نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۲۶-۲۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 213-226
ISSN: 2008 - 4730

تاثیر محلول‌پاشی برگی روی و بور بر صفات کمی وکیفی میوه توت‌فرنگی رقم ارروماس در کشت هیدروپونیک

آرا علی‌نژاد الهشاه[۱]- حسین مرادی[۲*]- حسین صادقی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲

چکیده

تامین غلظت مناسب عناصر مورد نیاز گیاه سبب تولید محصول اقتصادی و بهبود خواص کیفی میوه‌ها می‌شود. به منظور بررسی اثر عناصر غذایی روی و بور بر صفات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم ارروماس در کشت هیدروپونیک آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۹ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سولفات‌روی در سه سطح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسیدبوریک نیز در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به تنهایی و ترکیب با هم بودند که به صورت محلول‌پاشی در سه مرحله بعد از پیش تیمار سرمادهی بوته‌ها اعمال گردیدند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف عناصر غذایی بر روی ویتامین ث ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، شاخص طعم (TSS/TA)، pH آب میوه، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، وزن میوه، طول و قطر میوه، تعداد برگ و ارتفاع گیاه اثر معنی‌داری داشت. اما طول دمبرگ تحت تاثیر مصرف عناصر غذایی قرار نگرفت. در مجموع کاربرد منفرد سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مصرف توام ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدبوریک نقش چشم‌گیری در افزایش صفات مورد بررسی به غیر از میزان اسیدیته قابل تیتراسیون داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی برگی عناصر کم‌مصرف روی و بور و کاربرد تلفیقی آن‌ها سبب افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی توت فرنگی رقم ارروماس در کشت هیدروپونیک می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: تغذیه برگی، عناصر غذایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کلروفیل، ویتامین ث

مقدمه

توت‌فرنگی با نام علمی (*Fragaria × ananassa* Duch.) از خانواده Rosaceae می‌باشد، از میوه‌های مناطق معتدله و نافرازگرا است. دارای ارقام مختلف تجاری می‌باشد، که از جمله آن‌ها می‌توان به ارروماس[۴] اشاره کرد. که با داشتن ویژگی‌هایی هم‌چون اندازه، عطر، طعم میوه و میزان مقاومت به سفیدک دارای ارزش تجاری مطلوب می‌باشد، میوه آن سرشار از فیبر، ویتامین C و E، بتاکاروتن، ترکیبات فنلی، فلاونول، آنتوسیانین، پتاسیم و آنتی‌اکسیدان‌ها است (۲۴ و ۴۱). مزیت دیگر توت‌فرنگی این است که در مقایسه با سایر میوه‌ها درمدت کوتاه‌تر، سود بیشتری به تولید کننده برمی‌گرداند. میوه توت‌فرنگی در طول سال به صورت تازه خوری قابل دسترس است، بنابراین با توجه به ارزش غذایی بالای این محصول و همچنین گسترش کشت هیدروپونیک در جهان و در کشور ما توجه به تغذیه گیاه اهمیت زیادی دارد (۵۱). از مزایای کشت بدون خاک یا هیدروپونیک، آلودگی کمتر به بیماری‌های خاکزی، تولید بیشتر محصول، وابستگی نداشتن به کیفیت خاک، کنترل دقیق آب، مواد غذایی و سایر شرایط محیطی است (۵۶). وضعیت تغذیه‌ای گیاه توت‌فرنگی علاوه بر عملکرد به شدت کیفیت و ماندگاری محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۱). تعادل عناصر غذایی در زمان مناسب برای تولید میوه تجاری، بهبود عملکرد و کیفیت میوه ضروری است، محلول‌پاشی برگی در مراحل کلیدی می‌تواند اثر مثبتی بر صفات کمی و کیفی محصولات میوه چندساله داشته باشد (۹ و ۱۲). آلوین (۶) طی آزمایشی به ضرورت بهره‌گیری از عناصر غذایی به روش مصرف برگی اشاره کرد و از راهکارهای مهم دستیابی به محصولات ارگانیک را مصرف عناصر غذایی ازطریق محلول‌پاشی گزارش نمود. عناصر کم‌مصرف برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز هستند و ضمن

۱، ۲ و۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: moradiho@yahoo.com
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.57665
4- Aromas

شرکت در ساختار بعضی از اندامک‌ها، در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند (۴۵). در بین عناصر معدنی که بر روی فیزیولوژی گیاه نقش دارند، دو عنصر کم‌مصرف روی و بور به دلیل ارتباط با سنتز هورمون‌های درونی گیاه اهمیت ویژه‌ای دارند (۳۶). در تحقیقی که لولایی و همکاران (۲۹) انجام دادند، مشخص شد که محلول‌پاشی برگی روی در مرحله گلدهی باعث افزایش کیفیت و بازده میوه در گیاه توت‌فرنگی رقم کاماروسا گردید. نتایج پژوهش رفیعی و پاک‌کیش (۴۴) نشان داد محلول‌پاشی بوته‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا با اسیدبوریک 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، محلول‌پاشی اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. کویین (۴۳) طی تحقیقاتی گزارش نمود 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. یی و کلارک (۵۸) نشان دادند که در بوته‌های گوجه دارای کمبود بور، بدون توجه به میزان قند موجود، رشد طولی ریشه‌ها کاهش می‌یابد. احمد و ابدل (۴) گزارش کردند که در پرتقال کاربرد بور رشد لوله گرده، اندازه میوه و میزان قند آن را افزایش داد، این تاثیر به احتمال زیاد به دلیل اثر بور بر سنتز اکسین‌ها می‌باشد. نتایج پژوهش دولتی‌بانه و طاهری (۱۹) حاکی از آن بود که محلول‌پاشی بوته‌های انگور رقم کشمشی سفید با عناصر نیتروژن، بور و روی به ترتیب با غلظت‌های ۵، ۱/۵ و ۱/۵ در هزار تاثیر مثبتی بر درصد تشکیل میوه داشت و نقش عنصر روی بیشتر از بقیه عناصر بود و کمترین درصد تشکیل میوه در شاهد مشاهده شد. در آزمایشی بر روی انگور رقم بی‌دانه سلطانی مشاهده شد که محلول‌پاشی سولفات‌روی با غلظت ۲ در هزار در یک هفته قبل از باز شدن گل‌ها موجب افزایش تشکیل میوه، تعداد خوشه‌ها، وزن خوشه، میزان محصول و مواد جامد محلول شدند (۵۷). تاثیر مثبت محلول‌پاشی اسیدبوریک بر وزن و قطر میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا گزارش شد (۲۸). کاظمی (۲۶) در آزمایشی که بر روی گیاه توت‌فرنگی رقم پاجارو انجام داد، گزارش کرد کاربرد سولفات‌روی به میزان ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث ایجاد بیشترین بازده شد. بدین ترتیب، نظر به اهمیت عناصر کم‌مصرف در بهبود عملکرد محصولات باغی و حفظ محیط زیست و باتوجه به این‌که تعادل عناصر غذایی در محیط کشت فاکتور موثر در تولید محصول به شمار می‌آید و نیازهای غذایی ارقام مختلف توت‌فرنگی متفاوت است لذا تعیین سطوح بهینه عناصر غذایی در محلول غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است هدف از انجام این تحقیق اثر تعیین غلظت برگی روی و بور و ترکیبات تلفیقی آن‌ها در تیمارهای استفاده شده و اهمیت آن در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم ارومانس در محیط کشت هیدروپونیک می‌باشد، تا علاوه بر تغذیه مرسوم کشت هیدروپونیک توت‌فرنگی، اثر محلول‌پاشی برگی این دو عنصر مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در گلخانه و آزمایشگاه پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۹ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل روی (Zn) در سه سطح (۰، ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) از منبع کود سولفات‌روی و بور(B) نیز در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) از منبع کود اسیدبوریک بود. نشاهای یکنواخت توت‌فرنگی رقم ارومانس بعد از پیش تیمار سرمادهی در اواسط آبان ماه در محیط کشت هیدروپونیک در لوله‌های پلی‌اتیلن به حجم یک لیتر محیط کشت به ازاء هر بوته در بستر حاوی مخلوط پرلیت و کوکوپیت به نسبت ۱:۱ کشت شدند. بوته‌ها پس از هرس ریشه، برگ و ضدعفونی (بنومیل یک در هزار) جهت جلوگیری از اختلالات رشدی به گونه‌ای در بستر کشت شدند که طوقه‌ها بالاتر از سطح بستر قرار گرفت. حذف گل‌ها فقط در مراحل اولیه گلدهی (تا پنجاه روز بعد از کاشت) به منظور رشد رویشی کافی نشاها انجام شد اما بعد از این مدت گل‌ها جهت تبدیل به میوه مطلوب حفظ شدند. تغذیه به صورت کود آبیاری هر هفته دو مرتبه انجام شد (۳۸). برای تهیه این محلول غذایی از عناصر ماکرو شامل نیترات‌پتاسیم، فسفات‌مونوپتاسیم، نیترات‌کلسیم، سولفات‌منیزیم و نیترات‌آمونیوم و عناصر میکرو شامل سولفات‌منگنز، سولفات‌روی، اسیدبوریک، سولفات‌مس، مولیبدات‌آمونیوم و کلات‌آهن ۱۳ درصد استفاده شد، pH محلول با استفاده از اسیدسولفوریک حدود ۶/۵ تنظیم شد. بعد از هر چند مرحله کود آبیاری، برای زدودن نمک تجمع یافته درون بسترهای کشت، آبیاری با آب خالص انجام می‌گرفت. طی دوره رشد، عملیاتی از جمله حذف رانرها، مبارزه با آفات و بیماری‌ها، کنترل کردن روزانه قطره‌چکان‌ها، حذف برگ‌های پیر و پوسیده، خالی کردن دور طوقه از بستر کشت، آبشویی بسترها به صورت هفتگی، همچنین تنظیم دمای گلخانه (۲۶±۴°C در روز، ۱۵±۴°C در شب)، رطوبت نسبی ۱۵±۶۰ درصد و تهویه گلخانه انجام شد. محلول‌پاشی تیمارهای مورد آزمایش در سه مرحله صورت گرفت. مرحله اول محلول‌پاشی یک هفته پیش از باز شدن گل‌ها و مراحل بعدی محلول‌ها با فاصله دو هفته از یکدیگر بر روی بوته‌ها اسپری گردیدند. محلول به صورت کامل روی گل آذین و برگ‌ها پاشیده شد. جهت افزایش راندمان جذب عناصر غذایی، علاوه بر استفاده از سیتوویت ۰/۰۵ درصد به عنوان ماده مویان، همچنین محلول‌پاشی در صبح زود بین ساعت ۹-۷ به خاطر بالا بودن میزان رطوبت هوا انجام گردید. میوه‌های توت‌فرنگی رقم ارومانس در مرحله رسیدن تجاری،

هنگامی که ۸۰-۷۵ درصد رنگ گرفته و دارای اندازه مناسبی بودند، برداشت شدند. عملیات برداشت میوه‌ها و انجام آزمایش‌های مربوط در دو فصل زمستان و بهار صورت گرفت. صفات مورد ارزیابی در این پژوهش شامل ویتامین ث که از روش تیتراسیون با DIP (۲، ۶-دی کلروفنل ایندوفنل) اندازه‌گیری شد (۴۹)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره میوه‌ها از روش خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۱-۱دی فنیل ۲-پیکریل هیدرازیل) به‌دست آمد (۱۷)، میزان مواد جامد محلول (TSS) با دستگاه رفرکتومتر دیجیتالی (مدلPalettePR-32) و میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) از طریق تیتراسیون با هیدورکسیدسدیم اندازه‌گیری شدند (۸)، شاخص طعم یا رسیدگی(TSS/TA) از نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون محاسبه شد، pH آب میوه توسط pH متر (مدل Sartorius) اندازه‌گیری گردید، اندازه‌گیری مقدار کلروفیل و کارتنوئید برگ‌ها به روش کارتر و نپ (۱۵) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Jenway 6102) در طول موج‌های ۶۶۵/۲، ۶۵۲/۴ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید، وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ و طول و قطر میوه‌ها با استفاده از کولیس دیجیتالی (مدل Mitutoyo) اندازه‌گیری شد، تعداد برگ‌ها که در طول دوره پرورش به‌طور هفتگی شمارش و از قسمت طوقه، طول دمبرگ و ارتفاع بوته در پایان زمان میوه‌دهی از محل طوقه تا بالاترین قسمت بوته با استفاده از خط‌کش محاسبه شد. کلیه داده‌ها با کمک نرم افزارهای آماری SAS و MSTATC تجزیه و تحلیل آماری شدند. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱ و ۲) نشان داد که ویتامین ث، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، شاخص طعم، pH آب میوه، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، وزن میوه، طول و قطر میوه، تعدادبرگ و ارتفاع گیاه تحت تاثیر محلول‌پاشی قرار گرفتند. اختلافات به وجود آمده در مقایسه با شاهد از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار گردید. اما محلول‌پاشی در طول دمبرگ اثر معنی‌داری نداشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات کیفی مورد بررسی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس تحت تاثیر محلول‌پاشی برگی روی و بور

Table 1- Analysis of variance of qualitative traits investigated in strawberry fruits cv. Aromas under foliar application of zinc and boron

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares								
		ویتامین ث Vitamin C	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته قابل تیتراسیون TA	شاخص طعم TA/TSS	پی اچ pH	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoid
تکرار Replication	2	0.02^{ns}	1.40^{ns}	0.10^{ns}	0.019^{ns}	0.021^{ns}	0.007^{ns}	0.001^{ns}	0.0005^{ns}	0.0002^{ns}
روی Zinc (Zn)	2	957.71**	62.67**	5.74**	0.65**	2.61**	0.03*	0.083**	0.05**	0.003**
بور Boron (B)	2	369.61**	83.48**	0.38^{ns}	0.19**	0.13^{ns}	0.02*	0.29**	0.12**	0.009**
Zn × B	4	304.87**	77.25**	1.36**	0.88**	1.04**	0.007^{ns}	0.05**	0.03**	0.002**
خطا Error	16	0.03	1.80	0.17	0.028	0.07	0.005	0.0003	0.0002	0.0002
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)	-	0.21	1.82	8.70	6.90	13.17	1.95	0.90	1.56	3.65

*و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد

*, **: Significant at 5 and 1% possibility level respectively; ns: non- significant

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات کمی مورد بررسی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس تحت تاثیر محلول‌پاشی برگی روی و بور

Table 2-Analysis of variance of quantitative traits investigated in strawberry fruits cv. Aromas under foliar application of zinc and boron

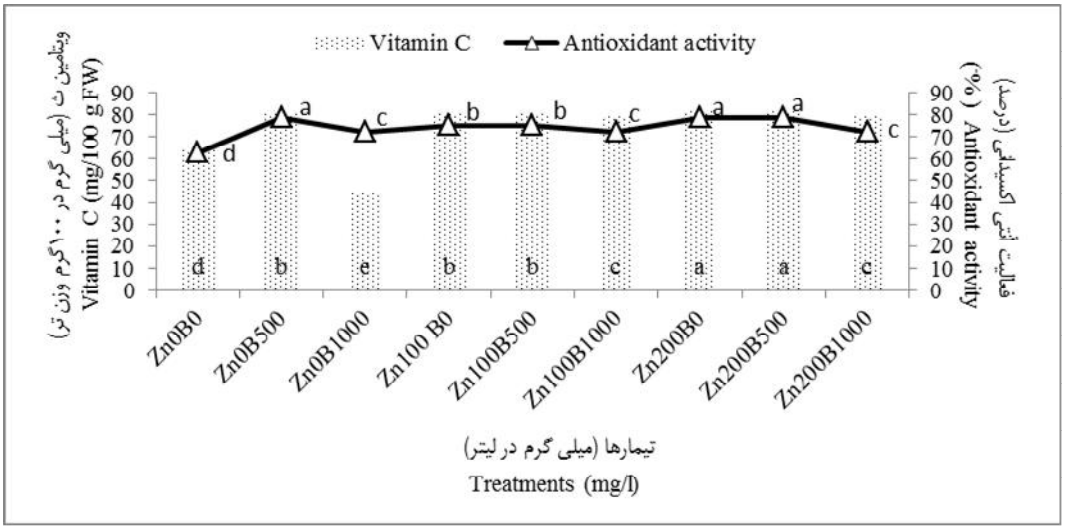
منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares					
		وزن میوه Fruit weight	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	تعداد برگ Leaf number	طول دمبرگ Petiole length	ارتفاع گیاه Plant height
تکرار Replication	2	0.02^{ns}	2.06^{ns}	5.08^{ns}	1.57^{ns}	1.18^{ns}	4.40^{ns}
روی Zinc (Zn)	2	6.27**	33.67**	56.46**	1.47 ^{ns}	0.93 ^{ns}	2.92 ^{ns}
بور Boron (B)	2	37.22**	128.53**	77.88**	7.15**	0.77 ^{ns}	33.55**
Zn × B	4	5.65**	35**	26.24**	4.32**	0.22 ^{ns}	4.94*
خطا Error	16	0.006	0.53	0.69	0.53	0.88	1.60
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)	-	0.67	2.19	2.95	9.31	14.66	9.81

*و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد

*, **: Significant at 5 and 1% possibility level respectively; ns: non- significant

ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر اصلی عناصر روی و بور و برهمکنش این دو عنصر در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱) در مورد اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک بیان‌گر این بود که بیشترین میزان ویتامین ث به ترتیب با مقدار ۸۱/۳۷ و ۸۱/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر، مربوط به تیمار کاربرد هم‌زمان سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پس از آن مصرف تیمار سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب با مقدار۷۸/۶۶ و ۷۸/۶۳ درصد از مصرف توام سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تیمار مصرف تنهای سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پس از آن تیمار کاربرد منفرد اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. کمترین میزان ویتامین ث و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب با مقدار ۴۳/۹۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر و ۶۲/۹۳ درصد از کاربرد تیمار اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار شاهد به دست آمد. علت افزایش ویتامین ث و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بوته‌های محلول‌پاشی شده با بور و روی را می‌توان به روی نسبت داد. روی عنصری ضروری و کم‌مصرف است که در هر ۶ کلاس آنزیم موجود در گیاهان (اکسیدوردوکتازها، ترانسفرازها، لیازها، ایزومرازها، هیدرولازها و لیگازها) شرکت داشته و در محافظت غشا از رادیکال‌های آزاد اکسیژن نقش مهمی ایفا می‌کند (۲۳)، و همچنین نقش فعالی را در تولید اکسین در گیاه دارد (۱۳)، و با تولید اکسین میزان ویتامین ث افزایش می‌یابد (۴۰). پژوهش حاضر با نتایج خان و همکاران (۲۷) مطابقت داشت، آن‌ها گزارش کردند که کاربرد توام سولفات‌روی و اسیدبوریک موجب افزایش ویتامین ث میوه نارنگی شد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق الله و همکاران (۵۵) که اثر محلول‌پاشی برگی بور را بر میوه نارنگی بررسی کردند همسو می‌باشد، آن‌ها نشان دادند که مصرف غلظت‌های مختلف بور موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و غلظت بالای بور باعث کاهش ویتامین ث نسبت به تیمار شاهد شدند. نتایج به دست آمده در این پژوهش با کاظمی (۲۶) که طی تحقیقی بیان کرد کاربرد سولفات‌روی موجب افزایش ویتامین ث در توت‌فرنگی رقم پاجارو شده است همخوانی داشت. نتایج این پژوهش با نتایج عبدالهی و همکاران (۱) بر روی گیاه توت‌فرنگی رقم سلوا مطابقت داشت، آن‌ها گزارش کردند که رابطه مثبت و معنی‌دار بین ویتامین ث و محتوی سولفات‌روی وجود داشت و حداکثر ویتامین ث از کاربرد غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی و مصرف ترکیبی سولفات‌روی و اسیدبوریک به دست آمد.



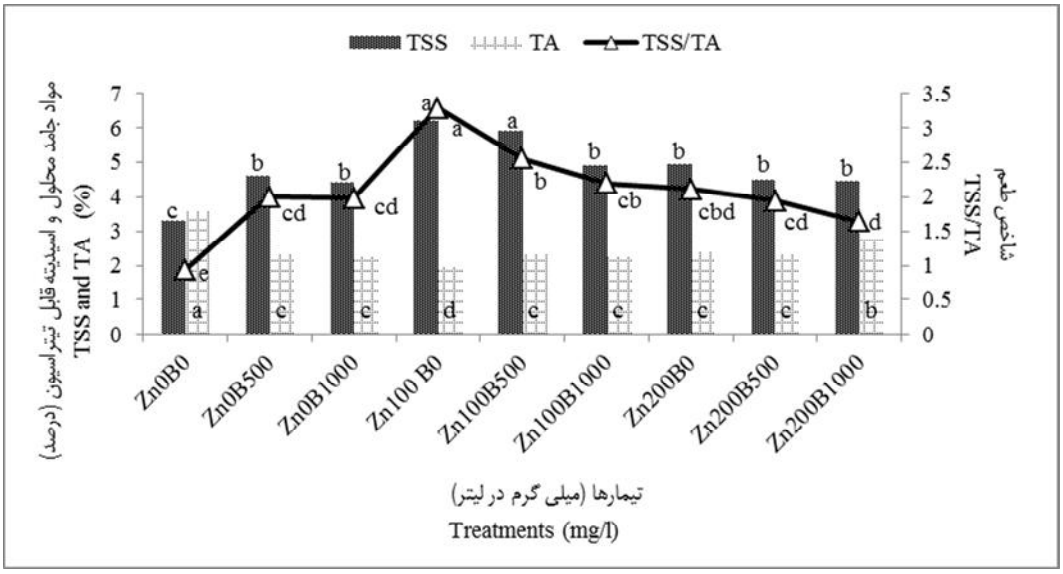
شکل ۱- اثر متقابل غلظت‌های مختلف روی × بور بر میزان ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 1- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on vitamin C content and antioxidant activity of strawberry fruit cv. Aromas

مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، شاخص طعم (TSS/TA) و pH

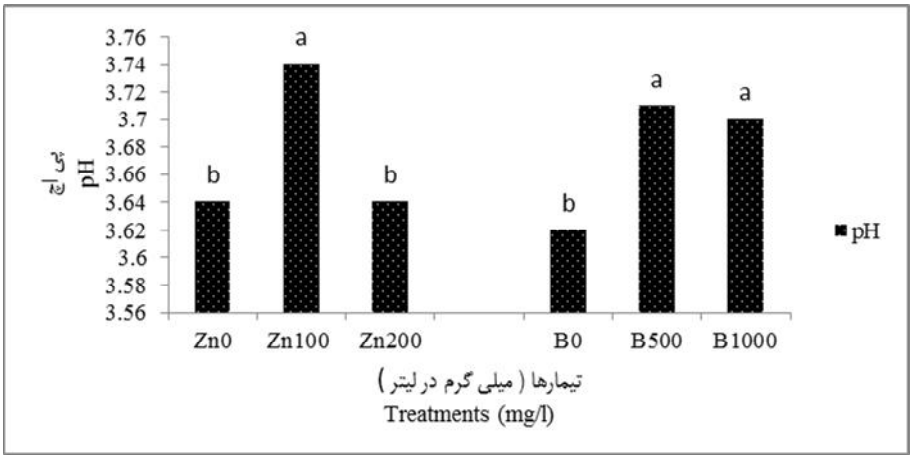
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) تاثیر سطوح مختلف سولفات‌روی، اسیدبوریک و اثر متقابل آن‌ها بر TSS، TA وTSS/TA بیان‌گر معنی‌دار شدن این صفات در سطح احتمال ۱ درصد است، اثر ساده سطوح مختلف اسیدبوریک بر TSS و TSS/TA معنی‌دار نشد. در حالی‌که اثر ساده سولفات‌روی و اسیدبوریک بر pH آب میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل آن‌ها بر pH آب میوه معنی‌دار نشد. کاربرد توام سولفات‌روی و اسیدبوریک بر TSS، TA و TSS/TA (شکل ۲) نشان دهنده‌ی این موضوع می‌باشد که مصرف سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بالاترین TSS را با میزان ۶/۲ درصد و پس از آن مصرف تلفیقی سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میزان ۵/۹ درصد داشتند. بیشترین میزان TSS/TA با مقدار ۳/۲۸ از مصرف سولفات روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. کمترین میزان TSS و TSS/TA به ترتیب با مقدار ۳/۳ درصد و ۰/۹۴ به تیمار شاهد تعلق داشت. حداکثر و حداقل مقدار TA به ترتیب با میزان ۳/۵۵ درصد و ۱/۹ درصد مربوط به تیمار شاهد و سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۳) اثر ساده سولفات‌روی و اسیدبوریک حاکی از آن است که بالاترین میزان pH با مقدار ۳/۷۴ در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی حاصل شد، در حالی‌که پایین‌ترین میزان pH با مقدار ۳/۶۵ در تیمار شاهد مشاهده شد. از سوی دیگر در بررسی اثر ساده اسیدبوریک، بیشترین میزان pH با مقدار ۳/۷۱ به سطح ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدبوریک تعلق داشت اما بین سطح ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدبوریک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، کمترین میزان pH با مقدار ۳/۶۳ در تیمار شاهد مشاهده شد. در این تحقیق عناصر غذایی بور و روی با افزایش TSS نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش TSS/TA، pH، و کاهش TA گردیدند. باتوجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که سولفات‌روی تاثیر بیشتری بر صفات مورد مورد بررسی گذاشت. دلیل این موضوع را می‌توان به اثر روی بر آنزیم‌های مختلف نسبت داد که نقش مهمی در فتوسنتز و آنزیم مسئول متابولیسم گیاه دارد و در تشکیل پروتئین‌ها، اسیدها و قندها نقش ایفا می‌کند (۵۳). وجود مقادیر کافی بور نیز در گیاه، انتقال کربوهیدرات را به نواحی رشد فعال و میوه‌ها افزایش می‌دهد و اثر آن در افزایش مقدار قند میوه مشهود است (۱۶). کاظمی (۲۶) به نتایج مشابهی در گیاه توت‌فرنگی رقم پاجارو دست یافت، ایشان گزارش نمود بالاترین pH، TSS و TA در میوه توت‌فرنگی تحت تیمار با ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر از غلظت روی به دست آمد و کمترین در گروه شاهد مشاهده شد که از نظر اسیدیته با نتایج این تحقیق همسو نمی‌باشد. این نتایج با نتایج رزاق و همکاران (۴۶) مطابقت داشت آن‌ها نشان دادند که سطوح مختلف سولفات‌روی در نارنگی باعث افزایش معنی‌دار pH گردید. خان و همکاران (۲۷) گزارش کردند، محلول‌پاشی بور و روی به صورت ترکیب با هم در نارنگی، موجب افزایش میزان TSS و TSS/TA گردید. نتایج به دست آمده از این پژوهش در مورد افزایش TSS و کاهش TA با نتایج احمدی و محمدخانی (۳) بر روی انگور تیمار شده با اسیدبوریک و لولایی و

همکاران (۲۹) بر روی توت‌فرنگی تیمار شده با سولفات‌روی مطابقت داشت.



شکل ۲- اثر متقابل غلظت‌های مختلف روی × بور بر TSS، TA و TSS/TA میوه توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 2- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on TSS, TA and TSS/TA of strawberry fruit cv. Aromas

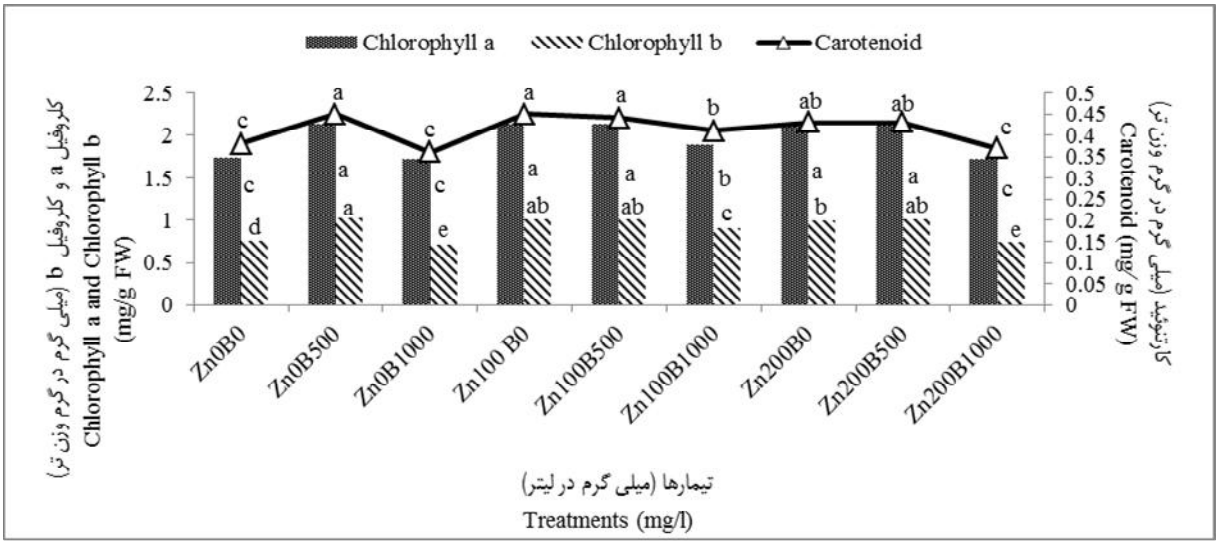


شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف روی و بور بر pH آب میوه توت فرنگی رقم اروماس

Figure 3- Effects of Zinc and Boron different concentrations on pH of fruit juice of strawberry cv. Aromas

کلروفیل و کارتنوئید

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر اصلی عناصر روی و بور و برهمکنش این دو عنصر در سطح احتمال ۱ درصد بر کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴) در مورد اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک بیان‌گر این بود که با افزایش غلظت سولفات‌روی و اسیدبوریک مقدار این پارامترها کاهش یافت، به طوری که بیشترین میزان کلروفیل a و کارتنوئید به ترتیب با میزان ۲/۱۳ و ۰/۴۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر، مربوط به کاربرد تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مصرف تیمار سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. بیشترین میزان کلروفیل b از مصرف تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به مقدار ۱/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر حاصل شد. کمترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید به ترتیب با مقدار۱/۷۱، ۰/۷۱ و ۰/۳۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر، از کاربرد تیمار اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد و تیمار مصرف توام سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نداشت.



شکل ٤- اثر متقابل غلظت های مختلف روی × بور بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید برگ توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 4- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid of strawberry leaf cv. Aromas

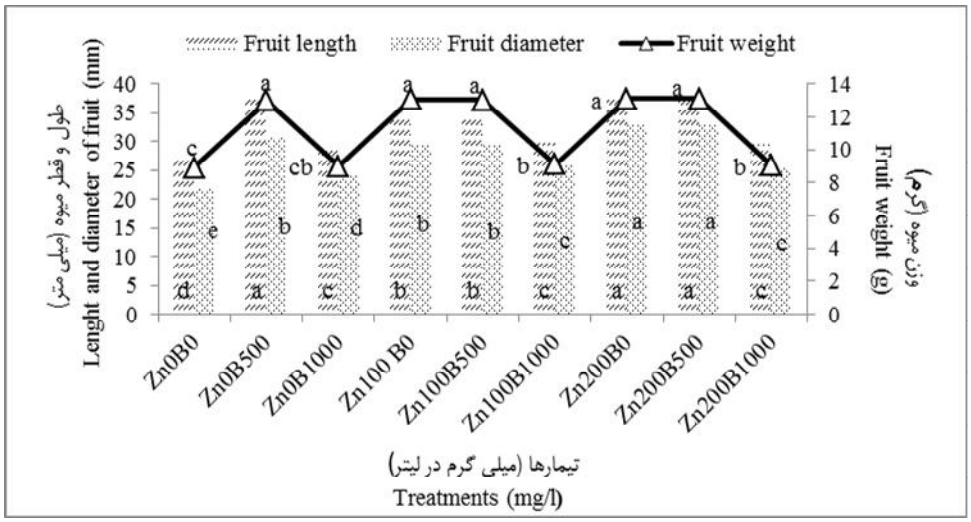
افزایش میزان کلروفیل در اثر محلول‌پاشی احتمالا به دلیل تاثیر عنصر روی بر محتوی عناصر غذایی موثر در تشکیل کلروفیل نظیر آهن و منیزیم می‌باشد (۲۵). عنصر روی در تشکیل کربنیک‌انهیدراز[1]، نقش دارد که یک آنزیم مهم درگیر در فتوسنتز است و این عنصر برای بیوسنتز کلروفیل نیز موردنیاز است (۳۲). در آزمایش عابدی باباعربی و همکاران (۲) و مرادی تلاوت و همکاران (۳۹) میزان کلروفیل a و b در گلرنگ تحت تاثیر محلول‌پاشی سولفات‌روی به طور معنی‌داری افزایش یافت که این موضوع می‌تواند به علت نقش این عنصر در متابولیسم نیتروژن و ساخت کلروفیل باشد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج مشایخی و آتشی (۳۳) مطابقت داشت، آن‌ها گزارش کردند که یک همبستگی مثبت معنی‌دار بین میزان کلروفیل a و b، کلروفیل کل و محتوی کارتنوئید در برگ‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا محلول‌پاشی شده توسط محلول‌های ساکارز همراه بور وجود داشت. همچنین پاپاداکیس و همکاران (۴۲) گزارش کردند که در گیاهان نارنگی پیوند شده بر روی پایه نارنج در اثر کاربرد غلظت بالای بور میزان کلروفیل کاهش معنی‌داری یافته بود به نظر می‌رسد این کاهش به عوامل غیر روزنه‌ای مانند کاهش کارایی فتوشیمیایی و کم شدن فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی مرتبط باشد، همچنین ایشان گزارش کردند که در گیاهان محلول‌پاشی شده با غلظت‌های بالای بور تحت شرایط استرس مولکول‌های اکسیژن پذیرنده الکترون‌های اضافی حاصل از انرژی نورانی شده و منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژنی (ROS) می‌شوند که این اکسیژن‌های فعال باعث آسیب فتواکسیداتیو به مولکول‌های آلی شده و باعث آسیب رساندن به ساختار کلروپلاست و در نتیجه موجب کاهش کلروفیل می‌گردند که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند.

وزن، طول و قطر میوه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) حاکی از آن است سطوح مختلف سولفات‌روی و اسیدبوریک بر وزن، طول و قطر میوه در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی‌داری داشت. هم‌چنین اثر متقابل سطوح مختلف سولفات‌روی و اسیدبوریک بر این صفات نیز در سطح احتمال ۱ در صد معنی‌دار گشت. مقایسه میانگین اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک نشان می‌دهد (شکل ۵)، تیمار ترکیبی سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تاثیر را بر وزن و طول میوه به ترتیب با میزان۱۳/۱۳ گرم و ۳۸/۰۷ میلی‌متر، گذاشته است، بیشترین میزان قطر میوه با مقدار۳۳/۰۲ میلی‌متر از مصرف منفرد سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد توام سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نداشت و تیمار شاهد کمترین مقدار تاثیر بر وزن، طول و قطر میوه را به ترتیب با مقدار ۸/۸۹ گرم، ۲۶/۹۷ و ۲۱/۹۵ میلی‌متر نشان داد. از آن‌جایی که روی نقش بسیار مهمی در تقسیم سلولی (میتوز) داشته و سبب سنتز پروتئین و متابولیسم کربوهیدرات می‌شود، در نتیجه افزایش وزن، طول و قطر میوه را به دنبال خواهد داشت (۲۱ و ۴۸). با توجه به اثر بور در افزایش تقسیم

1- Carbonic anhydrase

سلولی در بافت میوه، کاربرد این عنصر نیز سبب افزایش وزن میوه شد (۵۰). بور سبب افزایش بذور تشکیل شده بر روی میوه توت‌فرنگی می‌شود که این خود سبب تولید میوه‌هایی قطور با وزن و طول بیشتر می‌شود (۳۴ و ۵۱)، تغذیه با بور برای داشتن حداکثر تشکیل و بقای میوه موردنیاز است (۳۲). در آزمایشی که خان و همکاران (۲۷) و محسنی و همکاران (۳۷) به ترتیب روی ذرت و نارنگی انجام دادند مشخص شد کاربرد توام عنصر بور و روی میانگین وزن دانه در ذرت و در نارنگی وزن، قطر و طول میوه را نسبت به شاهد بهبود بخشید، که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج این پژوهش با نتایج لولایی و همکاران (۳۰) که طی تحقیقی گزارش کردند کاربرد روی باعث افزایش قطر و وزن میوه توت‌فرنگی رقم سلوا شد همخوانی داشت. در پژوهشی روی درختچه انگور، وزن تک حبه در اثر محلول‌پاشی بور افزایش یافت. در گزارش مزبور افزایش وزن حبه به نقش بور در تنظیم متابولیسم کربوهیدرات‌ها و جابجایی آن‌ها نسبت داده شد که با نتایج حاصل از این پژوهش همسو می‌باشد.



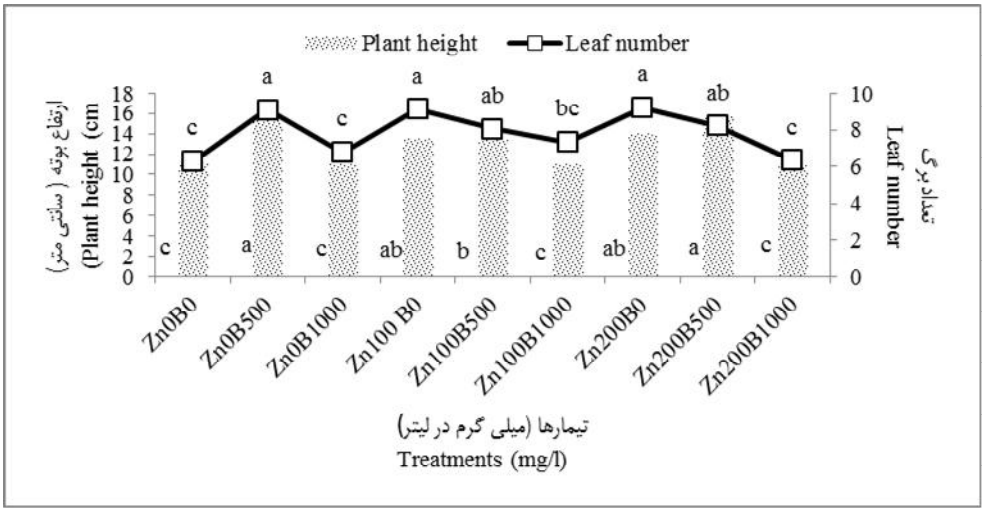
شکل ۵- اثر متقابل غلظت‌های مختلف روی × بور بر وزن، طول و قطر میوه توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 5- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on weight, length and diameter of strawberry fruit cv. Aromas

تعداد برگ و طول دمبرگ

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) انجام شده اثر ساده تیمار اسیدبوریک و اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک بر تعداد برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. محلول‌پاشی سولفات‌روی به تنهایی بر تعداد برگ اثر معنی‌داری نداشت. طول دمبرگ در بین اثر ساده غلظت ریز مغذی و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر متقابل نشان می‌دهد (شکل ۶)، در کلیه تیمارهایی که با بور و روی محلول‌پاشی شده بودند تعداد برگ نسبت به شاهد افزایش یافت، حداکثر تعداد برگ به ترتیب از تیمار مصرف منفرد سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کاربرد منفرد اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با مقدار ۹/۲۲، ۹/۱۴ و۹/۱۱ حاصل شد و حداقل تعداد برگ با مقدار ۶/۲۸ از تیمار شاهد به دست آمد. اگر چه محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر طول دمبرگ نداشت اما بیشترین طول دمبرگ در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی و کمترین طول دمبرگ در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدبوریک مشاهده شد. عنصر روی در تشکیل فعالیت هورمون‌های رشد و کلروپلاست موثر است (۵۴)، به نظر می‌رسد این مسئله باعث شده با محلول‌پاشی تعداد برگ و طول دمبرگ افزایش یابد مینا (۳۵) گزارش نمود افزایش رشد رویشی گوجه‌فرنگی را می‌توان به نقش فیزیولوژیکی بور نسبت داد و نقش آن در متابولیسم پروتئین، سنتز پکتین، حفظ درست رابطه آب در گیاه، سنتز آدنوزین تری فسفات (ATP) و انتقال قند در توسعه گلدهی و مراحل باردهی باشد که با نتایج این آزمایش همسو می‌باشد. نتایج مشابهی را روی پرتقال گزارش کردند که سمیت بور می‌تواند مانع رشد رویشی گردد، زیرا این عنصر یکی از اجزای تشکیل دهنده دیواره سلولی اولیه بوده و مقادیر بیش از حد آن باعث اختلال در فرآیند ساخت دیواره سلولی می‌شود و در مجموع سمیت بور می‌تواند باعث کاهش تقسیم سلولی شده و تعداد برگ و طول دمبرگ را کاهش دهد (۱۴ و ۲۲). عبدالهی و همکاران (۱) گزارش کردند مصرف اسیدبوریک و سولفات‌روی در توت‌فرنگی رقم سلوا اثر معنی‌داری در طول و قطر دمبرگ نداشت اما تعداد برگ را افزایش داد، علاوه بر این ارتباط مستقیمی بین تعداد برگ و محتوی سولفات‌روی مشاهده شد، و حداکثر تعداد برگ به

تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی تعلق داشت که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش رزاق و همکاران (۴۶) مطابقت داشت آن‌ها نشان دادند، محلول‌پاشی سولفات‌روی بر تعداد برگ معنی‌دار نبود اما با افزایش غلظت سولفات‌روی تعداد برگ در درخت نارنگی افزایش یافتند. در تحقیقی کاربرد سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌داری در طول دمبرگ توت‌فرنگی رقم کاماروسا شد که با نتایج این پژوهش مغایرت داشت (۲۹). نتایج مشابهی مبنی افزایش رشد رویشی و تعداد برگ در اثر مصرف سولفات‌روی و اسیدبوریک بر روی مرکبات توسط سایر محققان گزارش گردیده است (۱۸، ۲۰ و ۵۵) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند.



شکل ٦- اثر متقابل غلظت‌های مختلف روی × بور بر ارتفاع گیاه و تعداد برگ توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 6- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on plant height and leaf number of strawberry cv. Aromas

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) داده‌های آزمایشی نشان داد که اثر ساده اسیدبوریک و اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود ولی اثر اصلی مقادیر مختلف روی اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه نداشت. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۶) حاکی از آن است که تیمار مصرف هم‌زمان سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با مقدار ۱۵/۶۱ سانتی‌متر، بیشترین میزان ارتفاع بوته را ایجاد کرد و پس از آن تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با ارتفاع ۱۵/۵۸ سانتی‌متر، قرار گرفت و در مقابل کمترین ارتفاع بوته با مقدار ۱۰/۹۴ مربوط به تیمار کاربرد هم‌زمان سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. افزایش ارتفاع بوته را می‌توان به سولفات‌روی نسبت داد که در تشکیل کربنیک انهیدراز، نقش دارد که یک آنزیم مهم درگیر در فتوسنتز است. نشان داده شده است که بدون فعالیت این آنزیم کاهش ۷۰-۵۰ درصد در فتوسنتز خالص ممکن است بسته به گونه‌های گیاهی و شدت کمبود رخ دهد، در نتیجه کاهش ذخایر مواد غذایی، تاثیر منفی بر رشد گیاه دارد (۵). نتایج بررسی خان و همکاران (۲۷) نشان داد محلول‌پاشی روی و بور بر روی نارنگی باعث افزایش معنی‌داری در ارتفاع درخت شد که علت افزایش ارتفاع گیاه ممکن است به نقش این عناصر در فتوسنتز و رشد بیشتر، به دلیل افزایش نرخ فتوسنتز گیاه محلول‌پاشی شده با بور باشد و همچنین فعالیت نیترات ردوکتاز دانست. کاهش در ارتفاع گیاه ممکن است به این علت باشد که محلول‌پاشی با بور وقتی که در غلظت‌های بالا اعمال می‌شود، همان‌طور که موجب کاهش تولید رشد رویشی در گوجه‌فرنگی، پیاز و کرفس شده در توت‌فرنگی هم می‌تواند اثرهای منفی بر روی رشد گیاه داشته باشد (۱۰). از آن‌جایی‌که از جمله علایم کمبود بور کاهش میان‌گره‌ها و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه می‌باشد (۷). لذا در آزمایش حاضر نیز مشخص گردید بور همراه با افزایش ارتفاع گیاه سبب گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه توت‌فرنگی شده که خود باعث افزایش جذب مواد غذایی بیشتر به گیاه و افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (۳۴). رستمی و همکاران(۴۷) به نتایج مشابهی در گیاه زیتون دست یافتند آن‌ها گزارش کردند با افزایش مقدار بور تعداد برگ و ارتفاع گیاه کاهش یافت. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج لولایی و همکاران (۳۱) بر روی توت‌فرنگی رقم سلوا مطابقت داشت

آن‌ها گزارش کردند محلول‌پاشی بور در توت‌فرنگی سبب افزایش ارتفاع بوته گردید.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد منفرد سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مصرف توام ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی با اسیدبوریک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نقش موثرتری در افزایش اکثر صفات مورد بررسی داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از عناصر کم‌مصرف روی و بور و کاربرد تلفیقی آن‌ها براساس غلظت مورد استفاده قادر به تامین شرایط لازم جهت افزایش بهبود توت‌فرنگی در شرایط کشت هیدروپونیک هستند و از آنجایی که محلول‌پاشی برگی عناصر روی و بور بر ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی تاثیر معنی‌داری نشان دادند، بنابراین به منظور کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف علاوه بر مزایای استفاده از این روش تغذیه که مواد غذایی را سریع و با هزینه کم در اختیار گیاه قرار می‌دهد، باعث ایجاد تعادل در تغذیه گیاه می‌شود و فرآیندهای رشد و نمو گیاه را بهبود می‌بخشد، و به عنوان یک راهکار مدیریتی کارآمد در تولید محصولات باغی توصیه می‌شود.

منابع

1- Abdollahi M., Eshghi S., and Tafazoli E. 2010. Interaction of Paclobutrazol, Boron and Zinc on vegetative growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Selva). Journal of Biological and Environmental Sciences, 4(11):67–75.

2- Abedi Baba-Arabi S., Movahedi Dehnavi M., Yadavi A.R., and Adhami E. 2011. Effect of Zn and K foliar application on safflower physiological traits and yield under drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Production, 4(1):75–95. (in Persian with English abstract)

3- Ahmadi F., Mohamad Khani A. 2014. Effect of potassium and boron nutrition on some quantitative and qualitative characteristics of 'Asgari' grape cultivar. Journal of Crops Improvement, 16(2):417–430. (in Persian)

4- Ahmed M., and Abdel F.M. 1995. Effect of Urea, some micronutrients, and growth regulators folair spray on the yield, fruit quality, and some vegetative of, 'Washington' navel orange trees. HortScience, 30(4):774–780.

5- Alloway B.J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Brussels: The International Zinc Association.

6- Alvin A. 2003. Modern developments in fertilization. IFA-FAO Agriculture Confernce. Rom. Italy.

7- Babalar M., and Pirmoradian d. 2006. Nutrition of Fruit Trees (2nd Ed.). Tehran University Press, 312p (in Persian)

8- Baldwin E.A. 1983. Citrus fruit. In: Seymour G., Taylor J., Tucker G. (Ed). Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall, London.

9- Barker A.V., and Pilbeam D.J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. By Taylor and Francis Group, CRC Press, 605p.

10- Ben-Gal A. 2007. The contribution of foliar exposure to boron toxicity. Journal of Plant Nutrition, 30(10):1705–1716.

11- Bould C. 1964. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. V. -Sand culture N, P, K, Mg experiments with strawberry (*Fragaria Spp.*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 15(7):474–487.

12- Brown G.S., Kitchener A.E., McGlasson, W.B., and Barenes S. 1996. The effects of Copper and Calcium foliar sprays on cherry and apple fruit quality . Scientia Horticulturae, 67:219–227.

13- Cakmak I., Marschner H., and Bangerth F. 1989. Effect of Zinc nutrition status on growth, protein metabolism and level of indole-3 acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Experimental Botany, 40:405–415.

14- Camacho-Cristóbal J.J., Rexach J., and González-Fontes A. 2008. Boron in plants deficiency and toxicity. Journal of Integrative Plant Biology, 50(10):1247–1255.

15- Carter G.A., and Knapp A.K. 2001. Leaf optical properties in highest plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. American Journal of Botany, 88(4):677–684.

16- Crespan G., Zenarola C., Colugnati G., Beregant F., and Tonetti I. 2000. Fertilizer procedures and response of vines, preliminary results of an investigation in cabernet sauvignon. Notiziario-ERSA, 13(4):21–24.

17- D' Angelo S., Amelia C., Raimo M., Salvatore A., Zappia V., and Galletti P. 2007. Effect of reddening–ripening on the antioxidant activity of polyphenol extracts from cv. 'Annurca' apple fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55:9977–9985.

18- Dawood S.A., Meligy M.S., and El-Hamady M.M. 2001. Influence of Zinc sulfate application on tree leaf and fruit characters of three young citrus varieties grown on slightly alkaline soil. Annals of Agriculture Science Moshtohor, 39:433–447.

19- Dolati Baneh H., and Taheri M. 2009. Effects of foliar application of nutrient elements on fruit set and quantitative and qualitative traits of 'Keshmeshi' grape cultivar. Seed and plant production Journal, 25(1):103–115. (In Persian)

20- Dong Y., Qifei W., Daming H., and Chundu W. 2003. Effects of Zinc-injection in trunk of Kumquat on its growth

and fruits qualities. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 34(2): 61–64.
21- Gao X., Zou Ch., Fan X., Zhang F., and Hoffland E. 2006. From flooded to aerobic conditions in rice cultivation: Consequences for Zinc uptake. Plant and Soil, 280(1):41–47.
22- Guidong L., Cuncang J. and Yunhua W. 2011. Distribution of Boron and its forms in young 'Newhall' navel orange (*Citrus sinensis* Osb.) plants grafted on two rootstocks in response to deficient and excessive Boron. Soil Science and Plant Nutrition, 57(1):93–104.
23- Hemantaranjan A. 1996. Physiology and biochemical significance of Zinc in plants. In: Advancement in Micronutrient Research, Ed. Hemanteranjan A. Scientific Publishers, Joudhpur, Rajasthan, India, p. 151–178.
24- Jalili Marandi R. 2008. Small Fruit (2nd Ed.). Jahad Orumieh University Press. (in Persian)
25- Kaya C., and Higgs D. 2002. Response of tomato (*Lycopersicom esculentum* L.) cultivars to foliar application of Zinc when grown in sand culture at low Zinc. Scientia Horticulturae, 93(1):53–64.
26- Kazemi M. 2014. Influence of foliar application of Iron, Calcium and Zinc sulfate on vegetative growth and reproductive characteristics of strawberry cv. 'Pajaro'. Trakia Journal of Sciences, 1:21–26.
27- Khan A.S., Nasir M., Malik A.U., Basra S.M.A., and Jaskani M.J. 2015. Combined application of Boron and Zinc influence the leaf mineral status, growth, productivity and fruit quality of 'Kinnow'mandarin (*Citrus nobilis* lour × *Citrus deliciosa* tenora). Journal of Plant Nutrition, 38:821–838.
28- 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. (in Persian)
29- Lolaei A., Alirezaei M., Khorrami Raad M. and Kaviani B. 2012. Effects of Paclobutrazol and Sulfate Zinc on vegetative growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Camarosa). Annal of Biological Research, 3(10):4657–4662.
30- Lolaei A., Hashem Abadi D., and Sedaghathoor Sh. 2013. Effect of Calcium, Zinc and Nitrogen sprays on vegetative and reproductive growth and shelf life of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Selva). Journal of Plant Sciences Research,8(2):31–40. (In Persian)
31- Lolaei A., Mostafavi M., and Samavat S. 2011. Effect of Boric acid and Calcium chloride sprays on vegetative and reproductive growth and shelf life of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Selva). Journal of Plant Sciences Research, 6(3):60-66. (In Persian)
32- Marschner H. 2002. Mineral Nutrition of Higher Plants (2nd Ed.). Academic Press, London, 889p.
33- Mashayekhi K., and Atashi S.2012. Effect of foliar application of Boron and sucrose on biochemical parameters of 'Camarosa' strawberry. Journal of Plant Production, 19(4):157–171. (in Persian with English abstract)
34- Mass J.L. 1984. Compendium of Strawberry Diseases. Published by the American Phytopathological Society in cooperation with Agricultural Research Service USA Department of Agriculture, p. 15–18.
35- Meena R.S. 2010. Effect of Boron on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv.' Pusa Ruby' grown under semi-arid conditions. International Journal of Chemical Engineering Research, 2(2):167–172.
36- Mengel K., and Kirby, E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition (4th Ed.). International Potash Inistitue, Bern, Switzerland, 687p.
37- Mohseni M., Haddadi M., and Valiallahpour R. 2012. Effects of application Boron and Zinc on the process of corn in Mazandaran. New Findings in Agriculture, 7(2):177–185. (in Persian)
38- Mollahoseini H., Solhi M., Baghi E., and Ghayour F. 2009. Strawberry fertilizer guide (1th Ed.). Avay Masih Press.
39- Moradi Telavat M.R., Roshan F., and Siadat S.A . 2015. Effect of foliar application of zinc sulfate on minerals contenet, seed and oil yields of two safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 17(2):153–164. (in Persian with English abstract)
40- Nawaz M.A., Ahmad W., Ahmad S., and Khan M.M. 2008. Role of growth regulators on preharvest fruit drop, yield and quality in 'Kinnow' mandarin. Pakistan Journal of Botany, 40:1971–1981.
41- Oszmianski J., and 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.
42- Papadakis I.E., Dimassi K.N., Bosabadilis A.M., Therios I.N., Patakas A., and Giannakoula A. 2004. Boron toxicity in 'Clementine' mandarin plants grafted on two rootstock. Plant Science, 166:539–547.
43- 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.
44- Rafeii S. and 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.
45- Ravi S., Channal H.T., Hebsur N.S., Patil B.N., and 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.
46- Razzaq K., Khan A.S., Malik A.U., Shahid M., and Ullah S. 2013. Foliar application of Zinc influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.). Journal of Plant Nutrition, 36:1479–1495.
47- Rostami H., Tabatabaei J., Zare Nahandi F., and Hajilu J. 2013. Effects of different concentrations of Boron on

vegetative and physiological characteristics of olive. Journal of Horticultural Science, 27(1):18–26. (in Persian)
48- Rout G.R., and Das P. 2003. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. Agronomie, 23(1):3–11.
49- Saini R.S., Sharma K.D., Dhankhar O.P., and Kaushik R.A. 2001. Laboratory manual al of analytic techniquesian in Horticulture. Agrobios, Publisher, India, 135p.
50- Salardini A.A., and Mojtahedi M. 1988. Principles of Plant Nutrition (1th Ed.). Tehran University Press. (in Persian)
51- Sharma R.R. 2002. Growing Strawberries. First edition published by international book distributing CO. Indian Agriculture Research Institute, New Delhi.
52- Singh B., and Usha k. 2002. Effect of macro and micro nutrient spray on fruit yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L. cv. Perlette). Acta Horticulturae. 594: 197–202.
53- Srivastava P.C., and Gupta U.C. 1996. Trace Elements in Crop Production. Lebanon, NH: Science Publishers.
54- Tajbakhsh M., and Pourmirza A.A. 2003. Agronomy of Cereal Cropes. Jahad Orumieh University Press, 314p. (In Persian)
55- Ullah S., Khan A.S., Malik A.U., Afzal I., Shahid M., and Razzaq K. 2012. Foliar application of Boron influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.). Journal of Plant Nutrition, 35:2067–2079.
56- Valance J., Deniel F., Le Floch G., Guerin-dubrana L., Blancard D., and Rey P. 2011. Pathogenic and beneficial microorganism in soilless cultures. Agronomy for Sustainable Development, 31(1):191–203.
57- Yamdagni R., Singh D. and Jindal P.C. 1979. A note on Effect of Zinc sprays on yield and quality of Thompson seedless grapes. Indian Journal of Agricultural Research, 13(2):117–118.
58- Yih R.Y., and Clark H.E. 1965. Carbohydrate and protein content of Boron deficient tomato root tips in relation to anatomy and growth. Plant Physiology, 40(2):312–315.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 213-226
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۲۶-۲۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Foliar Application of Zinc and Boron on Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry Fruit (*Fragaria ananassa* cv. Aromas) in Hydroponic System in Hydroponic System

A. Alinejad Elahshah[1] - H. Moradi[2*] - H. Sadeghi[3]

Received: 31-07-2016
Accepted: 02-06-2018

Introduction: Strawberry (*Fragaria* × *ananassa*Duch.,Rosaceae). fruitis rich of fiber, vitamin C, potassium and antioxidants. Since the balance of nutrients at the appropriate time for commercial fruit production, yield improvement and fruit quality is essential, so foliar application at key stages could have a positive effect on the quantitative and qualitative characteristics of perennial crop fruits. Among essential mineral nutrients that are involved on plant physiology, micronutrients of zinc (Zn) and boron (B) because of their association with synthetic hormones are particularly important. In a study by Lolaei et al. (2012) conducted showed that the foliar application at flowering stage increased fruit quality and yield of strawberrycultivar 'Camarosa'. The results of Rafeii and Pakkish(2014) indicated that spraying of strawberry cultivar 'Camarosa' with boric acid had a significant effect on yield, fruit weight, chlorophyll and leaf area. So according to the importance of micronutrients on horticultural yield improving and environmental protection, this investigation was conducted to evaluate the effect of foliar application of zinc and boron and combination of them on quantitative and qualitative characteristics of strawberry cultivar 'Aromas' in hydroponic system.

Material and Methods: The experiment was arranged in factorial based on a complete randomized block design with 9 treatments and 9 replications in 2015 and 2016 in greenhouse and laboratory of Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT), Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Experimental treatments were included: zinc at three levels (0, 100 and 200 mg l^{-1}) of fertilizer source zinc sulfate and boron at three levels (0, 500 and 1000 mg l^{-1}) of fertilizer source boric acid as alone or combined. Spraying of strawberry cultivar 'Aromas' at 3 stages in hydroponic system were applied after the chilling requirement treatment. When Fruits were stained 75-80% and have appropriate size, were harvested. Traits that were evaluated include: vitamin C, antioxidant activity, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), taste index (TSS/TA), pH of fruit juice, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, fruit weight, fruit length and diameter, leaf number, petiole length and plant height. The data collected were statistically analyzed using the computer software using SAS 9.1 and MSTATC**,** Analysis of variance techniques were employed to test the overall significance of the data, while the least significant difference (LSD) test ($P \leq 0.05$) was used to compare the treatment means.

Results and Discussion: Results indicated that foliar application of Zn and B significantly affected on the vitamin C, antioxidant activity, TSS, TA, TSS/TA, pH of fruit juice, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, fruit weight, fruit length and diameter, leaf number and plant height (1% or 5% of probably level), while the Petiole length was not significantly affected. Between the different nutrient levels of zinc sulfate application at the concentrations of 100 and 200 mg l^{-1}, boric acid application at the concentration of 500 mg l^{-1}, the combination of zinc sulfate at 100 and 200 mg l^{-1} with boric acid at 500 mg l^{-1} play a significant role at increasing studying characteristicsexcept the content of TA. Zinc is effective at the formation of growth hormones and chloroplasts, it is also necessary for chlorophyll biosynthesis and also plays a very important role at cell division and the protein synthesis and carbohydrates metabolism. It seems this subject caused increased plant height, leaf number, petiole length, diameter, length and weight of the fruit and chlorophyll by foliar application. Boron is an element which increases weight by effect of reproductive growth and help to material production, production and transfer of carbohydrate, and nutrient by boron is necessary for fruit set and fruit retention. The results showed that zinc sulfate is effective on TSS, TA, taste index and pH, the increase may be attributed to their effects on different enzymes which are involved in the formation of proteins, acids and sugars, also enough amounts of boron in the plant, increased carbohydrate transport to fruit and areas of active growth and its effect is evident in increasing the amount of fruit sugar. Because of increased vitamin C and antioxidant

1, 2 and 3- Former M. Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran
(*-Corresponding Author Email: moradiho@yahoo.com)

capacity of plants had been sprayed with boron and zinc can be attributed to zinc that plays an active role in auxin production in plants, and vitamin C increases the production of auxin. Similarly, Kazemi (2014) reported the highest pH of fruit juice, TSS and TA at 150 mg l^{-1} of Zn for strawberry cultivar 'Pajaro' and the lowest of these parameters was recorded in control. The results of our study is in accordance with Mashayekhi and Atashi(2012) who reported a significant positive correlation between chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and carotenoid content of strawberry cultivar 'Camarosa' leaves that had been sprayed by B and sucrose. As Khan et al. (2015) simultaneously combined application of Zn and B in the 'Kinnow' mandarin fruit increased vitamin C, tree height and fruit weight, diameter and length significantly that was consistent with our results.

Conclusions: Since the foliar application of zinc sulfate at 100 and 200 mg l^{-1} with boric acid at 500 mg l^{-1} showed significant effect on quantitative and qualitative properties of strawberry, so to reduce the environmental effects caused by the indiscriminate use of chemical fertilizers, foliar application of micronutrients is recommended as an effective management solution in the production of strawberry cultivar 'Aromas' under hydroponic culture.

Keywords: Antioxidant activity, Chlorophyll, Foliar application, Nutrient elements, Vitamin C