Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره دوم، ۱۳۹۸
۱۰۱-۱۱٤
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.14658.2316

اثر بیوچار پوسته برنج بر رشد و غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف در گیاه ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.) تحت تنش آبی

صدیقه صفرزاده شیرازی[1]*، زهرا زیبایی[2] و پویا استوار[2]

[1]استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران،

[2]دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۹٦/۱۱/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۰٦

چکیده

سابقه و هدف: بیوچار به‌عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک، سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش فراهمی عناصر غذایی، کاهش گازهای گلخانه‌ای، کاهش آبشویی عناصر و در نهایت افزایش تولیدات زراعی می‌شود. تنش رطوبتی نیز یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان است. خاک‌های مناطق خشک حاوی مقدار کمی مواد آلی بوده و به‌دلیل pH بالا، با مشکل کمبود عناصر کم‌مصرف روبه‌رو هستند؛ بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اثر بیوچار پوسته برنج بر رشد و غلظت عناصر کم‌مصرف در گیاه ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.) تحت تنش آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب فاکتوریل ۳×۳ به‌صورت کاملاً تصادفی و با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. تیمارها شامل سه سطح رطوبتی (۱۰۰ (شاهد)، ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه) و سه سطح بیوچار پوسته برنج (صفر، ۲ و ٤ درصد وزنی) بود. تعداد ۱۰ بذر ریحان مقدس در هر گلدان کشت شد و پس از سه هفته تعداد گیاهان به شش بوته در هر گلدان تنک شد. سطوح تنش رطوبتی با وزن کردن گلدان‌ها، روزانه در طول دوره رشد گیاه اعمال شد. حدود ۱۲ هفته پس از کاشت، شاخص سبزینگی با دستگاه کلروفیل‌متر دستی SPAD 502، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد گل‌آذین و سپس عناصر غذایی کم‌مصرف در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اعمال تنش رطوبتی به مقدار ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه، اثر معنی‌داری بر وزن خشک گیاه ریحان مقدس نداشت، اما تنش ۵۵ درصدی رطوبت، سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک گیاه (۳۹/۷ درصد) گردید. اعمال تنش رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه همچنین، موجب کاهش معنی‌دار وزن تر گیاه (٤۹/۵ درصد)، ارتفاع (۲۹/۵ درصد)، تعداد گل‌آذین (۳۸/۹ درصد) و تعداد شاخه فرعی گیاه (۱۷/۸ درصد) در مقایسه با شاهد شد، اما افزایش شاخص سبزینگی برگ را به همراه داشت. علاوه بر این تنش رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه موجب کاهش میانگین غلظت عناصر روی (۳۹/۵ درصد) و مس (٤۳/۳ درصد) و افزایش میانگین غلظت عناصر آهن (۲۹/۷ درصد) و منگنز (۲۸/۲ درصد) در اندام هوایی شد. کاربرد بیوچار پوسته برنج سبب افزایش غلظت منگنز در اندام هوایی گیاه نسبت به تیمار شاهد شد اما اثر معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه ریحان مقدس نداشت.

* مسئول مکاتبه: safarzadeh@shirazu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که اعمال تنش رطوبتی به مقدار ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه اثر معنی‌داری بر وزن خشک گیاه ریحان مقدس نداشت. بنابراین کم‌آبیاری می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مناسب در شرایط کم‌آبی مورد توجه قرار گیرد. همچنین کاربرد بیوچار پوسته برنج به‌طور معنی‌داری غلظت منگنز را افزایش داد به احتمال زیاد به‌دلیل نوع بیوچار به‌کار برده شده و سطح کاربرد آن بر وزن خشک اثری نداشته است. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های بیش‌تری در مورد اثر بیوچارهای حاصل از مواد اولیه دیگر و با اعمال سطوح دیگری از بیوچار انجام شود.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، تنش آبی، رشد گیاه، ریحان مقدس

مقدمه

گیاهان برای رسیدن به رشد و عملکرد بهینه نیازمند حداقل نیاز آبی هستند و برای رسیدن به اهداف اقتصادی باید این نیاز تامین شود. با این‌حال گیاهان در طی دوران رشد خود با تنش‌های محیطی متعددی روبرو می‌شوند که براساس حساسیت و مرحله رشد گیاه اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد آن‌ها دارد (۵۱). در ایران که دارای اقلیمی خشک و نیمه‌خشک است، تنش آبی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد فیزیولوژیک و تغذیه‌ای گیاهان محسوب شده، که منجر به کاهش زیست‌توده و عملکرد می‌شود (۱۶)؛ از این‌رو وقوع تنش آبی در طی دوره رشد امری اجتناب‌ناپذیر است. از طرفی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلایل مختلف از جمله عدم وجود پوشش گیاهی کافی و بازگشت مقدار کم بقایای گیاهی به خاک، حاوی مقدار کمی مواد آلی بوده (۲۰) و به‌دلیل آهکی بودن، با مشکل تغذیه عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی، مس و منگنز روبه‌رو هستند. از جمله راهکارهای افزایش مقدار قابل‌جذب این عناصر و دستیابی به یک خاک حاصلخیز، بازیافت بقایای گیاهی است (۱۹).

سالانه مقدار زیادی بقایای گیاهی برنج در نظام‌های کشت و کار ایران تولید می‌شوند، که گاهی به‌عنوان ضایعات، سوزانده شده و یا در برخی قسمت‌های مزرعه رها می‌گردند. سوزاندن بقایا، هدرروی عناصر غذایی مانند نیتروژن و گوگرد و همچنین آلودگی هوا و مشکلات سلامتی برای انسان‌ها را به دنبال دارد (۴۶). بقایای برنج می‌توانند یا به‌صورت کمپوست و یا کاربرد مستقیم در خاک بازیافت شوند. چون افزودن بقایای گیاهی به خاک‌ها تجزیه سریع و آزادسازی عناصر غذایی و افزودن مقدار زیادی مواد آلی به خاک‌ها برای حفظ باروری خاک را به دنبال دارد (۲۹).

در سال‌های اخیر اصلاح خاک با بقایای غنی از کربن به‌صورت احتراق ناقص زیست‌توده‌ها (بیوچارها)، به‌عنوان رویکرد جایگزین، گزینه مناسبی برای اهدافی مانند بهبود ترسیب کربن (۲۱)، فراهمی عناصر غذایی (۴۹) و ویژگی‌های هیدرولیکی خاک (۴۸)، در نظر گرفته شده است.

بیوچار، زغال غنی از کربن است که به دنبال تجزیه حرارتی زیست‌توده در شرایط کم و یا عدم حضور اکسیژن ایجاد می‌شود (۴۰). بیوچار به‌دلیل ساختار متخلخل می‌تواند سبب بهبود مدیریت آب در مزرعه شود (۲۶). مطالعات زیادی در مورد اثر بیوچار بر قدرت نگهداری آب و سایر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک صورت گرفته اما به‌دلیل شرایط مختلف (شامل انواع خاک و تیمارهای بیوچار) نتایج متفاوتی به‌دست آمده است (۱۳ و ۱۸). آلر و همکاران (۲۰۱۷) اثر بیوچار بر بهبود کارایی استفاده از آب خاک و رشد گیاه را مثبت دانستند با این‌حال نتایج آن‌ها نشان داد که این موضوع به‌دلیل اثرات قابل‌توجه برهمکنش نوع خاک، نوع و سن بیوچار بر

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی مصرف آب و آب قابل‌دسترس گیاه همواره صادق نیست (۳). در رابطه با اثر بیوچار بر حاصلخیزی و عملکرد محصول نیز نتایج متفاوتی گزارش شده است (۱۷). در برخی از مطالعات اثر معنی‌داری بر عملکرد گیاهان نداشته (۳۵) و در برخی دیگر اثر منفی بیوچار (۹ و ۵۰) و در تعدادی دیگر اثر مثبت آن (۸) بر عملکرد گیاه و حاصلخیزی خاک مشاهده شده است.

در رابطه با اثر تنش رطوبتی بر محصولات زراعی پژوهش‌های گسترده‌ای صورت گرفته است اما اطلاعات اندکی در مورد واکنش گیاهان دارویی تحت شرایط تنش رطوبتی وجود دارد. ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.) گیاه دارویی از تیره نعناعیان، معطر و یک‌ساله است که در برخی از مناطق به‌صورت چندساله نیز کشت می‌شود. این گیاه در مناطق گرم و نیمه‌گرمسیری رشد می‌کند و به‌طور سنتی برای درمان بیماری‌هایی مانند نابارروری، دیابت و عفونت‌های میکروبی نیز به‌کار گرفته می‌شود (۱۱، ۳٤ و ٤۳). رسولی و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که افزایش شدت تنش رطوبتی باعث کاهش وزن تر و خشک شاخه و برگ، عملکرد اسانس، نیتروژن، پروتئین، فسفر و پتاسیم در گیاه ریحان می‌شود (۳۷). بررسی‌های انجام گرفته نشان داد که تاکنون مطالعه‌ای در ارتباط با بررسی اثر بیوچار بر رشد و غلظت عناصر کم‌مصرف گیاه ریحان مقدس در شرایط تنش رطوبتی صورت نگرفته است، بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر بیوچار پوسته برنج و تنش رطوبتی بر ویژگی‌های رشد و ترکیب شیمیایی ریحان مقدس در یک خاک آهکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی اثر بیوچار پوسته برنج و تنش رطوبتی بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و بر غلظت عناصر کم‌مصرف گیاه دارویی ریحان مقدس در فروردین ماه ۱۳۹۵ به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل ۳×۳ و با سه سطح بیوچار پوسته برنج [صفر (بدون بیوچار)، ۲، ٤ درصد وزنی] و سه سطح رطوبتی [۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه (بدون تنش)، ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه] و با سه تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. جهت انجام این پژوهش، مقدار مناسب خاک از افق سطحی با نام علمی Loamy skeletal over fragmental, carbonatic, (mesic, Fluventic Xerorthents)، از ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه استان فارس تهیه و پس از خشک کردن در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۲)، ماده آلی (۳۰)، پ‌هاش خاک در خمیر اشباع (٤۷)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع (۳۸) و عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) به‌وسیله عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌ا (DTPA) (۲۷) و اندازه‌گیری به‌وسیله دستگاه جذب اتمی، Shimadzu AA-670 تعیین شد (جدول ۱). برای تهیه بیوچار، پوسته‌های برنج از منطقه کامفیروز جمع‌آوری و در ورقه‌های آلومینومی بسته‌بندی و به‌مدت چهار ساعت در دمای ٤۰۰ درجه سلسیوس در داخل کوره قرار داده شدند تا فرایند آتشکافت (فرآیند سوختن کند و آرام مواد آلی در شرایط کم یا عدم وجود اکسیژن) (۲٤) صورت پذیرد و زغالی که به آن بیوچار می‌گویند، تولید شود (۲۳). برخی ویژگی‌های بیوچار مورد استفاده مانند پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در نسبت یک به پنج بیوچار به آب، نیتروژن کل به‌وسیله روش کلدال (۷)، ماده آلی (۳۰) و عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) با روش هضم در اسید (۱۰) و به‌وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Selected physical and chemical properties of soil.

روی Zn	آهن Fe	مس Cu	منگنز Mn	کربن آلی Organic carbon (%)	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS\ m^{-1}$)	پ‌هاش pH	بافت خاک Soil texture
(قابل‌جذب، Available) ($mg\ kg^{-1}$)							
0.6	1.9	1.7	1.8	0.6	0.3	7.8	رسی سیلتی Silty clay

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی بیوچار پوسته برنج.

Table 2. Selected chemical properties of rice husk biochar.

روی Zn	آهن Fe	مس Cu	منگنز Mn	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical conductivity	پ‌هاش pH
($mg\ kg^{-1}$)							
3.6	135.0	1.9	90.7	1.6	34.2	1.4	7.5

در ابتدا نمونه‌های ۲/۵ کیلوگرمی خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده شده، توزین و پس از اعمال تیمارها به کیسه‌های پلاستیکی منتقل گردید. به‌منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی و بر اساس نتایج آزمون خاک، عناصر نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز، روی و مس افزوده شد و خاک درون کیسه‌ها مخلوط شده، به‌داخل گلدان‌ها منتقل و تعداد ۱۰ عدد بذر ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.) در هر گلدان کشت شد. پس از سه هفته تعداد گیاهان به شش بوته در هر گلدان کاهش یافت و تیمارهای تنش آبی اعمال شدند. جهت اعمال سطوح تنش آبی، در ابتدا مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه با استفاده از دستگاه صفحات فشاری (۲۰ درصد وزنی) تعیین شد. آبیاری و روش اعمال تیمارها به‌صورت وزنی بود. در طول فصل رشد (پس از سه هفته کاشت و در زمان شروع اعمال تنش)، هر روز وزن تمام گلدان‌ها با ترازوی دیجیتال بر حسب کیلوگرم اندازه‌گیری شد و با مقایسه وزن اولیه هر گلدان (وزن روز آبیاری) با وزن روزانه آن مقدار رطوبت موجود محاسبه شد و جهت جبران کمبود آب خاک در زمان آبیاری، آب مقطر (بر اساس تیمارها) به آن‌ها افزوده شد. سپس ۱۲ هفته پس از کاشت، ابتدا شاخص سبزینگی با دستگاه کلروفیل‌متر دستی SPAD 502، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و تعداد گل‌آذین اندازه‌گیری شد و پس از جداسازی اندام هوایی گیاه، برای تعیین عناصر غذایی در نمونه‌های گیاه، تمامی نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شد. نمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت در آون در دمای ٦٥ درجه سلسیوس خشک شده و سپس توزین و در آسیاب برقی پودر شد. سپس نمونه‌های گیاهی عصاره‌گیری (۱۰) و غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام هوایی گیاه به‌وسیله دستگاه جذب اتمی، Shimadzu AA-670 اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری EXCEL و SPSS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح آماری پنج درصد انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار بیوچار پوسته برنج و تنش رطوبتی بر شاخص سبزینگی برگ، ارتفاع و تعداد شاخه فرعی گیاه ریحان مقدس و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص سبزینگی برگ، تعداد شاخه فرعی و تعداد گل‌آذین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر بیوچار پوسته برنج و تنش آبی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه ریحان مقدس.

Table 3. Analysis of variance of the effect of rice husk biochar and water stress on some physiological parameters in holy basil.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square			
		شاخص سبزینگی SPAD value	ارتفاع ساقه Height	تعداد شاخه فرعی No. Branches	تعداد گل‌آذین No. Inflorescences
تنش رطوبتی Moisture stress	2	140.9**	372.7**	14.8**	3.7**
بیوچار Biochar	2	35.9**	74.2**	2.4**	0.12^{ns}
تنش رطوبتی × بیوچار Moisture stress × Biochar	4	25.0*	2.7^{ns}	2.1*	2.8**
خطا Error	18	5.9	3.2	0.44	0.47
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		13.06	16.3	12.7	25.1

^{ns}، ** و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

^{ns}, ** and * represent non significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

شاخص سبزینگی برگ: نتایج نشان داد که در سطح رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه، شاخص سبزینگی برگ گیاه نسبت به شاهد ۲۳/۹ درصد افزایش یافت (جدول ٤). افزایش کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی نشان می‌دهد که در شرایط تنش، رنگدانه‌های کلروفیل تا حدودی به کاهش آب مقاوم هستند (٤١). همچنین اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش وزن خشک گیاه و در نتیجه افزایش غلظت نیتروژن در اندام هوایی گیاه شده و از آن‌جا که همبستگی مثبتی بین نیتروژن و کلروفیل وجود دارد، بنابراین ممکن است تنش سبب افزایش شاخص سبزینگی شده باشد. این یافته با نتایج به‌دست آمده برای گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) (٤٥) مطابقت دارد. در این دو مطالعه نیز بیش‌ترین مقدار کلروفیل a، b و کل با اعمال تنش‌های رطوبتی مشاهده شد. کاربرد ٤ درصد وزنی بیوچار شاخص سبزینگی برگ گیاه را به مقدار ۸/۷ درصد در مقایسه با شاهد (بدون استفاده از بیوچار)، به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ٤). شاخص سبزینگی بیانگر مقدار نیتروژن گیاه است و شاید بتوان این افزایش معنی‌دار شاخص سبزینگی را به کاهش وزن خشک گیاه در سطح ٤ درصد وزنی بیوچار و افزایش و تجمع غلظت نیتروژن در گیاه نسبت داد (جدول ۵). اختر و همکاران (۲۰۱۵) با کاربرد بیوچار ترکیب پوسته برنج و دانه کتان بر گیاه گندم؛ نتایج مشابهی در مورد افزایش شاخص سبزینگی گیاه مشاهده کردند (۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- اثر بیوچار پوسته برنج و تنش آبی بر شاخص SPAD (بدون واحد).

Table 4. Effect of rice husk biochar and water stress on SPAD value.

بیوچار Biochar (% W)	سطوح رطوبتی Moisture levels (% FC)			میانگین Mean
	100	75	55	
0	30.1^{e*}	31.6^{de}	42.6^{a}	34.8^{b}
2	30.0^{e}	35.0^{cd}	37.1^{bc}	34.0^{b}
4	36.5^{bc}	36.9^{bc}	40.0^{ab}	37.8^{a}
میانگین Mean	32.2^{b}	34.5^{b}	39.9^{a}	

* میانگین‌هایی که در هر ستون و یا هر ردیف دارای حروف مشترک هستند، طبق آزمون دانکن دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند (P≤۰/۰۵).

* Means in each column or row followed by the same letters and means in the body of the table followed by the same letters are not significantly different (P≤0.05) by Duncan's Multiple Range Test.

وزن تر و خشک اندام هوایی: همان‌گونه که در جدول ۵ نشان داده شده است، میانگین وزن تر اندام هوایی با اعمال سطوح رطوبتی ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه به‌ترتیب ۱۵/۵ و ٤۹/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. این کاهش را می‌توان به کاهش روند جذب عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاه از خاک و در عین‌حال کاهش انباشت کربوهیدرات به دنبال بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش رطوبتی مربوط دانست. ضیایی و همکاران (۱۳۹۵) نیز با افزایش تنش رطوبتی کاهش معنی‌دار وزن تر گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) را مشاهده کردند (۵۱). براساس نتایج، بیش‌ترین و کم‌ترین وزن تر در تیمار ٤ درصد وزنی بیوچار و به‌ترتیب در سطح رطوبتی ۱۰۰ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد (جدول ۵).

بر اساس مقایسه میانگین‌ها، (جدول ٤)، با کاربرد سطوح ۲ و ٤ درصد وزنی بیوچار میانگین وزن تر اندام هوایی نسبت به شاهد افزایش یافت اما از لحاظ آماری معنی‌دار نبود که شاید آن را بتوان عدم خواباندن خاک با بیوچار قبل از کشت نسبت داد. در رابطه با اثر بیوچار بر حاصلخیزی و عملکرد محصول نتایج متفاوتی گزارش شده است (۱۷). در پاره‌ای از مطالعات بیوچار بر عملکرد گیاهان اثر معنی‌داری نداشت (۳۵) و در برخی دیگر اثر منفی بیوچار (۵۰ و ۹) و در تعدادی دیگر اثر مثبت آن (۸) بر عملکرد و حاصلخیزی خاک مشاهده شده است.

وزن خشک اندام هوایی گیاه ریحان مقدس در سطح رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت زراعی کاهش ۳۹/۷ درصدی نسبت به شاهد داشت اما اعمال کم آبیاری به مقدار ۷۵ درصد کاهش معنی‌داری در وزن خشک به‌دنبال نداشت. تنش رطوبتی موجب کاهش آماس و رشد سلولی و بنابراین کاهش رشد می‌شود. بنابراین کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش رطوبتی می تواند تحت‌تأثیر سهم‌گیری بیش‌تر ریشه از زیست‌توده تولیدی گیاه و یا در اثر کاهش کلروفیل و فرآیند فتوسنتز ایجاد شود (۲). مطالعات انجام شده در مورد تنش رطوبتی بر سایر گیاهان دارویی مانند آویشن (*Thymus vulgaris* L.) (٦) و گل مکزیکی (*Agastache foeniculum*) (۳۱) نتایج مشابهی را گزارش شد. حسن و همکاران (۲۰۱۳)، با اعمال سطوح رطوبتی ۸۰ و ٦۰ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب کاهش معنی‌دار ۱۲/۵ و ۲۳/۵ درصدی

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد گیاه رزماری نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) را مشاهده کردند (۱٤). کاربرد بیوچار نیز باعث افزایش وزن خشک نسبت به تیمار شاهد شد که البته در هیچ‌کدام از سطوح کاربردی این اثر معنی‌دار نبود (جدول ۵).

جدول ۵- اثر بیوچار پوسته برنج و تنش آبی بر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه ریحان مقدس (گرم در گلدان).

Table 5. Effect of rice husk biochar and water stress on holy basil shoot wet and dry weight (gr pot^{-1}).

وزن تر اندام هوایی Wet weight (gr pot^{-1})				
میانگین Mean	سطوح رطوبتی Moisture levels (% FC)			بیوچار Biochar (% W)
	55	75	100	
32.7^{a}	25.0^{cd}	32.5^{bc}	40.5^{ab*}	0
32.8^{a}	21.0^{d}	35.4^{a-c}	42.0^{ab}	2
34.6^{a}	18.5^{d}	40.2^{ab}	45.3^{a}	4
	21.5^{c}	36.0^{b}	42.6^{a}	میانگین Mean
وزن خشک اندام هوایی Dry weight (gr pot^{-1})				
میانگین Mean	سطوح رطوبتی Moisture levels (% FC)			بیوچار Biochar (% W)
	55	75	100	
4.9^{a}	4.5^{ab}	5.1^{ab}	5.1^{ab}	0
5.4^{a}	3.6^{bc}	6.6^{a}	5.9^{ab}	2
5.1^{a}	2.9^{c}	5.1^{ab}	7.2^{a}	4
	3.7^{b}	5.6^{a}	6.1^{a}	میانگین Mean

* میانگین‌هایی که در هر ستون و یا هر ردیف دارای حروف مشترک هستند، طبق آزمون دانکن دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند (P≤۰/۰۵).

* Means in each column or row followed by the same letters and means in the body of the table followed by the same letters are not significantly different (P≤0.05) by Duncan's Multiple Range Test.

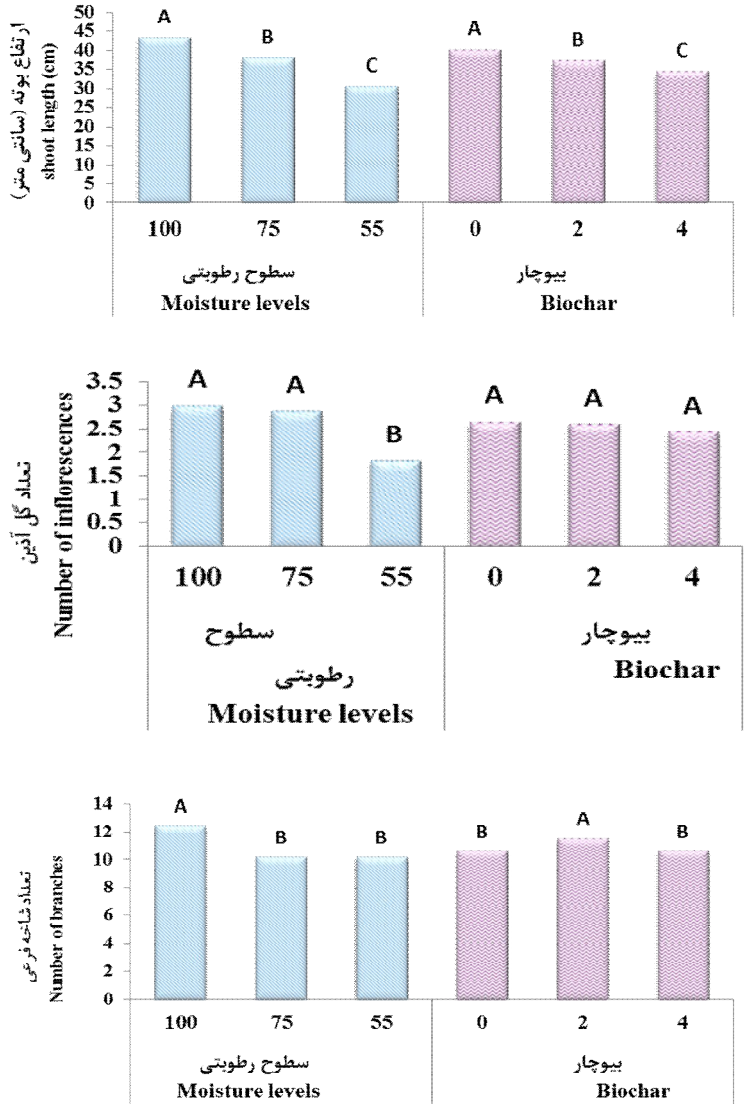
ارتفاع، تعداد شاخه فرعی و تعداد گل‌آذین: اعمال سطوح تنش رطوبتی موجب کاهش ارتفاع، تعداد شاخه فرعی و تعداد گل‌آذین ریحان مقدس شد (شکل ۱). ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در هر دو سطح ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه و تعداد گل‌آذین در سطح ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) کاهش معنی‌دار یافتند (شکل ۱). نتایج حاصله با نتیجه پژوهش سایر پژوهشگران بر گیاهانی مانند بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) (۳٦) و رزماری (۵۱) مطابقت دارد.

افزودن بیوچار به خاک موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه در هر دو سطح کاربردی شد. کارتر و همکاران (۲۰۱۳) افزایش ارتفاع گیاه کاهو و کلم را

www.SID.ir

Archive of SID

در اثر افزودن بیوچار پوسته برنج مشاهده کردند (۸)، که دلیل این اختلاف در نتایج را می‌توان به تفاوت در نوع گیاه و خاک مورد استفاده در انجام آزمایش مربوط دانست. افزودن بیوچار اثر معنی‌داری بر تعداد گل‌آذین ریحان مقدس نداشت. کاربرد سطح ۲ درصد وزنی بیوچار سبب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی ریحان مقدس شد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر سطوح بیوچار پوسته برنج و تنش رطوبتی بر میانگین ارتفاع، تعداد گل‌آذین و تعداد شاخه فرعی.

Fig. 1. Effect of rice husk biochar (% W) and water stress (% FC) on average of shoot length, number of inflorescences and number of branches.

غلظت آهن در اندام هوایی گیاه: افزایش تنش رطوبتی به مقدار ۵۵ درصد، سبب افزایش غلظت آهن به مقدار ۲۹/۷ درصد گردید (جدول ٦). دلیل این امر را می‌توان به کاهش وزن خشک گیاه به دنبال اعمال تنش رطوبتی مربوط دانست (جدول ۵) و از طرفی با کاهش رطوبت خاک، انتقال کلسیم به ریشه گیاه کاهش و جذب آهن به‌دلیل رقابت یونی با کلسیم افزایش می‌یابد. بنابراین اثر عامل رقت و کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

جذب عنصر کلسیم به احتمال زیاد منجر به افزایش غلظت آهن در اندام هوایی شده است (۲۸). افزایش غلظت آهن در اثر تنش رطوبتی در مطالعات دیگری در گیاه گلرنگ (۵) و در گیاه مریم گلی لوله‌ای (Salvia macrosiphon) (٤٤) نیز مشاهده شده است. بیوچار پوسته برنج اثر معنی‌داری بر غلظت آهن در گیاه نداشت (جدول ٦) ولی بیش‌ترین غلظت آهن در برهمکنش سطح تنش رطوبتی ۵۵ درصد و با کاربرد ۲ درصد وزنی بیوچار مشاهده شد.

غلظت منگنز در اندام هوایی گیاه: سطوح رطوبتی ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه به‌ترتیب سبب افزایش ۱۳/۷ و ۲۸/۲ درصدی میانگین غلظت منگنز نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ٦). حسن‌پور و همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش غلظت منگنز در اندام هوایی را با افزایش تنش رطوبتی گزارش کردند و علت را در کاهش وزن خشک در پاسخ به اثر تنش بیان نمودند (۱۵). افزودن بیوچار در سطح ٤ درصد وزنی موجب افزایش معنی‌دار غلظت منگنز به مقدار ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ٦). رجبی و همکاران (۱۳۹٦) با کاربرد بیوچار تفاله پسته، نیز افزایش معنی‌دار غلظت منگنز در اندام هوایی اسفناج را گزارش نمودند (۳۵).

جدول ٦- اثر بیوچار پوسته برنج و تنش رطوبتی بر غلظت آهن و منگنز در اندام هوایی ریحان مقدس.

Table 6. Effect of rice husk biochar and water stress on iron (Fe) and manganese (Mn) concentration (µg gr^{-1} dry weight) in holy basil shoots.

غلظت آهن

Fe concentration (µg gr^{-1} dry weight)

بیوچار Biochar (% W)	سطوح رطوبتی Moisture levels (% FC)			میانگین Mean
	55	75	100	
0	68.7^{a-c}	54.9^{c}	61.9^{bc*}	61.9^{a}
2	82.8^{a}	54.7^{c}	54.3^{c}	63.9^{a}
4	75.4^{ab}	64.4^{bc}	58.7^{bc}	66.2^{a}
میانگین Mean	75.6^{a}	58.0^{b}	58.3^{b}	

غلظت منگنز

Mn concentration (µg gr^{-1} dry weight)

بیوچار Biochar (% W)	سطوح رطوبتی Moisture levels (% FC)			میانگین Mean
	55	75	100	
0	39.8^{b-d}	36.7^{cd}	40.9^{b-d}	39.1^{b}
2	48.1^{a-c}	38.2^{cd}	34.6^{d}	40.3^{b}
4	54.3^{a}	51.2^{ab}	35.4^{d}	47.0^{a}
میانگین Mean	47.4^{a}	42.0^{ab}	37.0^{b}	

* میانگین‌هایی که در هر ستون و یا هر ردیف دارای حروف مشترک هستند، طبق آزمون دانکن دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند (P≤۰/۰۵).

* Means in each column or row followed by the same letters and means in the body of the table followed by the same letters are not significantly different (P≤0.05) by Duncan's Multiple Range Test.

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت روی در اندام هوایی گیاه: افزایش سطوح تنش رطوبتی موجب کاهش میانگین غلظت روی در ریحان مقدس شد (جدول ۷). عناصر کم‌مصرفی چون روی و آهن در جذب و انتقال به اندام‌های مختلف گیاه با یکدیگر رقابت می‌کنند. از آن‌جا که افزایش تنش رطوبتی باعث افزایش غلظت آهن اندام هوایی گیاه شده، این امر ممکن است سبب کاهش غلظت روی در گیاه شده باشد (۵). اثر سطوح بیوچار پوسته برنج بر غلظت روی نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). افزودن بیوچار پوسته برنج در دو سطح کاربردی ۲ و ٤ درصد وزنی موجب کاهش معنی‌دار غلظت روی به مقدار ۱۹/٦ و ۲۸/٦ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۷). این نتیجه که با یافته‌های پوگا و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد، بیانگر آن است که با اضافه شدن بیوچار به خاک، زیست‌فراهمی روی اصلاح شده و در نتیجه تجمع و سمیت آن در گیاه کاهش خواهد یافت (۳۳).

غلظت مس در اندام هوایی گیاه: سطوح رطوبتی ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی، باعث کاهش معنی‌دار میانگین غلظت مس به مقدار ۳۷/۵ و ٤۳/٤ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۷). می‌توان این کاهش را به افزایش جذب آهن طی اعمال تنش رطوبتی مربوط دانست. اثر سطوح بیوچار پوسته برنج بر میانگین غلظت مس در گیاه نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). افزودن سطوح ۲ و ٤ درصد بیوچار پوسته برنج موجب کاهش معنی‌دار غلظت مس به مقدار ۲٤/٤ و ۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ٦). این نتیجه با نتایج گزارش شده در پژوهش پارک و همکاران (۲۰۱۱) هماهنگ بوده و بیانگر آن است که کاربرد بیوچار به احتمال زیاد پتانسیل غیرمتحرک نمودن فلزاتی چون مس را داشته و سبب کاهش فراهمی فلزات برای گیاه می‌شود (۳۲).

جدول ۷- اثر بیوچار پوسته برنج و تنش رطوبتی بر غلظت روی و مس در اندام هوایی ریحان مقدس.

Table 7. Effect of rice husk biochar and water stress on Zinc (Zn) and Copper (Cu) concentration (µg gr^{-1} dry weight) in holy basil shoots.

غلظت روی

Zn concentration (µg gr^{-1} dry weight)

بیوچار Biochar (% W)	سطوح رطوبتی Moisture levels (% FC)			میانگین Mean
	100	75	55	
0	34.8^{a*}	20.1^{cd}	18.4^{c-e}	24.4^{a}
2	24.9^{b}	17.3^{de}	16.6^{de}	19.6^{b}
4	22.6^{bc}	14.8^{e}	14.8^{e}	17.4^{b}
میانگین Mean	27.5^{a}	17.4^{b}	16.6^{b}	

غلظت مس

Cu concentration (µg gr^{-1} dry weight)

بیوچار Biochar (% W)	سطوح رطوبتی Moisture levels (% FC)			میانگین Mean
	100	75	55	
0	9.6^{a}	6.1^{bc}	4.8^{cd}	6.8^{a}
2	7.0^{b}	4.1^{d}	4.2^{d}	5.1^{b}
4	6.2^{bc}	4.1^{d}	3.9^{d}	4.7^{b}
میانگین Mean	7.6^{a}	4.8^{b}	4.3^{b}	

* میانگین‌هایی که در هر ستون و یا هر ردیف دارای حروف مشترک هستند، طبق آزمون دانکن دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند (P≤۰/۰۵).

* Means in each column or row followed by the same letters and means in the body of the table followed by the same letters are not significantly different (P≤0.05) by Duncan's Multiple Range Test.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اعمال تنش ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک گیاه دارویی ریحان مقدس شد اما تنش ۷۵ درصدی رطوبت اثر معنی‌داری بر وزن خشک گیاه نداشت. اعمال تنش رطوبتی همچنین موجب کاهش معنی‌دار وزن تر، ارتفاع، تعداد گل‌آذین و تعداد شاخه فرعی گیاه در مقایسه با شاهد شد اما افزایش شاخص سبزینگی را به همراه داشت. علاوه بر این، تنش رطوبتی موجب کاهش میانگین غلظت عناصر روی و مس و افزایش میانگین غلظت عناصر آهن و منگنز در اندام هوایی شد. کاربرد بیوچار تولیدشده نیز سبب کاهش معنی‌دار میانگین غلظت روی و مس و افزایش غلظت منگنز در اندام هوایی گیاه نسبت به تیمار شاهد شد اما اثر معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه نداشت بنابراین کاربرد بیوچار سبوس برنج نتوانسته اثر مثبتی بر رشد ریحان مقدس در شرایط گلخانه‌ای مورد مطالعه داشته باشد و باید مطالعات بیش‌تری در مورد سازوکار اثر بیوچار بر رشد گیاهان صورت گیرد. با توجه به این که مطالعات کمی در مورد اثر بیوچار بر رشد گیاهان در شرایط تنش صورت گرفته است، پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های بیش‌تری در شرایط مزرعه و با بیوچارهای حاصل از مواد اولیه دیگر و تولیدشده در دماهای مختلف روی سایر گیاهان دارویی صورت گیرد.

منابع

1. Akhtar, S.S., Anderse, M.N. and Liu, F. 2014. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. Agric. Water Manag. 138: 37-44.
2. Albouchi, A., Bejaoui, Z. and El Aouni, M.H. 2003. Influence d'un stress hydrique mode´re´ou se´ve` resurlacroissance de jeunes plants de *Casuarina glauca*. Se´ Cheresse. 14: 137-142. (With English Abstract)
3. Aller, D., Rathke, S., Laird, D., Cruse, R., and Hatfield, J. 2017. Impacts of fresh and aged biochars on plant available water and water use Efficiency. Geoderma. 307: 114-121.
4. Amonette, J. and Joseph, S. 2009. Characteristics of biochar: micro chemical properties. P 33-52. In: J. Lehmann S. Joseph (eds). Biochar for environmental management: science and technology. London: Earthscan:
5. Azizabadi, E., Golchin, A. and Delavar, M. 2014. Effect of potassium and drought stress on growth indices and mineral content of safflower leaf. Ejgcst. 5: 3. 65-80. (In Persian)
6. Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M. and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iran. J. Med. Arom. Plant. 26: 2. 239-251. (In Persian)
7. Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen. In: C.A. Black et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Am. Soc. Agron. Madison, WI. Pp: 1149-1178.
8. Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Suy, T.B. and Haefele, S. 2013. The impact of biochar application on soilproperties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). Agron. 3: 404-418.
9. Case, S.J., McNamara, N.P., Reay, D.S. and Whitaker, J. 2012. The effect of biochar addition on N_2O and CO_2 emissions from a sandy loam soil-The role of soil aeration. Soil Biol. Biochem. 51: 125-134.
10. Chapman, H.D. and Pratt, D.F. 1961. Methods of Analysis for Soil, Plant and Water. University. California. Division Agriculture. Soil Science. Pp: 60-62.

www.SID.ir

Archive of SID

11.Chattopadhyay, R.R. 1999. A comparative evaluation of origin. J. Ethnopharmacol. 67: 367-372.
12.Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis, hydrometer methods. P 383-411. In: Methods of Soil Analysis. D.L. Sparks et al. (eds.) Part 2. Am. Soc. Agron. Inc: Madison, WI.
13.Hardie, M., Clothier, B., Bound, S., Oliver, G. and Close, D. 2014. Does biochar influence soil physical properties and soil water availability? Plant Soil. 376: 347-361.
14.Hassan, F.A.S., Bazaid, S. and Ali, E.F. 2013. Effect of deficit irrigation on growth, yield and volatile oil content on *Rosmarinus officinalis* L. Plant. J. Med. Plant. Stud. 1: 3. 12-21.
15.Hassanpour, Z., Karimi, H.R. and Mirdehghan, S.H. 2015. Effects of salinity and water stress on echophysiological parameters and micronutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum* L.). J. Plant. Nutr. 38: 5. 795-807.
16.Ihuoma, S.O. and Madramootoo, C.A. 2017. Recent advances in crop water stress detection. Com. Elec. Agric. 141: 267-275.
17.Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., van der Velde, M. and Bastos, A.C. 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agric. Ecosys. Environ. 144: 175-187.
18.Jeffery, S., Meinders, M.B.J., Stoof, C.R., Bezemer, T.M., van de Voorde, T.F.J., Mommer, L. and van Groenigen, J.W. 2015. Biochar application does not improve the soil hydrological function of a sandy soil. Geoderma. 251: 47-54.
19.Kamara, A., Hawanatu, S.K. and Mohamed, S.K. 2015. Effect of rice straw biochar on soil quality and the early growth and biomass yield of two rice varieties. Agric. Sci. 6: 798-806.
20.Karami, M., Afyuni, M., Rezaee Nejad, Y. and Khosh Goftarmanesh, A. 2009 Cumulative and residual effects of sewage sludge on zinc and copper concentration in soil and wheat. JWSS. 12: 639-654. (In Persian)
21.Khorram, M.S., Zhang, Q., Lin, D., Zheng, Y., Fang, H. and Yu, Y.L. 2016. Biochar: a review of its impact on pesticide behavior in soil environments and its potential applications. J. Environ. Sci. 44: 269-279.
22.Kothari, S.K., Bhattacharya, A.K. and Ramesh, S. 2004. Essential oil yield and quality of methyl eugenol rich *Ocimum sanctum* L.f. (syn. *O. sanctum* L.) in south India as influenced by method of harvest. J. Chromatogr, 1054: 1-2. 67-72.
23.Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. Front. Ecol. Environ. 5: 381-387.
24.Lehmann, J. and Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management. Science and Technology. London: Earthscan Publishing: Pp: 1-12.
25.Lehmann, J. and Joseph, S. 2015. Biochar for environmental management; an introduction. In: J. Lehmann and S. Joseph (Eds.), biochar for environmental management: Science and Technology. Earthscan, Londan.
26.Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luiza˜o, F.J., Petersen, J. and Neves, E.G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 5. 1719-1730.
27.Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
28.Malakouti, M.J., Karimian, N. and Keshavarz, P. 2006. Diagnosis and recommendation integrated system for balanced fertilization. 6th ed. Tarbiat Modares University Press, Tehran, Iran. 744p. (In Persian)
29.Naeem, A.M., Khalid, M., Aon, M., Abbas, Gh., Tahir, M., Amjad, M., Murtaza, B., Yang, A. and Akhtar, S.S. 2017. Effect of wheat and rice straw biochar produced at different temperatures on maize growth and nutrient dynamics of a calcareous soil. Arch. Agr. Soil. Sci. 68: 2048-2061.

www.SID.ir

Archive of SID

30. Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. 3rd Ed. P 961-1010. In: Sparks, D.L., et al., (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical and microbiological properties. Soil Science of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
31. Omid Beigi, R. and Mahmoudi Sourestani, M. 2010. Effect of water stress on morphological traits, essential oil content and yield of anise hyssop *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze. Iran. J. Hort. Sci. 41: 2. 153-161. (In Persian)
32. Park, J.H., Choppala, G.K., Bolan, N.S., Chung, J.W. and Chuasavathi, T. 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. Plant Soil 348: 439-451.
33. Puga, A.P., Abreu, C.A., Melo, L.C.A. and Beesley, L. 2015. Biochar application to a contaminated soil reduces the availability and plant uptake of zinc, lead and cadmium. J. Environ. Manag. 159: 86-93.
34. Pushpangadan, P. and Sobti, S.N. 1997. Medical properties of *Ocimum* (Tulsi) species and some recent investigations of their efficacy. Indian Drug. 14: 207-208.
35. Rajabi, H., Safarzadeh, S. and Ronaghi, A. 2017. Effect of pistachio residue biochar prepared at two different temperatures and different nitrogen and phosphorus levels on some macronutrients concentration and spinach growth. J. Water. Soil. 31: 2. 557-569. (In Persian)
36. Rahbarian, P. and Afsharmanesh, Gh. 2011. Effects of water deficit and manure on yield and morphological characters some of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in Jiroft Area. J. Crop Eco. Physio. 5: 1. 41-52. (In Persian)
37. Rasouli, D. and Fakheri, B. 2016. Effects of drought stress on quantitative and qualitative yield, physiological characteristics and essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum americanum* L. Iran. J. Med. Arom. Plant. 32: 5. 900-914. (In Persian)
38. Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. P 417-436. In: Methods of Soil Analysis. D. L. Sparks et al. (eds.). Part 3. 3rd ed. American Society of Agronomy, Inc: Madison, WI.
39. Saharkhiz, M.J., Ghani, A. and Khayat, M. 2009. Changes in essential oil composition of Clary sage (*Salvia sclarea* L.) aerial parts during its phenological cycle. J. Med. Arom. Plant. Sci. Biotechnol. 3: 1. 90-93.
40. Sánchez, M.E., Lindao, E., Margaleff, D., Martínez, O. and Morán, A. 2009. Pyrolysis of agricultural residues from rape and sunflowers: production and characterization of bio-fuels and biochar soil management. J. Anal. Appl. Pyrolysis. 85: 142-144.
41. Schutz, M. and Fangmeir, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environ. Pollut. 114: 187-194.
42. Singh, S., Taneja, M. and Majumdar, D.K. 2007. Biological activities of *Ocimum sanctum* L. fixed oil: an over view. Ind. J. Exp. Biol. 45: 403-412.
43. Singh, V., Amdekar, S. and Verma, O. 2011. *Ocimum sanctum* bio-pharmacological activities, Webmedcentral. Pharmacol. 1: 10. 1-7.
44. Sodaeizadeh, H., and Mansouri, F. 2014. Effects of drought stress on dry matter accumulation, nutrient concentration and soluble carbohydrate of Salvia macrosiphon as a medicinal plant. J. Manag. System. 4: 1. 1-9. (In Persian)
45. Sodaiizadeh, H., Shamsaie, M., Tajamoliyan, M., Mirmohammady maibody, A.M. and Hakimzadeh, M.A. 2016. The effects of water stress on some morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*. J. Plant. Proc. Func. 5: 15.1-12. (In Persian)
46. Tipayarom, D. and Oanh, N.T.K. 2007. Effects from open rice straw burning emission on air quality in the Bangkok metropolitan region. Sci. Asia. 33: 339-345.

www.SID.ir

Archive of SID

47.Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. P 475-490. In: Methods of Soil Analysis D. L. Sparks et al. (eds.) Part 3. 3rd ed. American Society of Agronomy. Inc: Madison, WI.
48.Xiao, Q., Zhu, L., Shen, Y. and Li, Sh. 2016. Sensitivity of soil water retention and availability to biochar addition in rainfed semi-arid farmland during a three-year field experiment. Field. Crops. Res. 196: 248-293.
49.Xu, R.K., Zhao, A.Z., Yuan, J.H. and Jiang, J. 2012. pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochar. J. Soils. Sediments. 12: 4. 494-502.
50.Zavalloni, C., Alberti, G., Biasiol, S., Vedove, G.D., Fornasier, F., Liu, J. and Peressotti, A. 2011. Microbial mineralization of biochar and wheat straw mixture in soil: A short-term study. Appl. Soil. Ecol. 50: 45-51.
51.Ziaei, A., Moghaddam, M. and Kashefi, B. 2016. The effect of superabsorbent polymers on morphological traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) under drought stress. J. Sci. Technol. Greenhouse. 7: 99-111. (In Persian)

www.SID.ir