DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0
مقاله پژوهشی

اثر تنش خشکی بر کارایی مصرف آب انگور (*Vitis* vinifera L.) رقم بیدانه قرمز در تیمارهای کودی مختلف

آسیه صفری[۱]، اکرم فاطمی[۱]، محسن سعیدی[۲] و زهرا کلاه چی[۳]

[۱] ایران، کرمانشاه، دانشگاه رازی، گروه علوم و مهندسی خاک

[۲] ایران، کرمانشاه، دانشگاه رازی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

[۳] ایران، همدان، دانشگاه بوعلی سینا، گروه خاکشناسی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۴

چکیده

کاربرد کودهای آلی و شیمیایی به عنوان بهبود دهنده ویژگی‌های خاک یکی از راهکارهای کاهش اثر تنش خشکی می‌باشد. به منظور بررسی اثر کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار بر وزن خشک برگ، تبادلات گازی و کارایی فیزیولوژیک مصرف آب انگور رقم بیدانه قرمز تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی در دو سطح آبیاری شامل: عدم تنش خشکی (ظرفیت زراعی) و آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بود. این تحقیق به صورت طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و در گلخانه انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه-ای و کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ معنی‌دار شد. تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق و افزایش کارایی فیزیولوژیک مصرف آب برگ انگور شد. با کاربرد کودها اثر تنش خشکی جبران شد. کارایی فیزیولوژیک مصرف آب فتوسنتزی برگ در تیمارهای آلی بیشتر از تیمار شیمیایی بود. کارایی مصرف آب ذاتی برگ انگور در تیمارهای کودی در شرایط تنش خشکی بیشتر از سایر تیمارها در شرایط بدون تنش خشکی بود. بیشترین غلظت پتاسیم برگ در تیمار بایوچار در شرایط با و بدون تنش خشکی (به ترتیب ۱/۶۰ و ۱/۷۷ درصد) به دست آمد. بین وزن خشک برگ کلیه تیمارها در شرایط عدم تنش خشکی و تیمارهای سولفات پتاسیم و بایوچار در شرایط تنش خشکی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج این بررسی، کاربرد کودها مخصوصاً بایوچار می‌تواند در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر انگور بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

واژه های کلیدی: بایوچار، تنش خشکی، سولفات پتاسیم، کمپوست

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۳۸۹۴۰۰۸ ، پست الکترونیکی: a.fatemi@razi.ac.ir

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی است که محدود کننده رشد و نمو گیاهان به ویژه درختان میوه در مناطق خشک و نیمه خشک بوده می‌باشد (۹ و ۴۲). گرم شدن کره زمین مزید بر علت بوده و اثر منفی تنش خشکی را تشدید کرده است (۵۰). به نظر می‌رسد که تغییرات احتمالی اقلیمی در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک، اثرات قابل ملاحظه‌ای بر سیستم‌های تولید کشاورزی به همراه داشته باشد (۲۵). راهکارهای مدیریتی نقش مهمی در توانایی خاک برای نگهداری عناصر غذایی و آب دارد (۲۰).

برای استفاده بهینه از آب باید تلاش نمود تا با تأمین حداقل آب، بیشترین عملکرد را تولید کرد (۱۴). در

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0
مقاله پژوهشی

کشاورزی علاوه بر نقش مهم آبیاری در مقدار تولید، استفاده بهینه از کود نیز در تولید نهایی اهمیت دارد. تولید موفق محصولات کشاورزی در وضعیت آب و هوایی خشک مستلزم اعمال روش‌های مدیریتی مناسب است. استفاده از کودهای آلی و شیمیایی به عنوان بهبود دهنده ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌تواند یکی از راهکارهای کاهش اثر نامطلوب تنش خشکی باشد (۱۸). خشکسالی بر رشد گیاه به وسیله کاهش گسترش برگ و روزنه‌ها و کاهش سرعت فتوسنتز تأثیر می‌گذارد (۴۵). فراهمی پتاسیم عامل مهمی برای تنظیم شرایط اسمزی سلول، تنظیم روزنه‌ها و کنترل تعرق و فتوسنتز، در افزایش سرعت فتوسنتز کلروپلاست، فعالیت‌های آنزیمی، حفظ آماس سلول و مقاومت به تنش در شرایط تنش رطوبتی خاک می‌باشد (۴۰، ۲۸، ۳۲). با بهبود هریک از اجزای کارایی مصرف آب، اثرات نا مطلوب تنش خشکی تا حدی کاهش می‌یابد (۴۴). مقدار نیاز گیاه به پتاسیم برابر و در مواردی حتی بیشتر از نیتروژن است (۲۲). کاربرد کود پتاسیمی به معنی جایگزینی کوددهی به جای آبیاری تکمیلی است (۴۱).

انگور از جنس *Vitis* و خانواده Vitaceae می‌باشد. ایران با تولید ۲۰۵۶۶۸۹ تن در سال معادل با ۲/۷۶ درصد در رتبه دوازدهم جهان درسال ۲۰۱۴ قرار داشت (۲۶). ایران در سال ۲۰۱۴ از نظر سطح زیر کشت تاکستان‌ها (۲۱۳۱۱۱ هکتار معادل با ۲/۹۹ درصد) در رتبه دهم جهان بوده است. در سال ۱۳۹۰سطح زیر کشت انگور دیم و آبی در استان کرمانشاه به ترتیب ۱۳۸۰/۵ و ۷۵۱۸/۵ هکتار بوده است (۲۶). کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب تغییر در فرآیندهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌گردد. محدودیت رطوبتی موجب کاهش تقسیم و انبساط سلول‌ها و ارتفاع بوته می‌شود (۱۵) به گونه‌ای که با افزایش شدت تنش خشکی وزن تر و خشک برگ انگور کاهش می‌یابد (۲). افزایش تنش خشکی باعث کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ و به علت اختلال در روزنه‌ها و مسیر ورود دی‌اکسیدکربن موجب کاهش کلروفیل می‌شود (۲۱). کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش جذب دی‌اکسیدکربن، کاهش فتوسنتز از طریق کاهش رطوبت نسبی برگ، افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و آسیب‌های ناشی از آن در کلروپلاست (از جمله کاهش شاخص پایداری غشاء) از پیامدهای ناشی از تنش خشکی در برگ انگور می‌باشد (۱۶،۲، ۲۱). نتایج بررسی مقاومت انگور به تنش خشکی به روش درون شیشه‌ای نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک شاخه، سطح برگ، طول شاخه، پایداری غشاء و محتوای رطوبت نسبی و افزایش معنی‌داری در میزان پرولین و مالون دی آلدئید و همچنین فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان کاتالاز انگور می‌شود (۱۷). با توجه به مطالب ذکر شده، این تحقیق به منظور بررسی اثر کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار بر سرعت فتوسنتز و ویژگی‌های وابسته با آن و کارایی مصرف آب انگور بیدانه قرمز در شرایط تنش خشکی و در محیط گلخانه انجام شد.

مواد و روشها

این پژوهش در گلخانه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و به منظور بررسی سطوح تنش خشکی و تیمارهای کودی مختلف بر عملکرد و ویژگی مرتبط با تبادلات گازی نهال‌های دو ساله انگور (*Vitis* vinifera L.) رقم بیدانه قرمز در سال‌های ۱۳۹۶–۱۳۹۵ انجام شد. در اواسط بهمن ماه ۱۳۹۵پس از زمستان گذرانی بوته‌های انگور در مزرعه، نهال‌های تهیه شده به گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی که با ۸ کیلوگرم خاک سطحی محل رشد گیاه در مزرعه پرشده بودند، به گلخانه (دما: ۲۵–۱۵ درجه سانتی‌گراد) انتقال داده شدند. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده بررسی شد (جدول ۱).

مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0

در ادامه، شاخه‌های اضافی هرس شده و تنها چهار جوانه شامل سه جوانه رویشی و یک جوانه پایه بر نهال باقی ماندند. نهال‌ها تا اواسط خرداد ماه ۱۳۹۶و در شرایط رشد بهینه نگهداری شدند. از این تاریخ به بعد فاکتورهای آزمایش اعمال شدند.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت خاک	pH (۱:۲/۵)	هدایت الکتریکی (EC) (۱:۲/۵)	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	نیتروژن	عناصر قابل دسترس			
						فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
		$dS\ m^{-1}$	٪			$mg\ kg^{-1}$			
لومی رسی سیلتی	۷/۲۰	۰/۶۰	۵/۹۵	۰/۹۳	۰/۰۹	۱/۴۴	۴۰۰/۰۰	۳۷۶/۰۰	۸۸/۸۰

فاکتور اول تیمار کودی در چهار سطح شامل: ۱) کود سولفات پتاسیم (K_2SO_4) به شکل محلول (۱۰ گرم درگلدان معادل ۱/۲۵ گرم در کیلوگرم)، ۲) کمپوست (پنج درصد وزنی معادل ۴۰۰ گرم در گلدان)، ۳) بایوچار (ده درصد وزنی معادل ۸۰۰ گرم در گلدان) و ۴) شاهد (عدم کاربرد کود) بودند. این تیمارها به دقت به گلدان‌ها اضافه شدند. کمپوست از کارخانه کمپوست سازی کرمانشاه که از زباله شهری ساخته شده بود و بایوچار از سرشاخه‌های درخت سیب در شرایط با اکسیژن کم در کوره فلزی با دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد تهیه شد (جدول ۲).

جدول۲- ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی (کمپوست و بایوچار) مورد استفاده در آزمایش

کودهای آلی	pH (۱:۱۰)	هدایت الکتریکی(EC) (۱:۱۰)	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
		$dS\ m^{-1}$	٪			
کمپوست	۷/۹۶	۳/۹۰	۱۴/۲۰	۱/۴۶	۰/۵۷	۱/۴۱
بایوچار	۸/۴۴	۳/۴۰	۳۰/۰۰	۰/۲۸	۰/۵۳	۰/۵۳

در ابتدای تیر ماه ۱۳۹۶ تیمارهای تنش خشکی در دو سطح شامل: ۱) عدم تنش خشکی (شاهد) و ۲) اعمال تنش خشکی تا ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بودند که به مدت دو ماه ادامه یافت. اعمال تیمارهای رطوبتی با تعیین درصد رطوبت خاک اعمال شده در گلدان‌ها در نقطه ظرفیت زراعی و در ادامه از طریق توزیع روزانه گلدان‌ها تنظیم شد. ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در این آزمایش به صورت زیر بودند:

تبادلات گازی برگ: به منظور اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، و غلظت دی‌اکسیدکربن اتاقک روزنه از دستگاه فتوسنتز متر (LCi Portable ، ساخت شرکت Bio scientific Ltd کشور انگلستان) استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۰ الی ۱۲ صبح و در شدت نور ۵۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه انجام شد (۵۱). در هر گلدان آبیاری شده و تحت تنش با قرار دادن قسمت میانی برگ (قبل از آخر) (۴) در داخل محفظه شیشه‌ای دستگاه به مدت ۴۵ ثانیه ثبت شد.

کارایی فیزیولوژیک مصرف آب فتوسنتزی: کارایی مصرف آب عبارتست از مقدار کل بایومس تولید شده اندام هوایی به ازاء مقدار آب مصرفی. از آنجایی که فتوسنتز و تعرق دو فرآیند مهم در تولید بایومس در گیاهان می‌باشند، کارایی مصرف آب را می‌توان از نسبت فتوسنتز به تعرق محاسبه نمود. کارایی فیزیولوژیک مصرف آب

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0
مقاله پژوهشی

فتوسنتزی از طریق تقسیم نمودن سرعت فتوسنتز بر سرعت تعرق محاسبه گردید (۵۱).

کارایی مصرف آب ذاتی: گیاهان از نظر توانایی‌شان برای تنظیم اینکه چه مقدار آب به ازاء واحد کربن گرفته شده از دست می دهند، متفاوت هستند. چنین اختلافی را می‌توان به عنوان اختلاف در کارایی مصرف آب ذاتی گیاهان تعریف نمود (۲۳). کارایی مصرف آب ذاتی با تقسیم نمودن سرعت فتوسنتز بر مقدار هدایت روزنه‌ای محاسبه گردید (۵۱).

وزن خشک برگ: نمونه‌های برگ بالغ انگور (شامل برگ و دمبرگ) با آب مقطر شستشو و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. وزن خشک برگ انگور در واحد بوته و در هر گلدان در پایان آزمایش با ترازو با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شد.

غلظت پتاسیم برگ: نمونه برگ انگور با روش اکسیداسیون تر (اسید سولفوریک-اسیدسالیسیلیک-آب اکسیژنه) هضم و غلظت پتاسیم عصاره با روش فلیم فتومتری اندازه‌گیری شد (۲۹).

پتاسیم قابل جذب خاک: پتاسیم قابل جذب خاک گلدان-ها در پایان آزمایش با استات آمونیوم نرمال و خنثی عصاره‌گیری و به روش فلیم فتومتری اندازه‌گیری شد (۴۳).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SAS و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج

تبادلات گازی برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای ($P<0.05$) و تعرق برگ ($P<0.01$) معنی-دار شد (جدول ۳). کمترین و بیشترین مقدار سرعت فتوسنتز در بین تیمارهای کودی با ۱۱/۷۲ و ۵/۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه به ترتیب در تیمارهای سولفات پتاسیم در تنش خشکی و کمپوست در شرایط بدون تنش خشکی مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی سرعت فتوسنتز تیمار بایوچار به طور معنی‌داری از تیمار کمپوست بیشتر بود. همچنین سرعت فتوسنتز تیمارهای آلی از تیمار سولفات پتاسیم بیشتر بود. سرعت فتوسنتز تیمارهای شاهد و سولفات پتاسیم با هم اختلاف معنی-داری نداشتند. افزایش سرعت فتوسنتز برگ با کاربرد تیمارهای کودی در شرایط تنش خشکی (با میانگین ۲۹/۳ درصد افزایش) بیشتر از شرایط بدون تنش (با میانگین ۱۲/۷ درصد افزایش) به دست آمد. در شرایط تنش خشکی، درصد افزایش سرعت فتوسنتز برگ با کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به ترتیب در حدود ۶، ۳۳/۹ و ۸۸/۷ درصد بیشتر از مقادیر آن در همین تیمارها در شرایط بدون تنش خشکی بود (شکل ۱ ج).

در شرایط بدون تنش خشکی هدایت روزنه‌ای برگ در تیمارهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۲۵ و ۰/۲۲ میکرومول برمتر مربع بر ثانیه و در شرایط تنش خشکی در تیمارهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۰۸ و ۰/۱۲ میکرومول برمتر مربع بر ثانیه بود (شکل ۱د).

میانگین سرعت تعرق برگ در شرایط بدون تنش خشکی در تیمارهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به ترتیب ۸/۲۹، ۱۰/۰۸ و ۹/۰۳ میلی‌مول آب بر متر مربع بر ثانیه به دست آمد. میانگین سرعت تعرق برگ در شرایط تنش خشکی در تیمارهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به ترتیب ۳/۹۰، ۴/۷۴ و ۷/۶۷ میلی‌مول آب بر متر مربع بر ثانیه بود (شکل ۱).

کارایی مصرف آب فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر کارایی مصرف آب فتوسنتزی معنی‌دار شد ($P<0.05$) ولی بر

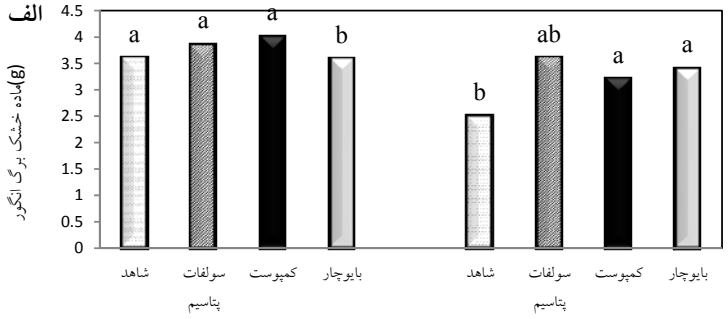
مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0

کارایی مصرف آب ذاتی برگ انگور اثر معنی‌دار نداشت ($P>0.05$)(جدول ۳). کارایی مصرف آب فتوسنتزی تیمارهای سولفات پتاسیم و کمپوست در شرایط بدون تنش خشکی و تیمار شاهد در شرایط تنش خشکی با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۱ه). بنابراین مقایسه کارایی مصرف آب فتوسنتزی در شرایط با و بدون تنش خشکی چندان ساده نیست. میانگین کارایی مصرف آب فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی اختلاف کمی با مقدار آن در شرایط تنش خشکی (به ترتیب ۱/۳ و ۱/۲ میکرومول CO_2 برمتر مربع بر ثانیه بر میلی‌متر آب) داشت. با اینحال می‌توان گفت در شرایط بدون تنش خشکی با کاربرد کودها در مقایسه با تیمار شاهد کارایی مصرف آب فتوسنتزی به طورمعنی‌داری کاهش یافت (شکل ۱ه). در شرایط بدون تنش خشکی با کاربرد کودها در مقایسه با تیمار شاهد سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق برگ به ترتیب در حدود ۵ تا ۲۳ درصد (به ترتیب در تیمارهای بایوچار و کمپوست) و ۲۰ تا ۳۴ درصد (به ترتیب در تیمارهای سولفات پتاسیم و کمپوست) افزایش یافت. در شرایط تنش خشکی در مقایسه با تیمار شاهد در تیمار سولفات پتاسیم به دلیل افزایش سرعت فتوسنتز (در حدود ۱۱ درصد) و کاهش سرعت تعرق برگ (حدود ۷ درصد) و در تیمار کمپوست به دلیل افزایش بیشتر سرعت فتوسنتز (۳۵ درصد) در مقایسه با سرعت تعرق برگ (۱۲ درصد) کارایی مصرف آب فتوسنتزی افزایش یافت. در حالی که در تیمار بایوچار در مقایسه با تیمار شاهد سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق برگ به ترتیب در حدود ۴۲ و ۴۶ درصد افزایش و کارایی مصرف آب فتوسنتزی کاهش یافت (شکل ۱ ج، و).

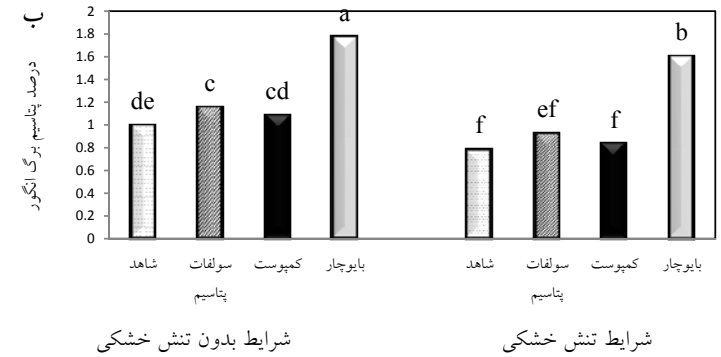
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک و غلظت پتاسیم، پارامترهای تبادلات گازی و کارایی مصرف آب فتوسنتزی و ذاتی برگ انگور برگ انگور با کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در شرایط با و بدون تنش خشکی

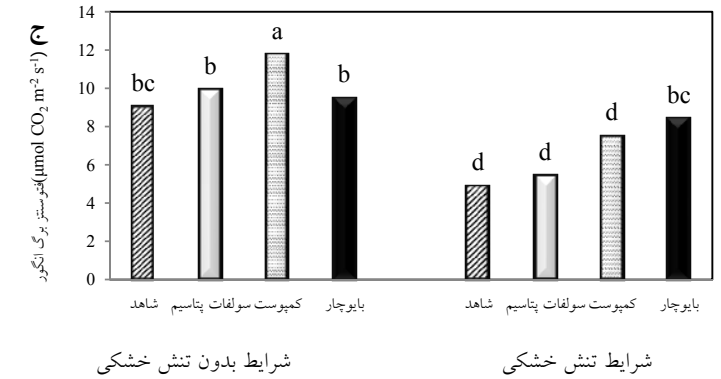
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ماده خشک	پتاسیم	فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	تعرق	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	کارایی مصرف آب ذاتی
بلوک	۳	۰/۲۷^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۱/۰۴^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۱۶/۲۹^{ns}
تنش خشکی	۱	۲/۷۳^{ns}	۰/۳۷**	۹۷/۷۹**	۰/۱۱**	۹۲/۴۸**	۰/۱۱*	۴۷۲۴/۰۶**
کود	۳	۰/۶۹**	۱/۱۳**	۱۱/۶۵**	۰/۰۱**	۱۴/۱۳**	۰/۱۷*	۳۳۰/۸۵^{ns}
تنش خشکی× کود	۳	۰/۳۹**	۰/۰۰^{ns}	۵/۲۲*	۰/۰۰*	۶/۴۷**	۰/۱۱*	۱۸۹/۲۲^{ns}
خطا	۲۱	۱/۱۷	۰/۰۱	۱/۳۴	۰/۰۰	۰/۹۳	۰/۰۲	۱۱۳/۰۲

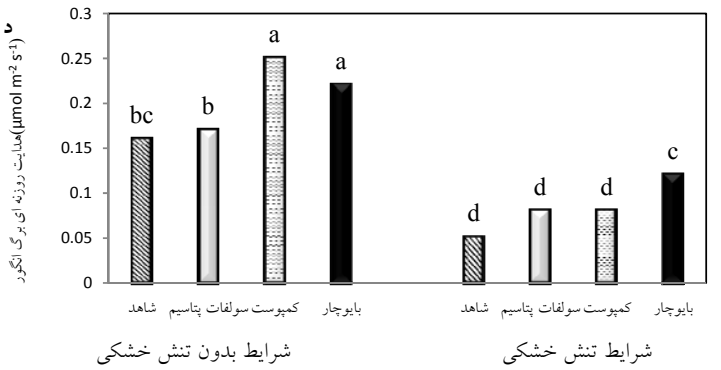
*و **و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی داری

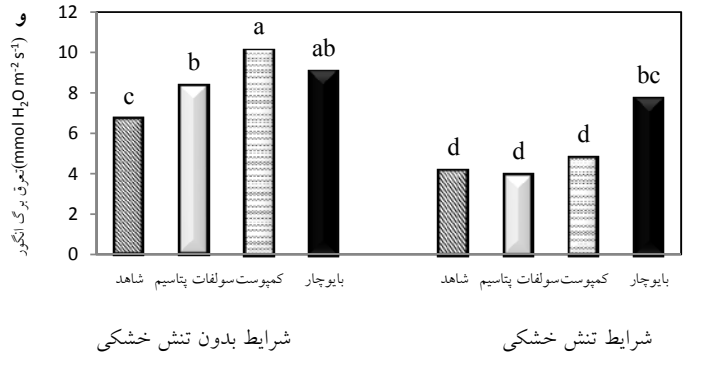


مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0

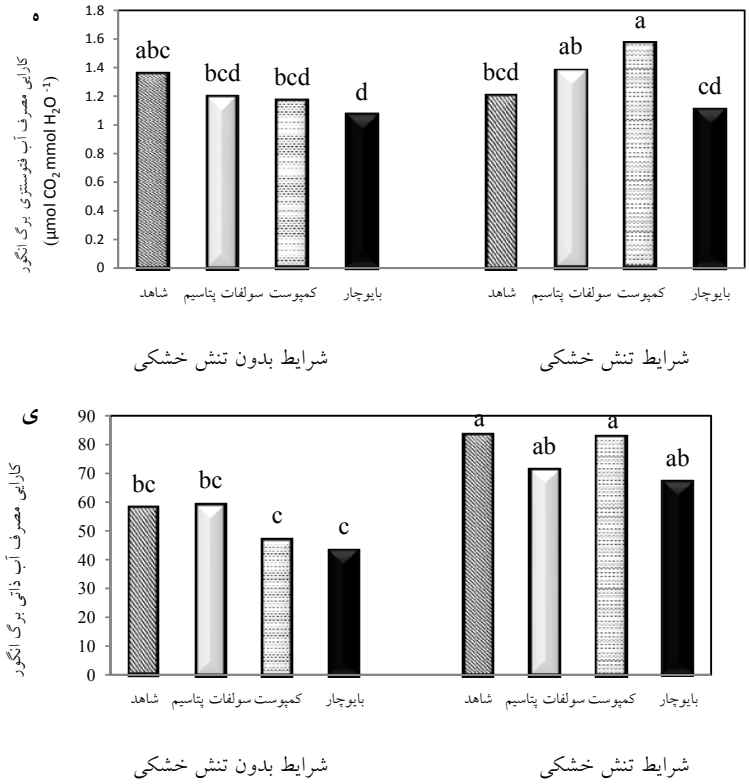








مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0



شکل ۱- اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر الف) وزن خشک، ب) غلظت پتاسیم، ج) فتوسنتز، د) هدایت روزنه‌ای، و) تعرق، ه) کارایی مصرف آب فتوسنتزی و ی) مصرف آب ذاتی برگ انگور. میانگین های داری حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

کارایی مصرف آب ذاتی: بیشترین کارایی مصرف آب ذاتی مربوط به تیمارهای کمپوست و شاهد ($P>0.05$)، سپس بایوچار و سولفات پتاسیم ($P>0.05$) هر دو در شرایط تنش خشکی بود. کارایی مصرف آب ذاتی برگ انگور در کلیه تیمارهای کودی در شرایط تنش خشکی بیشتر از شرایط بدون تنش خشکی بود. کارایی مصرف آب ذاتی در شرایط تنش خشکی در تیمارهای آلی بیشتر از تیمار سولفات پتاسیم بود. کارایی مصرف آب ذاتی در شرایط تنش خشکی در تیمارهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به ترتیب ۱۶/۹، ۴۳/۳ و ۳۵/۷ درصد نسبت به این تیمارها در شرایط بدون تنش خشکی افزایش یافت (شکل ۱ ی).

وزن خشک برگ: اگرچه فتوسنتز و تعرق هر دو در شرایط تنش کاهش می‌یابند، کارایی مصرف آب ذاتی گیاهان در شرایط تنش بهبود می‌یابد که نشان می‌دهد حفظ آب از محدود کردن فتوسنتز مهم‌تر است (۳۴). بررسی وزن خشک برگ در رابطه با کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ راهنمای خوبی برای تفسیر نتایج تبادلات گازی می-باشد.

در شرایط بدون تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری بین وزن خشک تیمارهای کودی و تیمار شاهد مشاهده نشد. ولی در شرایط تنش خشکی، وزن خشک به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). پیشتر نیز گزارش شده است که وزن خشک برگ سه رقم انگور در شرایط تنش خشکی کاهش داشته است (۲). در شرایط تنش خشکی بیشترین وزن خشک در تیمارهای سولفات پتاسیم و بایوچار مشاهده شد. وزن خشک برگ در این دو تیمار با وزن خشک برگ در شرایط بدون تنش خشکی اختلاف معنی-داری نداشت (شکل ۱الف).

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0
مقاله پژوهشی

بحث و نتیجه‌گیری

تبادلات گازی: با مقایسه سرعت فتوسنتز برگ در هر دو شرایط با و بدون تنش خشکی در تیمارهای کاربرد کودها با تیمار شاهد می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اولاً، میزان افزایش سرعت فتوسنتز برگ با کاربرد تیمارهای کودی در شرایط تنش خشکی بیشتر از شرایط بدون تنش می‌باشد. ثانیاً، افزایش سرعت فتوسنتز برگ در تیمار بایوچار در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش خشکی بسیار بیشتر از سایر تیمارهای کودی بود.

به طور کلی، در شرایط تنش خشکی هدایت روزنه‌ای برگ در کلیه تیمارهای کودی در مقایسه با شرایط بدون تنش خشکی کاهش یافت (به استثنای تیمار بایوچار). گزارش شده است که تغییرات هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز برگ انگور رقم بیدانه سفید در تنش‌های خشکی ملایم تا شدید رابطه مثبت داشتند. به گونه‌ای که با افزایش هدایت روزنه-ای از صفر تا ۰/۴ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه فتوسنتز از صفر تا حدود ۱۳ میکرومول CO_2 برمتر مربع بر ثانیه افزایش یافت (۱۳).

با کاربرد کودها در شرایط با و بدون تنش خشکی سرعت تعرق برگ در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (به استثنای تیمار سولفات پتاسیم در شرایط تنش خشکی). سرعت تعرق برگ بین تیمارهای شاهد، سولفات پتاسیم و کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. انگور ویژگی ایزوهیدریک دارد. در سلولهای محافظ روزنه گیاهان ایزوهیدریک گیرنده‌هایی هستند که در هنگام دریافت پیام تنش باعث بسته ماندن روزنه‌ها و حفظ پتانسیل آب برگ می‌شوند (۸). بسته شدن روزنه‌ها و به دنبال آن کاهش تعرق در شرایط تنش خشکی و شوری، سازوکار مؤثری در صرفه جویی آب مصرفی است (۴۹).

در شرایط تنش خشکی گیاه با بستن روزنه‌های خود از هدر روی آب جلوگیری می‌کند. بنابراین با شروع دوره خشکی تا مدتی گیاه تعرق و هدایت روزنه‌ای خود را در سطح حداکثر نگه می‌دارد ولی با تداوم خشکی تعداد روزنه‌ها کاهش پیدا می‌کند (۳۷). کاهش هدایت روزنه‌ای، تعرق و فتوسنتز برگ انگور در شرایط تنش خشکی توسط محققین دیگر گزارش شده است (۳۵، ۴۹، ۳۸، ۲۴). نتایج اثر کاربرد کمپوست بر شاخص های فتوسنتزی در مراحل فنولوژیک عدس (*Lens culinaris* Medik.) در شرایط تنش خشکی نشان داد که در مرحله گیاهچه‌ای در شرایط تنش ملایم، افزودن کمپوست به خاک منجر به افزایش معنی‌دار CO_2 درون سلول، فتوسنتز و تعرق در مقایسه با شاهد شد (۱). همچنین گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق و سرعت فتوسنتز آنیسون (*Pimpinella* anisum L.) به طور معنی-داری کاهش یافتند (۴). نتایج محلول‌پاشی با کود نانوپتاسیم در شرایط تنش خشکی نشان داد افزایش سطوح نانوپتاسیم باعث بهبود معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد پنجه در گیاه، عملکرد تر و خشک، درصد و عملکرد اسانس، کلروفیل *a* و *b*، رطوبت نسبی برگ، افزایش پرولین و کربوهیدرات نعنا فلفلی (*Mentha* piperita L.) گردید. در مجموع محلول پاشی نانو پتاسیم اثر تنش خشکی را کاهش داد (۷). نتایج بررسی اثر تنش خشکی بر چهار رقم کدوی تخمه کاغذی (*Cucurbita* pepo L.) نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش فتوسنتز، شدت تعرق، هدایت روزنه‌ای و محتوای رطوبت نسبی شد (۶).

میزان تحمل گیاه به تنش شوری یا خشکی را نمی‌توان با پارامترهایی همچون سرعت آسیمیلاسیون (فتوسنتز) کل و سرعت تعرق کل ارزیابی نمود. اینکه گیاهان چگونه بتوانند از آب قابل دسترس برای تولید یک واحد فتوسنتزی استفاده کنند (که با کارایی مصرف آب فتوسنتزی تخمین زده می‌شود)، تحمل گیاهان به تنش شوری یا خشکی را ارزیابی می‌کند (۴۶).

کارایی مصرف آب فتوسنتزی: کارایی مصرف آب

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0
مقاله پژوهشی

فتوسنتزی شاخص فیزیولوژیک مهمی است که توانایی گیاهان را به نگهداری سرعت آسیمیلاسیون دی اکسید کربن در شرایطی که روزنه‌ها کمتر باز هستند، مربوط می-سازد (۳۶).

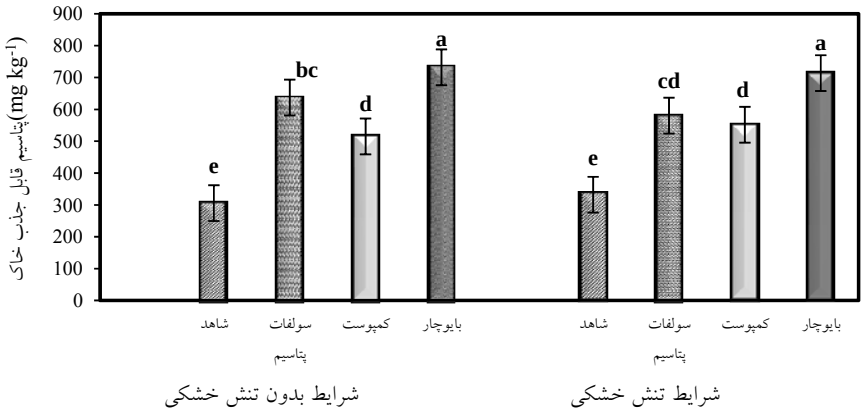
در شرایط بدون تنش خشکی با کاربرد کودها در مقایسه با شرایط بدون کاربرد کود، با وجود افزایش سرعت فتوسنتز برگ به دلیل افزایش سرعت تعرق برگ، کارایی مصرف آب فتوسنتزی کاهش یافت. مقایسه کارایی مصرف آب فتوسنتزی در تیمار بایوچار در شرایط با و بدون تنش خشکی نشان داد که کارایی مصرف آب فتوسنتزی در تیمار بایوچار در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط بدون تنش خشکی است (شکل ۱ه). کاهش محتوای رطوبت خاک تا ۵۰ درصد ظرفیت نگهداشت آب خاک منجر به افزایش معنی‌داری کارایی مصرف آب گیاه دارویی نوروزک (*Salvia* leriifolia Benth) نسبت به تیمار بدون تنش خشکی شد (۵).

کارایی مصرف آب ذاتی: بایوچار باعث افزایش فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق برگ گوجه فرنگی تحت شرایط تنش خشکی می‌شود (۱۹). پیشتر گزارش شده است که کاربرد بایوچار در شرایط تنش خشکی باعث افزایش سرعت تعرق و کارایی مصرف آب برگ ذرت شد (۳۰). کودهای آلی به علت تأمین آب کافی گیاه موجب بهبود فتوسنتز و کارایی مصرف آب ذاتی برگ گیاه می-شوند. بایوچار باعث افزایش کارایی آب مصرفی در خاک های شنی می‌شود (۴۷). کاربرد بایوچار می‌تواند راهکاری مؤثر برای مدیریت باغ‌های انگور در مناطق مستعد به خشکسالی به عنوان جایگزینی برای آبیاری مکمل باشد. همچنین دیده شده است که با کاربرد بایوچار محتوای آب خاک و در نتیجه آب قابل دسترس گیاه انگور افزایش یافته و در سال‌هایی با بارندگی کم تأثیر بایوچار بیشتر بود (۲۷). افزایش کارایی مصرف آب با کاربرد بایوچار در شرایط با و بدون تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون کاربرد بایوچار پیشتر گزارش شده است (۳۳). دلیل افزایش کارایی مصرف آب با کاربرد بایوچار به افزایش غلظت پتاسیم برگ به دلیل دسترسی بیشتر به پتاسیم پیوند یافته با بایوچار نسبت داده شده است (۲۱). مقادیر کافی پتاسیم برگ مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی را افزایش داده و با تنظیم روابط آبی کارایی مصرف آب و شرایط رشد گیاه در شرایط تنش خشکی را بهبود می‌بخشد (۴۸). گیاهانی که کمبود پتاسیم دارند، کمتر می‌توانند در مقابل تنش خشکی مقاومت کنند و این بیشتر به دلیل عدم توانایی آنها در استفاده کامل از آب در دسترس می باشد (۳۱). غلظت پتاسیم برگ انگور به طور معنی‌داری ($P<0.01$) در تیمار بایوچار در مقایسه با کمپوست و سولفات پتاسیم بیشتر بود. غلظت پتاسیم برگ در تیمار بایوچار در شرایط با و بدون تنش خشکی به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۱ب).

با کاربرد کودها هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش خشکی، مقدار پتاسیم قابل جذب خاک به طور معنی‌داری ($P<0.01$) افزایش یافت. در شرایط با و بدون تنش خشکی، مقدار پتاسیم قابل جذب خاک به ترتیب در تیمار بایوچار بیش از سولفات پتاسیم و کمپوست بود (شکل ۲). پتاسیم کود سولفات پتاسیم با وجود قابلیت انحلال بالا در آب (۱۱۰ گرم در لیتر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد) (۳۹)، به سرعت آزاد شده و توسط کانی‌های تثبیت کننده پتاسیم خاک (۳) تثبیت شدند. در حالی که پتاسیم موجود در کمپوست و بایوچار به کندی آزاد شده و به تدریج در اختیار گیاه قرار گرفتند.

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق برگ انگور شد. با اینحال با کاربرد کودهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار اثر تنش خشکی جبران شد. به گونه‌ای که بیشترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ در شرایط تنش خشکی در تیمار کمپوست مشاهده شد.

مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0



شکل ۲- اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر پتاسیم قابل جذب خاک. میانگین های داری حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ در تیمارهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در شرایط تنش خشکی به ترتیب در حدود ۴، ۲۶ و ۱۴ درصد بیشتر از مقدار آن در همین تیمارها در شرایط بدون تنش بود. همچنین کارایی مصرف آب ذاتی برگ انگور در تیمارهای کودی در شرایط تنش خشکی بیشتر از همین تیمارها در شرایط بدون تنش به دست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین غلظت پتاسیم برگ در تیمار بایوچار هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش ($P<0.05$) بود. در نهایت داده‌های وزن خشک برگ مشخص نمود که بین وزن خشک برگ کلیه تیمارها در شرایط بدون تنش خشکی و تیمارهای سولفات پتاسیم و بایوچار در شرایط تنش خشکی اختلاف معنی-داری وجود نداشت. در حالی که وزن خشک تیمار کمپوست به طور معنی‌داری از تیمارهای نامبرده شده کمتر بود. نتایج بررسی وضعیت تغذیه‌ای نشان داد که در شرایط تنش خشکی با کاربرد بایوچار در مقایسه با کمپوست و سولفات پتاسیم، غلظت فسفر، پتاسیم، منیزیم، مس و منگنز برگ انگور به طور معنی‌داری بیشتر بود (۱۱). نتایج بررسی تغییرات برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی برگ انگور نشان داد که نسبت کروفیل a به b و وزن خشک برگ انگور در مقایسه با شرایط بدون کاربرد کود بهبود یافت. نسبت کلروفیل a به b، ۲/۹۵، ۳/۳۰ و ۷/۰۲ درصد به ترتیب در تیمارهای بایوچار، سولفات پتاسیم و کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (۱۲). بررسی اثر مدیریت کودی در شرایط تنش خشکی بر فعالیت آنزیم-های آنتی اکسیدان برگ انگور نشان داد که در شرایط تنش خشکی بین تیمارهای کودی، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار سولفات پتاسیم به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای کمپوست و بایوچار بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار کمپوست به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای سولفات پتاسیم و بایوچار بود. همچنین، بیشترین مقدار پروتئین محلول در تیمار بایوچار دیده شد. افزایش پروتئین محلول برگ انگور با کاربرد بایوچار در شرایط تنش خشکی به افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز و قابلیت جذب عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف نسبت داده شد (۱۰). بنابراین، به منظور توصیه کودی برای انگور در خاک مورد مطالعه و خاک‌های مشابه، به دلیل آزاد شدن سریع سولفات پتاسیم و کاهش قابلیت دسترسی آن با تثبیت توسط کانیهای ۲:۱ موجود در خاک، کاربرد کودهای آلی توصیه می‌شود. کودهای آلی با افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک و آزاد کردن تدریجی پتاسیم و سایر عناصر غذایی باعث افزایش پتاسیم قابل جذب خاک و بهبود وضعیت تغذیه‌ای پتاسیم برگ و افزایش کارایی مصرف آب می‌شوند. از آنجایی که

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0
مقاله پژوهشی

نتایج این تحقیق نشان داد که با وجود تنش خشکی غلظت پتاسیم و وزن خشک برگ انگور در تیمار بایوچارکاهش نیافت، کاربرد بایوچار توصیه می‌شود.

منابع

۱- احمدپور، ر.، آرمند، ن.، حسین زاده، س. ر.، ریگی، گ. (۱۳۹۷). تأثیر کود کمپوست بر برخی پارامترهای فتوسنتزی در سه مرحله رشد گیاه عدس (*Lens* culinaris Medik) تحت تنش خشکی. مجله پژوهههای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)(علمی). ۳۱(۴): ۷۶۷-۷۸۰.

۲- آران، م.، عابدی، ب.، تهرانی فر، ع.، و پارسا، م. (۱۳۹۶). بررسی اثر خشکی و رطوبتی مجدد بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم انگور. نشریه علوم باغبانی. ۳۱ (۲). ۳۱۵-۳۲۶.

۳- امیری نژاد ع.ا.، باقر نژاد، مجید. (۱۳۷۷). روند کلسیمی شدن خاکها در یک ردیف توپوگرافی در شرایط نیمه خشک کرمانشاه. مجله علوم آب و خاک. ۲ (۴) :۴۷-۳۳.

۴- حیدری، ن.، پوریوسف، م و توکلی، ا. (۱۳۹۳). تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارامترهای وابسته به آن و محتوای نسبی آب گیاه آنیسون (*Pimpinella* anisum L). مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۲۷ (۵). ۸۲۹-۸۳۹.

۵- دشتی، م.، کافی، م.، توکلی، ح و میرزا، م. (۱۳۹۴). بررسی برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه نوروزک تحت شرایط تنش خشکی. مجله تحقیقات محصولات زراعی ایران. ۱۳(۲). ۲۹۸-۳۰۷.

۶- زینالی، م.، ملکی زنجانی، ب.، مرادی، پ.، شکاری، ف. (۱۳۹۸). اثر تنش خشکی روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای آن در چهار رقم کدوی تخمه کاغذی (Cucurbita pepo L.). مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)(علمی). ۳۲(۲): ۴۳۹-۴۵۲.

۷- ساعدی، ف.، سیروس مهر، ع.، جوادی، ت. (۱۳۹۹). اثر کود نانوپتاسیم بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی نعناافلفلی (*Mentha* piperita L) در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)(علمی). ۳۳(۱): ۳۵-۴۵.

۸- سوخت سرایی، ر.، عبادی، ع، سلامی، ع. ر.، لسانی، ح. (۱۳۹۶). بررسی شاخص‌های اکسیداتیو در سه رقم انگور (*Vitis vinifera L.*) در شرایط تنش خشکی. علوم باغبانی ایران. ۴۸ (۱). ۸۵-۹۸.

۹- سی و سه مرده، ع.، احمدی، ع.، پوستینی، ک و ابراهیم زاده، ح. (۱۳۸۳). عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای کنترل کننده فتوسنتز و ارتباط آن با مقاومت به خشکی در ارقام گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵ (۱). ۹۳- ۱۰۶.

۱۰- صفری، ا. (۱۳۹۷). مقایسه کاربرد بایوچار، کمپوست و پتاسیم بر برخی ویژگی های انگورتحت شرایط تنش خشکی، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه رازی.

۱۱- صفری، ا.، فاطمی، ا.، سعیدی، م.، کلاهچی، ز. (۱۳۹۹). تأثیر مدیریت کودی و تنش خشکی بر وضعیت تغذیه‌ای انگور بیدانه قرمز در شرایط گلخانه ای. مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۰(۱). ۱۱۹-۱۳۶.

۱۲- صفری، ا.، فاطمی، ا.، سعیدی، م.، کلاهچی، ز. (۱۴۰۰). تغییرات برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی برگ انگور بیدانه قرمز متأثر از تنش خشکی و کاربرد برخی کودهای آلی و شیمیایی. علوم باغبانی، ۳۵(۲)، ۲۶۷-۲۸۱.

۱۳- طلایی، ع.، قادری، ن.، عبادی، ع.، لسانی، ح. (۱۳۹۰). پاسخ‌های بیوشیمیایی دو رقم انگور ساهانی و بیدانه سفید به تغییرات پتانسیل آب خاک. نشریه علوم باغبانی ایران. ۴۲(۳). ۳۰۱-۳۰۸

۱۴- عزیزآبادی، ا.، گلچین، ا و دلاور، م. ا. (۱۳۹۳). تأثیر پتاسیم و تنش خشکی بر شاخص های رشد و غلظت عناصر غذایی برگ گیاه گلرنگ. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱۹(۵). ۶۵-۸۰.

۱۵- عزیزی، ح.، حسنی، ع.، رسولی صدقیان، ح. ، عباسپور، ن و دولتی بانه، ح. (۱۳۹۵). تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سولفات روی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دو رقم انگور در شرایط تنش شوری. علوم باغبانی ایران. ۴۷(۴). ۷۹۸-۸۱۰.

۱۶- قادری، ن.، و طلایی، ع.، و عبادی، ع.، و لسانی، ح. (۱۳۸۹). تاثیر تنش خشکی و آبیاری مجدد بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی

سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس ارسلان احمدی برای ارائه مشاوره-های ارزشمند درزمینه باغبانی صمیمانه سپاسگزاریم.

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0
مقاله پژوهشی

سه رقم انگور ساهانی، فرخی و بیدانه سفید. مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۱(۲)، ۱۷۹-۱۸۸.

۱۷- مهری ح.ر.، قبادی س.، بانی نسب ب.، احسان زاده پ.، غلامی م. (۱۳۹۳). بررسی برخی پاسخ های فیزیولوژیک و مورفولوژیک چهار رقم انگور ایرانی (*Vitis* vinifera L.) به تنش خشکی در شرایط درون شیشه ای. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳ (۱۰).۱۲۶-۱۱۵.

۱۸- نورزاد، س.، احمد ا.، مقدم، م و دانشفر، ا. (۱۳۹۳). اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی گشنیز در تأثیر انواع کودآلی و شیمیایی. به زراعی کشاورزی. دانشگاه تهران. ۱۶(۲). ۲۸۹-۳۰۲.

19- Akhtar, S. S., Li, G., Andersen, M. N., & Liu, F. (2014). Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. *Agricultural Water Management, 138*, 37-44.

20- Baronti, S., Vaccari, F., Miglietta, F., Calzolari, C., Lugato, E., Orlandini, S., Genesio, L. (2014). Impact of biochar application on plant water relations in Vitis vinifera (L.). *European Journal of Agronomy, 53*, 38-44.

21- Biederman L.A., and Harpole W.S. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta□analysis. GCB Bioenergy 5(2): 202-214.

22- Bybordi, A., & Shabanov, J. A. (2010). Effects of the foliar application of magnesium and zinc on the yield and quality of three grape cultivars grown in the calcareous soils of iran. *Notulae Scientia Biologicae, 2*(2), 81-86.

23- Condon, A. G., R. Richards, G. Rebetzke and G. Farquhar (2002). "Improving intrinsic water□use efficiency and crop yield." Crop science 42(1): 122-131.

24- Conesa, M., De La Rosa, J., Domingo, R., Banon, S., & Perez-Pastor, A. (2016). Changes induced by water stress on water relations, stomatal behaviour and morphology of table grapes (cv. Crimson seedless) grown in pots. *Scientia Horticulturae, 202*, 9-16.

25- Fischer, G., Frohberg, K., Parry, M. L., & Rosenzweig, C. (1995). Climate change and world food supply, demand, and trade. *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts*(climatechangean), 341-382.

26- FAO. (2016). Production statistics crops processed. *Available at: https://knoema.com/FAOPRDSC2017/production-statistics-crops-crops-processed*.

27- Genesio, L., Miglietta, F., Baronti, S., & Vaccari, F. P. (2015). Biochar increases vineyard productivity without affecting grape quality: Results from a four years field experiment in Tuscany. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 201*, 20-25.

28- Grzebisz, W., Gransee, A., Szczepaniak, W., & Diatta, J. (2013). The effects of potassium fertilization on water□use efficiency in crop plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 176*(3), 355-374.

29- Gupta, P., Gupta, P., & Gupta, P. (1999). *Soil, plant, water and fertilizer analysis*: Agro Botanica.

30- Haider, G., Koyro, H. W., Azam, F., Steffens, D., Müller, C., & Kammann, C. (2015). Biochar but not humic acid product amendment affected maize yields via improving plant-soil moisture relations. *Plant and Soil, 395*(1-2), 141-157.

31- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2016). *Soil fertility and fertilizers (8th Edition)*: Pearson Education India.

32- Jifon, J. L., & Lester, G. E. (2009). Foliar potassium fertilization improves fruit quality of field□grown muskmelon on calcareous soils in south Texas. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 89*(14), 2452-2460.

33- Kammann, C. I., Linsel, S., Gößling, J. W., & Koyro, H.-W. (2011). Influence of biochar on drought tolerance of Chenopodium quinoa Willd and on soil-plant relations. *Plant and Soil, 345*, 195-210.

34- Keshavarz Afshar, R., Hashemi, M., DaCosta, M., Spargo, J., & Sadeghpour, A. (2016). Biochar Application and Drought Stress Effects on Physiological Characteristics of Silybum marianum. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 47*(6), 743-752.

35- Lawlor, D. W., & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, cell & environment, 25*(2), 275-294.

36- Li, F., Bao, W., & Wu, N. (2009). Effects of water stress on growth, dry matter allocation and water-use efficiency of a leguminous species,

مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0

Sophora davidii. *Agroforestry systems, 77*(3), 193-201.

37- Lopez, F. B., Setter, T. L., & McDavid, C. R. (1988). Photosynthesis and water vapor exchange of pigeonpea leaves in response to water deficit and recovery. *Crop Science, 28*(1), 141-145.

38- 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.

39- Malhotra, S. K. (2016). Water soluble fertilizers in horticultural crops–An appraisal. *Indian J. agric. Science, 86*(10), 1245-1256.

40- Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*: Academic press.

41- Movahedi Naeeni, S. A., Bagheri, M. R., Ghorbani, M. H., & Riahi, R. (2011). *Effect of different irrigation methods on potassium uptake by wheat from soils with high surface area and uncontinuous diffuse double layer*.

42- Sirousmehr, A., Arbabi, J., & Asgharipour, M. R. (2014). Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil (Ocimum basilicum). *Adv Environ Biol, 8*(4), 880-885.

43- Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., . . . Sumner, M. E. (1996). *Methods of soil analysis. Part 3-Chemical methods*: Soil Science Society of America Inc.

44- Stiller, W. N., Read, J. J., Constable, G. A., & Reid, P. E. (2005). Selection for water use efficiency traits in a cotton breeding program. *Crop Science, 45*(3), 1107-1113.

45- Tardieu, F., Parent, B., Caldeira, C. F., & Welcker, C. (2014). Genetic and physiological controls of growth under water deficit. *Plant Physiology, 164*(4), 1628-1635.

46- Upadhyay, A., Gaonkar, T., Upadhyay, A. K., Jogaiah, S., Shinde, M. P., Kadoo, N. Y., & Gupta, V. S. (2018). Global transcriptome analysis of grapevine (Vitis vinifera L.) leaves under salt stress reveals differential response at early and late stages of stress in table grape cv. Thompson Seedless. *Plant Physiology and Biochemistry, 129*, 168-179.

47- Uzoma, K. C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., & Nishihara, E. (2011). Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use and Management, 27*(2), 205-212.

48- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences, 14*(4), 7370-7390.

49- Wang, Z.X, Chen, L., Al, J., Qin, H.Y., Liu, Y.X, Xu, P.L., Jiao, Z.Q., Zhao, Y. & Zhang, Q.T. (2012). Photosynthesis and activity of photosystem II in response to drought stress in Amur Grape (Vitis amurensis Rupr.). *Photosynthetica, 50*(2), 189-196.

50- Xoconostle-Cazares, B., Ramirez-Ortega, F. A., Flores-Elenes, L., & Ruiz-Medrano, R. (2010). Drought tolerance in crop plants. *Am J Plant Physiol, 5*(5), 1-16.

51- Zamboni, M., Garavani, A., Gatti, M., Vercesi, A., Parisi, M. G., Bavaresco, L., & Poni, S. (2016). Vegetative, physiological and nutritional behavior of new grapevine rootstocks in response to different nitrogen supply. *Scientia Horticulturae, 202*, 99-106.

مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.10.0

Effect of drought stress on water use efficiency of grapevines (*Vitis* vinifera L.) cultivar 'Bidaneh-Ghermez' under different fertilizer treatments

Safari A.[1], Fatemi A.[1], Saiedi M.[2] and Kolahchi Z.[3]

Dept. of Soil Science, Razi University, Kermanshah, I.R. of Iran

Dept. of Agronomy, Razi University, Kermanshah, I.R. of Iran

Dept. of Soil Science, Bu Ali Sina University, Hamedan, I.R. of Iran

Abstract

The use of organic and chemical fertilizers as amendments of properties of soil can be one of the strategies to reduce the adverse effects of drought stress. The effect of potassium sulfate, compost, and biochar on leaf dry matter, gaseous exchanges, instantaneous and intrinsic water use efficiency (WUE_{inst} and WUE_i, respectively) of grapevines (*Vitis* vinifera L.) cultivar 'Bidaneh-Ghermez' evaluated under two conditions: without water stress condition (field capacity (FC)) and irrigation in 40% FC. The experiment was conducted in a factorial of random complete blocks experiment design in the greenhouse. The results showed that the interaction effect of water stress and fertilizers' treatments was significant for photosynthesis rate, stomatal conductance, and WUE_{inst}. Drought stress significantly reduced photosynthesis rate, stomatal conductance, and transpiration of grapevines leaf. Fertilizers' application compensated drought stress. WUE_{inst} was higher in organic treatments compared with chemical treatment. WUE_i for fertilizers' treatment in drought stress conditions was higher than those in unstressed conditions. The highest K^+ concentration of grapevines leaf 1.77 and 1.60% was observed in biochar treatment under both unstressed and stressed conditions. The dry matter of grapevines leaf had no significant differences for all experimental treatments under unstressed conditions and potassium sulfate and biochar under stressed conditions. The dry matter of grapevines leaf for compost treatment was significantly lower than the above-mentioned treatments. According to the results of this research, could be concluded that the application of fertilizers especially biochar can be considered to reduce drought stress of grapevines cultivar 'Bidaneh-Ghermez'.

Key words: Biochar, Compost, Potassium sulfate, Drought stress