Archive of SID

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد دهم، شماره اول، ۱۳۹۹
۱۱۹-۱۳۶
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2020.16867.1901

تأثیر مدیریت کودی و تنش خشکی بر وضعیت تغذیه‌ای انگور بیدانه قرمز در شرایط گلخانه‌ای

آسیه صفری[۱]، *اکرم فاطمی[۲]، محسن سعیدی[۳] و زهرا کلاهچی[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، [۲]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، [۳]دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، [۴]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه بوعلی‌سینا

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰٤/۱٤؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۰۱

چکیده

سابقه و هدف: انگور یکی از مهم‌ترین محصولات باغی در دنیا و ایران است که از نظر تازه‌خوری و مصارف دیگر دارای ارزش اقتصادی است. کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد درختان میوه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. استفاده از راهکارهای تغذیه‌ای همانند استفاده از کودهای مناسب می‌تواند سبب بهبود عملکرد گیاه در شرایط کم‌آبی باشد. این پژوهش به‌منظور بررسی کاربرد کودهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار بر وضعیت تغذیه‌ای انگور و ویژگی‌های حاصلخیزی خاک در سال ۱۳۹٦-۱۳۹۷ در دانشگاه رازی شهر کرمانشاه (۳٤ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ٤۷ درجه و ۷ دقیقه شرقی) انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در شرایط گلخانه‌ای به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با ٤ تیمار کودی (شاهد، تیمارهای کودی ۱۰ گرم در گلدان سولفات پتاسیم، ۵ درصد وزنی کمپوست و ۱۰ درصد وزنی بایوچار تهیه شده از سرشاخه‌های هرس شده درختان سیب) و ۲ تیمار آبی (شاهد و تنش خشکی به‌ترتیب ۸۰ و ٤۰ درصد ظرفیت زراعی) در ٤ تکرار تا زمان بروز علائم تنش خشکی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و کودی بر نیتروژن، منیزیم، آهن، روی و مس برگ انگور ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس هم‌چنین نشان داد که اثرات ساده تیمارهای کودی و تنش خشکی بر غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف برگ انگور معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بود. بیش‌ترین غلظت نیتروژن برگ انگور درشرایط بدون تنش خشکی در تیمارهای کمپوست و سولفات پتاسیم دیده شد و در شرایط تنش خشکی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط بدون تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت منیزیم برگ انگور در تیمارهای آلی و در شرایط تنش خشکی، کم‌ترین غلظت منیزیم برگ انگور در تیمار بایوچار دیده شد. در شرایط با و بدون تنش خشکی، غلظت مس برگ انگور در تیمارهای آلی بیش‌تر از تیمار سولفات پتاسیم بود. در شرایط با و بدون تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت روی برگ انگور در تیمار سولفات پتاسیم به‌دست آمد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارهای کودی و تنش خشکی بر هیچ‌یک از ویژگی‌های خاک (به‌جز کلسیم خاک) معنی‌داری نشد. تنش خشکی سبب کاهش فسفر و منیزیم ($P<۰/۰۵$) و کلسیم ($P<۰/۰۰۱$) خاک شد. اثر تیمارهای کودی بر قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سدیم ($P<۰/۰۱$) و

* مسئول مکاتبه: a.fatemi@razi.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

کلسیم و منیزیم خاک (P<۰/۰۰۱) معنی‌دار بود. سولفات پتاسیم و کمپوست سبب افزایش به‌ترتیب ۸/۵۳ و ۶۰/۵۲ درصدی و بایوچار سبب کاهش ۳/۷۳ درصدی سدیم قابل‌جذب خاک شدند.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط تنش خشکی با کاربرد کمپوست و بایوچار در مقایسه با سولفات پتاسیم وضعیت تغذیه‌ای انگور به‌دلیل بهبود ویژگی‌های خاک بهتر بود. در شرایط تنش خشکی و کاربرد سولفات پتاسیم و کودهای آلی، بیش‌ترین غلظت و جذب پتاسیم خاک و گیاه در تیمار بایوچار به‌دست آمد. در شرایط تنش خشکی جذب پتاسیم در تیمارهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به‌ترتیب ٦٩/٨٥، ٣٦/٢١ و ١٧٨/٩٧ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کود افزایش یافت. به‌دلیل نقش پتاسیم در تنظیم روابط آبی گیاه و کاهش خسارت تنش خشکی، از بین تیمارهای کودی بررسی شده در این پژوهش کاربرد بایوچار به‌دلیل تخلخل، سطح ویژه و وجود میکرو و ماکروپورهای زیاد و در نتیجه ظرفیت نگهداشت آب بیش‌تر و ماندگاری طولانی‌مدت در خاک هم‌چنین کاهش اثرات تخریبی سدیم خاک توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بایوچار، سولفات پتاسیم، عناصر پرمصرف، عناصر کم‌مصرف، کمپوست

مقدمه

انگور از جنس *Vitis* و خانواده *Vitaceae* می‌باشد. خانواده *Vitaceae* بیش‌تر در قسمت‌های گرمسیری تا نیمه‌گرمسیری رویش داشته و بیش از یک هزار گونه در ١٥ تا ١٦ جنس را شامل می‌شود (١٤). اهمیت انگور کاری در ایران بیش‌تر به‌دلیل نقش و جایگاه جهانی تولید انگور در دنیاست. ایران با تولید ٢٠٥٦٦٨٩ تن در رتبه دوازدهم جهان با ٢/٧٦ درصد در سال ٢٠١٤ قرار دارد (٨). مهم‌ترین محدودیت تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک تنش خشکی است. کمبود آب باعث کاهش محدودیت رشد، قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک می‌شود. مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش خشکی یکی از مسائل مهم در تولید محصولات گیاهی محسوب می‌شود. در واقع بسته به میزان فراهمی آب، اضافه کردن عناصر غذایی می‌تواند باعث افزایش و یا کاهش مقاومت به تنش خشکی گردد و یا حتی بی‌تأثیر باشد. استفاده از کودهای آلی و شیمیایی به‌عنوان بهبوددهنده ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می‌تواند یکی از راهکارهای کاهش اثر نامطلوب تنش خشکی باشد (١١).

کشاورزان برای بهره‌برداری بیش‌تر از اراضی و حفظ حاصلخیزی خاک به ناچار از کودهای شیمیایی استفاده می‌کنند. این کودها از عوامل اصلی حفظ حاصلخیزی خاک و منبع مهمی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه محسوب می‌شوند (٢٤). منابع مواد آلی تنوع زیادی دارد و شامل بقایای گیاهی حاصل از فعالیت‌های زراعی، کودهای دامی و مرغی، گیاهان پوششی، مواد حاصل از زباله‌های شهری، کمپوست و نیز سایر موارد مشابه می‌باشد. گزارش شده که افزودن کود کمپوست شهری به خاک در پژوهش یک‌ساله باعث افزایش مواد آلی خاک به‌ویژه در خاک‌های فقیر از نظر مواد آلی شد. هم‌چنین مصرف کمپوست باعث افزایش مقدار قابل‌جذب تعدادی از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در خاک شد (٣٤). بایوچار به‌خاطر ویژگی‌های منحصربه‌فرد به‌عنوان ماده آلی اصلاحی برای افزایش پایداری، سلامت و بهره‌وری خاک اهمیت دارد. کاربرد بایوچار می‌تواند یک راهکار مؤثر برای مدیریت باغ‌های انگور در مناطق مستعد به خشکسالی به‌عنوان جایگزینی برای آبیاری مکمل باشد. دیده شده است که با کاربرد بایوچار محتوای آب خاک و در نتیجه آب قابل‌دسترس گیاه

www.SID.ir

Archive of SID

انگور افزایش یافته و در سال‌هایی با بارندگی کم تأثیر بایوچار بیش‌تر بود (۹). این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار بر وضعیت تغذیه‌ای انگور بیدانه قرمز در شرایط تنش خشکی و بررسی تغییرات ویژگی‌های خاک پس از کاربرد این کودها انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری خاک: چند سانتی‌متر خاک رویی کنار زده شد و سپس از خاک سطحی (تا عمق ۳۰ سانتی‌متری) باغ پسته پردیس کشاورزی دانشگاه رازی نمونه‌برداری شد. خاک پس از هوا خشک شدن از الک دو میلی‌متر عبور داده شد. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن شامل بافت به روش هیدرومتر، pH و قابلیت هدایت الکتریکی در نسبت خاک به آب ۱:۲/۵، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم با pH=۸/۲، کربنات کلسیم، کربن آلی، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن، کلسیم و منیزیم قابل‌جذب عصاره‌گیری‌شده با استات آمونیوم ۱ نرمال و خنثی به روش تیتراسیون، پتاسیم و سدیم قابل‌جذب عصاره‌گیری‌شده با استات آمونیوم ۱ نرمال و خنثی، نیتروژن کل با روش کجلدال و عناصر کم‌مصرف شامل آهن، روی، مس و منگنز با DTPA عصاره‌گیری و غلظت آن‌ها با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۳۱).

تولید بایوچار: بایوچار از سرشاخه‌های درخت سیب در شرایط با اکسیژن کم در کوره فلزی با دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تهیه و پس از یک بار شستشو با آب مقطر، خشک و آسیاب شده برای تعیین ویژگی‌های آن و کاربرد در پژوهش آماده شد (۱۷).

تعیین ویژگی‌های کمپوست و بایوچار: ویژگی‌های کمپوست زباله شهری (تهیه شده از کارخانه کمپوست‌سازی کرمانشاه) و بایوچار با روش‌های متداول اندازه‌گیری شد (جدول ۲) (٦).

آزمایش گلخانه‌ای: این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بر نهال‌های دو ساله انگور رقم بیدانه قرمز انجام شد. پس از زمستان‌گذرانی نهال‌ها در سال ۱۳۹۵، در اواسط بهمن‌ماه ۱۳۹۵ نهال‌های دو ساله انگور به گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی با ۸ کیلوگرم خاک در شرایط گلخانه انتقال داده شدند. 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 و در شرایط رشد بهینه نگهداری شدند. برای این منظور، آبیاری به‌صورت کامل انجام شد. در فواصل زمانی ۲۰ روز یک بار برای رفع کنه تارتن و تریپس حشره کش ایمیدوکلروپراید با غلظت یک در هزار و برای رفع سفیدک قارچی از سم هگزاکونازول با غلظت ۲ میلی‌لیتر در پنج لیتر آب مقطر و از سم آبامکتین با غلظت یک در هزار برای دفع شته استفاده شد. اواسط خردادماه ۱۳۹٦ تیمارهای کودی و سپس در ابتدای تیرماه ۱۳۹٦ بر اساس ظرفیت زراعی خاک تیمارهای تنش خشکی اعمال شد که به‌مدت دوماه ادامه یافت. برای تعیین ظرفیت زراعی خاک یک گلدان با آب اشباع و پس از خروج قطرات آب از ته گلدان، پس از گذشت ٤٨ ساعت درصد رطوبت وزنی خاک تعیین شد. ظرغیت زراعی خاک ٤٠ درصد به‌دست آمد. فاکتورهای آزمایش در این پژوهش عبارت از دو سطح آبیاری نرمال (۸۰ درصد ظرفیت زراعی یا FC) و تنش خشکی (٤٠ درصد FC) بر اساس رطوبت وزنی گلدان و چهار سطح کود شامل عدم مصرف کود به‌عنوان شاهد، ۱۰ گرم در گلدان سولفات پتاسیم، پنج درصد وزنی کمپوست (معادل ٤۰۰ گرم در گلدان) و ده درصد وزنی بایوچار (۸۰۰ گرم در گلدان) بود. سولفات پتاسیم در آب مقطر حل و به خاک گلدان‌ها اضافه شد. کمپوست و بایوچار نیز به خاک گلدان‌ها اضافه و سپس گلدان‌ها آبیاری شدند. رطوبت وزنی خاک در

www.SID.ir

Archive of SID

طول دوره آزمایش با توزین روزانه در رطوبت‌های مورد نظر ثابت نگه داشته شد. پس از پایان آزمایش، از خاک گلدان‌ها جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک نمونه‌برداری شد. عملکرد (وزن خشک) هر گلدان تعیین شد. برای اندازه‌گیری عناصر، نمونه‌های برگ بالغ انگور (شامل برگ و دمبرگ) با آب مقطر شستشو و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. برای اندازه‌گیری نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ از روش هضم تر (اسید سولفوریک- اسیدسالیسیلیک- آب اکسیژنه) و برای تعیین آهن، روی، مس و منگنز برگ از روش هضم خشک برای عصاره‌گیری استفاده شد (۱۰).

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌ها با نرم‌افزار SAS تجزیه و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

در جدول ۱ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک گزارش شده است. خاک کمی بازی و بدون محدودیت شوری بوده و بافت خاک لومی‌رسی سیلتی بود. مقدار کربن آلی خاک کم (۱٪>) بود. میزان عناصر غذایی خاک شامل نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم نشان‌دهنده وضعیت خوب خاک از نظر این عناصر می‌باشد.

اثر متقابل تیمارهای کودی و تنش خشکی بر عملکرد و وضعیت تغذیه‌ای انگور: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر غلظت نیتروژن، منیزیم، آهن، روی و مس برگ معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بود. اما اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر عملکرد و غلظت سایر عناصر برگ انگور معنی‌دار نشد ($P>۰/۰۵$) (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و تیمار کودی نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت نیتروژن در تیمار کمپوست سپس سولفات پتاسیم دیده شد. کمپوست به‌دلیل غلظت نیتروژن بیش‌تر (جدول ۲) با افزایش نیتروژن خاک (جدول ۹) سبب افزایش جذب و غلظت نیتروژن برگ شد. با کاربرد بایوچار غلظت نیتروژن برگ انگور افزایش یافت. پس از افزوده شدن بایوچار به خاک، سرعت تغییر شکل نیتروژن در کوتاه‌مدت افزایش می‌یابد. هم‌چنین با معدنی‌شدن مواد آلی مقاوم خاک و نیتروژن غیرمتحرک، نیتروژن قابل‌استفاده گیاه افزایش می‌یابد (۲۶). در شرایط بدون تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت منیزیم برگ در تیمار بایوچار و در شرایط تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت منیزیم برگ در تیمار کمپوست دیده شد. پژوهشگران بیان کردند که بایوچار با جذب شیمیایی کاتیون‌های خاک بر سطوح دارای گروه‌های عاملی با بار منفی، جذب کاتیون‌ها توسط گیاه را به‌ترتیب کلسیم> منیزیم> سدیم> پتاسیم کاهش می‌دهد. قابل ذکر است که در این پژوهش، بیش‌ترین غلظت منیزیم برگ در تیمار عدم مصرف کود و بدون تنش خشکی به‌دست آمد. دلیل این امر را می‌توان با برهمکنش منیزیم با کلسیم و پتاسیم تشریح نمود (۲۸). با کاربرد کودهای آلی و سولفات پتاسیم و در نتیجه افزایش پتاسیم خاک، جذب منیزیم توسط گیاه کاهش می‌یابد.

نتایج هم‌چنین نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت آهن، روی و مس برگ به‌ترتیب در تیمارهای کمپوست، سولفات پتاسیم و کمپوست بود. در شرایط تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت آهن و روی برگ به‌ترتیب در تیمارهای کمپوست و سولفات پتاسیم به‌دست آمد. در شرایط با و بدون تنش خشکی، کم‌ترین غلظت مس برگ در تیمار شاهد دیده شد. در شرایط تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت مس برگ انگور در تیمار بایوچار و سپس کمپوست بود (جدول ٤).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Some physicochemical characteristics of studied soil.

Soil texture	پی اچ pH (1:2.5)	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (1:2.5)	کربنات کلسیم معادل Equivalent Calcium Carbonate	کربن آلی (OC)	نیتروژن Nitrogen	ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC)	فسفر قابل‌جذب Available P	پتاسیم قابل‌جذب Available K	کلسیم قابل‌جذب Available Ca	منیزیم قابل‌جذب Available Mg	سدیم قابل‌جذب Available Na	آهن قابل‌جذب Available Fe	روی قابل‌جذب Available Zn	مس قابل‌جذب Available Cu	منگنز قابل‌جذب Available Mn
		$dS\ m^{-1}$		٪		$meq\ 100\ g^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$								
لوم‌رسی- سیلتی Silty Clay Loam	7.20	0.60	5.95	0.93	0.09	30.86	1.44	400.00	376.00	88.80	521..28	4.76	1.70	1.45	35.24

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی (کمپوست و بایوچار) مورد استفاده در آزمایش.

Table 2. Chemical characteristics of compost and biochar used in the experiment.

نوع کود آلی Type of organic fertilizer	pH (1:10)	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (1:10)	کربن آلی Organic Carbon	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	آهن Ferrous	روی Zinc	مس Copper	منگنز Manganese
		$dS\ m^{-1}$	٪				$mg\ kg^{-1}$			
کمپوست (Compost)	7.96	3.90	8.20	1.46	0.57	1.41	10735	327	275	290
بایوچار (Biochar)	8.44	3.40	30.00	0.28	0.53	0.53	1325	67.50	42	95

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طورکلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در شرایط بدون تنش خشکی، نیتروژن برگ انگور بین تیمارهای کمپوست و سولفات پتاسیم و در شرایط تنش خشکی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. غلظت منیزیم و مس برگ انگور در شرایط بدون تنش خشکی و غلظت آهن و مس در شرایط تنش خشکی در تیمارهای آلی بیش‌تر از تیمار سولفات پتاسیم بود. در شرایط با و بدون تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت روی برگ انگور در تیمار سولفات پتاسیم به‌دست آمد (جدول ٤). دلیل کاهش قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف با کاربرد بایوچار به pH بالای بایوچار ارتباط دارد (جدول ۲). در شرایط با و بدون تنش خشکی، قابلیت جذب آهن پس از تیمار کمپوست در تیمار کود سولفات پتاسیم بیش‌تر بود (جدول ٤). افزایش قابلیت جذب این عناصر با کاربرد سولفات پتاسیم را می‌توان به کاهش موضعی pH خاک نسبت داد. با انحلال یک گرم سولفات پتاسیم در یک لیتر آب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد pH محلول برابر ۳/۷ خواهد بود (۲۳).

اثر ساده تیمارهای کودی بر عملکرد و غلظت برخی عناصر برگ انگور: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و تیمار کودی و هم‌چنین اثر ساده تنش خشکی بر عملکرد گیاه معنی‌دار نبود ولی اثر ساده تیمارهای کودی بر عملکرد معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) به‌دست آمد (جدول ۳). در شرایط بدون تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری بین عملکرد تیمارها و شاهد دیده نشد. در شرایط تنش خشکی، عملکرد کاهش یافت. کاهش عملکرد با وجود کاربرد سولفات پتاسیم در شرایط تنش خشکی پیش‌تر گزارش شده است (۳). بیش‌ترین عملکرد به‌ترتیب سولفات پتاسیم> بایوچار > کمپوست بود. بررسی دلایل اثر تیمارهای کودی بر عملکرد به تجزیه و تحلیل‌های بیش‌تری مانند بررسی سیستم تلفیقی تشخیص و توصیه کودی (DRIS)[1] نیاز داشته و در این مقاله نمی‌گنجد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر غلظت تمام عناصر غذایی مورد بررسی معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) شد (جدول ۳). به‌طورکلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در شرایط با و بدون تنش خشکی، اثر کاربرد بایوچار بر عناصر پرمصرف برگ انگور شامل فسفر و پتاسیم به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بیش‌تر از کاربرد کود سولفات پتاسیم بود. در شرایط با و بدون تنش خشکی، بین غلظت کلسیم برگ در تیمارهای سولفات پتاسیم و کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط با و بدون تنش خشکی، غلظت کلسیم برگ به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) در تیمار بایوچار کم‌تر از تیمارهای کمپوست و سولفات پتاسیم بود که دلیل آن را می‌توان به برهکمنش منفی بین پتاسیم و کلسیم نسبت داد. درباره عناصر کم‌مصرف، در شرایط با و بدون تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت منگنز برگ انگور با کاربرد سولفات پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۵).

1- Diagnosis and Recommendation Integrated System

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و غلظت عناصر برگ انگور با کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در شرایط تنش خشکی.

Table 3. Analysis of variance (Mean Square) of yield and elements' concentration of grapes leaf affected by potassium sulfate, compost and biochar under water stress conditions.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد Yield	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	کلسیم Calcium	منیزیم Magnesium	آهن Ferrous	روی Zinc	مس Copper	منگنز Manganese
بلوک Block	3	0.27	0.00^{ns}	0.00^{ns}	0.01^{ns}	0.02^{ns}	0.00^{ns}	8.37^{ns}	3.86^{ns}	1.29^{ns}	714.57^{ns}
تنش خشکی Water stress	1	2.73^{ns}	0.32^{**}	0.06^{**}	0.37^{**}	0.46^{**}	0.05^{**}	3015.69^{**}	1675.48^{**}	55.12^{**}	4605.60^{*}
کود Fertilizer	3	0.69^{**}	0.13^{**}	0.12^{**}	1.13^{**}	0.62^{**}	0.051^{**}	4770.80^{**}	5882.02^{**}	173.14^{**}	10584.65^{**}
Water stress ×fertilizer	3	0.39^{ns}	0.09^{**}	0.03^{ns}	0.00^{ns}	0.00^{ns}	0.01^{**}	273.87^{**}	316.39^{**}	16.41^{**}	257.99^{ns}
خطا Error	21	1.17	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	23.99	20.02	1.08	592.82
ضریب تغییرات CV		14.34	3.48	9.74	8.41	5.68	13.42	9.18	11.12	6.27	8.41

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری.

*, ** and ^{ns} significant at 5% ,1% and non-significant, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- اثر متقابل تأثیر سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در شرایط تنش خشکی بر عملکرد و غلظت عناصر برگ انگور.

Table 4. Interaction effects of potassium sulfate, compost and biochar on yield and elements' concentration of grapes leaf under water stress conditions.

منگنز Manganese	مس Copper	روی Zinc	آهن Ferrous	منیزیم Magnesium	کلسیم Calcium	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	نیتروژن Nitrogen	عملکرد Yield	تیمار Treatment	
(mg kg^{-1})				(%)					g		
281.65^{cd}	11.97^{ef}	17.29^{e}	44.25^{d}	0.54^{a}	1.43^{cd}	0.99^{de}	0.49^{b}	3.36^{b}	3.60^{a}	عدم مصرف کود Control	شاهد (۸۰ درصد FC)
346.90^{a}	14.77^{d}	84.74^{a}	59.47^{c}	0.36^{bc}	1.98^{a}	1.15^{c}	0.41^{c}	3.76^{a}	3.85^{a}	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	
301.63^{bc}	23.62^{a}	60.88^{c}	106.68^{a}	0.38^{bc}	1.99^{a}	1.08^{cd}	0.68^{a}	3.84^{a}	4.00^{a}	کمپوست Compost	
275.25^{cde}	21.07^{b}	27.03^{d}	41.78^{de}	0.41^{b}	1.57^{c}	1.77^{a}	0.66^{a}	3.50^{b}	3.58^{a}	بایوچار Biochar	
245.53^{e}	11.05^{f}	15.86^{e}	35.20^{ef}	0.34^{bc}	1.16^{e}	0.78^{f}	0.37^{c}	3.36^{b}	2.50^{b}	عدم مصرف کود Control	تنش خشکی (٤٠ درصد FC)
336.38^{ab}	12.60^{e}	68.04^{b}	39.55^{de}	0.34^{bc}	1.73^{b}	0.92^{ef}	0.39^{c}	3.36^{b}	3.60^{a}	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	
271.60^{cde}	16.82^{c}	30.02^{d}	71.05^{b}	0.36^{bc}	1.73^{b}	0.83^{f}	0.43^{bc}	3.48^{b}	3.20^{ab}	کمپوست Compost	
255.95^{de}	20.47^{b}	18.13^{e}	28.72^{f}	0.32^{c}	1.40^{d}	1.60^{b}	0.69^{a}	3.46^{b}	3.40^{a}	بایوچار Biochar	

سولفات پتاسیم (ده گرم در گلدان)، کمپوست (پنج درصد وزنی)، بایوچار (ده درصد وزنی). در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح ۵ و ۱ نمی‌باشند.

Fertilizers: potassium sulfate (10 g pot^{-1}), compost (5% w/w), biochar (10% w/w). Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5.

www.SID.ir

Archive of SID

در بین تیمارهای کودی، بیش‌ترین غلظت فسفر برگ به‌ترتیب در تیمارهای بایوچار و کمپوست و کم‌ترین غلظت فسفر برگ در تیمار سولفات پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۵). کاربرد کمپوست و بایوچار منجر به افزایش فسفر قابل‌جذب گیاه می‌شود (جدول ۹). با گذشت زمان با کاربرد کمپوست فسفر محلول (۱۲) و با کاربرد بایوچار فسفر قابل‌جذب (۳۵) خاک افزایش می‌یابد. گزارش شده است که کاربرد ١٤ تن در هکتار بایوچار در شرایط رطوبت کافی باعث افزایش فسفر قابل‌جذب خاک می‌شود. کاربرد بایوچار باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن و فسفر خاک شده در نتیجه جذب فسفر و نیتروژن گیاه نیز بیش‌تر می‌شود (۲۳ و ۳۲).

غلظت پتاسیم برگ انگور به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) در تیمار بایوچار در مقایسه با کمپوست و سولفات پتاسیم بیش‌تر بود (جدول ۵). افزایش پتاسیم گیاه با کاربرد سطوح متفاوت پتاسیم (۸۰، ۱۳۰، ۱۸۰ و ۲۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در شرایط تنش خشکی (۱۰۰، ٦٠ و ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه) در آزمایش گلخانه‌ای (۳) و ۱۵۳ مترمکعب بر هکتار کمپوست در آزمایش ۲ ساله مزرعه‌ای در New South Wales استرالیا پیش‌تر گزارش شده است (۵). با کاربرد بایوچار درصد اشباع پتاسیم خاک افزایش می‌یابد. اگرچه با افزودن بایوچار به خاک، تغییر شکل پتاسیم از حالت محلول موجود در بایوچار به شکل‌های تبادلی و غیرتبادلی در خاک اتفاق می‌افتد؛ بر قابلیت استفاده پتاسیم در خاک تأثیر کمی دارد. چرا که پتاسیم تبادلی مانند پتاسیم محلول قابل استفاده گیاه بوده و در طول فصل رشد در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (٤). پتاسیم غیرتبادلی نیز به آهستگی و با گذشت زمان آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. پتاسیم احتمالاً به‌طور مستقیم از طریق ترکیبات آلی ناپایدار متصل با بایوچار به خاک عرضه و قابل‌دسترس می‌شود (۲۹) و به‌دلیل خلل و فرج، سطح ویژه و بار منفی زیاد بایوچار عناصر غذایی خاک حفظ می‌شود (۲۷ و ۳۰).

غلظت کلسیم برگ انگور در تیمار بایوچار (١/٤٨ درصد) کم‌تر از کمپوست (١/٨٦ درصد) و سولفات پتاسیم (١/٨٦ درصد) و این اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بود (جدول ۵). غلظت کم‌تر کلسیم برگ انگور در تیمار بایوچار در مقایسه با کمپوست و سولفات پتاسیم را می‌توان به کاهش جذب کلسیم توسط گیاه نسبت داد. با افزایش غلظت پتاسیم محلول خاک، به‌دلیل برهمکنش بین کلسیم و پتاسیم، جذب کلسیم توسط گیاه کاهش یافته است. از سوی دیگر، با افزایش معنی‌دار پتاسیم خاک در تیمار بایوچار (جدول ۸) و با افزایش جذب سطحی پتاسیم در مکان‌های تبادلی، کلسیم تبادلی خاک آزاد و وارد محلول خاک می‌شود. فعالیت کلسیم آزاد شده در محلول خاک به‌دلیل pH بیش‌تر بایوچار، کم‌تر می‌باشد (جدول ۸). دلیل کاهش قابلیت جذب کلسیم گیاه در تیمار بایوچار در مقایسه با کمپوست را می‌توان با پتانسیل آهک (pH- 0.5pCa) توضیح داد (۱۹). هم‌چنین گزارش شده است که بایوچار فعالیت کاتیون‌هایی مانند کلسیم را کاهش می‌دهد (۲۸).

بیش‌ترین غلظت منگنز برگ انگور به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) در تیمار سولفات پتاسیم بیش‌تر از تیمارهای کمپوست و بایوچار بود. غلظت منگنز برگ انگور بین تیمارهای کمپوست و بایوچار اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). غلظت بیش‌تر عناصر کم‌مصرف برگ انگور در تیمار کمپوست در مقایسه با بایوچار را می‌توان به غلظت بیش‌تر این عناصر در کمپوست و pH کم‌تر کمپوست مربوط دانست (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- اثر ساده تأثیر سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار بر عملکرد و غلظت برخی عناصر برگ انگور در شرایط تنش خشکی.

Table 5. Simple effects of potassium sulfate, compost and biochar on yield and elements of grapes leaf concentration under water stress conditions.

منگنز Manganese	کلسیم Calcium	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	عملکرد Yield	تیمارها Treatments
(mg kg^{-1})		%		g	
263.59^{b}	1.30^{c}	0.88^{c}	0.43^{c}	3.05^{b}	شاهد Control
341.64^{a}	1.86^{a}	1.04^{b}	0.40^{c}	3.72^{a}	سولفات پتاسیم Potassium sulfate
286.61^{b}	1.86^{a}	0.95^{bc}	0.55^{b}	3.6^{a}	کمپوست Compost
265.61^{b}	1.48^{b}	1.69^{a}	0.67^{a}	3.49^{ab}	بایوچار Biochar

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح ۵ و ۱ نمی‌باشند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5.

اثر تنش خشکی بر غلظت برخی عناصر انگور: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی بر غلظت تمام عناصر مورد مطالعه در برگ انگور معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بود (جدول۳). از آن‌جایی‌که مکانیسم جذب پتاسیم، منیزیم و روی در خاک پخشیدگی است، افزایش رطوبت به‌طور مستقیم بر قابلیت جذب این عناصر اثر می‌گذارد (۱۵). عناصر کم‌مصرفی مانند آهن، روی، مس و منگنز برای جذب شدن توسط گیاه نیاز به حل شدن در محلول خاک دارند (۲). بایوچار به‌دلیل داشتن میکروپورها و سطح ویژه زیاد باعث حفظ آب در خاک می‌شود. گزارش شده است که با افزودن ۲ درصد وزنی بایوچار به خاک، نگهداشت آب در خاک ۱۵/۹ درصد (حجمی) افزایش یافت (۱). افزایش ۱۱ درصدی و ۲ برابری آب قابل‌دسترس گیاه با کاربرد بایوچار نیز پیش‌تر گزارش شده است (۱۶ و ۲۱). با وجود رطوبت بیش‌تر در شرایط کاربرد بایوچار قابلیت جذب این عناصر افزایش می‌یابد. هم‌چنین، قابلیت جذب آهن و منگنز، تابع pH و پتانسیل اکسایش- کاهش (Eh) خاک می‌باشد و رطوبت به‌طور غیرمستقیم با ایجاد شرایط احیایی در خاک بر قابلیت جذب این عناصر اثرگذار است.

جدول ٦- اثر ساده تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و غلظت برخی عناصر برگ انگور.

Table 6. Simple effects of water stress on yield and elements' concentration of grapes leaf.

منگنز Manganese	کلسیم Calcium	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	عملکرد Yield	تیمارها Treatments
(mg kg^{-1})		%		g	
301.356^{a}	1.74^{a}	1.25^{a}	0.56^{a}	3.18	شاهد Control
277.36^{b}	1.50^{b}	1.04^{b}	0.47^{b}	3.76	تنش خشکی Water stress

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح ۵ و ۱ نمی‌باشند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5.

www.SID.ir

Archive of SID

اثر تیمار کودی و تنش خشکی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارهای کودی و تنش خشکی به‌استثنای کلسیم خاک ($P<0/05$) بر سایر ویژگی‌های خاک معنی‌دار نشد. نتایج هم‌چنین نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سدیم ($P<0/01$) و کلسیم و منیزیم خاک ($P<0/001$) معنی‌دار شد (جدول ۷). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کودهای پتاسیم‌دار از جمله اکسید پتاسیم باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک می‌شود. هم‌چنین تجزیه موادآلی به‌تدریج باعث ورود املاح به محلول خاک می‌شود (۲۲). افزودن کمپوست و بایوچار به‌علت نمک‌های محلول باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک می‌شود (۷ و ۲۵). پژوهشگران بیان کردند که افزودن بایوچار و کمپوست به خاک باعث افزایش کربن آلی و نیتروژن خاک می‌شود و این روند با گذشت زمان افزایش پیدا می‌کند. افزایش نیتروژن قابل‌دسترس گیاه به عوامل بسیاری از جمله معدنی‌شدن نیتروژن، هدرروی آمونیوم و نیترات از خاک بستگی دارد. هم‌چنین بایوچار به‌علت وجود نیتروژن در ساختمان خود در افزایش نیتروژن خاک نقش دارد (٤، ۱۸، ۲۰ و ۳۳). بیش‌ترین غلظت فسفر خاک (۱۳/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار کمپوست به‌دست آمد (جدول ۹). با کاربرد سولفات پتاسیم و بایوچار غلظت فسفر خاک در مقایسه با شاهد افزایش یافت. برخی پژوهشگران بیان کردند که کمپوست زباله شهری، بایوچار و سولفات پتاسیم باعث افزایش فسفر قابل‌دسترس گیاه می‌شوند (٤ و ۳۲). کودهای آلی با تشکیل کمپلکس‌های ارگانو فسفات، پوشش اکسید آهن و آلومینیوم توسط هوموس و تشکیل یک پوشش محافظتی و معدنی‌شدن فسفر آلی (۱۵) و سولفات پتاسیم با کاهش موضعی pH خاک (۲۳) بر غلظت فسفر قابل‌جذب خاک تأثیر می‌گذارند.

با وجود این‌که قابلیت انحلال کود سولفات پتاسیم در آب بالاست (۱۱۰ گرم در لیتر در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) (۲۳) غلظت پتاسیم خاک در تیمار بایوچار (۷۲۲/۸۸ میلی‌گرم برکیلوگرم) بیش‌تر از تیمار سولفات پتاسیم (٦۰۸/۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمپوست (۵۳۳/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۹).

نکته قابل‌توجه در کاربرد کودهای آلی و سولفات پتاسیم، افزایش سدیم خاک پس از کاربرد این کودهاست. سدیم اثر تخریبی بر ساختمان خاک داشته و باعث ایجاد سمیت در گیاه می‌شود. غلظت سدیم قابل‌جذب خاک ۲۰٦/۲۵، ۲۲۵/٤۸، ۵۲۲/٤۸ و ۱۹۸/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب برای شاهد، سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به‌دست آمد (جدول ۹). بین اصلاح‌کننده‌های شیمیایی و آلی، کمپوست زباله شهری بیش‌ترین تأثیر را در افزایش سدیم خاک دارد (۱۸). نتایج نشان داد که با کاربرد بایوچار، سدیم خاک جذب سطحی سطوح باردار بایوچار شده و غلظت سدیم خاک نسبت به شاهد کاهش یافت. برخی نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد که با کاربرد بایوچار می‌توان اثر منفی سدیم خاک را کاهش داد (۳۲ و ۳۳).

نتایج هم‌چنین نشان داد که اثر تنش خشکی بر فسفر و منیزیم خاک ($P<0/05$) و کلسیم خاک ($P<0/001$) معنی‌دار شد (جدول ۷). غلظت فسفر خاک در شرایط با و بدون تنش خشکی به‌ترتیب ٤/۹٦ و ٦/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد (داده‌ها نشان داده نشده است). کاهش رطوبت جذب فسفر خاک توسط گیاهان را کاهش می‌دهد. حساسیت واکنش جذب و واجذب فسفر خاک به تنش خشکی نسبت به معدنی‌شدن بیش‌تر است (۱۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های خاک تحت‌تأثیر سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در شرایط تنش خشکی.

Table 7. Analysis of variance (Mean Square) of soil characteristics affected by potassium sulfate, compost and biochar under water stress conditions.

منبع تغییرات S.V.O	df	pH	EC	کربن آلی OC	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	کلسیم Calcium	منیزیم Magnesium	سدیم Sodium
بلوک block	3	0.04^{ns}	0.04^{ns}	0.06^{ns}	0.00^{ns}	1.57^{ns}	10324.67^{ns}	283.33^{ns}	10.80^{ns}	118.64^{ns}
تنش خشکی Water stress	1	0.01^{ns}	0.00^{ns}	0.21^{ns}	0.00^{ns}	9.95^{*}	74.34^{ns}	4802.00^{***}	414.72^{*}	533.65^{ns}
کود Fertilizer	3	0.03^{ns}	2.30^{**}	1.08^{**}	0.00^{**}	252.97^{**}	231867.64^{**}	3586.00^{***}	540.00^{***}	$96.61.14^{**}$
Water stress× Fertilizer	3	0.01^{ns}	0.03^{ns}	0.10^{ns}	0.00^{ns}	2.78^{ns}	3704.14^{ns}	972.67^{*}	46.56^{ns}	50.92^{ns}
خطا Error	21	0.02	0.55	0.07	0.00	1.37	57242.20	237.62	68.78	388.25
ضریب تغییرات CV		2.05	16.98	21.93	20.92	21.33	9.56	6.23	28.17	6.83

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری.

*, ** and ^{ns} significant at 5% ,1% and non-significant, respectively.

جدول ۸- اثر متقابل سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار و تنش خشکی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک.

Table 8. Interaction effects of potassium sulfate, compost and biochar and water stress on soil chemical characteristics.

تیمار Treatment		پی‌اچ pH	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical Conductivity	کربن آلی Organic Carbon	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	کلسیم Calcium	منیزیم Magnesium	سدیم Sodium
			$dS\ m^{-1}$	%		$mg\ kg^{-1}$				
شاهد (۸۰ درصد FC) Control (80% FC)	عدم مصرف کود Control	7.00^{a}	0.82^{b}	0.08^{d}	0.03^{b}	1.26^{d}	305.73^{e}	394.00^{b}	82.80^{a}	207.05^{bc}
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	6.95^{a}	1.16^{b}	0.087^{cd}	0.03^{b}	6.59^{c}	637.19^{bc}	410.00^{bc}	80.40^{a}	228.18^{b}
	کمپوست Compost	7.02^{a}	2.11^{a}	1.50^{ab}	0.04^{b}	14.63^{a}	515.11^{d}	428.00^{c}	82.20^{a}	529.04^{a}
	بایوچار Biochar	7.10^{a}	1.13^{b}	1.33^{ab}	0.06^{a}	1.83^{d}	732.01^{a}	392.00^{b}	94.20^{a}	254.65^{bc}
تنش رطوبتی (۴۰ درصد FC) Water stress (40% FC)	عدم مصرف کود Control	6.95^{a}	0.82^{b}	1.19^{bc}	0.04^{b}	0.08^{d}	332.11^{e}	390.00^{b}	86.40^{a}	205.00^{bc}
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	7.02^{a}	1.10^{a}	0.74^{d}	0.03^{b}	5.03^{c}	580.34^{cd}	398.00^{b}	89.40^{a}	222.78^{bc}
	کمپوست Compost	7.10^{a}	2.14^{a}	1.66^{a}	0.06^{a}	12.09^{b}	551.64^{d}	400.00^{b}	85.20^{a}	515.92^{a}
	بایوچار Biochar	7.12^{a}	1.11^{b}	1.53^{ab}	0.06^{a}	1.95^{d}	713.75^{a}	338.00^{a}	107.40^{b}	193.01^{c}

سولفات پتاسیم (ده گرم در گلدان)، کمپوست (پنج درصد وزنی)، بایوچار (ده درصد وزنی). در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح ۵ و ۱ نمی‌باشند.

Fertilizers: potassium sulfate (10 g pot^{-1}), compost (5% w/w), biochar (10% w/w). Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- اثر ساده تیمار کودی بر ویژگی‌های خاک در شرایط کشت انگور.

Table 9. Simple effects of fertilizer treatment on soil characteristics in grapes plantation conditions.

تیمار Treatment	pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC	کربن آلی OC	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	کلسیم Calcium	منیزیم Magnesium	سدیم Sodium
		$dS\ m^{-1}$	%		$mg\ kg^{-1}$				
شاهد Control	6.99^{a}	0.82^{c}	0.80^{b}	0.04^{c}	1.02^{c}	318.92^{d}	414.00^{b}	83.70^{a}	206.25^{b}
سولفات پتاسیم Potassium sulfate	6.97^{a}	1.30^{b}	0.99^{b}	0.03^{c}	5.81^{b}	608.77^{b}	365.00^{a}	100.80^{b}	225.48^{b}
کمپوست Compost	7.06^{a}	2.13^{a}	1.58^{a}	0.05^{b}	13.36^{a}	533.38^{c}	404.00^{b}	84.90^{a}	522.48^{a}
بایوچار Biochar	7.11^{a}	1.11^{b}	1.43^{a}	0.06^{a}	1.90^{c}	722.88^{a}	392.00^{b}	84.60^{a}	198.83^{c}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح ۵ و ۱ نمی‌باشند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که با کاربرد سولفات پتاسیم و کودهای آلی در شرایط تنش خشکی وضعیت تغذیه‌ای انگور نسبت به عدم مصرف کود بهبود یافت. در شرایط تنش خشکی، غلظت آهن و مس برگ انگور به‌طور معنی‌داری در تیمارهای آلی بیش‌تر از تیمار کود سولفات پتاسیم بود. هم‌چنین غلظت روی برگ در تیمارهای کمپوست و سولفات پتاسیم بیش‌تر از تیمار بایوچار به‌دست آمد. با کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در برگ انگور در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با کاربرد کمپوست، غلظت آهن برگ انگور بیش‌ترین مقدار را در بین تیمارهای کودی نشان داد. در شرایط با و بدون تنش خشکی، بیش‌ترین غلظت فسفر برگ انگور در تیمار بایوچار دیده شد. هر چند اثر متقابل تیمارهای کودی و تنش خشکی بر ویژگی‌های خاک به‌جز کلسیم خاک معنی‌داری نبود، با کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار ویژگی‌های حاصلخیزی خاک بهبود یافتند. با کاربرد کمپوست و بایوچار کربن آلی خاک افزایش یافت. افزودن کربن آلی خاک علاوه‌بر بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند ظرفیت نگهداشت آب در خاک می‌شود. کاربرد همه تیمارهای کودی سبب افزایش عناصر غذایی خاک به‌ویژه پتاسیم خاک شدند. با این‌حال، پتاسیم خاک و گیاه در تیمار بایوچار نسبت به سایر تیمارها بیش‌ترین افزایش را داشت. بایوچار در مقایسه با تیمارهای سولفات پتاسیم و کمپوست سبب افزایش به‌ترتیب ۱۵/۷۹ و ۲۶/۲۱ درصدی پتاسیم خاک شد. در حالی‌که سولفات پتاسیم در مقایسه با کمپوست، پتاسیم خاک را ۱۲/۳۸ درصد افزایش داد. تأمین پتاسیم کافی گیاهان را در برابر تنش خشکی مقاوم می‌کند. در شرایط تنش خشکی جذب پتاسیم (حاصلضرب غلظت پتاسیم در عملکرد) در تیمارهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به‌ترتیب ۶۹/۸۵، ۳۶/۲۱ و ۱۷۸/۹۷ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کود افزایش یافت. از آن‌جایی‌که پتاسیم در تنظیم روابط آبی گیاه نقش به‌سزایی دارد، افزایش غلظت پتاسیم خاک از طریق کاربرد کود، شدت خسارت تنش خشکی را کاهش می‌دهد. براساس یافته‌های این پژوهش در خصوص توصیه کودی برای انگور رقم بیدانه قرمز می‌توان چنین

www.SID.ir

Archive of SID

جمع‌بندی نمود که کود سولفات پتاسیم اگرچه پتاسیم خاک را افزایش داد، کاربرد کودهای آلی کمپوست و بایوچار به‌دلیل افزایش کربن و نیتروژن آلی خاک توصیه می‌شود. از بین کمپوست و بایوچار، کاربرد بایوچار به‌دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی، تخلخل و سطح ویژه بالا و در نتیجه ظرفیت نگهداشت آب خاک بیش‌تر، توانایی بیش‌تر در نگهداری عناصر خاک و ماندگاری طولانی‌مدت در خاک (که در برخی منابع تا حدود صد تا هزار سال گفته شده) و جذب بیش‌تر پتاسیم توسط گیاه توصیه می‌شود. بر اساس نتایج این پژوهش، سولفات پتاسیم و کمپوست در مقایسه با شاهد سدیم قابل‌جذب خاک را به‌ترتیب ۸/۵۳ و ۶۰/۵۲ درصد افزایش داد. در حالی‌که بایوچار در مقایسه با شاهد سدیم خاک را ۳/۷۳ کاهش داد. بنابراین، کاربرد طولانی‌مدت کمپوست در شرایط تنش خشکی ممکن است به تجمع سدیم تبادلی و تخریب ساختمان خاک و مسمومیت گیاه منجر شود. بر همین اساس، چنان‌چه در شرایط تنش خشکی کمپوست به خاک افزوده شود، بهتراست همراه با بایوچار باشد تا علاوه بر حفظ ساختمان خاک از رقابت سدیم و پتاسیم برای جذب توسط گیاه نیز جلوگیری شود.

منابع

1. Abel, S., Peters, A., Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M., and Wessolek, G. 2013. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. Geoderma, 202: 183-191.
2. Alloway, B.J. 2008. Micronutrients and crop production: An introduction. In Micronutrient deficiencies in global crop production. Springer, Dordrecht. Pp: 1-39.
3. Azizabadi, E., Golchin, A., and Delavar, M. 2014. Effect of potassium and drought stress on growth indices and mineral content of safflower leaf. J. Sci. Technol. Greenhouse Cul. 5: 3. 65-80.
4. 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.
5. Chan, K.Y., and Fahey, D.J. 2011. Effect of composted mulch application on soil and wine grape potassium status. Soil Research. 49: 5. 455-461.
6. Davoudi, M.H., Shahbazi, K., Feizollahzadeh Ardebil, M., and Rezaie, H. 2015. Methods of organic fertilizers' analysis, Soil and Water Research Institute, Technical publication No. 531, Tehran, 154p.
7. Eghball, B., Ginting, D., and Gilley, J.E. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. Agron. J. 96: 2. 442-447.
8. FAO. 2016. Production statistics crops processed. Available at: https://knoema.com/FAOPRDSC2017/production-statistics-crops-crops-processed.
9. Genesio, L., Miglietta, F., Baronti, S., and Vaccari, F.P. 2015. Biochar increases vineyard productivity without affecting grape quality: Results from a four years field experiment in Tuscany. Agriculture, Ecosystems and Environment. 201: 20-25.
10. Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, Water and fertilizer analysis. New Delhi. India: Agrobios. 438p.
11. Haji Boland, R., Radpour, A., and Pasbani, B. 2014. Effect of phosphorus deficiency on tolerance to drought stress in two tomato plants (*Solanum Lycopersum* L.). J. Plant Breed. (Iran. Biol. J.). 27: 5. 788-803.
12. Hargreaves, J.C., Adl, M.S., and Warman, P.R. 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment. 123: 1. 1-14.
13. He, M., and Dijkstra, F.A. 2014. Drought effect on plant nitrogen and phosphorus: a meta-analysis. New Phytologist. 204: 4. 924-931.
14. Jackson, R.S. 2008. Wine science: principles and applications. Academic press. Academic Press, Ordibehesht 11, 1387 AP – Technology and Engineerig. 776p.

www.SID.ir

Archive of SID

15.Jalali, M. 2013. Soil Fertility. Bu Ali Sina University press. 560p.
16.Karhu, K., Mattila, T., BergstrOm, I., and Regina, K. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH4 uptake and water holding capacity– Results from a short-term pilot field study. Agriculture, Ecosystems and Environment, 140: 1-2. 309-313.
17.Kloss, S., Zehetner, F., Dellantonio, A., Hamid, R., Ottner, F., Liedtke, V., Schwanninger, M., Gerzabek, M.H., and Soja, G. 2012. Characterization of slow pyrolysis biochars: effects of feedstocks and pyrolysis temperature on biochar properties. J. Environ. Qual. 41: 990-1000.
18.Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., and Karlen, D. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Geoderma. 158: 3-4. 436-442.
19.Linday, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. Chichester, UK: John Wiley and Sons. 449p.
20.Liu, C., Liu, F., Ravnskov, S., Rubæk, G.H., Sun, Z., and Andersen, M.N. 2017. Impact of wood biochar and its interactions with mycorrhizal fungi, phosphorus fertilization and irrigation strategies on potato growth. J. Agron. Crop Sci. 203: 2. 131-145.
21.Liu, J., Schulz, H., Brandl, S., Miehtke, H., Huwe, B., and Glaser, B. 2012. Short-term effect of biochar and compost on soil fertility and water status of a Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions. J. Plant Nutr. Soil Sci. 175: 5. 698-707.
22.Mahmoud Abadi, M., Rashidi, A., and Fekri, M. 2013. Application of alfalfa residue, poultry manure and potassium fertilizer on some soil properties and onion yield. J. Water Soil. 27: 2. 452-461.
23.Malhotra, S.K. 2016. Water soluble fertilizers in horticultural crops-An appraisal. Ind. J. Agric. Sci. 86: 10. 1245-56.
24.Mousa, M.A., and Mohamed, M.F. 2009. Enhanced yield and quality of onion (*Allium cepa* L. cv Giza 6) produced using organic fertilization. Assiut University Bulletin for Environmental Researches. 12: 1. 9-19.
25.Najafi Ghiri, M. 2015. The effect of application of different biochar on some soil and carboniferous properties of some food elements in a calcareous soil. Soil Science Researches (Soil and Water Sciences). 29: 3. 351-358.
26.Nelissen, V., Rütting, T., Huygens, D., Staelens, J., Ruysschaert, G., and Boeckx, P. 2012. Maize biochars accelerate short-term soil nitrogen dynamics in a loamy sand soil. Soil Biology and Biochemistry. 55: 20-27.
27.Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A.R., and Lehmann, J. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. Biology and Fertility of Soils. 48: 3. 271-284.
28.Rimmen, M., Matthiesen, J., Bovet, N., Hassenkam, T., Pedersen, C.S., and Stipp, S.L.S. 2014. Interactions of Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, and Ca^{2+} with benzene self-assembled monolayers. Langmuir. 30, 30: 9115-9122.
29.Sardoui, J., Ronagashi, A., Maftoun, M., and Karimian, N. 2003. Growth and chemical composition of corn in three calcareous sandy soil of Iran as affected by applied phosphorus and manure. J. Agric. Sci. Technol. 5: 77-84.
30.Singer, J.W., Kohler, K.A., Liebman, M., Richard, T.L., Cambardella, C.A., and Buhler, D.D. 2004. Tillage and compost affect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. Agron. J. 96: 2. 531-537.
31.Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., and Sumner, M.E. 1996. Methods of soil analysis. Part 3-Chemical methods, Soil Science Society of America Inc. 1390p.
32.Vaccari, F.P., Maienza, A., Miglietta, F., Baronti, S., Di Lonardo, S., Giagnoni, L., Lagomarsino, A., Pozzi, A., Pusceddu, E., Ranieri, R., and Valboa, G. 2015. Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil. Agriculture, Ecosystems and Environment. 207: 163-170.

www.SID.ir

Archive of SID

33. Wu, Y., Xu, G., and Shao, H.B. 2014. Furfural and its biochar improve the general properties of a saline soil. Solid Earth. 5: 2. 665.
34. Xin, X., Zhang, J., Zhu, A., and Zhang, C. 2016. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain. Soil and Tillage Research. 156: 166-172.
35. Xu, G., Wei, L.L., Sun, J.N., Shao, H.B., and Chang, S.X., 2013. What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: Direct or indirect mechanism? Ecological engineering. 52: 119-124.

www.SID.ir

Archive of SID

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 10(1), 2020
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2020.16867.1901

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effect of fertilizer management systems and water stress conditions on nutritional status of grapes (a greenhouse study)

A. Safari[1], *A. Fatemi[2], M. Saiedi[3] and Z. Kolahchi[4]

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University,
[2]Assistant Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University,
[3]Associate Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Razi University,
[4]Assistatnt Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Bu-Ali Sina University

Received: 07.05.2019; Accepted: 10.23.2019

Abstract

Background and Objectives: The grapes are one of the most important garden products in the world as well as in Iran. One of the most important limiting factors of the growth of plants, especially fruit trees, in arid and semi-arid regions, is the lack of water resources. Water shortage reduces the water content of plant tissues and limits their growth. Also, the availability of different nutrients in the soil is significantly changed under water stress conditions. Accordingly, the management of plant nutrition under water stress conditions is one of the important issues in the production of the plant. The use of organic and chemical fertilizers as amendments of the physical, chemical and biological properties of soil can be one of the strategies to reduce the adverse effects of drought stress.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of potassium sulfate, compost and biochar on some soil properties and grapes nutritional status under water stress conditions, this experiment was conducted in the research greenhouse during 2017-2018. The experiment was carried out as a factorial experiment based on a block of randomized completely design with two factors and four replications. The first factor, water stress had two levels (40, 80 % FC) and fertilizers' treatments included potassium sulfate (10 g pot^{-1}), compost (5 % w/w) and biochar (10% w/w). The macro- and micro-elements' contents of grapes leaf and soil properties included the macro and micro-elements, pH, EC, OC. were also measured.

Results: The results showed that the interaction effect of water stress and fertilizers' treatments was significant for nitrogen (N), magnesium (Mg), ferrous (Fe), zinc (Zn) and copper (Cu) concentrations of grapes leaves ($P<0.01$). The analysis of variance (ANOVA) indicated that the simple effects of water stress and fertilizers' application had a significant effect ($P<0.01$) on macro- and micro-elements' concentrations of grapes leaves. The results also showed that under water stress conditions, the highest N concentration was observed for compost and potassium sulfate applications. Without water stress conditions, there was no significant difference between treatments. Under the water stress conditions, the highest concentration of Mg of grapes leaves was achieved with biochar application. While without water stress conditions, the lowest concentration of Mg was observed for biochar treatment. With and without water stress conditions, the concentration of Fe and Cu was higher for organic treatments compared to potassium sulfate application. With and without water stress conditions, the highest concentration of Zn was achieved for potassium sulfate application. The ANOVA results showed that the interaction effect of water stress and fertilizers' treatments was not significant for soil properties except soil calcium. The water stress caused a significant decrease in soil phosphorus (P) and Mg ($P<0.05$) as well as calcium (Ca) ($P<0.001$). The effect of fertilizers'

* Corresponding Author; Email: a.fatemi@razi.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

treatments was significant on electrical conductivity, organic carbon, N, P, potassium (K), and sodium (Na) ($P<0.01$), Ca and Mg ($P<0.001$) concentrations of soil. The application of potassium sulfate and compost increased the sodium concentration of soil 8.53 and 60.52 percent, respectively. However, the Na concentration of soil decreased 3.73 percent with the biochar application.

Conclusions: According to the results of this study, it can be concluded that under water stress conditions, the application of compost and biochar in comparison with potassium sulfate enhanced the nutritional status of grapes because of the improvement of soil fertility status. The highest K concentration and uptake of grapes leaves and soil were observed with biochar application. Under water stress conditions, in comparison with no fertilizer application, K uptake increased 69.85, 36.21 and 178.97 percent by potassium sulfate, compost and biochar applications, respectively. Since K is a critical element to regulate the water content of plant tissue and reduces the hazards of water stress, the application of compost and biochar is recommended for the improvement of plant resistance under water stress conditions. However, between compost and biochar, biochar is suggested due to having properties such as highly porous structure, high specific surface area, higher water holding capacity of the soil, the long-term stability in the soil and the reduction of Na hazards in soil.

Keywords: Biochar, Compost, Macronutrients, Micronutrients, Potassium sulfate

www.SID.ir