مقاله پژوهشی

تأثیر سولفات روی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی انگور تحت شرایط سمیت بور

سکینه توکلی[۱]، جعفر امیری [۱*] و محسن برین[۲]

[۱] گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

[۲] گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سولفات روی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در دو رقم انگور (قزل‌اوزوم و حسینی) در شرایط سمیت بور آزمایش گلخانه‌ای با سه فاکتور شامل دو رقم انگور (قزل‌اوزوم و حسینی)، چهار سطح بور شامل ۰/۲۵ (شاهد)، ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و سه سطح سولفات روی صفر (شاهد)، ۳ و ۶ گرم در لیتر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار و در مدّت شش ماه انجام شد. وزن تر برگ در تیمارهای ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور(بدون کاربرد سولفات روی) به‌ترتیب ۶۸/۵۵ و ۴۹ درصد و وزن خشک برگ در تیمارهای ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور(بدون کاربرد سولفات روی) به‌ترتیب ۶۵/۴۴ و ۸۶/۹ درصد در مقایسه با شاهد، کاهش یافت. در غلظت ۶ گرم در لیتر سولفات روی و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور، میزان قند محلول در رقم قزل-اوزوم ۶/۳۵ برابر و در رقم حسینی ۵/۳ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. با کاربرد ۶ گرم در لیتر سولفات روی، میزان پروتئین کل در سطح ۵ میلی‌گرم در لیتر بور۱/۵۳ برابر و در سطح ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور، میزان آن ۱/۷۷ برابر در مقایسه با شاهد افزایش داشت. کم-ترین میزان آهن در هر دو رقم در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور مشاهده شد. بیشترین میزان بور برگ (۲۰۰/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور مشاهده گردید. کاربرد سولفات روی باعث افزایش کارایی رشد، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و اُسمولیت‌های سازگار و نیز کاهش جذب یون‌های بور در هر دو رقم شد. رقم حسینی در مقایسه با رقم قزل‌اوزوم در بیشتر شاخص‌ها نسبت به بور متحمل‌تر بوده و استفاده از سولفات روی می‌تواند بعضی از اثرات منفی ناشی از تنش بور را در هر دو رقم انگور تعدیل نماید.

کلمات کلیدی: پرولین، شاخص‌های رویشی، کاتالاز و نیترات.

مقدمه

انگور در نواحی خشک و نیمه خشک جهان در کشورهایی با احتمال بالای تنش‌های محیطی تولید می شود. بور به‌عنوان یک ریزعنصر ضروری برای رشد و نمو طبیعی گیاهان عالی محسوب می گردد، اما سمیت بور ممکن است اثرات نامطلوبی در مراحل مختلف رشد گیاه مانند متابولیسم، تقسیم سلولی ریشه، فتوسنتز، میزان کلروفیل برگ و برخی پاسخ‌های بیوشیمیایی در گیاه داشته باشد (Reid, 2013). سمیت بور در

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: j.amiri @urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

مناطق خشک و نیمه خشک جهان به‌ویژه با گرم شدن کره زمین و کاهش نزولات جوی به‌عنوان یکی از تنش‌های غیر زنده به یک واقعیت غیرقابل انکار تبدیل شده است (Tariq and Mott, 2007). هرچند که بور، یک عنصر کم مصرف ضروری محسوب می‌شود، ولی مقادیر بیش از حد آن در محیط رشد، مسمومیت گیاه را درپی خواهد داشت (Eraslan *et al*., 2007). از نقش‌های بور در گیاهان می‌توان به دخالت در سنتز اسیدهای نوکلئیک، متابولیسم ترکیبات فنولی، بیوسنتز کربوهیدرات‌ها، رشد لوله گرده و طویل شدن ریشه‌ها اشاره نمود (Shireen *et al*., 2018). سمیت بور، بیشتر در مناطقی مشاهده می‌شود که میزان بارش‌ها کم و دارای خاک های قلیایی و خاک‌های شور بوده و در آن مناطق باعث کاهش تولید و کیفیت محصول می‌شود (Camacho cristobal *et al*., 2018). عنصر بور، همیشه پتانسیل سمیت برای گیاهان را داراست (Lewis, 2019).

انگور گیاهی است که به زیادی بور حساس می‌باشد و بور در آوند آبکش آن به‌صورت جریان توده‌ای حرکت کرده و در این گیاه غیرمتحرک می‌باشد. آستانه‌ی تحمل آن ۰/۳ تا ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر گزارش گردیده است (Yermiyahu and Ben- Gal, 2006). در پایه‌های مقاوم مرکبات به بور مشاهده شد که از سیستم آنتی‌اکسیدانی قوی برخوردار بوده و فعالیت آنزیم کاتالاز بالاست (Simon- Grao *et al*., 2019). مرز باریکی بین کمبود و سمیت بور در بسیاری از گیاهان وجود دارد (Herrera-Rodriguez *et al*., 2010). در فلفل (*Capsicum annuum* L.) غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر بور باعث کاهش غلظت عناصر روی و منگنز برگ‌ها و افزایش کربوهیدرات‌ها شد (Sarafi *et al*., 2018). در موز رقم (*Musa acuminate* colla) کاربرد ۴۰۰ میکرومولار بور، باعث کاهش کلسیم، منیزیم و افزایش پتاسیم و منگنز برگ‌ها و ساقه‌های گیاه شد (Karantzi *et al*., 2016). در خرفه (*Portulaca oleracea* L.) کاربرد ۴۰–۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بور باعث افزایش بور، منیزیم و پتاسیم شاخساره شده همچنین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و میزان تجمع پرولین افزایش یافت (Samet and Cikih, 2018). به‌نظر می‌رسد که اثرات کاهشی روی بر سمیت بور در گیاهان ممکن است مرتبط با کاهش انتقال بور از ریشه‌ها به شاخساره باشد (Hua *et al*., 2020). Tavallali, and Karimi (۲۰۱۷) در پسته نشان دادند که کاربرد ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی، باعث کاهش صدمات اکسیدی غشاء ناشی از سمیت بور گردید. امروزه با توجه به روند روبه رشد آلودگی به بور در منابع آب و خاک کشورمان و به‌ویژه حساسیت انگور به بور، این پژوهش به‌منظور بررسی افزایش میزان مقاومت به بور در دو رقم انگور قزل‌اوزوم و حسینی با کاربرد سولفات روی و تاثیر آن بر بهبود شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در شرایط تنش بور انجام گرفت.

مواد و روش ها

پژوهش حاضر در گلخانه و آزمایشگاه‌های پژوهشی گروه‌های علوم باغبانی و علوم خاک دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ارومیه طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ به اجرا درآمد. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور که فاکتور اول شامل دو رقم انگور (قزل‌اوزوم و حسینی)، فاکتور دوم اسید بوریک (همراه با محلول غذایی) در چهار سطح ۰/۲۵ (شاهد)، ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و فاکتور سوم شامل سه سطح سولفات روی (به صورت محلول‌پاشی برگی) صفر (شاهد)، ۳ و ۶ گرم در لیتر با چهار تکرار اجرا شد. در این پژوهش، بوته‌های یک‌دست و هم‌اندازه (دوساله) دو رقم انگور قزل اوزوم و حسینی تهیه و به گلدان‌هایی به ابعاد ۲۷×۲۵ سانتی‌متر منتقل شدند به‌نحوی که هرگلدان محتوی یک نهال بود. مخلوط محیط کشت دراین گلدان‌ها شامل پرلیت و کوکوپیت به‌نسبت حجمی ۱:۱ بود. گیاهان در گلخانه‌ای با شرایط نوری ۱۶ ساعت طول‌روز و دمای بین ۱۷ تا ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۰ تا ۶۰ درصد مستقر شدند. قبل از شروع تیمارها، کل بوته‌ها به‌صورت تک‌شاخه و یکنواخت هرس شده و به قیم بسته شدند. گیاهان بعد از استقرار در گلدان با محلول غذایی نیم‌غلظت هوگلند آبیاری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

شده و پس از گذشت ۴۵ روز از کاشت بوته‌ها در گلدان‌ها، تیمارهای اسید بوریک، اعمال شد. این تیمار همراه با محلول غذایی نیم‌غلظت هوگلند، مورد استفاده قرار گرفت. محلول غذایی نیم‌غلظت هوگلند شامل ۲/۵ میلی‌مولار $Ca(NO_3)_2$، ۱ میلی‌مولار $MgSO_4$، ۲/۵ میلی‌مولار KNO_3، ۰/۵ میلی‌مولار KH_2PO_4، ۲۳ میکرومولار H_3BO_3، ۶ میکرومولار $MnSO_4.4H_2O$، ۰/۷ میکرومولار $ZnSO_4$، ۰/۳ میکرومولار $CuSO_4$، ۰/۱ میکرومولار H_2MoOH و ۳۲ میکرومولار Fe-EDTA بوده و pH محلول غذایی ۶/۵ بود. اولین محلول‌پاشی سولفات روی همزمان با شروع تیمارها اعمال گردید. مجموعاً سه مرتبه این محلول‌پاشی تکرار شد (هر پانزده روز یکبار محلول‌پاشی برگی سولفات روی انجام شد). مدت زمان اعمال تنش بور، یک ماه بود. پس از شروع کاشت نهال‌ها در گلدان ها، گیاهان هفته‌ای سه بار با ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول غذایی نیم هوگلند، آبیاری شدند. برای جلوگیری از ایجاد شوک ناشی از تنش بور به گیاهان، در اولین آبیاری بعد از شروع تنش، از اسید بوریک ۰/۲۵ و ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر همراه با محلول غذایی نیم‌هوگلند استفاده شد. در آبیاری دوم از اسید بوریک ۰/۲۵ ، ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم در لیتر در محلول غذایی استفاده شد. در آبیاری سوم از اسید بوریک ۰/۲۵ ، ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در محلول غذایی هوگلند استفاده گردید. هفته‌ای یک بار، شستشوی کامل محیط ریشه گیاهان با آب انجام گرفت تا تغییرات EC و pH ناشی از تجمع نمک‌ها در بستر کاشت در اثر انجام عمل آبشویی به کم‌ترین حد ممکن برسد. به‌منظور بررسی برخی از ویژگی‌های رویشی گیاهان در پایان آزمایش (یک هفته بعد از آخرین محلول‌پاشی سولفات روی)، صفاتی نظیر وزن تر برگ و ریشه به کمک ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری گردید. جهت تعیین وزن خشک نمونه‌ها (برگ و ریشه)، ابتدا نمونه‌ها به‌مدّت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و پس از خارج نمودن نمونه‌ها از آون، وزن خشک آن‌ها به کمک ترازوی دیجیتال تعیین شد.

برای اندازه‌گیری پرولین و قندهای محلول، عصاره گیری از برگ از روش (Irigoyen *et al.*, 1992) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری پرولین میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر و برای اندازه‌گیری قندهای محلول میزان جذب نمونه ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. برای تعیین میزان پروتئین محلول کل، از روش برادفورد (Bradford, 1976) استفاده شد. برای تهیه عصاره گیاهی جهت تعیین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش Kang و Saltiveit (۲۰۰۲) با اندکی تغییرات استفاده شد. فعالیت آنزیم کاتالاز به‌صورت کاهش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر محاسبه شد. برای سنجش فعالیت کاتالاز از رابطه ۱ و ضریب خاموشی (۴۳/۶ $mM^{-1}\,Cm^{-1}$) استفاده شد.

$$CAT(mM/min) = \frac{O.D. \times V}{E.C.}$$ (رابطه ۱)

CAT=Catalase

E.C.= Extinction coefficient = ضریب خاموشی

OD/min = اختلاف جذب در یک دقیقه

V= Vol. of Assay = حجم محلول در کووت

اندازه‌گیری میزان یون نیترات با استفاده از روش سالیسیلیک سولفوریک اسید (Cataldo *et al.*, 1975) انجام شد. میزان کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون با EDTA ۰/۰۱ مولار اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری آهن با دستگاه جذب اتمی (مدل Shimadzu AA-6300) انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان بور برگ‌ها یک میلی‌لیتر عصاره‌ی حاصله را با ۲ میلی-لیتر بافر (۲۵۰ گرم استات آمونیوم + ۱۵ گرم IDTA حل شده در۴۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه و اضافه کردن ۱۲۵ میلی‌لیتر اسیداستیک به آن و ۲ میلی‌لیتر محلول آزومتین اچ (۰/۴۵ گرم آزومتین + ۱۰۰ میلی‌لیتر اسیدآسکوربیک یک درصد) مخلوط شد. نمونه‌ها در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت شد. برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم افزار SAS سری 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام گرفت. همچنین برای رسم نمودار از نرم افزار Excel سری ۲۰۱۰ استفاده گردید.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

نتایج و بحث

وزن تر و خشک برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات رویشی نشان داد که اثرات متقابل سه جانبه بور× سولفات روی× رقم بر وزن تر و خشک برگ معنی‌دار نبود اما اثرات متقابل دو جانبه بور× سولفات روی بر هر دو صفت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش سطوح بور در محلول غذایی، وزن تر و خشک برگ در هر دو رقم انگور کاهش یافت و اختلاف بین تیمارها از این نظر معنی‌دار بود (شکل ۱، a و b)، همچنین اختلاف معنی‌داری بین دو رقم انگور حسینی و قزل اوزوم در غلظت‌های مختلف سولفات روی بر میزان وزن خشک برگ مشاهده نگردید (شکل ۱، c). وزن تر برگ در تیمارهای ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور(بدون کاربرد سولفات روی) به ترتیب ۶۸/۵۵ و ۴۹ درصد و وزن خشک برگ در تیمارهای ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور(بدون کاربرد سولفات روی) به ترتیب ۶۵/۴۴ و ۸۶/۹ درصد در مقایسه با شاهد، کاهش یافت اما با کاربرد ۳ گرم در لیترسولفات روی در تیمارهای ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور، میزان کاهش وزن تر برگ به‌ترتیب ۱۰/۵ و ۲۷ درصد و میزان کاهش وزن خشک برگ به‌ترتیب ۲۳/۵ و۴۹/۳۳ درصد در مقایسه با شاهد بود.

وزن تر و خشک ریشه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات رویشی نشان داد که اثرات متقابل سه جانبه بور× سولفات روی× رقم بر وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار نبود اما اثرات متقابل دو جانبه بور× سولفات روی بر هر دو صفت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش میزان بور در محلول غذایی، وزن تر و خشک ریشه در مقایسه با شاهد کاهش یافت (شکل ۲، a و b). کاربرد سولفات روی در غلظت‌های ۳ و ۶ گرم در لیتر در دو رقم حسینی و قزل اوزوم بر میزان وزن خشک ریشه اختلاف معنی داری نشان نداد (شکل ۲، c). وزن تر ریشه (بدون کاربرد سولفات روی) در سطوح ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور به‌ترتیب ۲۰، ۳۴ و ۳۹/۱۴ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت اما وزن تر ریشه در سطوح ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور با کاربرد سولفات روی (غلظت ۶ گرم در لیتر) به ترتیب ۵/۶ ، ۱۶/۱۵ و ۳۲/۵ درصد در مقایسه با شاهد، کاهش نشان داد. وزن خشک ریشه در سطوح ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور با کاربرد ۶ گرم در لیتر سولفات روی به‌ترتیب ۲۱/۵۴، ۲۴ و ۴۵/۷۱ درصد کاهش در مقایسه با شاهد نشان داد. در پژوهشی درگوجه-فرنگی و فلفل سمیت بور باعث کاهش وزن تر و خشک گیاه در مقایسه با شاهد گردید و حداکثر کاهش وزن تر و خشک در تیماری که دارای میزان بور ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود، اتفاق افتاد و تقریباً ۶۶ درصد کاهش در مقایسه با شاهد گردید (Eraslan *et al.*, 2007). با توجه به اینکه عنصر بور از اجزای تشکیل دهنده دیواره اولیه سلولی بوده سمیت بور می-تواند باعث کاهش تقسیم سلولی شده و رشد گیاه را کاهش دهد. همچنین به احتمال فراوان، سطوح بالای بور به طور غیر مستقیم در تعادل عناصر غذایی گیاهان نقش داشته و از این طریق سبب کاهش رشد گیاهان می‌شود. غلظت بالای بور باعث ایجاد خسارت به فتوسنتز می‌شود اگرچه مکانیسم دقیق آن مشخص نیست. تحت شرایط تنش بور، مقدار کلروفیل و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد (Chen *et al.*, 2014). سمیت بور بر روی میزان تبخیر و تعرق تاثیر گذاشته و باعث افزایش اسید آبسیزیک و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (Macho-Rivero *et al.*, 2018). به احتمال فراوان، یکی از دلایل مهم کاهش رشد رویشی ناشی از سمیت بور در گیاهان می‌تواند مربوط به بسته شدن روزنه‌های برگ و کاهش شدت فتوسنتز باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که وزن تر و خشک ریشه و برگ انگور (ارقام قزل‌اوزوم و حسینی) تحت تأثیر محلول‌پاشی برگی سولفات روی قرار گرفت. در نهال‌های پرتقال نشان داده شده که یک اثر متقابل بین بور و روی بر رشد شاخه، وزن خشک برگ و ساقه و سطح برگ وجود دارد و پیشنهاد می‌شود که تغذیه با روی می‌تواند بر بور تاثیر داشته باشد و باعث کاهش سمیت بور گردد. بنابراین نهال‌هایی که با کمبود روی مواجه هستند بیشتر با علائم سمیت بور مواجه بوده و رشد رویشی آنها بیشتر کاهش می‌یابد (Gimeno *et al.*, 2012). عملکرد ماده خشک با مصرف روی علل مختلفی دارد که از آن

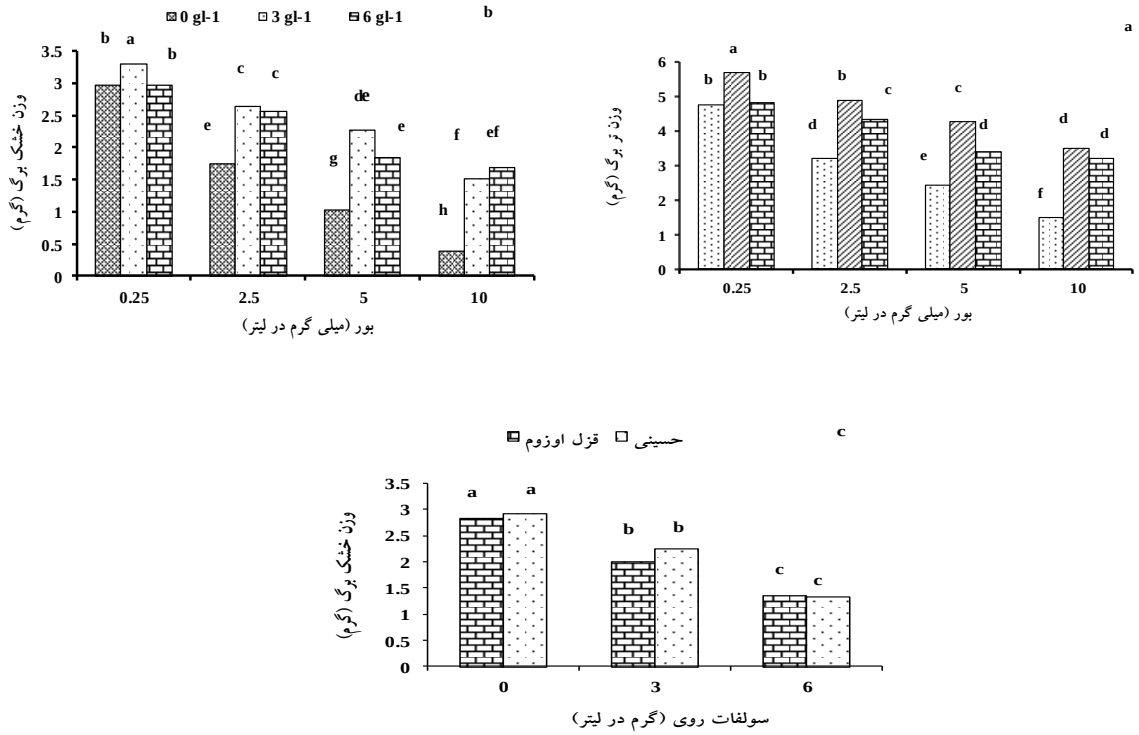
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف بور، سولفات روی و برهمکنش آن‌ها بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی دو رقم انگور

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر برگ	وزن تر ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک ریشه
رقم	۱	۱/۷۰۱**	۹۱۶/۸۰۳**	۰/۲۷۳**	۶۶/۰۵**
سولفات روی	۲	۲۴/۴۷**	۱۲۴۸/۸۰۶**	۱۸/۴۶۱۷**	۱۸۶/۶۱۸**
بور	۳	۳/۲۴۲**	۲۵۰/۶۰۰۱**	۲/۲۱۲**	۴۴/۰۶۹**
سولفات روی × رقم	۲	۰/۰۸۷^{ns}	۳۸/۵۶۵^{ns}	۰/۱۲۶۵*	۹/۷۹۹*
بور × رقم	۳	۰/۰۱۱^{ns}	۱۰/۸۲۸ ^{ns}	۰/۰۶۲۵^{ns}	۳/۹۴۵^{ns}
بور × سولفات روی	۶	۱۰/۷۲۳**	۲۵۰/۸۳۷**	۰/۷۳۲۶**	۲۴/۶۲۶**
بور × سولفات روی × رقم	۶	۰/۰۸۶۹^{ns}	۲۰/۷۲۵ ^{ns}	۰/۰۸۶۱^{ns}	۴/۰۰۷^{ns}
خطای آزمایش	۷۲	۰/۰۶۹۷	۱۷/۷۱۳	۰/۰۳۴۹۶	۲/۲۵۲
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۸۸۳	۱۰/۳۳۴	۸/۸۰۴	۱۵/۴۱۲

ns، ** و *: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد

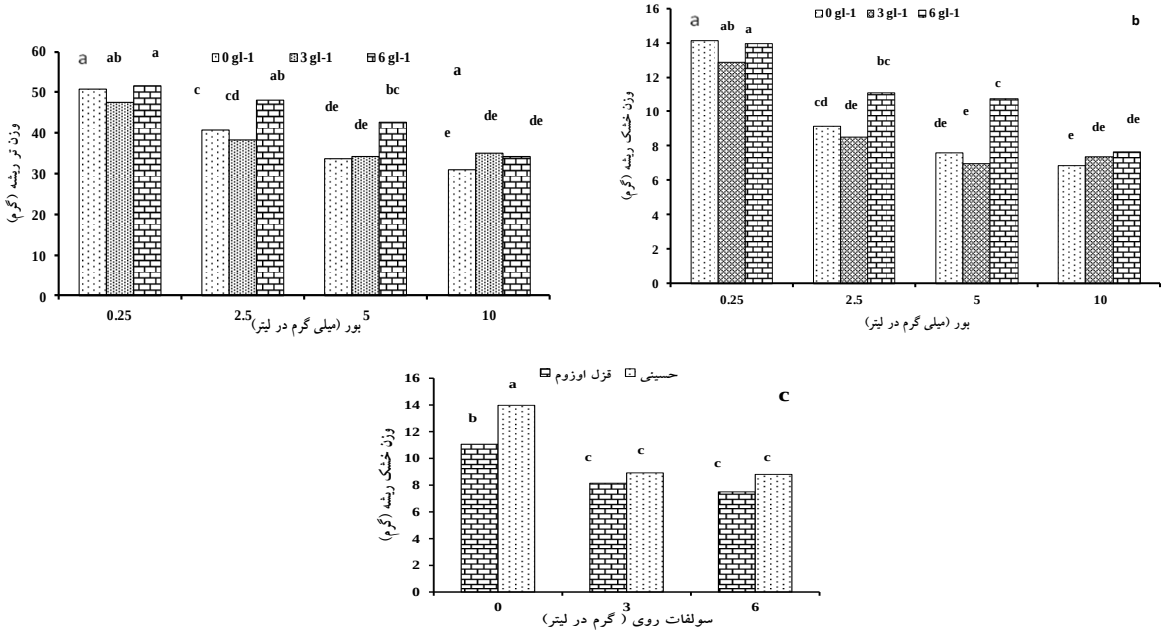


شکل ۱ – مقایسه میانگین اثر متقابل بور و سولفات روی بر میزان وزن تر برگ (a)، وزن خشک برگ (b) و اثر متقابل سولفات روی و رقم **بر میزان وزن خشک برگ (c) در برگ‌های دو رقم انگور قزل‌اوزوم و حسینی. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.**

جمله می‌توان به افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند فسفوانول پیروات کربوکسیلاز، ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز، فسفاتازها، افزایش کارآیی جذب نیتروژن و فسفر در حضور روی اشاره کرد (Alloway, 2004).

به‌علاوه روی از طریق دخالت در متابولیسم نیتروژن،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]



شکل ۲ – مقایسه میانگین اثر متقابل بور و سولفات روی بر میزان وزن تر ریشه (a)، وزن خشک ریشه (b) و اثر متقابل سولفات روی و رقم بر میزان وزن خشک ریشه (c) در برگ‌های دو رقم انگور قزل‌اوزوم و حسینی.

نشاسته و چربی‌ها در گیاه و تأمین بیشتر نیتروژن به عنوان یک عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاهان، فرآیند رشد را در آنها بهبود می‌بخشد (Figueiredo *et al*., 2008). پس احتمال دارد که در پژوهش حاضر روی، کارایی جذب برخی عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر را به‌طور غیر مستقیم افزایش داده و همچنین با افزایش کلروفیل و دخالت در فعالیت برخی آنزیم-های مرتبط با فتوسنتز باعث بهبود صفات رویشی در شرایط سمیت بور گردیده است. با توجه به اثری که روی بر شاخص سطح برگ، افزایش کلروفیل و در نتیجه فتوسنتز بیشتر دارد، در تجمع ماده خشک کل گیاه مؤثر است

میزان پرولین: اثرات متقابل سه جانبه بور× سولفات روی × رقم بر میزان پرولین در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). در هر دو رقم، غلظت پرولین تحت تاثیر غلظت های مختلف بور در محلول غذایی قرار گرفت. با افزایش بور در محلول غذایی، غلظت پرولین در هر دو رقم بالا رفت به-طوری که این افزایش پرولین در رقم حسینی بیشتر از رقم قزل اوزوم بود هرچند که این اختلاف بین دو رقم به‌ویژه در بالاترین غلظت بور، معنی‌دار نبود. بالاترین میزان پرولین (۴۴۲/۷۵ میکرومول در گرم وزن تر) در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور و تیمار صفر سولفات روی در رقم حسینی بدست آمد (شکل ۳). بین تنش ناشی از سمیت بور و انباشت اسیدآمینه‌هایی مانند پرولین همبستگی وجود دارد (Cervilla *et al*., 2012). سمیت بور باعث افزایش پرولین در برگ پایه های رویشی کوئینس و C (پایه‌های تجاری گلابی) شد (Eraslan *et al*., 2016). این همبستگی میان افزایش غلظت بور و بالا رفتن پرولین در پژوهش حاضر نیز مشاهده گردید. در پژوهشی Cervilla و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که بعد از ۱۰ و ۱۵ روز بعد از تیمارهای مختلف بور در دو رقم گوجه‌فرنگی، افزایش معنی‌داری در مقدار پرولین تحت تیمار ۲ میلی‌مولار، مشاهده گردید.

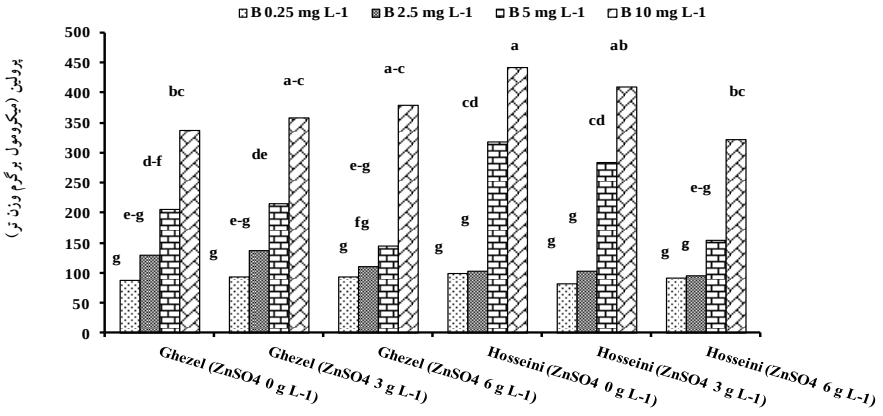
میزان قندهای محلول: اثرات متقابل سه جانبه بور× سولفات روی × رقم بر میزان قندهای محلول در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش غلظت بور در محلول غذایی، میزان قندهای محلول افزایش یافت. در غلظت ۶ گرم در لیتر سولفات روی و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور، میزان قندهای محلول در رقم قزل‌اوزوم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف بور، سولفات روی و برهمکنش آن ها بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی در دو رقم انگور

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	قند محلول	پروتئین کل	کاتالاز
رقم	۱	۷۷۲۲/۰۹ ns	۱۶/۵۶۶**	۰/۱۵۰۴**	۲۷/۷۵**
سولفات روی	۲	۳۹۸۸۸۹/۵۱**	۸۵/۷۹۵**	۰/۳۰۵**	۱۴۶/۰۱۶**
بور	۳	۷۹۹۴۵/۶۲**	۱۲/۴۸۵**	۰/۳۶۴**	۲۶/۱۰۴**
سولفات روی × رقم	۲	۳۶۷۶/۳۴۳ns	۱/۲۹۲۱ ns	۰/۰۳۰۲ns	۶/۲۷**
بور × رقم	۳	۴۷۸۶/۴۵ns	۰/۶۱۸۹ns	۰/۰۴۳۳ns	۱/۱۱۸ns
بور × سولفات روی	۶	۴۱۰۲۵/۲۸۸**	۵/۴۲۸**	۰/۱۷۱۱**	۱۲/۵۱۹**
بور × سولفات روی × رقم	۶	۷۴۱۱/۵۳۸۲**	۱/۲۸۴*	۰/۰۱۷۳ns	۱/۲۲۲ns
خطای آزمایش	۷۲	۲۳۰۹/۷۴۰	۰/۴۸۰۴	۰/۰۲۲۷	۰/۸۶۳
ضریب تغییرات (درصد)		۲۴/۱۰۶	۲۷/۰۹۵	۱۱/۵۳	۲۴/۳۳

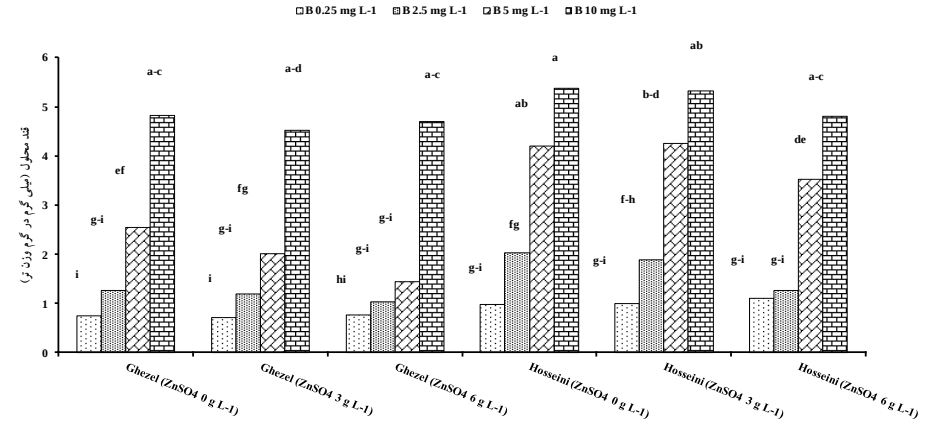
ns، ** و *: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل بور و سولفات روی و رقم بر میزان پرولین در برگ‌های دو رقم انگور قزل‌اوزوم و حسینی. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

۶/۳۵ برابر و در رقم حسینی ۵/۳ برابر نسبت به تیمار شاهد (صفر گرم در لیتر سولفات روی) افزایش یافت (شکل ۴). قندهای محلول از اسمولیت‌هایی هستند که در اثر سمیت و تنش ناشی از آن در گیاهان می‌تواند تشکیل گردد. تجمع این کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌ها برای کاهش مسمومیت ناشی از بور در حضور غلظت‌های زیاد آن حیاتی می‌باشند (Keles *et al.*, 2004). بنابراین تجمع قندهای الکلی تحت تنش سمیت بور، گیاه را از تنش اکسیداتیو ناشی از رادیکال های آزاد تا حدودی محافظت می‌نمایند. در پژوهش حاضر، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح بور، میزان قند محلول نسبت به شاهد (۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر) در هر دو رقم انگور (قزل‌اوزم و حسینی) افزایش یافت. روی، از عناصر کم مصرف ضروری است که در ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها جزء کلیدی و به‌عنوان کوفاکتور عمل می‌نماید. روی، عنصری مهم در فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز، پروتئیناز، تشکیل RNA و تنظیم‌کننده‌های رشد محسوب می‌شود. عنصر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]



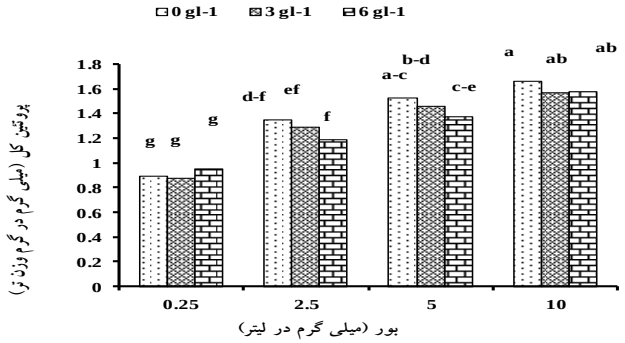
شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل بور و سولفات روی و رقم بر میزان قندهای محلول در برگ‌های دو رقم انگور قزل‌اوزوم وحسینی. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

روی در بسیاری از مسیرهای مهم بیوشیمیایی مرتبط با متابولیسم کربوهیدرات‌ها (شامل فتوسنتز و تبدیل قندها به نشاسته)، همچنین متابولیسم پروتئین، متابولیسم اکسین، حفظ یکپارچگی غشاهای سلولی مؤثر است (Alloway, 2008).

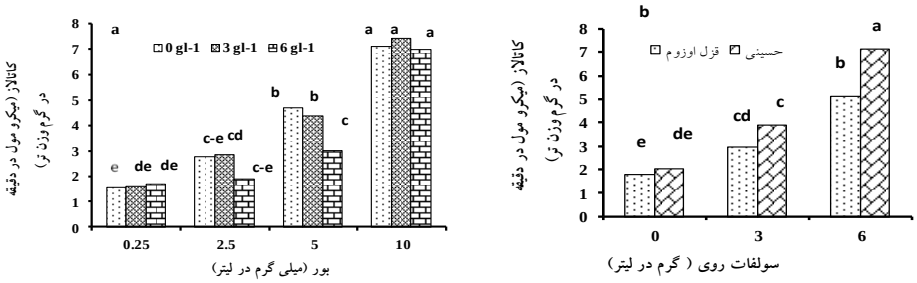
میزان پروتئین کل: اثرات متقابل دو جانبه بور× سولفات روی بر میزان پروتئین کل در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). یافته‌های این پژوهش، حاکی از آن است که با افزایش غلظت بور، میزان پروتئین‌کل نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد. میزان پروتئین‌کل، بدون کاربرد سولفات روی در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱/۷ و ۱/۸۶ برابر افزایش نشان داد اما با کاربرد ۶ گرم در لیتر سولفات روی، میزان این شاخص در سطح ۵ میلی‌گرم در لیتر بور۱/۵۳ برابر و در سطح ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور، میزان آن ۱/۷۷ برابر در مقایسه با شاهد افزایش داشت (شکل ۵). در پژوهشی Sang و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که سمیت بور باعث افزایش فراوانی پروتئین‌های دخیل در تخریب پروتئین شده و فراوانی پروتئین‌های مرتبط با بیوسنتز پروتئین در برگ‌های پوملو (*Cirtus grandis*) و پرتقال (*Cirtu sinensis*) را کاهش داد. به احتمال زیاد افزایش محتوای پروتئین در گیاهان تحت سمیت بور می‌تواند به‌دلیل افزایش بیان ژن‌های مرتبط به متابولسیم نیتروژن باشد. در پژوهشیRadic و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که در گیاه داوودی با کاربرد روی (غلظت ۰/۱۵ میلی‌مولار) محتوای پروتئین محلول، کاهش یافت. در پژوهش حاضر نیز با افزایش غلظت روی، میزان پروتئین کل کاهش یافت.

فعالیت آنزیم کاتالاز: اثرات متقابل دو جانبه بور× سولفات روی و سولفات روی × رقم بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). براساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با افزایش بور در محلول غذایی افزایش یافت. فعالیت این آنزیم با کاربرد بیشترین غلظت سولفات روی (۶ گرم در لیتر) در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور به ترتیب ۱/۹۴ و۴/۵ برابر گزارش گردید و این افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم حسینی نسبت به رقم قزل‌اوزوم بیشتر بود (شکل ۶ a و b). هنگامی که گیاهان در شرایط تنش مانند اختلالات مواد معدنی قرار می‌گیرند تعادل بین تولید ROS ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برهم می‌خورد. در گیاهان، آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز مهم‌ترین آنزیم‌ها در مهار رادیکال‌های آزاد تولید شده ناشی از سمیت بور گزارش شده‌اند (Wang *et al.*, 2011). در پژوهشی، Wang و همکاران (۲۰۱۱) افزایش در فعالیت این دو آنزیم آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز) را در گلابی تحت سمیت بور در غلظت‌های۱۰۰ و ۳۰۰ میکرومول بور در مقایسه با گیاهان شاهد (رشد کرده در ۱۰ میکرومول بور) گزارش نمودند. با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]



شکل ۵ – مقایسه میانگین اثر متقابل بور و سولفات روی بر میزان پروتئین کل در برگ‌های دو رقم انگور قزل‌اوزوم و حسینی. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۶ – مقایسه میانگین اثرات متقابل بور و سولفات روی (a)، سولفات روی و رقم (b) بر فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ‌های دو رقم انگور قزل‌اوزوم و حسینی. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

افزایش غلظت بور به ۵۰۰ میکرومول میزان فعالیت آنزیم کاتالاز کاهش یافت. در پژوهشی، Mukherjee و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که فعالیت کاتالاز در برگ‌های نعناع سبز در مواجهه با ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم Zn افزایش می‌یابد.

میزان نیترات برگ: اثرات متقابل دو جانبه بور× رقم بر میزان نیترات برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). با افزایش بور، میزان نیترات کاهش یافت. در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور، غلظت نیترات برگ در رقم حسینی ۱/۴ برابر رقم قزل‌اوزوم بود (شکل ۷). افزایش غلظت بور به سطوح سمی، باعث تغییرات در متابولیسم نیتروژن می‌شود. سمیت بور به واسطه رابطه آنتاگونیسمی بین بور و مولیبدن، موجب جلوگیری از فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاهان می‌شود. از سوی دیگر مطالعات بر روابط میان سمیت بور و کاهش نیترات متمرکز شده است (Cervilla *et al.*, 2009).

پاسخ متابولیسم نیتروژن به سمیت بور در گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت، فعالیت آنزیم‌های گلوتامین سنتاز، گلوتامات سینتاتاز و GDH در برگ‌های گوجه‌فرنگی تحت سمیت بور افزایش یافت، در حالی‌که کاهش معنی‌دار فعالیت-های نیترات ردوکتاز و نیتریت ردوکتاز مشاهده شد. سمیت بور با کاهش نیترات باعث افزایش جذب آمونیاک در گوجه‌فر-نگی می‌شود (Cervilla *et al.*, 2009). در گوجه‌فرنگی افزایش بیش از حد بور، جذب نیترات خالص را تحت تأثیر قرار داد (Princi *et al.*, 2013). به احتمال زیاد در پژوهش حاضر نیز افزایش غلظت بور از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و نیتریت ردوکتاز جذب نیترات را تحت تاثیر قرار داده است اما با کاربرد روی، از اثرات سمیت بور در هر دو رقم انگور کم شده است. در پژوهشی اثر محلول‌پاشی برگی ترکیب روی (۱۵، ۳ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و آهن (۵۰ و ۱۰۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف بور و سولفات روی و برهمکنش آن‌ها بر برخی عناصر غذایی در برگ های دو رقم انگور

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		نیترات	کلسیم	منیزیم	آهن	بور
رقم	۱	۰/۲۶۱۳۵ **	۰/۰۵۵۶**	۱/۵۵۸۰۵**	۵۲۸۷۹/۷۸**	۴۶۰۹/۵۵۸۸**
سولفات روی	۲	۰/۰۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۳۹۳ ns	۰/۰۰۴۴۱۳ ns	۴۷۸/۴۸ ns	۲۰۵/۵۹۲۱ ns
بور	۳	۰/۱۶۲۶۶**	۰/۳۱۰۷۴**	۱/۷۲۳**	۴۵۱۵۹/۷۲۳**	۱۱۴۲۳۵/۲۹۴۹**
سولفات روی × رقم	۲	۰/۰۰۰۶۴ ns	۰/۰۰۰۵۷ ns	۰/۰۰۰۱۶ns	۷۹/۳۰۶۳ns	۳۳/۱۷۱۳ns
بور × رقم	۳	۰/۰۰۲۸۴**	۰/۰۰۶۴ ns	۰/۰۹۹۶**	۷۰۸/۶۱۵۲*	۳۰۴/۲۸۸ns
بور × سولفات روی	۶	۰/۰۰۰۲۸۳۴ ns	۰/۰۰۸۴۸۶*	۰/۰۱۸۳ ns	۴۰۱/۴۷۵۶ ns	۲۹۰/۷۱۷۷ ns
بور × سولفات روی × رقم	۶	۰/۰۰۰۰۹۸۲ns	۰/۰۰۵۲۶ ns	۰/۰۰۱۸۳۴ns	۸۵/۴۰۵۸ns	۱۳۶/۷۸۸۱ ns
خطای آزمایش	۷۲	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۰۳۵۴	۰/۰۱۰۳۷	۱۹۸/۷۰۶۸	۱۳۶/۸۵۳
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۳۴	۹/۱۵۱	۶/۰۱	۵/۸۵	۱۰/۹۳۶

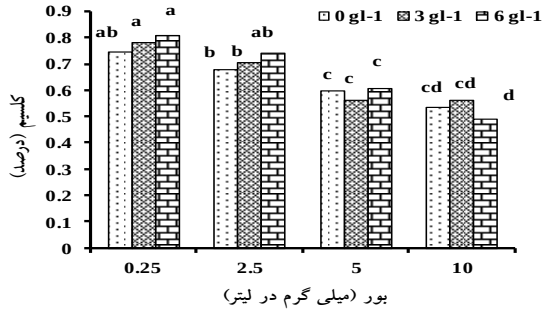
ns، ** و *: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

شکل ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل بور و رقم بر میزان عنصر نیترات برگ در برگ‌های دو رقم انگور قزل اوزوم و حسینی.
حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

میلی‌گرم در لیتر) در خیار بررسی شد. نتایج نشان داد که مقدار Zn در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و Fe درغلظت ۱۰۰ میلی-گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار مقدار N و K برگ گردید (Kazemi, 2013).

میزان کلسیم برگ: اثرات متقابل دو جانبه بور× سولفات روی بر میزان کلسیم برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). با افزایش بور (بدون کاربرد سولفات روی)، میزان کلسیم برگ کاهش یافت. کاربرد سولفات روی در غلظت‌های ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور، تأثیر معنی‌داری در کاهش اثرات منفی بور بر میزان کلسیم برگ در هر دو رقم نداشت. کم‌ترین میزان کلسیم برگ در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور و کاربرد ۶ کرم در لیتر سولفات روی به دست آمد و بیش‌ترین میزان این عنصر با کاربرد ۶ گرم در لیتر سولفات روی و غلظت ۲۵/. میلی‌گرم در لیتر بور مشاهده گردید (شکل ۸). رابطهٔ بین Ca و B بسیار مهم است چرا که این دو عنصر از اجزای تشکیل دهنده دیواره سلولی به شمار می‌روند و برای انتقال اکسین لازم هستند (Tariq and Mott, 2007). در آزمایشی اثرات سمیت بور بر ژنوتیپ‌های BA29 و EMA

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]



شکل ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل بور و سولفات روی بر میزان کلسیم برگ در برگ‌های دو رقم انگور قزل اوزوم و حسینی. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

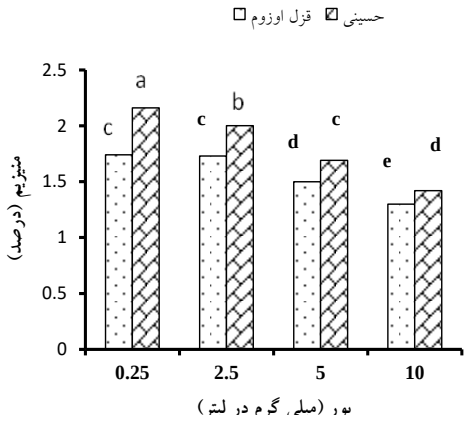
(پایه‌های به) نشان داده شد که سمیت بور باعث کاهش کلسیم برگ می‌گردد (Sotiropoulos *et al*., 2006). نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش غلظت بور (بدون کاربرد سولفات روی)، میزان کلسیم برگ نسبت به شاهد کاهش یافت. در گوجه‌فرنگی گزارش شد که افزایش مقدار بور سبب کم شدن کلسیم می‌شود (Eraslan *et al*., 2007). محلول‌پاشی برگی سولفات روی باعث افزایش غلظت کلسیم برگ در درختان نارنگی رقم کینو شد، که بیشترین میزان آن در مقایسه با درختان شاهد به ترتیب در تیمارهای ۰/۲ و ۰/۴ درصد سولفات روی بود (Sauls, 2008). در پژوهش دیگری، بالاترین غلظت N (۲/۲۷ درصد)، P (۰/۱۱ درصد)، K (۰/۵۷ درصد) و Ca (۵/۷ درصد) برگ به‌ترتیب از برگ‌های درختان نارنگی کینو محلول‌پاشی شده با ۰/۰۴، ۰/۰۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۴ درصد سولفات روی بدست آمد (Razzaq *et al*., 2013).

میزان منیزیم برگ: اثرات متقابل دو جانبه بور× رقم بر میزان منیزیم برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). با افزایش میزان عنصر بور در محلول غذایی، میزان عنصر منیزیم برگ‌ها کاهش یافت. کم‌ترین میزان منیزیم در در هر دو رقم در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور حاصل گردید. غلظت منیزیم برگ در رقم حسینی (۱/۴۲ درصد) بیشتر از رقم قزل اوزوم (۱/۳ درصد) بود (شکل ۹). در پژوهشی Dursum و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با افزایش غلظت بور در گیاهان گوجه‌فرنگی، فلفل و خیار غلظت عناصر P و K افزایش ولی غلظت عناصر Ca و Mg کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر با محلول‌پاشی برگی سولفات روی، غلظت منیزیم برگ‌های رقم‌های قزل‌اوزوم و حسینی بهبود یافت. در گیاه *Vigna radiata* با افزایش روی به سطح ۲ میکرومولار، غلظت عناصر سدیم، پتاسیم و منگنز کاهش ولی غلظت مس افزایش یافت. در حالیکه اثر افزایش روی بر میزان منیزیم بسته به غلظت متفاوت بود به طوری که با افزایش روی به یک میکرومولار، غلظت منیزیم نسبت به شاهد افزایش و در دو میکرومولار روی، غلظت منیزیم کاهش یافت (Samreen *et al*., 2017).

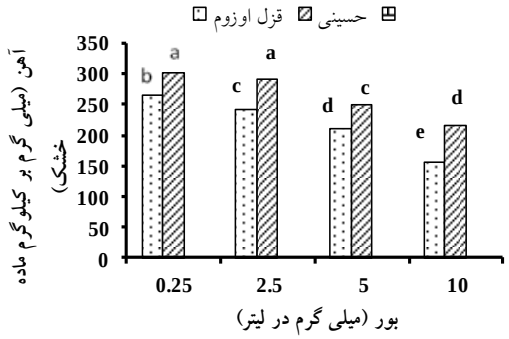
میزان آهن برگ: اثرات متقابل دو جانبه بور× رقم بر میزان آهن برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). با افزایش میزان بور در محلول غذایی، میزان آهن برگ‌ها کاهش یافت. کم‌ترین میزان آهن در هر دو رقم در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور مشاهده شد. در این تیمار، غلظت آهن برگ در رقم حسینی (۲۱۵/۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) نسبت به رقم قزل‌اوزوم (۱۵۵/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) بیشتر بود (شکل ۱۰). کمبود روی به‌علّت جلوگیری از انتقال آهن از ریشه به اندام هوایی، به کمبود آهن منجر می‌شود (Rengel and Romheld, 2000). کاهش آهن ممکن است به‌دلیل تعاملات رقابتی با روی باشد که احتمالاً در محل جذب ریشه‌های گیاه رخ می‌دهد (Samreen *et al*., 2017).

میزان بور برگ: اثرات اصلی رقم و بور بر میزان بور برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). با افزایش بور در محلول غذایی، میزان بور در برگ‌های هر دو رقم افزایش

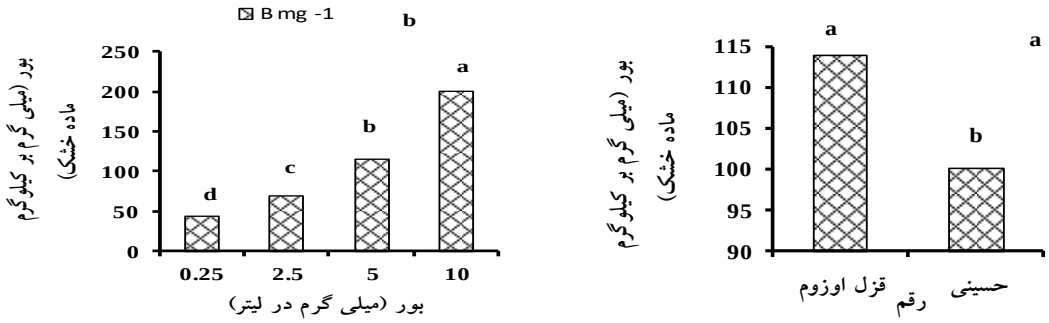
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]



شکل ۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل بور و رقم بر میزان عنصر منیزیم برگ در دو رقم انگور قزل اوزوم و حسینی.
حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل بور و رقم بر میزان عنصر آهن برگ در برگ‌های دو رقم انگور قزل اوزوم و حسینی.
حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم (a) و بور (b) بر میزان بور برگ در دو رقم انگور قزل اوزوم و حسینی.
حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

یافت و بیشترین میزان بور برگ (۲۰۰/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور در محلول غذایی مشاهده گردید. میزان غلظت بور در برگ‌های رقم قزل اوزوم ۱/۱۴ برابر بیشتر از رقم حسینی بود (شکل ۱۱). در شرایط سمیت بور، غلظت بور در برگ‌ها بیشتر از سایر قسمت‌های گیاه مانند ریشه و ساقه بود (Guidong *et al.*, 2011). در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

زیتون افزایش میزان بور از صفر تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش بور جوانه‌ها و برگ‌ها شد (Hegazi *et al.*, 2018). مقدار کافی روی در گیاه اثرات مضر تنش بور را بهبود می بخشد. کمبود روی با افزایش غلظت بور در برگ‌های جوان و نوک شاخه‌ها، افزایش می‌یابد (Mousavi *et al.*, 2012). در پژوهشی رجایی و همکاران (۲۰۰۹) در ارتباط با اثر متقابل روی و بور بر رشد و ترکیب معدنی دانهال‌های لیمو در خاک آهکی نشان دادند که بیشترین رشد و نمو دانهال‌ها در سطح بور ۲/۵ میکروگرم و روی ۱۰ میکروگرم حاصل شد. با توجه به شکل ۱۱، سولفات روی باعث کاهش میزان تجمع بور در برگ‌های ارقام قزل‌اوزوم و حسینی (به ویژه در رقم حسینی) شد.

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر نشان داده شد که با افزایش غلظت بور، شاخص‌های رویشی هر دو رقم انگور از جمله وزن تر و خشک برگ و ریشه کاهش یافتند. همچنین سیستم آنتی-اکسیدانی گیاه فعال شد و آنزیم آنتی‌اکسیدانی کاتالاز روند افزایشی پیدا نمود. همچنین عناصری مانند نیتروژن، کلسیم، منیزیم، آهن و روی با افزایش غلظت بور در محلول غذایی کاهش یافتند. روی به عنوان یک عنصر ریز مغذی ضروری در متابولیسم گیاهی تأثیر مثبتی در کاهش اثرات منفی غلظت‌های بالای بور در بیشتر صفات در هر دو رقم انگور داشت. رقم حسینی نسبت به قزل اوزوم در این مورد بهتر عمل نمود.

منابع

Alloway, B. J. (2004) In zinc in soil and crop nutrition. International Zinc Association (IZA). Brussels, Belgium, Pp. 185-205.

Alloway, B. J. (2008) Zinc in soils and crop nutrition. IZA and IFA Publisher, Belgium and Paris, Pp 30-50.

Bradford, M.M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation and microgram quantitites of protein utilizing the principle of protein-dye binding.Analytical Biochemistry Analytical Biochemistry Analytical Biochemistry Analytical Biochemistry Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Camacho-Cristobal, J. J., Navarro-Gochicoa, M. T., Rexach, J., Gonzalez- Fontes, A. and Herrera-Rodriguez, M.B. (2018) Plant response to boron deficiency and boron use efficiency in crop plants. Plant micronutrient use efficiency. Academic Press, Cambridge, pp 109–121.

Cataldo, D. A., Haroon, M., Schrader, L. E. and Young, V. L. (1975) Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Soil Science and Plant Analysis 6: 71-80.

Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J. J., Rosales, M. A., Rubio-Wilhelmi, M. M., Sanchez-Rodriguez, E., Romero, L. and Ruiz, J. M. (2009) Response of nitrogen metabolism to boron toxicity in tomato plants. Plant Biology11: 671-677.

Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J. J., Romero, L. and Ruiz, J. M. (2007) Oxidative stress and antioxidants in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant subjected to boron toxicity. Annals of Botany 100: 747-756.

Chen, M., Mishra, S., Heckathorn, S. A., Frantz, J. M. and Krause, C. (2014) Proteomic analysis of Arabidopsis thaliana leaves in response to acute boron deficiency and toxicity reveals effects on photosynthesis, carbohydrate metabolism, and protein synthesis. Journal of Plant Physiology 171: 235-242.

Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J. J., Rosales, M. A. and Sanchez-Rodriguez, E. (2012) Parameters symptomatic for boron toxicity in leaves of Tomato plants. Journal of Botany 1-17.

Dursum, A., Turan, M., Ekinci, M., Gunes, A., Ataoglu, N., Esringu, A. and Yildirim, E. (2010) Effects of boron fertilizer on Tomato, pepper, and cucumber yields and chemical composition. Communications in Soil Science and Plant Analysis 41: 1576-1593.

Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M. (2007) Boron toxicity alters nitrite reductase activity, prolin accumulation, membrane permeability, and mineral constituents of tomato and pepper plants. Journal of Plant Nutrition 30: 981-994.

Eraslan, F., Polat, M., Yildirim, A. and Kucukyumuk, Z. (2016) Physiological and nutritional responses of two distinctive Quince (*Cydonia oblonga* Mill) rootstocks to Boron toxicity. Pakistan Journal Botany 48: 75-80.

Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G. and Scheffer, J. J. C. (2008) Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. Flavour and Fragrance Journal 23: 213-226.

Gimeno, V., Simón, I., Nieves, M., Martínez, V., Cámara-Zapata, J. M., García, A. L., and García-Sánchez, F. (2012) The physiological and nutritional responses to an excess of boron by Verna lemon trees that were grafted on four contrasting rootstocks. Trees 26: 1513-1526.

Guidong, L., Cuncang, J. and Yunhua, W. (2011) Distribution of boron and its forms in young 'Newhall' navel orange

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

(*Citrus sinensis* Osb.). Plants grafted on two rootstocks in response to deficient and excessive boron. Soil Science Plant Nutrition 57: 93-104.

Hegazi, E. S., El-Motaium, R. A., Yehia, T. A. and Hashim, M. E. (2018) Effect of foliar boron application on boron, chlorophyll, phenol, sugars and hormones concentration of olive (*Olea europaea* L.) buds, leaves, and fruits. Journal of Plant Nutrition 41: 749-765.

Herrera–Rodriguez, M. B., Gonzalez-Fontes, A., Rexach, J., Camacho-Cristobal, J. J. M., Maldonado, J. and Navarro-Gochicoa, M. T. (2010) Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. Plant Stress 4 : 115-122.

Hua, T., Zhang, R., Sun, H. and Liu, C. (2020) Alleviation of boron toxicity in plants: Mechanisms and approaches.

Critical Reviews in Environmental Science and Technology 1-41.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez–Diaz, M. (1992) Water stress induced changes inconcentrations of prolin and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Plant Physiology 84: 55-60.

Kang, H. M. and Saltveit, M. E. (2002) Chiling tolerance of maize, cucumber and rice seedling leaves and roots are differentially affected by salicylic acid. Plant Physiology 115: 571-576.

Karantzi, A., Papadakis, I .E., Psychoyou, M. and Ioannou, D. (2016) Nutrient status of the banana cultivar 'FHIA-01'as affected by boron excess. Acta Horticulture 1139:399–404.

Kazemi, M. (2013). Effect of foliar application of iron and zinc on growth and zinc on growth and productivity of Cucumber. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2: 11-14.

Keles, Y., Oncel, I. and Yenice, N. (2004) Relationship between boron content and antioxidant compouds in Citrus leaves taken from fields with different water source. Plant and Soil 265: 345-353.

Lewis, D.H. (2019) Boron: the essential element for vascular plants that never was. New Phytologist 221:1685–1690.

Macho-Rivero, M., Herrera-Rodriguez, M.B., Brejcha, R., Schaffner, A.R., Tanaka, N., Fujiwara, T., Gonzales-Fontes, A. and Camacho-Cristobal, J. J. (2018) Boron toxicity reduces water transport from root to shoot in Arabidopsis plants. Evidence for a reduced transpiration rate and expression of major PIP aquaporin genes. Plant Cell Physiology 59: 836-844.

Mousavi, S. R. Galavi, M. and Rezaei, M. (2012) The interaction of zinc with other elements in plants. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 1881-1884.

Mukherjee, A., Peralta-Videa, J. R., Bandyopadhyay, S., Rico, C. M., Zhao, L. and Gardea-Torresdey, J. L. (2014) Physiological effects of nanoparticulate ZnO in green peas (*Pisum sativum* L.) cultivated in soil. Metallomics 6: 132-138.

Princi, M. P., Lupini, A., Araniti, F., Sunseri, F. and Abenavoli, M. R. (2013) Short-term effects of boron excess on root morphological and functional traits in tomato. In: XVII International Plant Nutrition Colloquium-Boron Satellite Meeting Proceedings Book 17–18 August, Istanbul, Turkey. Pp. 1150–1151.

Radic, S., Babic, M., Skobic, D., Roje, V. and Pevalek-Kozlina, B. (2010) Ecotoxicological effects of aluminum and zinc on growth and antioxidants in *Lemna minor* L. Ecotoxicology and Environmental Safety 73: 336-342.

Razzaq, K., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M. and Ullah, S. (2013) Foliar application zinc influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin. Journal of plant nutrition 36: 10:1479-1495.

Reid, R. J. (2013) Boron toxicity and tolerance in crop plants. Crop Improvement Under Adverse Conditions. Springer, New York, pp. 333–346.

Rengel, Z. and Romheld, V. (2000) Root exudation and Fe uptake and transport in wheat genotypes differing in tolerance of Zn deficiency. Plant and Soil 222: 25-34.

Samet, H. and cikih, Y. (2018) Response of purslane (*Portulaca oleracea* L.) to excess boron and salinity: physiological approach. Russian Journal of Plant Physiology.

Samreen, T., Ullah Shah, H., Ullah, Saleem, H., Muhammad, J. (2017) Zinc effect on growth rate, chlorophll, protein and mineral contents of hydroponically grown mungbeans plant (*Vigna radiate*). Arabian Journal of Chemistry 10: S1802-S1807.

Sang, W., Huang, Z. R., Qi, Y. P., Yang, L. T., Guo, P. and Chen, L. S. (2015) An investigation of boron-toxicity in leaves of two citrus species differing in boron-tolerance using comparative proteomics. Journal of Proteomics 123: 128-146.

Sarafi, E., Siomos, A., Tsouvaltzis, P., Therios, I. and Chatzissavvidis, C. (2018) Boron toxicity effects on the concentration of pigments, carbohydrates and nutrient elements in six non-grafted pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.). Indian Journal of Plant Physiology 23:474–485.

Sotiropoulos, T., Therios, I.N., Tsirakoglou, V. and Dimassi, K. (2006) Response of the quince genotypes BA29 and EMA used as pear rootstocks to boron and salinity. International Journal of Fruit Science 6(4): 93-101.

Sauls, J. W. (2008). Texas citrus and subtropical fruits: Nutrition and fertilization. Available at: http://aggie-horticulture. tamu.edu/ citrus/ nutrition/ L2288.htm (accessed 23 December 2010).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

Shireen, F., Nawaz, M. A, Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H., Sun, J., Cao, H., Huang, Y. and Bie, Z. (2018) Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. International Journal of Molecular Sciences 19:1856.

Simon-Grao, S., Nieves, M., Camara-Zapata, J. M., Martinez-Nicolas, J. J., Rivero, R. M., Fernandez-Zapata, J.C. and Garcia-Sanchez, F. (2019) The Forner Alcaide no. 5 citrus genotype shows a different physiological response to the excess of boron in the irrigation water in relation to its two genotype progenitors. Scientia Horticulturae 245: 19–28.

Tavallali, V. and Karimi, S. (2017) Green synthesized zinc-glycine chelate enhances antioxidant protection of pistachio under different soil boron levels. International Journal of Fruit Science 17: 423–439.

Tariq, M. and Mott, C. J. B. (2007) Effect of boron on the behavior of nutrients in soil-plant system-review. Asian Journal of Plant Science 6(1): 195-202.

Wang, J. Z., Tao, S. T., Qi, K. J., Wu, J. and Wu, H. Q. (2011) Changes in photosynthetic properties and antioxidative system of pear leaves to boron toxicity. African Journal of Biotecnology 10: 19693-19700.

Yermiyahu, U. and Ben-Gal, A. (2006) Boron toxicity in grapevine. Horticultural Science 41: 1698-1703.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]

The effect of zinc sulfate under boron toxicity conditions on some morphophysiological and biochemical properties of grapevine (*Vitis vinifera* L.)

SakinehTavakoli[1], Jafar Amiri[*1] and Mohsen Barin[2]

[1]Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, urmia, Iran.
[2]Department of soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, urmia, Iran.

(Received: 17/01/2021, Accepted: 23/10/2021)

Abstract

Boron is an essential plant micronutrient that is involved in the cell wall and membrane structure and functioinig. Boron is often found in high concentrations in association with agriculture in arid and semi-arid regions. In order to investigate the effect of zinc sulfate on some morphological, physiological and biochemical characteristics of two grapvine cultivars under toxicity of boron, a greenhouse experiment was conducted taking into account three factors of two grapevine cultivars (Ghezel Ozum and Hosseini), four levels of boric acid (nutrient solution including 0.25 (control)), 2.5, 5 and 10 mg l^{-1} and tree levels of zinc sulfate (foliar spray), 0 (control), 3 and 6 g l^{-1} in a factorial based on randomized complete design of four replicates for six months. The results indicated that leaf fresh weight in treatments of 5 and 10 mg l^{-1} boron (without zinc sulfate) were 68.55 and 49%, respectively and leaf dry weight in treatments of 5 and 10 mg l^{-1} boron (without zinc sulfate) decreased by 65.44 and 86.9%, respectively, compared to the control. With an increas in boric acid levels, the content activities of catalase enzymes, proline, soluble sugars, and total protein in plant tissues were increased. At a concentration of 6 g l^{-1} zinc sulfate and 10 mg l^{-1} boron, the amount of soluble sugar in Ghezel Ozum cultivar increased 6.35 times and in Hosseini cultivar increased 5.3 times compared to the control treatment. With the application of 6 g l^{-1} zinc sulfate, the amount of total protein at the level of 5 mg l^{-1} boron increased 1.53 times and at the level of 10 mgl^{-1} boron, the amount increased 1.77 times compared to the control. Boron toxicity also reduced the concentrations of No_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+} and Fe^{2+} but increased boron levels in both cultivars. The lowest amount of iron was observed in both cultivars at 10 mg l^{-1} boron. The highest amount of leaf boron (200.51 mg kg^{-1} dry matter) was observed at a concentration of 10 mg l^{-1} boron. Under toxicity of boron, application of Zinc sulfate caused increase in growth efficiency, antioxidant enzymes activites and the amount of compatible osmolites but reduced accumulation of boron ions in two cultivars. In conclusion, Hosseini was more tolerant with respect to most characters as compared to Ghezel Ozum and the application of zinc sulfate ameliorated the adverse effects of boron toxicity, in both cultivars.

Key words: Catalase, Growth parameters, Nitrate and Proline.

Corresponding author, Email: j.amiri @urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.1.9]