

مقاله پژوهشی

تأثیر محلول پاشی بور و ویتامین ث روی عملکرد و کیفیت میوه توت فرنگی رقم پاروس

محمدرضا عاقلی^۱، زهرا پاک کیش^{۱*} و سهیلا محمدرضاخانی^۲

^۱ بخش مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

^۲ مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، جیرفت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۴/۰۴)

چکیده

افزایش اندازه و بهبود کیفیت میوه توت فرنگی به دلیل اهمیت زیاد و ارزش غذایی بالا همواره مورد توجه است. این پژوهش بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار و ۴ تکرار در مرحله شروع گلدهی اجرا شد. تیمارها شامل اسید بوریک ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و ویتامین ث ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر و ترکیب توأم آن‌ها بود. صفاتی مانند محتوای فنول کل، محتوای آنتوسیانین، سطح برگ، شاخص کلروفیل، وزن میوه اولیه، وزن میوه ثانویه، تعداد فندقه میوه اولیه، تعداد فندقه میوه ثانویه، عملکرد، مواد جامد محلول، pH، اسیدهای آلی و ویتامین ث بررسی شدند. نتایج نشان داد استفاده از غلظت‌های مختلف بور و ویتامین ث و ترکیب این دو سبب بهبود عملکرد رویشی و زایشی توت فرنگی شده است. تیمار اثرات متقابل ویتامین ث و اسید بوریک نتایج بهتری نسبت به کاربرد به تنهایی عنصر بور و ویتامین ث داشته و فعالیت آنتی اکسیدانی، مواد جامد محلول و میزان ویتامین ث افزایش دادند. به طور کلی ترکیب توأم بور ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و ویتامین ث ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر بهتر از کاربرد تنهایی آن‌ها، سبب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه توت فرنگی شدند.

واژگان کلیدی: توت فرنگی، شاخص کلروفیل، عملکرد، ویتامین ث

مقدمه

رشد گیاه و نهایتاً افت عملکرد می‌شود (علی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۷). عناصر کم مصرف برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز هستند و ضمن شرکت در ساختار بعضی از اندامک‌ها، در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند، همچنین عنصر بور به عنوان یکی از موادی است که در تقسیم سلولی و حفظ کلروفیل و ریشه‌زای نقش مهمی دارد (Ravi et al., 2008). وضعیت تغذیه‌ای گیاه توت فرنگی علاوه بر عملکرد به شدت کیفیت و ماندگاری محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تعادل عناصر غذایی در زمان مناسب برای

توت فرنگی با نام علمی (*Fragaria × ananassa* Duch.) از خانواده Rosaceae و از میوه‌های مناطق معتدله و نافرانگرا است. میوه آن سرشار از فیبر، ویتامین C و E، بتاکاروتن، ترکیبات فنلی، فلاونول، آنتوسیانین، پتاسیم و آنتی اکسیدان‌ها است (Oszmianski and Wojdyło, 2009). در تغذیه گیاه هر عنصر باید به اندازه کافی در دسترس گیاه باشد و تعادل بین عناصر غذایی وجود داشته باشد؛ عدم تعادل تغذیه‌ای نه تنها منجر به افزایش عملکرد نمی‌شود، بلکه باعث ایجاد اختلال در

* نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: zahra.pakkish@uk.ac.ir

تولید میوه تجاری، بهبود عملکرد و کیفیت میوه ضروری است، محلول پاشی برگ‌ها در مراحل کلیدی می‌تواند اثر مثبتی بر صفات کمی و کیفی محصولات میوه چندساله داشته باشد (Barker and Pilbeam, 2007).

محلول پاشی بوته‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا با اسید بوریک اثر قابل توجهی بر عملکرد، وزن میوه، کلروفیل و سطح برگ داشته است و بهترین تیمار که موجب بهبود رشد رویشی و زایشی گیاه توت‌فرنگی شد (Rafeii and Pakkish, 2014). تأثیر مثبت محلول پاشی اسید بوریک بر وزن و قطر میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا گزارش شد (Lolaei, 2011).

تقسیم سلولی، جوانه زدن و رشد لوله گرده، جلوگیری از تخریب بافت، متابولیسم اسیدهای نوکلئیک، متابولیسم و انتقال قندها، تراوایی غشا سلولی، تنظیم هورمون‌های گیاهی و متابولیسم اکسین و فنول و مقاومت در برابر بیماری‌ها و سرما از جمله وظایف بور در گیاه است (Pandey et al., 2017). عنصر بور نقش بسیار مهمی در بهبود کیفیت میوه با توجه به اثر بور در افزایش انتقال قند و هیدرات‌های کربن در آوند آبکش ایفا می‌کند (Wojcik and Lewandowski, 2003).

ویتامین‌ها ترکیبات آلی هستند که برای انجام واکنش‌های خاص متابولیک ضروری‌اند. بیشتر ویتامین‌ها به عنوان کوآنزیم یا جزئی از کوآنزیم در فعال کردن واکنش‌های ضروری شرکت می‌کنند. ویتامین‌ها به مقدار خیلی کم برای رشد عادی گیاه و برای نمو مطلوب اعضای گیاه مناسب هستند. این ترکیبات همانند سیستم‌های کوآنزیمی عمل می‌کنند و بنابراین جزئی ضروری در متابولیسم گیاه به شمار می‌روند (Gallie, 2013). ویتامین C (اسید آسکوربیک) به عنوان یک کوآنزیم در واکنش‌های آنزیمی عمل می‌کند و به واسطه ایجاد دگرگونی در کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها باعث بهبود تنفس و فتوسنتز می‌شوند (Hendawy and Ezz EL-Din, 2010).

اسید آسکوربیک فقط یک آنتی‌اکسیدان مهم نیست بلکه با زمان گلدهی، توسعه پیری، مرگ سلول و واکنش به پاتوژن‌ها در رابطه است (Pavent et al., 2005). اسید آسکوربیک در

غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به طور معنی‌داری باعث بالا بردن ارتفاع گیاه، شمار برگ‌ها، پهنای برگ، سطح برگ و وزن تر و خشک هر گیاه شد. ویتامین‌ها وزن خشک را نیز افزایش دادند و این نشان داد که این افزایش وزن، فقط به دلیل جذب آب نیست (Nahed et al., 2009).

کاربرد اسید آسکوربیک به صورت اسپری برگ‌ها روی گیاه سرو شیراز باعث افزایش قابل توجه رشد رویشی و ترکیبات شیمیایی در این گیاه شد (Farahat et al., 2007).

بهبود کیفیت میوه یکی از مهمترین فاکتورهای تأثیرگذار در ارتقا سلامت جامعه و اقتصاد کشاورزان است. امروزه سعی در استفاده از ترکیبات طبیعی برای بهبود کیفیت میوه‌ها با توجه به سالم بودن و تأثیرگذاری بهتر ضروری می‌باشد. هدف پژوهش حاضر افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی و همچنین افزایش عملکرد و اندازه میوه در توت‌فرنگی بوده است. لذا هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر عنصر بور و ویتامین ث به تنهایی و ترکیب توأم آنها، روی کیفیت میوه و عملکرد توت‌فرنگی رقم پاروس بوده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش در یک گلخانه تجاری واقع در شهرستان ماهان استان کرمان، بر روی بوته‌های توت‌فرنگی رقم پاروس با فواصل کشت ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف و ۹۰ سانتی‌متر بین ردیف مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای با دور آبیاری دو روز انجام گردید. به منظور دقت بیشتر و به حداقل رساندن خطا، حتی‌الامکان بوته‌های توت‌فرنگی که از نظر قدرت رشد و اندازه یکنواخت بودند انتخاب شدند. تیمارها شامل بور (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، ویتامین ث (۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و ترکیب آن‌ها بود. پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار و ۴ تکرار (در مجموع ۳۶ بوته توت‌فرنگی) در مرحله شروع گلدهی اجرا شد.

اندازه‌گیری آنتوسیانین: برای سنجش آنتوسیانین، ۰/۱ گرم از بافت میوه را به دقت وزن نموده و در هاون حاوی ۵ میلی‌لیتر متانول اسیدی (الکل اتیلیک ۹۹/۵ و اسید کلریدریک

میوه با کمک ترازوی دیجیتال مشخص گردید و میانگین ۱۰ میوه محاسبه و به عنوان وزن میوه بیان شد.

به منظور اندازه گیری عملکرد بوته های توت فرنگی، از شروع میوه دهی تا پایان میوه دهی، تمامی میوه های بوته های تیمار شده را برداشت و در هر مرحله که برداشت و توزین شد. در پایان مجموع وزن میوه برداشت شده به عنوان عملکرد محاسبه گردید.

جهت تعیین اسیدیته آب میوه از عصاره صاف شده میوه و با استفاده از دستگاه pH متر (مدل ۳۳۲۰ ساخت شرکت جن وی (Jenvey) انگلستان) در دمای ۲۰ درجه سلسیوس اندازه گیری انجام گرفت.

برای اندازه گیری اسیدهای آلی ابتدا ۱۰ میلی لیتر از عصاره میوه را داخل ظرف شیشه ای ریخته و به آن ۲۰ تا ۴۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. داخل محلول فوق ۲ تا ۳ قطره معرف فنول فتالین یک درصد اضافه و سپس عمل سنجش حجمی (تیتراسیون) توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال انجام داده شد. هنگامی که رنگ محلول حاوی عصاره میوه به قرمز روشن تبدیل شد، عمل تیتراسیون خاتمه می یابد. بر اساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرف شده در عمل تیتراسیون، مقدار اسید را در عصاره میوه به صورت درصد یا گرم در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره میوه محاسبه گردید (Basiouny, 1996). برای این منظور از معادله زیر استفاده شد:

$$A = \frac{S \times N \times F \times E}{c} \times 100$$

A- مقدار اسید در عصاره میوه (گرم در ۱۰۰ میلی لیتر)، S- مقدار سود مصرف شده (میلی لیتر)، N- نرمالیه NaOH، F- فاکتور NaOH، C- مقدار عصاره میوه (میلی لیتر)، E- اکی والان اسید مورد نظر

برای اندازه گیری ویتامین ث ۱/۲۶۹ گرم ید را با ۱۶/۶ گرم یدید پتاسیم در آب مقطر مخلوط کرده و حجم آن به یک لیتر رسانده شد. در این مخلوط، نرمالیه ید ۰/۰۱ نرمال می باشد، اما قبل از آزمایش باید فاکتور آن اندازه گیری شود. برای این منظور مخلوط حاضر شده را یک الی دو روز نگهداری کرده، سپس ۲۰ میلی لیتر از مخلوط فوق را در یک ظرف دیگر

به نسبت ۹۹ به ۱، خوب سائیده شد و سپس ۵ میلی لیتر دیگر متانول اسیدی به آن اضافه و عصاره را در لوله آزمایش در پیچ دار منتقل و درب آن را محکم نموده و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی در دمای آزمایشگاه قرار داده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ g سانتریفیوژ و ۳ میلی لیتر از محلول روی را در کووت ریخته و شدت جذب آن در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده و غلظت آنتوسیانین از فرمول زیر حاصل می شود (Krzek et al., 1998).

$$A = \epsilon BC$$

B= عرض کووت، C= غلظت آنتوسیانین، A= جذب

$$\epsilon = 33000 (\text{mm}^{-1} \text{cm}^{-1})$$

اندازه گیری ترکیبات فنل: ۰/۱ میلی گرم از بافت میوه در ۳ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد سائیده شد و به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت در تاریکی قرار داده و سپس یک میلی لیتر از محلول رویی در لوله آزمایش ریخته و به آن ۱/۵ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه و با آب مقطر به حجم ۵ میلی لیتر رسانده شد و به مخلوط حاصل، ۰/۵ میلی لیتر معرف فولین ۵۰ درصد و یک میلی لیتر کربنات سدیم ۵ درصد اضافه و مخلوط حاصل به مدت یک ساعت در تاریکی نگهداری و سپس هر نمونه در طول موج ۷۲۵ نانومتر خوانده شد (Malik and Singh, 1980).

اندازه گیری سطح برگ: بدین منظور از هر تکرار در هر تیمار به طور تصادفی ۱۰ برگ از قسمت های مختلف بوته، جمع آوری و سطح برگ ها توسط دستگاه سطح برگ سنج دیجیتالی اندازه گیری و میانگین برای هر نمونه محاسبه شد.

اندازه گیری شاخص کلروفیل: بدین منظور از هر تکرار در هر تیمار به طور تصادفی ۱۰ برگ از قسمت های مختلف بوته، انتخاب شد و میزان شاخص کلروفیل برگ ها توسط دستگاه SPAD اندازه گیری و میانگین برای هر نمونه محاسبه شد.

به منظور محاسبه تعداد فنلقه میوه اولیه و ثانویه، با دقت ۱۰ میوه اولیه و ثانویه از هر تیمار و تکرار برداشت شد و تعداد فنلقه شمارش گردید و میانگین فنلقه ۱۰ میوه محاسبه و به عنوان تعداد فنلقه میوه بیان شد.

به منظور اندازه گیری وزن میوه اولیه و ثانویه، با دقت ۱۰ میوه اولیه و ثانویه از هر تیمار و تکرار برداشت شد و وزن

ریخته، روی آن ۲ میلی لیتر محلول نشاسته یک درصد اضافه می نمایند. این مخلوط را با محلول اسید آسکوربیک خالص تیتیر شد. به طوریکه در نقطه پایان محلول به رنگ خاکستری کم رنگ در آید. برای محاسبه فاکتور مخلوط ید از معادله زیر استفاده شد (Basiouny, 1996).

$$F = A/B \times N \times 88.1$$

F = فاکتور مخلوط ید، A = مقدار اسید آسکوربیک خالص

(میلی گرم)، B = مقدار مخلوط ید مصرف شده (میلی گرم)، N

= نرمالیت مخلوط ید

در این تحقیق اندازه گیری مواد جامد محلول توسط رفاکتومتر دستی مدل (MT-098P8A)، صورت گرفت (Zokaee-Khosroshahi and Esna-Ashari, 2007).

رفراکتومتر میزان قند عصاره میوه را به صورت بریکس و یا درصد نشان می دهد. بریکس برابر با گرم قند در ۱۰۰ گرم عصاره میوه است. معمولاً برای اندازه گیری قند از طریق رفاکتومتر باید دمای اتاق ۲۰ درجه سلسیوس باشد.

این تحقیق به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شده است. آنالیز آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج

سطح برگ: مطابق نتایج مقایسه میانگین داده ها، بیشترین میانگین سطح برگ مربوط به تیمار ترکیب ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر بود. که اختلاف معنی داری با تیمار ترکیب ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث و تیمار ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۵۰ میلی گرم بر لیتر بور بود (شکل ۱).

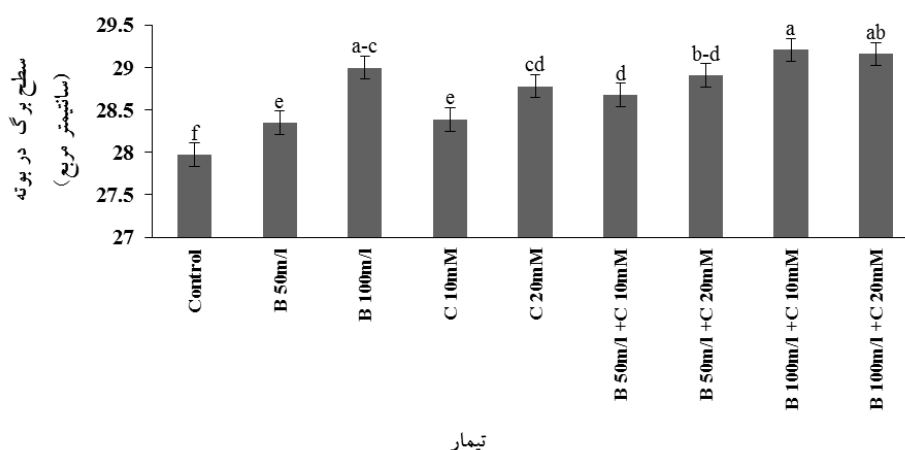
شاخص کلروفیل: اثر غلظت های مختلف عنصر بور و ویتامین ث و همچنین ترکیب آنها بر شاخص کلروفیل برگ توت فرنگی در سطح پنج درصد معنی دار شد. مطابق نتایج تجزیه و تحلیل داده ها، بیشترین شاخص کلروفیل برگ مربوط به تیمار ترکیب ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر

لیتر ویتامین ث و تیمار ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث بود که اختلاف معناداری با تیمارهای ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور، ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث، تیمار ترکیب ۵۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث، تیمار ترکیب ۵۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث و تیمار ۵۰ میلی گرم بر لیتر بور نداشت. کمترین شاخص کلروفیل مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۲).

وزن میوه اولیه: نتایج نشان داد، وزن میوه اولیه تحت تأثیر غلظت های مختلف بور، ویتامین ث و تیمار ترکیبی ویتامین ث و عنصر بور قرار گرفت. مطابق نتایج مقایسه میانگین داده ها، بیشترین وزن میوه اولیه، مربوط به تیمار ترکیب ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. اختلاف معنی داری بین تیمارهای ترکیب ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث و ترکیب ۵۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث مشاهده نشد (شکل ۳).

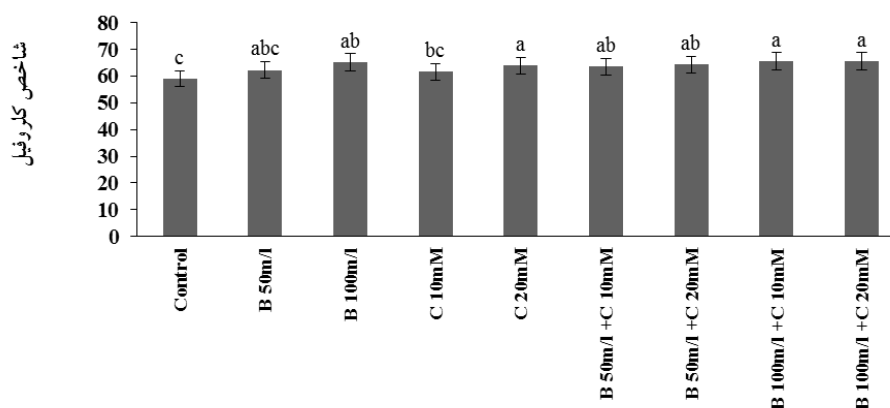
وزن میوه ثانویه: مطابق نتایج مقایسه میانگین داده ها، بیشترین وزن میوه ثانویه، مربوط به تیمار ترکیب ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. اختلاف معنی داری بین تیمارهای ۳۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث، ترکیب ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث، ترکیب ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث، ترکیب ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث و ۵۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث مشاهده نشد (شکل ۴).

تأثیر غلظت های مختلف عنصر بور و ویتامین ث بر تعداد فندقه میوه اولیه: مطابق نتایج مقایسه میانگین داده ها، بیشترین تعداد فندقه میوه اولیه، مربوط به تیمار ترکیب ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. اختلاف معنی داری بین



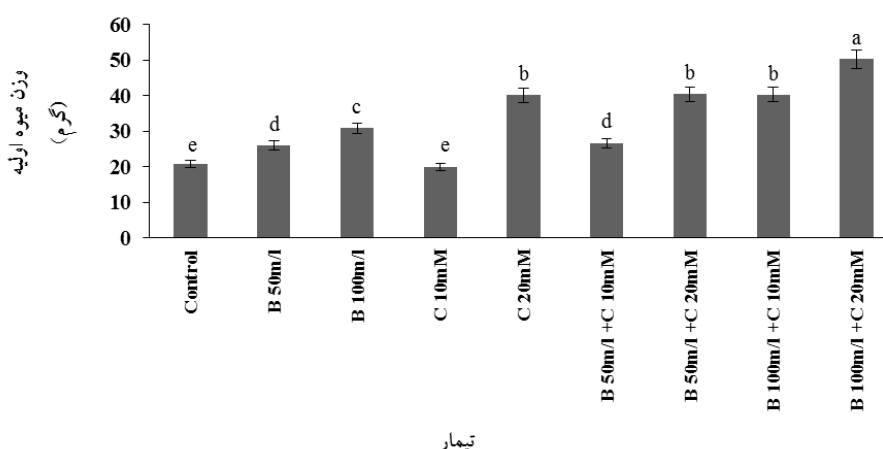
تیمار

شکل ۱- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی سطح برگ توت فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



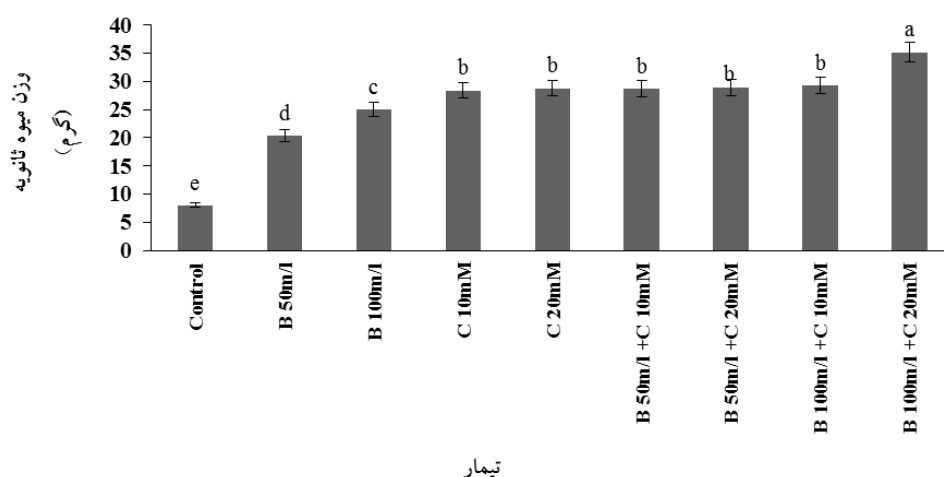
تیمار

شکل ۲- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی شاخص کلروفیل توت فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



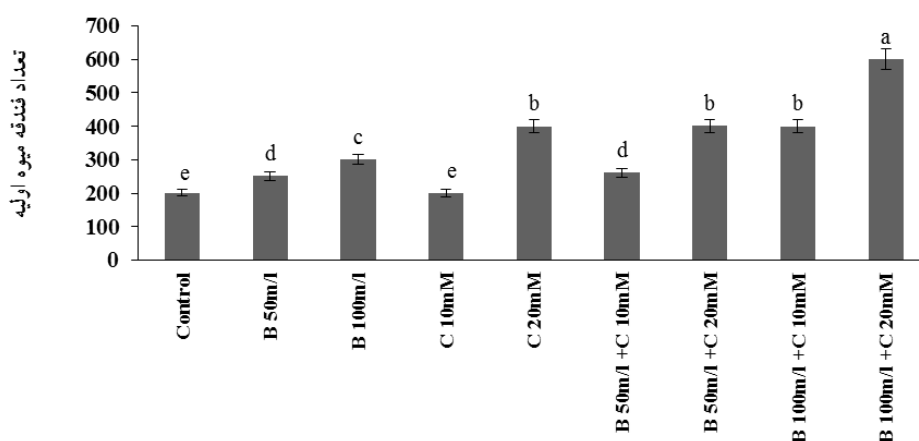
تیمار

شکل ۳- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی وزن اولیه توت فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



تیمار

شکل ۴- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی وزن میوه ثانویه توت‌فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



تیمار

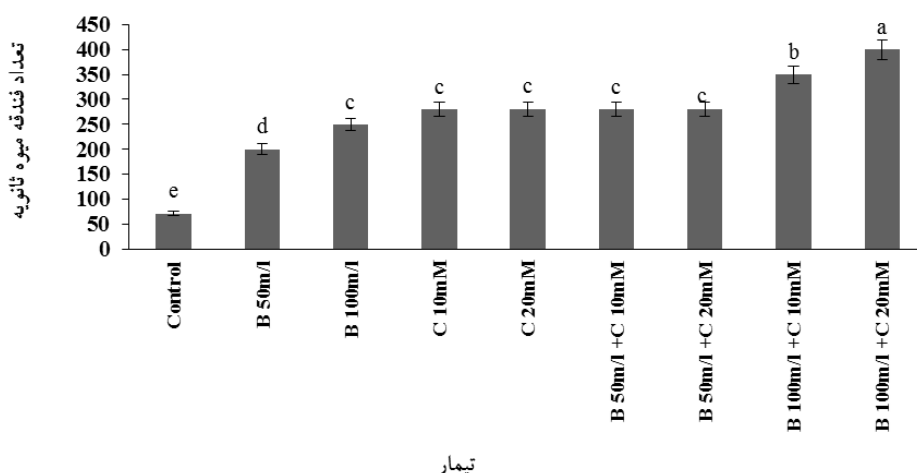
شکل ۵- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی تعداد فندقه میوه توت‌فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث بود که اختلاف با سایر تیمارهای نشان داد، کمترین تعداد فندقه میوه ثانویه مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۶).

عملکرد توت‌فرنگی: بیشترین عملکرد توت‌فرنگی مربوط به تیمار ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث بود بین تیمارهای ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث، ترکیب ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث و تیمار ۳۰۰

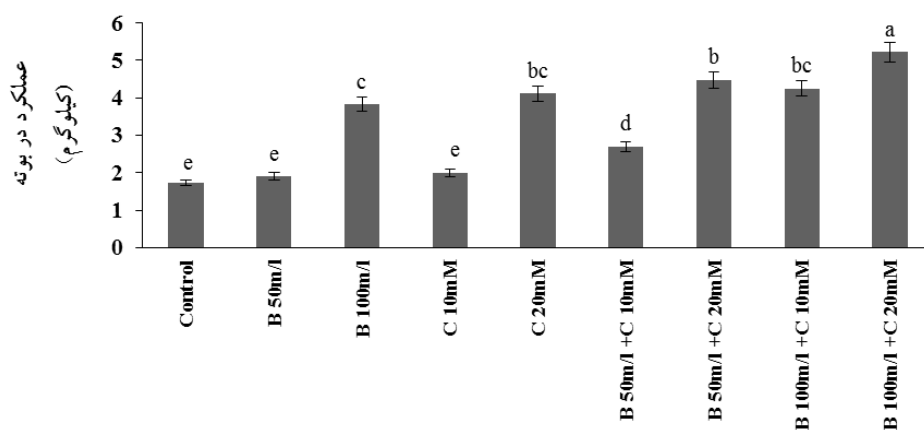
تیمارهای ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث و تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث مشاهده نشد (شکل ۵).

تعداد فندقه میوه ثانویه: اثر غلظت‌های مختلف عنصر بور و ویتامین ث و همچنین ترکیب آن‌ها بر تعداد فندقه میوه ثانویه توت‌فرنگی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. مطابق نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها، بیشترین تعداد فندقه میوه ثانویه مربوط به تیمار ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۳۰۰



تیمار

شکل ۶- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی تعداد فندقه میوه ثانویه توت فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.



تیمار

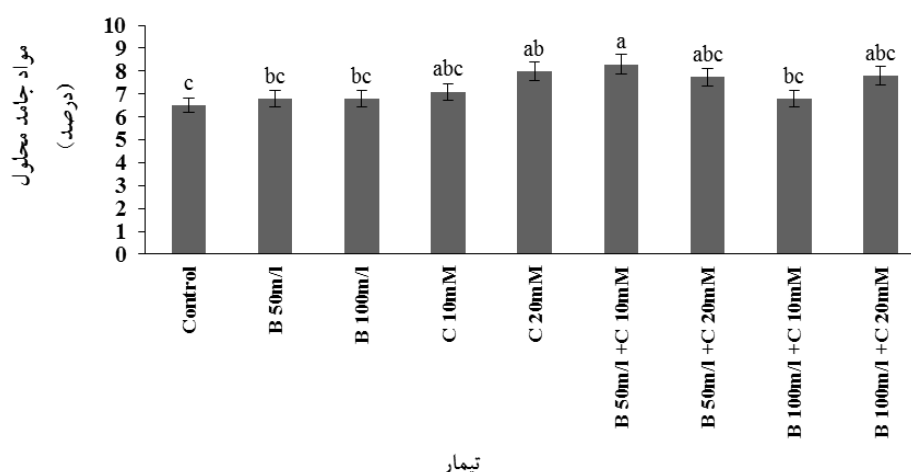
شکل ۷- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی عملکرد توت فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

لیتر ویتامین ث و تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث مشاهده نشد. کمترین مواد جامد محلول مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۸).

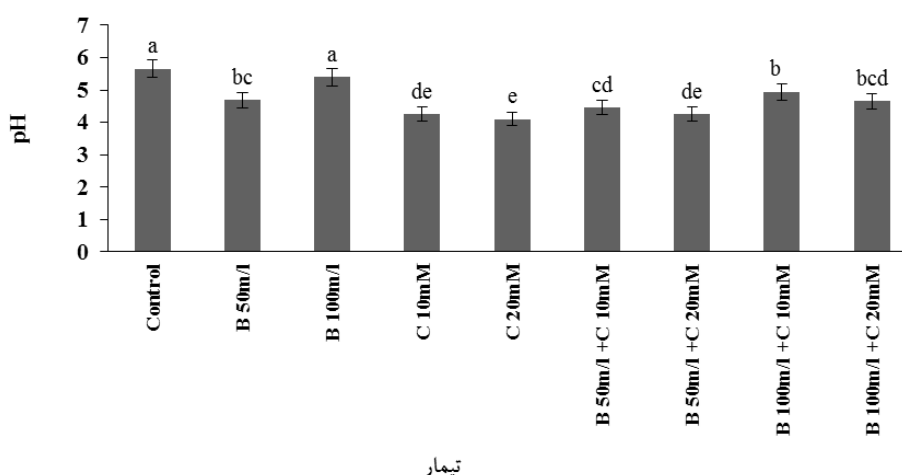
pH توت فرنگی: بیشترین pH توت فرنگی مربوط به تیمار شاهد و تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بور بود. pH توت فرنگی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش کاهش یافت. تیمار ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث، کمترین pH را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ترکیب ۵۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث و تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر

۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین عملکرد توت فرنگی مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۷).

مواد جامد محلول: مطابق نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها، بیشترین مواد جامد محلول مربوط به تیمار ترکیب ۵۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ترکیب ۵۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث، ترکیب ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر ویتامین ث و تیمارهای ۳۰۰ میلی گرم بر



شکل ۸- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی مواد جامد محلول. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



شکل ۹- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی pH. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

ویتامین ث مشاهده نشد (شکل ۹). لیتر ویتامین ث و تیمار ترکیب ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۳۰۰

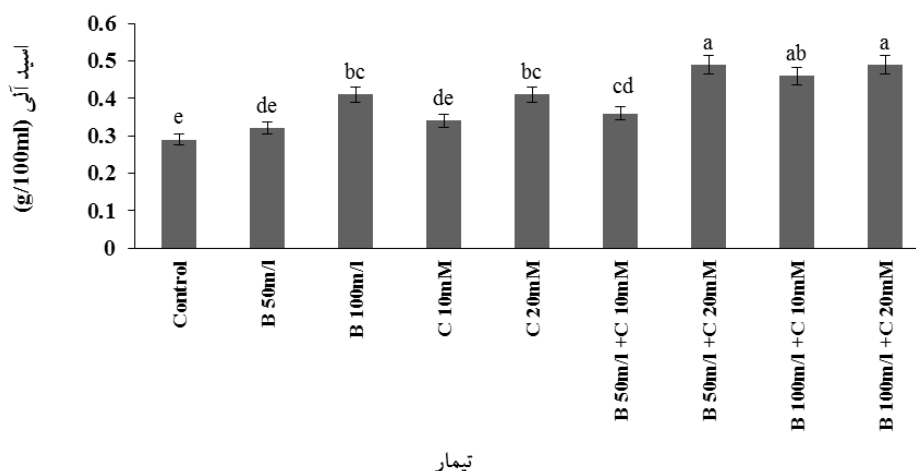
میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث مشاهده نشد (شکل ۱۰).

ویتامین ث توت‌فرنگی: مطابق نتایج مقایسه میانگین

داده‌ها، بیشترین ویتامین ث توت‌فرنگی، مربوط به تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث و تیمارهای ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث، ترکیب ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث مشاهده

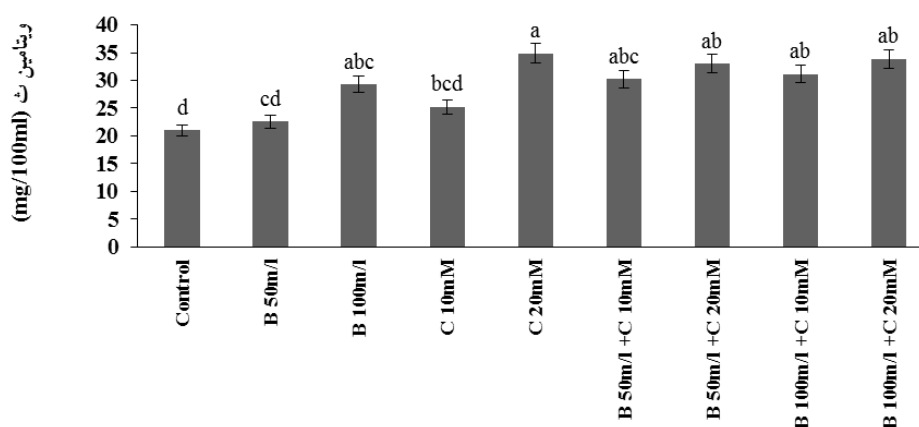
اسیدیته قابل تیتراسیون توت‌فرنگی: نتایج تجزیه واریانس

داده‌ها نشان داد اسید آلی توت‌فرنگی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف بور، ویتامین ث و تیمار ترکیبی ویتامین ث و عنصر بور قرار گرفت. مطابق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون توت‌فرنگی، مربوط به تیمار ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بور و ۱۵۰ میلی‌گرم بر



تیمار

شکل ۱۰- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی اسیدبته قابل تیتراسیون توت فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



تیمار

شکل ۱۱- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی ویتامین ث توت فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

شد. کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱۱).

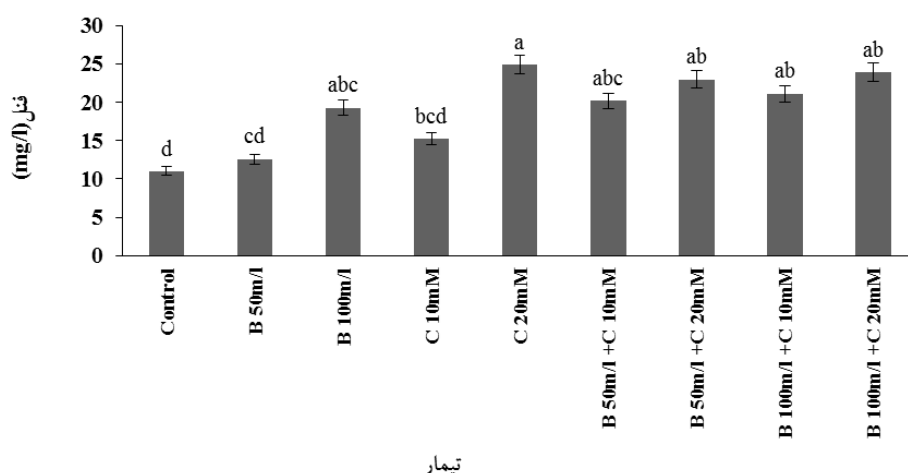
فنول توت فرنگی: نتایج مقایسه میانگین میزان فنول در میوه توت فرنگی نشان داد که به طور معنی‌داری تحت تأثیر بور و ویتامین ث و ترکیب این دو تیمار قرار گرفته است (شکل ۱۲). بیشترین میزان فنول در میوه‌های تیمار شده با توت فرنگی ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردیده است. سایر تیمارها هم نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داده‌اند.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین آنتوسیانین در میوه توت فرنگی نشان داد که تیمار بور و ویتامین ث و تیمار ترکیبی

آنها نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. به‌طوری‌که بیشترین میزان آنتوسیانین در میوه‌های تیمار شده با بور ۵۰ میلی گرم بر لیتر و ویتامین ث ۱۵۰ میلی گرم مشاهده شده است. سایر تیمارها هم نسبت به شاهد میزان آنتوسیانین را افزایش داده‌اند (شکل ۱۳).

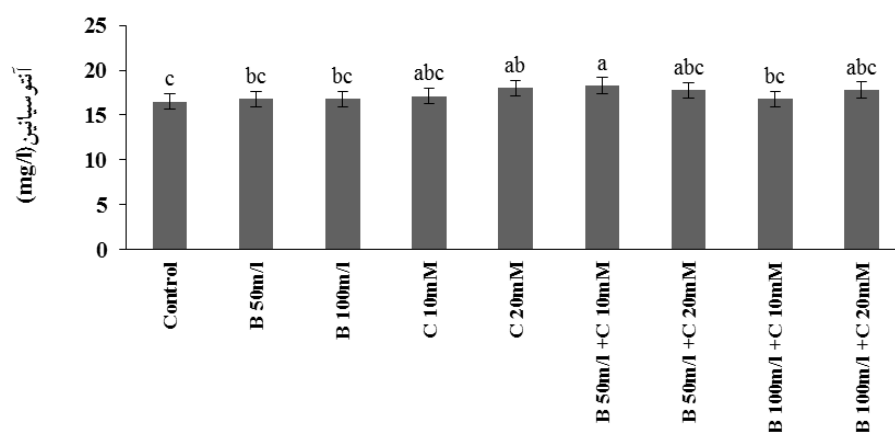
بحث

میوه توت فرنگی اگر به خوبی گرده افشانی گردد، تعداد فندقه میوه آن افزایش می‌یابد و این سبب افزایش اندازه میوه و



تیمار

شکل ۱۲- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی میزان فنول در میوه توت‌فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



تیمار

شکل ۱۳- تأثیر عنصر بور و ویتامین ث روی میزان آنتوسیانین در میوه توت‌فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

در نتیجه میوه به صورت غیریک‌نواخت رشد می‌کند (Cao et al., 2015).

طبق نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر، کاربرد عنصر بور و اسید آسکوربیک، سبب بهبود عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی شدند. در این تحقیق، بیشترین ویتامین ث توت‌فرنگی، مربوط به تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین ث و اثرات متقابل غلظت‌های مختلف ویتامین ث و بر مشاهده شد. این نتایج با مطالعات پیشین مطابقت دارد. کاربرد اسید آسکوربیک با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام باعث بالابردن ارتفاع

عملکرد و حتی بهبود کیفیت آن می‌گردد. بنابراین، هر عاملی که سبب شود، رشد و نمو فندقه در میوه توت‌فرنگی افزایش یابد، سبب افزایش اندازه میوه آن می‌گردد. برای تشکیل میوه با شکل مطلوب لازم است، حداقل ۳۰ درصد از فندقه‌ها بارور شوند. حال اگر گرده‌افشانی با موفقیت صورت نگیرد، بعضی از بذور روی سطح خارجی توسعه نمی‌یابند، در نتیجه میوه‌ها کوچک و بدشکل می‌شوند. این حالت ممکن است با آسیب دیدن فندقه‌ها در اثر عوامل مختلف یا عدم گرده‌افشانی، اتفاق افتد. تمامی این حالات سبب جلوگیری از سنتز اکسین می‌شود،

گیاه، تعداد برگ، سطح برگ و وزن تر و خشک در گیاه سینگونوم شد (Nahed et al., 2007). محلول پاشی با اسید آسکوربیک به غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر، روی درختان زیتون دو ساله رقم Hoj Blanca به طور قابل توجهی سطح برگ و تعداد شاخه‌ها را زیاد کرد، همچنین اسید آسکوربیک در این درختان با غلظت ۷۵ میلی گرم در لیتر، به طور معنی داری باعث افزایش میزان کلروفیل و وزن خشک گردید (Zulaikha, 2013). که نتایج حاصل از تحقیق حاضر را تأیید می‌نمایند.

بور یک عنصر ضروری برای رشد و توسعه گیاهان می‌باشد. بور دارای آثار مستقیم و غیرمستقیم بر باروری گیاه است. همچنین کمبود بور با کاهش فعالیت آنزیمی و کاهش هدایت روزنه و جذب CO_2 در برگ گیاهان بر روی گیاه تأثیر می‌گذارد (Han et al., 2008). با توجه به مطالب گفته شده، کاربرد عنصر بور در تحقیق حاضر که سبب افزایش رشد و نمو میوه توت‌فرنگی شده است را تأیید می‌نمایند.

علی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۷) با انجام پژوهشی به منظور تأثیر محلول پاشی برگی بور بر صفات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس در کشت هیدروپونیک دریافتند، کاربرد اسید بوریک با غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر نقش چشمگیری در افزایش صفات کمی و کیفی توت‌فرنگی به غیر از میزان اسیدیته قابل تراسیون داشت در پژوهشی دیگر مشخص شد که محلول پاشی اسید بوریک در درختان سیب سبب افزایش صفات رشدی، تشکیل میوه و عملکرد می‌شود (Sharma, 2002). که نتایج حاصل از تحقیق حاضر را تأیید می‌نمایند. کاربرد روی در پرتقال سبب افزایش طول لوله گرده و رشد آن شده در نتیجه باروری، تشکیل میوه و میزان محصول و قند میوه را افزایش می‌دهد (Quin, 1996).

در پرتقال کاربرد بور رشد لوله گرده، اندازه میوه و میزان قند آن را افزایش داد، این تأثیر به احتمال زیاد به دلیل اثر بور بر سنتز اکسین‌ها است (Ahmed and Abdel, 1995).

طی پژوهشی عکس‌العمل درختان انار، به محلول پاشی با اسید آسکوربیک صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر را بررسی

کرده و گزارش کردند که محلول پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر، باعث افزایش معنی داری در کلروفیل برگ‌ها شد (Al-Douri, 2012). در خرما میوه، شاهانی کاربرد اسید بوریک باعث افزایش عملکرد گردید، به‌طوریکه بیشترین میزان طول میوه و وزن میوه مربوط به میوه‌های محلول پاشی شده با اسید بوریک بود (Khayyat et al., 2007). خان و همکاران گزارش کردند، محلول پاشی بور و روی به صورت ترکیب با هم در نارنگی، موجب افزایش میزان TSS و TA/TSS گردید.

محلول پاشی اسید آسکوربیک منجر به افزایش مواد جامد محلول (TSS) در انگور Thompson seedless گردید که به علت تأثیر آنها در افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی است که در نتیجه آن فتوسنتز افزایش یافته و باعث افزایش کربوهیدرات‌ها می‌شود (Fayed, 2010). محلول پاشی اسید آسکوربیک بر درختان ۶ ساله هلو Swelling با غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش قابل توجهی در میزان مواد جامد محلول گردید (Shazly, 2013). محلول پاشی درختان انبه رقم Hindi با اسید آسکوربیک ۱۰۰ میلی گرم در لیتر در دو مرحله، در زمان تمام گل و دو هفته بعد از تشکیل میوه باعث افزایش رشد درخت، سطح برگ، مواد معدنی برگ، افزایش مواد جامد محلول و نسبت TSS/TA شده و ریزش میوه را کم کرد (El-Razak et al., 2013). محلول پاشی آسکوربیک اسید بر روی درختان ۱۰ ساله پرتقال واشنگتن ناول، نشان داد که در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام آسکوربیک اسید درصد باز شدن غنچه، جوانه گل مخلوط، تعداد کل گل آذین، تعداد کل گل‌های منفرد به طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین تعداد میوه در هر درخت نسبت به تیمار شاهد و عملکرد هر درخت افزایش یافت (Mahmoud, 2016).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی در این تحقیق، نتایج نشان داد استفاده از غلظت‌های مختلف بور و ویتامین ث و ترکیب این دو سبب بهبود عملکرد رویشی و زایشی توت‌فرنگی شده است. تیمار اثرات متقابل

ویتامین ث و اسید بوریک نتایج بهتری نسبت به کاربرد به مواد جامد محلول و میزان ویتامین ث افزایش دادند. تنهائی عنصر بور و ویتامین ث داشته و فعالیت آنتی اکسیدانی،

منابع

- علی نژاد، الهشاه، مرادی، حسین، و صادقی، حسین (۱۳۹۷). تأثیر محلول پاشی برگری روی و بور بر صفات کمی و کیفی میوه توت فرنگی رقم اروماس در کشت هیدروپونیک. *نشریه علوم باغبانی*، ۳۲(۲)، ۲۱۳-۲۲۶.
- Al-Douri, E. F. S. (2012). Response of pomegranate trees (*Punicagranatum*L.) cv. Salimi to organic fertilizer, NPK and foliar spray of boron and ascorbic acid. Ph. D. Dissertation, Mosul Univ., Iraq.
- Ahmed, M, & Abdel, F. M. (1995). Effect of urea, some micronutrients, and growth regulators foliar spray on the yield, fruit quality, and some vegetative of, 'Washington' navel orange trees. *HortScience*, 30(4), 774-780.
- Barker, A. V, & Pilbeam, D. J. (2007). Handbook of Plant Nutrition. By Taylor and Francis Group, CRC Press.
- Cao, F., Guan, C., Dai, H., Li, X., & Zhang, Z. (2015). Soluble solids content is positively correlated with phosphorus content in ripening strawberry fruits. *Scientia Horticulturae*, 195, 183-187.
- Basiouny, F. M. (1996). Blueberry fruit quality and storability influenced by postharvest application of polyamines and heat treatments. *Proceeding Fland State Horticulturae Society*, 109, 269-272.
- El-Razek, E., Abd-Allah, A. S. E., & Saleh, M. M. S. (2013). Foliar spray of some nutrient elements and antioxidants for improving yield and fruit quality of hindi mango trees. *Journal of Scientific Research*, 14(10), 1257-1262.
- Fayed, T. A. (2010). Effect of some antioxidants on growth, yield and bunch characteristics of Thompson seedless grapevine. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciene*, 8(3), 322-328.
- Farahat, M. M., Soud Ibrahim, M. M., Lobna, S. L., & Fatma, E. M. (2007). Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Cupressus sempervirens* L. to foliar application of ascorbic acid and zinc at Nurbaria. *World Journal of Agriculture Science*, 3(3), 282-288.
- Gallie, D. R. (2013). L-ascorbic acid: A multifunctional molecule supporting plant growth and development. *Scientifica*, 1-25.
- Han, S., Chen, L. S., Jiang, H. X., Smith, B. R., Yang, L. T., & Xie, C. Y. (2008). Boron deficiency decreases growth and photosynthesis and increases starch and hexoses in leaves of citrus seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 165(13), 1331-1341.
- Hendawy, S. F, & Ezz EL-Din, A. A. (2010). Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. *Ozean Journal of Applied Science*, 3(1), 113-123.
- Khayyat, M., Tafazoli, E., & Rajae, S. (2007). Effect of nitrogen boron, potassium and zinc sprays on yield fruit quality data palm. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 2(3), 289-296.
- Lolaei, A. (2011). Effect of boric acid, urea and calcium chloride on vegetative and reproductive growth of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa). *Journal of Plant and Ecosystem*, 7(1), 43-52.
- Krizek, D. T., Britz, S. J., & Mirecki, R. M. (1998). Inhibitory effects of ambient levels of solar UV -A and UV -B radiation on growth of *Lactuca sativa* L. cv. new red fire lettuce. *Physiologia Plantarum*, 103, 1-7.
- Malik, C. P, & Singh, M. B. (1980). Plant Enzymology and Histoenzymology. Kalyani Publishers. New Dehli.
- Mahmoud, T. A. (2016). Effect of foliar sprays with ascorbic acid on flowering, fruit set and yield of washington navel orange trees citrus. *Journal, Plant Production, Mansoura University*, 7(5), 519-529.
- Nahed, G. A., El-Aziz, A., Fatma, E. M., & Farahat, M. M. (2007). Response of vegetative growth and some chemical constituents of syngoniumpodophyllum to foliar application of thiamine, ascorbic acid and kinetin to nurbaria. *World Journal of Agricultural Science*, 3(3), 301-305.
- Nahed, G. A., Lobna, T., & Soad, M. I. (2009). Some studies on effect of putresine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of Gladiolus plants at Nurbaria. *Ozean Journal of Applied Science*, 2(2), 169-179.
- Oszmianski, J, & Wojdylo, A. (2009). Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *European Food Research and Technology*, 228(4), 623-631.
- Pandey, A., Mohd, Kh., Hamurcu, M., Gezgin, S., & EsrefHakki, E. (2017). Boron deficiency responses on nutrients composition in brachypodiumdistachyon, a model for wheat. *Journal of Biochemistry*, 256, 39.
- Pavent, V., Olmos, E., Kiddle, G., Mowla, S., Kumar, S., Antoniow, J., Alvarez, M. E., & Foyer, C. H. (2005). Ascorbic acid deficiency activates cell death and disease resistance responses in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 139, 1291-1303.
- Quin, X. (1996). Foliar sprays of B, Zn and Mg and their effects on fruit production and quality of jincheng orange. *Journal of South west Agricultural University*, 18(1), 40-45.
- Rafeii, S, & Pakkish, Z. (2014). Effect of Boric acid spray on growth and development of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(4), 1060-1063.

- Ravi, S., Channal, H. T., Hebsur, N. S., Patil, B. N., & Dharmatti, P. R. (2008). Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal of Agriculture Science*, 21(3), 382-385.
- Sharma, R. R. (2002). Growing Strawberries. Scientist Division of fruit and Horticulture Technology. Indian Agricultural Research Institute. New Delhi, International Book Distributing Co.
- Shazly, E. (2013). Effect of some agro-chemical preharvest foliar application on yield and quality of Swelling peach trees. *Alexander Journal of Agricultural Research*, 58(3), 219-229.
- Tariq, M, & Mott, C. J. B. (2006). Effect of boron supply on the uptake of micronutrients by radish. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 1(2), 1-8.
- Wojcik, P, & Lewandowski, M. (2003). Effect of calcium and boron sprays on yield and quality of Elsanta Strawberry. *Journal of Plant Nutrition*, 26(3), 671-682.
- Zulaikha, R. (2013). Effect of foliar spray of ascorbic acid, zinc, seaweed extracts force and bio fertilizers on vegetative growth and root growth of olive (*Olea europea* L.) transplants cv. Hogblanca. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 17(2), 79-89.
- Zokaee Khosroshahi, M. R., Esna-ashari, M., & Ershadi, A. (2007). Effect of exogenous putrescine on postharvest life of strawberry fruit. *Journal of Scientia Horticulturae*, 114, 27-32.

The effect of boron and vitamin C foliar application on the yield and quality of strawberry fruit

Mohammadreza Agheli¹, Zahra pakkish^{*1} and Soheila Mohammadrezakhani²

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

² South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Jiroft, Iran
(Received: 2023/12/10, Accepted: 2024/06/24)

Abstract

Strawberry is a very tasty fruit with high nutritional value, so it is important to increase the size of the fruit and its quality. The aim of this study was to investigate the effect of boron and vitamin C on the yield and quality of strawberry fruit. The research was carried out as a completely randomized design experiment with 9 treatments and 4 replications at the beginning of flowering. The treatments include boron (50 and 100 mg/L) and vitamin C (150 and 300 mg/L) and their combination. Traits such as leaf area, chlorophyll index, weight of primary fruit, weight of secondary fruit, number of achenes of primary fruit, number of hazelnuts of secondary fruit, yield, soluble solids, pH, organic acids and vitamin C were investigated. The results showed that the use of different concentrations of boron and vitamin C and the combination of these two causes the improvement of leaf surface, chlorophyll index, primary fruit weight, secondary fruit weight, primary fruit hazelnut number, secondary fruit hazelnut number, yield, soluble solids, pH, organic acids and vitamin C of strawberry fruit. Combination treatments of 100 mg/L of boron and 300 mg/L of vitamin C and combination treatment of 100 mg/L of boron and 150 mg/L of vitamin C, combination of 50 mg/L of boron and 300 mg/L of vitamin C, and combination treatment of 50 mg/L of boron and 150 mg/L of vitamin C showed better results in the examined traits. According to the results obtained from the present research, the combination of boron and vitamin C improved the quantitative and qualitative characteristics of strawberry fruit better than their use alone.

Keywords: Chlorophyll index, Strawberry, Vitamin C, Yield

Corresponding author, Email: zahra.pakkish@uk.ac.ir