

مقاله علمی- پژوهشی

تاثیر بیوپچار بر کارایی مصرف آب، غلظت عناصر و برخی خصوصیات گیاه مرزه *Satureja hortensis L* تحت اعمال کم آبیاری و آبیاری ناقص ریشه

وحید شمس آبادی^{۱*}، مهدی مرادی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۹

چکیده

به منظور بررسی تاثیر کاربرد بیوپچار بر برخی خصوصیات گیاه مرزه در شرایط اعمال کم آبیاری و آبیاری ناقص ریشه، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۴۰۳ در گلخانه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی تربت جام اجرا شد. در این آزمایش، تیمارها شامل سه سطح آبیاری (آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی، کم آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی و کم آبیاری ناقص ریشه ۵۰ درصد نیاز آبی) و سه سطح کاربرد بیوپچار (۰، ۲/۵ و ۵ درصد وزنی خاک هر گلدان) بود. نتایج نشان داد که با اعمال کم آبیاری (DI) و آبیاری ناقص ریشه (PRD) به میزان ۵۰ درصد، کارایی مصرف آب به ترتیب ۵۲/۱۳ و ۶۵/۹۱ درصد افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد بیوپچار به میزان ۲/۵ و ۵ درصد وزنی هر گلدان به ترتیب موجب افزایش کارایی مصرف آب نسبت به عدم کاربرد بیوپچار گردید. بر اساس نتایج فوق می توان گفت گیاه مرزه نسبت به تنش خشکی حساس بود و اعمال کم آبیاری منجر به کاهش عملکرد در این گیاه خواهد شد. همچنین بر اساس نتایج این پژوهش، اعمال روش آبیاری ناقص ریشه (PRD) روش مناسب تری از روش کم آبیاری (DI) به لحاظ افزایش کارایی مصرف آب، غلظت عناصر و درصد اسانس در گیاه مرزه تشخیص داده شد.

واژه های کلیدی: اسانس، غلظت عناصر، گیاه دارویی

مقدمه

می باشد. در سال های اخیر کاربرد بیوپچار (زغال زیستی) در زمینه کشاورزی به عنوان منبع تأمین کننده مواد آلی برای رشد گیاه و بهبود ویژگی های خاک و حفظ رطوبت آن، رونق زیادی یافته است (Van Zwieten et al., 2010). بیوپچار زغال تهیه شده از زیست توده های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که طی فرایند پیرولوسیز (Pyrolysis) تولید می شود، این فرایند، سوختن کند و آرام مواد آلی در شرایط کمبود اکسیژن یا نبود آن است. بیوپچار به علت سرعت تجزیه بسیار کند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه ای از قبیل دی اکسید کربن و متان که از ضایعات آزاد می شود، دارد و می تواند کربن را برای دوره های طولانی ذخیره کند. یکی دیگر از دلایل تولید و کاربرد بیوپچار، مدیریت بهینه ی ضایعات کشاورزی می باشد، اما از دیدگاه کشاورزی علاوه بر مدیریت ضایعات کشاورزی، اهمیت بیوپچار در خاک قابل توجه است، به خصوص نقش آن در کیفیت خاک که شامل افزایش در ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار کربن خاک است (Lehmann et al., 2006). مرزه یکی از پرطرفدارترین گیاهان خانواده نعنائیان است که ۲۳۰ جنس و بیش از ۷۰۰۰ گونه از این خانواده در نواحی مدیترانه، آسیا و برخی مناطق آمریکا می روید (حیدرپور و همکاران، ۱۴۰۳).

گیاهان در محیط زیست تحت تأثیر بسیاری از عوامل محیطی هستند که برخی از این عوامل می توانند اثرات منفی بر روی رشد و ادامه زندگی آن ها داشته باشند. در میان این فاکتورها شوری، خشکی، دمای بالا و تغذیه نامناسب از مهم ترین عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاه به شمار می آیند. با توجه به گزارش های اخیر ۴۵ درصد از اراضی قابل کشت در جهان در معرض خشکی متوالی یا مداوم می باشند. هم چنین افزایش روزافزون دمای کره زمین به صورت گسترده می تواند باعث افزایش خشکی زمین های تحت کشت شود (Chandra et al., 2023). استفاده بهینه از انواع اصلاح کننده های خاک از مهم ترین راه های حفظ و اصلاح شرایط حاصلخیزی و رطوبت خاک در شرایط کم آبی و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی

۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران

*-نویسنده مسئول: (Email: v_shamsabadi@tjamcaas.ac.ir)

است، سبب بهبود صفات رشدی این گیاه شده است. لذا با توجه به اهمیت گیاهان دارویی از جمله گیاه مرزه و تحقیقات کمی که در زمینه اثر بیوچار بر کاهش اثرات تنش خشکی بر گیاه مرزه انجام شده، هدف از این انجام این پژوهش بررسی تاثیر کاربرد بیوچار بر کارایی مصرف آب، غلظت عناصر و برخی خصوصیات گیاه مرزه در شرایط اعمال کم آبیاری و آبیاری ناقص ریشه بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر کاربرد بیوچار بر کارایی مصرف آب، غلظت عناصر و برخی خصوصیات گیاه مرزه در شرایط اعمال کم آبیاری و آبیاری ناقص ریشه، مطالعه‌ای بر اساس آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲ فاکتور و در ۳ تکرار در سال ۱۴۰۳ در گلخانه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی تربت جام با طول و عرض جغرافیایی ۶۰/۶۴ و ۳۵/۲۳ و ارتفاع ۹۸۲ متر از سطح دریا واقع در استان خراسان رضوی انجام شد. این پژوهش دارای ۹ تیمار شامل تنش خشکی در سه سطح (آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی، کم آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی و آبیاری ناقص ریشه ۵۰ درصد نیاز آبی) و سه سطح بیوچار (۰، ۲/۵ و ۵ درصد وزنی خاک هر گلدان) انجام گردید. ترکیبات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است.

گیاه مرزه یکی از گیاهان مهم به شمار می‌آید که از دیرباز به دلیل دارا بودن خواص مفید دارویی، مورد استفاده بشر بوده است. این گیاه در درمان دردهای عضلانی، تهوع و اسهال کاربرد دارد و همچنین هضم کننده غذا، ادرارآور، خلط‌آور، ضد درد و محرک و مقوی معده می‌باشد (تجلی و همکاران، ۱۳۹۲). تحقیقات اندکی در رابطه با تاثیر بیوچار بر کاهش اثرهای منفی تنش خشکی در گیاهان دارویی وجود دارد. در پژوهش شمس آبادی و مودودی (۱۴۰۴) نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار صفات اندازه‌گیری شده در گیاه مرزه گردید. نتایج پژوهش سودائی زاده و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که اعمال تیمارهای تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع، سطح و حجم تاج پوشش، سطح برگ، وزن خشکی اندام هوایی و ریشه و قندهای محلول در گیاه مرزه شد. در پژوهش دیگری که حسینیان و همکاران (۱۳۹۹) به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر برخی از شاخص‌های فتوسنتزی و رشدی گیاه مرزه انجام دادند، نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌داری در هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، سرعت فتوسنتز، دی اکسید کربن درون سلولی، کارایی آب فتوسنتزی گردید. نتایج مسلمی و همکاران (۱۴۰۳) نشان داد که کاربرد بیوچار موجب کاهش اثرات منفی تنش رطوبتی در گیاه گشنیز در یک خاک ریزدانه گردید. نتایج مهدی زاده و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که کاربرد بیوچار با جذب یون‌های نمک در گیاه مرزه که تحت تنش شوری قرار گرفته

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	نیتروژن (درصد)	نقطه پژمردگی دائم (درصد)	ظرفیت زراعی (درصد)	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	بافت خاک
۷/۳۶	۱/۳۲	۰/۱۲	۱۰/۹۲	۲۳/۲	۱/۴۸	لوم شنی

می‌باشد.

سطوح ثابت تغذیه‌ای برای تمامی تیمارهای آبیاری اعمال گردید. در این پژوهش، میزان نیاز تغذیه‌ای گیاهان در ابتدای آزمایش براساس منابع علمی معتبر برآورد شده و به همان میزان در اختیار گیاهان قرار داده شد به طوری که هر گیاه در پایان دوره رشد عناصر غذایی مورد نیاز خود را دریافت نمود، به عبارت ساده‌تر، مقدار عناصر دریافتی مشابه گردید. به منظور محاسبه نیاز آبی، ضرایب گیاهی مرزه از نتایج (Saeidinia et al., 2019) استفاده گردید. ضرایب گیاهی مرزه برای مراحل رشد ابتدایی، توسعه و میانی به ترتیب ۰/۴۵، ۰/۷۸ و ۱/۳ در نظر گرفته شدند. همچنین علف‌های هرز طی یک مرحله و به صورت دستی برداشت شد. تاریخ کاشت و برداشت این گیاه

آب آبیاری مورد استفاده دارای هدایت الکتریکی ۱/۴۳ دسی زیمنس بر متر و pH برابر با ۷/۸۱ بود. جهت تعیین مقدار آب مورد نیاز از تشت تبخیر کلاس A استفاده شد و تیمارهای آبی براساس آن اعمال شدند. همانند (Yuan et al., 2001)، نیاز آبی براساس مقدار تجمعی آب تبخیر شده از تشت تبخیر، پس از اعمال ضریب تشت محاسبه شده از روش پیشنهاد شده در نشریه فائو ۵۶ با توجه به موقعیت استقرار آن در محل (به‌طور میانگین ۰/۷ تعیین شد. مقدار نیاز آبی از رابطه (۱) به دست آمد.

$$ETa = Kc \times Kp \times Epan \quad (1)$$

ETa تبخیر تعرق روزانه (میلی‌متر بر روز)، Kp ضریب تشت، Epan تبخیر از سطح تشت (میلی‌متر در روز)، Kc ضریب گیاهی

میزان جذب لایه رنگی فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید. میزان پرولین بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر به دست آمد. جهت استخراج اسانس نیز از دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب، استفاده گردید.

جهت اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC) بر حسب نسبت از رابطه ریتچی استفاده شد (Ritche et al., 1990).

$$RWC(\%) = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن تورژسانس}} \quad (2)$$

برای محاسبه کارایی مصرف آب آبیاری (WUE) از رابطه (۳) استفاده شد که در آن Y عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم و WUE مقدار آب مصرفی در طول دوره رشد بر حسب متر مکعب است.

$$WUE = Y/WU \quad (3)$$

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نسخه ۹/۴ نرم افزار SAS و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس جدول (۲) اثر ساده سطوح مختلف بیوچار و نیز سطوح مختلف آبیاری (آبیاری کامل، کم آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی و آبیاری ناقص ریشه به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی) بر صفات وزن خشک اندام هوایی، کارایی مصرف آب، کلروفیل کل، درصد اسانس، پرولین، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین طبق نتایج جدول فوق، اثر متقابل کاربرد بیوچار و سطوح مختلف آبیاری بر صفات کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد و بر کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد.

به ترتیب ۲۲ فروردین و ۲۸ تیر ۱۴۰۳ بود. گلدان‌های مورد استفاده در این پژوهش دارای قطر ۲۵ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بود. برای اعمال تیمار آبیاری ناقص ریشه در قطر گلدان یک صفحه کارتن پلاست قرار گرفت.

در این پژوهش برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته از خط‌کش استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری وزن نمونه‌ها، ابتدا بوته‌ها جدا شده و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری گردید، سپس جهت تعیین وزن خشک، بوته‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه خشک شده و سپس توزین گردیدند. برای سنجش محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی، مقدار ۰/۵ گرم از بافت برگ تازه در هاون چینی ریخته و با استفاده از ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد ساییده و له شد، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره جداشده رویی به فالکون منتقل و مقداری از نمونه در کووت اسپکتروفوتومتر ریخته شد و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل آ و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل ب توسط اسپکتروفوتومتر مقدار جذب قرائت گردید (Arnon, 1967). برای اندازه‌گیری پرولین از روش (Bates et al., 1973) استفاده شد و در این روش مقدار ۰/۵ گرم از اندام هوایی را توزین و در ۱۰ میلی‌لیتر محلول سه درصد اسید سولفوسالسیلیک ساییده و سپس نمونه‌ها صاف گردید. دو میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک خالص به نمونه‌ها در داخل لوله آزمایش افزوده شد و سپس لوله‌ها در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد. در مرحله بعد لوله‌ها در حمام یخ به مدت نیم ساعت قرار گرفتند. بعد از گذشت این مدت، به هر لوله آزمایش چهار میلی‌لیتر تولوئن افزوده گردید و لوله‌ها خوب تکان داده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و کالیبره کرده آن،

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بیوچار بر برخی خصوصیات گیاه مرزه در شرایط کم آبیاری و آبیاری ناقص ریشه

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات					وزن خشک اندام هوایی	کارایی مصرف آب	کلروفیل کل	درصد اسانس	پرولین	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
		میانگین مربعات	میانگین مربعات	میانگین مربعات	میانگین مربعات	میانگین مربعات								
بیوچار	۲	۳۱۰/۸۶**	۵/۱۱**	۰/۸۸**	۰/۰۴۵**	۰/۰۰۰۱**	۰/۲۴۷**	۰/۱۴۵**	۰/۵۴**					
آبیاری	۲	۳۴۷/۰۲**	۱۷/۲۶**	۱/۱۲**	۰/۲۶**	۰/۰۰۵۵**	۰/۲۹۶**	۱/۰۱۸**	۱/۸۹**					
آبیاری × بیوچار	۴	۳/۰۵ ^{ns}	۰/۰۸۸**	۰/۱۵*	۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}					
خطا	۱۸	۱/۱۳	۰/۰۱۸	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲					
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۴۷	۲/۴۵	۲/۰۴۸	۲/۲۶	۵/۰۷	۱/۳۰	۱۰/۵۷	۲/۸۱					

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

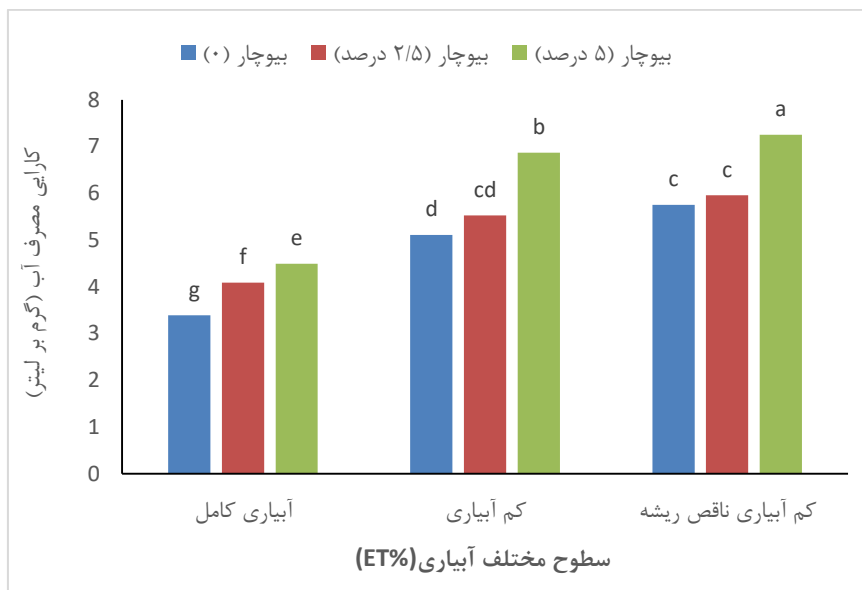
جدول ۳- مقایسه اثر ساده بیوچار بر برخی خصوصیات گیاه مرزه در شرایط کم آبیاری و آبیاری ناقص ریشه

تیمارها	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	کارایی مصرف آب (گرم بر لیتر)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم)	اسانس (درصد)	پرویلین (میلی گرم بر گرم)	نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)
بیوچار (درصد وزنی)	۳۶/۸۳ ^c	۴/۷۵ ^c	۹/۰۳ ^b	۱/۲۹ ^c	-۰/۰۵۱ ^b	۲/۲۴ ^c	۱/۰۱ ^c	۱/۵۴ ^c
۲/۵	۴۴/۲۲ ^b	۵/۶۹ ^b	۹/۲۳ ^b	۱/۳۳ ^b	-۰/۰۵۴ ^b	۲/۴۲ ^b	۱/۱۶ ^b	۱/۷۶ ^b
۵	۴۸/۴۴ ^a	۶/۲۳ ^a	۹/۶۱ ^a	۱/۴۶ ^a	-۰/۰۵۹ ^a	۲/۵۷ ^a	۱/۲۸ ^a	۲/۰۷ ^a
سطوح آبیاری (درصد نیاز آبی)	۵۰/۱۱۱ ^a	۳/۹۹ ^c	۹/۶۵ ^a	۱/۲۳ ^c	-۰/۰۸۲ ^a	۲/۲۱ ^c	۰/۸۸ ^c	۱/۴۴ ^c
۵۰ (DI)	۳۸/۰۱ ^c	۶/۰۷ ^b	۸/۹۸ ^c	۱/۳۲ ^b	-۰/۰۳۳ ^c	۲/۴۴ ^b	۰/۹۸ ^b	۱/۶۳ ^b
۵۰ (PRD)	۴۱/۴۴ ^b	۶/۶۷ ^a	۹/۱۵ ^b	۱/۴۱ ^a	-۰/۰۴۸ ^b	۲/۵۷ ^a	۱/۵۴ ^a	۲/۳۲ ^a

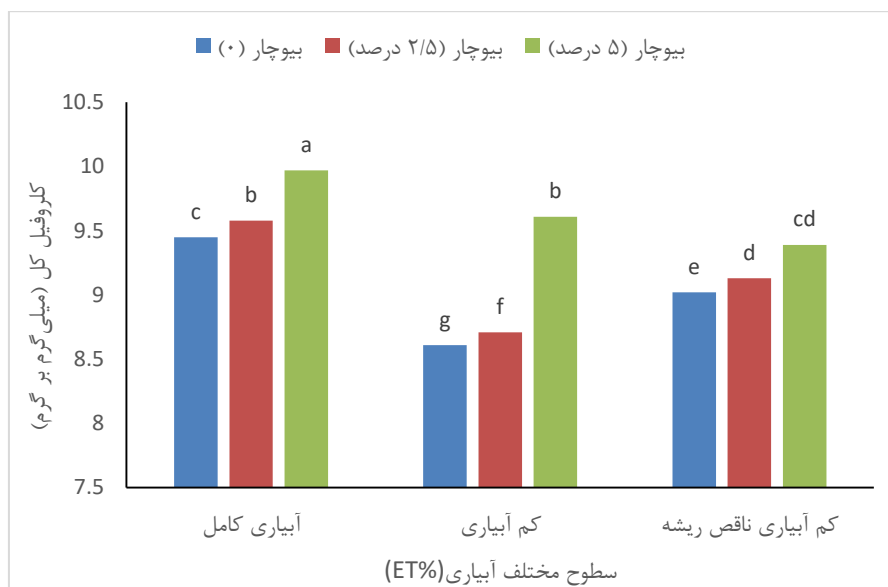
DI: کم آبیاری، PRD: آبیاری ناقص ریشه

میزان ۲/۵ و ۵ درصد وزنی هر گلدان به ترتیب موجب افزایش ۳۱/۱۶ و ۲۰/۰۷ درصدی وزن خشک اندام هوایی، ۱۹/۷۹ و ۳۱/۱۶ درصدی کارایی مصرف آب، ۲/۲۱ و ۶/۴۲ درصدی کلروفیل کل، ۳/۸۸ و ۱۳/۱۸ درصدی درصد اسانس، ۵/۵۸ و ۱۵/۶۹ درصدی پرویلین، ۸/۰۴ و ۱۴/۷۳ درصدی نیتروژن، ۱۴/۸۵ و ۲۶/۷۳ درصدی فسفر و ۱۴/۲۹ و ۳۴/۴۲ درصدی پتاسیم نسبت به عدم کاربرد بیوچار گردید. نتایج این پژوهش با نتایج فخرآبادی و خوش سیمای چنار (۱۴۰۰) که نشان دادند کاربرد بیوچار به میزان ۵ و ۱۰ درصد وزنی در گیاه ریحان موجب افزایش وزن تر، وزن خشک، درصد نیتروژن، درصد فسفر، درصد پتاسیم و بهره‌وری آب گردید، مطابقت داشت. نتایج اثرات برهمکنش کاربرد بیوچار و سطوح مختلف آبیاری بر صفات کارایی مصرف آب (شکل ۱) و کلروفیل کل (شکل ۲) در گیاه مرزه نشان داد که در تمام سطوح مختلف آبیاری کاربرد بیوچار همزمان با اعمال کم آبیاری موجب افزایش کارایی مصرف آب در گیاه مرزه گردید. به طوری که بالاترین میزان کارایی مصرف آب در ۵۰ درصد کم آبیاری ناقص ریشه و کاربرد بیوچار به میزان ۵ درصد و به میزان ۷/۲۵ گرم بر لیتر و کمترین آن در آبیاری کامل و بدون کاربرد بیوچار، به میزان ۳/۳۹ گرم بر لیتر گزارش شد. همچنین کاربرد بیوچار موجب کاهش اثرات کم آبیاری بر کلروفیل کل در گیاه مرزه گردید. نتایج نشان داد که ۵۰ درصد کم آبیاری ناقص ریشه نسبت به ۵۰ درصد کم آبیاری دارای کارایی مصرف آب و کلروفیل کل بالاتری بود. نتایج این پژوهش با نتایج نادری و همکاران (۱۳۹۹) و نتایج اسدی و همکاران (۱۳۹۸) که اعمال روش PRD را نسبت به DI مناسبتر تشخیص دادند، تطابق داشت.

بر اساس جدول (۳)، بیشترین وزن خشک اندام هوایی، کلروفیل کل و پرویلین در آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و بیشترین کارایی مصرف آب، درصد اسانس، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ۵۰ درصد کم آبیاری ناقص ریشه رخ داد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که با اعمال کم آبیاری (DI) و آبیاری ناقص ریشه (PRD) به میزان ۵۰ درصد به ترتیب وزن خشک اندام هوایی ۲۴/۱۴ و ۱۷/۳۰، کلروفیل کل ۶/۹۴ و ۵/۱۸، و پرویلین ۵۹/۷۵ و ۴۱/۴۶ درصد کاهش و کارایی مصرف آب به ترتیب ۵۲/۱۳ و ۶۵/۹۱ درصد اسانس ۷/۳۲ و ۱۴/۶۳، نیتروژن ۱۰/۴۱ و ۱۶/۲۹، فسفر ۱۱/۳۶ و ۷۵/۰۱ و پتاسیم ۱۳/۱۹ و ۶۱/۱۲ درصد افزایش یافت. اعمال تنش خشکی منجر به پیری زودرس و همچنین ریزش برگ‌ها می‌شود که این مهم می‌تواند کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه را به دنبال داشته باشد (Faisal et al., 2000). تنش خشکی موجب کاهش رشد اندام هوایی گیاه نعنای فلفلی می‌شود (شمس آبادی و همکاران، ۱۴۰۱). کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی و شوری، به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن باشد که باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردد (De la luz, 2004). بر اساس نتایج مطالعات پیشین، اعمال تیمارهای کم آبیاری موجب کاهش در اندام‌های هوایی گیاه شده است. نتایج این پژوهش با نتایج شمس آبادی و همکاران (۱۴۰۳) در گیاه مرزه و جمالی و همکاران (۱۴۰۱) در گیاه نعنای فلفلی که نشان دادند کم آبیاری سبب کاهش وزن تر، کلروفیل کل و درصد اسانس شده است و نتایج شمس آبادی و همکاران (۱۴۰۱) در گیاه نعنای فلفلی که نشان دادند غلظت پتاسیم با اعمال کم آبیاری اضافه می‌گردد، مطابقت داشت. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار به



شکل ۱- مقایسه اثر برهمکنش کاربرد بیوجار و سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب در گیاه مرزه



شکل ۲- مقایسه اثر برهمکنش کاربرد بیوجار و سطوح مختلف آبیاری بر کلروفیل کل در گیاه مرزه

نتیجه‌گیری

و ۱۴/۶۳، نیتروژن ۱۰/۴۱ و ۱۶/۲۹، فسفر ۱۱/۳۶ و ۷۵/۰۱ و پتاسیم ۱۳/۱۹ و ۶۱/۱۲ درصد افزایش یافت. نتایج حاکی از آن بود که کم آبیاری موجب افزایش غلظت عناصر، کارایی مصرف آب و درصد اسانس در گیاه مرزه نسبت به آبیاری کامل گردید و این افزایش در آبیاری ناقص ریشه (PRD) نسبت به کم آبیاری (DI) بیشتر بود. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد بیوجار به میزان ۲/۵ و ۵ درصد به ترتیب موجب افزایش ۲۰/۰۷ و ۳۱/۵۲ درصدی وزن خشک اندام هوایی، ۱۹/۷۹ و ۳۱/۱۶ درصدی کارایی مصرف آب، ۲/۲۱ و ۶/۴۲ درصدی کلروفیل کل، ۳/۸۸ و ۱۳/۱۸ درصدی اسانس، ۵/۵۸

بر اساس نتایج این پژوهش، بیشترین وزن خشک اندام هوایی، کلروفیل کل و پرولین در آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و بیشترین کارایی مصرف آب، درصد اسانس، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ۵۰ درصد کم آبیاری ناقص ریشه رخ داد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که با اعمال کم آبیاری (DI) و آبیاری ناقص ریشه (PRD) به میزان ۵۰ درصد به ترتیب وزن خشک اندام هوایی ۲۴/۱۴ و ۱۷/۳۰، کلروفیل کل ۶/۹۴ و ۵/۱۸، و پرولین ۵۹/۷۵ و ۴۱/۴۶ درصد کاهش و کارایی مصرف آب به ترتیب ۵۲/۱۳ و ۶۵/۹۱ درصد اسانس ۷/۳۲

رشد و ورمی کمپوست تحت شرایط تنش خشک. دو فصلنامه علوم سبزی ها، ۸ (۱۶): ۲۰۶-۱۸۳.

سودائی زاده، ح.، شمسایی، م.، تجملین، م.، میرمحمدی، س. ع. م. و حکیم زاده، م. ع. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرزه. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱۵(۱۵): ۱۲-۱.

شمس آبادی، و.، بانژاد، ح.، انصاری، ح. و نعمتی، س. ح. ۱۴۰۱. بررسی تاثیر کاربرد تنش خشکی و شوری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و غلظت عناصر نعنای فلفلی (*Mentha Piperita L*) در شرایط سلیوم. مدیریت آب در کشاورزی. ۱۰ (۱): ۹۵-۱۱۰.

شمس آبادی، و.، بانژاد، ح.، انصاری، ح. و نعمتی، س. ح. ۱۴۰۱. بهره‌وری آب و بعضی خصوصیات گیاه نعنای فلفلی در شرایط تنش آبی و شوری در حضور سلیوم. مدیریت آب در کشاورزی. ۹ (۲): ۱۳۰-۱۱۵.

شمس آبادی، و.، مرادی، م. و نستری نصرآبادی، حسین. ۱۴۰۳. بررسی تاثیر سطوح آبیاری و بافت خاک بر برخی خصوصیات بهره‌وری مصرف آب گیاه مرزه. پژوهش آب ایران. ۱۸ (۳): ۸۲-۷۵.

شمس آبادی، و. و مودودی، م. ن. ۱۴۰۴. تاثیر محلول‌پاشی سلیوم بر کارایی مصرف آب و برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مرزه (*Satureja hortensis L*) تحت تنش خشکی و آبیاری بخشی ریشه. نشریه روابط خاک و گیاه. ۱۶ (۲): ۱۰۴-۹۳.

فخرآبادی، ح. و خوش سیمای چنار، م. ۱۴۰۰. اثر کم‌آبیاری و بیوپچار بر روی خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ریحان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۵(۴): ۹۴۱-۹۵۴.

مسلم لی، ا.، بهمنش، ج. و رضوردی نژاد، و. ۱۴۰۳. اثر کم‌آبیاری و بیوپچار بر روی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه گشنیز در یک خاک ریزدانه. مدیریت آب و آبیاری. ۱۴ (۳): ۷۷۷-۷۸۸.

مهديزاده، ل.، مقدم، م. و لکزیان، ا. ۱۳۹۸. اثر بیوپچار بر خصوصیات رشدی و نسبت پتاسیم به سدیم مرزه تابستانه (*Satureja hortensis L*) تحت تنش کلرید سدیم. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۲ (۲): ۶۰۶-۵۹۵.

نادری، ن.، فضل اولی، ر.، شاهنظری، ع.، خاوری خراسانی، س. ۱۳۹۹. اثر کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری بخشی ریشه (ثابت و متغیر) بر خصوصیات رشدی ریشه در ذرت علوفه‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی. ۶ (۱۴): ۱۹۷۲-۱۹۶۴.

Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23:112-121.

و ۱۵/۶۹ درصدی پروپیلین، ۸/۰۴ و ۱۴/۷۳ درصدی نیتروژن، ۱۴/۸۵ و ۲۶/۷۳ درصدی فسفر و ۱۴/۲۹ و ۳۴/۴۲ درصدی پتاسیم نسبت به عدم کاربرد بیوپچار گردید. نتایج اثرات برهمکنش کاربرد بیوپچار و سطوح مختلف آبیاری بر صفات کارایی مصرف آب و کلروفیل کل در گیاه مرزه نشان داد که در تمام سطوح مختلف آبیاری کاربرد بیوپچار همزمان با اعمال کم‌آبیاری موجب افزایش کارایی مصرف آب در گیاه مرزه گردید. همچنین کاربرد بیوپچار موجب کاهش اثرات کم‌آبیاری بر کلروفیل کل در گیاه مرزه گردید. بر اساس نتایج فوق می‌توان گفت گیاه مرزه نسبت به تنش خشکی حساس بود و اعمال کم‌آبیاری منجر به کاهش عملکرد در این گیاه خواهد شد. همچنین بر اساس نتایج این پژوهش، اعمال روش آبیاری ناقص ریشه (PRD) روش مناسب‌تری از روش کم‌آبیاری (DI) به لحاظ افزایش کارایی مصرف آب، غلظت عناصر و درصد اسانس در گیاه مرزه تشخیص داده شد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده از محل اعتبارات مجتمع آموزش عالی تربت جام می‌باشد. بدین وسیله از حمایت مالی این مجتمع، تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

اسدی، ر.، حسن‌پور، ف.، مهربانی، م.، باقی‌زاده، ا. و کاراندیش، ف. ۱۳۹۸. تاثیر کم‌آبیاری تنظیم شده بر ویژگی‌های کمی رزماری. نشریه آب و خاک. ۳۳ (۵): ۶۷۰-۶۵۹.

تجلی، ع.ا.، مهربانی، ح. ر. و لاریجانی، ک. ۱۳۹۲. مقایسه میزان درصد و ترکیبات اسانس گیاه *Satureja hortensis L* در شرایط رویشگاه و زراعی در منطقه نهاوند. فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی. ۸: ۶۵-۵۷.

جمالی، ص.، بانژاد، ح.، صفری‌زاده ثانی، ع. و هادی، ب. ۱۴۰۱. بررسی اثر سطوح آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه دارویی نعنای فلفلی تحت تنش شوری. علوم آب و خاک. ۲۶ (۱): ۱۴۶-۱۳۱.

حسینیان، س.ح.، سعیدی‌نیا، م. و بیرانوند، فرهاد. ۱۳۹۹. بررسی اثر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های فتوسنتزی و رشدی گیاه مرزه. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۳ (۴): ۱۱۲۴-۱۱۱۵.

حیدر پور، امید، اسماعیل پور، ب.، سلطانی، ع. و اصلانی، ز. ۱۴۰۳. پاسخ فیزیولوژیکی و آنتی‌اکسیدانی گیاه مرزه تابستانی (*Satureja hortensis L*) به مایه‌کوبی با باکتری‌های محرک

- different watering regimes. *Khartoum Journal of Agricultural Sciences*. 1(1): 137-151.
- Ritchie, S.W., Nguyen, H.T. and Holaday, A.S. 1990. Leaf water content and gasexchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*. 30(1): 105-111.
- Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K., Downie, A., Rust, J., Joseph, S. and Cowie, A. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Journal of Plant and Soil*, 327, 235-246. Doi: 10.1007/s11104-009-0050-x.
- Yuan B. Z., Kang Y. and Nishiyama S. 2001. Drip irrigation scheduling for tomatoes in unheated greenhouse. *Irrigation Science*. 20: 149 – 154.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water -stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205 -207.
- Chandra, P., Wunnava, A., Verma, P., Chandra, A., & Sharma, R. K. 2021. Strategies to mitigate the adverse effect of drought stress on crop plants influences of soil bacteria: A review. *Journal of Pedosphere*, 31, 496-509.
- De La Luz, L. 2004. Chilling-enhanced photo-oxidation, the peoxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrastructure. *Plant Physiol*. 83:278–282.
- Faisal, E.A., Yagoub, S.O. and Elsheikh, E.A.E. 2000. Effects of mycorrhizal inoculation and phosphorus application on the nodulation, mycorrhizal infection and yield components of faba bean grown under two

Effect of Biochar on Water Use Efficiency, Element Concentration, and Some Characteristics of *Satureja hortensis* L under Deficit irrigation and Partial Root-Zone Drying

V.Shamsabadi^{1*}, M.Moradi²

Received: Feb.02, 2026

Accepted: Apr.29, 2026

Abstract

To investigate the effect of biochar application on some characteristics of *Satureja hortensis* L under deficit irrigation and partial root-zone drying conditions, a factorial experiment based on a completely randomized design with 3 replications was conducted in 2024 at the research greenhouse of Torbat Jam Higher Education Complex. In this experiment, treatments included three levels of irrigation (100% of water requirement, 50% deficit irrigation, and 50% partial root-zone drying) and three levels of biochar application (0, 2.5, and 5% by weight of soil per pot). The results showed that applying 50% deficit irrigation (DI) and partial root-zone drying (PRD) increased water use efficiency by 52.13% and 65.91%, respectively. The results also indicated that applying biochar at 2.5% and 5% by weight per pot increased water use efficiency compared to no biochar application. Based on the above results, it can be concluded that the savory plant was sensitive to drought stress, and deficit irrigation would lead to a reduction in yield in this plant. Furthermore, based on the results of this research, the partial root-zone drying (PRD) method was identified as a more suitable method than deficit irrigation (DI) in terms of increasing water use efficiency, elemental concentration, and essential oil percentage in *Satureja hortensis* L.

Keywords: Element concentration, Essence, Medicinal Plants

1- Assistant Professor, Department of Water Sciences and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran

2- Assistant Professor, Department of Horticulture Sciences and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran

(* - Corresponding Author E-mail: v_shamsabadi@tjamcaas.ac.ir)