

اثر محلول پاشی برگی براسینواستروئید بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه دو رقم توت‌فرنگی تحت تنش شوری در شرایط کشت بدون خاک

ابراهیم لطیفی خواه^۱، سعید عشقی^{۲*}، علی قرقانی^۳، عنایت‌الله تفضلی^۲ و فاطمه رزاقی^۴
۱. ۲ و ۳. دانشجوی سابق دکتری، استاد و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۴. استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۳۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۰)

چکیده

به خاطر کمبود منابع آب شیرین، این پژوهش با هدف تعیین دامنه تحمل شوری توت‌فرنگی رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس' و نقش احتمالی براسینواستروئید در تخفیف اثر منفی شوری برنامه‌ریزی شد. در این پژوهش محلول‌پاشی برگی با ۲۴-اپی‌براسینولید (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر) و چهار سطح شوری (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط آب‌کشت در گلخانه اجرا شد. نشاهای ریشه‌دار در گلدان‌های پلاستیکی چهار لیتری حاوی محیط کشت پرلایت و کوکوپیت (۱:۱) کشت شدند. نتایج نشان داد که شوری به طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد گیاه گردید، در غلظت ۶۰ میلی‌مولار حدود ۴۴ درصد کاهش عملکرد در گیاهان تحت تنش شوری مشاهده شد. کاربرد براسینواستروئید در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر توانست اثر منفی شوری بر کاهش عملکرد را کاهش دهد. همچنین باعث افزایش سطح برگ، وزن خشک شاخساره، ریشه و عملکرد گردید. بنابراین، براسینواستروئید در این پژوهش استفاده از تیمار براسینواستروئید با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر، راهکاری مناسب در جهت حل مشکلات ناشی از تنش شوری می‌باشد و رقم 'آروماس' نسبت به تنش شوری و محلول‌پاشی با براسینواستروئید پاسخ بهتری نسبت به رقم 'پاروس' نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ۲۴-اپی‌براسینولید، فرآیندهای فیزیولوژیکی، صفات مورفولوژیکی، *Fragaria × ananassa* Duch.

Effect of foliar application of Brassinosteroids on growth, yield and fruit quality of two strawberry cultivars under salt stress in soilless culture

Ebrahim Latifikhah¹, Saeid Eshghi^{2*}, Ali Gharaghani³, Enayatollah Tafazoli² and Fatemeh Razzaghi⁴

1, 2, 3. Former Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

4. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

(Received: Jul. 22, 2018 - Accepted: Sep. 11, 2018)

ABSTRACT

Due to lack of fresh water sources, and the inevitability of using unconventional waters, a study was conducted to determine the tolerance of strawberry to salinity for 'Paros' and 'Aromas' cultivars and the possible role of brassinosteroids in reducing the negative effects of salinity. In this study the effect of 24-epibrassinolide concentrations (0, 0.25, 0.5 and 1 mg/L as foliar spray) and salinity levels (0, 20, 40 and 60 mM in nutrient solution) were evaluated on growth, yield and fruit quality of strawberry in soilless culture under greenhouse conditions. Rooted daughter plants of 'Aromas' and 'Paros' strawberry cultivars were potted in 4 L plastic pots filled with cocopeat and perlite (1:1 V/V). Results showed that salinity (60 mM) reduced 44% of strawberry yield. The use of brassinosteroid could reduce the negative effect of salinity on reducing yield and all the concentrations used of BRs could increase the yield compared to the control. Foliar application of brassinosteroids at 0.5 and 1 mg / L resulted in increased leaf area, shoot and root dry weight and yield. Foliar application of brassinosteroids at 0.5 and 1 mg / L levels reduced the effects of salinity stress. In general, BRs could mitigate the detrimental effect of saline conditions on growth of strawberry plants, especially at 0.5 and 1 mg/L concentrations. In general, the use of brassinosteroids, especially at a concentration of 1 mg / L, under mild salinity conditions could reduce the effect of salinity stress on strawberry growth, and this effect was more pronounced on the cultivar 'Aromas'. Therefore, based on the results, this method is a suitable solution for solving problems caused by salt stress.

Keywords: 24-epibrassinolide, *Fragaria × ananassa* Duch., morphological characteristics, physiological process.

* Corresponding author E-mail: eshghi@shirazu.ac.ir

مقدمه

کشور ایران در ناحیه آبوهوایی گرم و خشک واقع شده است و میانگین میزان بارندگی آن یک سوم میانگین میزان بارندگی جهان است. کمبود بارندگی و خشکسالی‌های اخیر سبب کاهش منابع آب گردیده است، به طوری که منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی به مقدار محسوسی کاهش یافته است (Feizi *et al.*, 2010). از طرفی بخش قابل توجهی از منابع آب‌های زیرزمینی دارای مقدار زیادی نمک می‌باشند و استفاده از این قبیل آب‌ها در کشاورزی با توجه به گستردگی آن‌ها در شرایط محدودیت آب‌های شیرین امری اجتناب‌ناپذیر است و باید به طریق صحیح با توجه به شرایط ویژه هر منطقه مبادرت به استفاده بهینه از آب‌های شور در تولید محصولات کشاورزی نمود. در بیشتر مناطق، عامل محدودکننده کشاورزی کمبود آب با کیفیت مناسب می‌باشد که باید جهت استفاده از آن‌ها روش‌های مختلف بهره‌برداری را مورد بررسی قرار داد و در موقعیت‌های مختلف از روش مناسبی که بتوان بازده تولید را به‌زای کیفیت و کمیت آب مصرفی به بیشینه رساند، استفاده نمود (Feizi *et al.*, 2010). تنش شوری دارای تأثیرات سمی بر رشد گیاهان بوده و باعث ایجاد تغییرات متابولیک در گیاه نظیر از بین رفتن فعالیت کلروپلاست، کاهش میزان فتوسنتز، افزایش میزان تنفس نوری که منجر به افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود، خواهد شد (Keutgen & Pawelzik, 2007). تنش شوری یکی از بزرگ‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاه است. توت‌فرنگی به عنوان یک گونه بسیار حساس به شوری شناخته شده است و آستانه تحمل آن ۱ دسی‌زیمنس بر متر است (Keutgen & Pawelzik, 2009). بر اثر آسیبی که به متابولیسم برگ بر اثر شوری وارد می‌شود، فتوسنتز کاهش یافته و تولید کربوهیدرات محدود می‌شود. این عمل باعث می‌شود که عملکرد و کیفیت میوه در توت‌فرنگی کاهش یابد (Jamali *et al.*, 2014). واضح‌ترین پاسخ در تنش شوری، کاهش در میزان سطح برگ است که با افزایش غلظت شوری، گسترش سطح برگ متوقف می‌شود (Jamali *et al.*, 2014). همچنین، تنش شوری

باعث کاهش قابل توجه در وزن تر و خشک شاخساره، ریشه‌ها و برگ‌ها می‌گردد (Eshghi *et al.*, 2017). در توت‌فرنگی، میزان وزن خشک و کلروفیل گیاهان تحت تنش شوری با غلظت ۳۵ میلی‌مولار کلرید سدیم کاهش یافت و میزان نشت یونی، سدیم و پتاسیم شاخساره و ریشه در این شرایط افزایش پیدا کرد (Keutgen & Pawelzik, 2007). تنش شوری با غلظت ۴۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم باعث کاهش وزن تر و خشک در توت‌فرنگی و نیز سطح فعال برگ از نظر فتوسنتز و میزان آب برگ گردید و نیز باعث افزایش میزان یون‌های سدیم در برگ شد (Keutgen & Pawelzik, 2009). براسینواتروئید یک تنظیم‌کننده رشد درونی است که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک در گیاهان نظیر رشد، فتوسنتز و ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی، مثل شوری نقش دارد (Dong *et al.*, 2017). براسینواتروئیدها توانایی حفاظت از گیاهان در قبال تنش‌های مختلف محیطی از جمله شوری، خشکی، درجه حرارت‌های کم و زیاد، فلزات سنگین و خسارت علف‌کش‌ها را دارد (Dong *et al.*, 2017). تیمار با براسینواتروئید موجب تشکیل بهتر میوه و افزایش عملکرد در گیاه خردل شد (Fariduddin *et al.*, 2009). در گوجه‌فرنگی (Ogwen *et al.*, 2008)، سیب (Pereira *et al.*, 2006)، گندم (Eleiwa *et al.*, 2011)، گیلان (Roghabadi & Pakkish, 2014) و توت‌فرنگی (Mohammadrezakhani *et al.*, 2016) تیمار با براسینواتروئید باعث بهبود عملکرد و کیفیت میوه در شرایط بدون تنش شده است. براسینواتروئیدها کارایی فتوسنتز و تثبیت کربن را افزایش می‌دهند و فعالیت ریبولوز ۵-۱ کربوکسیلاز را زیاد می‌کنند و بدین ترتیب مواد فتوسنتزی و ماده خشک افزایش می‌یابد (Bajguz & Tretyn, 2003; Ali, 2017).

تنش شوری سبب آسیب به رشد، کلروفیل برگ‌ها و جذب عناصر توسط گیاه توت‌فرنگی شد؛ اما گیاهانی که توسط براسینواتروئید تیمار شده بودند، وزن تر و خشک ریشه و شاخساره و همچنین کلروفیل بیشتری تحت شرایط تنش داشتند (Karlidag *et al.*, 2011). تنش شوری باعث کاهش وزن خشک شاخساره و

رقم هشتماد نشای توت‌فرنگی کلاس آ (A) که سرما دیده بودند در اوایل آبان‌ماه از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان تهیه و در گلخانه بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در گلدان‌های چهار کیلوگرمی حاوی محیط کشت پرلایت و کوکوپیت (۱:۱) کشت شد. دمای گلخانه در روز 23 ± 3 درجه سلسیوس و در شب 15 ± 3 درجه سلسیوس بود. شرایط نور طبیعی و رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد بود. آبیاری این گیاهان در ابتدا با محلول غذایی نیم هوگلدن و سپس با محلول غذایی هوگلدن کامل انجام شد و به صورت ۲ روز یک بار ۲۵۰ سی‌سی محلول غذایی هوگلدن به پای هر گلدان تا مرحله استقرار گیاهان داده شد. تیمار براسینواستروئید در غلظت‌های بالا در دو نوبت به فاصله ۱۵ روز از یکدیگر و هم‌زمان با شروع تیمار تنش شوری اعمال گردید. پس از استقرار گیاهان (مرحله چهار تا پنج برگی)، به‌منظور اعمال تنش شوری از نمک کلرید سدیم در محلول غذایی استفاده شد که در چهار غلظت ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار به‌کار رفت. نحوه اعمال شوری به این صورت بود که غلظت‌های نمک به‌تدریج در محلول غذایی بالا برده شد. برای این منظور ابتدا، دو مرتبه تیمار ۱۰ میلی‌مولار کلرید سدیم برای گلدان‌های موردنظر استفاده شد و سپس تیمار ۲۰ میلی‌مولار به کار رفت و در نهایت به تیمار ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار از کلرید سدیم رسید. آبیاری گیاهان با محلول‌های شور تا پایان آزمایش انجام شد. برای تیمار شاهد فقط آبیاری با محلول غذایی انجام شد. نحوه آبیاری به گونه‌ای بود که حدود ۲۰٪ محلول (به‌عنوان آبشویی) از انتهای گلدان‌ها خارج گردید و نیز یک بار در هر سه نوبت کودآبیاری عمل آبشویی گلدان‌ها با آب معمولی انجام شد. از زمان آغاز تیمار شوری تا پایان آن که حدود پنج ماه بود، ویژگی‌های مورفولوژیک گیاهان و برخی از ویژگی‌های کیفی میوه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. شش هفته پس از اعمال تنش شوری، تعداد سه برگ (پیر، متوسط و جوان) از هر بوته از هر تکرار در نظر گرفته شد و سطح آن‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T-Device Ltd)

ریشه در توت‌فرنگی شد، وزن خشک شاخساره و ریشه رقم‌های 'A6' و 'Fern' توت‌فرنگی به‌ترتیب ۳۳-۲۹ درصد برای رقم 'A6' و ۴۵-۱۵ درصد برای رقم 'Fern' در ۳۵ میلی‌مولار تنش کلرید سدیم در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش نشان دادند. محلول‌پاشی با براسینواستروئید با غلظت ۰/۵ و ۱ میکرومولار بر روی گیاهان توت‌فرنگی دو رقم گفته‌شده در بالا که تحت تنش شوری بودند باعث شد که میزان وزن خشک شاخساره و ریشه در هر دو رقم افزایش یابد (Karlidag et al., 2011). در گیاهان لوبیا چشم بلبلی تیمار با براسینواستروئید باعث افزایش تحمل تنش شوری در آن‌ها شد (El- Mashad & Mohamed, 2012). از آنجایی که امروزه کشت گلخانه‌ای توت‌فرنگی در ایران در حال افزایش است و با توجه به محدودیت‌ها در دسترسی به آب شیرین و پایین بودن کیفیت آب‌های موجود در ایران، استفاده از آب شور اجتناب‌ناپذیر است. از طرف دیگر، براسینواستروئید یک تنظیم‌کننده رشد است که در افزایش تحمل گیاه نسبت تنش شوری نقش دارد. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش استفاده از براسینواستروئید در بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه و تخفیف اثر منفی شوری بر عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور شوری (شامل چهار سطح ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم)، دو رقم توت‌فرنگی (رقم‌های آروماس و پاروس) و ۲۴-اپی براسینولید (CAS Number 78821-43-9، ساخت شرکت سیگما) در چهار سطح (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر) انجام شد. در هر تیمار ۴ تکرار یا چهار گلدان پلاستیکی چهار لیتری وجود داشت و در هر گلدان دو گیاه کشت شد. در این پژوهش برای مشخص کردن رفتار دو رقم توت‌فرنگی شامل ارقام 'آروماس' و 'پاروس'، به شرایط شوری در شرایط گلخانه و اثر براسینواستروئید بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه در توت‌فرنگی در کشت بدون خاک از هر

درصد مواد جامد محلول (TSS%)

پس از قرار گرفتن یک قطره آب میوه بر قندسنج دستی، درصد مواد جامد محلول قرائت شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS-15 انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون دانکن در سطح ۱٪ و ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه

نتایج نشان داد که شوری باعث کاهش سطح برگ شد، به طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم از ۰ به ۶۰ میلی‌مولار، شاخص سطح برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاربرد براسینواستروئید باعث افزایش سطح برگ به میزان جزئی نسبت به تیمار شاهد شد و این افزایش در رقم آروماس بیشتر از رقم پاروس بود (جدول ۱). در بین تیمارهای مورد استفاده، بهترین تیمار مربوط به غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت و در هر دو رقم این تفاوت معنی‌دار بود. در برهمکنش بین تیمارها، در نبود براسینواستروئید، تنش شوری در غلظت ۶۰ میلی‌مولار باعث کاهش ۴۳ و ۳۱ درصدی سطح برگ نسبت به شاهد به ترتیب در رقم‌های پاروس و آروماس گردید. در حالی که در همین غلظت شوری، کاربرد براسینواستروئید در غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش اثر منفی شوری و افزایش سطح برگ تا اندازه شاهد گردید (جدول ۱).

ساخت انگلستان تعیین شد. میانگین هر تکرار مورد بررسی قرار گرفت. وزن تر و خشک شاخساره و ریشه: در پایان دوره آزمایش، تمام گیاهان هر تکرار از گلدان خارج و ریشه‌های آن‌ها به طور کامل شست‌وشو شدند. سپس قسمت ریشه از شاخساره جدا شد و توزین هر دو قسمت به طور جداگانه انجام گرفت. آن‌گاه به مدت ۴۸ ساعت ریشه‌ها و شاخساره‌ها در آن ۸۰°C قرار گرفته و وزن خشک شاخساره و ریشه اندازه‌گیری شد. وزن میوه‌های اول و دوم: در طول آزمایش و پس از رسیدن میوه‌های اول و دوم، این میوه‌ها توزین شدند و میانگین آن‌ها به دست آمد. عملکرد کل: در مدت ۹۰ روز، به تدریج با رسیدن میوه‌ها، آن‌ها را جمع‌آوری کرده و وزن شدند. در پایان آزمایش نیز، تمام میوه‌های باقی مانده بر بوته جمع‌آوری شده و وزن گردیدند. سپس وزن تمامی میوه‌ها از آغاز تا پایان آزمایش با هم جمع گردید و به عنوان میزان محصول کل هر بوته در این مدت در نظر گرفته شد.

برای تعیین میزان اسیدیته آب میوه، در ۵ میلی‌لیتر آب میوه ۵ تا ۶ قطره معرف فنول فتالئین ریخته شد و کاملاً مخلوط گردید. سپس با هیدروکسید سدیم (NaOH) ۰/۳ نرمال تیتراژ کرده و در لحظه تغییر رنگ، زمانی که صورتی رنگ شد عدد مورد نظر یادداشت گردید و از فرمول زیر اسیدیته قابل تیتراسیون به دست آمد:

$$TA = \frac{[ml (NaOH) \times N (NaOH) \times Acid \text{ meq. factor} / ml \text{ juice titrated}] \times 100}{1}$$

جدول ۱. تأثیر شوری و براسینواستروئید و برهمکنش آن‌ها بر سطح برگ (سانتی‌متر مربع) توت‌فرنگی رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس'
Table 1. Effect of salinity and BRs and their interaction on Leaf Area (cm²) in strawberry cultivars 'Paros' and 'Aromas'

Salinity (mM)	Cultivar	Brassinosteroid (BRs) (mg l ⁻¹)				Mean
		0	0.25	0.5	1	
0	Paros	129.60 ^{b-d}	136.67 ^{ab}	158.27 ^{ab}	164.17 ^a	147.17 ^A
	Aromas	119.80 ^{b-d}	125.88 ^{ab}	148.47 ^{ab}	158.92 ^a	138.26 ^A
20	Paros	112.82 ^{b-d}	132.42 ^{abc}	118.65 ^{b-d}	108.56 ^{cd}	118.11 ^B
	Aromas	102.63 ^{b-d}	122.61 ^{abc}	108.83 ^{cd}	118.85 ^{b-d}	113.23 ^B
40	Paros	102.38 ^d	108.16 ^{cd}	129.52 ^{b-d}	134.50 ^{b-d}	118.64 ^B
	Aromas	92.38 ^d	98.37 ^{cd}	119.74 ^{b-d}	125.94 ^{b-d}	109.09 ^B
60	Paros	92.17 ^d	98.16 ^{cd}	119.62 ^{b-d}	116.86 ^{b-d}	106.70 ^C
	Aromas	87.23 ^d	93.15 ^{cd}	114.35 ^{b-d}	121.25 ^{b-d}	103.99 ^C
Mean	Paros	109.24 ^C	118.85 ^B	131.51 ^{AB}	131.02 ^{AB}	122.65 ^A
	Aromas	100.51 ^C	110.00 ^B	122.84 ^{AB}	131.24 ^{AB}	116.14 ^A

در هر ردیف و هر ستون میانگین‌هایی که دارای دست کم یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرات اصلی) هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each row and column, the averages containing at least one common letter (lower case letters for interactions and upper case letters for the main effects) do not differ significantly at Duncan's 5% level.

معدنی توسط گیاه نسبت داد (El- Mashad & Mohamed, 2012). کاهش اثرات تنش شوری توسط تیمار براسینواستروئید به خاصیت آنتی‌اکسیدانی این تیمار و ثبات غشای سلولی در حضور این ترکیبات مرتبط می‌باشد. تأثیر مثبت براسینواستروئید در افزایش وزن تر و خشک شاخساره احتمالاً مربوط به نقش این هورمون در افزایش تقسیم سلولی و افزایش سایر هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و جیبرلین و کاهش مقدار اسید آسبیک است (El-Mashad & Mohamed, 2012). کاربرد براسینواستروئید باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز در شرایط شوری می‌گردد. این آنزیم‌ها که به‌عنوان رفتگر گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کنند، می‌توانند تحمل گیاهان توت‌فرنگی را نسبت به تنش شوری افزایش دهند و در نتیجه باعث بهبود رشد در شرایط شوری گردند، که نتیجه آن افزایش در وزن تر و خشک شاخساره است (Karlidag *et al.*, 2011). بر اساس نتایج به‌دست آمده با اعمال تنش شوری کلرید سدیم در غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار مقدار وزن تر و خشک ریشه در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول‌های ۴ و ۵). بیشترین کاهش مقدار وزن تر و خشک ریشه در غلظت ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شد. در بین تیمارهای مختلف مورد استفاده بهترین اثر در تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد آن به میزان ۴۱ و ۴۴ درصد افزایش وزن تر ریشه به‌ترتیب در رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس' دیده شد (جدول ۴). دلیل کاهش وزن تر ریشه در شرایط تنش شوری، کاهش مقدار مواد فتوسنتزی در سیستم گیاه و همچنین، فشار اسمزی بالا در محیط ریشه و کاهش مقدار آب بافت‌های ریشه می‌باشد، همچنین کاهش رشد ناشی از شوری را می‌توان به غلظت بالای یون‌های کلر و سدیم نسبت داد که در جذب عناصر غذایی مزاحمت ایجاد می‌کنند. جلوگیری از فرآیندهای بیوشیمیایی و نیز افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن در کلروپلاست نیز از دلایل دیگر می‌باشد (Saadati & Moallemi, 2011).

بیشترین میزان سطح برگ مربوط به تیمار ۰ میلی‌مولار نمک کلریدسدیم و ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید در رقم 'پاروس' با ۱۶۴/۱۷ سانتی‌مترمربع بود (جدول ۱). محلول‌پاشی برگی براسینواستروئید در غلظت ۱ میکرومولار باعث افزایش سطح برگ در شرایط شوری در توت‌فرنگی شد (Karlidag *et al.*, 2011) که با نتایج این پژوهش همسویی دارد. این اثر مثبت براسینواستروئید را می‌توان به افزایش متابولیسم CO_2 و میزان فتوسنتز نسبت داد (Karlidag *et al.*, 2011; Fariduddin *et al.*, 2015). اثر مثبت براسینواستروئید در رقم آروماس بیش از پاروس بود.

کاربرد براسینواستروئید توانست میزان وزن تر شاخساره را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد به گونه‌ای که با افزایش غلظت آن از ۰ به ۱ میلی‌گرم در لیتر میزان وزن تر شاخساره نیز افزایش یافت و در حدود ۳۲ درصد افزایش وزن تر در تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر نسبت به تیمار شاهد (بدون تیمار براسینواستروئید) در رقم 'پاروس' دیده شد (جدول ۲). برهمکنش بین شوری و براسینواستروئید هم‌روندی مشابه داشت در غلظت‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار کلریدسدیم به‌ترتیب ۶٪، ۲۴٪ و ۶۶٪ کاهش وزن تر ریشه در رقم پاروس دیده شد و این کاهش در رقم 'آروماس' به‌ترتیب ۴٪، ۲۰٪ و ۵۶٪ بود (جدول ۴). با افزایش غلظت نمک کلریدسدیم میزان وزن خشک شاخساره در هر دو رقم کاهش یافت به گونه‌ای که در تیمار ۶۰ میلی‌مولار نمک کلریدسدیم به میزان ۳۴ و ۳۱ درصد کاهش وزن خشک شاخساره به‌ترتیب در رقم 'پاروس' و 'آروماس' مشاهده شد (جدول ۳). تأثیر منفی شوری در کاهش وزن تر و خشک شاخساره در توت‌فرنگی (Karlidag *et al.*, 2011; Jamalian *et al.*, 2014; Jamali *et al.*, 2008) و لوبیا چشم‌بلبلی (El-Mashad & Mohamed, 2012) به اثبات رسیده است. کاربرد خارجی براسینواستروئید در شرایط شوری باعث افزایش وزن تر شاخساره در توت‌فرنگی (Karlidag *et al.*, 2011) و لوبیا چشم‌بلبلی شده است. این اثر مثبت براسینواستروئید را می‌توان به افزایش میزان فتوسنتز، تولید ماده خشک و نیز جذب بیشتر مواد

جدول ۲. تأثیر شوری و براسینواستروئید و برهمکنش آن‌ها بر وزن تر شاخساره (گرم) در توت‌فرنگی رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس'

Table 2. Effect of salinity and BRs and their interaction on shoot fresh weight (g) in strawberry cultivars 'Paros' and 'Aromas'

Salinity (mM)	Cultivar	Brassinosteroid (BRs) (mg l ⁻¹)				Mean
		0	0.25	0.5	1	
0	Paros	51.10 ^{a-d}	52.20 ^{a-d}	54.18 ^{a-c}	58.17 ^a	53.91 ^A
	Aromas	42.73 ^{a-d}	45.26 ^{a-d}	50.00 ^{a-c}	54.40 ^a	48.09 ^A
20	Paros	49.16 ^{cd}	50.80 ^{b-d}	51.04 ^{a-d}	51.70 ^{ab}	50.67 ^A
	Aromas	37.00 ^{cd}	40.80 ^{b-d}	48.04 ^{a-d}	51.70 ^{ab}	44.38 ^A
40	Paros	35.8 ^e	38.3 ^{cd}	41.13 ^{cd}	41.74 ^c	39.24 ^C
	Aromas	36.70 ^{cd}	36.20 ^d	36.40 ^{cd}	36.40 ^d	36.42 ^B
60	Paros	30.11 ^e	33.68 ^{de}	36.47 ^d	37.08 ^c	34.33 ^E
	Aromas	25.20 ^e	25.80 ^{de}	28.65 ^{de}	30.22 ^d	27.46 ^C
Mean	Paros	41.54 ^B	43.74 ^{AB}	45.70 ^{AB}	47.17 ^A	44.53 ^A
	Aromas	35.40 ^B	37.01 ^B	40.77 ^{AB}	43.18 ^A	39.08 ^B

در هر ردیف و هر ستون میانگین‌هایی که دارای دست کم یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرات اصلی) هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each row and column, the averages containing at least one common letter (lower case letters for interactions and upper case letters for the main effects) do not differ significantly at Duncan's 5% level.

BRs: Brassinosteroid

BRs: براسینواستروئید

جدول ۳. تأثیر شوری و براسینواستروئید و برهمکنش آن‌ها بر وزن خشک شاخساره (گرم) در توت‌فرنگی رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس'

Table 3. Effect of salinity and BRs and their interaction on shoot dry weight (g) in strawberry cultivars 'Paros' and 'Aromas'

Salinity (mM)	Cultivar	Brassinosteroid (BRs) (mg l ⁻¹)				Mean
		0	0.25	0.5	1	
0	Paros	10.89 ^{a-c}	10.93 ^{a-c}	12.39 ^{ab}	13.87 ^a	12.02 ^A
	Aromas	9.85 ^{a-c}	9.89 ^{a-c}	11.37 ^{ab}	12.85 ^a	10.99 ^A
20	Paros	8.67 ^c	10.37 ^{bc}	12.07 ^{ab}	12.38 ^{ab}	10.87 ^{AB}
	Aromas	7.65 ^c	9.35 ^{bc}	11.05 ^{ab}	11.36 ^{ab}	9.85 ^{AB}
40	Paros	9.57 ^{bc}	9.87 ^{bc}	9.47 ^{bc}	10.41 ^{bc}	9.83 ^B
	Aromas	8.5 ^{bc}	8.84 ^{bc}	8.45 ^{bc}	7.95 ^c	8.43 ^B
60	Paros	6.53 ^{bc}	6.87 ^{bc}	6.65 ^{bc}	6.93 ^{bc}	6.74 ^C
	Aromas	6.40 ^{bc}	6.75 ^{bc}	6.65 ^{bc}	6.93 ^{bc}	6.60 ^C
Mean	Paros	8.91 ^B	9.51 ^{AB}	10.14 ^{AB}	10.89 ^{AB}	9.88 ^A
	Aromas	8.10 ^B	8.70 ^{AB}	9.33 ^{AB}	9.73 ^{AB}	8.96 ^B

در هر ردیف و هر ستون میانگین‌هایی که دارای دست کم یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرات اصلی) هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each row and column, the averages containing at least one common letter (lower case letters for interactions and upper case letters for the main effects) do not differ significantly at Duncan's 5% level.

BRs: Brassinosteroid

BRs: براسینواستروئید

جدول ۴. تأثیر شوری و براسینواستروئید و برهمکنش آن‌ها بر وزن تر ریشه (گرم) در توت‌فرنگی رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس'

Table 4. Effect of salinity and BRs and their interaction on root fresh weight (g) in strawberry cultivars 'Paros' and 'Aromas'

Salinity (mM)	Cultivar	Brassinosteroid (BRs) (mg l ⁻¹)				Mean
		0	0.25	0.5	1	
0	Paros	28.29 ^{ab}	35.73 ^{ab}	29.70 ^{ab}	38.20 ^{ab}	32.98 ^A
	Aromas	26.30 ^{ab}	33.75 ^{ab}	27.45 ^{ab}	36.22 ^{ab}	30.93 ^A
20	Paros	24.03 ^b	26.38 ^b	40.43 ^a	44.56 ^a	33.85 ^A
	Aromas	22.05 ^b	24.36 ^{ab}	38.47 ^{ab}	41.63 ^a	31.62 ^A
40	Paros	25.47 ^b	24.38 ^b	32.74 ^{ab}	33.63 ^{ab}	29.12 ^A
	Aromas	23.44 ^b	22.41 ^b	30.71 ^{ab}	33.23 ^{ab}	27.44 ^A
60	Paros	16.42 ^b	15.33 ^b	24.36 ^{ab}	26.73 ^{ab}	20.71 ^B
	Aromas	17.37 ^b	16.31 ^b	24.56 ^{ab}	27.49 ^{ab}	21.43 ^B
Mean	Paros	8.91 ^B	9.51 ^{AB}	10.14 ^{AB}	10.89 ^{AB}	29.16 ^A
	Aromas	8.10 ^B	8.70 ^{AB}	9.33 ^{AB}	9.73 ^{AB}	27.85 ^A

در هر ردیف و هر ستون میانگین‌هایی که دارای دست کم یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرات اصلی) هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each row and column, the averages containing at least one common letter (lower case letters for interactions and upper case letters for the main effects) do not differ significantly at Duncan's 5% level.

BRs: Brassinosteroid

BRs: براسینواستروئید

جدول ۵. تأثیر شوری و براسینواستروئید و برهمکنش آن‌ها بر وزن خشک ریشه (گرم) در توت‌فرنگی رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس'
 Table 5. Effect of salinity and BRs and their interaction on root dry weight (g) in strawberry cultivars 'Paros' and 'Aromas'

Salinity (mM)	Cultivar	Brassinosteroid (BRs) (mg l ⁻¹)				Mean
		0	0.25	0.5	1	
0	Paros	6.59 ^{ab}	8.39 ^a	6.76 ^{ab}	7.30 ^{ab}	7.26 ^A
	Aromas	7.57 ^{ab}	9.36 ^a	7.74 ^{ab}	8.33 ^{ab}	8.25 ^A
20	Paros	5.75 ^b	5.90 ^b	7.59 ^{ab}	7.49 ^{ab}	6.68 ^{AB}
	Aromas	6.73 ^b	6.88 ^b	8.58 ^{ab}	8.67 ^{ab}	7.71 ^{AB}
40	Paros	5.57 ^b	5.48 ^b	6.58 ^{ab}	5.19 ^b	5.70 ^B
	Aromas	6.58 ^{ab}	6.49 ^{ab}	6.53 ^{ab}	6.83 ^{ab}	6.60 ^B
60	Paros	4.90 ^{ab}	4.50 ^{ab}	4.34 ^b	4.55 ^b	4.57 ^C
	Aromas	6.52 ^b	6.23 ^b	7.12 ^{ab}	7.87 ^{ab}	6.88 ^B
Mean	Paros	5.70 ^A	6.06 ^A	6.31 ^A	6.13 ^A	6.05 ^A
	Aromas	6.85 ^A	7.24 ^A	7.49 ^A	7.92 ^A	7.36 ^A

در هر ردیف و هر ستون میانگین‌هایی که دارای دست کم یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرات اصلی) هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each row and column, the averages containing at least one common letter (lower case letters for interactions and upper case letters for the main effects) do not differ significantly at Duncan's 5% level.

BRs: Brassinosteroid

BRs: براسینواستروئید

ویژگی‌های میوه و عملکرد

هورمونی میوه و گیاه در اثر تنش شوری می‌باشد، همچنین دلیل کاهش وزن میوه در شرایط تنش شوری ممانعت از جذب و انتقال آب به درون میوه‌ها می‌باشد (Saied *et al.*, 2005). براسینواستروئید به دلیل بالا بردن تولید هورمون‌های اکسین و جیبرلین و نهایتاً به دلیل بالا بردن تقسیم سلولی و رشد میوه‌ها، اندازه، وزن، طول و قطر میوه‌ها را بالا می‌برد (Vardhini *et al.*, 2006). کاهش تعداد فندقه در شرایط شوری به‌علت تأثیر منفی شوری بر تنگی دانه گرده، رشد لوله گرده و باروری فندقه‌ها می‌باشد. کاهش فتوسنتز در اثر شوری، که باعث کاهش تولید ماده خشک در گیاه می‌گردد، می‌تواند از دلایل کاهش وزن میوه در شرایط شوری باشد. نتایج پژوهش بیانگر این است که تنش شوری به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد گیاه در یک دوره ۹۰ روزه شده است به گونه‌ای که در غلظت ۶۰ میلی‌مولار نمک حدود ۴۴ درصد کاهش عملکرد مشاهده شد (جدول ۷). از نظر اثر اصلی، کاربرد براسینواستروئید توانست اثر منفی شوری بر کاهش عملکرد را کاهش دهد و تمام غلظت‌های به کار رفته توانستند نسبت به شاهد باعث افزایش عملکرد شوند هرچند فقط غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر آن دارای تفاوت معنی‌دار با شاهد بود. در برهمکنش بین تیمارهای مختلف بیشترین میزان عملکرد در تیمار شاهد شوری و ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید به‌دست آمد که به میزان ۲۸ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۷). به‌طور کلی از نظر

نتایج بیانگر این است که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن میوه و تعداد فندقه شد، به گونه‌ای که در تیمار ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، وزن میوه حدود ۳۸٪ از تیمار شاهد کمتر بود (جدول ۶). براسینواستروئید توانست به میزان قابل‌توجهی اثر منفی شوری را کاهش دهد. تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید توانست به میزان ۴۷٪ وزن میوه را نسبت به حالت شاهد (بدون براسینواستروئید) افزایش دهد (جدول ۶). در بین تیمارهای مختلف بیشترین میانگین وزن میوه (۱۹/۹۷ گرم) و (۱۸/۵۷ گرم) به ترتیب مربوط به رقم‌های آروماس و پاروس در تیمار شاهد شوری و ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید به‌دست آمد و کمترین میزان نیز ۹/۹۵ و ۹/۸۳ گرم به ترتیب مربوط به رقم‌های آروماس و پاروس در تیمار ۶۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم و شاهد براسینواستروئید بود (جدول‌های ۶). پژوهش‌های پیشین نتایج مشابهی در مورد توت‌فرنگی گزارش کرده‌اند (Kaya *et al.*, 2002; Keutgen & Pawelzik, 2007; Keutgen & Pawelzik, 2009; Saied *et al.*, 2005). با توجه به این که رشد میوه توت‌فرنگی به میزان زیادی وابسته به هورمون اکسین است که از فندقه‌ها تولید شده و باعث رشد نهج زیرین آن‌ها می‌گردد، بنابراین واضح است که با افزایش تعداد فندقه، وزن میوه و اندازه آن افزایش می‌یابد. یکی از دلایل کاهش وزن میوه در گیاهان تحت تنش کلرید سدیم به‌هم‌خوردن تعادل

گل و گل‌آذین در تیمار با براسینواستروئید در شرایط شوری یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان توت‌فرنگی است، و نیز از آنجایی که براسینواستروئید باعث افزایش سیستم ریشه و در نتیجه افزایش جذب آب و مواد معدنی می‌شود و نیز با افزایش در میزان فعالیت فتوسنتزی گیاه باعث تولید بیشتر کربوهیدرات توسط گیاه می‌گردد در نتیجه می‌تواند باعث افزایش عملکرد گیاه در شرایط تنش گردد، همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده این اثرات مثبت براسینواستروئید در رقم 'آروماس' نسبت به 'پاروس' مشهودتر بود.

عملکرد غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید بهترین اثرات را داشتند. در پژوهش‌های پیشین نیز تأثیر منفی شوری بر کاهش عملکرد توت‌فرنگی گزارش شده است (Saied *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2015). کاربرد براسینواستروئید در فلفل باعث افزایش عملکرد گیاه گردید (Samira *et al.*, 2012)، که با نتایج آزمایش ما همسو می‌باشد. محلول پاشی گل ساعتی در طول دوره رشد و نمو با براسینواستروئید با غلظت ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر، عملکرد را به میزان ۶۵ درصد افزایش داد (Gomes *et al.*, 2006).

جدول ۶. تأثیر شوری و براسینواستروئید و برهمکنش آن‌ها بر میانگین وزن میوه (اولین و دومین میوه‌ها) (گرم) توت‌فرنگی رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس'

Table 6. Effect of salinity and BRs and their interaction on average of fruit weight (g) (first and second fruits) in strawberry cultivars 'Paros' and 'Aromas'

Salinity (mM)	Cultivar	Brassinosteroid (BRs) (mg l ⁻¹)				Mean
		0	0.25	0.5	1	
0	Paros	15.80 ^{a-c}	16.23 ^{a-c}	20.02 ^{ab}	22.24 ^a	18.57 ^A
	Aromas	16.70 ^{a-c}	17.22 ^{a-c}	21.08 ^b	24.91 ^a	19.97 ^A
20	Paros	12.43 ^c	15.65 ^{a-c}	18.42 ^{ab}	19.62 ^a	16.53 ^{AB}
	Aromas	13.42 ^c	16.63 ^{a-c}	19.44 ^{ab}	20.65 ^{ab}	17.53 ^{AB}
40	Paros	11.80 ^c	15.33 ^{bc}	15.83 ^{bc}	17.67 ^{ab}	15.15 ^B
	Aromas	12.72 ^c	16.37 ^{a-c}	16.92 ^{a-c}	17.01 ^{a-c}	15.75 ^B
60	Paros	9.83 ^c	13.23 ^{a-c}	14.25 ^{bc}	14.67 ^{bc}	12.99 ^C
	Aromas	9.65 ^c	12.38 ^{bc}	15.93 ^{ab}	16.02 ^{ab}	13.49 ^C
Mean	Paros	12.46 ^B	15.11 ^{AB}	17.13 ^A	18.55 ^A	15.81 ^B
	Aromas	13.12 ^C	15.65 ^B	18.34 ^A	19.64 ^A	16.68 ^A

در هر ردیف و هر ستون میانگین‌هایی که دارای دست کم یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرات اصلی) هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each row and column, the averages containing at least one common letter (lower case letters for interactions and upper case letters for the main effects) do not differ significantly at Duncan's 5% level.

BRs: Brassinosteroid

BRs: براسینواستروئید

جدول ۷. تأثیر شوری و براسینواستروئید و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد تک بوته (گرم) توت‌فرنگی رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس'

Table 7. Effect of salinity and Brassinosteroid and their interaction on yield per plant (g) in Strawberry cultivars 'Paros' and 'Aromas'

Salinity (mM)	Cultivar	Brassinosteroid (BRs) (mg l ⁻¹)				Mean
		0	0.25	0.5	1	
0	Paros	110.26 ^{a-c}	119.63 ^{a-c}	142.80 ^{a-c}	153.23 ^a	131.48 ^A
	Aromas	123.26 ^{a-c}	122.43 ^{a-c}	153.60 ^{a-c}	165.23 ^a	141.13 ^A
20	Paros	93.12 ^c	106.63 ^{bc}	112.45 ^{a-c}	133.85 ^{ab}	111.51 ^{AB}
	Aromas	106.11 ^c	117.23 ^{bc}	123.54 ^{a-c}	142.73 ^{ab}	122.40 ^{AB}
40	Paros	87.10 ^c	97.03 ^c	109.10 ^{a-c}	112.60 ^{a-c}	101.45 ^B
	Aromas	100.14 ^c	110.25 ^c	124.82 ^{a-c}	127.65 ^{a-c}	115.71 ^B
60	Paros	67.19 ^c	76.06 ^c	89.13 ^{a-c}	90.15 ^{a-c}	80.63 ^C
	Aromas	70.23 ^c	105.06 ^c	112.18 ^{a-c}	121.34 ^{a-c}	102.20 ^C
Mean	Paros	89.41 ^B	99.83 ^B	113.37 ^{AB}	122.45 ^A	106.26 ^B
	Aromas	99.93 ^B	113.74 ^B	128.53 ^{AB}	139.23 ^A	120.36 ^A

در هر ردیف و هر ستون میانگین‌هایی که دارای دست کم یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرات اصلی) هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each row and column, the averages containing at least one common letter (lower case letters for interactions and upper case letters for the main effects) do not differ significantly at Duncan's 5% level.

BRs: Brassinosteroid

BRs: براسینواستروئید

ویژگی‌های کیفی میوه

با افزایش در غلظت کلرید سدیم درصد اسیددیده میوه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و تیمار ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم دارای تفاوت معنی‌دار با شاهد بود (جدول ۸). با افزایش غلظت نمک از ۰ به ۶۰ میلی‌مولار، درصد اسیددیده میوه به میزان ۱۲ درصد در رقم پاروس کاهش یافت (جدول ۸). دربرهمکنش بین شوری و براسینواستروئید بیشترین میزان اسیددیده در تیمار شاهد شوری و ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید دیده شد که حدود ۱/۶۲ و ۱/۵۷ درصد به‌ترتیب در رقم‌های آروماس و پاروس بود. کمترین درصد اسیددیده هم ۰/۹۵ و ۰/۹۴ درصد در تیمار ۶۰ میلی‌مولار شوری و ۰ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید در رقم‌های آروماس و پاروس مشاهده شد (جدول ۸). پایین آمدن مقدار اسید قابل تیتر میوه در شرایط تنش شوری به دلیل این است که افزایش مقدار کلرید سدیم و تنش ناشی از آن در گیاه موجب تنفس سلولی و اکسیدشدن بیشتر اسیدهای آلی می‌شود و این امر منجر به مصرف بیشتر اسیدهای میوه و کاهش درصد اسید قابل تیتر میوه می‌گردد. کاربرد براسینواستروئید با کاهش اکسیداسیون سلولی منجر به کاهش مصرف اسیدهای آلی نسبت به شاهد در میوه توت‌فرنگی می‌شود (Mohammadrezakhani *et al.*, 2016). هورمون براسینواستروئید با کاهش

میزان تنفس، در پایان مرحله رشد میوه، باعث حفظ اسیدهای آلی بیشتری می‌شود و این نتایج با تحقیقات انجام شده در توت‌فرنگی (Keutgen & Pawelzik, 2007) و گیلان (Roghabadi & Pakkish, 2014) مطابقت داشت. تنش شوری باعث کاهش میزان مواد جامد محلول شد هر چند که این کاهش معنی‌دار نبوده‌است (جدول ۹). بر اساس نتایج، با افزایش غلظت نمک میزان مواد جامد محلول نیز کاهش یافت و در تیمار ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم این شاخص به میزان ۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (جدول ۹). کاربرد براسینواستروئید باعث کاهش معنی‌دار میزان مواد جامد محلول شد. در برهمکنش بین شوری و براسینواستروئید بیشترین میزان مواد جامد محلول (۱۱/۲۷٪) و (۱۰/۱۵٪) در تیمار شاهد و کمترین میزان (۷/۹۶٪) و (۶/۶۵٪) در تیمار ۶۰ میلی‌مولار شوری و ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید به‌ترتیب در رقم‌های آروماس و پاروس مشاهده شد (جدول ۹). کاهش کربوهیدرات در شرایط شوری شاید به دلیل مصرف ترکیبات حاصل از سوخت و ساز به منظور حفظ پایداری اسمزی، تولید آنتی‌اکسیدانت‌ها و پروتئین‌هایی که در تحمل به تنش نقش دارند و نیز کاهش میزان کلی فتوسنتز باشد (Saied *et al.*, 2005). در پژوهش‌های پیشین نیز نتایج مشابهی در توت‌فرنگی به اثبات رسیده‌است (Keutgen & Pawelzik, 2007).

جدول ۸. تأثیر شوری و براسینواستروئید و برهمکنش آن‌ها بر درصد اسیددیده (درصد) توت‌فرنگی رقم‌های 'پاروس' و 'آروماس'

Table 8. The effect of salinity and BRs and their interaction on percentage of fruit juice acidity (Percent) of Strawberry cultivars 'Paros' and 'Aromas'

Salinity (mM)	Cultivar	Brassinosteroid (BRs) (mg l ⁻¹)				Mean
		0	0.25	0.5	1	
0	Paros	1.13 ^b	1.18 ^{ab}	1.52 ^a	1.57 ^a	1.35 ^A
	Aromas	1.16 ^b	1.27 ^{ab}	1.54 ^a	1.62 ^a	1.37 ^A
20	Paros	1.04 ^b	1.19 ^{ab}	1.33 ^{ab}	1.46 ^a	1.25 ^{AB}
	Aromas	1.11 ^b	1.22 ^{ab}	1.36 ^{ab}	1.52 ^a	1.30 ^{AB}
40	Paros	0.97 ^b	0.99 ^b	1.05 ^b	1.14 ^a	1.03 ^B
	Aromas	0.99 ^b	1.01 ^b	1.08 ^b	1.22 ^a	1.07 ^B
60	Paros	0.94 ^b	0.96 ^b	1.02 ^b	1.10 ^b	1.00 ^B
	Aromas	0.95 ^b	0.97 ^b	1.03 ^{ab}	1.12 ^a	1.01 ^C
Mean	Paros	1.02 ^B	1.08 ^B	1.23 ^A	1.31 ^A	1.15 ^B
	Aromas	1.05 ^B	1.13 ^B	1.25 ^A	1.37 ^A	1.18 ^B

در هر ردیف و هر ستون میانگین‌هایی که دارای دست کم یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرات اصلی) هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each row and column, the averages containing at least one common letter (lower case letters for interactions and upper case letters for the main effects) do not differ significantly at Duncan's 5% level.

BRs: Brassinosteroid

BRs: براسینواستروئید

جدول ۹. تأثیر شوری و براسینواستروئید و برهمکنش آن‌ها بر میزان TSS (درصد) توت‌فرنگی رقم های 'پاروس' و 'آروماس'
Table 9. The effect of salinity and BRs and their interaction on TSS percentage of fruit juice of Strawberry cultivars 'Paros' and 'Aromas'

Salinity (mM)	Cultivar	Brassinosteroid (BRs) (mg l ⁻¹)				Mean
		0	0.25	0.5	1	
0	Paros	9.27 ^{ab}	9.29 ^{ab}	8.75 ^b	9.80 ^{ab}	9.27 ^A
	Aromas	11.27 ^a	10.37 ^{ab}	9.78 ^b	10.81 ^a	10.55 ^A
20	Paros	10.15 ^a	8.80 ^b	9.05 ^{ab}	9.87 ^{ab}	9.46 ^A
	Aromas	10.26 ^{ab}	9.86 ^b	10.08 ^{ab}	10.89 ^{ab}	10.27 ^A
40	Paros	9.14 ^{ab}	8.82 ^{ab}	8.97 ^{ab}	8.75 ^{ab}	8.92 ^A
	Aromas	10.16 ^{ab}	9.93 ^{ab}	9.96 ^{ab}	9.99 ^{ab}	10.01 ^A
60	Paros	7.15 ^{ab}	6.85 ^{ab}	6.98 ^{ab}	6.65 ^{ab}	6.90 ^B
	Aromas	8.15 ^{ab}	8.20 ^{ab}	8.26 ^{ab}	7.96 ^{ab}	8.14 ^B
Mean	Paros	8.92 ^A	8.44 ^A	8.43 ^A	8.76 ^A	8.63 ^B
	Aromas	9.96 ^A	9.59 ^A	9.52 ^A	9.91 ^A	9.74 ^A

در هر ردیف و هر ستون میانگین‌هایی که دارای دست کم یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرات اصلی) هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

In each row and column, the averages containing at least one common letter (lower case letters for interactions and upper case letters for the main effects) do not differ significantly at Duncan's 5% level.

BRs: Brassinosteroid

BRs: براسینواستروئید

نتیجه‌گیری کلی

تنش شوری یکی از فاکتورهایی است که بر تمامی متابولیسم‌های گیاه اثر می‌گذارد. بنابر نتایج به‌دست آمده در این پژوهش تنش شوری باعث کاهش رشد گردید و با افزایش غلظت کلرید سدیم بیشتر ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه تحت تأثیر منفی تنش قرار گرفتند. تیمارهای مختلف براسینواستروئید توانست به‌طور معنی‌داری اثر منفی شوری بر هر دو رقم توت‌فرنگی به خصوص رقم 'آروماس' را کاهش دهد و در بین غلظت‌های مختلف مورد استفاده غلظت ۰/۵ و ۱ میلی گرم بر لیتر بیشتر نمایان بود.

محلول پاشی گل ساعتی در طول دوره رشد و نمو با براسینواستروئید با غلظت ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر در شرایط بدون تنش، میزان مواد جامد محلول میوه را ۷ درصد افزایش داد (Gomes *et al.*, 2006). در گیلاس کاربرد براسینواستروئید در شرایط بدون تنش، میزان قندهای احیاکننده و کل مواد جامد محلول را افزایش داد (Roghabadi & Pakkish, 2014). شاید یکی از دلایل افزایش مواد جامد محلول در شرایط بدون تنش در تیمار با براسینواستروئید دسترسی بیشتر به ذخایر کربوهیدراتی و رشد و نمو بهتر میوه باشد که باعث تجمع مقادیر بیشتری از مواد جامد محلول در میوه می‌گردد.

REFERENCES

- Ali, B. (2017). Practical applications of brassinosteroids in horticulture—some field perspectives. *Scientia Horticulturae*, 225, 15-21.
- Bajguz, A. & Tretyn, A. (2003). The chemical characteristic and distribution of brassinosteroids in plants. *Phytochemistry*, 62(7), 1027-1046.
- Dong, Y. J., Wang, W. W., Hu, G. Q., Chen, W. F., Zhuge, Y. P., Wang, Z. L. & He, M. R. (2017). Role of Exogenous 24-Epibrassinolide in Enhancing the Salt Tolerance of Wheat Seedlings. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(3), 554-569.
- Eleiwa, M. E., Bafeel, S. O. & Ibrahim, S. A. (2011). Influence of brassinosteroids on wheat plant (*Triticum aestivum* L.) production under salinity stress conditions I-growth parameters and photosynthetic pigments. *Austria Journal of Basic Apply Science*, 5(5), 58-65.
- El-Mashad, A. A. A. & Mohamed, H. I. (2012). Brassinolide alleviates salt stress and increases antioxidant activity of cowpea plants (*Vigna sinensis*). *Protoplasma*, 249(3), 625-635.
- Eshghi, S. Moharami, S. & Jamali, B. (2017). Effect of salicylic acid on growth, yield and fruit quality of strawberry cv. 'Paros' under salinity conditions. *Greenhouse Culture Science and Technology, Isfahan University of Technology*, 7(28), 163-173. (in Farsi)
- Fariduddin, Q., Ahmed, M., Mir, B. A., Yusuf, M. & Khan, T. A. (2015). 24-Epibrassinolide mitigates the adverse effects of manganese induced toxicity through improved antioxidant system and photosynthetic attributes in *Brassica juncea*. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(15), 11349-11359.

8. Fariduddin, Q., Yusuf, M., Hayat, S. & Ahmad, A. (2009). Effect of 28-homobrassinolide on antioxidant capacity and photosynthesis in *Brassica juncea* plants exposed to different levels of copper. *Environmental and Experimental Botany*, 66(3), 418-424.
9. Feizi, M., Hajabassi, M. A. & Mostafazadeh-Fard, B. (2010). Saline irrigation water management strategies for better yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in an arid region. *Australian Journal of Crop Science*, 4(6), 408-414.
10. Gomes, M. D. M. A., Campostrini, E., Leal, N. R., Viana, A. P., Ferraz, T. M., do Nascimento Siqueira, L. & Zullo, M. A. T. (2006). Brassinosteroid analogue effects on the yield of yellow passion fruit plants (*Passiflora edulis*). *Scientia Horticulturae*, 110(3), 235-240.
11. Jamalian, S., Tehranifar, A. Tafazoli, E. Eshghi, S. & Davarynejad, Gh.H. (2008). Paclobutrazol application ameliorates the negative effect of salt stress on reproductive growth, yield, and fruit quality of strawberry plants. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 49(4), 1-6.
12. Jamali, B., Eshghi, S. & Kholdebarin, B. (2014). Response of strawberry 'Selva' plants on foliar application of sodium nitroprusside (nitric oxide donor) under saline conditions. *Journal of Horticultural Research*, 22 (2), 139-150.
13. Karlidag, H., Yildirim, E. & Turan, M. (2011). Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed strawberry (*Fragaria × ananassa*). *Scientia Horticulturae*, 130(1), 133-140.
14. Kaya, C., H. Kirnak, D. Higgs & Saltati, K. (2002). Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae*, 93(1), 65-74.
15. Keutgen, A. J. & Pawelzik, E. (2009). Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. *Environmental and experimental botany*, 65(2), 170-176.
16. Keutgen, A. & Pawelzik, E. (2007). Modifications of taste-relevant compounds in strawberry fruit under NaCl salinity. *Food Chemistry*, 105(4), 1487-1494.
17. Mohammadrezakhani, S., Pakkish, Z. & Rafeii, S. (2016). Role of brassinosteroid on qualitative characteristics improvement of strawberry fruit cv. 'Paros'. *Journal of Horticulture Science*, 30(2), 316-326. (in Farsi)
18. Ogwen, J. O., Song, X. S., Shi, K., Hu, W. H., Mao, W. H., Zhou, Y. H. & Nogués, S. (2008). Brassinosteroids alleviate heat-induced inhibition of photosynthesis by increasing carboxylation efficiency and enhancing antioxidant systems in *Lycopersicon esculentum*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 27(1), 49-57.
19. Orsini, F., Alnayef, M., Bona, S., Maggio, A. & Gianquinto, G. (2012). Low stomatal density and reduced transpiration facilitate strawberry adaptation to salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 81, 1-10.
20. Pereira-Netto, A. B., Cruz-Silva, C. T. A., Schaefer, S., Ramírez, J. A. & Galagovsky, L. R. (2006). Brassinosteroid-stimulated branch elongation in the marubakaido apple rootstock. *Trees*, 20(3), 286-291.
21. Roghabadi, A. R. & Pakkish, Z. (2014). Role of brassinosteroid on yield, fruit quality and postharvest storage of 'Tak Danehe Mashhad' sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Agricultural Communications*, 2(4), 49-56.
22. Saadati, S. & Moallemi, N. (2011). A study of the effect of zinc foliar application on growth and yield of strawberry plant under saline conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(3), 267-275. (in Farsi)
23. Saied, A. S., Keutgen, A. J. & Noga, G. (2005). The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'. *Scientia Horticulturae*, 103(3), 289-303.
24. Samira, I. M. H., Bouthaina, D. M., Samia, B. M. G. & Mounir, D. (2012). 24-Epibrassinolide ameliorates the adverse effect of salt stress (NaCl) on pepper (*Capsicum annum* L.). *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 8(1), 229-238.
25. Sun, Y., Niu, G., Wallace, R., Masabni, J. & Gu, M. (2015). Relative salt tolerance of seven strawberry cultivars. *Horticulturae*, 1(1), 27-43.
26. Vardhini, B. V., Anuradha, S. & Rao, S. S. R. (2006). Brassinosteroids-New class of plant hormone with potential to improve crop productivity. *Indian Journal of Plant Physiology*, 11(1), 1-9.