اثر برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد و نانو تیوب‌های کربنی بر ضریب تکثیر نرگس به‌روش فلس دوقلو

فریبا زارع*، حسن ساری‌خانی، داورد عسگری
گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
نویسنده مسئول: fariba.z1992 m@gmail.com

چکیده

تکثیر نرگس به روش‌های سنتی کند است و تکثیر آن به روش‌های دوفلسی و قاشی با استفاده از تیمارهای تنظیم کننده‌های رشد گیاهی ضریب تکثیر بالاتری دارد. این پژوهش با هدف بررسی میزان تولید و اندازه سوخک در نرگس دافودیل با استفاده از نانولوله‌های کربنی چند دیواره در ترکیب با تنظیم کننده‌های رشد گیاهی ایندول بوتریک اسید، بنزیل‌آدنین، متیل جاسمونات صورت گرفت. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور: ۱) نوع و غلظت تنظیم کننده‌های رشد در هفت سطح (شامل آب مقطر به‌عنوان شاهد، ایندول بوتریک اسید، بنزیل آدنین و متیل جاسمونات در دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و ۲) غلظت نانولوله‌های کربنی در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) انجام شد. بدین منظور پیازهای نرگس در تیرماه ۱۳۹۹ تهیه شدند و با برش عرضی فلس‌های دوقلو تهیه شده و به‌مدت ۳۰ دقیقه در محلول حاوی تیمارهای مورد نظر قرار گرفتند. سپس فلس‌های تیمارشده در بستر با نسبت یکسانی از کوکوپیت و پرلایت به کیسه‌های پلاستیکی منتقل شدند. پس از پنج ماه، تعداد سوخک‌های تولید شده، قطر سوخک‌های تولید شده، وزن سوخک‌های تولید شده و ضریب تکثیر مورد ارزیابی قرار گرفت. استفاده از غلظت‌های پایین ایندول بوتریک اسید به همراه نانولوله‌های کربنی موجب افزایش ضریب تکثیر شدند. تنظیم کننده‌های رشد از جمله متیل جاسمونات با غلظت ۵۰ میلی‌گرمدر لیتر و ایندول‌بوتریک اسید با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز باعث افزایش وزن سوخک‌ها شدند. بنزیل آدنین در تمام غلظت‌های به کار رفته، سبب کاهش وزن سوخک‌ها شد. استفاده از نانولوله‌های کربنی، جز در موارد کمی مانند قطر سوخک‌های تولیدی، تاثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های مرتبط با ابعاد و وزن سوخک‌های تولیدی نداشت.

واژه‌های کلیدی: ایندول‌بوتیریک اسید، بنزیل‌آدنین، فلس دوقلو، گل نرگس، متیل جاسمونات، نانولوله‌های کربنی چند دیواره.

مقدمه

گیاه نرگس (*Narcissus* spp) در زیررده تک لپه‌ای‌ها و تیره نرگس سانان قرار دارد و این جنس دارای بیش از ۵۰ گونه است (هرتوگ[1] و همکاران، ۱۹۹۳). نرگس گیاهی سوخدار و چندساله است که از آن به‌عنوان گل بریده، باغچه‌ای و گلدانی استفاده می‌شود (سانتس[2] و همکاران، ۲۰۰۲؛ دول[3] و همکاران، ۲۰۰۵).

نرگس با سوخک، بذر، فلس دوقلو یا جفتی، قاش برداری و یا به‌صورت درون شیشه‌ای افزایش می‌یابد (خوشخوی و فرهمند، ۱۳۸۵). روش طبیعی افزایش نرگس (تولید سوخک) خیلی کند است و افزایش سالیانه آن حدود ۱/۶ سوخ در سال است و بنابراین، زمان بسیار طولانی برای تولید انبوه سوخ‌ها لازم است. روش فلس دوقلو، برای افزایش نرگس روشی کارا است که به‌ویژه در برنامه‌های به‌نژادی و افزایش سریع گیاهان مادری برتر و عاری از ویروس کاربرد زیادی دارد (دول و همکاران، ۱۹۹۹ و ون‌دیک[4] و همکاران، ۲۰۰۱). در این روش، سوخ‌ها به ۸ تا ۱۶ برش طولی تقسیم می‌شوند. برش هر قسمت به گونه‌ای است که سوخ‌ها به ۸ تا ۱۶ برش طولی تقسیم می‌شوند و هر قسمت به گونه‌ای برش داده می‌شود که جفت فلس یا بخشی از صفحه پایه‌ای همراه آن باشد. قاش برداری در واقع شکل ساده شده روش فلس دوقلو است. در این روش قطعه‌های جدا شده به همان صورت اولیه به کار می‌روند یا به قطعات

[1] De Hertogh
[2] Santos
[3] Dole
[4] Van Dijk

کوچکتر تقسیم می‌شوند. از عوامل موثر بر ازدیاد به شیوه فلس دوقلو و قاش برداری شرایط نگهداری و تنظیم‌کننده‌های رشد است (هنکس[1] و همکاران، ۱۹۸۲؛ فنلن[2] و همکاران، ۱۹۹۰).

نظری[3] (۲۰۱۹) به‌منظور مطالعه تاثیر تنظیم کننده‌های رشد روی تکثیر جام زرین[4] به روش قاش برداری آزمایشی انجام داد و نتایج آن نشان داد که در افزونه‌هایی که فقط سوخک تولید کرده بودند بیشترین درصد باززایی سوخک ،مربوط به تیمار ایندول بوتیریک اسید در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرمدر لیتر بود.در افزونه‌هایی که فقط سوخک تولید کرده بودند بیشترین تعداد سوخک‌های تولید شده ،مربوط به تیمار ایندول بوتیریک اسید در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود.

اگرچه تاثیر برخی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر تولید سوخ در گیاهان پیازی بررسی شده است اما تاثیر به تنهایی یا توام آن‌ها با نانولوله‌های کربنی ناشناخته است و نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد.به طور کلی با انجام تیمارهای مختلف می‌توان ضریب تکثیر نرگس را افزایش داد. از آنجا که ازدیاد نرگس به‌صورت طبیعی پاسخگوی بازار کشور نیست، و در زمینه افزایش نرگس به شیوه‌های دیگر هم پژوهش‌های اندکی صورت گرفته است، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرهای چندتنظیم کننده رشد و نانو تیوپ‌های کربنی بر ضریب تکثیر نرگس دافودیل به روش فلس دوقلو انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه و آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه بوعلی سینا صورت پذیرفت. برای انجام این پژوهش سوخ‌های نرگس دافودیل از گلخانه‌ای تجاری واقع در تهران تهیه گردید. به‌منظور اجرای آزمایش ابتدا سطح خارجی سوخ‌ها تمیز شد و قسمت‌های آسیب دیده حذف شدند. در ادامه نخست بخش تیره پایین صفحه پایگاهی و نیز فلس‌های قهوه‌ای بیرونی سوخ‌ها جدا شدند. سپس با چاقوی تیز، هر سوخ به هشت قسمت تقسیم شد و سپس افزونه‌های اصلی که فلس‌های دوقلو هستند، تهیه شدند. پس از این مرحله، افزونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در محلول های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از تنظیم کننده‌های رشد ایندول بوتریک اسید، بنزیل آدنین، متیل جاسمونات و غلظت‌های ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نانولوله های کربنی، غوطه ور شدند. در تیمار شاهد افزونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در آب مقطر قرار گرفتند. پس از انجام این تیمارها، افزونه ها با مخلوط برابر کوکوپیت و پرلیت (به صورت حجمی) آمیخته شدند و به مدت ۵ ماه در دمای ۲±۲۱ درجه سانتی‌گراد در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند. در پایان آزمایش تعداد، قطر، ارتفاع، وزن تر سوخک‌های تشکیل شده اندازه‌گیری شد.

این مطالعه به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل شامل دو فاکتور انجام گردید. فاکتور اول شامل سطوح مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد در ۷ سطح: شاهد(آب مقطر)، بنزیل آدنین در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ایندول بوتیریک اسید در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و متیل جاسمونات در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و فاکتور دوم غلظت نانولوله‌های کربنی چند جداره در سه سطح صفر، ۱۰و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود. تجزیه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در برنامه نرم افزاری SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

در این پژوهش، در مقایسه ضریب تکثیر برای فلس‌های دارای سوخک، ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر دارای بیشترین تاثیر بود. کمترین مقدار برای ضریب تکثیر فلس‌های سوخک‌دار در هورمون متیل جاسمونات ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. تیمار با نانولوله‌های کربنی دارای اثر مثبت بر ضریب تکثیر فلس‌های سوخکدار بود به‌طوری که بیشترین ضریب تکثیر در نانو لوله‌های کربنی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. با این حال بهترین ضریب تکثیر برای فلس‌های سوخکدار در تیمار ترکیبی، ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نانولوله‌های کربنی مشاهده شد.

[11] Hanks
[2] Fenln
[3] Nazari
[4] Autumn daffodil

از نظر تعداد سوخک تولید شده، بیشترین اثر به‌ترتیب مربوط به IBA در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، BA با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، متیل جاسمونات در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بنزیل آدنین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتربود که با شاهد دارای تفاوت معنی‌داریبودند (جدول ۳-۲).

تعداد سوخک‌ها در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر متیل جاسمونات و پس از آن در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید دارای کمترین مقدار است و بیانگر این است که به ظاهر اکسین اثر منفی روی انگیزش سوخک‌دارد. احتمال آن وجود دارد که غلظت بالای اکسین از طریق افزایش چیرگی انتهایی از تولید سوخک جلوگیری می‌کند. با توجه به اینکه نرگس دارای چیرگی انتهایی قوی است (هاسسی[1] و همکاران، ۱۹۷۵؛ فلینت و الدرسن، ۱۹۸۶)، بنابراین تیمار افزونه‌ها با اکسین ایندول بوتیریک اسید به نوعی سبب افزایش چیرگی انتهایی شده و سبب کاهش تولید سوخک می‌شود. نظری[2] (۲۰۱۹) به منظور مطالعه تاثیر تنظیم کننده‌های رشد روی تکثیر جام زرین[3] به روش قاش برداری آزمایشی انجام داد و نتایج آن نشان داد که بیشترین تعداد سوخک‌های تولید شده در افزونه‌هایی که ریشه و سوخک همزمان باززایی شده بودند، مربوط به تیمار GA_3 در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرمدر لیتر بود. بیشترین درصد باززایی همزمان ریشه و سوخک در افزونه‌های تیمار شده با GA_3 درغلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد.نتایج پژوهش هنکس و ریز (۱۹۷۷) اثر بازدارندگی ABA، IAA و GA و اثر تحریک کنندگی کینتین بر تشکیل سوخک در نرگس رقم فورچون را نشان داد. کینتین در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین اثر بر تعداد سوخک را داشت. در پژوهش حاضر نیز نتایج مشابهی در مورد کاربرد بنزیل آدنین به عنوان نوعی سیتوکینین مشاهده شد و تعداد سوخک افزایش یافت. در مقابل ناگاراجا وهمکاران (۱۹۹۹) در پژوهش‌های خود به‌منظور تاثیر تنظیم کننده‌های رشد بر رشد و گلدهی پیازی‌ها گزارش کردند که تیمار با بنزیل‌آدنین تعداد سوخک‌ها را کاهش داد.

استفاده از نانو لوله‌های کربنی دارای اثر افزایشی و معنی‌دار بر تعداد سوخک‌های تولید شده داشت و بیشترین تعداد سوخک‌ها در بیشترین غلظت نانولوله‌های کربنی به دست آمد. با این حال در تیمار ترکیبی، ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نانولوله‌های کربنی بیشترین تعداد سوخک‌های تولید شده را می‌توان مشاهده شد. مکانیسم دقیق اثر نانولوله‌کای کربنی بر رشد و برخی از ویژگی‌های رشدی ناشناخته است اما به‌نظر می‌رسد به روش‌های مختلفی مانند افزایش فعالیت کانال‌های آبی در دیواره سلول (خوداکووسکیا و همکاران، ۲۰۰۹)، افزایش تقسیم سلولی، افزایش بیان ژن‌های مربوط به تولید پروتئین (خوداکووسکیا و همکاران، ۲۰۱۲)، افزایش جذب آب (ساری‌خانی و همکاران، ۲۰۱۷) و تنظیم‌کننده‌های رشد سبب افزایش رشد در گیاهان می‌شود. اگرچه اثر نانولوله‌های کربنی تاکنون بر ضریب تکثیر و تعداد سوخک در گیاهان پیازی بررسی نشده است، اما اثرات آنها بر پرآوری و جایگزینی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی ثابت شده است (پاتل و همکاران، ۲۰۱۹). در پژوهش حاضر، زمانی که نانولوله‌های کربنی به‌صورت ترکیبی به‌همراه سیتوکینین یا غلظت پایین اکسین استفاده شد سبب افزایش معنی‌دار ضریب تکثیر و افزایش تعداد سوخک‌های تولیدی شد. به نظر استفاده همزمان از تنظیم‌کننده‌های رشدی که سبب سوخک زایی می‌شوند به همراه نانولوله‌های کربنی سبب هم افزایی شده است. این موضوع نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. بیشترین اثر بر وزن سوخک‌های تولید شده در تیمار شاهد به دست آمد. دیگر تنظیم کننده‌های رشد ازجمله متیل جاسمونات با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز باعث افزایش وزن سوخک‌ها شدند. اما تفاوت آن‌ها با شاهد معنی دار نبود. یکی از دلایل افزایش وزن سوخک‌ها در تیمار ایندول بوتیریک اسید در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر را می‌توان تعداد کمتر سوخک‌های انگیخته شده دانست. بنزیل آدنین در تمام غلظت‌های به کار رفته، سبب کاهش وزن سوخک‌ها شد شاید یکی از دلایل توانایی کم بنزیل آدنین در افزایش وزن سوخک‌ها مربوط به تعداد سوخک بیشتری است که در این تیمارها تولید شد، زیرا با افزایش تعداد سوخک‌ها، رقابت برای مواد غذایی افزونه محدود بیشتر می شود.

اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر ابعاد و وزن سوخ‌ها در پژوهش‌های زیادی به اثبات رسیده است. نظری (۲۰۱۹) به منظور مطالعه تاثیر تنظیم کننده‌های رشد روی تکثیر جام زرین به روش قاش برداری آزمایشی انجام داد و نتایج آن نشان داد که بیشترین وزن

[1] Hussey
[2] Nazari
[3] Autumn daffodil

تر سوخک‌های تولید شده در افزونه‌هایی که ریشه و سوخک همزمان باززایی شده بودند، مربوط به تیمار GA_3 در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. و کمترین مقدار این صفت مربوط به تیمار Kin در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرمدر لیتر بود.

نتایج این پژوهش نشان داد که قطر سوخک‌ها تحت تاثیر تیمارهای به کار گرفته قرار گرفت اما برخی تیمارها سبب کاهش قطر سوخک‌های تولید شده گردید. تیمارهای ایندول بوتیریک اسید وBA در همه غلظت‌ها اختلافی با تیمار شاهد نداشتند. در مقابل کمترین قطر سوخک مربوط به غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر متیل جاسمونات مشاهده شد. جاسمونات به عنوان یک بازدارنده رشد گیاهی شناخته می‌شود که کاربرد آن در شرایط معمول سبب کاهش رشد گیاهان می‌شود (روان و همکاران، ۲۰۱۹). استفاده از نانولوله‌های کربنی تاثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های مرتبط با ابعاد و وزن سوخک‌های تولیدی نداشت و با افزایش غلظت نانولوله‌های کربنی این ویژگی‌ها تغییر چندانی نداشت. در موارد اندکی تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو لوله‌های کربنی به‌تنهایی، بیشترین قطر سوخک را باعث شد. در پژوهش‌های متعددی اثرات مثبت نانولوله‌های کربنی بر افزایش رشد و افزایش تقسیم سلولی به اثبات رسیده است (خوداکووسکیا و همکاران، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۲؛ لاهییانی و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به اثرات نانولوله‌های کربنی بر افزایش ضریب تکثیر و افزایش تعداد سوخک‌های تولید شده، احتمال آن وجود دارد که افزایش تعداد سوخک از افزایش رشد و اندازه آنها جلوگیری کرده و سبب ایجاد رقابت بین سوخک‌های تولیدی بر سر مواد غذایی شده است. همچنین در مواردی اثرات منفی و سمیت نانولوله‌های کربنی در غلظت‌های بالا گزارش شده است (تان و فوگتسو، ۲۰۰۷؛ تان و همکاران، ۲۰۰۹) که این موضوع نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

جدول ۳-۲- مقایسه میانگین اثر تنظیم کننده‌های رشد و نانولوله‌های کربنی بر تعداد سوخک‌های تولیدشده و ضریب تکثیر سوخ نرگس رقم دافودیل.

تیمار	تعدادسوخک‌های تولیدشده	ضریب تکثیر برای فلس‌های سوخک‌دار	قطر سوخک‌های تولید شده	وزن‌تر سوخک‌های تولیدشده
نوع و غلظت تنظیم کننده‌های رشد				
۰ (شاهد)	۵/۲۵ b	۰/۹۸ bc	۵/۶۱ a	۰/۲۹ a
50 mg/l JA	۷/۶۶ a	۰/۹۵ bc	۵/۲۹ ab	۰/۲۵ ab
100 mg/l JA	۳/۷۵ b	۰/۸۴ c	۴/۲۱ b	۰/۱۹ b
50 mg/l BA	۷/۸۱ a	۱/۰۳ bc	۴/۷۵ ab	۰/۲۰ b
100 mg/l BA	۷/۵۰ ab	۱/۰۷ bc	۵/۳۲ ab	۰/۲۰ b
50 mg/l IBA	۷/۹۴ a	۲/۰۸ a	۴/۹۰ ab	۰/۲۲ ab
100 mg/l IBA	۵/۰۰ b	۱/۱۳ b	۴/۵۸ ab	۰/۱۹ ab
غلظت نانو لوله‌های کربن (mg/l)				
0 (شاهد)	۴/۸۷ c	۰/۹۱ b	۵/۴۱ a	۰/۲۳ a
10	۶/۴۲ b	۱/۰۴ b	۴/۷۰ a	۰/۲۲ b
50	۸/۰۷ a	۱/۵۴ a	۴/۷۵ a	۰/۲۱ b
اثر متقابل				
تنظیم کننده‌های رشد	نانو لوله‌های کربن (mg/l)			
0 (شاهد)	0 (شاهد)	۵/۹۱ abc	۰/۸۶ defg	۰/۲۱ cdefg
	10	۷/۴۷ a	۱/۳۸ bc	۰/۴۸ a
	50	۴/۰۵ cde	۰/۸۱ efgh	۰/۲۳ cdefg
50 mg/l JA	0 (شاهد)	۴/۸۴ bcd	۰/۸۹ defg	۰/۲۳ defg
	10	۵/۲۰ bcd	۱/۱۶ bcdefg	۰/۳۰ bcde
	50	۵/۸۲ abc	۰/۸۰ fgh	۰/۲۱ efg
100 mg/l JA	0 (شاهد)	۵/۰۸ bcd	۰/۸۱ efgh	۰/۲۷ cdef
	10	۴/۴۱ cde	۰/۷۷ gh	۰/۱۶ gh
	50	۲/۵۸ e	۰/۹۵ cdefg	۰/۰۹ h
50 mg/l BA	0 (شاهد)	۴/۲۱ cde	۰/۳۸ h	۰/۱۳ gh
	10	۳/۹۸ cde	۱/۰۲ cdefg	۰/۲۰ efgh
	50	۵/۸۷ abc	۱/۴۴ b	۰/۲۵ cdefg
100 mg/l BA	0 (شاهد)	۶/۶۳ ab	۱/۲۶ bcd	۰/۳۲ ab
	10	۳/۹۹ cde	۱/۰۷ bcdefg	۰/۱۱ h
	50	۵/۳۶ abcd	۰/۸۹ defg	۰/۱۸ fgh
50 mg/l IBA	0 (شاهد)	۵/۴۳ abcd	۰/۷۸ gh	۰/۲۵ bcd
	10	۴/۰۰ cde	۱/۲۲ bcde	۰/۱۰ h
	50	۵/۲۶ bcd	۴/۲۳ a	۰/۳۰ abc
100 mg/l IBA	0 (شاهد)	۵/۳۸ abcd	۱/۲۱ bcdef	۰/۱۸ cdefg
	10	۴/۷۶ bcde	۰/۷۷ gh	۰/۲۴ cdefg
	50	۳/۶۰ de	۱/۴۱ bc	۰/۱۷ efgh

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیماری نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

منابع

خوشخوی،م. و فرهمند،ه. (۱۳۸۵). اثر تنظیم کننده‌های رشد بر افزایش دو جمعیت نرگس به روش فلس دوقلو و قاش برداری.مجله علوم و فنون باغبانی ای‌ران.جلد۷ شماره ۳، ص ۱۶۹-۱۸۰

De Hertogh, A. and Lenard, M. 1993. The physiology of flower bulbs. Elsevier science Publishing. The Netherlans. 811 p.

Dole JM, Wilkins, H.F. 2005. Floriculture, Principles and Species. Prentice-Hall, Inc. USA. 613 p.

Fenlon, J.S., Jones, S.K., Hanks, G.R. and Langton, F.A. 1990. Bulb yields from narcissus chipping and twin-scaling. Journal of Horticultural Science, 65(4), 441-450.

Flint, G.J., Alderson, P.G. 1986. Narcissus propagation by chipping: effects of a range of plant growth regulators on bulbil yield and length. Acta Horticulturae, 177, 315–322

Hanks, G.R. and Phillips, S. 1982. Twin-scaling. a method for the rapid multiplication of bulbs. Growers' Bulletin No. 6, Glasshouse Crops Res. Inst., Littlehampton,441-450.

Hanks, G.R. and Rees, A.R. 1977. Growth regulator treatments to improve the yield of twin-scaled narcissus. Scientia Horticulturae, 6(3), 237-240.

Hussey, G. 1975. Totipotency in tissue explants and callus of some members of the Liliaceae, Iridaceae, and Amaryllidaceae. Journal of Experimental Botany, 26(2), 253-262.

Khodakovskaya, MV., Kim, B.S., Kim, JN, Alimohammadi, M., Dervishi, E., Mustafa, T., Cernigla, C.E. 2013. Carbon nanotubes as plant growth regulators: effects on tomato growth, reproductive system, and soil microbial community. Small, 9(1):115–123.

Khodakovskaya, M. Silva, K. Biris, A.S. Dervishi, E and Villagarcia. E. 2012. Carbon nanotubes induce growth enhancement of tobacco cells. American Chemical Society Nano, *6* (3): 2128– 2135.

Lahiani, M.H., Chen, J., Irin, F., Puretzky, A.A., Green, M.J. and Khodakovskaya, M.V. 2015. Interaction of carbon nanohorns with plants: uptake and biological effects. Carbon, 81: 607-619.

Nagaraja, G. S., Gowda, J. V. N., and Farooqui, A. A. 1999. Effect of rowth regulators on growth and flowering of tuberrose (*Polianthes tubersoa* L.) cv. Single. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 12(1/4), 236-238.

Nazari, F. (2019). Propagation of endemic and endangered Sternbergia lutea with a high ornamental value by bulb chipping and plant growth regulators. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus, 18(2), 123-131.

Park, N B., Lee, Jong Suk (eds.) and Roh, M S. 1996. Effect of temperature, scale position and growth regulators on the bulblet formation and growth during scale propagation *Lilium*. Acta Horticulturae, 414: 252-267.

Patel A., Tiwari S., Parihar P., Singh R. and Prasad S.M. 2019. Carbon Nanotubes as Plant Growth Regulators: Impacts on Growth, Reproductive System, and Soil Microbial Communit. In: Tripathi D.K, Ahmad P., Sharma S., Chauhan D.K, Dube N.K.(Eds)., Nanomaterials in Plants, Algae and Microorganisms, Academic Press, pp 23-42.

Ruan J., Zhou Y., Zhou M., Yan J., Khurshid M., Weng W., Cheng J. and Zhang K. 2019. Jasmonic acid signaling pathway in plants. International Journal of Molecular Sciences. 20(10):2479.

Santos, A., Fidalgo, F., Santos, I., and Salema, R. 2002. *In vitro* bulb formation of Narcissus asturiensis, a threatened species of the Amaryllidaceae. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 77(2), 149-152.

Sarikhani, H., Ghorbanizad, H. and Gholami, M. 2017. Effect of carbon nanotubes in micropropagation of GF677 (*Prunus amygdalus* × *Prunus persica*) rootstock. Acta Horticulturae, 1155: 245-250.

Tan, X. and Fugetsu, B. 2007. Multi-walled carbonnanotubes interact with cultured rice cells: evidence of a self-defense response. Journal Biomed Nanotechnology, 3: 285– 288.

Tan, X.M. Lin, C and Fuetsu, B. 2009. "Studies on toxicity of multi-walled carbon nanotubes on suspension rice cells. Carbon, 47: 34790- 34870.

Van Dijk. H. and Kurpershoek M. 2001. The Complete Encyclopedia of Bulbs and Tubers. Rebo Int. B.V. Lisse". The Netherlands. 336 p.

Effect of some plant growth regulators and carbon nanotubes on *Narcissus* reproduction coefficient by twin scaling

Fariba Zare*, Hassan Sarikhani, Davoud Asgari
Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
*Corresponding Author: fariba.z1992 m@gmail.com

Abstract:

Propagation of narcissus by traditional methods is slow and its propagation by twin-scaling and chipping methods using plant growth regulating treatments has a higher propagation coefficient. This study aimed to investigate the production and size of bulblets in *Narcissus pseudonarcissus* using multi-walled carbon nanotubes in combination with plant growth regulators of IBA, BA, and methyl jasmonate. This research is a factorial experiment in a randomized complete block design with two factors: 1) Type and concentration of plant growth regulators at seven levels (including distilled water as a control, IBA, BA, and methyl jasmonate in two concentrations of 50 and 100 mg/l) and 2) concentrations of carbon nanotubes at three levels (0, 10 and 50 mg/l). For this purpose, daffodil bulbs were prepared at the end of July 2020 and were prepared by cross-cutting twin scales and placed in a solution containing the desired treatments for 30 minutes. The treated scales were then transferred to plastic bags containing cocopeat and perlite at the same ratio. After five months, the number and diameter of bulbs produced, the weight of the bulbs, multiplication factor for the bulb scales, number of rooted scales, and weight of the produced roots were evaluated. the general conclusion is that the use of low concentrations of IBA with carbon nanotubes increased the reproduction coefficient. growth regulators such as methyl jasmonate at a concentration of 50 mg/l and IBA at concentrations of 50 and 100 mg/l increased the weight of the bulbs. BA at all concentrations used reduced the bulb weight. The use of carbon nanotubes, except in a few cases such as the diameter of production bulbs, did not significantly affect the characteristics related to the dimensions and weight of produced bulbs.

Keywords: *Narcissus pseudonarcissus*, Twin scale