شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

**محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای**

# اثر متقابل بیوچار و خشکی بر روابط آبی و خصوصیات رشدی گیاه گلرنگ

زهرا عرب بافرانی[۱]، محمد جواد قانعی بافقی[۲*]، مصطفی شیرمردی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی طبیعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

[۲] استادیار گروه مهندسی طبیعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

[۳] استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

## چکیده

خشکی یکی از تنش‌های غیرزیستی است و اثر مهمی بر کاهش عملکرد در جهان دارد. اصلاح‌کننده‌های آلی مانند بیوچار در شرایط تنش می‌توانند برای گیاه مفید باشند. بیوچار نوعی ماده آلی غنی از کربن می‌باشد که از سوزاندن مواد آلی در شرایط اکسیژن کم و یا بدون اکسیژن تولید می شود. به‌منظور بررسی اثر بیوچار بر برخی پارامترهای گیاه گلرنگ تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح بیوچار (۰، ۱، ۲ و ۴ درصد وزنی) و چهار سطح تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود. نتایج نشان داد که کاربرد یک و دو درصد بیوچار منجر به افزایش پارامتر تعداد برگ نسبت به شاهد شد ولی کاربرد چهار درصد بیوچار منجر به افزایش معنی‌دار تعداد برگ، سطح برگ، و فاصله میانگره نسبت به شاهد نشد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین سطح تنش خشکی، کمترین مقدار RWC را دارا بود. این پژوهش نشان داد بیوچار به‌عنوان یک اصلاح‌کننده آلی قادر است باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاه گلرنگ شود.

**کلمات کلیدی**: گلرنگ، تنش خشکی، بیوچار، محتوای نسبی آب برگ

## مقدمه

تنش خشکی، از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی است که منجر به محدودیت کشت در ۲۵ درصد از اراضی جهان شده است و تاثیرات قابل توجهی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه داشته و می‌تواند عملکرد گیاه را ۵۰ درصد کاهش دهد (Zobayed و همکاران، ۲۰۰۷؛ ZlatevYordanov، ۲۰۰۴). ایران با بارندگی حدود ۲۵۰ میلی متر و کمتر از یک سوم میانگین جهانی و تبخیر سالیانه‌ی ۲۰ تا ۴۰ برابر میزان بارندگی (Khazaei ، ۲۰۰۸)، جزو مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود .در اثر کمبود آب، یون‌ها انباشته می‌شوند که این پدیده می‌تواند از طریق آسیب رساندن به سلول‌ها و پاره نمودن غشا، موجب تغییر در ماهیت پروتئین‌ها شود. از دیگر آسیب‌های ناشی از تنش خشکی ، می‌توان به از بین رفتن محتویات فتوسنتزی و کاروتنوئید در برگ اشاره نمود. به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها، جذب کربن دی اکسید در برگ کاهش یافته و فعالیت تیلاکوئیدها نیز کم می‌شود. تنش خشکی همچنین باعث شکسته شدن کلروپلاست‌ها، کاهش مقدار کلروفیل و میزان فعالیت آنزیم‌ها طی فرایند فتوسنتز، کاهش رشد گیاه، کاهش سطح برگ، وزن تر و خشک و کاهش تشدید کننده‌های رشد می‌شود می‌شود (Monakhova و Chernyadev، ۲۰۰۲؛ Levit، ۱۹۸۰). محتوای نسبی آب برگ، جهت نشان دادن وضعیت آب گیاه، معرف خوبی است و از شاخص‌های مناسب جهت تعیین میزان مقاومت گیاه نسبت به خشکی می‌باشد. در انتهای دوره تنش، گیاهانی که محتوای نسبی آب بالاتری داشته باشند میزان مقاومت آن‌ها نسبت به خشکی بیشتر است (خزائی، ۱۳۸۱). کاهش محتوای آب نسبی و بسته شدن روزنه‌ها اولین تاثیر تنش خشکی است که با ایجاد اختلال در مواد فتوسنتزی، عملکرد محصول را کاهش می‌دهد (Yang همکاران، ۲۰۰۷؛ Molnár و همکاران، ۲۰۰۲). تشکیل برگ در مریستم‌ها و توسعه سطح برگ، تحت تاثیر پتانسیل پایین آب برگ کاهش می‌یابد و حتی ممکن است متوقف شود

(Kriedemann، ۱۹۸۶). Fatima و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند، در همه ارقام گیاه علف لیمو با افزایش شدت تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ کمتر شد. تنش خشکی می‌تواند در اثر ریزش برگ‌ها در طول مراحل رشد ، بر سطح برگ موثر باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۱). مانی وانان و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی دریافتند، تنش خشکی منجر به کاهش طول ریشه و ساقه، سطح برگ، وزن خشک و میزان کلروفیل می‌شود. خسروی ابرخان و همکاران (۱۳۹۴) دریافتند که اعمال سطوح مختلف تنش رطوبتی تعداد برگ را نسبت به گروه شاهد در گیاه خرفه کاهش داد. به‌طور کلی،

* ایمیل نویسنده مسئول: mjghaneib@ardaka.ac.ir

رشد گیاه تحت تنش خشکی، در نتیجه‌ی محدود شدن تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شامل انتقال و جذب یون‌ها، تنفس، فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها، مواد غذایی و هورمون‌ها کاهش می‌یابد (Cornic و Briantais، ۱۹۹۱). تنش خشکی می‌تواند بسیاری از جنبه‌های متابولیسم و رشدی گیاه را از طریق محدود ساختن رشد گیاه و تاثیر بر روی صفات فیزیولوژیک از جمله دمای برگ، کاهش آب برگ و شاخص پایداری غشای برگ تحت تاثیر قرار دهد ومنجر به کاهش عملکرد گیاه شود(Koutroubas و پاپادسکا، ۲۰۰۵؛ Pasban ، ۲۰۱۱).

مدیریت سنتی بقایای گیاهی و تجزیه کودهای حیوانی باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند متان و اکسیدهای نیتروژن شده که به ترتیب ۲۵ و ۲۹۸ بار بیشتر از کربن دی اکسید می‌تواند منجربه تغییر اقلیم شود. دفن بقایا نیز بسیار پر هزینه است و با ورود نیترات و سایر آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی سلامت انسان و محیط زیست را به خطر می‌اندازد (Forster و همکاران، ۲۰۰۷). اعمال مدیریت صحیح و کاربرد تکنیک‌های مناسب جهت حفظ ذخیره رطوبتی خاک از اقدامات مناسب برای افزایش راندمان آبیاری، حاصلخیزی خاک و بهبود عملکرد گیاه می‌باشد. بیوچار، ماده‌ای متخلخل و غنی از کربن (۸۹ درصد) است که در دمای زیاد و در شرایط بی‌هوازی و یا اکسیژن کم تولید می‌شود. این ماده به‌دلیل داشتن ساختار مناسب جهت ذخیره آب و مواد غذایی، می‌تواند محافظ خوبی در برابر خشکی و شوری به‌ویژه در خاک شنی باشد. این ماده ماندگاری بالایی (۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال) در خاک دارد (Liu و همکاران، ۲۰۱۴؛ Singla و همکاران، ۲۰۱۴) و می‌تواند با ترسیب کربن تاثیر زیادی در کاهش گازهای گلخانه‌ای و بهبود پدیده گرمایش جهانی داشته باشد (Liu و همکاران، ۲۰۱۴). از دیگر فواید بیوچار می‌توان به توانایی جذب عناصر به‌دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، افزایش CEC خاک، حفاظت از خاک و گیاه در برابر بیماری‌ها، بهبود ساختار و پایداری خاک، افزایش نفوذپذیری و تعدیل pH خاک اسیدی، جلوگیری از آبشویی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش تخلخل و ظرفیت نگهداری آب، افزایش بهره‌وری از کود و کاهش مقاومت کششی خاک اشاره نمود (Mishra و Patel، ۲۰۰۹ ؛ Knowles و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین بیوچار از طریق افزایش کارایی گیاه در استفاده از فسفر و نیتروژن، باعث افزایش عملکرد در بسیاری از گیاهان می‌شود (Blackwell و همکاران، ۲۰۰۹). Suppadit و همکاران (۲۰۱۲) اثر سطوح مختلف بیوچار تولید شده از بستر بلدرچین در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد را بررسی کردند و نشان دادند که شاخص سطح برگ تحت تاثیر افزایش بیوچار، افزایش یافت.

گلرنگ زراعی (Safflover) یا کاشفه گیاهی یکساله، با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. ، از خانواده Compositae ، راسته Asteraccac، رده Dicotyledones و زیر رده Gamopetales، با ریشه اصلی عمیق و اکثرا دارای برگ‌های خاردار می‌باشد که این ویژگی توانایی تحمل خشکی و گرما را در آن ایجاد نموده است. (Mundel and Bergman, 2009). ویژگی‌های مطلوب این گیاه ازجمله خواص پزشکی (می و همکاران، ۲۰۱۵ پ ۴)، صنعتی (Mihaela و همکاران، ۲۰۱۳)، خوراکی (Tso و همکاران، ۲۰۱۲)، کیفیت بالای روغن دانه (به‌دلیل وجود بیش از ۸۰ درصد اسیدهای چرب سیرنشده به‌ویژه، اسید چرب لینوئیک و اولوئیک)، مقاومت به شوری (Gengmao، ۲۰۱۵) و خشکی، نیاز رطوبتی اندک (Thomas، ۲۰۱۰؛ Sacilik، ۲۰۰۷)، سازگاری گسترده به دماهای پایین زمستان و کوتاه بودن فصل رشد و نمو در تابستان (Klages، ۲۰۰۹) از جمله مواردی است که گلرنگ را به‌عنوان یک گیاه با ارزش مطرح ساخته است. با توجه به اهمیت گلرنگ در ایران، و اثرات زیان‌بار خشکسالی، این پژوهش به‌منظور بررسی اثر متقابل بیوچار و خشکی بر روی روابط آبی گیاه گلرنگ و خصوصیات رشدی آن صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

### آماده سازی خاک و بیوچار

دراین تحقیق از خاک غیر شور (با EC ۱/۷ میلی زیمنس بر سانتی‌متر) با بافت Sandy Clay Loam استفاده شد. pH خاک مورد استفاده ۷/۸ اندازه گیری شد. بیوچار مورد استفاده از ضایعات پسته در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شد و از آن عصاره اشباع ۱:۱۰ استخراج شد و pH آن ۹/۹۷ و EC در آن ۳/۲۱ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر بود.

### طرح آماری و اعمال تیمارها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه‌بار تکرار، در گلدان‌هایی پلاستیکی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متری و با گنجایش ۲ کیلوگرم خاک، در سال ۱۳۹۸ در گلخانه دانشگاه اردکان انجام شد. تیمار خشکی شامل سطح آبیاری در چهار سطح ۸۰، ۶۰، ۴۰ و۲۰ درصد ظرفیت مزرعه و تیمار بیوچار حاصل از گرماکافت (پیرولیز) چوب درخت پسته در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. چهار سطح صفر، ۱، ۲ و۴ درصد وزنی برای بیوچار در نظر گرفته شد. در ۴۸ گلدان خاک مورد نیاز بر اساس طرح بالا آماده شد و بذر گلرنگ در آن کشت گردید پس از ۴ برگی شدن

بوته‌ها برای اعمال تنش خشکی، تیمارهای مختلف از ظرفیت مزرعه با توزین مداوم گلدان‌ها به‌مدت ۲ ماه اعمال گردید. در پایان پارامترهای محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ و تعداد برگ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها به کمک نرم‌افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام پذیرفت.

### محتوای نسبی آب برگ(RWC)

جهت اندازه‌گیری این شاخص، ابتدا از هر بوته چهار برگ کاملا توسعه یافته جدا و وزن تر (FW) آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت، جهت محاسبه وزن اشباع (TW) در ظرف محتوی آب مقطر (در دمای اتاق و نور کم) غوطه‌ور شدند. در پایان برای اندازه‌گیری وزن خشک (DW)، برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد داخل آون قرار داده شدند. سپس محتوای نسبی آب برگ از طریق معادله زیر محاسبه شد.

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} * 100$$

### شاخص سطح برگ (LAI)

به‌منظور اندازه‌گیری این شاخص، از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter) استفاده شد. بدین منظور بزرگترین برگ‌های هر بوته (دو برگ) جدا و در معرض دوربین تعبیه شده بر روی دستگاه قرار داده شد و با نرم‌افزار کامپیوتری، سطح برگ در مقیاس سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد.

### تعداد برگ و فاصله میان‌گره

تعداد کل برگ برای هر بوته، ۷۲ روز بعد از کشت شمارش شد. در همین زمان، فاصله میانگره برای هر بوته (فاصله برگ دوم تا سوم) با استفاده از خط‌کش در مقیاس میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

## نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر بیوچار بر تعداد برگ و فاصله میانگره در سطح یک درصد و بر شاخص سطح برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که اثر خشکی بر RWC در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و بر شاخص‌های تعداد برگ، فاصله میانگره و سطح برگ اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- آنالیز واریانس اثر تیمار بر روی شاخص‌های تعداد برگ، فاصله میانگره، سطح برگ و RWC

| منبع تغییر | درجه آزادی (df) | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد برگ | میانگره | سطح برگ | RWC |
| بیوچار | ۳ | ۱۵۴/۹۴** | ۵/۵۸** | ۶۹۷۹۷/۹۳* | ۹۸۷/۶۲ns |
| خشکی | ۳ | ۱۰/۷۳ns | ۰/۹۰ns | ۷۰۶۵/۵۸ns | ۳۵۵۴/۹۹* |
| بیوچار*خشکی | ۹ | ۳۴/۲۲ns | ۱/۴۸۸ns | ۸۰۰۱/۶۵ns | ۷۶۴/۴۶ns |
| خطا | ۳۲ | ۱۴/۷۹ | ۰/۸۷ | ۱۵۲۸۴/۰۳ | ۸۷۶/۹۷ |
| کل | ۴۷ | | | | |
| ضریب تغییرات (CV) | | ۱۹/۳۱ | ۲۰/۳۰ | ۱۹/۱۴ | ۱۵/۵۳ |

### تعداد برگ:

نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که با افزایش سطوح مختلف بیوچار به خاک تعدا برگ گیاه به طور معنی-داری افزایش یافت. بیشترین تعداد برگ در تیمار چهار درصد بیوچار (۲۵/۲۵) و کمترین تعداد برگ در تیمار شاهد (۱۴/۷۸) مشاهده شد. هر دو تیمار یک و دو درصد بیوچار، تعداد برگ گیاه نسبت به شاهد افزایش دارند ولی بین تیمار یک و دو درصد بیوچار تفاوت معنی‌داری مشاده نشد. این در حالی

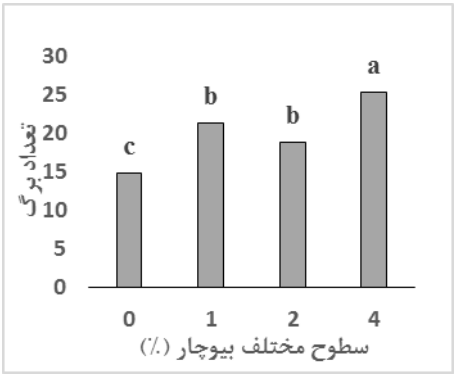
است که تیمار چهار درصد بیوچار نسبت به شاهد و سطوح یک و دو درصد افزایش نشان داد (شکل ۱). Blackwell و همکاران، (۲۰۰۹) دریافتند که بیوچار قادر است عملگرد گیاه را افزایش دهد.

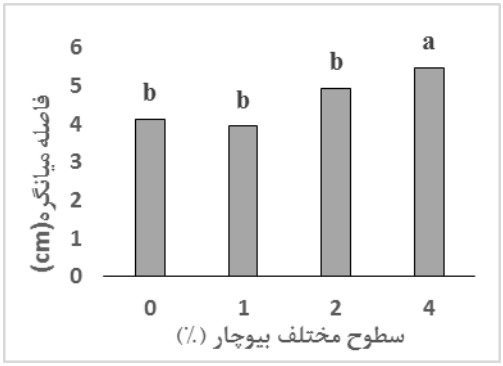
**فاصله میانگره:**

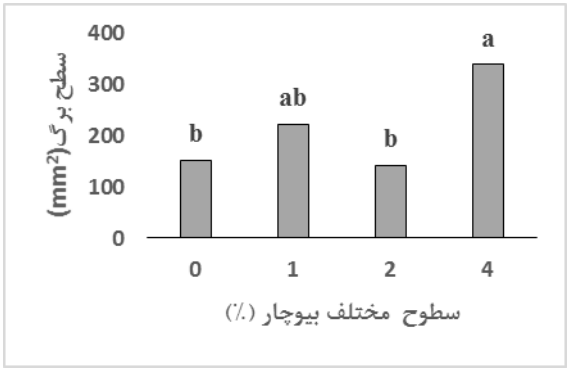
نتایج حاکی از آن بود که تیمار چهار درصد بیوچار باعث افزایش معنی‌دار فاصله میانگره نسبت به تیمارهای شاهد و کاربرد یک و دو درصد بیوچار شد. با این وجود کاربرد یک و دو درصد بیوجار در خاک تفاوتی در این پارامتر نسبت به شاهد ایجاد نکرد.

**سطح برگ**

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین سطح برگ در تیمار کاربرد چهار درصد بیوچار مشاده شد. که افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشت. این در حالی است که کاربرد یک و دو درصد بیوچار تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد ایجاد نکرد. بین دو سطح یک و دو درصد بیوچار و همچنین دو و چهار درصد بیوچار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با این وجود سطح برگ در تیمار کاربرد چهار درصد بیوچار نسبت به تیمار دو درصد افزایش معنی‌داری نشان داد.



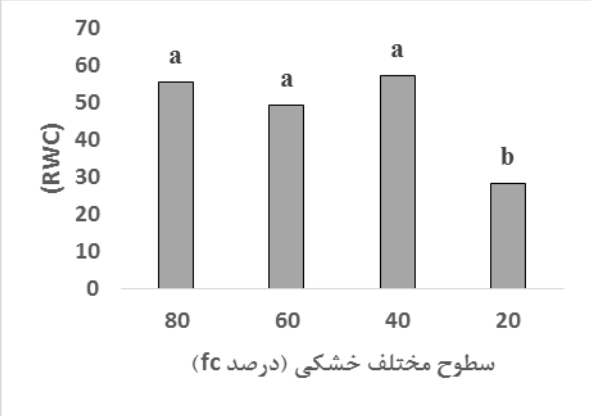




شکل۱. مقایسه میانگین اثر بیوچار بر شاخص‌های تعداد برگ، فاصله میانگره و سطح برگ به روش دانکن در سطح پنج درصد.

RWC:

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح خشکی تا ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه تغییر معنی‌داری در پارامتر RWC مشاهده نشد اما در بالاترین سطح تنش خشکی پایین ترین مقدار RWC به دست آمد که نسبت به دیگر سطح خشکی کاهش معنی‌داری را نشان داد. بروجردنیا و همکاران (۱۳۹۴) در شرایط تنش خشکی، کاهش محتوای نسبی آب را در گیاه لوبیا گزارش کردند. یعقوبیان و یعقوبیان (۱۳۹۳) نیز دریافتند که با

افزایش شدت تنش خشکی در گیاه گلرنگ محتوای نسبی آب گیاه کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار آب برگ را در آبیاری کامل گزارش کردند. ولی در پژوهش‌های Martinez و همکاران (۲۰۰۷) و Ghanbari و همکاران (۲۰۱۳) تفاوتی در میزان محتوای نسبی آب گیاه در اثر ایجاد تنش نسبت به شاهد مشاهده نشده بود. Gamareldawla و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که با افزایش بیوچار، محتوای نسبی آب در گیاه گوجه فرنگی تحت تنش خشکی افزایش یافت.




شکل۱. مقایسه میانگین اثر خشکی بر شاخص RWC به روش دانکن در سطح پنج درصد. وجود حروف لاتین مشترک بیانگر عدم وجود تفاوت معنی-دار بین تیمارها می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد بیوچار به‌عنوان یک اصلاح‌کننده آلی قادر است باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاه گلرنگ شود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش خشکی می‌تواند با اختلال در روابط آبی گیاه، رشد آن را تحت تاثیر قرار دهد. همانگونه که در تحقیقات دیگر نیز بیان شده، بیوچار با مکانیسم‌های مختلف می‌تواند با بهبود شرایط رشد ریشه و همچنین تاثیر بر فراهمی عناصر غذایی در خاک، بر شاخص‌های رشدی مهم گیاه از قبیل سطح برگ اثر مثبت داشته و در نهایت رشد گیاه را افزایش دهد. با افزایش سطح برگ، سطح فعال فتوسنتزی افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که کاربرد بیوچار در سطح مناسب بتواند به گیاه در شرایط تنش‌های محیطی مانند خشکی کمک قابل توجهی کند.

## منابع

بروجردنیا، م. بی همتا، م. ر. عالمی سعید، خ. عبدوسی. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، کربوهیدراتهای محلول، نشت الکترولیتها و محتوای آب نسبی لوبیا (Phaseolus vulgaris L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی -دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال هشتم. شماره بیست و نهم.

خسروی ابرخان، س. مداح حسینی، رحیمی، الف. ۱۳۹۴. بررسی اثر تنش خشکی بر برخی صفات رویشی گیاه خرفه. در اولین همایش بین المللی و چهارمین همایش ملی گیاهان داوریی و کشاورزی پایدار.

کوچکی، ع .و سرمدنیا، ع .ح .۱۳۷۱ . فیزیولوژی گیاهان زراعی .ترجمه .انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

یعقوبیان، ی. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای گلرنگ. دومین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین علوم و تکنولوژی.

Cornic, G. and Briantais, J.M., 1991. Partitioning of photosynthetic electron flow between CO 2 and O 2 reduction in a C 3 leaf (Phaseolus vulgaris L.) at different CO 2 concentrations and during drought stress. *Planta*, *183*(2), pp.178-184.

Fatima, S., Abad Farooqi, A.H., Ansari, S.R. and Sharma, S., 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in Cymbopogon martinii (palmarosa) cultivars. *Journal of Essential Oil Research*, *11*(4), pp.491-496.

Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G. and Nganga, J., 2007. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Chapter 2. In *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*.

Gengmao, Z., Yu, H., Xing, S., Shihui, L., Quanmei, S. and Changhai, W., 2015. Salinity stress increases secondary metabolites and enzyme activity in safflower. *Industrial crops and products*, *64*, pp.175-181.

Ghanbari, A.A., Shakiba, M.R., Toorchi, M. and Choukan, R., 2013. Morpho-physiological responses of common bean leaf to water deficit stress. *European Journal of Experimental Biology*, *3*(1), pp.487-492.

Khazaei, A.2008. Drought and in effect on the mare crops production in dry lands. Ministry of Agriculture, The Rural Research Office Center, Tehran, Iran (in Persian).

Klages, K. H. W. 2009. Idaho Agr. Expt. Sta. Bull. 222.

Knowles, O.A., Robinson, B.H., Contangelo, A. and Clucas, L., 2011. Biochar for the mitigation of nitrate leaching from soil amended with biosolids. *Science of the Total Environment*, *409*(17), pp.3206-3210.

Koutroubas, S.D. and Papakosta, D.K., 2005. Adaptation, grain yield and oil content of safflower in Greece. In *Proceedings of the VIth International Safflower Conference, İstanbul-Turkey, 6-10 June, 2005. SAFFLOWER: a unique crop for oil spices and health consequently, a better life for you*(pp. 3-166). Engin Maatbacilik Ltd. Scedilla˜ ti.

Kriedemann, P.E., 1986. Stomatal and photosynthetic limitations to leaf growth. *Functional Plant Biology*, *13*(1), pp.15-31.

Levit, J. 1980. Responses of plants to invironment stress. Academic Press. New York. Vol. 2. Pp. 497.

Liu, Z., Chen, X., Jing, Y., Li, Q., Zhang, J. and Huang, Q., 2014. Effects of biochar amendment on rapeseed and sweet potato yields and water stable aggregate in upland red soil. *Catena*, *123*, pp.45-51.

Mihaela, P., Josef, R., Monica, N. and Rudolf, Z., 2013. Perspectives of safflower oil as biodiesel source for South Eastern Europe (comparative study: Safflower, soybean and rapeseed). *Fuel*, *111*, pp.114-119.

Mishra, P.C. and Patel, R.K., 2009. Use of agricultural waste for the removal of nitrate-nitrogen from aqueous medium. *Journal of environmental management*, *90*(1), pp.519-522.

Molnár, I., 2002. The effects of drought stress on the photosynthetic processes of wheat and of Aegilops biuncialis genotypes originating from various habitats. *Acta Biologica Szegediensis*, *46*(3-4), pp.115-116.

Monakhova, O. F., & Chernyadev, I. I. 2002. Protective role of kartolin-4 inwheat plants exposed to soil drought.*Applied and EnvironmentalMicrobiology*, 38, 373-380.

Mundel, H. H., . Bergman, J. W. 2009. Safflower. In: Vollmann, J. and I. Rajcan (ed.), Handbook of Plant Breeding 4 Oil Crops, Springer, and New York.

Pasban, E.B., 2011. Evaluation of physiological indices for improving water deficit tolerance in spring safflower.

Sacilik, K., Tarimci, C. and Colak, A., 2007. Moisture content and bulk density dependence of dielectric properties of safflower seed in the radio frequency range. *Journal of Food Engineering*, *78*(4), pp.1111-1116.

Singla, A., Dubey, S.K., Singh, A. and Inubushi, K., 2014. Effect of biogas digested slurry-based biochar on methane flux and methanogenic archaeal diversity in paddy soil. *Agriculture, ecosystems & environment*, *197*, pp.278-287.

Suppadit, T., N. Phumkokrak, and P. Poungsuk. 2012. The effect of using quail litter biochar on soybean (*Glycine max* L. Merr.) production. Chil. J. Agric. Res.72: 244-251.

Thomas, C. A. 2010. Plant Disease Reptr. 35, 454455.

Tso, P., Caldwell, J., Lee, D., Boivin, G.P. and DeMichele, S.J., 2012. Comparison of growth, serum biochemistries and n− 6 fatty acid metabolism in rats fed diets supplemented with high-gamma-linolenic acid safflower oil or borage oil for 90 days. *Food and chemical toxicology*, *50*(6), pp.1911-1919.

Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y.Z., Yao, X.Q. and Yin, H.J., 2007. Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of Picea asperata seedlings. *Photosynthetica*, *45*(4), pp.613-619.

Zobayed, S.M.A., Afreen, F., Kozai, T. 2007. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. Johns wort plants under a water stress condition. Environmental and Experimental Botany. 59,109-116.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

**Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation**

# Interaction effect of Biochar and drought on the water relationships and growth characteristics of safflower

Z., Arab Bafrani[1], M.J., Ghaneei-Bafghi[2*], M., Shirmar[3]

[1] M. Sc. Student, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University.
[2] Assistant Prof. of Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University.
[3] Assistant Prof. of Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources Ardakan University.

**Abstract**

Drought is one of the abiotic stresses and is the major cause of yield reduction worldwide. Organic amendments such as biochar can be useful for the plant under stress. Biochar is a carbon-rich organic material produced from burning organic matter under low or without oxygen conditions. In order to investigate the biochar effect on some parameters of safflower plant under drought stress, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications. The treatments consisted of four Biochar levels (0, 1, 2 and 4 %) and four levels of drought stress (80, 60, 40 and 20% field capacity). The results showed that application of one and two percent biochar resulted in an increase in the number of leaves in comparison with control, but the application of 4% Biochar did not result in a significant increase in the number of leaves, leaf area and internally spacing compared to the control. Comparison of mean values showed that the highest level of drought stress had the lowest RWC.

**Keywords**: safflower, Drought stress, Biochar, RWC

* Corresponding author, Email: mjghaneib@ardakan.ac.ir.ac.ir