

اثر سولفات منگنز بر تحمل تنش کم آبی دو رقم انگور در شرایط درون شیشه‌ای

پرستو قربانی^۱، سعید عشقی^{۲*}، احمد ارشادی^۳، اختر شکافنده نوبندگانی^۴ و فاطمه رزاقی^۵
۱، ۲، ۴ و ۵. دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳. دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۵)

چکیده

خشکی از مهمترین تنش‌های غیرزنده است که روی رشد و جنبه‌های فیزیولوژیکی انگور اثر می‌گذارد. در این پژوهش اثر سولفات منگنز بر صفات مورفو-فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز دو رقم انگور تامسون سیدلس و رطبی تحت تنش کم آبی در شرایط درون شیشه‌ای ارزیابی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تکرار انجام شد. از محیط موراشیگ و اسکوگ (MS) با سه تیمار بدون منگنز (صفر میلی‌گرم در لیتر)، ۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر (غلظت استاندارد) و ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر (دو برابر غلظت استاندارد) و تیمار تنش کم آبی در ۴ سطح توسط مقادیر صفر، ۳، ۹ و ۱۲ درصد وزنی به حجمی پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ برای هر دو رقم انگور استفاده شد. مریستم‌های نوک شاخه به عنوان ریزنمونه‌های گیاهی استفاده شدند. صقات رشدی شامل ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه، سطح و تعداد برگ و محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر تنش کم آبی کاهش یافت، اما تیمار سولفات منگنز باعث افزایش قابل توجهی در این صفات شد. بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز برگ در تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در سطح تنش ۱۲ درصد پلی اتیلن گلیکول در رقم رطبی ($65.4 \text{ Umin}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$) دیده شد. نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌کند که سولفات منگنز می‌تواند موجب افزایش تحمل به تنش کم آبی در دو رقم انگور رطبی و تامسون سیدلس در شرایط درون شیشه‌ای شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع گیاه، پلی اتیلن گلیکول، سوپراکسید دیسموتاز، مریستم.

The effect of MnSO_4 on water stress tolerance in two cultivars of grapevine (*Vitis vinifera* cv. L.) under *in vitro* condition

Parastoo Ghorbani¹, Saeid Eshghi^{2*}, Ahmad Ershadi³, Akhtar Shekafandeh Nobandegani⁴
and Fatemeh Razzaghi⁵

1, 2, 4, 5. Ph.D. Candidate, Professor, Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

3. Associated Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(Received: May 14, 2019- Accepted: Sep. 06, 2019)

ABSTRACT

Drought is one of the most important abiotic stresses that have effect on growth and physiological aspect of grape. In this research effect of manganese sulfate on the morpho-physiological traits and superoxide dismutase enzyme activity in Thompson seedless and Rotabi grape cultivars under *in vitro* at drought stress was evaluated. The manganese sulfate treatment was carried out across three levels, including MS without manganese (0 mg/L), MS with a standard manganese concentration (16.9 mg/L) and MS with twice the standard manganese concentration (33.8 mg/L), and the drought stress treatment was performed across four levels using 0, 3, 9 and 12% (w/v) solutions of polyethylene glycol (PEG) 6000 in two grape cultivars, namely seedless Thompson and Rotabi. The meristems of shoot tip were used as explants. All growth parameters, including plant height, stem dry weight, leaf area, leaf number and relative water content (RWC) were reduced under the impact of drought. However, manganese sulfate treatment caused a significant increase in all these parameters at all concentrations. The highest amounts of superoxide dismutase enzyme activity was observed in 33.8 mg/L MnSO_4 under drought stress with 12% PEG in the Rotabi cultivar ($65.4 \text{ Umin}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$). The results of this research suggest that manganese sulfate treatment under *in vitro* condition can improve water stress tolerance in both grapevines seedless Thompson and Rotabi cultivars.

Keywords: Meristems, polyethylene glycol, plant height, SOD.

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

مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* cv. L) یکی از مهمترین محصولات باغی در کشور می باشد که سطح زیر کشت آن در دنیا حدود ۷/۴ میلیون هکتار می باشد که سهم ایران ۲۹۰ هزار هکتار است که از نظر تولید با حدود ۲/۲ میلیون تن، در جایگاه نهم دنیا قرار دارد. متوسط عملکرد تاکستان های آبی و دیم کشور به ترتیب ۱۱ و ۳/۵ تن در هکتار گزارش شده است (Ahmadi et al., 2016). با توجه به اقتصادی بودن تولید انگور در ایران، لازم است که توسعه تاکداری از حیث توجه به موضوع تنش خشکی در اکثر مناطق کشور مورد توجه قرار گیرد. کشور ایران با میانگین بارش های جوی ۲۴۰ میلی متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه خشک طبقه بندی می گردد (Kerdovani, 2011). از طرفی با توجه به کشت دیم این گیاه در برخی استان های کشور از جمله فارس، کردستان و ... تاک های انگور در بخشی از رشد سالیانه خود، یعنی در تابستان که تبخیر و تعرق زیاد است، به شدت تحت تأثیر تنش خشکی و کمبود آب قرار می گیرند و با مشکل هایی از جمله کوتاه شدن دوره رشد، کاهش گل انگیزی و پیری فیزیولوژیک روبرو می شوند که این حالت در نهایت منجر به کاهش عملکرد و از بین رفتن آنها می شود (Ghaderi, 2009; Rabiei, 2009). برای این منظور دستیابی به اطلاعات لازم در خصوص رفتار تاک انگور در برابر تنش خشکی و واکنش ارقام انگور تجاری متحمل و غیرمتحمل در برابر کمبود آب و ارایه راهکارهای مدیریتی برای مقابله با آن ضروری است.

در واقع خشکی پدیده ای بحرانی و اجتناب ناپذیر است که همه ساله در بخش هایی از مناطق مختلف دنیا در زمان های مختلف با دامنه و شدت متفاوت به تولید محصول آسیب می رساند (Kantar, 2011; Anjum et al., 2011). کمبود آب به صورت مستقیم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان اثرگذار است. در شرایط کم آبی انواع فعال اکسیژن تولید شده و منجر به خسارت اکسیداتیو و در نتیجه اختلال در اعمال فیزیولوژیکی سلول ها می گردد (Lovisolo et al., 2010; Lisar et al., 2012). انتظار می رود که عرضه عناصر غذایی به گیاهان، به ویژه عنصری که گیاه احتمالاً به دلیل شرایط محیطی با کمبود آن مواجه است، بتواند مقاومت گیاه را به برخی

از تنش ها افزایش و رشد گیاه را بهبود ببخشد (Movahhedy-Dehnavy et al., 2009; Marschner, 1995). منگنز به عنوان یک عنصر کم مصرف ضروری برای گیاهان، در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دخیل است. قابلیت دسترسی این عنصر که احتمالاً با افزایش سازگاری گیاه در برابر تنش های زنده و غیر زنده مرتبط است، در شرایط تنش خشکی به ویژه در مناطق دارای خاک آهکی با pH بالا، کاهش می یابد به طوری که بیشتر گیاهان در این مناطق با مشکل کمبود این عنصر مواجه هستند (Batukaev et al., 2014; Rayhani-Tabar, 2010; Pradubsu & Davenport, 2011). منگنز به عنوان فاکتور ساختاری آنزیم سوپراکسید دیسموتاز عمل کرده و گیاه را در برابر رادیکال های آزاد محافظت می کند (Marschner, 1995) و موجب افزایش سازگاری گیاهان در برابر شرایط تنش های زنده و غیرزنده می شود (Marschner, 1995; Sebastian & Prasad, 2015). منگنز با افزایش آنزیم های آنتی اکسیدانی، کلروفیل، پروتئین و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و آنیون سوپراکسید، مقاومت به خشکی را در گیاه چمن *Perennial ryegrass* بهبود بخشید (Wang et al., 2010). همچنین بهبود مقاومت به خشکی در گیاه *Brassica Juncea* از طریق افزایش کربوهیدرات، پروتئین و آنزیم های آنتی اکسیدانی در زمان تیمار سولفات منگنز مشاهده شده است (Gul et al., 2017). بهبود صفات رشدی تحت تیمار منگنز در شرایط تنش خشکی در گیاه سویا (Kobraee & Shamsi, 2013) و گلرنگ (Movahhedy-Dehnavy et al., 2009) گزارش شده است.

یکی از روش های نوین بررسی مکانیسم های مقاومت به تنش ها، استفاده از فن کشت درون شیشه ای است که به وسیله شبیه سازی تنش و کنترل سایر عوامل محیطی، دقت بالا در انتخاب و واکاوی، قابل تعمیم بودن به شرایط مزرعه ای و باغی اهمیت زیادی در مطالعه مقاومت گیاهان به تنش های محیطی از جمله تنش خشکی دارد. استفاده از پلی اتیلن گلایکول (PEG) پلیمری با وزن ملکولی بالا و خاصیت جذب آب زیاد یکی از راه های اعمال تنش خشکی در شرایط درون شیشه ای است

در نهایت ۱۵ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد و هیپوکلریت ۰/۲۵ درصد قرار داده شدند و سپس ۳-۴ مرتبه با آب مقطر استریل شستشو شدند. ریزنمونه‌های هر دو رقم در محیط کشت نیمه جامد موراشیگ و اسکوگ (۵۰ درصد میزان استاندارد آگار) به همراه ۰/۷ میلی‌گرم بر لیتر تنظیم کننده رشد گیاهی ایندول بوتریک اسید، در شیشه‌های ۲۵۰ سی سی حاوی مقادیر مختلف منگنز کشت داده شدند. تیمارهای سولفات منگنز به صورت بدون منگنز (صفر میلی‌گرم در لیتر)، منگنز در حد استاندارد (۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر) و با دو برابر منگنز نسبت به حد استاندارد (۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر) استفاده شد. سپس نمونه‌ها به اتاقک رشد با شرایط طول روز ۱۶:۸، دمای 24 ± 1 درجه سانتی‌گراد و شدت نور ۵۷ میکرومول بر مترمربع منتقل شدند.

یک ماه بعد از تیمار تغذیه ای منگنز، گیاهچه‌های عاری از آلودگی از بین نمونه‌های کشت بافتی اولیه در هر یک از تیمارها، انتخاب و به شیشه‌های ۵۰۰ میلی‌لیتری حاوی محیط کشت موراشیگ و اسکوگ همراه تیمار منگنز مطابق مرحله قبل و تیمار تنش کم‌آبی انتقال داده شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تکرار و ۵ شیشه کشت در هر تکرار در چهار سطح کم‌آبی و در هر دو رقم انجام شد. تیمارهای تنش کم‌آبی به وسیله‌ی مقادیر مختلف پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ (PEG) بدون تنش (صفر درصد)، تنش متوسط (۳ درصد)، تنش شدید (۹ درصد) و تنش خیلی شدید (۱۲ درصد)، درصد وزنی به حجمی و با استفاده از فن انتشار Diffusion based method در محیط کشت اعمال شد (شکل ۱). ۲۰ روز بعد از اعمال تنش کم‌آبی و تیمار منگنز، اولین نمونه‌برداری جهت سنجش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، کربوهیدرات محلول، پروتئین، پرولین، محتوای کلروفیل برگ، محتوای آب نسبی و نشت یونی برگ‌ها انجام شد. دومین نمونه برداری ۳۰ روز بعد از اعمال تنش کم‌آبی جهت ارزیابی صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک و تر ریشه، طول ریشه، تعداد و سطح برگ انجام شد.

(Sayed-Tabatabaei & Omid, 2009; Sukalovic & *et al.*, 2010).

با وجود این‌که انگور از جمله گیاهان نیمه متحمل به خشکی است، اما پس از آغاز فصل تابستان، به دلیل نوسان‌های شدید دمایی و کاهش جذب آب، گیاه در معرض تنش خشکی قرار گرفته که منجر به اختلال در فرآیند رشد و حتی نابودی گیاه (در شرایط تنش شدید) می‌شود (Lovisolo *et al.*, 2010). از طرفی کمبود عنصر منگنز در مناطق خشک و دارای خاک آهکی در انگور گزارش شده است (Rayhani-Tabar, 2010; Pradubsu & Davenport, 2011; Batukae *et al.*, 2014). در این پژوهش اثر سولفات منگنز در شرایط درون‌شیشه‌ای بر دو رقم انگور تامسون سیدلس (رقم نیمه حساس به کم‌آبی) و رطبی (رقم متحمل به کم‌آبی) تحت تنش کم‌آبی با هدف تخفیف اثر منفی تنش بر صفات رشد و بیوشیمیایی، مطالعه شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی دو رقم انگور تامسون سیدلس (Thompson Seedless) و رطبی در شرایط درون‌شیشه‌ای در سال ۹۵-۱۳۹۴ انجام گرفت. بدین منظور در بهمن ماه ۱۳۹۳ قلمه‌های یکساله، ریشه دار شده و یکسان از کلکسیون انگور مرکز پژوهش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس (ایستگاه زرقان) تهیه و در زیر خاک با عمق ۲۰ سانتی‌متر به صورت موقت قرار داده شد و سپس در ۱۸ فروردین ماه، پس از برطرف شدن خطر سرمازدگی بهار، در گلدان‌های پلاستیکی (۱۲ کیلوگرمی) حاوی ترکیب خاکی مشخص (با نسبت ۱:۱ از ماسه و خاک باغچه) کاشته شدند. پس از کشت گلدان‌ها به فضای باز در دانشکده کشاورزی منتقل و به صورت مرتب آبیاری شدند. در اواخر تابستان، سرشاخه‌های انتهایی انگورها قطع و به آزمایشگاه کشت بافت انتقال داده شد. ریزنمونه‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل مرستم‌های انتهایی شاخساره‌ها بود که در ساعات اولیه صبح نمونه برداری شد. به منظور ضد عفونی سطحی، ریزنمونه‌ها ابتدا به مدت نیم ساعت در آب جاری و پس از آن به مدت ۹۰ ثانیه در اتانول ۷۰٪ و



شکل ۱. مراحل مختلف تهیه ریزنمونه تا انتقال به محیط تیمار تنش خشکی

Figure 1. Steps of sample preparation and transfer to water stress culture medium

گرم وزن تر) با بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH=7) عصاره‌گیری انجام شد. فعالیت سوپراکسید دیسموتاز با پایش مهار کاهش فتوشیمیایی نیتروبولوتترازولیم (NBT) با استفاده از روش Dhindsa & Matowe (1981) مورد سنجش قرار گرفت. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و اکاوی شد و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان از معنی‌دار بودن اثر متقابل سطوح تنش کم آبی، رقم و سولفات منگنز بر فاکتورهای مورفولوژیک اندازه‌گیری شده داشت (جدول ۱). تیمار ۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز ارتفاع گیاهچه‌ها را نسبت به تیمار عدم کاربرد سولفات منگنز در صفر، ۳، ۹ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن گلیکول به ترتیب در رقم رطبی ۱۷/۳، ۴۳/۶۴، ۲۶/۸۲، ۴۱/۱ درصد و در رقم تامسون سیدلس ۱۷/۷۸، ۴۴/۱، ۳۲/۱۶ و ۵۱/۰۵ درصد افزایش داد. بیشترین ارتفاع گیاهچه در تیمار ۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در شرایط بدون تنش کم آبی در رقم رطبی (۱۸/۳ سانتی‌متر) دیده شد (جدول ۲).

بیشترین وزن خشک ساقه در رقم تامسون سیدلس مربوط به تیمار ۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در تمامی سطوح تنش بود (به ترتیب در ۰، ۳، ۹ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن گلیکول معادل ۴/۸۷، ۳/۸۷، ۲/۶۸ و ۲/۴۴ گرم)، اما در رقم رطبی تیمار سولفات منگنز در شرایط تنش کم آبی تأثیری بر وزن خشک ساقه گیاهچه‌ها نداشت (جدول ۲).

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک

اندازه‌گیری ارتفاع بوته و طول ریشه با استفاده از خط‌کش دقیق انجام شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و ساقه (بدون برگ)، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن شدند. برای تعیین سطح برگ از هر تیمار ۶ عدد برگ بالغ و سالم انتخاب شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار واکاوی ایمج (ImageJ, Launcher) محاسبه گردید.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ‌ها (RWC) از روش Yamasaki & Dillenburg (1999) و مقدار نشت یونی برگ (EL) از روش Lutts *et al.* (1995) استفاده شد. میزان کلروفیل بر اساس روش Hicox & Israelstam (1979) و کربوهیدرات‌های محلول بر اساس روش Yemm & Willis (1954) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پروتئین محلول کل بر اساس روش Bradford (1976) و میزان پرولین از روش Bates *et al.* (1973) انجام شد. اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید (MDA) به‌عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدها (Anjum *et al.*, 2011; Hasanuzzaman *et al.*, 2012)، در نظر گرفته شده است. مقدار پراکسیداسیون لیپیدها غشایی بر اساس تشکیل مالون‌دی‌آلدئید ایجادشده با تیوباربیتوریک اسید (TBA) با استفاده از روش Heath & Packer (1965) سنجش شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

به منظور تعیین فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و پروتئین محلول کل از نمونه‌های برگ‌گی هر تیمار (یک

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک مورد ارزیابی در گیاهچه های انگور کشت بافتی تحت تأثیر تنش کم آبی و تیمار سولفات منگنز

Table 1- Results of variance analysis morphologic parameters in both grape plantlets subjected to water stress and MnSO₄ in *in vitro* condition

Sources of Variation	df	Plant		Leaves		Root	
		Height	Dry weight stem	Number	Leaf area index	Length	Dry weight
Cultivar	1	110.1**	124.6**	3652.7**	1239.9**	4131.8**	75.5**
MnSO ₄ treatment	2	223.5**	24.0**	2263.0**	9665.2**	611.8**	499.7**
Water stress	3	855.9**	49.25**	1034.1**	2198.5**	796.9**	58.2**
Cultivar×MnSO ₄ treatment×Water stress	6	3.95*	0.85*	65.3**	96.2**	32.0**	3.2**
C.V	-	13.9	19.8	12.9	11.8	19.2	15.9

ns: * و **: به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی دار.

ns, *, **: Significantly difference at 5 and 1% of probability levels, and non-significant, respectively.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سولفات منگنز و تنش کم آبی بر صفات مورفولوژیک دو رقم انگور در شرایط درون شیشه ای

Table 2. Mean comparison interaction effect of MnSO₄ on parameter morphologic of both grapevine cultivars under water stress and *in vitro* condition

Experimental variant	Plant		Leaves		Root		
	Height (cm)	Dry weight stem (gr)	Number	Leaf area index (mm ²)	Length (cm)	Dry weight (gr)	
Rotabi	MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ ×0% PEG	15.6 ^{cd}	4.5 ^{bc}	19 ^e	35 ^{gh}	14.4 ^g	3.3 ⁱ
	MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ ×3% PEG	11.3 ^{hig}	4.4 ^{bcd}	15 ^{fh}	30.1 ^{jk}	15.6 ^g	3.3 ⁱ
	MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ ×9% PEG	9.1 ^{klm}	4.1 ^{cd}	14.7 ^{gh}	27.2 ^{kl}	18.2 ^{de}	2.4 ^{jk}
	MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ ×12% PEG	6.9 ^{no}	2.4 ^{fgh}	13.2 ^b	18.4 ⁿ	16.6 ^{ef}	2.5 ^j
	MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ ×0% PEG	18.3 ^a	5.5 ^a	35.6 ^a	59.2 ^a	14.4 ^g	8.1 ^{ab}
	MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ ×3% PEG	16.2 ^{bc}	4.4 ^{bcd}	29.7 ^b	51.5 ^b	16.3 ^{efg}	7.3 ^{bcd}
	MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ ×9% PEG	11.5 ^{hi}	4.4 ^{bcd}	27.1 ^c	42.9 ^c	19.7 ^{cd}	6.4 ^{ef}
	MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ ×12% PEG	9.8 ^{kl}	2.7 ^{efg}	20.6 ^{de}	39.1 ^{de}	19.9 ^{cd}	5.4 ^{gh}
	MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ ×0% PEG	17.2 ^{ab}	4.6 ^{bc}	25.5 ^c	36.8 ^{ef}	15.1 ^g	8.5 ^a
	MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ ×3% PEG	13.2 ^{fg}	3.8 ^d	22.2 ^d	37.1 ^{ef}	19.2 ^{cd}	8.3 ^a
	MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ ×9% PEG	11.1 ^{hij}	4 ^{cd}	19.1 ^e	32.9 ^{ghi}	22.3 ^b	6.9 ^{de}
	MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ ×12% PEG	7.8 ^{mn}	2.3 ^{ghi}	15.6 ^g	31.4 ^{hij}	25.4 ^a	6.2 ^{efg}
Thompson seedless	MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ ×0% PEG	13.8 ^{ef}	3.0 ^f	13.6 ^{gh}	29.4 ^{jk}	3.7 ^m	2.4 ^{jk}
	MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ ×3% PEG	9.9 ^{hkl}	2.1 ^{hij}	11.1 ^j	28.8 ^{kl}	4.9 ^{lm}	2.3 ^{jk}
	MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ ×9% PEG	8.5 ^{lm}	1.9 ^{hij}	10.8 ^j	23.1 ^m	8.7 ^{jk}	1.8 ^{jk}
	MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ ×12% PEG	5.7 ^o	1.5 ^j	8.8 ^j	15.8 ⁿ	10.7 ^{ij}	1.7 ^k
	MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ ×0% PEG	16.3 ^{bc}	4.9 ^b	26.2 ^c	51.3 ^b	6.7 ^{kl}	6.9 ^{de}
	MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ ×3% PEG	14.4 ^{def}	3.8 ^d	20.3 ^{de}	48.5 ^b	8.1 ^k	5.8 ^{efg}
	MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ ×9% PEG	11.2 ^{hij}	2.7 ^{efg}	16.5 ^f	42.3 ^{cd}	11.9 ^{hi}	5.4 ^h
	MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ ×12% PEG	8.6 ^{lm}	2.4 ^{efgh}	10 ^j	35.4 ^{efg}	14.5 ^{fg}	3.4 ⁱ
	MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ ×0% PEG	14.8 ^{cd}	2.9 ^{ef}	15.2 ^{fgh}	32.4 ^{ghij}	6.7 ^{kl}	7.8 ^{abc}
	MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ ×3% PEG	12.3 ^{gh}	2.1 ^{hij}	14.5 ^{fgh}	30.3 ^{jk}	11.2 ⁱ	7.2 ^{cd}
	MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ ×9% PEG	10.7 ^{hij}	1.7 ^{ij}	10.9 ^j	27.2 ^{kl}	13.8 ^{gh}	5.7 ^{efg}
	MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ ×12% PEG	6.6 ^{no}	1.6 ^j	10.2 ^j	25.3 ^{lm}	21.2 ^{bc}	5.2 ^h

*ستون هایی که حرف های مشترک دارند بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

*Values followed by different letters were significantly different according to Duncan's Multiple Range Test at P<0.05.

تعداد برگ شدیدتر بود و در تیمار استاندارد اثر تنش خشکی بر کاهش تعداد برگ در رقم رطبی کمتر از تامسون سیدلس بود.

بیشترین طول ریشه معادل ۲۵/۴ سانتی متر مربوط به ۱۲ درصد پلی اتیلن گلیکول همراه تیمار ۳۳/۸ میلی گرم در لیتر سولفات منگنز در رقم رطبی و کمترین طول ریشه معادل ۳/۶۵ سانتی متر مربوط به تیمار بدون تنش کم آبی و صفر میلی گرم در لیتر سولفات منگنز در رقم تامسون سیدلس بود. تیمار

اثرات سه گانه رقم، تنش کم آبی و سولفات منگنز بر صفات تعداد برگ و سطح برگ نشان داد که تیمار ۱۶/۹ میلی گرم در لیتر در رقم رطبی در صفر درصد پلی اتیلن گلیکول بیشترین تعداد برگ (۳۵/۵۵) و سطح برگ (۵۹/۱۷ میلی متر مربع) و تیمار صفر میلی گرم در لیتر سولفات منگنز در رقم تامسون سیدلس در ۱۲ درصد پلی اتیلن گلیکول کمترین تعداد برگ (۸/۸۲) و سطح برگ (۱۵/۸۲ میلی متر مربع) را دارد. اثر تنش خشکی بر کاهش

نشت الکترولیت‌ها و مالون دی آلدئید

اثر متقابل تنش کم آبی و سولفات منگنز در هر دو رقم تأثیر معنی‌داری بر صفات نشت الکترولیت و مالون دی آلدئید در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۳). در هر دو رقم تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز مقدار آنزیم مالون دی آلدئید را در ۰، ۳، ۹ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلیکول در رقم ربی ۰، ۳۰، ۵۷/۱، ۵۳/۷، ۵۵/۵ درصد و در رقم تامسون سیدلس ۰، ۴۰، ۶۳/۶، ۵۲/۵، ۵۸/۴۳ درصد کاهش داد (جدول ۴). در رقم ربی میزان نشت الکترولیت بین دو غلظت سولفات منگنز در ۳ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلیکول اختلاف معنی‌داری دیده نشد، اما با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. در رقم تامسون سیدلس تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در ۹ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلیکول میزان نشت الکترولیت برگ‌ها را به میزان ۲۶/۷ و ۹/۶ درصد کاهش داد. کاربرد درون‌شیشه‌ای سولفات منگنز می‌تواند در کاهش MDA و نشت الکترولیت در هر دو رقم مؤثر باشد. نتایج این پژوهش با گزارش Wang *et al.* (2010) در مورد کاهش MDA در چمن تحت تنش کم آبی در حضور سولفات منگنز مطابقت داشت.

محتوای نسبی آب برگ‌ها

در هر دو رقم تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم بر لیتر سولفات منگنز نسبت به تیمار بدون سولفات منگنز با بیشترین اثر، محتوای نسبی آب برگ‌ها را در رقم ربی در صفر، ۳، ۹ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلیکول، به ترتیب ۴/۱، ۳، ۰/۲، ۲/۶ درصد و در رقم تامسون سیدلس ۱۱/۴، ۶/۲، ۵/۷ و ۵/۲ درصد افزایش داد (جدول ۴). حفظ محتوای نسبی آب احتمالاً به دلیل تنظیم اسمزی با تجمع مواد محلول و کاهش خسارت غشاء و درشت‌ملکول‌های ساختاری می‌باشد، که موجب حفظ آب سلول و افزایش مقاومت در شرایط کم آبی شده است (Anjum *et al.*, 2011; Lisar *et al.*, 2012). در ارقام انگور میزان محتوای نسبی آب تا زمانی که مورد تنش شدید قرار نگیرند، کاهش چشمگیری ندارد (Soukhtesaraee *et al.*, 2017).

۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در هر دو رقم بیشترین طول ریشه را نشان داد. میانگین وزن خشک ریشه در تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز نسبت به عدم استفاده از آن در ۰، ۳، ۹ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلیکول در رقم ربی ۱۵۶، ۱۴۸/۵، ۱۸۴/۷ و ۱۴۵/۴ درصد و در رقم تامسون سیدلس ۲۲۰/۶، ۲۱۳/۴، ۲۲۱/۳ و ۲۰۶/۴ درصد افزایش نشان داد. تأثیر تنش خشکی بر تغییرات مورفولوژیکی و کاهش رشد در گیاهان مختلف از جمله انگور گزارش شده است (Shao *et al.*, 2008; Lisar *et al.*, 2012).

رقم‌های مختلف انگور از نظر تحمل به خشکی متفاوتند، رقم تامسون سیدلس به‌عنوان رقمی نیمه‌حساس به خشکی و ربی از جمله ارقام متحمل به خشکی شناخته می‌شود (Hadadinejad *et al.*, 2014). کاهش ارتفاع بوته، سطح و تعداد برگ گیاه روشن‌ترین اثر تنش خشکی در گیاهان است که منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (Schurr *et al.*, 2000; Shao *et al.*, 2008). در مطالعه حاضر کاربرد منگنز موجب کاهش اثرات تنش کم آبی بر صفات مورفولوژیکی در هر دو رقم انگور (تامسون سیدلس و ربی) شد که با یافته‌های سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Movahhedy-Dehnavy *et al.*, 2008; Kobraee & Shamsi, 2014).

افزایش ارتفاع بوته و صفات رشدی توسط منگنز، احتمالاً به دلیل توانایی این عنصر در تحریک رشد به سبب تحریک تقسیم و توسعه سلولی، طول شدن سلول و افزایش زیست‌توده سلولی در نتیجه افزایش فعالیت فتوسنتزی و متابولیسم نیتروژن، در برگ‌های جوان و بافت‌های مختلف گیاه از جمله ریشه و اندام‌های هوایی (ساقه، برگ) می‌باشد و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم با رشد بافت‌های گیاهی مرتبط است (Marschner, 1995; Shitov *et al.*, 2009; Mousavi *et al.*, 2011). اثرات مثبت منگنز روی صفات رشدی ارقام انگور تحت تنش کم آبی مشاهده شده در مطالعه حاضر در محصولات مختلف از جمله ژنوتیپ‌های گلرنگ (Movahhedy-Dehnavy *et al.*, 2009)، سویا (Kobraee & Shamsi, 2008) و گیاه *Brassica juncea* (Gul *et al.*, 2017) نیز گزارش شده است.

پروتئین‌های محلول و پرولین

سطح ۹ درصد پلی‌اتیلن‌گلایکول در رقم رطبی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

منگنز نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای سلولی شامل متابولیسم پروتئین، بازی می‌کند (Munns, 2011). در انگور، پروتئین‌های محلول و پرولین یک عامل کلیدی در مکانیسم تحمل به شرایط تنش می‌باشند (Lindon et al., 2004; Millaleo et al., 2010; Doulati Baneh, 2016). گزارش‌هایی در مورد سایر گیاهان مثل گیاه *Brassica Juncea* (Gul et al., 2017)، *Wang et al.*, 2010) و برنج (et al., 2001) تحت تأثیر منگنز و تنش‌های غیر زنده نتایج فوق را تأیید می‌کند.

تیمارهای مختلف تنش کم آبی و سولفات منگنز در هر دو رقم باعث افزایش معنی‌دار در میزان پروتئین‌های محلول و پرولین نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). در رقم رطبی تیمار ۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز نسبت به عدم استفاده از آن در صفر و ۳ درصد پلی‌اتیلن‌گلایکول ۱/۷ و ۱/۶ برابر و در رقم تامسون سیدلس ۱/۸ و ۱/۷ برابر موجب افزایش پروتئین برگ‌ها شد (جدول ۴). در هر دو رقم تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز با تفاوت معنی‌داری نسبت به دیگر تیمارها میزان پرولین برگ‌ها را افزایش داد، اما بین تیمار عدم استفاده سولفات منگنز و ۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر آن، به‌غیر از

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مالون دی‌آلدئید، سوپراکسید دیسموتاز، پرولین، پروتئین، کلروفیل، کربوهیدرات و نشت الکترولیت و محتوی نسبی آب در گیاهچه‌های انگور کشت بافتی تحت تأثیر تنش کم آبی و تیمار سولفات منگنز

Table 3. Results of variance analysis measured MDA, SOD, Proline, Protein, Chlorophyll, Carbohydrate, EL and RWC in grape plantlet subjected to water stress and MnSO₄ in *invitro* condition

Sources of Variation	df	MDA	SOD	Proline	Protein	Chlorophyll	Carbohydrate	EL	RWC
Cultivar	1	0.7 ^{ns}	1710.5 ^{**}	62.7 ^{**}	16.4 ^{**}	3.7 ^{ns}	19.8 ^{**}	2360.3 ^{**}	2869.4 ^{**}
MnSO ₄ treatment	2	9.7 ^{**}	9073.0 ^{**}	371.1 ^{**}	15.6 ^{**}	2.4 ^{ns}	100.5 ^{**}	977.6 ^{**}	163.6 ^{**}
Water stress	3	3.3 ^{**}	8983.5 ^{**}	42.3 ^{**}	5.9 ^{**}	4.1 ^{ns}	46.5 ^{**}	9922.5 ^{**}	345.2 ^{**}
Cultivar × MnSO ₄ treatment × Water stress	6	0.4 ^{ns}	208.6 ^{**}	1.2 ^{ns}	0.9 ^{ns}	0.1 ^{ns}	5.8 ^{**}	84.4 ^{**}	8.61 ^{ns}
C.V	-	10.9	8.1	12.4	26.1	26.8	10.1	6.9	0.81

ns, **, ns: Significant difference at 5 and 1% of probability levels, and non-significant, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سولفات منگنز و تنش کم آبی بر صفات مالون دی‌آلدئید، سوپراکسید دیسموتاز، پرولین، پروتئین، کلروفیل، کربوهیدرات، محتوی نسبی آب و نشت الکترولیت در شرایط درون‌شیشه‌ای

Table 4. Mean comparison interaction effect of MnSO₄ on MDA, SOD, Proline, Protein, Chlorophyll, Carbohydrate, RWC and EL on grapevines under water stress and *invitro* condition

Experimental variant	MDA	SOD	Proline	Protein	Chlorophyll	Carbohydrate	RWC	EL
	(nmol g ⁻¹ FW)	(U min ⁻¹ g ⁻¹ FW)	(µg g ⁻¹ FW)	(µg g ⁻¹ DW)	(mg g ⁻¹ FW)	(mg g ⁻¹ DW)	(%)	(%)
MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ × 0% PEG	0.5 ^h	11.7 ⁱ	5.1 ^{klm}	2.7 ^{def}	1.39 ^{abc}	2.1 ^k	87.3 ^b	25.3 ^f
MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ × 3% PEG	1.0 ^d	19.8 ^l	5.5 ^{ijk}	2.8 ^{def}	1.19 ^{bcd}	2.4 ^{ij}	84.7 ^c	39 ^{hi}
MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ × 9% PEG	1.4 ^{bc}	25 ⁱ	6.6 ^{ij}	2.6 ^{defg}	0.8 ^{gh}	3.9 ^{ef}	81.3 ^{ef}	52.3 ^{ef}
MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ × 12% PEG	1.4 ^{bc}	37.8 ^e	6.9 ^{hi}	2.6 ^{defg}	0.4 ⁱ	3.6 ^{gh}	79.7 ^f	59.3 ^{bc}
MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ × 0% PEG	0.4 ^{kl}	19.7 ^j	4.9 ^{klm}	4.6 ^a	1.6 ^a	4.6 ^f	88.0 ^b	19.3 ^l
MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ × 3% PEG	0.6 ^{lm}	29.1 ^h	5.8 ^{jk}	4.3 ^{ab}	1.5 ^{ab}	6.6 ^{cd}	82.7 ^d	29 ^l
MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ × 9% PEG	0.7 ^{gh}	34.2 ^f	7.8 ^{gh}	3.5 ^{bcd}	1.5 ^{ab}	7.5 ^d	81.7 ^e	49 ^{gh}
MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ × 12% PEG	0.7 ^{gh}	50.1 ^c	6.8 ^{hi}	2.9 ^{def}	0.5 ^{hi}	7.3 ^{ab}	80.8 ^f	54.5 ^{de}
MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ × 0% PEG	0.4 ^{lm}	20.8 ^j	9.8 ^{de}	3.6 ^{bcd}	1.5 ^{ab}	2.6 ^g	90.9 ^a	15.3 ^m
MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ × 3% PEG	0.4 ^{klm}	31.6 ^g	10.7 ^{bcd}	3.3 ^{cde}	1.4 ^{abcd}	3.6 ^{gh}	87.3 ^b	29 ^l
MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ × 9% PEG	0.6 ^{gh}	48.2 ^c	11.5 ^b	3.2 ^{de}	1.4 ^{abcd}	5.7 ^e	81.5 ^{ef}	37.5 ⁱ
MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ × 12% PEG	0.6 ^{gh}	65.4 ^a	12.8 ^a	3 ^{def}	0.5 ^{hi}	5.4 ^e	81.8 ^e	57.3 ^{cd}
MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ × 0% PEG	0.7 ^{lm}	10.2 ⁱ	4 ^{lm}	2.3 ^{efg}	0.9 ^{fg}	3.8 ^{gh}	74.5 ^f	30.8 ^l
MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ × 3% PEG	1.3 ^c	11.5 ⁱ	4.4 ^{lm}	2.1 ^{ef}	0.6 ^{tu}	2.4 ^{ij}	72.8 ^k	46.5 ^f
MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ × 9% PEG	1.4 ^b	17 ^k	5.6 ^{jk}	2.1 ^{ef}	0.4 ⁱ	3.3 ^h	72.0 ^l	58 ^{cd}
MnSO ₄ 0 mg l ⁻¹ × 12% PEG	1.7 ^a	25.1 ⁱ	5.8 ^{jk}	1.6 ^g	0.3 ⁱ	2.7 ^{ij}	70.9 ^m	69.2 ^a
MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ × 0% PEG	0.5 ^h	20.6 ^j	3.3 ⁿ	4.2 ^{bc}	1.3 ^{abcde}	2.07 ^k	77.8 ^h	23.8 ^k
MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ × 3% PEG	0.7 ^{gh}	25.9 ^j	4.5 ^{lm}	3.5 ^{bcd}	1.1 ^{cd}	5.4 ^e	76.4 ⁱ	39.8 ^{hi}
MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ × 9% PEG	0.8 ^{ef}	30.8 ^{gh}	6.4 ^{ij}	2.7 ^{def}	0.9 ^{fg}	6.95 ^{bc}	73.1 ^k	58.5 ^e
MnSO ₄ 16.9 mg l ⁻¹ × 12% PEG	0.9 ^e	37.1 ^c	5.9 ^{jk}	2.1 ^{ef}	1.0 ^{efg}	6.38 ^d	72.3 ^{kl}	68.3 ^a
MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ × 0% PEG	0.4 ^{lm}	25.5 ^j	8.4 ^{fg}	2.9 ^{def}	1.1 ^{defg}	1.83 ^k	82.9 ^d	24.3 ^k
MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ × 3% PEG	0.5 ^{jk}	31.5 ^g	9.2 ^{ef}	2.6 ^{defg}	1.0 ^{efg}	2.75 ⁱ	77.4 ^h	39.8 ^{hi}
MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ × 9% PEG	0.7 ^{gh}	41.3 ^d	10.1 ^{ode}	2.6 ^{defg}	0.9 ^{fg}	4.5 ^f	76.1 ⁱ	42.5 ^h
MnSO ₄ 33.8 mg l ⁻¹ × 12% PEG	0.7 ^{gh}	56.1 ^b	10.9 ^{bc}	2.5 ^{efg}	0.4 ⁱ	4.6 ^f	74.5 ^f	62.5 ^b

ستون‌هایی که حرف‌های مشترک دارند بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. Values followed by different letters were significantly different according to Duncan's Multiple Range Test at P<0.05.

کلروفیل و کربوهیدرات‌های محلول

محتوی کلروفیل کل برگ‌ها به‌طور معنی‌داری در رقم رطبی بالاتر از رقم تامسون سیدلس بود (جدول ۴). در رقم رطبی، تیمار سولفات منگنز میزان کلروفیل کل برگ‌ها را به استثنای سطح تنش کم‌آبی شدید (۹ درصد)، تحت تأثیر قرار نداد، اما در رقم تامسون سیدلس در هر دو غلظت بدون اختلاف معنی‌دار، میزان کلروفیل کل برگ‌ها نسبت به تیمار بدون سولفات منگنز افزایش نشان داد. تیمار ۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز، مقدار کربوهیدرات برگ‌ها در تمامی سطوح تنش کم‌آبی افزایش داد که بیشترین مقدار در پلی‌اتیلن‌گلیکول در رقم رطبی (۷/۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و کمترین آن در رقم تامسون سیدلس در تیمار بدون سولفات منگنز و ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در سطح صفر درصد پلی‌اتیلن‌گلیکول (به ترتیب ۲/۰۷ و ۱/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بدون اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴).

تنش کم‌آبی موجب تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاهش مقدار کلروفیل برگ و تخریب ساختار کلروپلاست می‌گردد (Kobraee & Shamsi, 2013). منگنز با مشارکت در سیستم‌های ترکیبی نظیر سیستم آنزیمی آرژیناز و فسفوترانسفراز و دخالت در واکنش‌های انتقال الکترون در گیاه در تولید کلروفیل نقش عمده‌ای ایفا می‌کند (Malakoti et al., 2008). Wang et al. (2010) از مطالعه بر روی چمن تحت تنش خشکی و سولفات منگنز نتایج مشابهی در مورد افزایش محتوای کلروفیل کل به دست آوردند. مطابق نظر Anjum et al. (2011) افزایش سطح برگ، به‌عنوان یک پاسخ رشدی به کاربرد سولفات منگنز، احتمالاً تعداد رنگدانه‌های مؤثر در فتوسنتز هر یک واحد برگ مثل کلروفیل کل را افزایش می‌دهد. ارتباط قوی بین کلروفیل کل و فعالیت فتوسنتز گیاهان مواجهه شده با تنش خشکی اثبات شده است (Anjum et al., 2011; Lisar et al., 2012). میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ‌ها تحت تأثیر تیمار کم‌آبی و سولفات منگنز به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد (جدول ۴) که نتایج مشابهی در مطالعات قبلی در مورد گیاه *Brassica Juncea* (Gul et al.,)

(2017) و گلرنگ (Movahhedy-Dehnavy et al.,) (2009) گزارش شده است.

افزایش کربوهیدرات‌های محلول در پاسخ به تنش خشکی و کاربرد سولفات منگنز احتمالاً به‌دلیل افزایش سطح برگ گیاه و مقدار کلروفیل نسبت به نمونه‌های بدون سولفات منگنز می‌باشد. ارتباط مثبت و مؤثر میزان کلروفیل برگ و افزایش کربوهیدرات‌های محلول به اثبات رسیده است (Lidon et al., 2004; Millaleo et al., 2010).

آنزیم سوپراکسیددیسموتاز

مقدار آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در رقم رطبی در مقایسه با عدم استفاده از سولفات منگنز در ۳، ۹ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلیکول به ترتیب ۵۹/۸، ۹۲/۷ و ۷۲/۸ درصد افزایش نشان دادند. در رقم تامسون سیدلس مقدار افزایش آنزیم سوپراکسیددیسموتاز تحت تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز نسبت به شاهد در سطح تنش ۳، ۹ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلیکول به ترتیب ۱۷۴/۵، ۱۴۲/۸ و ۱۲۳/۵ افزایش یافت (جدول ۴). ایجاد تنش اکسیداتیو در سلول‌ها می‌تواند در حضور عنصر منگنز تعدیل شود (Marschner, 1995; Mousavi et al., 2011). منگنز به‌عنوان فاکتور ساختاری در آنزیم سوپراکسیددیسموتاز از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی موجب مقاومت به تنش‌های غیرزنده در گیاهان می‌شود (Marschner, 1995). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برنج (Rahman et al., 2016) و چمن *Perennial ryegrass* (Wang et al., 2010) تحت تنش خشکی و عنصر منگنز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، استفاده از سولفات منگنز در محیط کشت موراشیگ و اسکوگ با غلظت‌های ۱۶/۹ و ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش صفات رشدی و فیزیولوژیکی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهچه‌های هر دو رقم انگور تامسون سیدلس و رقم رطبی شد و در نهایت افزایش صفات یادشده به‌طور مستقیم موجب افزایش مقاومت به تنش کم آبی اعمال شده

سیدلس با تیمار ۳۳/۸ میلی گرم در لیتر سولفات منگنز افزایش مقاومت محسوس تری نسبت به عدم استفاده از سولفات منگنز نشان داد.

توسط پلی اتیلن گلایکول در گیاهچه‌ها گردید. نتایج پژوهش حاضر نشان داد با وجود متحمل تر بودن رقم رطبی نسبت به رقم تامسون سیدلس، اما رقم تامسون

REFERENCES

- Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Hoseinpur, R., Kazemifard, R. & Abdeshah, H. (2016). *Statistics Agriculture. Horticulture Crops*. (in Farsi). <https://horticulture.maj.ir>
- Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C. & Lei, W. (2011). Morphological, physiological, and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 2026-2032.
- Bates, L. S. & Wakren, R. P. (1973). Rapid determination of free proline water stress studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.
- Batukaev, A. A., Magomadov, A. S. & Malyh, G. P. (2014). Influence of manganese fertilizer on efficiency of grapes on sandy soils of the Chechen Republic. In: *BIO Web of Conferences* (pp.01007). EDP Sciences.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Dhindsa, R. S. & Matowe, W. (1981). Drought tolerance in two mosses: correlated with enzymatic defence against lipid peroxidation. *Journal of Experimental Botany*, 32, 79-91.
- Doulati Baneh, H. (2016). Salinity effects on plant tissue nutritional status as well as growth and physiological factors in some cultivars and interspecies hybrids of grape. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 47(1), 33-44. (In Farsi)
- Ghaderi, N. (2009). The Effect of Water Stress on Some Physiological Properties of Five Grape Cultivars and Evaluation of its Genetic Diversity in Kurdistan. Ph.D. Thesis, University of Tehran. 150 p.
- Gill, S. S., Anjum, N. A., Gill, R., Yadav, S., Hasanuzzaman, M. & Fujita, M. (2015). Superoxide dismutase-mentor of abiotic stress tolerance in crop plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 10375-10394.
- Gul, H., Seema, A., Shabeena, H., Aziz, L., Rahim, Z., Sahar, S. & Pervez, N. (2017). Exogenous application of zinc and manganese for improve chemical constituents in Brassica Juncea under drought stress. *Journal Application Environmental Biology Science*, 7, 81-90.
- Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., Teixeira Dasilva, J. A. & Fujita, M. (2012). Plant responses and tolerance to abiotic oxidative stress. In: V. Bandi., Shanker, A. K., Shanker, C. & Mandapaka M. (Eds.), *antioxidant defense is a key factor: Crop stress and its management*. (PP. 261-316). Springer Berlin.
- Hadadinejad, M., Ebadi, A., Fatahi, R., Mousavi, A., Santesteban, L. G. & Nejatian, M. A. (2014). The effect of drought stress on photosynthetic traits and the expression of some genes for a few Iranian grapevine candidate rootstocks. *Acta Horticulturae*, 1045, 133-138.
- Heath, R. L. & Packer, L. (1965). Effect of light on lipid peroxidation in chloroplasts. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 19, 716-720.
- Hicox, J. D. & Israelstam, G. F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, 57, 1332-1334.
- Lisar, S. Y. S., Motafakkerazad, R., Hossain, M. M. & Rahman, I. M. M. (2012). Water stress in plants. In: M. Rahman & H. Hasegawa, (Eds.), *causes, effects and responses*. (PP. 1-14). Croatia.
- Lovisolo, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H. & Schubert, A. (2010). Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. *Functional Plant Biology*, 37(2), 98-116.
- Lutts, S., Kinet, J. M. & Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*, 46, 1843-1852.
- Lidon, F. C., Barreiro, M. & Ramalho, J. (2004). Manganese accumulation in Rice: implications for photosynthetic functioning. *Journal of Plant Physiology*, 161, 1235-1244.
- Kantar, M., Lucas, S. J. & Budak, H. (2011). *Drought Stress: Molecular Genetics and Genomics Approaches*. Faculty of Engineering and Natural Sciences, Sabanci University, Istanbul, Turkey. Advances in Botanical Research.
- Kardavani, P. (1994). *Arid areas*. (9th ed.). Tehran University Press. (in Farsi).
- Kobraee, S. & Shamsi, K. (2013). Impact of micronutrients foliar application on soybean yield and its components under water deficit condition. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3, 39-45.

22. Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press London.
23. Millaleo, R., reyes-diaz, M., Ivanov, A. G., Mora, M. L. & Alberdi, M. (2010). Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *Journal of Soil Science Plant Nutrition*, 10, 476-494.
24. Mousavi, S. R., Shahsavari, M. & Rezaie, M. (2011). A general overview on Manganese (Mn) importance for crops production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9), 1799-1803.
25. Movahedy-dehnavy, M., Modarressanavy, S. A. M. & Mokhtassi-bidgoli, A. (2009). Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Industrial Crops and Products*, 30, 82-99.
26. Malakouti, M. J., Keshavarz, P. & Karimian. (2008). *A comprehensive approach towards identification of nutrients deficiencies and optimal fertilization for sustainable agriculture*. Tarbiat Modares University Press. (in Farsi)
27. Munns, R. (2011). Plant adaptations to salt and water stress: differences and commonalities. *Advances in Botanical Research*, 57, 1-32.
28. Pradubsuk, S. & Davenport, J. R. (2011). Seasonal distribution of micronutrients in mature 'Concord' grape: boron, iron, manganese, copper, and zinc. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 136(1), 69-77.
29. Rabiei, V. (2009). *Physiological and morphological response of some grape cultivars to drought stress*. Ph.D. Thesis Horticulture. University of Tehran. 181 p.
30. Rahman, A., Hossain, M. D. SH., Al-mahmud, J., Nahar, K., Hasanuzzaman, M. & Fujita, M. (2016). Manganese-induced salt stress tolerance in rice seedlings: regulation of ion homeostasis, antioxidant defense and glyoxalase systems. *Physiology and Molecular Biology Plants*, 22(3), 291-306.
31. Reyhanitabar, A. (2010). Kinetics of manganese release from some calcareous of Iran soils. *Water and Soil Science*. 20(2), 131-142.
32. Sayed Tabatabaei, B. E. & Omidi, M. (2009). *Plant Cell and Tissue Culture*. University of Tehran Press. (in Farsi)
33. Schurr, U., Heckenberger, U., Herdel, K., Walter, A. & Feil, R. (2000). Leaf development in *Ricinus communis* during drought stress: dynamics of growth processes, cellular structure, and sink-source transition. *Journal of Experimental Botany*, 51, 1515-1529.
34. Sebastian, A. & Prasad, M. N. V. (2015). Iron-and manganese-assisted cadmium tolerance in *Oryza sativa* L.: lowering of rhizotoxicity next to functional photosynthesis. *Planta*, 241, 1519-1528.
35. Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A. & Zhao, C. X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Plant Biology and Pathology*, 331, 215-225.
36. Shitov, A. V., Pobeguts, O. V., Smolova, T. N., Allakhverdiev, S. I. & Klimov, V. V. (2009). Manganese-dependent carbohydrase activity of photosystem II proteins. *Biochemistry Biokhimiia*, 74(5), 509-517.
37. Soukhtesarace, R., Ebadi, A., Salami, S. A & Lesani H. (2017). Evaluation of oxidative parameters in three grapevine cultivars under drought stress. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 48(1), 85-98. (In Farsi)
38. Sukalovic, V. H. T., Vuletic, M., Veljovic-Jovanovic, S. & Vucinic, Z. (2010). The effects of manganese and copper in vitro and in vivo on peroxidase catalytic cycles. *Journal of Plant Physiology*, 167(18), 1550-1557.
39. Wang, Y. T., Wang, K. & Shao, X. Q. (2010). Manganese delays the senescence induced by drought in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 5(22), 3035-3040.
40. Yemm, E. W. & Willis, A. J. (1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal*, 57, 508-514.
41. Yamasaki, S. & Dillenburg, L.C. (1999). Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11(2), 69-75.