

تأثیر برخی آنتی اکسین ها بر شاخص های ریزازدیادی، رشدی و فعالیت IAA-اکسیداز پایه رویشی سنت جولین A-

قاسمعلی گروسی*، امید استاد شریف و اسمعیل نظامی

گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۰۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۱۱/۱۴)

چکیده:

پایه رویشی سنت جولین A یکی از پایه های رویشی نیمه پاکوتاه جنس پرونوس می باشد که به دلیل مقاومت به برخی بیماری ها و آفات شایع در هسته داران و همچنین سازگاری بالا در ارقام مختلف هسته داران از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مطالعه تأثیر متیل جاسمونات، آنتی-اکسین های تیا و اسکوپولتین بر برخی شاخص های نوساقه زایی، فعالیت آنزیم IAA-اکسیداز و همچنین بهبود برخی نارسایی های رشدی مانند رشد کند و بطئی نوساقه های تولید شده در طی فرایند ریزازدیادی در شرایط درون شیشه مورد مطالعه قرار گرفت. دو نوع ریزنمونه در آزمایش ها استفاده شد؛ ریزنمونه های با رشد عادی و با رشد کند و بطئی. در ریزنمونه های عادی اسکوپولتین و متیل جاسمونات با غلظت ۱ میلی گرم در لیتر در محیط MS میزان نوساقه زایی را (به ترتیب $3/5 \pm 0/2$ و $2/06 \pm 0/06$) و رشد طولی را (به ترتیب $1/77 \pm 0/02$ و $1/45 \pm 0/03$) به معنی داری نسبت به شاهد و تیا افزایش دادند. این مواد همچنین تأثیر بسیار معنی داری در افزایش پارامترهای نوساقه زایی (به ترتیب $3/18 \pm 0/18$ و $4/31 \pm 0/11$ cm) و رشد طولی (به ترتیب $3/93 \pm 0/06$ و $4/31 \pm 0/11$ cm) ریزنمونه های با رشد کند و بطئی دارند. مطالعه تغییرات آنزیم IAA-اکسیداز هم نشان داد که نوساقه های با رشد کند و بطئی علی رغم رشد کم در مقایسه با شاهد، بیشترین میزان فعالیت آنزیمی را دارا هستند. استفاده از تیا در مقایسه با اسکوپولتین کاهش معنی داری در فعالیت IAA-اکسیداز در هر دو نوع منبع ریزنمونه با روند نزولی در طول ۳۰ روز را نشان داد. نتایج بدست آمده در این مطالعه می تواند بیانگر تأثیر معنی دار تیمارهای مورد استفاده بویژه اسکوپولتین برروی بهبود شاخص های رشد نوساقه ها از نظر صفات کیفی و کمی باشد.

واژه های کلیدی: آنتی اکسین، IAA-اکسیداز، ریزازدیادی، رشد کند و بطئی، متیل جاسمونات.

مقدمه:

است. از طرفی، در حال حاضر با توجه به رویکرد بیشتر تولیدکنندگان نهال به استفاده از روش های سستی (تولید نهال-های بذری، به عنوان مثال)، باغداران را با مشکلات متعددی از جمله غیریکخوانی درختان رشد یافته از نظر ارتفاع، تنوع زیاد در مقابل مقاومت به آفات و بیماری ها و همچنین عملکرد متفاوت ارقام پیوندی روی پایه های رویشی بذری روبرو ساخته است؛ که این مهم تلاش محققان را به منظور معرفی دستورالعمل های ریزازدیادی مقرون به صرفه امری اجتناب

پایه رویشی سنت جولین (*Prunus domestica* spp. *Insititia*) از پایه های نیمه پاکوتاه جنس پرونوس می باشد که مقاومت و تحمل زیاد آن در مقابل تنش های زیستی و غیر زیستی و همچنین سازگاری آن با ارقام مختلف هلو، شلیل، آلو و گوجه سبز (Beckman and Lang, 2002)، در سال های اخیر منجر به استقبال روز افزون باغداران کشور به استفاده از آن به عنوان جایگزین مناسبی در مقایسه با سایر پایه های رویشی شده

*نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: coagaroosi90@yahoo.

ناپذیر می‌نماید.

در سال‌های اخیر موارد متعددی از بروز نارسایی رشدی در هنگام تکثیر گونه‌های مختلف جنس پرونوس در شرایط درون‌شیشه (*in vitro*)، در نتیجه عدم بهینه بودن ترکیبات محیط کشت شامل منبع کربنی، ترکیبات ماکرو و میکروالمنت، ویتامین، تنظیم‌کننده‌های رشدی و یا نوع جامد کننده، گزارش گردیده است؛ که می‌توان به بروز مشکلات متعددی از جمله نرخ پایین نوساقه‌زایی، رشد طولی کم، نکروزگی، شیشه‌ای شدن، رشد رزت و یا رشد کند و بطئی (بسته به نوع گیاه) اشاره نمود (استادشریف، ۱۳۹۲؛ استاد شریف و همکاران، ۱۳۹۳، زارعی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Fotopoulos and Sotiropoulos, 2005; Kornova and Popov, 2007; Nezami-Alanagh et al., 2014; Nezami-Alanagh et al., 2010; Ruzic and Vujovic, 2008).

استادشریف و همکاران (۱۳۹۳) به منظور معرفی یک دستورالعمل موفق و تکرارپذیر با هدف افزایش نرخ ریزازدیادی و همچنین بهبود کیفیت رشدی پایه رویشی سنت-جولین-A، تاثیر پارامترهای متعددی از جمله نوع محیط کشت، تنظیم‌کننده‌های رشدی و منبع، مورد ارزیابی قرار گرفت. علی-رغم بهبود نسبی پارامترهای رشدی، نرخ پایین نوساقه‌زایی و همچنین تولید نوساقه‌هایی بارشد کند و بطئی بویژه پس از چندین واکشت متوالی، از مشکلات قابل توجه در آن مطالعه بود. گزارش‌های متعددی از تاثیر استفاده از مقادیر زیاد تنظیم-کننده‌های رشدی در افزایش نسبی در تعداد نوساقه و کاهش طول نوساقه ایجاد شده و بروز نارسایی‌های رشدی در تکثیر گونه‌های مختلف جنس پرونوس از جمله پایه رویشی سنت-جولین وجود دارد (Ruzic and Vujovic, 2008; Tatari et al., 2012)؛ که احتمالا می‌تواند بیانگر این فرضیه باشد که در این قبیل گیاهان سطح برخی از هورمون‌های درون‌سلولی از جمله IAA واکنش آنتاگونیستیکی شدیدی با تنظیم‌کننده‌های اضافه شده به محیط کشت ایجاد می‌کند.

اکسین درون‌سلولی و انتقال آن در داخل سلول، در تنظیم فرایندهای گسترده فیزیولوژیکی و توسعه‌ای در طی رشد و نمو از قبیل تقسیم سلولی و طولی شدن سلول‌ها

(Magyar et al., 2005; Pasternak et al., 2002)، جنین‌زایی (Rossin and Rey, 2011; Yang et al., 2012)، اندام‌زایی (George et al., 2008a)، تشکیل و توسعه ریشه در گیاهان (Pacurar et al., 2014) دخیل می‌باشد. علی‌رغم تاثیر بارز اکسین درون‌سلولی در رشد و تمایز، غلظت بالای این هورمون می‌تواند تاثیرات نامطلوبی در ازدیاد گیاهان داشته باشد. به عنوان مثال، Chong و Andrew (۲۰۰۶) با استفاده از آنتی-اکسین‌های اسکوپولتین (7-hydroxy-6-methoxy-2H-1-benzopyran-2-one (Scopoletin) (بواسطه تاثیر روی فعالیت IAA-اکسیداز) و تیا (TriIodo Benzoic Acid (TIBA) (بازدارنده انتقال قطبی اکسین)، مشکل کاهش رشد طولی نونهال‌های گیلان در شرایط گلخانه را برطرف کردند (Chong and Andrew, 2006). اخیرا گزارش‌های متعددی از کاربرد این مواد روی افزایش نرخ نوساقه‌زایی در شرایط درون‌شیشه و گلخانه گردیده است (ملکی و همکاران ۱۳۹۱؛ ملکی، ۱۳۹۲؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۲؛ George et al., 2008b, 2013; Ranade and Kanwar, 2014; Shukla et al., 2014). جاسمونات‌ها نیز از تنظیم‌کننده‌های رشدی به شمار می‌روند که نقش آن‌ها در محافظت گیاهان در مقابل تنش‌های زیستی و غیر زیستی (Rohwer and Erwin, 2008)، غده‌زایی (Koda and Kikuta, 1991)، تولید پیازچه در گیاهان زیتنی (Hosseini et al., 2013) و همچنین افزایش تولید فلاونوئیدها (Wang et al., 2015) به خوبی شناخته شده است. علیرغم این یافته‌ها، براساس مطالعات انجام شده گزارشی از تاثیر این ماده روی رشد و ریزازدیادی گونه‌های جنس پرونوس وجود ندارد. در این پژوهش تاثیر تیا، اسکوپولتین و متیل جاسمونات روی رفع مشکلات رشد کند و بطئی نوساقه‌های پایه رویشی سنت-جولین-A، میزان نوساقه‌زایی و همچنین فعالیت آنزیم IAA-اکسیداز مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها:

ماده گیاهی و شرایط کشت: گیاه گلدانی پایه‌رویشی سنت-جولین به‌صورت نونهال از دانشگاه تربیت مدرس تهران تهیه و

پس از ضد عفونی، جوانه های جانبی و انتهایی، جهت استقرار و تکثیر به محیط کشت MS حاوی BAP و IBA به ترتیب با غلظت های ۰/۵ و ۰/۲ میلی گرم بر لیتر، ۲۰ گرم در لیتر ساکارز، pH: ۵/۷ و ۷ گرم در لیتر فیتوآگار (Merck) به عنوان جامدکننده، منتقل شدند و سپس در اتاق رشد در دمای ۲۵±۲ و شرایط نوری ۱۶/۸ ساعت (تاریکی/روشنایی) با لامپ های سرد-سفید با شدت روشنایی $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{S}^{-1}$ قرار گرفتند (استادشریف، ۱۳۹۲).

تأثیر متیل جاسمونات، تیا و اسکوپولتین روی میزان نوساقه زایی و نارسایی های رشدی: در این آزمایش دو نوع ریزنمونه شامل الف) ریزنمونه های با رشد عادی (به طول ۰/۲ ± ۱/۵ سانتی متر) و ب) ریزنمونه های با رشد کند و بطئی (به طول ۰/۲ ± ۰/۵ سانتی متر) انتخاب و تأثیر برخی القاء کننده رشدی شامل تیا، اسکوپولتین و متیل جاسمونات هرکدام به طور جداگانه در غلظت ثابت ۱ میلی گرم (براساس آزمایش اولیه و همچنین نتایج گزارش شده توسط Sing و همکاران (۲۰۰۰)) بروی رشد ریزنمونه های یادشده بررسی گردید. تمامی شرایط رشدی و همچنین سایر ترکیبات شیمیایی مطابق شرایط ذکر شده در مرحله ریزازدیادی به صورت ثابت در نظر گرفته شد؛ با این تفاوت که IBA (به عنوان منبع اکسین خارجی) در این آزمایش حذف گردید. به ازای هرتیمار ۸ ظرف شیشه ای (۱۸۰ سی سی) با درب کریستالی در نظر گرفته شده و در هرکدام ۴ ریزنمونه کشت گردید که در فواصل ابتدای آزمایش (۱ روزه) و ۱۵ روزه، از ۴ ظرف از هرکدام ۱-۲ نوساقه (شامل جوانه انتهایی، برگ و ساقه رشد یافته) به وزن تقریبی ۰/۵ گرم نمونه برداری و به منظور بررسی فعالیت آنزیمی و پروتئینی تثبیت گردید. نوساقه های تولید شده در ۴ ظرف شیشه ای باقی مانده در روز ۳۰م پس از انجام یادداشت برداری از میزان نوساقه زایی، وزن تر نوساقه (g)، رشد طولی نوساقه (cm) و میزان پرآوری (cm)، نمونه برداری انجام گرفت. نمونه های حاصله در طول مدت آزمایش پس از حذف بقایای آگار، در داخل نیتروژون مایع تثبیت و سپس در فریزر ۸۰°C- نگهداری گردیدند.

سنجش میزان پروتئین کل: به منظور تهیه عصاره پروتئین، مقدار ۰/۵ گرم از بافت تر (FW) گیاهی به همراه ۰/۱ گرم PVP (Poly Vinyl Pyridine) در مجاورت نیتروژن مایع، خرد گردید و سپس ۵۰۰ میکرولیتر از بافر استخراج [بافر فسفات M ۰/۰۵ (pH: ۷) و سدیم متابای سولفیت M ۰/۰۰۱] به آن اضافه گردید. عصاره به دست آمده به مدت ۳۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد در دور ۱۴۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. سپس فاز رویی به آرامی داخل تیوب های ۲ میلی لیتری ریخته شد و پس از افزودن ۰/۲ میلی لیتر گلیسرول ۵۰٪ در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. پروتئین محلول کل در ۳ تکرار به روش Bradford (۱۹۷۶) اندازه گیری گردید. به منظور بررسی تغییرات فعالیت آنزیمی نمونه برداری در روزهای اول، ۱۵ و ۳۰ پس از شروع آزمایش انجام گرفت.

سنجش فعالیت آنزیم IAA-اکسیداز: مخلوط واکنش با کمی تغییرات در حجم نهایی ۰/۵ میلی لیتر شامل بافر فسفات ۶/۶۶ میلی مولار (pH: ۷)، MnCl_2 ۱۰۰ میکرومولار، p-coumaric acid ۵۰ میکرومولار، IAA ۵۰ میکروگرم (۲۸۲/۴۸ میکرومولار) تهیه (Bradford, 1976) و ۴۰ میکرولیتر از عصاره پروتئین به آن اضافه گردید و به مدت ۵۰ دقیقه داخل انکوباتور با دمای ۲۵±۳۷ °C در تاریکی نگهداری و پس از افزودن واکنش گر سالکوفسکی (Gordon and Weber, 1951) به حجم ۱ میلی لیتر، مجدداً به مدت ۲۵ دقیقه در همین شرایط نگهداری شد. بعد از رسم منحنی استاندارد، مخلوط واکنش و معرف سالکوفسکی در داخل کووت شیشه ای ۳ میلی لیتری ریخته شد و میزان فعالیت آنزیم IAA-اکسیداز در طول موج ۵۳۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (UV-3200 Labomed) UV-Visible اندازه گیری و تعیین شد. هر واحد فعالیت آنزیم IAA-اکسیداز عبارتست از ۱ میکروگرم IAA تجزیه شده توسط یک میلی لیتر از عصاره پروتئینی وزن تر بافت گیاهی (Beffa et al, 1990).

تجزیه و تحلیل آماری: آزمایش ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح های کاملاً تصادفی انجام شدند. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای آماری SAS 9.1 استفاده شد.

لازم به ذکر است که قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، باقیمانده داده‌های خام محاسبه شده و سپس از نظر نرمال بودن با آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفته و در صورت نیاز برای داده‌های شمارشی از تبدیل ریشه دوم استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه دانکن در سطح ($\alpha=0/01$) انجام گرفت.

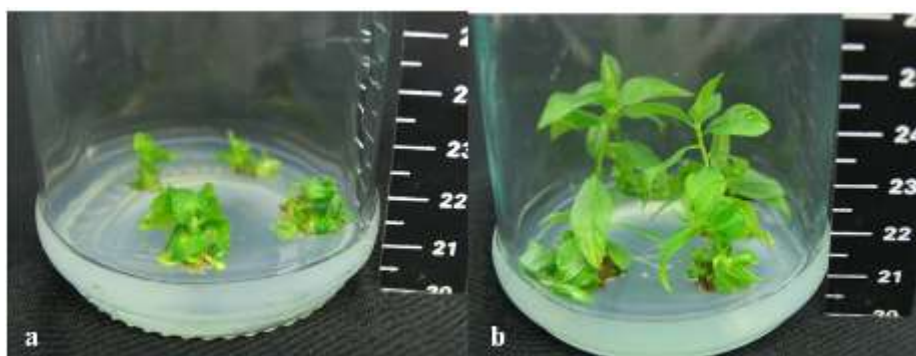
نتایج و بحث:

در گزارشی ریزازدیادی پایه رویشی سنت‌جولین (استاد شریف، ۱۳۹۰ و استاد شریف و همکاران، ۱۳۹۲) علی‌رغم بهینه سازی برخی از ترکیبات محیط کشت شامل منبع کربنی، نمک‌های معدنی و تنظیم‌کننده‌های رشدی و همچنین فراهم نمودن شرایط محیطی یکسان در شرایط درون‌شیشه (شدت نور و دمای محیط)، پس از انجام واکشت‌های متعدد (بیش از ۱۰ واکشت هریک با دوره رشدی ۳۰ روزه)، با مشکلاتی از جمله تولید نوساقه‌هایی با رشد کند و بطئی مواجه گردید که از نظر کیفیت رشد رویشی در مقایسه با نوساقه‌های بارشد عادی تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشت (شکل ۱). در این مطالعه تاثیر برخی آنتی‌اکسین‌ها (تیبیا و اسکوپولتین) و متیل جاسمونات هریک به طور جداگانه در غلظت ثابت ۱ میلی‌گرم (براساس آزمایش اولیه و همچنین نتایج گزارش شده توسط Sing و همکاران (۲۰۰۰)) روی بهبود مشکلات فیزیولوژیکی رشدی یاد شده با استفاده از دو نوع ریزنمونه (ریزنمونه‌های با رشد عادی و ریزنمونه‌های با رشد کند و بطئی) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مربوط به صفات تعداد، طول، وزن تر نوساقه و همچنین نرخ پرآوری بیانگر معنی‌دار بودن تأثیر نوع ریزنمونه، نوع محرک رشدی و همچنین اثر متقابل آنها روی صفات یادداشت‌برداری شده در سطح یک درصد بود (جدول ۱).

همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین با آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان داد که تیمارهای استفاده شده در تحریک ریزنمونه‌های حاصل از نوساقه‌های با رشد کند و بطئی و همچنین در بهبود رشد ریزنمونه‌های سالم اختلاف

معنی‌داری با تیمار شاهد (بدون استفاده از آنتی‌اکسین یا متیل-جاسمونات) داشتند؛ به طوریکه اسکوپولتین با تحریک ریزنمونه‌های با رشد کند و بطئی منجر به بهبود صفات کیفی و کمی با تولید بیشترین تعداد نوساقه ($3/5 \pm 0/2$)، با بیشترین رشد طولی ($1/77 \pm 0/02 \text{ cm}$)، بیشترین وزن تر ($0/01 \pm 0/4$) همراه با بالاترین نرخ پرآوری ($6/04 \pm 0/35 \text{ cm}$) در مقایسه با تیبیا با اختلاف معنی‌دار حاصل گردید. اثر متیل-جاسمونات نیز روی بهبود پارامترهای رشدی به طور معنی-داری بیشتر از آنتی‌اکسین تیبیا و همچنین شاهد بود. اسکوپولتین و متیل جاسمونات همچنین در مقایسه با شاهد و تیبیا، تأثیر معنی‌داری در بهبود صفات کیفی و کمی ریزنمونه-های حاصل از نوساقه‌های بارشد عادی داشتند، بطوریکه بیشترین تعداد نوساقه ($4/12 \pm 0/17$)، رشد طولی ($4/31 \pm 0/11 \text{ cm}$)، وزن تر ($0/64 \pm 0/02 \text{ g}$) و همچنین بالاترین نرخ پرآوری ($18/25 \pm 0/84 \text{ cm}$) در حضور اسکوپولتین حاصل گردید (شکل‌های ۲ و ۳). براساس نتایج گرفته شده می‌توان به نقش بارز اسکوپولتین با فعالیت IAA-اکسیدازی در مقایسه با سایر تنظیم‌کننده‌های رشدی استفاده شده در این مطالعه اشاره نمود که احتمالاً بیانگر نقش و عملکرد متفاوت این مواد در سلول می باشد. اسکوپولتین به عنوان یکی از اولین ترکیبات فنولی شناخته شده کومارین، در مقادیر کم (کمتر از ۱۲/۵ میلی گرم در لیتر) افزایش‌دهنده فعالیت IAA-اکسیدازی (تجزیه IAA) و در مقادیر زیاد مهار کننده فعالیت IAA-اکسیدازی می‌باشد (Imbert and Wilson, 1970; Sirois and Miller, 1972). اخیراً کارایی اسکوپولتین در بهبود صفات رشدی در مقایسه با تیبیا در سایر درختان میوه گزارش شده است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ملکی، ۱۳۹۲؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۳ Chong and Andrew, 2006). آنتی‌اکسین تیبیا به عنوان یکی از اعضای خانواده فیتوتروپین‌ها محسوب می‌گردد که با متوقف کردن انتقال قطبی اکسین داخل سلولی تأثیر بارز فیزیولوژیکی در رشد گیاه می‌گذارد که از مهمترین آن‌ها می‌توان به کاهش رشد طولی گیاه، افزایش شاخه‌زایی و تأثیر غیر قابل پیش‌بینی در شرایط مختلف محیطی بر رشد گیاه اشاره نمود (Naidu et al.,



شکل ۱- تأثیر نوع ریزنمونه روی رشد کیفی نوساقه. نوساقه های تکثیر شده در محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی گرم در لیتر BAP و ۰/۲ میلی گرم در لیتر IBA. (a) نوساقه های با رشد کند و بطئی و (b) نوساقه های عادی.

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر متیل جاسمونات، آنتی اکسین های اسکوپولتین و تیا روی شاخص های رشدی

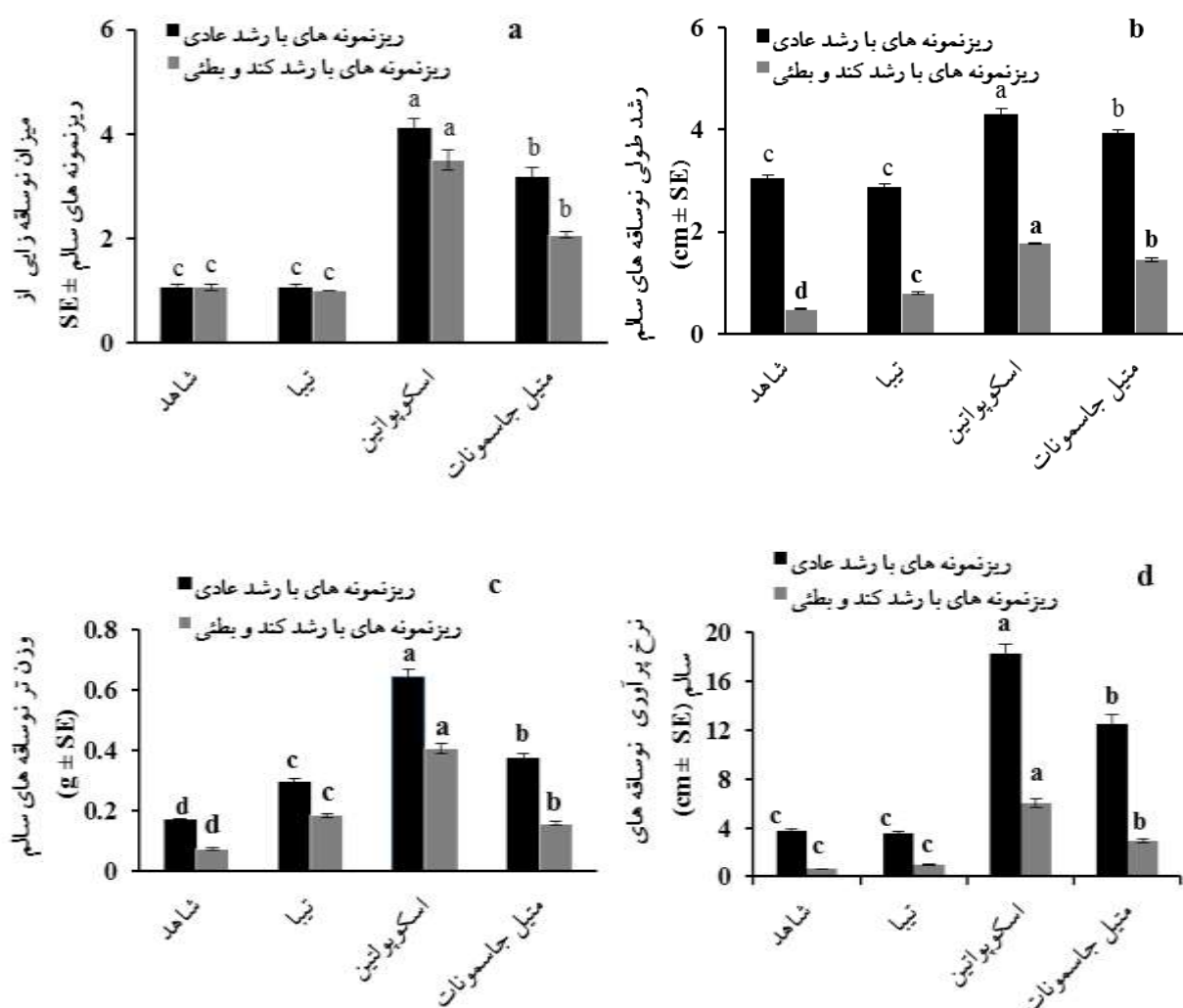
منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد نوساقه	وزن تر (g)	نوساقه	طول نوساقه (cm)	پراوری (cm)
نوع ریز نمونه	۱	۵/۴۶**	۰/۸۹**	۱۸۷/۶۹**	۶۷۳/۹۸**	
آنتی اکسین	۳	۲/۸۸**	۰/۹۲**	۱۲/۷۹**	۱۰۷/۳۷**	
آنتی اکسین × نوع ریز نمونه	۳	۰/۸۳**	۰/۰۴**	۰/۴۴**	۳۱/۴۱**	
خطا	۱۲۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲	۰/۰۶	۰/۲۷۵	
%CV		۷/۴۱	۱۸/۰۵	۱۰/۸۳	۱۴/۰۴	

** بیانگر اختلاف معنی دار در سطح $\alpha=0/01$ می باشد

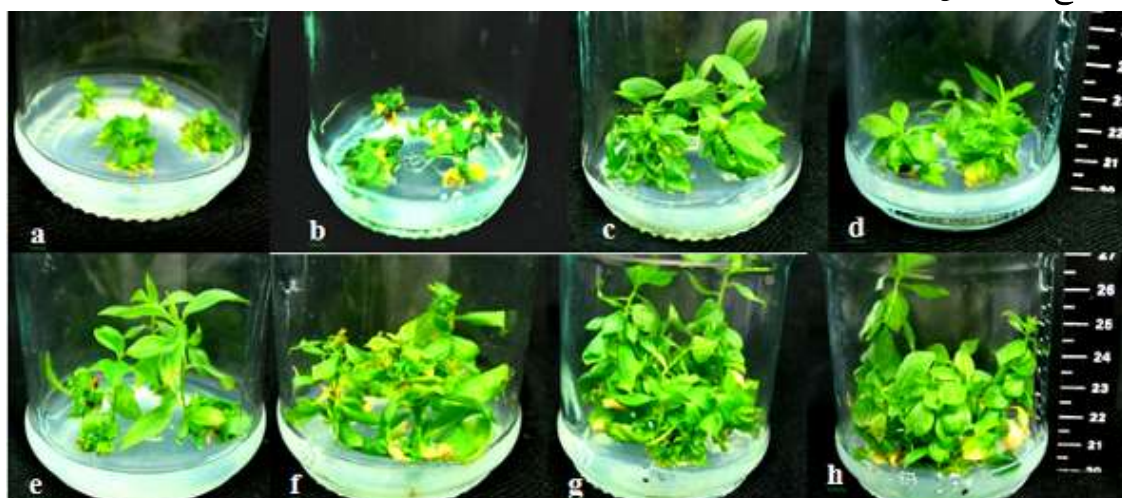
بهبود بافت های آسیب دیده و مانع نکروزه شدن برگ ها در گیاه *Panax ginseng* می شود. لذا به نظر می رسد نوع تأثیر آن بسته به نوع گیاه (ژنوتیپ)، بافت، میزان غلظت، مدت زمان تیمار و نوع صفت و شاخص فیزیولوژیک می تواند متفاوت بوده و مطالعات دقیق تری را می طلبد.

نتایج حاصل از بررسی فعالیت آنزیم IAA-اکسیداز (جدول ۲) نشان می دهد که تأثیر تیمارهای استفاده شده در این آزمایش روی تغییرات فعالیت آنزیم IAA-اکسیداز در بازه دوره رشدی ۳۰ روزه، بسته به نوع ریزنمونه متفاوت بود. بطوریکه ریزنمونه های با رشد کند و بطئی تیمار شده با آنتی اکسین تیا، در مقایسه با سایر تیمارهای بکار برده شده و همچنین تیمار شاهد، در روز نخست بعد از اعمال تیمار بیشترین فعالیت IAA-اکسیدازی را نشان دادند ($217/32 \mu \text{min} / \text{g}$) که با یک روند نزولی معنی دار ($36/57 \mu \text{min} / \text{g}$) در روز

(2014; Ramanayake et al., 2008; Venkatesh et al., 2009). جاسمونات ها در حال حاضر به عنوان هورمون درون سلولی بشمار می روند؛ که نقش های مهمی در جنبه های متعدد رشدی از قبیل تنظیم تجمع متابولیت های ثانویه متعدد (Wanger et al, 2015)، محافظت گیاهان در مقابل تنش های زیستی و غیر زیستی (Rohwer and Erwin, 2008)، غده زایی (Koda and Kikuta, 1991) و اخیراً تولید پیازچه در گیاهان زینتی (Hosseini et al., 2013) بازی می کنند. در مطالعه ای (Hosseini, et al., 2013) نشان داده شد که متیل جاسمونات بر ریشه زایی در گل نرگس تأثیر بارزی دارد که تا حدودی این تأثیر در روی شاخص رشدی دیگر مشاهده می شود. هر چند عنوان می شود که متیل جاسمونات باعث نکروزه شدن بافت می شود ولی مطالعه بالوسامی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که تیمار خارجی آن در غلظت ۵۰ ماکرو مولار باعث ترمیم و



شکل ۲-مقایسه آزمون چند دامنه‌ای دانکن اثر متیل جاسمونات، آنتی اکسین‌های تیبا و اسکوپولتین روی صفات رشدی. (a) تعداد نوساقه، (b) رشد طولی، (c) وزن تر و (d) پراوری ریزنمونه‌های با رشد عادی و ریزنمونه‌های با رشد کند و بطئی. حروف متفاوت بالای ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی دار در سطح $\alpha=0.01$ می‌باشد



شکل ۳-تأثیر آنتی اکسین‌ها و متیل جاسمونات روی کیفیت رشد رویشی نوساقه. ریزنمونه‌های با رشد کند و بطئی (d-a) و ریزنمونه‌های سالم (e-h). (a و e) شاهد، (b و f) تیبا، (c و g) اسکوپولتین، (d و h) متیل جاسمونات.

جدول ۲- تاثیر متیل جاسمونات، آنتی اکسین های اسکوپولتین و تیا روی تغییرات فعالیت آنزیم IAA-اکسیداز

نوع ریزنمونه	نوع تیمار	روز اول (μ /min / g FW)	روز ۱۵م (μ /min / g FW)	روز ۳۰م (μ /min / g FW)
ریزنمونه های بارشد کند و بطئی	شاهد	۱۶۲/۸ ^a	۸۹/۶۵ ^b	۱۰۸/۱۰ ^b
	تیا	۲۱۷/۳۲ ^a	۱۰۴/۷۲ ^b	۵۷/۳۶ ^c
	اسکوپولتین	۱۲۶/۳۵ ^b	۷۵/۴۰ ^c	۱۹۴/۵۹ ^a
	متیل جاسمونات	۶۰/۰۴ ^a	۵۵/۳۳ ^a	۵۸/۷۶ ^a
ریزنمونه های عادی	شاهد	۱۳۲/۸۲ ^a	۴۷/۱۴ ^c	۹۴/۴۱ ^b
	تیا	۸۱/۶۰ ^a	۵۷/۳۵ ^b	۶۷/۲۷ ^{ab}
	اسکوپولتین	۲۳/۵۷ ^b	۴۹/۴۸ ^a	۱۸/۶۲ ^b
	متیل جاسمونات	۲۸/۰۴ ^a	۱۴/۵۵ ^a	۳۲/۶۷ ^a

حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار در سطح $\alpha=0/01$ می باشد.

سی ام کاهش یافت. در مقابل تغییرات فعالیت IAA-اکسیدازی اسکوپولتین با کاهش معنی دار در روز ۱۵م نمونه برداری در روز پایانی روند افزایشی معنی داری داشت (جدول ۲). بررسی تغییرات فعالیت آنزیم IAA-اکسیداز نوساقه های حاصل از ریزنمونه های سالم بیانگر بیشترین فعالیت IAA-اکسیدازی آنتی اکسین تیا در اوایل دوره رشدی و اسکوپولتین در روز ۱۵م نمونه برداری ($49/48 \mu \text{ min / g FW}$) بود. نظر به فعالیت بالای آنزیم IAA-اکسیداز تیمار های شاهد مربوط به هر دو نوع ریزنمونه در بازه زمانی ۳۰ روزه، احتمالاً بیانگر مکانیسم عمل چند بعدی (Multi-function) تیا و اسکوپولین روی رشد و تمایز و متعاقب آن بهبود صفات کیفی و کمی مورد بررسی در این مطالعه می باشد؛ در غیر این صورت رشد ریزنمونه ها در تیمار شاهد می بایست به نحو قابل ملاحظه ای بیشتر می بود؛ در حالیکه بطور معنی داری کمترین میزان رشد و نوساقه زایی مربوط به این تیمار می باشد (شکل ۲). این نتایج احتمالاً بیانگر عملکرد متفاوت فیزیولوژیکی دو آنتی اکسین مذکور بوده، بطوریکه که آنتی اکسین تیا با بیشترین فعالیت IAA-اکسیدازی در اوایل دوره رشدی و اسکوپولتین با بیشترین تاثیر از روز ۱۵م (اواخر دوره رشدی) به بعد، منجر به تحریک رشد ریزنمونه های بارشد کند و بطئی گردیده اند. بهر حال شاخص های رشدی در روز ۳۰م یادداشت برداری

گردید؛ ولی چنانچه شاخص های رشدی در روز های ۱ و ۱۵ نیز بررسی شود می تواند درک بهتری از ارتباط تغییرات فعالیت آنزیمی با شاخص های رشد را ارایه نماید. این مهم، لزوم مطالعات بیشتر برای درک بهتر مکانیسم های عمل این مواد روی رشد و تمایز را امری اجتناب ناپذیر می نماید. از طرفی دیگر، نتایج حاصل از تغییرات غیرمعنی دار فعالیت آنزیمی متأثر از اعمال متیل جاسمونات روی تحریک رشد هر دو نوع ریزنمونه، می تواند بیانگر مکانیسم عمل متفاوت این ماده (Balusamy et al., 2015) در بهبود رشد صفات کیفی و کمی مورد مطالعه در این پژوهش باشد؛ که نیاز به بررسی و تحقیق بیشتر را نشان می دهد (جدول ۲). در مقایسه با نتایج بدست آمده در این مطالعه، گزارش های متعددی از تاثیر تیا در افزایش نوساقه زایی گیاه رز (Singh and Syamal, 2000)، نارون (Shukla et al., 2012) به عنوان دستور العمل موفق گزارش گردیده است؛ در مطالعات مذکور تغییرات آنزیمی IAA-اکسیداز مورد بررسی قرار نگرفته است تا بتوان میزان رشد متأثر از تغییرات فعالیت آنزیمی در این مطالعه را با آنها مورد بررسی و مقایسه دقیق تر قرار داد.

تشکر و قدردانی:

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

و با کد طرح پژوهشی ۱۱۵۱۴ در آزمایشگاه‌های گروه مراتب تشکر و امتنان خود را از حمایت‌های صورت گرفته در بیوتکنولوژی دانشگاه انجام یافته است. بدینوسیله نویسندگان طی اجرای پروژه ابراز می‌دارند.

منابع:

- استادشریف، ا. (۱۳۹۰) بهینه‌سازی ریزازدیادی پایه رویشی سنت جولین در شرایط درون‌شیشه (*Prunus domestica SPP. Insititia*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی^(ره)، قزوین، ایران.
- استادشریف، ا.، گروسی، ق.، حداد، ر. و نظامی، ا. (۱۳۹۳) تاثیر محیط کشت، قند و تنظیم‌کننده رشدی روی ریزازدیادی پایه رویشی سنت جولین (*Prunus domestica spp. Insititia*) A. بیوتکنولوژی کشاورزی ۹: ۱۳-۸.
- ملکی، س. (۱۳۹۲) مطالعه تاثیر بازدارنده‌های انتقال اکسین روی فعالیت IAA-اکسیداز و پراکسیداز در پایه‌های رویشی پسته (قزوینی و UCB-1) در شرایط درون‌شیشه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی^(ره)، قزوین، ایران.
- ملکی، س.، گروسی، ق.، حداد، ر. و نظامی، ا. (۱۳۹۱) گامی در تهیه پروتکل ریزازدیادی پسته (پایه رویشی قزوینی): باتاکید بر تاثیر اسکوپولتین. کنگره ملی آخرین یافته‌های علمی و تحقیقاتی پسته، دانشگاه تربت حیدریه.
- ملکی، س.، گروسی، ق.، حداد، ر. و نظامی، ا. (۱۳۹۲) تاثیر آنتی‌اکسیدانتی برخی از القاء‌کننده‌های نوساقه و ریشه‌زایی در پسته (پایه-های رویشی قزوینی و UCB-1) در شرایط درون‌شیشه. مجله مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی. پذیرفته شده برای چاپ.
- زارعی، م.، گروسی، ق.، نظامی، ا. و حسینی، ر. (۱۳۹۲) ریزازدیادی گزیلا ۶: تاثیر محیط کشت، منبع کربن و تنظیم‌کننده‌های رشدی (PGRs). مجله سلول و بافت ۲: ۱۶۹-۱۸۵.
- Beckman, T. and Lang, G. (2002) Rootstock breeding for stone fruits. XXVI International Horticultural Congress: Genetics and Breeding of Tree Fruits and Nuts 622: 531-551.
- Beffa, R., Martin, H. and Pilet, P-E. (1990) *In vitro* oxidation of indoleacetic acid by soluble auxin-oxidases and peroxidases from maize roots. Plant Physiology 94: 485-491.
- Bradford, M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.
- Balusamy, S. R. D., Rahimi, S., Sukweenadhi, J., Kim, Y. J., Yang, DC. (2015) Exogenous methyl jasmonate prevents necrosis caused by mechanical wounding and increases terpenoid biosynthesis in *Panax ginseng*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC) 123: 341-348.
- Chong, S. and Andrew, P. (2006) The relationship of dwarfing and IAA oxidase activity in sweet cherry (*Prunus avium* L.) rootstocks. Journal of Tropical Agriculture and Food Science 34:211-217.
- Fotopoulos, S. and Sotiropoulos, T. (2005) *In vitro* propagation of the PR 204/84 (*Prunus persica* × *P. amygdalus*) rootstock: axillary shoot production and rhizogenesis. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 33:75-79.
- George, E., Hall, M. and De Klerk, G-J. (2008a) Plant growth regulators I: Introduction; auxins, their analogues and inhibitors. Plant propagation by tissue culture. Springer, p_p 175-204.
- George EF, Hall MA, De Klerk G-J (2008b) Plant growth regulators II: cytokinins, their analogues and antagonists. Plant propagation by tissue culture. Springer, Pp 205-226.
- Gordon, S. and Weber, R. (1951) Colorimetric estimation of indoleacetic acid. Plant physiology 26(1): 192-195
- Hosseini, R., Moradnejad, M., Nezami-Alanagh, E., Ashrafi, S. and Ghane-Golmohammadi, F. (2013) Somatic embryogenesis and bulblet production in *Narcissus papyraceus* cv. Shirazi: effect of plant growth regulators, light intensity, sucrose concentration, methyl jasmonate and anti-gibberellin. Journal of Genetics and Plant Breeding 2: 27-34.
- Imbert, M. and Wilson, L. (1970) Stimulatory and inhibitory effects of scopoletin on IAA oxidase preparations from sweet potato. Phytochemistry 9: 1787-1794.
- Koda, Y. and Kikuta, Y. (1991) Possible involvement of jasmonic acid in tuberization of yam plants. Plant and Cell Physiology 32: 629-633.
- Kornova, K and Popov, S. (2007) Effect of the *in vitro* container type on growth characteristics of the microplants in *in vitro* propagation of GF 677. I Balkan Symposium on Fruit Growing 825: 277-282.
- Magyar, Z., De Veylder, L., Atanassova, A., BakÅ, L., InzÅ, D. and BÅgre, L. (2005) The role of the Arabidopsis E2FB transcription factor in regulating auxin-dependent cell division. The Plant Cell Online 17: 2527-2541.

- Naidu, J. H., Ashok, P., Sekhar, R. C. and Sasikala, K. (2014) Effect of plant growth retardants and spacings on vegetative growth and flower yield of African marigold (*Tagetes erecta* L.) cv Pusa Narangi Gainda. *International Journal of Farm Sciences* 4: 92-99.
- Nezami-Alanagh, E., Garoosi, G-A., Haddad, R., Maleki, S., Landin, M. and Gallego, P. P. (2014) Design of tissue culture media for efficient *Prunus* rootstock micropropagation using artificial intelligence models. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 117: 349-359.
- Nezami-Alanagh, E., Garoosi, G. and Haddad, R. (2010) The effect of PGRs on *in vitro* shoot multiplication of GF677 hybrid (*Prunus persica* × *P. amygdalus*) rootstock on GNH medium. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding* 1:34-43.
- Pacurar, D., Perrone, I. and Bellini, C. (2014) Auxin is a central player in the hormone cross-talks that control adventitious rooting. *Physiologia Plantarum* 151: 83-96.
- Pasternak, T. P., Prinsen, E., Ayaydin, F., Miskolczi, P., Potters, G., Asard, H., Van Onckelen, H., Dudits, D. and Fehér, A. (2002) The role of auxin, pH, and stress in the activation of embryogenic cell division in leaf protoplast-derived cells of alfalfa. *Plant Physiology* 129: 1807-1819.
- Ramanayake, S., Maddegoda, K., Vitharana, M. and Chaturani, G. (2008) Root induction in three species of bamboo with different rooting abilities. *Scientia Horticulturae* 118: 270-273.
- Ranade, R. and Kanwar, K. (2014) Examining synergistic effects of TDZ and TIBA on adventitious shoot induction in *Dianthus caryophyllus* L. leaf explants. *International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR)* 4: 17-26.
- Rohwer, C. and Erwin, J. (2008) Horticultural applications of jasmonates: a review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 83: 283-304.
- Rossin, C. and Rey, M. (2011) Effect of explant source and auxins on somatic embryogenesis of selected cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars. *South African Journal of Botany* 77: 59-65.
- Ruzic, D. and Vujovic, T. (2008) The effects of cytokinin types and their concentration on *in vitro* multiplication of sweet cherry cv. Lapins (*Prunus avium* L.). *Horticultural Science* 35: 12-21.
- Shukla, M. R., Jones, A. P., Sullivan, J. A., Liu, C., Gosling, S. and Saxena, P. K. (2012) *In vitro* conservation of American elm (*Ulmus americana*): potential role of auxin metabolism in sustained plant proliferation. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 686-697.
- Shukla, P., Das, A., Jha, B. and Agarwal, P. (2014) High-frequency *in vitro* shoot regeneration in *Cucumis sativus* by inhibition of endogenous auxin. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 50: 729-737.
- Singh, S. and Syamal, M. (2000) Anti-auxin enhance *Rosa hybrida* L. micropropagation. *Biologia Plantarum* 43 : 279-281.
- Sirois, J. C. and Miller, R. (1972) The mechanism of the scopoletin-induced inhibition of the peroxidase catalyzed degradation of indole-3-acetate. *Plant physiology* 49: 1012-1018.
- Tatari, V., Mousavi, S. and Bouzari, N. (2012) Micropropagation of some clonal rootstocks of stone fruits. *Seed and Improvement Journal* 28: 53-66.
- Venkatesh, K., Rani, A., Baburao, N. and Padmaja, G. (2009) Effect of auxins and auxin polar transport inhibitor (TIBA) on somatic embryogenesis in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *African Journal of Plant Science* 3: 288-293.
- Wang J., Qian j., Lu Y. (2015) Enhanced Production of Flavonoids by Methyl Jasmonate Elicitation in Cell Suspension Culture of *Hypericum Perforatum*. *Bioresource and Bioprocessing*. 2:1-9
- Yang, X., Zhang, X., Yuan, D., Jin, F., Zhang, Y. and Xu, J. (2012) Transcript profiling reveals complex auxin signalling pathway and transcription regulation involved in dedifferentiation and redifferentiation during somatic embryogenesis in cotton. *BMC Plant Biology* 12: 110.

