اثر برهم‌کنش ساکارز و اسید بوریک بر عملکرد گوجه فرنگی گلخانه‌ای

مجید مثنایی[1*]، کامبیز مشایخی[1]، پویان مهربان جوبنی[2]، سید جواد موسوی‌زاده[1]
[1] گروه باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[2] گروه علوم پایه، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[*]نویسنده مسئول: majidhort79@gmail.com

چکیده

باتوجه به کشت‌های گلخانه‌ای گیاهان باغی مانند گوجه‌فرنگی *Solanum lycopersicum* به‌صورت آبکشت و بدون خاک، لزوم تغذیه مناسب گیاهان و استفاده از عناصر و ترکیباتی که سبب افزایش عملکرد شوند، بیش از پیش لازم و ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور مطالعه حاضر باهدف بررسی کاربرد ساکارز ریشه‌ای در برهم‌کنش با غلظت‌های مختلف بور به صورت اسید بوریک بر رشد و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی انجام شد. آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۶ تکرار انجام گرفت و تیمارهای در نظر گرفته شده شامل ۰ و ۰/۲ درصد ساکارز و غلظت‌های صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید بوریک به‌صورت ریشه‌ای طی ۱۵ هفته از مهر تا بهمن ماه در شرایط گلخانه ای انجام شد. بررسی نتایج نشان داد که در ماه مهر و آبان/ تفاوت معنی‌داری در وزن و عملکرد میوه مشاهده نشد. اما در ماه‌های آذر و دی / با توجه به شرایط کم نوری و کاهش عملکرد کلی گیاه گوجه فرنگی، تیمار ساکارز به همراه ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید بوریک در مقایسه با گیاهان شاهد سبب افزایش وزن میوه و عملکرد گیاه شد. همچنین وزن تجمعی میوه‌های برداشت شده در طی ۱۵ هفته نیز افزایش معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد نشان داد. به نظر می‌رسد تیمار اسید بوریک سبب تسهیل انتقال ساکارز ریشه‌ای به بخش‌های هوایی گیاه و از طریق افزایش فتوسنتز در شرایط کم نوری سبب افزایش عملکرد گیاه گوجه فرنگی شده است.

واژه‌های کلیدی : اسید بوریک، ساکارز، گلخانه، گوجه فرنگی

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicum* به‌دلیل سازگاری گسترده با شرایط آب و هوایی مختلف، یکی از مهم‌ترین محصولات گیاهی است که به‌طور معمول در جهان رشد می‌کند. این گیاه از سبزیجات مهم تیره Solanaceae می‌باشد که به‌دلیل کالری کم، غنی بودن از آهن، ویتامین‌های C، A و آنتی اکسیدان لیکوپن در سراسر جهان مصرف می‌شود (Rai *et al*., 2013). مصرف این محصول در رژیم غذایی روزانه مردم بسیاری از کشورها قابل‌توجه است؛ به طوری که پس از سیب‌زمینی دومین سبزی پرمصرف می‌باشد (FAOSTAT, 2018). بر پایهٔ آمار موجود، تولید گوجه‌فرنگی در دنیا در سال ۲۰۱۸ بالغ بر ۱۸۲ میلیون تن بوده است که ایران با تولید بیش از ۶ میلیون تن پس از کشورهای چین، هند، آمریکا، ترکیه و مصر ششمین تولیدکننده عمده این محصول است و حدود ۳/۲ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین ایران با بیش از ۵۷۰ هزار تن صادرات در سال ۲۰۱۸، پنجمین کشور صادرکننده دنیا به حساب می‌آید (FAOSTAT, 2018). بور تنها شبه‌فلز در بین عناصر غذایی کم‌مصرف می‌باشد که در محلول خاک و در شرایط pH فیزیولوژیکی و غیاب ملکول‌های زیستی به‌صورت اسیدبوریک بدون بار [$B(OH)_3$] وجود دارد و به همین صورت نیز جذب گیاه می‌گردد (Camacho-Cristóbal *et al*., 2008). بور یک عنصر ریز مغذی است که برای رشد و نمو طبیعی گیاه مورد نیاز است و این عنصر بر روی استحکام و رشد دیواره سلولی، رشد و نمو بذر و میوه، انتقال قند، توسعه هورمون، عملکرد غشاء، متابولیسم اسید ریبونوکلئیک (RNA)، تقسیم سلولی، تنفس و متابولیسم اسید ایندول استیک **(**IAA**)** و علاوه بر این، برای سایر عملکردهای فیزیولوژیکی گیاه مانند متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین، متابولیسم ایندول استیک اسید، سنتز دیواره سلول و متابولیسم فنل ضروری است(Naqib and Jahan, 2017). انتقال بخش اعظم بور از طریق آوندهای چوبی انجام می‌گیرد. پیدایش نشانه‌های کمبود بور در بافت‌های جوان نیز به علت وابستگی انتقال آن به جریان شیره خام است. بور بیشتر در بساک و کلاله و تخمدان متمرکز می‌شود و این تراکم گاهی به دو برابر غلظت آن در ساقه می‌رسد(Takano *et al*., 2008).

گوجه‌فرنگی یکی از محصولاتی است که به خوبی به کاربرد بور پاسخ می‌دهد. پوسیدگی انتهای شکوفه گوجه‌فرنگی به دلیل علائم کمبود آن است که ارزش اقتصادی گوجه‌فرنگی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (Naga Sivaiah *et al*., 2013).

ساکارز، محصول اولیه فتوسنتز در بیشتر گیاهان و منبع مهمی از کربن و انرژی است که از طریق آوند آبکش از منابع تولید آن به نقاط مصرف در گیاه منتقل می شود تا در طی فرآیندهای فیزیولوژیکی به رشد و نمو گیاه کمک کند.(Li *et al*., 2020). ساکارز می‌تواند پتانسیل آب سلول‌ها را برای مقاومت در برابر محیط های نامطلوب کاهش دهد (Baque *et al*., 2011). به‌طور کلی پذیرفته شده است که این قند در تنظیم فرآیندهای مهم متابولیکی از جمله جذب و انتقال کربن و نیتروژن و پاسخ به آسیب اکسیداتیو نقش اساسی دارد و نقش آن با قندهای دیگر مانند گلوگز جایگزین نمی‌شود.

با توجه به نقشی که برای بور و ساکارز تعریف گردید پیش‌بینی شد که استفاده هم‌زمان این دو ماده می‌تواند بسیار موثرتر از استفاده هر یک از آنها به تنهایی باشد. به عبارت دیگر توسط این روش می‌توان ساکارز را بهتر به درون گیاه منتقل و در آن به حرکت در آورد. علیرغم مطالعات تیمارهای توام ساکارز و بور به صورت محلول‌پاشی برگی در گیاهان، اطلاعات کمی در ارتباط با تأثیر بور و ساکارز در محیط کشت هیدروپونیک در شرایط کشت گلخانه‌ای وجود دارد. بدین منظور مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر غلظت‌های مختلف بور در برهم‌کنش آن با کاربرد ساکارز بر رشد و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی به صورت ریشه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه ی هیدروپونیک سبزی و صیفی شرکت زراعی دشت ناز ساری انجام شد. رقم گوجه‌فرنگی ساخیا (شرکت ریکزوان هلند) با خصوصیات بوته قوی، فرم بوته باز، میوه درشت با متوسط وزن میوه ۲۵۰–۲۳۰ گرم می‌باشد که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. بذر این رقم که از ارقام مهم تجاری کشت گوجه‌فرنگی هیدروپونیک به شمار می‌آیند، در سینی‌های کشت نشاء با سلول‌های ۵۶ میلی‌لیتری حاوی محیط کشت (۶۰٪ پیت‌ماس سیاه، ۲۰٪ پیت‌ماس قهوه‌ای و ۲۰٪ پرلیت دانه‌ریز) کشت داده شد و سپس تا مرحله ریشه دار شدن وارد اتاق جوانه زنی بذر شده و تحت شرایط دمایی ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۸۰–۹۰ درصد در شرایط تاریکی قرار گرفت. نشاءها پس از ریشه‌دار شدن جهت تکمیل فرایند رشدی خود به مدت ۳هفته در واحد خزانه نگهداری و در هفته آخر مردادماه به گلخانه انتقال یافته و در بسترهای کشت کوکوپیت با ابعاد ۱۰۰×۱۸×۱۴cm به تعداد ۳ بوته در هر گرویگ کشت شد. بوته‌ها تا آخر اسفندماه در گلخانه نگهداری شد و محیط کشت مورد استفاده در این آزمایش و آب مورد استفاده آب باران و آب چاه با مشخصاتی است که در جدول ۱ نشان داده شده است.

۱- جدول هدایت الکتریکی آب باران و آب چاه و آنیون‌ها و کاتیون‌های آب چاه استفاده شده در آزمایش

آب باران	EC= 0.02 $dS.m^{-1}$
آب چاه ($mg.L^{-1}$)	EC= 0.73 $dS.m^{-1}$
2.2	NO_3^-
360.5	HCO_3
Nill	P_2O_5
52.1	SO_4^{2}
31.5	Cl^-
71.4	Ca^{2+}
28	Mg^{2+}
2.	K^+
Nill	NH_4^+
40	Na^+

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تکرار و ۳ بوته در هر تکرار انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل بور در ۴ سطح صفر (شاهد)، ۰/۰۱ درصد، ۰/۰۲ درصد و ۰/۰۳ درصد به ترتیب معادل صفر، ۱۸، ۳۶ و ۵۳ میلی‌گرم در لیتر بور به صورت اسیدبوریک در محیط ریشه و فاکتور دوم / ساکارز در دو سطح صفر و ۰/۲ درصد ریشه‌ای در طی ۱۵ هفته بعد از دوره گلدهی و میوه‌دهی انجام

شد. میانگین وزن میوه (وزن میوه‌ها در مرحله رنگ‌گیری یعنی زمانی که ۹۰٪ از سطح میوه به رنگ قرمز باشد) با ترازو و طول و قطر میوه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد.

قبل از تجزیه واریانس صفات یا معیارهای مورد اندازه‌گیری، فرض نرمال بودن داده‌ها برای تمامی صفات توسط نرم‌افزار SAS مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ و توسط نرم‌افزار SAS انجام شد.

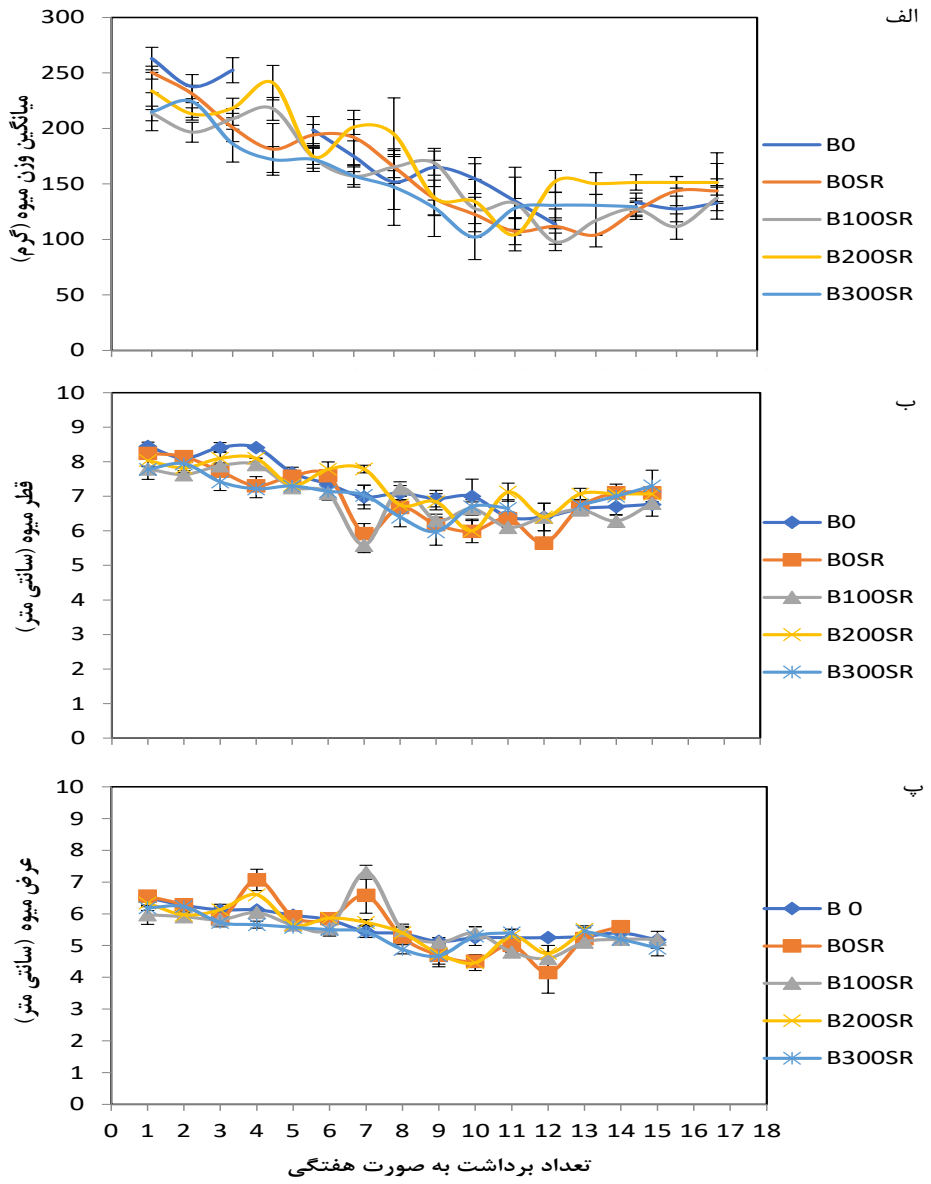
نتایج و بحث

نتایج آنالیز آماری تغییرات وزن، قطر و عرض میوه در شکل ۱ نشان داده شده است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در هفته های اول تا هشتم بعد از تیمار ساکارز و بور ریشه‌ای تفاوت معنی داری در عملکرد گیاه گوجه فرنگی نسبت به شاهد وجود نداشت، اما با توجه به شرایط کم نوری در آذر ماه و کاهش عملکرد به تدریج تیمار اسید بوریک به همراه ساکارز ریشه‌ای سبب افزایش وزن میوه‌ها شد، به طوری که تیمار ساکارز ریشه‌ای / سبب افزایش معنی‌دار وزن میوه از هفته دوازدهم نسبت به تیمار شاهد و دیگر تیمارها شده است. همراه با افزایش تیمار اسید بوریک تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر از مقدار وزن میوه کاسته شد (شکل ۱ الف). /وزن تجمعی و تعداد میوه‌های برداشت شده در طی ۱۵ هفته نیز افزایش معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد و دیگر تیمارها نشان داد (جدول ۱). با وجود افزایش عملکرد تفاوت معنی‌داری در مقدار قطر و عرض میوه در بین تیمارها مشاهده نشد (شکل ۱ ب و پ). گزارشات متعددی در رابطه با ارتباط ساکارز با انتقال بور در گیاهان وجود دارد. ثابت شده است که کاربرد ساکارز سبب افزایش رنگ میوه در گوجه‌فرنگی می‌شود (Ghorbani *et al*., 2015). از طرفی، انتقال کربوهیدرات‌ها در حضور عنصر بور با سرعت بیشتری انجام می‌گیرد. مشایخی و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که محلول‌پاشی اسید بوریک ۰/۱ درصد و ساکارز ۱۰ درصد در گیاه گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی مقدار کلروفیل و قندهای برگ را افزایش داد. بور سبب انتقال قندها به شکل ساکارز در گیاهان می‌شود که علت آن به دلیل ترکیب قند- بور بوده که می‌تواند سریع تر از قند ساده از غشای تراوایی سلول عبور کند. به نظر می‌رسد تیمار اسید بوریک سبب تسهیل انتقال ساکارز ریشه‌ای به بخش‌های هوایی گیاه و از طریق افزایش فتوسنتز در شرایط کم نوری سبب افزایش عملکرد گیاه گوجه فرنگی شده است.

جدول ۱- برهم‌کنش تیمارهای مختلف کاربرد ریشه ای ساکارز و بور / / بر تعداد میوه، / وزن تجمعی میوه و میانگین قطر و عرض میوه طی ۱۵ هفته

تیمار	تعداد میوه	وزن تجمعی میوه (گرم)	قطر میوه (سانتی‌متر)	عرض میوه (سانتی‌متر)
شاهد	۱۰۷	۱۹۳۱۴	۷/۳۶±۰/۳	۵/۷۰±۰/۰۹
ساکارز ۰/۲درصد	۱۱۴	۱۹۴۷۸	۷/۱۳±۰/۱	۵/۷۲±۰/۱۱
ساکارز ۰/۲ درصد + اسید بوریک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۰۰	۱۶۸۳۳	۷/۰۶±۰/۱	۵/۷۱±۰/۰۸
ساکارز ۰/۲ درصد + اسید بوریک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۱۶	۲۰۶۲۷	۷/۳۷±۰/۲	۵/۶۲±۰/۰۵
ساکارز ۰/۲ درصد +اسید بوریک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۱۰	۱۸۱۴۴	۷/۱۵±۰/۳	۵/۵۴±۰/۰۷

± نشان‌دهنده خطای استاندارد می باشد.



شکل ۱- برهم‌کنش تیمارهای مختلف کاربرد ریشه ای ساکارز و بور /بر میانگین وزن (الف)، قطر (ب) و عرض (پ) میوه در هر هفته. میله‌های روی هریک از ستون‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد با شش تکرار می‌باشد.

B0 شاهد، B0SR اسید بوریک صفر به همراه ساکارز ۰/۲ درصد ریشه‌ای، B100SR اسید بوریک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه ساکارز ۰/۲ درصد ریشه‌ای، B200SR اسید بوریک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه ساکارز ۰/۲ درصد ریشه‌ای، B300SR اسید بوریک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه ساکارز ۰/۲ درصد ریشه‌ای

منابع

مشایخی، ک.، کیخا، ز.، موحدی نایینی، س. ع.، کامکار، ب.، و موسوی‌زاده، ج. ۱۳۹۵. کیفیت نشاء و میوه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) رقم سوپراَ در پاسخ به تغذیه ساکارز و اسیدبوریک. علوم سبزی‌ها، ۲: ۶۱-۷۳.

Baque, M.A., Shin, Y.K., Lee, E.J., Paek, K.Y. 2011. Effect of light quality, sucrose and coconut water concentration on the microporpagation of Calanthe hybrids (Bukduseong Hyesung and Chunkwang Hyesung). Australian Journal of Crop Science. 5(10): p.1247

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

FAOSTAT, F. 2018. Crop statistics.

Ghorbani, D.A., Mashayekhi, K., Kamkar, B. 2015. Effect of foliar application sucrose, boron, potassium nitrate and salicylic acid on yield and yield components of tomato var. Super A. Research in Crop Ecosystems, 2(1): 43-52.

Li, C., Liu, Y., Tian, J., Zhu, Y., Fan, J. 2020. Changes in sucrose metabolism in maize varieties with different cadmium sensitivities under cadmium stress. PloS one, 15(12), e0243835.

Naga Sivaiah, K., Swain, S.K., Sandeep Varma, V., Raju, B. 2013. Effect of foliar application of micronutrients on growth parameters in tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). Discourse J Agric Food Sci, 1(10): 146-151.

Naqib, S.A., Jahan, M.S. 2017. The function of molybdenum and boron on the plants. J. Agric. Res, 2(3), 136-141.

Rai, A.C., Singh, M., Shah, K. 2013. Engineering Drought Tolerant Tomato Plants Over-expressing BcZAT12 Gene Encoding a C2H2 Zinc Finger Transcription Factor. Phytochemistry, 85: 44-50.

Takano, J., Miwa, K., Fujiwara, T. 2008. Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. Trends in Plant Science, 13: 451-457.

Effect of sucrose application and its interaction with boric acid on yield of greenhouse tomato

Majid Mosanaii[*1], Kambiz Mashayekhi[1], Pooyan Mehrabanjoubani[2], Seyyed Javad Mousavizadeh[1]
[1]Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
[2]Department of Basic Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
[*]*Corresponding Author: majidhort79@gmail.com*

Abstract

According to the greenhouse cultivation of horticultural plants such as tomato (*Solanum lycopersicum*) in the form of hydroponic medium culture, the use of suitable nutrients that increase yield is necessary. Therefore, the present study was carried out to investigate the application of sucrose and interaction with different concentrations of boron as boric acid on the growth and yield of tomato plants. This experiment was performed in greenhouse conditions and based on a completely randomized design and the treatments including 0 and 0.2% sucrose and concentrations of 0, 100, 200 and 300 mg/L boric acid in culture medium with 6 repetitions in 15 weeks from October to February. The results showed that in October and November there was no significant difference in weight and yield of all treatments. However, in December and January, due to low light conditions and reduced yield of all treatments, the application of sucrose along with boric acid 200 mg/L increased fruit weight and yield compared to control plants. Also, the cumulative weight of fruits harvested during 15 weeks showed a significant increase compared to control plants. It seems that boric acid treatment facilitates the transfer of sucrose in root to the aerial parts of the plant and increases the yield of the tomato plant by increasing photosynthesis in low light conditions.
Keywords: Boric acid, Sucrose, Greenhouse, Tomato