

تأثیر پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم بر برخی ویژگی‌های رویشی و زایشی توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa*) رقم پاروس

عباس دانایی‌فر^۱، مهدیه غلامی^{۲*}، مصطفی مبلی^۳ و بهرام بانی‌نسب^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۴)

چکیده

به‌منظور امکان‌سنجی کاهش رشد رویشی و بهبود رشد زایشی در توت‌فرنگی، پژوهشی با استفاده از پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم روی توت‌فرنگی رقم پاروس در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه انجام شد. پروهگزادیون کلسیم در سه غلظت شامل صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول در چهار غلظت شامل صفر، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر در دو نوبت (چهار هفته پس از کاشت و سه هفته پس از نوبت اول) محلول‌پاشی شدند. نتایج نشان داد که کاربرد پاکلوبوترازول، پروهگزادیون کلسیم و همچنین برهمکنش آنها بر ارتفاع گیاه، وزن تر گیاه، طول دم‌برگ، وزن ویژه برگ، نسبت وزنی ریشه، تعداد طوقه، تعداد میوه، عملکرد و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری داشت. غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول بدون استفاده پروهگزادیون کلسیم کمترین ارتفاع گیاه را داشت. بیشترین تعداد گل و طوقه در تیمار ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پروهگزادیون کلسیم و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول به‌دست آمد. استفاده از این کندکننده‌ها بر وزن میوه تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر پروهگزادیون کلسیم و ترکیب آن با پاکلوبوترازول بر تعداد گل و ترکیب پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم بر درصد میوه‌بندی معنی‌دار شد. تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پروهگزادیون کلسیم بدون پاکلوبوترازول مؤثرترین تیمار در افزایش میوه‌بندی بود. به‌طورکلی نتایج نشان داد که استفاده از کندکننده‌ها رشد رویشی را کاهش و رشد زایشی را تسریع می‌کنند که غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پروهگزادیون کلسیم و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول مؤثرترین تیمار در افزایش رشد زایشی بود.

واژه‌های کلیدی: تعداد گل، درصد میوه‌بندی، شاخص برداشت، محلول‌پاشی

۱، ۲، ۳ و ۴. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mah.gholami@cc.iut.ac.ir

مقدمه

توت‌فرنگی گیاهی علفی، چند ساله با نام علمی *Fragaria × ananassa* از تیره رزاسه (Rosaceae) است (۲۹). یکی از مهم‌ترین و محبوب‌ترین محصولات کشت شده در سراسر جهان با ژنوم کوچک و چرخه تولیدمثلی کوتاه و از زودرس‌ترین میوه‌ها در فصل بهار است (۲۸). این میوه به دلیل ارزش غذایی بالا، ترکیب غنی از مواد بیولوژیکی و خواص سودمند اثبات شده، مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد (۳۶). از مهم‌ترین مشکلات در کشت و پرورش گیاه توت‌فرنگی رشد رویشی بیش از حد این گیاه است (۳۰). همچنین رشد رویشی زیاد در گلایی به دلیل رقابت با رشد زایشی بر سر منابع غذایی به‌ویژه در هفته‌های اول بعد از شکوفه‌دهی، یک نگرانی عمده برای تولیدکنندگان محصولات میوه‌ای است که سبب کاهش تعداد سلول در میوه و در نهایت کاهش اندازه میوه می‌شود. همچنین سبب سایه‌اندازی و کاهش میزان کربوهیدرات، جوانه گل، عملکرد و کیفیت میوه می‌شود (۳۵). رشد رویشی را می‌توان با استفاده از روش‌های مکانیکی و شیمیایی کنترل کرد که روش‌های مکانیکی به دلیل آسیب‌های وارده به گیاه و هزینه بالای کارگری کمتر استفاده می‌شود. بنابراین کاربرد مواد شیمیایی مثل تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند یک روش جایگزین باشد (۳۰). مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی، ترکیبات آلی غیر مواد غذایی هستند که شرایط فیزیولوژیکی گیاه را در غلظت‌های خیلی پایین تغییر می‌دهند و فعالیت داخل سلول به‌ویژه سیستم آنزیمی را تحریک یا متوقف کرده و به تنظیم متابولیسم گیاه کمک می‌کنند (۲ و ۱۴). این مواد شامل اکسین، جیبرلین، سایتوکینین، آبسزیک اسید و اتیلن هستند (۲۰). که در صنعت یا داخل گیاه ساخته می‌شوند و به دو گروه تقسیم می‌شوند، گروه اول تشدیدکننده‌های رشد گیاهی هستند مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سایتوکینین‌ها و گروه دوم بازدارنده‌ها و کندکننده‌های رشد گیاهی مانند اسید آبسزیک و متیل جازمونات‌ها هستند. تشدیدکننده‌های رشد گیاهی در تقسیم و بزرگ شدن سلول، گل‌دهی، میوه‌دهی و تشکیل بذر

نقش دارند. بازدارنده‌های زیستی در واکنش‌های گیاه به زخم‌ها و تنش‌های زنده و غیر زنده، همچنین در خواب گیاه و ریزش نقش دارند (۹). در میان کندکننده‌های رشد گیاهی، پاکلوبوترازول (PBZ)، یک ترکیب تریازولی است که از سنتز جیبرلین جلوگیری می‌کند (۲۳). این ترکیب از تبدیل اکسیداتیو ماده تشکیل دهنده GA به نام ent kaurene به ent kaurenoic acid جلوگیری می‌کند؛ بنابراین میزان GA کاهش می‌یابد (۲۳). PBZ به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک بازدارنده رشد، برای کنترل رشد رویشی در طیف وسیعی از گونه‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد که سبب افزایش سطح فتوسنتزی و عملکرد می‌شود (۱۹). استفاده از PBZ روی انگور می‌تواند بین رشد رویشی و زایشی تعادل برقرار کند و تعداد حبه در خوشه و عملکرد را افزایش می‌دهد (۴). PBZ سبب افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، دمای بالا، دمای پایین و همچنین سم‌زدایی گونه‌های اکسیژن فعال و افزایش مقدار پرولین، آنتی‌اکسیدان‌ها و غلظت کلروفیل در گیاه می‌شود (۲۰). پروهگزادیون-کلسیم (ProCa) از دیگر ترکیبات بازدارنده شیمیایی و یک مهارکننده بیوسنتز است که سمیت کم و پایداری محدود دارد. استفاده از ProCa در غلظت‌های مختلف ۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر در گلایی سبب کاهش سطح GA_۱ (بسیار فعال) و سبب انباشت پیش‌ماده آن GA_{۲۰} (غیر فعال) می‌شود (۳۵). به این ترتیب از رشد رویشی و طول شدن ساقه جلوگیری می‌کند. ProCa در ایالت متحده آمریکا با نام تجاری آپوجی (Apogee) و در اروپا با نام تجاری ریگالیز (Regalis) ثبت شده است و برای کاهش رشد ساقه در درخت سیب استفاده می‌شود. همچنین توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده به‌عنوان یک ترکیب کم‌خطر طبقه‌بندی شده است (۱). این ماده، با کاهش محتوای جیبرلین و اتیلن سبب کاهش رشد رویشی و افزایش کیفیت و عملکرد می‌شود و مقاومت درختان میوه و سایر گونه‌های گیاهی را در برابر بیماری‌ها افزایش می‌دهد (۱۷). کلاین و همکاران (۸) گزارش کردند کنترل رشد رویشی در

گیاهان با غلظت‌های پروهگزادیون کلسیم و ۲۴ ساعت بعد با غلظت‌های پاکلوبوترازول محلول‌پاشی شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل ۳×۴ با ۱۲ تیمار و چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در طول آزمایش مراقبت‌های لازم مانند کوددهی، آبیاری و مبارزه با آفات و بیماری انجام شد. کود مورد استفاده فلورال دو در هزار بود و آبیاری هر چهار روز یک بار انجام می‌گرفت. اواخر اسفندماه ۹۵، گیاهان از خاک خارج و برخی ویژگی‌های رویشی از جمله طول گیاه، وزن تر گیاه، وزن تر ریشه، طول دم‌برگ، وزن ویژه برگ، نسبت وزنی ریشه و ویژگی‌های زایشی از قبیل تعداد طوقه، تعداد گل، تعداد میوه، درصد میوه‌بندی، وزن میوه، عملکرد و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. طول گیاه و طول دم‌برگ توسط خط‌کش، وزن تر گیاه و وزن تر ریشه توسط ترازوی دیجیتال، وزن ویژه برگ با تقسیم وزن خشک برگ به سطح برگ، نسبت وزنی ریشه با تقسیم وزن خشک ریشه به وزن خشک گیاه به‌دست آمد. ویژگی‌های زایشی از قبیل تعداد طوقه، تعداد گل و میوه به‌روش چشمی و درصد میوه‌بندی با تقسیم تعداد میوه به تعداد گل به‌دست آمد (۲۱). اندازه‌گیری فاکتورهای رویشی پس از پایان آزمایش و فاکتورهای زایشی از قبیل تعداد گل و میوه در طول آزمایش به فاصله هر سه روز یک‌بار انجام گرفت. وزن میوه و عملکرد با استفاده از ترازوی دیجیتال و شاخص برداشت با تقسیم عملکرد (وزن میوه‌های یک بوته) به وزن تر گیاه به‌دست آمد. پس از جمع‌آوری داده‌ها تجزیه واریانس و مقایسه میانگین بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد، توسط نرم افزار Statistix انجام شد.

نتایج

نتایج جدول آنالیز واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که کاربرد PBZ به‌تنهایی و ترکیب آن با ProCa بر همه صفات رویشی معنی‌دار شد. همچنین کاربرد ProCa به‌تنهایی بر همه صفات به غیر وزن تر ریشه معنی‌دار شد. همه این صفات به غیر از وزن تر گیاه تحت اثر ساده PBZ در سطح احتمال یک درصد

سیب به‌منظور تعادل بین رشد رویشی و زایشی نیاز است. به همین خاطر از کندکننده‌ای به نام ProCa استفاده کردند. این کندکننده سبب کاهش طول شاخه‌ها در سیب شد اما بر میانگین وزن میوه تأثیری نداشت. کاریز و همکاران (۶) گزارش کردند استفاده از ProCa روی گیلاس سبب کاهش سطح برگ، طول میان‌گره و تعداد برگ، همچنین سبب افزایش جوانه‌های زایشی، سرآغازهای گل و سفتی بافت میوه می‌شود ولی بر میزان مواد جامد محلول تأثیری ندارد. با توجه به پژوهش‌های ذکر شده و همچنین اطلاعاتی که در زمینه کاربرد کندکننده‌های رشد روی توت‌فرنگی وجود دارد، این تحقیق با هدف بررسی کاربرد پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم و ترکیب آنها روی رشد رویشی و زایشی در توت‌فرنگی رقم پاروس انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

نشا‌های توت‌فرنگی رقم پاروس از یک گلخانه تجاری واقع در شهرستان خوانسار تهیه و در دهم آذر ماه سال ۹۵ در گلدان‌هایی به ارتفاع ۲۱ سانتی‌متر، دهانه ۲۲ سانتی‌متر و کف گلدان ۱۵ سانتی‌متر دارای دو قسمت حجمی خاک، یک قسمت ماسه و یک قسمت پیت خزه در گلخانه آموزشی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان با پوشش شیشه‌ای، میانگین دمای شبانه روز ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۶۰ درصد و طول روز کمتر از دوازده ساعت کاشته شدند. این آزمایش در طی فصل زمستان انجام گرفت. در زمان کاشت بوته‌ها دارای دو تا سه عدد برگ بودند. گل‌های از پیش انگيخته شده حذف شدند. بوته‌های توت‌فرنگی در دو نوبت محلول‌پاشی شدند. محلول‌پاشی با آب‌پاش دستی در عصر انجام گرفت. مقدار محلول برای هر بوته هشت میلی‌لیتر بود. نوبت اول محلول‌پاشی بوته‌ها چهار هفته پس از کاشت با ProCa در سه سطح شامل صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و PBZ در چهار سطح شامل صفر، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی شدند. محلول‌پاشی دوم ۲۱ روز پس از محلول‌پاشی اول انجام شد. در هر نوبت محلول‌پاشی ابتدا

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برخی صفات رویشی توت‌فرنگی تحت تأثیر پاکلوبوترازول (PBZ) و پروهگزادیون کلسیم (Pro-Ca)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع گیاه	وزن تر گیاه	وزن تر ریشه	طول دمبرگ	وزن ویژه برگ
PBZ	۳	۱۶/۸۵**	۳/۴۰*	۲/۶۴**	۲/۴۵**	۸/۸۳**
Pro-Ca	۲	۱۹/۵۷**	۴۶/۰۹**	۰/۹۸ ^{ns}	۳/۲۴**	۶/۴۹*
PBZ×Pro-Ca	۶	۱۵/۳۳**	۱۴/۵۸**	۲/۵۵**	۱/۱۹**	۳/۹۶*
خطا	۳۶	۳/۳۶	۱/۰۴	۰/۵۵	۰/۳۳	۱/۳۵
ضریب تغییرات (%)		۶/۶۴	۹/۰۷	۱۰/۹۰	۲۴/۳۸	۱۱/۰۷

ns: عدم معنی‌داری *؛ معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و **: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

کاهش ۵۹/۶۸ درصدی طول دمبرگ نسبت به شاهد شد (جدول ۲). ترکیب PBZ و ProCa نشان داد که همه ترکیب‌ها وزن ویژه برگ را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (جدول ۲). بیشترین وزن ویژه برگ در برهمکنش (۰، ۱۲۰) و (۹۰، ۱۵۰) بود که سبب افزایش ۷۱/۴۲ درصدی وزن ویژه برگ نسبت به شاهد شد و کمترین وزن ویژه برگ در شاهد مشاهده شد. با توجه به اثرهای ترکیبی PBZ و ProCa کمترین نسبت وزنی ریشه در شاهد و بیشترین نسبت وزنی ریشه در تیمار ترکیبی ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ProCa و ۹۰ میلی‌گرم بر لیتر PBZ مشاهده شد که سبب افزایش ۱۵۷/۱۴ درصدی نسبت به شاهد شد. همه ترکیب‌های PBZ و ProCa افزایش معنی‌داری در نسبت وزنی ریشه نسبت به شاهد داشتند. نتایج جدول آنالیز واریانس (جدول ۳) نشان داد که تعداد طوقه، تعداد میوه و عملکرد تحت اثر ساده PBZ در سطح احتمال پنج درصد و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. تعداد گل، تعداد میوه، عملکرد و شاخص برداشت تحت اثر ساده ProCa در سطح احتمال یک درصد و تعداد طوقه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. تعداد گل، تعداد میوه، عملکرد و شاخص برداشت تحت اثر ترکیبی PBZ و ProCa در سطح احتمال یک درصد و تعداد طوقه و درصد میوه‌بندی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شدند. وزن میوه تحت تأثیر این کندکننده‌ها قرار نگرفت. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای ترکیبی

معنی‌دار شدند. ارتفاع گیاه، وزن تر گیاه، طول دمبرگ و نسبت وزنی ریشه در اثر ساده پروهگزادیون کلسیم در سطح احتمال یک درصد و وزن ویژه برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. ارتفاع گیاه، وزن تر گیاه، وزن تر ریشه و طول دمبرگ در اثر ترکیبی PBZ و ProCa در سطح احتمال یک درصد و وزن ویژه برگ و نسبت وزنی ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که برهمکنش PBZ و ProCa در همه غلظت‌ها ارتفاع گیاه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد. غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر PBZ بدون استفاده از ProCa کمترین ارتفاع گیاه را داشت و سبب کاهش ۲۳/۳۶ درصدی ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شد. همه ترکیب‌های PBZ و ProCa وزن تر گیاه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش دادند؛ به‌طوری که غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ProCa و ۹۰ میلی‌گرم بر لیتر PBZ کمترین وزن تر گیاه را داشت و سبب کاهش ۴۶/۵۳ درصدی وزن تر گیاه نسبت به شاهد شد. وزن تر ریشه تحت تأثیر PBZ و ProCa قرار گرفت. در بیشتر موارد ترکیب PBZ و ProCa وزن تر ریشه را افزایش دادند که این افزایش در غلظت‌های (۹۰، ۱۰۰) و (۱۲۰، ۱۵۰) میلی‌گرم بر لیتر (جدول ۲). نسبت به شاهد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین ترکیب PBZ و ProCa نشان داد که بیشترین طول دمبرگ در شاهد و کمترین طول دمبرگ در تیمار ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ProCa و ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر PBZ مشاهده شد که سبب

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین برخی صفات رویشی توت‌فرنگی رقم پاروس تحت تأثیر پاکلوبوترازول (PBZ) و پروهگزادیون کلسیم (Pro-Ca)

Pro-Ca	PBZ	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	وزن تر گیاه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	طول دمبرگ (سانتی‌متر)	وزن ویژه برگ (گرم به سانتی‌متر مربع)	نسبت وزنی ریشه (گرم به گرم)
صفر	صفر	۳۲/۲۷ ^a	۱۵ ^a	۶/۷ ^{cd}	۴/۴۴ ^a	۰/۰۰۷ ^d	۰/۳۵ ^d
۰	۶۰	۲۹/۲۵ ^b	۱۱/۹۸ ^b	۶/۷۹ ^{cd}	۲/۵۴ ^b	۰/۰۰۹ ^c	۰/۶۱ ^{bc}
۰	۹۰	۲۸/۸۵ ^b	۱۲/۲۰ ^b	۶/۸۸ ^{bcd}	۲/۴۶ ^b	۰/۰۱۰ ^{bc}	۰/۶۱ ^{bc}
۰	۱۲۰	۲۴/۷۳ ^d	۱۲/۷۳ ^b	۷/۷۷ ^{abc}	۲/۰۸ ^b	۰/۰۱۲ ^a	۰/۶۴ ^{bc}
۱۰۰	۰	۲۷/۴۲ ^{bc}	۱۲/۴۴ ^b	۶/۷۶ ^{cd}	۲/۴۸ ^b	۰/۰۱۰ ^{bc}	۰/۶۰ ^{bc}
۱۰۰	۶۰	۲۶/۰۷ ^{cd}	۱۲/۹۵ ^b	۶/۳۸ ^{de}	۲/۱۸ ^b	۰/۰۱۰ ^{abc}	۰/۵۸ ^c
۱۰۰	۹۰	۲۶/۷۰ ^{bcd}	۱۲/۰۱ ^b	۷/۹۲ ^{ab}	۲/۱۳ ^b	۰/۰۱۰ ^{abc}	۰/۶۷ ^{bc}
۱۰۰	۱۲۰	۲۶/۱ ^{cd}	۹/۱۱ ^{de}	۶/۴۹ ^{de}	۱/۷۹ ^b	۰/۰۱۰ ^{bc}	۰/۷۸ ^{ab}
۱۵۰	۰	۲۶/۰۷ ^{cd}	۸/۲۱ ^e	۵/۵۱ ^e	۲/۰۸ ^b	۰/۰۱۰ ^{bc}	۰/۷۳ ^{abc}
۱۵۰	۶۰	۲۷/۶۲ ^{bc}	۱۰/۴۳ ^{cd}	۶/۷۰ ^{cd}	۲/۰۸ ^b	۰/۰۱۰ ^{abc}	۰/۶۰ ^{bc}
۱۵۰	۹۰	۲۹/۳۲ ^b	۸/۰۲ ^e	۵/۹۷ ^{de}	۲/۱۷ ^b	۰/۰۱۲ ^a	۰/۹۰ ^a
۱۵۰	۱۲۰	۲۶/۹۸ ^{bcd}	۱۱/۷۶ ^{bc}	۸/۰۲ ^a	۱/۹۲ ^b	۰/۰۱۱ ^{ab}	۰/۷۴ ^{abc}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس برخی صفات زایشی توت‌فرنگی تحت تأثیر پاکلوبوترازول (PBZ) و پروهگزادیون کلسیم (Pro-Ca)

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد طوقه	تعداد گل	تعداد میوه	درصد میوه‌بندی	وزن میوه	عملکرد	شاخص برداشت
PBZ	۳	۰/۶۸*	۲/۰۵ ^{ns}	۲/۴۷*	۱۱۵/۴۸ ^{ns}	۰/۴۷ ^{ns}	۲۶/۹۳*	۰/۴۴**
Pro-Ca	۲	۰/۷۵*	۹/۰۸**	۹/۳۳**	۱۲۳/۴۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۱۰۰/۱۱**	۰/۸۱**
PBZ×Pro-Ca	۶	۰/۵۸*	۴/۴۷**	۲/۸۰**	۱۱۶/۸۰*	۰/۶۴ ^{ns}	۳۹/۹۷**	۰/۶۱**
خطا	۳۶	۰/۲۰	۰/۷۹	۰/۶۹	۴۲/۴۷	۰/۳۶۶	۹/۳۸	۰/۰۸
ضریب تغییرات (%)		۱۹/۴۱	۱۱/۷۳	۱۵/۰۴	۸/۹۵	۱۵/۳۴	۱۴/۲۸	۲۳/۲۵

ns: عدم معنی‌داری *؛ معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و **؛ معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

نسبت به شاهد شد. همه تیمارهای ترکیبی ProCa و PBZ تعداد میوه را نسبت به شاهد افزایش دادند که در اغلب موارد این افزایش معنی‌دار شد. بیشترین تعداد میوه در تیمار ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ProCa و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر PBZ به‌دست آمد. استفاده از این کندکننده‌ها در تمام غلظت‌ها درصد میوه‌بندی را افزایش دادند که در بیشتر موارد معنی‌دار شد و مؤثرترین تیمار در افزایش میوه‌بندی تیمار

ProCa و PBZ در بیشتر موارد تعداد طوقه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. همه تیمارهای ترکیبی ProCa و PBZ به غیر از ترکیب ۱۵۰، ۹۰، میلی‌گرم در لیتر تعداد گل را نسبت به شاهد افزایش دادند که این افزایش در برخی موارد نسبت به شاهد معنی‌دار شد. بیشترین تعداد گل و طوقه در تیمار ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ProCa و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر PBZ به‌دست آمد که سبب افزایش ۴۸ درصدی تعداد گل

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین برخی صفات زایشی توت‌فرنگی رقم پاروس تحت تأثیر پاکلوبوترازول (PBZ) و پروهگزادیون کلسیم (Pro-Ca)

شاخص برداشت (گرم به گرم)	عملکرد (گرم به ازای هر بوته)	وزن میوه (گرم)	درصد میوه‌بندی	تعداد میوه	تعداد گل	تعداد طوقه	PBZ	Pro-Ca
۱/۰۵ ^f	۱۵/۸۱ ^d	۴/۴۰ ^{ab}	۵۹/۹۱ ^c	۳/۷۵ ^f	۶/۲۵ ^{de}	۱/۵۰ ^d	صفر	صفر
۲/۰۸ ^{abcd}	۲۴/۹۵ ^{ab}	۴/۰۰ ^{abc}	۷۵/۶۹ ^a	۶/۲۵ ^{ab}	۸/۲۵ ^{abc}	۲/۷۵ ^{ab}	۶۰	۰
۲/۰۱ ^{bcd}	۲۴/۵۷ ^{ab}	۳/۹۸ ^{abc}	۷۳/۲۶ ^{ab}	۶/۲۵ ^{ab}	۸/۵۰ ^{ab}	۲/۰۰ ^{cd}	۹۰	۰
۱/۴۳ ^{ef}	۱۸/۳۲ ^{cd}	۳/۴۵ ^c	۷۵/۲۹ ^{ab}	۵/۲۵ ^{bcde}	۷/۰۰ ^{cde}	۲/۰۰ ^{cd}	۱۲۰	۰
۱/۷۸ ^{cde}	۲۱/۷۱ ^{abc}	۳/۶۱ ^{abc}	۷۹/۵۸ ^a	۶/۰۰ ^{bc}	۷/۵۰ ^{bcd}	۲/۵۰ ^{abc}	۰	۱۰۰
۱/۹۰ ^{bcd}	۲۴/۷۴ ^{ab}	۳/۵۴ ^{bc}	۷۸/۱۹ ^a	۷/۲۵ ^a	۹/۲۵ ^a	۳/۰۰ ^a	۶۰	۱۰۰
۲/۱۶ ^{abc}	۲۵/۵۲ ^a	۴/۳۱ ^{abc}	۷۰/۴۸ ^{ab}	۶/۰۰ ^{bc}	۸/۵۰ ^{ab}	۲/۲۵ ^{bc}	۹۰	۱۰۰
۲/۴۶ ^a	۲۴/۶۹ ^{ab}	۳/۹۹ ^{abc}	۷۵/۸۴ ^a	۶/۲۵ ^{ab}	۸/۲۵ ^{abc}	۲/۰۰ ^{cd}	۱۲۰	۱۰۰
۲/۱۸ ^{abc}	۲۰/۶۲ ^{bc}	۳/۸۲ ^{abc}	۶۶/۰۲ ^{bc}	۵/۵۰ ^{bcd}	۸/۲۵ ^{abc}	۲/۵۰ ^{abc}	۰	۱۵۰
۱/۶۷ ^{de}	۱۷/۴۳ ^{cd}	۳/۵۴ ^{bc}	۷۱/۱۳ ^{ab}	۵/۰۰ ^{cde}	۷/۰۰ ^{cde}	۲/۲۵ ^{bc}	۶۰	۱۵۰
۲/۲۵ ^{ab}	۱۸/۰۵ ^{cd}	۴/۲۵ ^{abc}	۷۴/۱۶ ^{ab}	۴/۲۵ ^{ef}	۵/۷۵ ^e	۲/۵۰ ^{abc}	۹۰	۱۵۰
۱/۷۷ ^{cde}	۲۰/۸۹ ^{bc}	۴/۴۳ ^a	۷۴/۳۱ ^{ab}	۴/۷۵ ^{def}	۶/۵۰ ^{de}	۲/۵۰ ^{abc}	۱۲۰	۱۵۰

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

می‌گذارد (۶). ProCa سبب کاهش ارتفاع گیاه و در نتیجه سبب کاهش وزن تر گیاه نسبت به شاهد می‌شود. در پژوهشی روی گوجه‌فرنگی نشان داده شد که پروهگزادیون کلسیم وزن تر گیاه را نسبت به شاهد کاهش می‌دهد (۱). پروهگزادیون کلسیم برای مدیریت رشد رویشی استفاده می‌شود که استفاده از آن روی گل داوودی (۱۸) گوجه‌فرنگی (۱) و انگور (۱۶) سبب کاهش وزن تر گیاه شده است که با نتایج ما روی توت‌فرنگی مطابقت دارد. همچنین استفاده از کندکننده‌ها، در پژوهش حاضر طول دمبرگ را کاهش دادند. کاهش طول دمبرگ در تیمارهای ترکیبی PBZ و ProCa می‌تواند با افزایش غلظت بیشتر شود. استفاده از پروهگزادیون کلسیم روی سیب و توت‌فرنگی سبب کاهش رشد رویشی و کاهش طول دمبرگ شده است (۱۳ و ۲۱). این کاهش رشد بستگی به غلظت، زمان و تعداد دفعات کاربرد دارد و همچنین می‌تواند به دلیل کاهش جیبرلین فعال درون‌زا باشد (۳۸). کندکننده‌های رشد میزان هورمون جیبرلین را در گیاه کاهش داده ولی میزان سایتوکینین و اسید آبسزیک را افزایش می‌دهند و از این طریق سبب بهبود وزن ریشه می‌شوند (۳۷). افزایش سایتوکینین

۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ProCa بدون PBZ بود. وزن میوه تحت تأثیر این کندکننده‌ها قرار نگرفت. در اثر استفاده تیمارهای ترکیبی PBZ و ProCa عملکرد در تمام غلظت‌ها افزایش یافت که در برخی موارد این افزایش معنی‌دار شد. مؤثرترین تیمار در افزایش عملکرد ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ProCa و ۹۰ میلی‌گرم بر لیتر PBZ بود. همه غلظت‌های PBZ و ProCa شاخص برداشت را نسبت به شاهد افزایش دادند که در بیشتر موارد این افزایش معنی‌دار بود. بالاترین شاخص برداشت مربوط به ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ProCa و ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر PBZ بود.

بحث

بر اساس نتایج به دست آمده، پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم ارتفاع و وزن تر گیاه را کاهش می‌دهند. در تحقیقی اثر ProCa روی گیلاس نشان داد که پروهگزادیون کلسیم مسیر بیوسنتز جیبرلین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب کاهش سطح برگ، طول و تعداد میان‌گره می‌شود و در نتیجه بر رشد گیاه تأثیر

گیاه، ضعیف شدن گیاه و اثرهای نامطلوب غلظت‌های بالای کندکننده‌ها باشد. پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که استفاده از جیبرلین سبب کاهش تشکیل جوانه‌های گل در درختان میوه می‌شود؛ در نتیجه استفاده از پروهگزادیون کلسیم سبب کاهش سنتز جیبرلین و در نتیجه افزایش جوانه‌های زایشی و تعداد گل می‌شود؛ چرا که بین قدرت رشد شاخه‌ها و جوانه زایشی ارتباط معکوس وجود دارد (۶). استفاده از پروهگزادیون کلسیم روی درخت گلابی (۳۵)، توت‌فرنگی (۱۳) و فلفل (۳۱) نیز سبب افزایش تشکیل جوانه گل و افزایش میزان میوه‌بندی شد. استفاده از پاکلوبوترازول روی درخت انبه رشد رویشی را محدود کرده و سبب افزایش کربوهیدرات در شاخه‌های تیمار شده می‌شود (۳۹). استفاده از پاکلوبوترازول روی درخت گلابی (۳)، زیتون (۲۴) و توت‌فرنگی (۲۵) سبب افزایش تعداد شاخه‌های گل‌دهنده و در نتیجه بالارفتن عملکرد شد. بر اساس پژوهش‌های قبلی و نتایج حاصل از پژوهش حاضر استفاده از کندکننده‌ها می‌تواند تعداد گل را افزایش دهد. نتایج ما در افزایش تعداد گل با پژوهش‌های قبلی (۲۴ و ۳۵) مطابقت دارد. در پژوهش حاضر استفاده از کندکننده‌های رشد سبب افزایش درصد میوه‌بندی در توت‌فرنگی شد که این افزایش به دلیل تعداد بیشتر میوه در هر بوته است. همسو با نتایج ما، استفاده از پروهگزادیون کلسیم روی سبب افزایش تشکیل میوه شده که این افزایش میوه به کاهش ریزش، افزایش تشکیل میوه یا ترکیبی از هر دو و کاهش رقابت بین رشد رویشی و زایشی نسبت داده‌اند (۱۱ و ۱۲). رشد رویشی زیاد سبب سایه‌اندازی و کاهش میزان کربوهیدرات می‌شود و نیز اثر منفی روی عملکرد و کیفیت میوه دارد و تشکیل جوانه گل را کاهش می‌دهد. کنترل رشد رویشی با استفاده از پایه‌های پاکوتاه، هرس و کندکننده‌های رشد، سبب ایجاد توازن بین رشد رویشی و زایشی شده و نیز سبب افزایش درصد میوه‌بندی می‌شود. استفاده از پروهگزادیون کلسیم روی درخت گلابی سبب افزایش تشکیل جوانه گل و افزایش درصد میوه‌بندی شد ولی در بعضی ارقام اندازه میوه کاهش یافت (۳۵). با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر، پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم و همچنین ترکیب آنها تعداد میوه و درصد

سبب بزرگ شدن ناحیه مرستمی ریشه شده و در نتیجه افزایش، رشد و تحریک تولید ریشه‌های جانبی می‌شود (۲۶). بر اساس نتایج، استفاده از کندکننده‌ها وزن ویژه برگ را افزایش داد. بر اساس پژوهش‌های قبلی استفاده از کندکننده‌های رشد PBZ و ProCa سبب افزایش وزن ویژه برگ به ترتیب در هلو (۳۴) و سیب شده است (۱۰). افزایش در وزن ویژه برگ به دلیل افزایش در وزن خشک برگ است. بر اساس مطالعات انجام گرفته پروپیکونازول می‌تواند سبب افزایش ضخامت برگ شود و در نتیجه وزن خشک برگ را افزایش دهد (۲۲). در پژوهش حاضر استفاده از کندکننده‌ها نسبت وزنی ریشه را در توت‌فرنگی رقم پاروس افزایش داد که این افزایش به دلیل اثر پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم در افزایش وزن خشک ریشه و کاهش وزن خشک گیاه است. با توجه به پژوهش‌های پیشین استفاده از پروهگزادیون کلسیم روی توت‌فرنگی، سبب کاهش سنتز جیبرلین و در نتیجه کاهش سطح و ارتفاع گیاه شده است که می‌تواند وزن گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (۳۲). استفاده از این ماده روی توت‌فرنگی رقم کاماروسا ارتفاع گیاه و وزن خشک گیاه را کاهش داده که بستگی به زمان کاربرد آن داشت (۳۲). در پژوهش حاضر در بیشتر موارد استفاده از پروهگزادیون کلسیم، تعداد طوقه را در توت‌فرنگی رقم پاروس افزایش می‌دهد که با نتایج پژوهش‌های قبل مطابقت دارد. پروهگزادیون کلسیم تعداد رونده را کاهش می‌دهد و سبب افزایش تعداد طوقه می‌شود (۵ و ۱۵). همچنین استفاده از PBZ در گلخانه توت‌فرنگی سبب افزایش تعداد طوقه و در نتیجه عملکرد می‌شود (۲۵). استفاده از کندکننده‌ها سبب آسیب به مرستم، از دست رفتن غالبیت انتهایی و افزایش رشد جوانه‌های جانبی می‌شوند (۷). تیمار ترکیبی پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم تعداد طوقه را در توت‌فرنگی رقم پاروس افزایش داد که این افزایش می‌تواند تحت تأثیر غلظت قرار بگیرد. در پژوهش حاضر بیشتر تیمارهای ترکیبی PBZ و ProCa تعداد گل را افزایش دادند که این می‌تواند به دلیل خاصیت سینرژیست این دو کندکننده در کاهش رشد رویشی و افزایش تعداد گل باشد، ولی در غلظت‌های بالا تعداد گل را کاهش می‌دهند که این کاهش می‌تواند به دلیل کاهش بیش از حد رشد

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که استفاده از کندکننده‌ها، رشد رویشی را کاهش و رشد زایشی را افزایش می‌دهند که می‌تواند تحت تأثیر غلظت هم قرار بگیرد، به طوری که غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول، بدون استفاده از پروهگزادیون کلسیم مؤثرترین تیمار در کاهش ارتفاع گیاه و غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون کلسیم و ۹۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول مؤثرترین تیمار در کاهش وزن تر گیاه بود. کمترین طول دمبرگ در تیمار ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون کلسیم و ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول مشاهده شد. استفاده از کندکننده‌ها رشد زایشی را افزایش می‌دهند. بیشترین تعداد طوقه، گل و میوه در تیمار ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون کلسیم و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول به دست آمد که مؤثرترین تیمار در افزایش رشد زایشی است.

سپاسگزاری

در پایان نویسندگان از جناب آقای دکتر سیروس قبادی هیأت علمی بازنشسته گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به دلیل طراحی این پژوهش و حمایت از این پروژه تشکر می‌کنند.

میوه‌بندی را در توت‌فرنگی افزایش می‌دهند. بر اساس پژوهش‌های قبلی درصد میوه‌بندی در توت‌فرنگی بستگی به طول دوره رشد گیاه و غلظت مورد استفاده دارد. نتایج این پژوهش مبنی بر استفاده از کندکننده‌ها روی درصد میوه‌بندی با نتایج حاصل از پژوهش‌های قبلی (۱۱ و ۳۵) مطابقت دارد. پروهگزادیون کلسیم با افزایش تعداد شاخه‌های گل‌دهنده و تعداد میوه سبب افزایش عملکرد در توت‌فرنگی شده است (۱۳). استفاده از پروهگزادیون کلسیم روی فلفل با افزایش تعداد میوه نسبت به شاهد به دنبال کاهش رشد رویشی، عملکرد را افزایش داده است (۳۱). استفاده از پروهگزادیون کلسیم سبب افزایش تعداد میوه و در نتیجه افزایش عملکرد در تمشک شد؛ که علت آن کاهش حجم و تراکم بوته‌ها به دنبال کاربرد پروهگزادیون کلسیم بیان شده است (۲۷). گزارش شده پاکلوبوترازول وزن کل میوه‌ها و در نتیجه عملکرد را در انبه (۳۹)، زیتون (۲۴) و گلابی (۳) افزایش داده است. بر اساس پژوهش حاضر پاکلوبوترازول، پروهگزادیون کلسیم و برهمکنش آنها سبب افزایش تعداد گل، میوه و عملکرد شد. غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون کلسیم نسبت به غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب کاهش عملکرد شد که به دلیل اثرات منفی غلظت بالای کندکننده بر تعداد میوه است. همه برهمکنش‌های پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم شاخص برداشت را نسبت به شاهد افزایش دادند. افزایش شاخص برداشت به دلیل افزایش عملکرد و کاهش وزن گیاه است.

منابع مورد استفاده

- Altintas, S. 2011. Effects of prohexadione-calcium with three rates of phosphorus and chlormequat chloride on vegetative and generative growth of tomato. *African Journal of Biotechnology* 10: 17142-17151.
- Arteca, R. N. 2013. Plant Growth Substances: Principles and Applications. Pennsylvania State University. Pennsylvania.
- Asin, L., S. Alegre and R. Montserrat. 2007. Effect of paclobutrazol, prohexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in a 'Blanquilla' pear orchard. *Science Horticulture* 113: 142-148.
- Baninasab, B. and M. Shahgholi. 2010. Effect of paclobutrazol on vegetative growth, yield and fruit quality of Keshmeshi Bovanat grape. *Acta Horticulture* 931: 449-452.
- Black, B. 2004. Strawberry runner suppression with prohexadione-calcium. *Acta Horticulture* 708. 249-252.
- Cares, J., K. Sagredo, T. Cooper and J. Retamales. 2012. Effect of prohexadione calcium on vegetative and reproductive development in sweet cherry trees. *Acta Horticulturae* 1058: 357-363.
- Cline, J. A. and C. J. Bakker. 2016. Prohexadione-calcium, ethephon, trinexapac-ethyl, and maleic hydrazide reduce extension shoot growth of apple. *Canadian Journal of Plant Science* 97: 1-9.

8. Cline, J., C. Embree, J. Hebb and D. Nichols. 2008. Performance of prohexadione-calcium on shoot growth and fruit quality of apple Effect of spray surfactants. *Canadian Journal of Plant Science* 88: 165-174.
9. Giannakoula, A. E., I. F. Ilias, J. J. D. Maksimovic, V. M. Maksimovic and B. D. Zivanović. 2012. The effects of plant growth regulators on growth, yield, and phenolic profile of lentil plants. *Journal of Food Composition and Analysis* 28: 46-53.
10. Guak, S., D. Neilsen and N. Looney. 2001. Growth, allocation of N and carbohydrates, and stomatal conductance of greenhouse grown apple treated with prohexadione-Ca and gibberellins. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76: 746-752.
11. Greene, D. W. 2007. The effect of prohexadione-calcium on fruit set and chemical thinning of apple trees. *Scientia Horticulturae* 42: 1361-1365.
12. Greene, D. W. 2008. The effect of repeat annual applications of prohexadione-calcium on fruit set, return bloom, and fruit size of apples. *Science Horticulture* 43: 376-379.
13. Greene, D. W. and S. G. Schloemann. 2010. Prohexadione-calcium inhibits runner formation and enhances yield of strawberry. *Journal of the American Pomological Society* 64: 125-139.
14. Harms, C. L. and E. S. Oplinger. 1988. Plant Growth Regulators: Their Use in Crop Production. North Central Region Extension Publication 303, Iowa State University, USA.
15. Hytönen, T., K. Mouhu, I. Koivu and O. Junttila. 2008. Prohexadione-calcium enhances the cropping potential and yield of strawberry. *European Journal of Horticultural Science* 73: 210-215
16. Jamali, B., B. Kavooosi, N. Movahed and S. Eshghi. 2010. Ameliorative effects of paclobutrazol on vegetative and physiological traits of grapevine cuttings under water stress condition. *Acta Horticulturae* 931: 475-484.
17. Kang, S. M., J. T. Kim, M. Hamayun, I. C. Hwang, A. L. Khan, Y. H. Kim, J. H. Lee and I. J. Lee. 2010. Influence of prohexadione-calcium on growth and gibberellins content of Chinese cabbage grown in alpine region of South Korea. *Scientia Horticulturae* 125: 88-92.
18. Kim, Y. H., A. L. Khan, M. Hamayun, J. T. Kim, J. H. Lee, I. C. Hwang, C. S. Yoon and I. J. Lee. 2010. Effects of prohexadione calcium on growth and gibberellins contents of Chrysanthemum morifolium R. cv Monalisa White. *Scientia Horticulturae* 123: 423-427
19. Kuai, J., Y. Yang, Y. Sun, G. Zhou, Q. Zuo, J. Wu and X. Ling. 2015. Paclobutrazol increases canola seed yield by enhancing lodging and pod shatter resistance in (*Brassica napus*). *Field Crops Research* 180: 10-20.
20. Little, C. and R. Savidge. 1987. The role of plant growth regulators in forest tree cambial growth. *Plant Growth Regulator* 6: 137-169
21. Lolaei, A., M. Rezaei, M. Khorrami Raad and B. Kaviani. 2012. Effect of paclobutrazol and sulfate zinc on vegetative growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Camarosa). *Annals of Biological Research* 3: 4657-4662.
22. Manivannan, P., C. A. Jaleel, A. Kishorekumar, B. Sankar, R. Somasundaram, R. Sridharan and R. Panneerselvam. 2007. Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* L. Walp. by propiconazole under water deficit stress. *Colloids and Surfaces Biointerfaces* 57: 69-74
23. Martínez-Fuentes, A., C. Mesejo, N. Muñoz-Fambuena, C. Reig, M. González-Mas, D. Iglesias, E. Primo-Millo and M. Agustí. 2013. Fruit load restricts the flowering promotion effect of paclobutrazol in alternate bearing Citrus spp. *Scientia Horticulturae* 151: 122-127.
24. Moreira, R. A., D. R. Fernandes, M. D. C. M. Da Cruz, J. E. Lima and A. F. De Oliveira. 2016. Water restriction, girdling and paclobutrazol on flowering and production of olive cultivars. *Scientia Horticulturae* 200: 197-204.
25. Nishizawa, T. 1993. The effect of paclobutrazol on growth and yield during first year greenhouse strawberry production. *Science Horticulture* 54: 267-274.
26. Nishimura, C., Y. Ohashi, S. Sato, T. Kato, S. Tabata and C. Ueguchi. 2004. Histidine kinase homologs that act as cytokinin receptors possess overlapping functions in the regulation of shoot and root growth in Arabidopsis. *Plant Cell* 16: 1365-1377.
27. Poledica, M. M., J. M. Milivojevic, D. D. Radivojevic and J. J. D. Maksimovic. 2012. Prohexadione-Ca and young cane removal treatments control growth, productivity, and fruit quality of the Willamette raspberry. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 36: 680-687.
28. Pombo, M. A., M. C. Dotto, G. A. Martínez and P. M. Civello. 2009. UV-C irradiation delays strawberry fruit softening and modifies the expression of genes involved in cell wall degradation. *Postharvest Biology Technology* 51: 141-148
29. Qin, Y., J. A. T. da Silva, L. Zhang and S. Zhang. 2008. Transgenic strawberry: state of the art for improved traits. *Biotechnology Advances* 26: 219-232.
30. Ramina, A., P. Tonutti and T. Tosi. 1985. The effect of paclobutrazol on strawberry growth and fruiting. *Journal of Horticultural Science* 60: 501-506.
31. Ramirez, H., J. Mendoza-Castellanos, L. Ramirez-Pérez, J. Rancano-Arrijoja and M. Zavala-Ramírez. 2016.

- Prohexadione-Ca provokes positive changes in the growth and development of Habanero pepper. *Journal of Applied Horticulture* 18: 7-11
32. Reekie, J., P. Hicklenton and P. Struik. 2005. Prohexadione-calcium modifies growth and increases photosynthesis in strawberry nursery plants. *Canadian Journal of Plant Science* 85: 671-677.
33. Reekie, J., P. Hicklenton, J. Duval, C. Duval and P. Struik. 2005. Leaf removal and prohexadione-calcium can modify Camarosa strawberry nursery plant morphology for plasticulture fruit production. *Canadian Journal of Plant Science* 85: 665-670.
34. Rieger, M. and G. Scalabrelli. 1990. Paclobutrazol, root growth, hydraulic conductivity, and nutrient uptake of nemaguard peach. *Horticulture Science* 25: 95-98.
35. Smit, M., J. Meintjes, G. Jacobs, P. Stassen and K. Theron. 2005. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione-calcium. *Scientia Horticulturae* 106: 515-529.
36. Tulipani, S., G. Marzban, A. Herndl, M. Laimer, B. Mezzetti and M. Battino. 2011. Influence of environmental and genetic factors on health-related compounds in strawberry. *Food Chemistry* 124: 906-913.
37. Tuna, A. L. 2014. Influence of foliarly applied different triazole compounds on growth, nutrition, and antioxidant enzyme activities in tomato (*Solanum lycopersicum*) under salt stress. *Australian Journal of Crop Science* 8: 71-79.
38. Wan Zaliha, W. and Z. Singh. 2012. Exogenous application of prohexadione-calcium promotes fruit colour development of Cripps Pink apple. *Acta Horticulturae* 1012: 219-221.
39. Yeshitela, T., P. Robbertse and P. Stassen. 2004. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 32: 281-293.

The Effect of Paclobutrazol and Calcium Prohexadione on Some Vegetative and Reproductive Characteristics of Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Paros)

A. Danaeifar¹, M. Gholami^{2*}, M. Mobli³ and B. Baninasab⁴

(Received: April 9-2018; Accepted: June 25-2018)

Abstract

In order to evaluate the role of paclobutrazol (PBZ) and prohexadione-calcium (ProCa) in reduction of vegetative growth and improvement of reproductive growth of strawberry (cultivar Paros), a 4-replicate completely randomized design was carried out in greenhouse. ProCa in three concentrations of 0, 100 and 150 mg L⁻¹ and PBZ in four concentrations of 0, 60, 90 and 120 mg L⁻¹ were sprayed on the strawberry plants in two stages (four weeks after planting and three weeks after the first stage). The results showed that the application of PBZ, ProCa and also their interaction had a significant effect on plant height, plant fresh weight, petiole length, specific leaf weight, root weight ratio, crown number, fruit number, fruit yield and harvest index. Application of 120 mg L⁻¹ of PBZ without the use of ProCa resulted in the lowest plant height. The interaction of 100 mg L⁻¹ of ProCa and 60 mg L⁻¹ PBZ resulted in the highest number of flowers and crowns. The use of these retardants did not have a significant effect on fruit weight. The effect of ProCa and its interaction with PBZ was significant on the number of flowers and the interaction of PBZ and ProCa was significant on fruit set. Treatment with 100 mg L⁻¹ ProCa without PBZ was the most effective treatment on increasing fruit set. In general, the results showed that the use of retardants reduced the vegetative growth and increased reproductive growth of the Paros strawberry genotype. The concentration of 100 mg L⁻¹ ProCa and 60 mg L⁻¹ PBZ was the most effective treatment for increase in reproductive growth of the examined strawberry cultivar.

Keywords: Fruit set, Harvest index, Number of flowers, Spray

1, 2, 3, 4. MSc. Student, Assistant Professor, Professor and Associate Professor, Respectively, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: mah.gholami@cc.iut.ac.ir