.M., Reis, R.S., Passamani, L.Z., Santa-Catarina, C., Silveira, V. (2018). Morphological analyses and variation in carbohydrate content during the maturation of somatic embryos of *Carica papaya*. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24, 295-305.
- Vieira, L.M., Rocha, D.I., Taquetti, M.F., da Silva, L. C., de Campos, J.M.S., Viccini, L.F., Otoni, W.C. (2014). *In vitro* plant regeneration of *Passiflora setacea* DC (Passifloraceae): The influence of explant type, growth regulators, and incubation conditions. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 50, 738-745.
- Wu, J.F., Chen, J.T., Chang, W.C. (2004). Effects of auxins and cytokinins on embryo formation from root-derived callus of *Oncidium* 'Gower Ramsey'. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 77(1), 107-109.
- Zheng, Y.X., Shen, B.N., Chen, C.C., Jan, F.J. (2010). Odontoglossum ring spot virus causing flower crinkle in *Phalaenopsis* hybrids. *European Journal of Plant Pathology*, 128, 1-5.



Effects of genetic, explant type, plant growth regulator and culture medium on *in vitro* regeneration of commercial *Phalaenopsis* orchid cultivars

Fatemeh Bidarnamani^{1,2}, Abdolrahman Rahimian Boogar^{3*}, Seyed Najmmaddin Mortazavi¹

1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Institute of Agricultural Research, University of Zabol, Zabol (Present address)
3. Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol

✉ a.rahimian@uoz.ac.ir

Received: 2021/10/28, Revised: 2021/11/24, Accepted: 2021/11/24

Abstract

The *Phalaenopsis* orchid is the most popular genus of Orchidaceae family with high marketability due to its butterfly shape and attractive flowers. The aim of this study was to investigate the effects of cultivar, explant type, plant growth regulators and culture medium on *in vitro* propagation of *Phalaenopsis* orchid. Experiment was conducted using 4 combined treatments of benzyladenine (BA) and indolebutyric acid (IBA) (BA 2 and 4 mg L⁻¹ with IBA 0.5 and 1 mg L⁻¹), 2 culture media (MS and Chen), 2 types of explants (leaf and stem), and 5 commercial cultivars of *Phalaenopsis* orchids. The findings revealed that the studied factors had significant effects on leaf and root primordia initiation, number of protocorms, and number of leaves and roots. Among the investigated cultivars, 2 cultivars: Nottingham and Dubrovnik showed earlier leaf and root primordia initiation. Two treatments including BA+IBA (2+0.5 mg L⁻¹ and 2+1 mg L⁻¹), and Chen culture medium showed faster primordia initiation significantly different from the other treatments. Leaf explants produced more protocorm than stem explants. The highest number of protocorms was belonged to Nottingham cultivar, and the treatment of BA+IBA (2 to 1 mg L⁻¹) on Chen culture medium. The number of leaves and roots of *in vitro* plantlets were significantly affected by various factors so that, Dubrovnik had more leaves and the Nottingham had more roots than the other cultivars. The highest number of leaves was observed in BA+IBA (2+0.5 mg L⁻¹) treatment, while the highest number of roots was belonged to BA+IBA (2+1 mg L⁻¹) treatment. Comparing the media, Chen medium showed more positive effects on leaf and root number than MS medium. The results of this study indicated that the success of regeneration of *Phalaenopsis* cultivars *in vitro* is influenced by the characteristics of the cultivar, medium, and plant growth regulator treatments. Nottingham cultivar and leaf explant showed better regeneration rates *in vitro*. Increasing the concentration of BA from 2 to 4 mg L⁻¹, increased the time required for leaf and root primordia initiation and prolonged the *in vitro* cultivation period.

Keywords: Regeneration, Tissue culture, *Phalaenopsis*.