مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۱ شماره ۱ صفحه های ۱ تا ۱۰ (۱۳۹۹)
مقاله پژوهشی

تأثیر پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم پاروس[1]

Effect of Paclobutrazole and Calcium Prohexadione on Some Physiological and Qualitative Characteristics of (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. Paros)

عباس دانایی‌فر، مهدیه غلامی*، مصطفی مبلی و بهرام بانی‌نسب[2]

چکیده

به‌منظور کاهش رشد رویشی و افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی، پژوهشی با استفاده از پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم روی توت‌فرنگی رقم پاروس انجام شد. در این پژوهش پروهگزادیون‌کلسیم 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 و هفت هفته پس از کاشت) محلول‌پاشی شدند. نتیجه‌ها نشان داد که کاربرد پاکلوبوترازول، پروهگزادیون‌کلسیم و هم‌چنین برهمکنش آن‌ها موجب افزایش معنی‌داری در میزان فتوسنتز، کلروفیل، کاروتنوئید برگ، عملکرد و آنتوسیانین میوه شد. پاکلوبوترازول در سطح احتمال ۵٪ و پروهگزادیون‌کلسیم در سطح احتمال ۱٪ موجب افزایش معنی‌داری در عملکرد فتوسنتزی شدند. پروهگزادیون‌کلسیم به تنهایی و برهمکنش آن با پاکلوبوترازول در سطح احتمال ۱ درصد موجب افزایش معنی‌دار سفتی بافت میوه و کاهش معنی‌دار اسیدیته قابل تیتراسیون شد. ماده‌های جامد محلول زیر تأثیر این کندکننده‌ها قرار نگرفت. استفاده از پروهگزادیون کلسیم به تنهایی در سطح احتمال ۵ درصد موجب افزایش معنی‌دار میزان ویتامین C شد. به طور کلی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه زیر تأثیر استفاده از هر دو کندکننده رشد افزایش یافت در حالی‌که ویژگی‌های کیفی بیشتر زیر تأثیر پروهگزادیون‌کلسیم قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، اسید آلی، فتوسنتز، محلول‌پاشی، ویتامین C.

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria× ananassa* Duch.) گیاهی علفی، چند ساله از تیره وردسانان است که از تاج، برگ، سیستم ریشه‌ای و ساقه رونده تشکیل شده است (۱۰). میوه توت‌فرنگی دارای ارزش اقتصادی و غذایی بالایی بوده و از نظر تولید در میان ریزمیوه‌های سراسر جهان رتبه دوم پس از انگور را دارد (۲۶). بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۸، سطح زیر کشت توت‌فرنگی در جهان،۳۷۲۳۶۱ هکتار و میزان تولید توت‌فرنگی در جهان در این سال برابر با ۸۳۳۷۰۹۹ تن بوده است. چین با تولید ۲۹۵۵۴۵۳ تن مقام اول و آمریکا با تولید ۱۲۹۶۲۷۲تن مقام دوم و مکزیک با تولید ۶۵۳۶۳۹ تن مقام سوم در تولید توت‌فرنگی را در جهان دارند و ایران با تولید ۵۹۱۳۶ تن توت‌فرنگی مقام بیست و یکم در جهان را داراست (۱۳). از دشواری‌های مهم در پرورش توت‌فرنگی رشد رویشی زیاد به‌دلیل رقابت با رشد زایشی بر سر منابع غذایی است که افزون بر عملکرد، کیفیت را هم زیر تأثیر قرار می‌دهد. رشد رویشی را می‌توان با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد کنترل کرد (۳۳). تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، ترکیب‌های آلی غیر غذایی هستند که شرایط فیزیولوژیکی گیاه را در غلظت‌های خیلی پایین تغییر می‌دهند (۲۶). در حال حاضر استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی یک روش معمول در باغداری مدرن است (۱۲). کنترل رشد گیاه از سال ۱۹۴۰ دانشمندان را به استفاده از ماده‌های شیمیایی برای کنترل رشد گیاه علاقه‌مند کرد (۸). تحریک به تشکیل ریشه جانبی توسط اکسین، کنترل ارتفاع و کیفیت محصول‌ها با کاربرد ماده‌های ضد جیبرلینی نمونه‌ای از کاربردهای موفقیت‌آمیز تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در باغبانی است (۹). تریازول‌ها ترکیب‌های شناخته شده مهارکننده زیست‌ساخت ارگوسترول هستند که به عنوان

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۱۵

۲- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mah.gholami@iut.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

قارچ‌کش برای تنظیم رشد گیاه استفاده می‌شوند. کنترل زیست‌ساخت جیبرلین (GA)، کار اصلی تریازول‌ها به عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است. این ترکیب‌های تریازولی باعث افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانی، مهار رشد گیاه و افزایش مقدار کلروفیل می‌شوند. این ترکیب‌های تریازولی مسیر ایزوپرنوئید را زیر تاثیر قرار می‌دهند (۳۵). یکی از کندکننده‌هایی که در این زمینه آزمایش شده است پاکلوبوترازول می‌باشد که از مهم‌ترین اعضای گروه تریازول‌ها می‌باشد. پاکلوبوترازول قارچ‌کش، تنظیم‌کننده رشد و یک بازدارنده قوی ساخت GA است (۲۱). در پژوهشی، Bill و همکاران (۴) نشان دادند که استفاده از پاکلوبوترازول روی خرمالو باعث کاهش سفتی میوه می‌شود. جمالیان و همکاران (۱۶) گزارش کردند کاربرد پاکلوبوترازول با کاهش رشد رویشی در توت‌فرنگی رقم کاماروسا، فاکتورهای زایشی مانند شمار گل‌آذین، تعداد میوه، عملکرد، هم‌چنین ماده‌های جامد محلول، اسید قابل تیتر و ویتامین C را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. پروهگزادیون‌کلسیم از دیگر ترکیب‌های بازدارنده شیمیایی است که با تأثیر در زیست‌ساخت هورمون GA رشد رویشی گیاه را زیر تأثیر قرار می‌دهد. به‌دلیل نبود پایداری در محیط و تجزیه سریع در گیاهان عالی در محیط تنها چند هفته و در خاک کمتر از یک هفته دوام دارد. پروهگزادیون‌کلسیم می‌تواند به عنوان یک ترکیب خوب برای تنظیم رشد در سبزیجات استفاده شود (۱). پروهگزادیون‌کلسیم به راحتی توسط برگ‌ها جذب، به بقیه قسمت‌ها منتقل و به راحتی توسط گیاه متابولیزه می‌شود و گزارش شده که کاربرد آن منجر به کاهش رشد شاخه‌ها در گردو می‌شود (۳۴). تیمار گیاه نعناع با پروهگزادیون‌کلسیم باعث کاهش میزان GA و در نتیجه تقسیم یاخته‌ای و در نهایت منجر به کاهش ارتفاع گیاه، طول شاخه و در نتیجه وزن کل گیاه نسبت به گیاهان شاهد شده است (۲۲). استفاده از پروهگزادیون‌کلسیم روی گواوا باعث کاهش طول شاخه‌ها و سرعت رشد نسبی شد، اما طول و عرض میوه، وزن میوه و اسید قابل تیتر زیر تأثیر قرار نگرفت. هم‌چنین سفتی بافت میوه و ماده‌های جامد محلول افزایش یافت (۷). استفاده از پروهگزادیون‌کلسیم در تمشک سبب کاهش طول و قطر شاخه‌ها و اسید میوه شد و تعداد میوه، عملکرد و ماده‌های جامد محلول را افزایش داد. تعداد کل گره، تعداد گل‌آذین و وزن میوه زیر تأثیر قرار نگرفت (۲۴). به طور کلی کندکننده‌های رشد گیاهی برای تولید میوه و تعادل بین رشد رویشی و زایشی کاربرد دارند. این تحقیق با هدف بررسی اثرهای کاربرد پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم و ترکیب آن‌ها روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم پاروس انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام آزمایش، در اوایل آذر ماه ۹۵ نشاءهای توت‌فرنگی رقم پاروس از یک گلخانه تجاری واقع در شهرستان خوانسار تهیه و به گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شدند. گلخانه دارای سقف شیشه‌ای با میانگین دمای شب و روز به ترتیب ۱۵ و ۲۵ درجه سلسیوس بود. سپس نشاءها در گلدان‌هایی به ارتفاع ۲۱ سانتی‌متر، دهانه ۲۲ سانتی‌متر و کف گلدان ۱۵ سانتی‌متر که حاوی ترکیب خاکی شامل خاک: ماسه: پیت ماس (۱:۱:۲) بود (جدول ۱)، کاشته شدند. در طول آزمایش مراقبت‌های لازم مانند کوددهی، آبیاری و مبارزه با آفات و بیماری‌ها انجام شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده.

Table1. Physical and chemical properties of the soil used.

ویژگی‌های خاک Soil properties			
گچ Gypsum 13.5 meq $100g^{-1}$	شن Sand 30%	نیتروژن N 0.03%	روی Zn 0.72 mg kg^{-1}
هدایت الکتریکی Electrical conductivity 0.9 dS m^{-1}	سیلتSilt 42%	فسفرP 6.2 mg kg^{-1}	منگنز Mn 4.1 mg kg^{-1}
pH 7.7	رس Clay 28%	پتاسیمK 120 mg kg^{-1}	آهن Fe 8.44 mg kg^{-1}
	بافت خاک Soil texture لوم رسی Clay loam	مسCu 0.54 mg kg^{-1}	

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

بوته‌های توت‌فرنگی در دو نوبت محلول‌پاشی شدند. نوبت اول بوته‌ها چهار هفته بعد از کاشت با پروهگزادیون‌کلسیم در سه سطح شامل صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول در چهار سطح شامل صفر، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر و ترکیب آن‌ها محلول‌پاشی شدند. محلول پاشی دوم ۲۱ روز بعد از محلول‌پاشی اول انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل ۴×۳ با ۱۲ تیمار و ۴ تکرار در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی انجام شد. هر تکرار شامل دو گلدان بود (در هر گلدان یک گیاه وجود داشت).

بعد از آخرین محلول‌پاشی ویژگی‌های زیر اندازه‌گیری شدند:

فتوسنتز و تعرق توسط دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (LCI console 31p14, England) در یک نوبت و سه هفته بعد از محلول‌پاشی نوبت دوم، بین ساعت ۱۰ تا ۱۲ اندازه‌گیری شدند. عملکرد فتوسنتزی با تقسیم میزان فتوسنتز بر میزان تعرق به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید از روش Lichtenthaler و Harmut (۱۵) استفاده شد. بدین منظور ۱۰۰ میلی‌گرم از بافت برگ با استون ۸۰ درصد ساییده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV 160 A spectrophotometer, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) میزان جذب روشناور نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۳/۶، ۶۴۶/۶ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر از روابط Pora و همکاران (۲۵) به شرح زیر استفاده شد.

$[chl\ a] = 12.25\ E_{663.6} - 2.55\ E_{646.6}$

$[chl\ b] = 20.31\ E_{646.6} - 4.91\ E_{663.6}$

$[chl\ a+b] = 17.76\ E_{646.6} + 7.34\ E_{663}$

$$chl\left(\frac{mg}{g}\right) = \left(\frac{chl\left(\frac{mg}{l}\right) \times 0.01(l)}{weight\ (g)}\right)$$

که در آن $E_{663.6}$ میزان جذب در طول موج ۶۶۳/۶ نانومتر و $E_{646.6}$ میزان جذب در طول موج ۶۴۶/۶ نانومتر است. Chl $(\frac{mg}{g})$ محاسبه میزان کلروفیل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر است. میزان کاروتنوئید از رابطه زیر محاسبه گردید.

$C_{x+c}= (1000\times A470-1.90Chla-63.14Chlb)/214$

که در آن A_{470} میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر است.

در پایان آزمایش وزن خشک گیاه پس از خروج بوته‌ها از خاک و قرار دادن در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد.

عملکرد در هر بوته از مجموع وزن کل میوه‌های هر بوته به‌دست آمد و میوه‌ها برای اندازه‌گیری سایر ویژگی‌های شیمیایی در مرحله بلوغ تجاری هر سه روز یک بار برداشت شدند.

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین، ۰/۱ میلی‌لیتر آب میوه با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول که حاوی متانول ۸۰ درصد بود، مخلوط گردید. نمونه‌ها روی شیکر و در تاریکی به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. سپس جذب در طول موج‌های ۵۳۰ و ۶۵۷ نانومتر خوانده و مقدار آنتوسیانین از فرمول زیر محاسبه شد (۲۰).

آنتوسیانین = (جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر) - (جذب در طول موج ۶۵۷ نانومتر×۰/۳۳)

میزان آنتوسیانین بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی آب میوه گزارش شد.

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (osk-2-10755, Japan) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این صفت از دو میوه استفاده شد و میانگین آن‌ها به عنوان سفتی گزارش شد (۲۳).

میزان ماده‌های جامد محلول توسط دستگاه قندسنج دستی (k-0032, Japan) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری و بر حسب بریکس بیان شد (برای هر تکرار از عصاره یک میوه استفاده شد).

میزان اسید غالب در بافت میوه با استفاده از تیتراسیون ۵ میلی‌لیتر آب میوه با سود ۰/۴ درصد تا رسیدن به پی‌اچ برابر با ۸/۱ اندازه‌گیری و نتیجه‌ها بر حسب میلی‌گرم سیتریک‌اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه گزارش شد (۱۱).

میزان اسیدیته قابل تیتراسون از فرمول زیر محاسبه گردید.

$C= ((N \times V \times E)/D) \times 100$

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

که در آن C: میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، N: نرمالیته سود، V: حجم سود مصرفی، E: اکی‌والان اسید غالب میوه و D: حجم نمونه بر حسب میلی‌لیتر است.

ویتامین C به روش Kampfenkel و همکاران (۱۷) اندازه‌گیری شد. بدین منظور، ۱۰۰ میلی‌گرم بافت میوه همراه با یک میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید ۶ درصد همگن و سپس در دور ۱۵۶۰۰ و در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره شفاف رویی با بافر فسفات سدیم ۰/۲ مولار (pH ۷/۴)، آب دیونیزه، تری کلرواستیک‌اسید ۱۰ درصد، ارتوفسفریک‌اسید ۴۲ درصد، ۲-۲ بی‌پیریدین ۴ درصد و کلرید آهن ۳ درصد ترکیب شد. سپس برای شروع واکنش، محلول نهایی به مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۴۲ درجه سلسیوس قرار گرفت. جذب در طول موج ۵۲۵ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و غلظت آسکوربیک‌اسید توسط منحنی استاندارد آسکوربیک اسید محاسبه شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم افزار Statistix انجام شد.

نتایج و بحث

استفاده از پاکلوبوترازول و برهمکنش آن با پروهگزادیون‌کلسیم میزان فتوسنتز را به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۲). بیشترین میزان فتوسنتز در تیمار ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم و ۹۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول مشاهده شد که افزایش ۷۳/۱۸ درصدی فتوسنتز نسبت به شاهد (غلظت صفر هر ترکیب) را به دنبال داشت. استفاده از کندکننده‌های رشد، میزان تعرق را در اغلب موارد کاهش داد. بیشترین میزان تعرق در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم بدون استفاده پاکلوبوترازول و کمترین میزان تعرق در تیمار ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم و ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول مشاهده شد. گرچه در همه تیمارهایی که از هر دوی پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم استفاده شده بود، عملکرد فتوسنتزی افزایش یافته بود، با این حال این افزایش فقط در برخی تیمارها معنی‌دار بود و بیشترین عملکرد فتوسنتزی در تیمار ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول مشاهده شد. بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده وزن خشک گیاه در تیمارهای برهمکنش پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. در بیشتر این تیمارها عملکرد زیر تأثیر پاکلوبوترازول و پروهگزادیون کلسیم به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. برهمکنش ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم و ۹۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول مؤثرترین تیمار در افزایش عملکرد بود. هم‌چنین نتیجه‌ها نشان داد افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل در اثر استفاده از کندکننده‌های رشد مشاهده شد. میزان کلروفیل در شاهد، کمینه و در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم بدون استفاده پاکلوبوترازول، بیشینه بود که باعث افزایش ۸۰/۸۳ درصدی میزان کلروفیل نسبت به شاهد شد. با توجه به نتیجه‌های حاصل از برهمکنش پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم، کمترین میزان کاروتنوئید در شاهد مشاهده شد. برهمکنش‌های پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم در تمام غلظت‌ها میزان کاروتنوئید را افزایش داد که این افزایش تنها در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم و ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول نسبت به شاهد معنی‌دار نشد و در سایر تیمارها افزایش معنی دار بود. بیشترین میزان کاروتنوئید در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول بدون استفاده پروهگزادیون‌کلسیم مشاهده شد که باعث افزایش ۳۹/۱۳ درصدی میزان کاروتنوئید نسبت به شاهد شد. براساس جدول ۳ این کند کننده‌ها میزان آنتوسیانین را نسبت به شاهد افزایش دادند که این افزایش در برخی تیمارها معنی‌دار شد. بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم بدون استفاده از پاکلوبوترازول مشاهده شد. با توجه به برهمکنش پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم، تیمار شاهد کمترین سفتی بافت میوه و تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم بدون استفاده پاکلوبوترازول بیشترین سفتی بافت میوه را داشتند که باعث افزایش ۲۰ درصدی سفتی بافت میوه نسبت به شاهد شدند. میزان ماده‌های جامد محلول زیر تأثیر این کند کننده‌ها قرار نگرفت. با توجه به برهمکنش پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در شاهد بالاترین و در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم و ۹۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول پایین‌ترین مقدار را داشت که باعث کاهش ۲۱/۴۶ درصدی اسیدیته قابل تیتراسیون نسبت به شاهد شد. بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده، اسیدیته قابل تیتراسیون در اثر استفاده از کندکننده‌ها در اغلب موارد کاهش معنی‌داری داشت. براساس نتیجه‌های به‌دست آمده،

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

میزان ویتامین C با کاربرد همزمان پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم در اغلب موارد افزایش پیدا کرد که این افزایش معنی‌دار نشد. کمترین میزان ویتامین C در تیمار ۹۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول بدون پروهگزادیون‌کلسیم و بیشترین ویتامین C در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم بدون استفاده پاکلوبوترازول مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۲- اثرهای متقابل پاکلوبوترازول (PBZ) و پروهگزادیون‌کلسیم (Pro-Ca) روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی توت‌فرنگی رقم پاروس.

Table 2. Interaction effects of paclobutrazole and calcium prohexadione on some physiological traits of strawberry cv. Paros.

Pro-Ca	PBZ	فتوسنتز Photosynthesis ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	تعرق Transpiration ($mmol\ m^{-2}s^{-1}$)	عملکرد فتوسنتزی Photosynthetic efficiency ($\mu mol\ mmol^{-1}$)	وزن خشک گیاه Plant dry weight (g)	عملکرد Yield ($g\ plant\ month^{-1}$)	کلروفیل کل Chlorophyll ($mg\ g^{-1}$ F.W)	کاروتنویید Carotenoid ($mg\ g^{-1}$ F.W)
0	0	5.52^{e}	2.01^{b}	2.76^{d}	5.25^{a}	15.81^{d}	1.67^{f}	0.46^{e}
0	60	7.92^{bc}	1.96^{b}	4.10^{bcd}	4.63^{ab}	24.95^{ab}	2.75^{ab}	0.58^{abc}
0	90	7.67^{bc}	1.76^{b}	4.38^{bc}	4.20^{b}	24.57^{ab}	2.48^{bcd}	0.58^{abc}
0	120	7.56^{bc}	2.07^{ab}	4.01^{bcd}	3.98^{b}	18.32^{cd}	2.61^{bc}	0.64^{a}
100	0	8.46^{b}	2.47^{a}	3.41^{cd}	3.98^{b}	21.71^{abc}	3.02^{a}	0.62^{ab}
100	60	7.55^{bc}	1.29^{c}	6.09^{a}	4.12^{b}	24.74^{ab}	2.74^{ab}	0.63^{a}
100	90	9.56^{a}	1.88^{b}	5.38^{ab}	3.93^{b}	25.52^{a}	2.31^{cde}	0.53^{cd}
100	120	6.13^{de}	1.15^{c}	5.35^{ab}	2.22^{d}	24.69^{ab}	2.13^{e}	0.62^{ab}
150	0	6.98^{cd}	1.85^{b}	3.92^{bcd}	2.19^{d}	20.62^{bc}	2.26^{de}	0.53^{cd}
150	60	7.72^{bc}	2.04^{ab}	3.78^{cd}	3.71^{bc}	17.43^{cd}	2.24^{de}	0.55^{cd}
150	90	5.90^{e}	1.84^{b}	3.23^{cd}	1.87^{d}	18.05^{cd}	2.35^{cde}	0.57^{bcd}
150	120	6.08^{de}	2.08^{ab}	2.91^{d}	2.74^{cd}	20.89^{bc}	2.15^{e}	0.51^{de}

In each column, the averages that have the same letter are not significantly different from the LSD test at the 5% probability level.

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

بر اساس نتیجه‌های این آزمایش، کاربرد جداگانه پاکلوبوترازول یا پروهگزادیون‌کلسیم و هم‌چنین کاربرد همزمان آن‌ها میزان فتوسنتز را افزایش داد که این افزایش نتیجه کاهش رشد رویشی، نفوذ نور بیشتر به داخل گیاه و انباشت بیشتر کلروفیل می‌باشد (۷).

افزایش فتوسنتز می‌تواند به‌دلیل اثر کند کننده‌ها در افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای، فعالیت آنزیم روبیسکو و ظرفیت انتقال الکترون باشد (۳). گزارش شده است که استفاده از پاکلوبوترازول در زیتون میزان کلروفیل و در نتیجه میزان فتوسنتز را افزایش داده است (۱۹). نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم میزان تعرق را در برخی تیمارهای استفاده از پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم کاهش داد. کندکننده‌ها ساخت جیبرلین را در گیاه کاهش و تولید ابسایزیک اسید در ریشه را افزایش می‌دهند (۳۶). ابسایزیک اسید به برگ‌ها منتقل و سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و میزان تعرق را کاهش می‌دهد (۵).

نتیجه‌های به‌دست آمده نشان داد که استفاده از کند کننده‌های رشد باعث کاهش وزن خشک گیاه گردید. بررسی‌های قبلی نشان داد که استفاده از پروهگزادیون کلسیم باعث توقف ساخت جیبرلین، کاهش رشد رویشی و در نتیجه کاهش وزن خشک در گیاه توت‌فرنگی رقم کاماروسا[۱]شد (۳۰) که با نتیجه‌های ما در پژوهش حاضر همسو است. مطابق با نتیجه‌های به‌دست آمده عملکرد زیر تأثیر کند کننده‌ها افزایش یافت. رشد رویشی بسیار زیاد میزان فتوسنتز و عملکرد را به طور معنی‌داری کاهش

۱- Camarosa

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

می‌دهد. استفاده از کند کننده‌ها رشد رویشی را کنترل می‌کند و موجب تعادل بین رشد رویشی و زایشی می‌شوند که موجب افزایش کربوهیدرات و در نتیجه افزایش درصد میوه‌بندی می‌شود (۳۳).

جدول ۳- اثرهای متقابل پاکلوبوترازول (PBZ) و پروهگزادیون‌کلسیم (Pro-Ca) روی برخی ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس.

Table 3. Interaction effects of paclobutrazole and calcium prohexadione on some qualitative traits of strawberry fruit cv. Paros.

Pro-Ca	PBZ	آنتوسیانین Anthocyanin (mg 100ml juice)	سفتی بافت میوه Fruit firmness (g cm^{-2})	ماده‌های جامد محلول Soluble solids (°Brix)	اسیدیته قابل تیتراسیون Titratable acidity (%)	ویتامین C Vitamin C (mg 100g fresh weight)
0	0	0.04^{f}	0.45^{d}	7.40^{ab}	2.05^{a}	34.37^{ab}
0	60	0.12^{bcd}	0.46^{d}	6.95^{ab}	1.89^{bcd}	36.54^{ab}
0	90	0.13^{abc}	0.50^{abcd}	6.75^{ab}	1.92^{abc}	33.94^{b}
0	120	0.07^{def}	0.46^{d}	7.15^{ab}	2.03^{ab}	36.08^{ab}
100	0	0.17^{a}	0.54^{a}	6.90^{ab}	1.79^{cd}	38.05^{ab}
100	60	0.16^{ab}	0.53^{abc}	7.45^{ab}	2.04^{ab}	40.27^{a}
100	90	0.06^{ef}	0.48^{d}	8.00^{a}	1.84^{cd}	38.01^{ab}
100	120	0.07^{def}	0.49^{bcd}	7.15^{ab}	1.73^{de}	35.89^{ab}
150	0	0.05^{ef}	0.54^{a}	5.62^{b}	1.83^{cd}	40.45^{a}
150	60	0.06^{ef}	0.49^{bcd}	5.35^{b}	1.76^{cde}	40.36^{a}
150	90	0.05^{ef}	0.49^{bcd}	6.90^{ab}	1.61^{e}	40.40^{a}
150	120	0.09^{cde}	0.53^{ab}	7.80^{a}	1.77^{cde}	34.92^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the averages that have the same letters are not significantly different from the LSD test at the 5% probability level.

افزایش در مقدار کلروفیل می‌تواند به‌دلیل کاهش سطح برگ و انباشت بیشتر کلروفیل در واحد سطح، ساخت بیشتر سایتوکینین، جلوگیری از تخریب کلروفیل و یا ساخت بیشتر کلروفیل می‌باشد. بر اساس بررسی‌های گذشته، استفاده از پروهگزادیون‌کلسیم باعث افزایش میزان کلروفیل در سیب و گلابی شده است (۳۱). کاربرد پروهگزادیون‌کلسیم باعث کاهش سطح برگ و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل در واحد سطح در توت‌فرنگی شد (۳۰). پاکلوبوترازول باعث افزایش ساخت سایتوکینین در ریشه مرکبات شده است و چون محل اصلی زیست‌ساخت سایتوکینین در ریشه است، افزایش سطح سایتوکینین با تحریک متابولیسم کلروفیل و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل گیاه همراه است (۳۲). نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از کندکننده‌ها در توت‌فرنگی رقم پاروس در بیشتر موارد میزان کاروتنوئید را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهند. پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که استفاده از پاکلوبوترازول باعث افزایش کاروتنوئید در گوجه فرنگی شده است که می‌تواند به‌دلیل افزایش در میزان سایتوکینین، اندازه کلروپلاست و در نتیجه کاروتنوئید باشد (۳۶).

با توجه به نتیجه‌های حاصل از پژوهش حاضر این کندکننده‌ها می‌توانند میزان آنتوسیانین را در توت‌فرنگی رقم پاروس افزایش دهند. در واقع این کند کننده‌ها با کاهش رشد رویشی نفوذ نور به داخل گیاه را افزایش و باعث بهبود رنگ میوه و میزان آنتوسیانین می‌شوند. پروهگزادیون‌کلسیم با کاهش رشد شاخه‌ها و افزایش نفوذ نور باعث فعال شدن آنزیم‌های مورد نیاز برای تشکیل آنتوسیانین از جمله فنیل‌آلانین آمونیا لیاز، گالاکتاز و فلاونوئید ۳ گالاکتوزیل ترانسفراز می‌شود و در نتیجه رنگ میوه و آنتوسیانین بهبود می‌یابد (۳۷). هم‌چنین استفاده از پروهگزادیون‌کلسیم در انگور باعث افزایش آنتوسیانین شد (۲) که نتایج پژوهش حاضر بر روی رقم پاروس توت‌فرنگی با یافته‌های پیشین همسو است.

سفتی بافت میوه از عوامل مؤثر بر عمر پس از برداشت میوه است. پروهگزادیون‌کلسیم باعث افزایش سفتی در توت‌فرنگی رقم پاروس شد، هم‌چنین برهمکنش پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم میزان سفتی بافت را افزایش داد که در برخی موارد

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

برهمکنش آن‌ها معنی‌دار شد. افزایش سفتی می‌تواند به‌دلیل افزایش مقدار کلسیم باشد که با استحکام میوه در ارتباط است چرا که کلسیم باعث استحکام دیواره یاخته‌ای و پیوند قوی بین یاخته‌ها می‌شود (۷). با توجه به نتیجه‌های پژوهش حاضر، استفاده از کندکننده‌های رشد گیاهی میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را کاهش داد. کاهش میزان اسیدیته میوه با استفاده از پاکلوبوترازول در میوه انبه (۱۸) و کاربرد پروهگزادیون‌کلسیم در تمشک (۲۴) گزارش شده است که نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های پیشین همسو است. گزارش شده است کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون به‌دلیل توسعه بهتر کاروتنوئید، فعالیت بیشتر آنزیم‌های آمیلاز و پراکسیداز می‌باشد که باعث تسریع در رسیدن میوه‌ها می‌شود. هم‌چنین بیان شده است افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه‌های شاهد می‌تواند به علت عدم بلوغ کامل میوه باشد (۱۸). نتایج پژوهش حاضر بر روی رقم پاروس توت‌فرنگی با یافته‌های پیشین همسو است.

براساس نتیجه‌های به‌دست آمده استفاده از کند کننده‌ها موجب افزایش میزان ویتامین C گردید. میزان ویتامین C نیز می‌تواند زیر تأثیر پروهگزادیون‌کلسیم قرار بگیرد (۲۴). در میوه‌های سیب نیز پروهگزادیون‌کلسیم میزان ویتامین C را افزایش داد (۲۷). پروهگزادیون‌کلسیم با مهار رادیکال‌های آزاد یاخته‌ای که در هنگام رسیدن میوه تولید می‌شوند و ساخت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مقدار ویتامین C را افزایش می‌دهد که یک روش خوب برای افزایش ویتامین C در محصول‌های باغبانی است (۲۸). پروهگزادیون‌کلسیم با افزایش محتوای آنتی‌اکسیدانی مانند ویتامین C به سلامت انسان در برابر بیماری‌هایی مانند سرطان کمک می‌کند (۲۹).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از کندکننده‌های رشد ویژگی‌های فیزیولوژیکی از جمله فتوسنتز، عملکرد فتوسنتزی، کلروفیل و کاروتنوئید برگ را افزایش و میزان تعرق را کاهش می‌دهند؛ به طوری که بیشترین میزان کلروفیل در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پروهگزادیون‌کلسیم بدون استفاده پاکلوبوترازول مشاهده شد. هم‌چنین استفاده از کندکننده‌ها وزن خشک گیاه را کاهش و عملکرد را افزایش می‌دهند. ویژگی‌های کیفی میوه از قبیل آنتوسیانین و سفتی بافت میوه در اثر متقابل دو ماده افزایش یافتند. ماده‌های جامد محلول زیر تأثیر این کندکننده‌ها قرار نگرفت و میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در اثر استفاده این کندکننده‌ها کاهش یافت. ویتامین C در اثر استفاده برهمکنش پاکلوبوترازول و پروهگزادیون‌کلسیم در اغلب موارد افزایش پیدا کرد.

سپاسگزاری

در پایان، نویسندگان از جناب آقای دکتر سیروس قبادی، هیأت علمی بازنشسته گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، به‌دلیل طراحی و حمایت از این پروژه تشکر می‌نمایند.

منابع References

1. Altintas, S. 2011. Effects of prohexadione-calcium with three rates of phosphorus and chlormequat chloride on vegetative and generative growth of tomato. Afric. J. Biotechnol. 10: 17142-17151.

2. Avizcuri-Inac, J. M., A. Gonzalo-Diago, J. S. Sanz-Asensio, M. T. Martínez-Soria, M. López-Alonso, M. Dizy-Soto, J. F. Echávarri-Granado, L. Vaquero-Fernández and P. N. Fernández-Zurbano. 2013. Effect of cluster thinning and prohexadione calcium applications on phenolic composition and sensory properties of red wines. J. Agr. Food Chem. 61: 1124-1137.

3. Berova, M. and Z. Zlatev. 2000. Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Plant Growth Regul. 30: 117-123.

4. Bill, M., K. Theron, S. Ungerer and W. Steyn. 2012. Effect of paclobutrazol on harvest maturity, fruit storability and vegetative growth of' Triumph persimmon (*Diospyros Kaki* Thunb.). Acta Hort. 1007: 849-856.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

5. Blanke, M. M. and D. T. Cooke. 2004. Effects of flooding and drought on stomatal activity, transpiration, photosynthesis, water potential and water channel activity in strawberry stolons and leaves. Plant Growth Regul. 42: 153-160.

6. Cares, J., K. Sagredo, T. Cooper and J. Retamales. 2012. Effect of prohexadione calcium on vegetative and reproductive development in sweet cherry trees. Acta Hort. 1058: 357-363.

7. Chang, P. T. 2016. Influence of prohexadione–calcium on the growth and quality of summer 'Jen-Ju Bar'guava fruit. J. Plant Growth Regul. 35: 980-986.

8. Davis, T. D., E. A. Curry and G. L. Steffens. 1991. Chemical regulation of vegetative growth. Rev. Plant Sci. 10: 151-188.

9. Davis, T. D., G. L. Steffens and N. Sankhla. 1988. Triazole plant growth regulators. Hortic. Rev. 10: 63-105.

10. Demchak, K., T. Elkner, C. Esslinger, M. Frazier, S. Guiser, J. Halbrendt, J. Harper, G. Krawczyk, K. Richards and J. Heckman. 2013. The Mid-Atlantic Berry Guide for Commercial Growers, Pennsylvania State University. 13p.

11. Djioua, T., F. Charles, F. Lopez-Lauri, H. Filgueiras, A. Coudret, M. FreireJr, M. N. Ducamp-Collin and H. Sallanon. 2009. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments. Postharvest Biol. Technol. 52: 221-226.

12. Fagherazzi, A., F. Grimaldi, A. Kretzschmar, L. Rufato, P. Lucchi, M. Maltoni, W. Faedi and G. Baruzzi. 2016. Effects of GA3 on vegetative growth in strawberry. Acta Hort. 1156: 497-500.

13. FAO. 2014. FAO. Fao state-agricuture statistic database. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

14. Harms, C. L. and E. S. Oplinger. 1988. Plant Growth Regulators: Their Use in Crop Production. Purdue University, Cooperative Extension Service. 6p.

15. Harmut, A. and K. Lichtenthaler. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes. Method. Enzymol. 148: 350-383.

16. Jamalian, S., A. Tehranifar, E. Tafazoli, S. Eshghi and G. Davarynejad. 2008. Paclobutrazol can reduce the negative effects of salinity on reproductive growth, yield and fruit quality of strawberry plant. Acta Hort. 842: 825-828.

17. Kampfenkel, K., M. Vanmontagu and D. Inze, 1995. Extraction and determination of ascorbate and dehydroascorbate from plant tissue. Analytic. Biochem. 225: 165-167.

18. Khader, S. 1990. Orchard application of paclobutrazol on ripening, quality and storage of mango fruits. Sci. Hort. 41: 329-335.

19. Kumar, A. and N. Sharma. 2016. Effect of growth retardants on growth, flowering and physiological characteristics of olive cultivar Leccino under rain-fed conditions of Himachal Pradesh, India. Indian J. Agr. Res. 50. 487-490.

20. Lindoo, S. J. and M. M. Caldwell. 1978. Ultraviolet radiation induced inhibition of leaf expansion and promotion of anthocyanin production. Plant Physiol. 61:278– 282.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

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). Ann. Biol. Res. 3: 4657-4662.

22. Meagy, M. J. 2009. Effect of Prohexadione-Calcium on Spearmint (*Mentha spicata* L.). University of Massachusetts Amherst. 132p.

23. Pasquariello, M. S., P. Rega, T. Migliozzi, L. R. Capuano, M. Scortichini and M. Petriccione. 2013. Effect of cold storage and shelf life on physiological and quality traits of early ripening pear cultivars. Sci. Hort. 162: 341-350.

24. 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. Turk. J. Agr. For. 36: 680-687.

25. Porra, R. J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photos. Res. 73: 149-156.

26. Qin, Y., J. A. T. da Silva, L. Zhang and S. Zhang. 2008. Transgenic strawberry: state of the art for improved traits. Biotechnol. Adv. 26: 219-232.

27. Ramirez, H., P. Leza-Hernandez, A. Benavides, C. Amado-Ramirez, A. Martínez-Osorio and C. Rivera-Cruz. 2009. Prohexadione-Ca modifies content of gibberellins and vitamin C, antioxidant capacity and enzymatic activity in apple. Acta Hort. 884. 139-144.

28. Ramirez, H., P. Leza, C. Rivera, C. Amado, A. Benavides, B. Herrera, A. Martínez and O. Méndez. 2010. Prohexadione-CA reduces plant height, improves yield and fruit quality on solanaceous crops. Acta Hort. 936: 457-461.

29. Ramirez, H., L. Ramirez-Pérez and J. Rancano-Arrioja. 2015. Prohexadione-Ca modifies canopy, antioxidant levels and enzymatic activity on jalapeño pepper grown in greenhouse. Int. J. Plant Soil Sci. 7: 319-328.

30. Reekie, J., P. Hicklenton and P. Struik. 2005. Prohexadione-calcium modifies growth and increases photosynthesis in strawberry nursery plants. Can. J. Plant Sci. 85: 671-677.

31. Sabatini, E., M. Noferini, G. Fiori, L. C. Grappadelli and G. Costa. 2003. Prohexadione-Ca positively affects gas exchanges and chlorophyll content of apple and pear trees. Eur. J. Hort. Sci. 68: 123-128.

32. Sharma, D. K., A. Dubey, M. Srivastav, A. Singh, R. Sairam, R. Pandey, A. Dahuja and C. Kaur. 2011. Effect of putrescine and paclobutrazol on growth, physiochemical parameters, and nutrient acquisition of salt-sensitive citrus rootstock Karna khatta (*Citrus karna* Raf.) under NaCl stress. J. Plant Growth Regul. 30: 301-311.

33. Smit, M., J. Meintjes, G. Jacobs, P. Stassen and K. Theron. 2005. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione-calcium. Sci. Hort. 106: 515-529.

34. Solar, A., J. Jakopič, R. Veberič and F. Štampar. 2008. Prohexadione-Ca affects vegetative growth of the rejuvenated shoots in walnut trees. HortScence 43: 558-561.

35. Somasundaram, R., C. A. Jaleel, S. S. Abraham, M. Azooz and R. Panneerselvam. 2009. Role of paclobutrazol and ABA in drought stress amelioration in *Sesamum indicum* L. Global J. Mol. Sci. 4: 56-62.

36. 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. Aust. J. Crop Sci. 8: 71-79.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

37. Wan Zaliha, W. and Z. Singh. 2012. Exogenous application of prohexadione-calcium promotes fruit colour development of' Cripps Pink apple. Acta Hort. 1012: 219-221.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 21 (1): 1 - 10 (2020)

Effect of Paclobutrazole and Calcium Prohexadione on Some physiological traits and fruit qualitative factors of Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. Cv. Paros)

A. Danaei Far, M. Gholami*, M. Mobli and B. Baninasab[1]

In order to reduce vegetative growth and increase the quality of strawberry fruits a research was carried out using paclobutrazole and calcium prohexadione on cultivar Paros. In this study calcium prohexadione at three concentrations (0, 100 and 150 mg L^{-1}) and paclobutrazole at four concentrations (0, 60, 90 and 120 mg L^{-1}) in two stages (four and seven weeks after planting) were sprayed. The results showed that the effects of paclobutrazole, calcium-prohexadione, and their interaction significantly increased the photosynthesis rate, chlorophyll content, leaf carotenoids, yield, and fruit anthocyanins. The effect of paclobutrazole at 5% probability level and calcium prohexadione at 1% probability level increased significant in the photosynthetic efficiency. Calcium prohexadione and its interaction with paclobutrazole at 1% probability level increased significant in the firmness of the fruit tissue and significantly decreased in the titratable acidity. Soluble solids were not affected by these retardants. Using from calcium prohexadione alone at 5% probability level increased significantly in the vitamin C. Generally, the physiological characteristics of the plant were increased by the use of both growth retardants, while the qualitative factors were more affected by calcium prohexadione.

Keywords: Anthocyanin, Organic Acid, Photosynthesis, Spray, Vitamin C.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.3.7]

1. Former M.Sc. Student, Assistance Professor, Professor and Associate Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, respectively.
*Corresponding author, Email: (mah.gholami@iut.ac.ir).