Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 51, No 3, Autumn 2020 (579-588)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.280666.1640

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۹ (ص ۵۸۸-۵۷۹)

# اثر سولفات منگنز بر تحمل تنش کم آبی دو رقم انگور در شرایط درون‌شیشه‌ای

**پرستو قربانی[۱]، سعید عشقی[۲*]، احمد ارشادی[۳]، اختر شکافنده نوبندگانی[٤] و فاطمه رزاقی[٥]**

۱، ۲، ٤ 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: ۱۳۹۸/۲/۲٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/٦/۱۵)

## 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 تامسون‌سیدلس و رطبی تحت تنش کم‌آبی در شرایط درون‌شیشه‌ای ارزیابی شد. آزمایش به‌صورت 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)، ۱٦/۹ میلی‌گرم در لیتر (غلظت استاندارد) و ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر (دو برابر غلظت استاندارد) و تیمار تنش کم‌آبی در ٤ سطح توسط مقادیر صفر، ۳، ۹ و ۱۲ درصد وزنی به حجمی پلی‌اتیلن‌گلایکول ٦۰۰۰ برای هر دو رقم انگور استفاده شد. مریستم‌های نوک شاخه به‌عنوان ریزنمونه‌های گیاهی استفاده شدند. صفات رشدی شامل ارتفاع گیاه، وزن‌خشک ساقه، سطح و تعداد برگ و محتوای نسبی آب‌برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبی 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 پلی‌اتیلن‌گلایکول در رقم رطبی (٦۵/٤ $Umin^{-1}g^{-1}FW$) دیده شد. نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌کند که سولفات منگنز می‌تواند موجب افزایش تحمل به تنش کم‌آبی در دو رقم انگور رطبی و تامسون سیدلس در شرایط درون‌شیشه‌ای شود.

**واژه‌های کلیدی:** ارتفاع گیاه، پلی‌اتیلن‌گلایکول، 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 Ghorbani[1], Saeid Eshghi[2*], Ahmad Ershadi[3], Akhtar Shekafandeh Nobandegani[4] and Fatemeh Razzaghi[5]**

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

3. Asociated 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 *invitro* 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 $Umin^{-1}g^{-1}FW$). The results of this research suggest that manganese sulfate treatment under *invitro* 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

www.SID.ir

Archive of SID


## 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 قرارگیرد. کشور ایران با میانگین بارش‌های جوی ۲۴۰ میلی متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه خشک طبقه‌بندی می‌گردد (Kerdovani, 2011). از طرفی با توجه به کشت دیم این گیاه در برخی استان‌های کشور از جمله فارس، کردستان و ... تاک‌های 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 می‌گیرند و با مشکل‌هایی از جمله کوتاه شدن دوره رشد، کاهش گل انگیزی و پیری فیزیولوژیک روبرو می‌شوند که این حالت در نهایت منجر به کاهش عملکرد و از بین رفتن آنها می‌شود (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 پدیده‌ای بحرانی و اجتناب ناپذیر است که همه ساله در بخش‌هایی از مناطق مختلف دنیا در زمان‌های مختلف با دامنه و شدت متفاوت به تولید محصول آسیب می‌رساند (Kantar, 2011; Anjum *et al*., 2011). کمبود آب به‌صورت مستقیم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان اثرگذار است. در شرایط کم‌آبی انواع فعال اکسیژن تولید شده و منجر به خسارت اکسیداتیو و در نتیجه اختلال در اعمال فیزیولوژیکی سلول‌ها می‌گردد (Lovisolo *et al*., 2010; Lisar *et al*., 2012). انتظار می‌رود که عرضه عناصر غذایی به گیاهان، به‌ویژه عناصری که گیاه احتمالاً به‌دلیل شرایط محیطی با کمبود آن مواجه است، بتواند مقاومت گیاه را به برخی از تنش‌ها افزایش و رشد گیاه را بهبود ببخشد (Movahhedy-Dehnavy *et al*., 2009; Marschner, 1995). منگنز به‌عنوان یک عنصر کم‌مصرف ضروری برای گیاهان، در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دخیل است. قابلیت دسترسی این عنصر که احتمالاً با افزایش سازگاری گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده مرتبط است، در شرایط تنش خشکی به‌ویژه در مناطق دارای خاک آهکی با pH بالا، کاهش می‌یابد به‌طوری‌که بیشتر گیاهان در این مناطق با مشکل کمبود این عنصر مواجه هستند (Batukaev *et al*., 2014; Rayhani-Tabar, 2010; Pradubsu & Davenport, 2011). منگنز به‌عنوان فاکتور ساختاری آنزیم سوپراکسید دیسموتاز عمل کرده و گیاه را در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کند (Marschner, 1995) و موجب افزایش سازگاری گیاهان در برابر شرایط تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود (Marschner, 1995; Sebastian & Prasad, 2015). منگنز با افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، کلروفیل، پرولین 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 آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی 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 روش‌های نوین بررسی مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌ها، استفاده از فن کشت درون‌شیشه‌ای است که به‌وسیله شبیه‌سازی 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 تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی دارد. استفاده از پلی اتیلن گلایکول (PEG) پلیمری با وزن ملکولی بالا و خاصیت جذب آب زیاد یکی از راه‌های اعمال تنش خشکی در شرایط درون‌شیشه‌ای است

www.SID.ir

Archive of SID


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

با وجود این‌که انگور از جمله گیاهان نیمه متحمل به خشکی است، اما پس از آغاز فصل تابستان، به‌دلیل 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 (درشرایط 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 کم آبی) و رطبی (رقم متحمل به کم آبی) 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 بهاره، 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 به‌صورت 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 مریستم‌های انتهای شاخساره‌ها بود که در ساعات اولیه صبح نمونه برداری شد. به منظور ضد عفونی سطحی، ریزنمونه‌ها ابتدا به‌مدت نیم ساعت در آب جاری و پس از آن به‌مدت ۹۰ ثانیه در اتانول ۷۰٪ و 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 به‌صورت 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 ۱±۲۴ 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 به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تکرار و ۵ شیشه کشت در هر تکرار در چهار سطح کم آبی و در هر دو رقم انجام شد. تیمارهای تنش کم‌آبی به‌وسیله‌ی 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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

**اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی**

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 به‌مدت 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 ایمیج (ImageJ, Launcher) محاسبه گردید.

**اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی**

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 براساس 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 سوپراکسیددیسموتاز**

به منظور تعیین فعالیت سوپراکسیددیسموتاز (SOD) و پروتئین محلول کل از نمونه‌های برگی هر تیمار (یک گرم وزن تر) با بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷) عصاره‌گیری انجام شد. فعالیت سوپراکسید دیسموتاز با پایش مهار کاهش فتوشیمیایی نیتروبلوتترازولیم (NBT) با استفاده از روش Dhindsa & Matowe (1981) مورد سنجش قرار گرفت. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS واکاوی 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 معنی‌داربودن 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 گلایکول به‌ترتیب 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 (به‌ترتیب در ۰، ۳، ۹ و ۱۲ درصد پلی اتیلن گلایکول معادل ۴/۸۷، ۳/۸۷، ۲/۶۸ و ۲/۴۴ گرم)، اما در رقم رطبی تیمار سولفات منگنز در شرایط تنش کم‌آبی تأثیری بر وزن خشک ساقه گیاهچه‌ها نداشت (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID


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 $MnSO_4$ in *invitro* 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 معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار .

*, **, 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 درون‌شیشه ای

Table 2. Mean comparison interaction effect of $MnSO_4$ 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 $mgl^{-1}$×0% PEG | 15.6$^{cd}$ | 4.5$^{bc}$ | 19$^{e}$ | 35$^{fgh}$ | 14.4$^{fg}$ | 3.3$^{i}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×3% PEG | 11.3$^{hig}$ | 4.4$^{bcd}$ | 15$^{fgh}$ | 30.1$^{ijk}$ | 15.6$^{fg}$ | 3.3$^{i}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×9% PEG | 9.1$^{klm}$ | 4.1$^{cd}$ | 14.7$^{fgh}$ | 27.2$^{kl}$ | 18.2$^{de}$ | 2.4$^{jk}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×12% PEG | 6.9$^{no}$ | 2.4$^{fgh}$ | 13.2$^{h}$ | 18.4$^{n}$ | 16.6$^{ef}$ | 2.5$^{j}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×0% PEG | 18.3$^{a}$ | 5.5$^{a}$ | 35.6$^{a}$ | 59.2$^{a}$ | 14.4$^{fg}$ | 8.1$^{ab}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×3% PEG | 16.2$^{bc}$ | 4.4$^{bcd}$ | 29.7$^{b}$ | 51.5$^{b}$ | 16.3$^{efg}$ | 7.3$^{bcd}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×9% PEG | 11.5$^{hi}$ | 4.4$^{bcd}$ | 27.1$^{c}$ | 42.9$^{c}$ | 19.7$^{cd}$ | 6.4$^{ef}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×12% PEG | 9.8$^{jkl}$ | 2.7$^{efg}$ | 20.6$^{de}$ | 39.1$^{de}$ | 19.9$^{cd}$ | 5.4$^{gh}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×0% PEG | 17.2$^{ab}$ | 4.6$^{bc}$ | 25.5$^{c}$ | 36.8$^{ef}$ | 15.1$^{fg}$ | 8.5$^{a}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×3% PEG | 13.2$^{fg}$ | 3.8$^{d}$ | 22.2$^{d}$ | 37.1$^{ef}$ | 19.2$^{cd}$ | 8.3$^{a}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×9% PEG | 11.1$^{hij}$ | 4$^{cd}$ | 19.1$^{e}$ | 32.9$^{ghi}$ | 22.3$^{b}$ | 6.9$^{de}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×12% PEG | 7.8$^{mn}$ | 2.3$^{ghi}$ | 15.6$^{fg}$ | 31.4$^{hij}$ | 25.4$^{a}$ | 6.2$^{efg}$ |
| Thompson seedless | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×0% PEG | 13.8$^{ef}$ | 3.0$^{e}$ | 13.6$^{gh}$ | 29.4$^{ijk}$ | 3.7$^{m}$ | 2.4$^{jk}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×3% PEG | 9.9$^{ijkl}$ | 2.1$^{hij}$ | 11.1$^{ij}$ | 28.8$^{jkl}$ | 4.9$^{lm}$ | 2.3$^{jk}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×9% PEG | 8.5$^{lm}$ | 1.9$^{hij}$ | 10.8$^{ij}$ | 23.1$^{m}$ | 8.7$^{jk}$ | 1.8$^{jk}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×12% PEG | 5.7$^{o}$ | 1.5$^{j}$ | 8.8$^{j}$ | 15.8$^{n}$ | 10.7$^{ij}$ | 1.7$^{k}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×0% PEG | 16.3$^{bc}$ | 4.9$^{b}$ | 26.2$^{c}$ | 51.3$^{b}$ | 6.7$^{kl}$ | 6.9$^{de}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×3% PEG | 14.4$^{def}$ | 3.8$^{d}$ | 20.3$^{de}$ | 48.5$^{b}$ | 8.1$^{k}$ | 5.8$^{fgh}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×9% PEG | 11.2$^{hij}$ | 2.7$^{efg}$ | 16.5$^{f}$ | 42.3$^{cd}$ | 11.9$^{hi}$ | 5.4$^{h}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×12% PEG | 8.6$^{lm}$ | 2.4$^{efgh}$ | 10$^{ij}$ | 35.4$^{efg}$ | 14.5$^{fg}$ | 3.4$^{i}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×0% PEG | 14.8$^{cde}$ | 2.9$^{ef}$ | 15.2$^{fgh}$ | 32.4$^{ghij}$ | 6.7$^{kl}$ | 7.8$^{abc}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×3% PEG | 12.3$^{gh}$ | 2.1$^{hij}$ | 14.5$^{fgh}$ | 30.3$^{ijk}$ | 11.2$^{i}$ | 7.2$^{cd}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×9% PEG | 10.7$^{ijk}$ | 1.7$^{ij}$ | 10.9$^{ij}$ | 27.2$^{kl}$ | 13.8$^{gh}$ | 5.7$^{fgh}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×12% PEG | 6.6$^{no}$ | 1.6$^{j}$ | 10.2$^{ij}$ | 25.3$^{lm}$ | 21.2$^{bc}$ | 5.2$^{h}$ |

*ستون‌هایی که حرف‌های مشترک دارند بر پایهٔ 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.

اثرات سه گانه رقم، تنش کم‌آبی و سولفات منگنز بر صفات تعداد برگ و سطح برگ نشان داد که تیمار ۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر در رقم رطبی در صفر درصد پلی‌اتیلن گلایکول بیشترین تعداد برگ (۳۵/۵۵) و سطح برگ (۵۹/۱۷ میلی‌مترمربع) و تیمار صفر میلی‌گرم درلیتر سولفات منگنز در رقم تامسون سیدلس در ۱۲ درصد پلی‌اتیلن گلایکول کمترین تعداد برگ (۸/۸۲) و سطح برگ (۱۵/۸۲ میلی‌مترمربع) را دارد. اثر تنش خشکی بر کاهش تعداد برگ شدیدتر بود و در تیمار استاندارد اثر تنش خشکی بر کاهش تعداد برگ در رقم رطبی کمتر از تامسون سیدلسس بود.

بیشترین طول ریشه معادل ۲۵/۴ سانتی‌متر مربوط به ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلایکول همراه تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در رقم رطبی و کمترین طول ریشه معادل ۳/۶۵ سانتی‌متر مربوط به تیمار بدون تنش کم‌آبی و صفر میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در رقم تامسون سیدلس بود. تیمار

www.SID.ir

Archive of SID


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 پلی اتیلن گلایکول در رقم رطبی 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).

رقم های مختلف انگور از نظر تحمل به خشکی متفاوتند، رقم تامسون سیدلس به‌عنوان رقمی نیمه‌حساس به خشکی و رطبی 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 کم‌آبی بر صفات مورفولوژیکی در هر دو رقم انگور (تامسون سیدلس و رطبی) 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 به‌دلیل توانایی این عنصر در تحریک رشد به سبب تحریک تقسیم و توسعه سلولی، طویل 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 کم‌آبی 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.

**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 پلی‌اتیلن‌گلایکول در رقم رطبی ۳۰، ۵۷/۱، ۵۳/۷، ۵۵/۵ درصد و در رقم تامسون سیدلس۴۰، ۶۳/۶، ۵۲/۵، ۵۸/۴۳ درصد کاهش داد (جدول۴). در رقم رطبی میزان نشت الکترولیت بین دو غلظت سولفات منگنز در ۳ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلایکول 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 پلی‌اتیلن‌گلایکول 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 کم‌آبی 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 رطبی در صفر، ۳، ۹ و ۱۲ درصد پلی‌اتیلن‌گلایکول، 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 به‌دلیل تنظیم اسمزی با تجمع مواد محلول و کاهش خسارت غشاء و درشت‌ملکول‌های ساختاری می‌باشد، که موجب حفظ آب سلول و افزایش مقاومت در شرایط کم‌آبی 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).

www.SID.ir

Archive of SID


**پروتئین‌های محلول و پرولین**

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 درلیتر 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 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)، جو (lindon *et al*., 2001) چمن (Wang *et al*., 2010) و برنج (Rahman *et al*., 2016) تحت تأثیر منگنز و تنش‌های غیر زنده نتایج فوق را تأیید می‌کند.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مالون دی آلدئید، 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 $MnSO_4$ in *invitro* condition

| Sources of Variation | df | MDA | SOD | Proline | Protein | Chlorophyll | Carbohydrate | EL | RWC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cultivar | 1 | 0.7$^{**}$ | 1710.5$^{**}$ | 62.7$^{**}$ | 16.4$^{**}$ | 3.7$^{**}$ | 19.8$^{**}$ | 2360.3$^{**}$ | 2869.4$^{**}$ |
| $MnSO_4$ treatment | 2 | 9.7$^{**}$ | 9073.0$^{**}$ | 371.1$^{**}$ | 15.6$^{**}$ | 2.4$^{**}$ | 100.5$^{**}$ | 977.6$^{**}$ | 163.6$^{**}$ |
| Water stress | 3 | 3.3$^{**}$ | 8983.5$^{**}$ | 42.3$^{**}$ | 5.9$^{**}$ | 4.1$^{**}$ | 46.5$^{**}$ | 9922.5$^{**}$ | 345.2$^{**}$ |
| Cultivar × $MnSO_4$ treatment × Water stress | 6 | 0.4$^{**}$ | 208.6$^{**}$ | 1.2$^{*}$ | 0.9$^{*}$ | 0.1$^{ns}$ | 5.8$^{**}$ | 84.4$^{**}$ | 8.61$^{**}$ |
| C.V | - | 10.9 | 8.1 | 12.4 | 26.1 | 26.8 | 10.1 | 6.9 | 0.81 |

ns، * و **: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار .

*, **, ns: Significantly 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 دی آلدئید، سوپراکسید دیسموتاز ، پرولین، پروتئین، کلروفیل، کربوهیدرات، محتوی نسبی آب و نشت الکترولیت در شرایط درون‌شیشه ای

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 (nmol $g^{-1}$FW) | SOD (U $min^{-1}$ $g^{-1}$FW) | Proline (µg $g^{-1}$FW) | Protein (µg $g^{-1}$DW) | Chlorophyll (mg $g^{-1}$FW) | Carbohydrate (mg $g^{-1}$DW) | RWC (%) | EL (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rotabi | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×0% PEG | 0.5$^{ij}$ | 11.7$^{i}$ | 5.1$^{klm}$ | 2.7$^{def}$ | 1.39$^{abc}$ | 2.1$^{jk}$ | 87.3$^{b}$ | 25.3$^{k}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×3% PEG | 1.0$^{d}$ | 19.8$^{j}$ | 5.5$^{ijk}$ | 2.8$^{def}$ | 1.19$^{bcdef}$ | 2.4$^{ij}$ | 84.7$^{c}$ | 39$^{hi}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×9% PEG | 1.4$^{bc}$ | 25$^{i}$ | 6.6$^{ij}$ | 2.6$^{defg}$ | 0.8$^{gh}$ | 3.9$^{g}$ | 81.3$^{ef}$ | 52.3$^{ef}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×12% PEG | 1.4$^{bc}$ | 37.8$^{e}$ | 6.9$^{hi}$ | 2.6$^{defg}$ | 0.4$^{i}$ | 3.6$^{gh}$ | 79.7$^{g}$ | 59.3$^{bc}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×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 $mgl^{-1}$×3% PEG | 0.6$^{hi}$ | 29.1$^{h}$ | 5.8$^{ijk}$ | 4.3$^{ab}$ | 1.5$^{ab}$ | 6.6$^{cd}$ | 82.7$^{d}$ | 29$^{j}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×9% PEG | 0.7$^{gh}$ | 34.2$^{t}$ | 7.8$^{gh}$ | 3.5$^{bcd}$ | 1.5$^{ab}$ | 7.5$^{a}$ | 81.7$^{e}$ | 49$^{fg}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×12% PEG | 0.7$^{g}$ | 50.1$^{c}$ | 6.8$^{hi}$ | 2.9$^{def}$ | 0.5$^{hi}$ | 7.3$^{ab}$ | 80.8$^{t}$ | 54.5$^{de}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×0% PEG | 0.4$^{lm}$ | 20.8$^{j}$ | 9.8$^{de}$ | 3.6$^{bcd}$ | 1.5$^{ab}$ | 2.6$^{i}$ | 90.9$^{a}$ | 15.3$^{m}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×3% PEG | 0.4$^{klm}$ | 31.6$^{g}$ | 10.7$^{bcd}$ | 3.3$^{cde}$ | 1.4$^{abcd}$ | 3.6$^{gh}$ | 87.3$^{b}$ | 29$^{j}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×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 $mgl^{-1}$×12% PEG | 0.6$^{ghi}$ | 65.4$^{a}$ | 12.8$^{a}$ | 3$^{def}$ | 0.5$^{hi}$ | 5.4$^{e}$ | 81.8$^{e}$ | 57.3$^{cd}$ |
| Thompson seedless | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×0% PEG | 0.7$^{hi}$ | 10.2$^{l}$ | 4$^{mn}$ | 2.3$^{efg}$ | 0.9$^{fg}$ | 3.8$^{gh}$ | 74.5$^{j}$ | 30.8$^{j}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×3% PEG | 1.3$^{c}$ | 11.5$^{i}$ | 4.4$^{lm}$ | 2.1$^{gt}$ | 0.6$^{hi}$ | 2.4$^{ij}$ | 72.8$^{k}$ | 46.5$^{g}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×9% PEG | 1.4$^{b}$ | 17$^{k}$ | 5.6$^{jk}$ | 2.1$^{gt}$ | 0.4$^{i}$ | 3.3$^{h}$ | 72.0$^{l}$ | 58$^{cd}$ |
| | $MnSO_4$ 0 $mgl^{-1}$×12% PEG | 1.7$^{a}$ | 25.1$^{i}$ | 5.8$^{ijk}$ | 1.6$^{g}$ | 0.3$^{i}$ | 2.7$^{i}$ | 70.9$^{m}$ | 69.2$^{a}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×0% PEG | 0.5$^{ij}$ | 20.6$^{j}$ | 3.3$^{n}$ | 4.2$^{abc}$ | 1.3$^{abcde}$ | 2.07$^{jk}$ | 77.8$^{h}$ | 23.8$^{k}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×3% PEG | 0.7$^{gh}$ | 25.9$^{j}$ | 4.5$^{lm}$ | 3.5$^{bcd}$ | 1.1$^{cdefg}$ | 5.4$^{e}$ | 76.4$^{i}$ | 39.8$^{hi}$ |
| | $MnSO_4$ 16.9 $mgl^{-1}$×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$^{c}$ |
| | $MnSO_4$16.9 $mgl^{-1}$×12% PEG | 0.9$^{e}$ | 37.1$^{e}$ | 5.9$^{ijk}$ | 2.1$^{fg}$ | 1.0$^{efg}$ | 6.38$^{d}$ | 72.3$^{kl}$ | 68.3$^{a}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×0% PEG | 0.4$^{m}$ | 25.5$^{i}$ | 8.4$^{fg}$ | 2.9$^{def}$ | 1.1$^{defg}$ | 1.83$^{k}$ | 82.9$^{d}$ | 24.3$^{k}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×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 $mgl^{-1}$×9% PEG | 0.7$^{gh}$ | 41.3$^{d}$ | 10.1$^{cde}$ | 2.6$^{defg}$ | 0.9$^{fg}$ | 4.5$^{f}$ | 76.1$^{i}$ | 42.5$^{h}$ |
| | $MnSO_4$ 33.8 $mgl^{-1}$×12% PEG | 0.7$^{gh}$ | 56.1$^{b}$ | 10.9$^{bc}$ | 2.5$^{etg}$ | 0.4$^{i}$ | 4.6$^{t}$ | 74.5$^{j}$ | 62.5$^{b}$ |

ستون‌هایی که حرف‌های مشترک دارند بر پایهٔ 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.

www.SID.ir

Archive of SID


**کلروفیل و کربوهیدرات‌های محلول**

محتوی کلروفیل کل برگ‌ها به‌طور معنی‌داری در رقم رطبی بالاتر از رقم تامسون‌سیدلس 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 تمامی‌سطوح تنش کم‌آبی افزایش داد که بیشترین مقدار در پلی‌اتیلن‌گلایکول در رقم رطبی (۷/۵۲ میلی‌گرم برگرم وزن‌تربرگ) و کمترین آن در رقم تامسون سیدلس در تیمار بدون سولفات منگنز و ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز در سطح صفر درصد پلی‌اتیلن‌گلایکول (به‌ترتیب ۲/۰۷ و ۱/۸۳ میلی‌گرم برگرم وزن‌تربرگ) 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 فسفوترافسفوراز 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 سوپر اکسید 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 پلی‌اتیلن‌گلایکول 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 پلی‌اتیلن‌گلایکول 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

www.SID.ir

Archive of SID


توسط پلی‌اتیلن‌گلایکول در گیاهچه‌ها گردید. نتایج پژوهش حاضر نشان داد با وجود متحمل‌تر بودن رقم رطبی نسبت به رقم تامسون سیدلس، اما رقم تامسون سیدلس با تیمار ۳۳/۸ میلی‌گرم در لیتر سولفات منگنز افزایش مقاومت محسوس‌تری نسبت به عدم استفاده از سولفات منگنز نشان داد.

## REFERENCES


1. 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
2. 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.
3. Bates, L. S. & Waklren, R. P. (1973). Rapid determination of free proline water stress studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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)
8. 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.
9. 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.
10. Gul, H., Seema, A., Shabeena, H., Aziz, L., Rahim, Z., Sahar, S. & Pervez1, 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.
11. 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.
12. Hadadinejad, M., Ebadi, A., Fatahi, R., Mousavi, A., Santesteban, L. G. & Nejatianc, 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.
13. Heath, R. L. & Packer, L. (1965). Effect of light on lipid peroxidation in chloroplasts. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 19, 716-720.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Lutts, S., Kinet, J. M. & Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice verities differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany,* 46, 1843-1852.
18. Lidon, F. C., Barreiro, M. & Ramalho, J. (2004). Manganese accumulation in Rice: implications for photosynthetic functioning. *Journal of Plant Physiology,* 161, 1235–1244.
19. 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.
20. Kardavani, P. (1994). *Arid areas*. (9th ed.). Tehran University Press. (in Farsi).
21. 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.


www.SID.ir

Archive of SID



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*. Univercity 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. Soukhtesaraee, 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.


www.SID.ir