

## مقایسه سطوح مختلف بیوجار و کود حیوانی بر عملکرد و اجزا عملکرد و کارایی مصرف آب گندم

سحر پلنگی<sup>۱\*</sup>، امید بهمنی<sup>۲</sup>، وحید اطلسی پاک<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۱۷)

### چکیده

بیوجار تولید شده از مواد آلی و پسماندهای زراعی، یک ماده اصلاح کننده خاک است که می تواند باعث افزایش تخلخل، کاهش چگالی ظاهری و افزایش نگه داشت رطوبت در خاک شود. در این پژوهش تاثیر سطوح مختلف بیوجار ۱/۵ و ۳ درصد وزنی تولید شده از کاه و کلش گندم تحت فرآیند پیرولیز آهسته در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس و کود حیوانی ۱/۵ و ۳ درصد وزنی بر عملکرد گندم و ویژگی های خاک در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. همچنین کارایی مصرف آب و میزان آب مصرفی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی گندم، مربوط به تیمار بیوجار ۳ درصد (B<sub>2</sub>) با مقدار ۲/۶۹ و کمترین مربوط به کود ۱/۵ درصد وزنی با مقدار ۲/۲۲ گرم در بوته بوده است. میانگین رطوبت حجمی در تیمار B<sub>2</sub> با مقدار ۲۹/۳۶٪ بیشترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها داشته است و افزودن بیوجار به خاک باعث افزایش هدایت الکتریکی نسبت به تیمار کود و شاهد شد. همچنین بیشترین میانگین کارایی مصرف آب در صفت وزن خشک اندام هوایی گندم، مربوط به تیمار B<sub>2</sub> با مقدار ۲/۸۷ گرم در لیتر بوده است که نشان دهنده تفاوت معنی دارد سطح ۵ درصد این تیمار با تیمار شاهد و کود ۱/۵ درصد است.

**واژه های کلیدی:** بیوجار، کود حیوانی، عملکرد، کارایی مصرف آب، نگه داشت رطوبت

پلنگی س.، بهمنی ا.، اطلسی پاک و. ۱۳۹۹. مقایسه سطوح مختلف بیوجار و کود حیوانی بر عملکرد و اجزا عملکرد و کارایی مصرف آب گندم. تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۸، شماره ۳. صفحه: ۱۶۰-۱۷۱.

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، (نویسنده مسئول)

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳- استادیار گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، همدان

\* پست الکترونیک: [palangi\\_sahar@yahoo.com](mailto:palangi_sahar@yahoo.com)

## مقدمه

تبادل کاتیونی و نسبت کربن به نیتروژن بالاست (Novak et al, 2013; Gul et al, 2015). منافذ ریز و سطح مقطع بالای بیوچار، نقش به‌سزایی در فرآیندهای موجود در خاک دارد به طوری که با توجه به نوع بیوچار کاربردی، میتوان حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول را با توجه به این ماده ارزشمند بالا برد (Stavy & Lal, 2013). افزودن بیوچار به خاک سبب افزایش رشد گیاه و بالا رفتن عملکرد محصول می‌شود (Gul & Whalen, 2016; Robertson et al, 2012; Tong et al, 2014; Uzoma et al, 2011). گندم سومین غله تولید شده پس از ذرت و برنج در دنیا است (Alburquerque et al, 2013). کاه و کلش گندم فراوان تر از سایر پسماندهای غلات می‌باشد به طوری که تولید جهانی کاه و کلش گندم حدود ۵۲۹ میلیون تن در سال می‌باشد که به‌طور عمده در آسیا (۴۳٪)، در اروپا (۳۲٪) و آمریکای شمالی (۱۵٪) تولید می‌شود (Buranov & Mazza, 2008). کاه و کلش گندم به علت قابلیت تجدیدپذیری سالانه و فراوانی بالا، ماده اولیه مناسبی برای تولید بیوچار می‌باشد. در ایران ۶/۵ میلیون هکتار از اراضی، تحت کشت گندم آبی و دیم قرار دارد که سالانه حدود ۱۲/۵ میلیون تن گندم در این اراضی تولید می‌شود. از این میزان، سهم کاه و کلش گندم ۱/۵ میلیون تن است که اکثراً در زمین هدررفته یا به عنوان خوراک دام استفاده می‌شود (Beheshti & Alikhani, 2016). لی و ژوپینگ (Li & Zhouping, 2018) با بررسی پنج سطح صفر، ۱، ۲، ۴ و ۶ درصد وزنی بیوچار شاخه سیب و سه سطح صفر، ۰/۲ و ۰/۴ گرم در کیلوگرم خاک کود ازت، در کشت گلخانه‌ای گندم نشان داد که کاربرد بیوچار تاثیر مثبت بر عملکرد گندم به‌خصوص در شرایط آبیاری کافی داشته‌است به طوری که بیوچار ۱ و ۲ درصد وزنی باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۷/۴ تا ۱۲ درصد شده‌است در حالیکه کاربرد همزمان کود ازت و بیوچار در سطوح بالای بیوچار شامل ۴ و ۶ درصد وزنی، باعث کاهش عملکرد به میزان ۶/۲۵ تا ۲۱/۸۳ درصد شده‌است. به طور کلی نتایج این

بیوچار محصول فرآیند پیرولیز یا گرماکافت مواد آلی در شرایط محدودیت یا عدم وجود اکسیژن در دماهای بالاست. گرماکافت منجر به تولید بیوچاری می‌شود که در برابر تجزیه بسیار مقاوم است (Thies & Rillig, 2012) طبق گزارش ماسکیو و همکاران (Maschio et al, 1992) فرآیند پیرولیز بر اساس محدوده دما به سه کلاس پیرولیز آهسته (۴۰۰-۲۵۰ درجه سلسیوس)، پیرولیز سریع (۸۰۰-۱۲۵۰ درجه سلسیوس) و پیرولیز خیلی سریع (۱۰۵۰-۱۳۰۰ درجه سلسیوس) تقسیم می‌شود. کریمی و همکاران (Karimi et al, 2019) با بررسی بیوچار تولید شده از بقایای ذرت در فرآیند پیرولیز گزارش دادند که بیوچار تولیدی در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس، از طریق کاهش pH و افزایش ماده آلی، میزان عنصر روی را در خاک افزایش می‌دهد. بهشتی و علیخانی (Beheshti & Alikhani, 2016) با آزمایش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار تولید شده از کاه و کلش گندم در دماهای مختلف از ۳۰۰ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس به این نتیجه رسیدند که بیوچار تولید شده در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس، مناسب‌ترین بیوچار در اصلاح ساختار ساختمان خاک بوده است. موادی که برای تولید بیوچار استفاده می‌شود اغلب ارزش اقتصادی کمی دارند. اکثر مواد آلی و پسماندهای زراعی، فاضلاب کشاورزی و شهری می‌توانند جزء مواد اولیه مورد نیاز به منظور تولید بیوچار باشند. از طرفی با توجه به تغییرات اقلیم و گرم شدن کره زمین که عواقب ناگواری در پیش دارد، می‌توان از بیوچار به‌عنوان ذخیره کننده دائمی کربن در خاک استفاده کرد که نقش کلیدی در کاهش تغییرات اقلیمی از طریق مدیریت مواد زائد دارد (Kuppusamy et al., 2016) و می‌تواند کربن را بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال در خاک نگه دارد (Lehmann et al., 2006). تاثیر بیوچار بر افزایش تخلخل، کاهش چگالی ظاهری و افزایش نگه‌داشت آب در خاک در منابع مختلفی ذکر شده است (Bayabil et al, 2015; Schulz et al, 2014). به‌طور کلی بیوچار دارای pH، سطح ویژه، ظرفیت

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار به صورت گلدانی اجرا شد. تیمارها شامل تیمار خاک شاهد (بدون بیوپچار و کود) (C)، بیوپچار ۱/۵ (B<sub>1</sub>) و ۳ (B<sub>2</sub>) درصد وزنی (به ترتیب ۱۸۰ و ۳۶۰ گرم بیوپچار در هر گلدان ۱۲ کیلویی) و کود حیوانی (گاوی) ۱/۵ (F<sub>1</sub>) و ۳ (F<sub>2</sub>) درصد وزنی (به ترتیب ۱۸۰ و ۳۶۰ گرم کود گاوی در هر گلدان ۱۲ کیلویی) بودند. خاک مورد نیاز کشت، قبل از کاشت مورد آزمایش قرار گرفت. خاک مورد استفاده برای تعیین بافت ابتدا هواخشک گردید و پس از عبور از الک ۲ میلی متر، به روش هیدرومتری تعیین بافت شد. چگالی ظاهری خاک با به روش استفاده از نمونه بردار استوانه‌ای و خشک کردن نمونه در آن به مدت ۲۴ ساعت تحت دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس با چندتکرار به دست آمد. میزان شوری نمونه‌های ۱:۵ خاک و آب با EC متر مدل WTM portable cond 3110 و مقدار pH نمونه‌ها با استفاده از pH متر مدل WTW portable PH 3110 صورت گرفت. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

پژوهش نشان داده است که بهترین عملکرد مربوط به کاربرد ۱ درصد وزنی بیوپچار در سطح متوسط کود نیتروژن بوده است. گرمیدین و همکاران (Gebremedhin et al, 2015) با کاربرد ترکیبی بیوپچار و کود آمونیوم فسفات و اوره در کشت گندم نشان دادند که افزودن بیوپچار و کود به خاک باعث افزایش عملکرد دانه و کاه و کلش گندم به ترتیب به میزان ۱۵/۷ و ۱۶/۵ درصد می‌شود اگرچه کاربرد بیوپچار به تنهایی تاثیر معنی داری بر وزن ۱۰۰ دانه گندم نسبت به تیمار شاهد نداشته است. آلبرگرگه و همکاران (Albuquerque et al, 2013) گزارش دادند که افزودن بیوپچار به خاک باعث افزایش عملکرد محصول و افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی عملکرد دانه گندم خواهد شد. سلیم (Salim, 2016) با کاربرد سطوح ۲ و ۵ درصد وزنی بیوپچار در کشت گندم اعلام نمود که کاربرد بیوپچار در سطوح پایین (۲ درصد وزنی) بر پارامترهای رشد و عملکرد گندم، تاثیر بسزایی دارد. هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه سطوح مختلف بیوپچار تولید شده از کاه و کلش گندم و کود حیوانی (گاوی) بر عملکرد گندم و خصوصیات خاک است. همچنین کارایی مصرف آب با توجه به عملکرد گندم و میزان آب مصرفی بررسی خواهد شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک مورد آزمایش

Table 1. Some of the tested soil properties

Soil texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Bulk density (gcm <sup>-3</sup> )	pH	EC (μscm <sup>-1</sup> )
Sandy loam	9	24	67	1.23	7.42	1257

رطوبت) پس از اطمینان از استقرار بوته‌ها عملیات تنک انجام شد و در نهایت در هر گلدان ۸ بوته باقی ماند. همچنین با توجه به بافت شنی لومی خاک و عمق آب مورد نیاز گندم (رابطه ۱) آبیاری گلدان‌ها در مراحل مختلف رشد به میزان ۰/۵ لیتر در هر بار آبیاری انجام گرفت. گلدان‌ها بصورت زهکش آزاد بوده و آب اضافی از انتهای گلدان‌ها خارج گردید. میزان آب آبیاری در هر دور با توجه به رابطه زیر تعیین گردید:

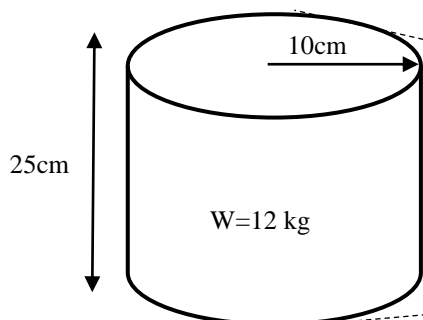
$$D_n = (f_c - pwp). MAD. R \quad (1)$$

## آماده‌سازی خاک و گلدان

گلدان‌ها به وزن ۱۲ کیلوگرم و عمق ۲۵ و شعاع ۱۰ سانتی‌متر و به شکل استوانه بودند (شکل ۱). خاک گلدان‌ها با تیمارهای مورد آزمایش شامل بیوپچار ۱/۵ و ۳ درصد وزنی و کود حیوانی ۱/۵ و ۳ درصد وزنی مخلوط و به اندازه عمق ۲۴ سانتی‌متری در گلدان‌ها ریخته شد. کشت گندم در گلدان‌ها پس از اینکه خاک یکبار اشباع شد و به صورت پایدار در گلدان درآمد انجام شد و در هر گلدان ۱۲ عدد بذر گندم رقم سیوند کشت شد. با حفظ شرایط استاندارد گلخانه‌ای (دما و

تخلیه مجاز رطوبتی و R عمق ریشه می‌باشد.

که در آن: Dn عمق آب آبیاری، fc رطوبت در نقطه زراعی، pwp رطوبت در نقطه پژمردگی، MAD



شکل ۱- مشخصات گلدان‌های مورد استفاده در کشت گندم  
Figure 1. Properties of pots used in wheat cultivation

استفاده شد؛ به این صورت که با تنظیم دمای اولیه کوره الکتریکی تا ۱۵۰ درجه سلسیوس، رطوبت و بخار آب کاه، خارج شد. از دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس به بعد فرآیند پیرولیز آغاز گردید. پس از گذشت ۴ ساعت دود حاصل از فرآیند پیرولیز از بین رفت و با ثابت نگه داشتن دمای کوره در ۴۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۶ ساعت، کاه و کلش گندم، به بیوچار تبدیل شد. پس از طی شدن این مدت زمان، درب کوره باز و محفظه داخلی برای سرد شدن بیوچار تولید شده، خارج گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار مورد استفاده در جدول ۲ آمده است.

$$WUE = \frac{CY}{d} \quad (2)$$

که در آن، WUE: کارایی مصرف آب، CY: وزن محصول (گرم)، d: حجم آب مصرفی (لیتر).

#### روش تولید بیوچار

در این آزمایش از بیوچار کاه و کلش گندم استفاده شد. روش تولید بیوچار به این صورت بود که ماده اولیه پس از توزین، درون کوره الکتریکی قرار داده شد. سپس برای ایجاد شرایط کم و یا بدون اکسیژن، چندین شمع در داخل کوره روشن شد تا اکسیژن باقیمانده در محیط درون کوره از بین رفته و شرایط برای انجام فرآیند پیرولیز فراهم شود. سپس محفظه داخلی درون محفظه خارجی کوره جایگذاری و پس از بستن درب کوره با گریس نسوز، مشعل کوره روشن گردید. در این آزمایش از نوع پیرولیز آهسته (دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس)

#### کارایی مصرف آب

در این تحقیق، شاخص کارایی مصرف آب (WUE) به معنای تولید محصول بیشتر به ازای واحد حجم آب است و از نسبت وزن محصول تولیدی بر حسب گرم بر حجم آب مصرفی بر حسب لیتر به دست می‌آید (رابطه ۲):

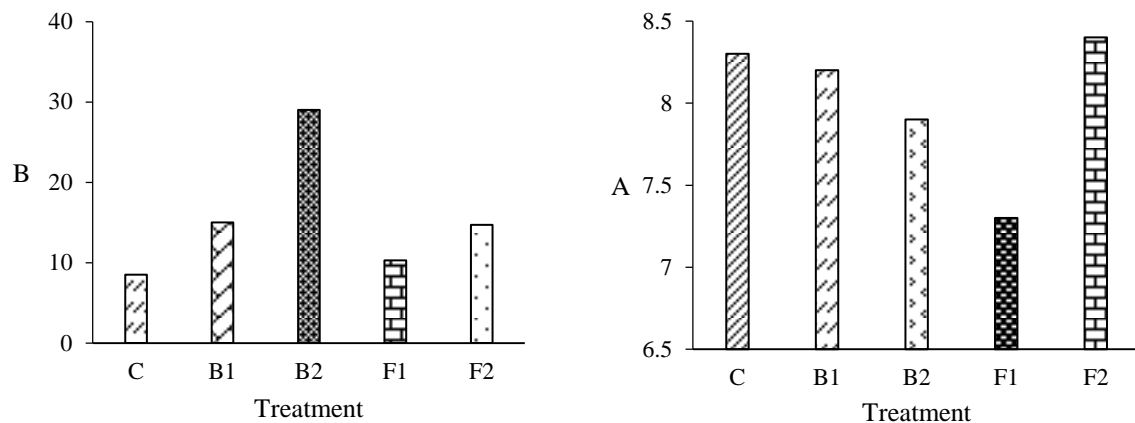
جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوجار

Table 2. physical and chemical properties of biochar

yield	Ash	EC	pH	Bulk density	Organic matter	N	P	K	Ca	Mg	Na
(%)	(%)	( $\mu\text{scm}^{-1}$ )		( $\text{gcm}^{-3}$ )				(%)			
52	57.5	12800	7.42	0.2	57.5	0.72	0.19	0.27	0.15	0.1	0.06

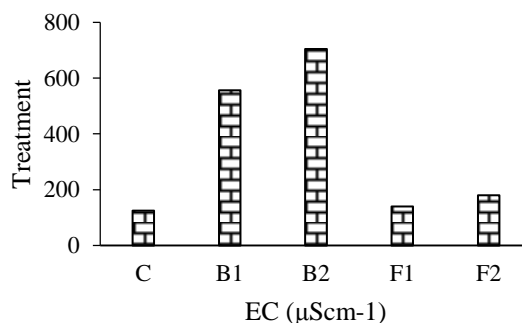
نمونه برداری و استخراج داده‌ها  
پس از آماده‌سازی نمونه‌های ۱:۵ خاک و آب، مقدار هدایت الکتریکی نمونه‌ها با استفاده از EC متر مدل WTM portable cond 3110 و مقدار pH نمونه‌ها با استفاده از pH متر مدل WTW portable pH 3110 اندازه‌گیری شد. همچنین میزان رطوبت در مراحل مختلف رشد با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج مدل LURTON

PMS-714 اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9/1) انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده گردید.



شکل ۲- pH و درصد رطوبت حجمی تیمارها در نیمرخ خاک (الف: pH ب: درصد رطوبت حجمی)

Figure 2. pH and water content percent of treatment in soil profile (A: pH and B: water content)

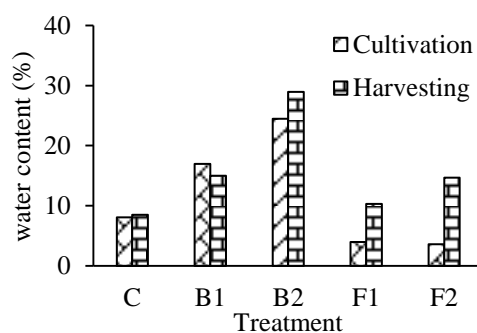


شکل ۳- هدایت الکتریکی تیمارها در نیمرخ خاک

Figure3. Electrical conductivity of treatment's in soil profile

(B<sub>2</sub>) تقریباً دو برابر نمونه‌های شاهد و کود است (شکل ۴). همچنین تیمار بیوچار ۱/۵ درصد (B<sub>1</sub>) مقدار رطوبت بیشتری نسبت به نمونه‌های حاوی کود حیوانی داشت. همچنین نتایج نشان داد که در ابتدا و انتهای فصل رشد تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری در حفظ رطوبت با یکدیگر ندارد اما سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری هستند به طوری که میزان رطوبت حجمی باقیمانده در تیمار B<sub>2</sub> در ابتدای فصل کشت، دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به همان تیمار در انتهای فصل رشد است و این روند در مورد تیمارهای کود ۱/۵ و ۳ درصد نیز مشاهده می‌شود. به طور کلی تیمارهای حاوی بیوچار نسبت به تیمار شاهد و کود حیوانی، مقدار رطوبت بیشتری داشته‌است که این پدیده به علت ساختار منافذ ریز و سطح ویژه بالای بیوچار است. بررسی بیوچار در سطوح زراعی و آزمایشگاهی نشان داده‌است که یکی از ویژگی‌های اصلی بیوچار افزایش ظرفیت نگه‌داشت آب در خاک می‌باشد که به جذب مواد غذایی کمک خواهد کرد (Jeffery et al, 2011).

بررسی میانگین هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک نشان می‌دهد که EC نمونه‌های ترکیب شده با بیوچار بیشتر از نمونه‌های کود و تیمار شاهد است اما نمونه‌های شاهد و کود دارای هدایت الکتریکی تقریباً برابری هستند (شکل ۳). به طور کلی افزودن بیوچار به خاک باعث افزایش شوری خاک می‌شود. زلفی باوریانی و همکاران (Zolfi-Bavoriani et al, 2016) با آزمایش بیوچار تولید شده از کود مرغی بر ویژگی‌های خاک مورد آزمایش به این نتیجه رسیدند که بیوچار تولید شده در کلیه دماها باعث افزایش شوری خاک می‌شود به طوری که بیشترین افزایش در بیوچار تولید شده در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس بوده‌است. به طور کلی افزایش مقدار هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک ترکیب شده با بیوچار می‌تواند به علت افزایش مقدار خاکستر باشد (Claoston et al, 2014)؛ بخصوص مقدار بالای پتاسیم در بخش خاکستر، به علت تحرک زیاد باعث افزایش هدایت الکتریکی می‌شود (Joseph et al, 2007). نتایج آزمایش نشان داد که رطوبت حجمی تیمار بیوچار ۳ درصد



شکل ۴- میانگین رطوبت حجمی نمونه‌ها در ابتدا و انتهای فصل رشد

Figure 4. Mean of water content of samples in start and end of growth season

بارها نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

Bars show the standard error.

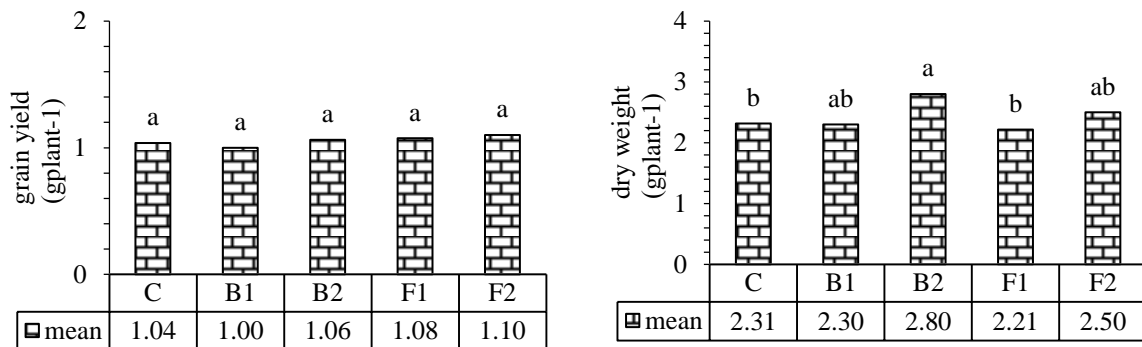
نسبت به سایر تیمارها، میانگین وزن خشک اندام هوایی بیشتری با مقدار ۲/۸ گرم در بوته دارد و کمترین میانگین مربوط به تیمار F<sub>1</sub> با مقدار ۲/۲۱ گرم در بوته بوده‌است (شکل ۵ الف). همچنین تیمار شاهد با مقدار میانگین وزن خشک اندام هوایی برابر با ۲/۳۱ اختلاف معنی‌داری با تیمار B<sub>1</sub>

#### صفات مربوط به عملکرد

در پایان فصل رشد با اندازه‌گیری صفات مختلفی از جمله، تعداد دانه در هر سنبله، وزن کل دانه در هر سنبله، وزن هزار دانه گندم و وزن خشک اندام هوایی صورت گرفت. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود تیمار B<sub>2</sub> با اختلاف معنی‌داری

افزایش فراهمی عناصر غذایی مفید مانند کلسیم و پتاسیم در خاک شود (Laird et al, 2010؛ Luo et al, 2014) و به همین دلیل می‌تواند به عنوان یک اصلاح‌کننده خاک، باعث افزایش عملکرد محصول شود (Lai et al, 2013) و همانطور که از نتایج شکل ۵ مشاهده می‌شود، در مقایسه تیمار بیوچار نسبت به تیمار شاهد و کود، نه تنها کاهش نداشته‌ایم بلکه افزایش عملکرد گندم نیز مشاهده می‌شود. گبرمدین و همکاران (Gebremedhin et al, 2015) با بررسی تاثیر سطوح ۲ و ۴ تن در هکتار بیوچار و ۳/۵ و ۷ تن در هکتار کمپوست بر عملکرد دانه و وزن خشک اندام هوایی در یک آزمایش گلخانه‌ای گزارش کردند که بیوچار عملکرد دانه و وزن خشک اندام هوایی را به طور معنی‌داری به ترتیب با مقدار ۱۵/۷ و ۱۶/۵٪ افزایش می‌دهد.

با مقدار میانگین ۲/۳۰ گرم در بوته ندارد اما تیمار F<sub>2</sub> با مقدار میانگین ۲/۵۰ گرم در بوته اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد دارد. بنابراین با توجه به نتایج تیمار بیوچار ۳ درصد بیشترین میزان عملکرد ماده خشک را نسبت به تیمارهای شاهد و کوددهی داشت. نتایج نشان داد که تیمارها از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند و افزودن کود حیوانی به خاک، تاثیری بر عملکرد دانه نسبت به تیمار بیوچار نداشته است اما باین-حال بیشترین میانگین عملکرد دانه مربوط به تیمار F<sub>2</sub> با مقدار ۱/۱۰ و کمترین مربوط به تیمار B<sub>1</sub> با مقدار میانگین ۱ گرم در بوته بوده است (شکل ۵ ب). به طور کلی نتایج شکل ۵ نشان می‌دهد که تیمار بیوچار ۳ درصد باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی نسبت به سایر تیمارها شده است. مطالعات نشان داده است که بیوچار منبع غنی از عناصر غذایی است و می‌تواند تا حد زیادی سبب



شکل ۵- مقایسه وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه در تیمارهای مختلف  
Figure 5. comparison between dry weight and grain yield in different treatments

(الف: وزن خشک اندام هوایی ب: عملکرد دانه)

(A: dry weight B: grain yield)

تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند. هر سه تیمار اصلی شاهد، بیوچار و کود حیوانی، در وزن هزار دانه با یکدیگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارند بطوریکه بیشترین میانگین مربوط به تیمار F<sub>1</sub> و F<sub>2</sub> و کمترین مربوط به تیمار B<sub>2</sub> است. اما تیمارهای بیوچار در دو سطح ۱/۵ و ۳ درصد و نیز تیمار کود حیوانی در دو سطح مذکور، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (جدول ۳).

#### عملکرد و اجزا عملکرد دانه

همان‌طور که از جدول ۳ مشاهده می‌شود تعداد دانه در تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کود ۱/۵ و ۳ درصد وزنی نداشته است اما هر دو تیمار بیوچار تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، در تعداد دانه نسبت به سایر تیمارها دارند به طوریکه بیشترین میانگین مربوط به تیمار B<sub>2</sub> با مقدار ۳۹/۱ است. با توجه به نتایج جدول ۳، میانگین عملکرد دانه در کلیه تیمارها،

یکدیگر ندارند. هر دو سطح بیوچار و کود حیوانی از نظر رطوبت حجمی، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند. در مجموع با توجه به بررسی نتایج سایر مطالعات می‌توان گفت که تاثیر بیوچار بر افزایش نگر داشت آب در خاک، می‌تواند به طور مستقیم بر افزایش عملکرد تاثیر گذار باشد (Olmo et al, 2014). نگر داشت رطوبت بیوچار، می‌تواند به عنوان یک راهکار مدیریتی در جهت کاهش مصرف آب از این ماده بهره برد، همان‌طور که شایان نژاد (Shayannejad, 2010) در تحقیق خود بر روی تاثیر کم آبیاری در عملکرد گندم گزارش کردند که در شرایط محدودیت منابع آب، اعمال کم آبیاری می‌تواند منجر به به حداکثر سود شود. در مورد صفت pH، به طور کلی تمام تیمارها در یک دامنه بوده و نتایج مقایسه میانگین آن‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. اما صفت شوری در تیمارهای B<sub>1</sub> و B<sub>2</sub> به ترتیب با مقادیر ۶۴۰/۱۳ و ۷۴۹ میکروزیمنس بر سانتیمتر در مقایسه با تیمارهای F<sub>1</sub> و F<sub>2</sub> با مقادیر ۱۴۶/۹۷ و ۱۸۰/۰۷ میکروزیمنس بر سانتیمتر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد و بیشترین شوری خاک مربوط به بیوچار ۱/۵ و ۳ درصد وزنی است. همچنین افزودن کود به خاک، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد در افزایش شوری نسبت به تیمار شاهد ایجاد نکرده است. آلبوگرگه و همکاران (al, 2013) Alburquerque et گزارش دادند که افزودن بیوچار به خاک باعث افزایش ۲۰ واحدی شوری نسبت به تیمار شاهد شده است.

### وزن خشک اندام هوایی

با توجه به نتایج جدول ۳، تیمار B<sub>2</sub>، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد با تیمار C و F<sub>1</sub> دارد اما این تفاوت با تیمار B<sub>1</sub> و F<sub>2</sub> معنی‌دار نیست و همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار بیوچار ۳ درصد با مقدار ۲/۶۹ و کمترین مربوط به کود ۱/۵ درصد وزنی با مقدار ۲/۲۲ گرم در بوته است. همچنین میانگین وزن خشک اندام هوایی تیمار شاهد با مقدار ۲/۲۳ گرم در بوته تفاوت معنی‌داری با تیمار کود ۱/۵ درصد نداشته است. در نتایج مشابه با این پژوهش، اختر و همکاران (Akhtar et al, 2015) با بررسی سطوح مختلف بیوچار بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم گزارش دادند که افزودن بیوچار به خاک، در اجزا عملکرد گندم تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با سایر تیمارها به ویژه تیمار شاهد داشته است. همچنین سلیم (Salim, 2016) با بررسی سطوح بیوچار در سطح ۲ و ۵ درصد وزنی بر اجزا عملکرد گندم گزارش داد که افزودن بیوچار به خاک، باعث تفاوت معنی‌دار صفات عملکرد نسبت به تیمار شاهد شده است.

### رطوبت حجمی، pH و EC

نتایج مقایسه میانگین تیمارها در جدول ۳ نشان می‌دهد که صفت میانگین رطوبت حجمی در تیمار B<sub>2</sub> با مقدار ۲۹/۳۶٪ بیشترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها داشته است که این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. میزان رطوبت در تیمار شاهد و تیمار F<sub>1</sub> به ترتیب با مقدار ۸/۸ و ۹/۹٪ تفاوت معنی‌داری با

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارها بر ویژگی‌های خاک، عملکرد و اجزا عملکرد گندم.

Table 3. comparison of mean main effects of treatments on soil properties, yield and yield component of wheat.

Treatments	EC (μscm <sup>-1</sup> )	pH	Water content (%)	Dry weight of aerial parts (g)	Weight of 1000 seeds (g)	Total weight of spike (g)	N. of seed per spike
C	140.1 b	8.26 ab	8.8 c	2.23 b	38.43 b	1 a	26 b
B <sub>1</sub>	640.13 a	8.3 ab	14.8 b	2.32 ab	31.3 c	1.03 a	33.1 a
B <sub>2</sub>	749 a	7.96 ab	29.36 a	2.69 a	29 c	1.12 a	39.1 a
F <sub>1</sub>	146.97 b	7.63 ab	9.9 c	2.22 b	48.06 a	1.04 a	21.75 b
F <sub>2</sub>	180.07 b	8.43 a	14.06 b	2.45 ab	48 a	1.11 a	23.25 b
CV	16.76	4.73	5.43	8.72	6.05	9.86	11.19

C: تیمار شاهد، B<sub>1</sub>: بیوچار ۱/۵ درصد وزنی، B<sub>2</sub>: بیوچار ۳ درصد وزنی، F<sub>1</sub>: کود ۱/۵ درصد وزنی، F<sub>2</sub>: کود ۳ درصد وزنی، CV ضریب تغییرات

در هر ستون و صفت، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ ندارند.

C: control treatment, B<sub>1</sub>: 1.5 % biochar, B<sub>2</sub>: 3 % biochar, F<sub>1</sub>: 15% fertilizer, F<sub>2</sub>: 3 % fertilizer, CV: Coefficient of variation.

In every column and property, means of at least one Latin letter in common, don't have a significant difference in 0.05 level of probability.



## کارایی مصرف آب

بیشترین میانگین مربوط به تیمار F<sub>2</sub> با مقدار ۲/۶۲ بوده که تفاوت معنی‌داری با تیمار B<sub>1</sub> در سطح ۵ درصد نداشته‌است. بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش سطح بیوچار به خاک باعث افزایش کارایی مصرف آب در صفت وزن خشک اندام هوایی شده‌است. بنابراین با توجه به کاهش کمی و کیفی منابع آب، افزایش بهره‌وری آب می‌تواند یک راه‌کار مدیریتی در سیاست‌های کلان کشور در مواجهه با رشد جمعیت باشد (Eslami, 2018).

جدول ۴ نشان می‌دهد که در صفت WUE<sub>s</sub> با وجود بیشتر بودن میانگین مربوط به تیمار B<sub>2</sub> با مقدار ۱/۲ گرم در لیتر نسبت به سایر تیمارها، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشده‌است اما در صفت WUE<sub>d</sub> که مربوط به عملکرد ماده خشک گندم است بیشترین میانگین مربوط به تیمار B<sub>2</sub> با مقدار ۲/۸۷ گرم در لیتر بوده‌است که نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد این تیمار با تیمار شاهد و کود ۱/۵ درصد است. پس از تیمار B<sub>2</sub>

جدول ۴- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در تیمارهای مورد مطالعه  
Table 4. comparison of mean water use efficiency of studied treatments

Treatments	WUE <sub>s</sub> (gl <sup>-1</sup> )	WUE <sub>d</sub> (gl <sup>-1</sup> )
C	1.06 a	2.38 b
B <sub>1</sub>	1.1 a	2.48 ab
B <sub>2</sub>	1.2 a	2.87 a
F <sub>1</sub>	1.13 a	2.37 b
F <sub>2</sub>	1.19 a	2.62 ab

WUE<sub>s</sub>: کارایی مصرف آب نسبت به عملکرد دانه و WUE<sub>d</sub>: کارایی مصرف آب نسبت به وزن خشک اندام هوایی.  
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.  
WUE<sub>s</sub>: water use efficiency against grain yield, WUE<sub>d</sub>: water use efficiency against dry weight of aerial parts. Means with common letters based on LSD test don't have a significant difference in 0.05 level; of probability

## نتیجه‌گیری کلی

تیمارها مشاهده نشد. بیشترین میانگین کارایی مصرف آب در صفت وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار بیوچار ۳ درصد بود. به طور کلی با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان گفت که بیوچار به دلیل افزایش فراهمی مواد غذایی در خاک می‌تواند به عنوان اصلاح‌کننده خاک، عملکرد محصول گندم را تحت تاثیر خود قرار داده و نسبت به تیمار شاهد و کود باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی گندم شود. همچنین بیوچار به دلیل دارا بودن منافذ ریز و سطح ویژه بالا، و در نتیجه قابلیت نگهداری رطوبت در خود، به طور مستقیم و غیر مستقیم باعث افزایش عملکرد دانه و کاهش مصرف آب می‌شود. بنابراین با توجه به کمبود منابع آب و نیاز به مدیریت این منابع، استفاده از بیوچار به عنوان یک منبع ذخیره‌کننده رطوبت، می‌تواند یک روش کاربردی در مدیریت کشاورزی باشد.

در این پژوهش اثر سطوح ۱/۵ و ۳ درصد وزنی بیوچار تولید شده از کاه و کلش گندم بر عملکرد دانه و وزن خشک اندام هوایی و نیز خصوصیات خاک مورد بررسی قرار گرفت و ضمن مقایسه با سطوح ۱/۵ و ۳ درصد وزنی کود حیوانی، شاخص کارایی مصرف آب هم محاسبه گردید.

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که میزان رطوبت موجود در تیمارهای بیوچار ۳ درصد تقریباً دوبرابر تیمار بیوچار ۱/۵ و کود ۳ درصد بود. همچنین کلیه تیمارها pH بالای ۷ داشته و میزان اسیدیته اکثر نمونه‌ها بالای ۸ بوده‌است. در بررسی وزن خشک اندام هوایی، تیمار بیوچار ۳ درصد بیشترین میزان عملکرد را نسبت به تیمار شاهد و کود داشت که یکی از علل آن می‌تواند قابلیت بیوچار در نگهداشت رطوبت در خاک باشد، اما در میزان عملکرد دانه، تفاوت معنی‌داری با سایر

## Reference

- Akhtar S.S., Mathias N.A., and Fulai L. 2015. Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress, *Agricultural Water Management*, 158: 61-68.
- Albuquerque J.A., Salazar P., Barron V., Torrent J., del Campillo M.D., Gallardo A., and Villar R. 2013. Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. *Agron Sustain Development*, 33: 475- 484.
- Bayabil H.K., Stoof C.R., Lehmann J.C., Yitafaru B., and Steenhuis T.S. 2015. Assessing the potential of biochar and charcoal to improve soil hydraulic properties in the humid ethiopian highlands: The Anjeniwatershed, *Geoderma*, 243: 115 - 123.
- Beheshti M., and Alikhani H. 2016. Changes in biochar quality produced from wheat straw during slow pyrolysis process at different temperatures, *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26:190-201.
- Buranov A.U., and Mazza G. 2008. lignin in straw of herbaceous crops. *Industrial Crops and Products*, 28(3): 237-259.
- Butnan S., Deenik J.L., Toomsan B., Antal M.J., and Vityakon P. 2015. Biochar characteristics and application rates affecting corn growth and properties of soils contrasting in texture and mineralogy, *Geoderma*, 237:105-116.
- Case S.D.C., 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.
- Claoston N.A., Samsuri M.H., and Husni A. 2014. Effects of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of empty fruit bunch and rice husk biochars. *Waste Management & Research*, 32(4): 331-339.
- Eslami A. 2018. Simulation of one-wheat furrow irrigation using sirmod model. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 34: 193-207 (In Persian).
- Gebremedhin G.H., Haileselassie B., Berhe D., and Belay T. 2015. Effect of biochar on yield and yield components of wheat and post-harvest soil properties in tigray, Ethiopia. *Journal of Fertilizers & Pesticides*, 6: 1-4.
- Gul S., and Whalen J.K. 2016. Biochemical cycling of nitrogen and phosphorus in biochar-amended soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 103: 1-15.
- Gul S., Whalen J.K., Thomas B.W., Sachdeva V., and Deng H.Y. 2015. Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms and future directions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 206: 46-59.
- 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 met-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 144: 175-187.
- Joseph S., Downie A., Munroe P., and Crosky A. 2007. Biochar for carbon sequestration, reduction of greenhouse gas emissions and enhancement of soil fertility; a review of the materials science. *Proceeding of the Australian Combustion Symposium*, 130-133.
- Karimi A., Moezzi A., Chorom M., and Enayatizamir N. 2019. Chemical fractions and availability of zn in a calcareous soil in response to biochar amendments. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19 (4):1-14.
- 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 feed stocks and pyrolysis temperature on biochar properties. *Journal of Environmental Quality*, 41 (4):990-1000.
- Kuppusamy S., Thavamani P., Megharaj M., Venkateswarlu K., and Naidu R. 2016. Agronomic and remedial benefits and risks of applying biochar to soil: current knowledge and future research directions. *Environment International*, 87:1 - 12
- Lai W.Y., Chao M.L., Guang R.K., Ren-Shih C., and Chien TC. 2013. The effects of woodchip biochar application on crop yield, carbon sequestration and greenhouse gas emissions from soils planted with rice or leaf beet. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 44: 1039-1044.
- Laird D.A., Fleming P., Davis D.D., Horton R., Wang B., and Karlen D.L. 2010a. Impact of biochar amendments on the quality of a typical midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158: 443-449.

- Lehmann J., Gaunt J., and Rondon M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – A review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11: 395-419.
- Liu Y.X., Yang M., Wu Y.M., Wang H.L., Chen Y.X., and Wu W.X. 2011. Reducing CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> emissions from waterlogged paddy soil with biochar. *Journal of Soils sediments*, 11: 930-939.
- Luo Y., Jiao Y.J., Zhao X.R., Li G.T., Zhao L.X., and Meng H.B. 2014. Improvement to maize growth caused by biochars derived from six feedstocks prepared At three different temperatures. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(3):533-540.
- Maschio G.C., and Koufopoulos A.L. 1992. Pyrolysis, a promising route for biomass utilization. *Bioresource Technology*, 42(3): 219-231
- Novak J.M., Cantrell K.B., and Watts D.W. 2013. Compositional and thermal evaluation of lignocellulosic and poultry litter chars via high and low temperature pyrolysis. *Bioenergy Research*, 6: 114-130.
- Olmo M., Albuquerque J.A., Barro'n V., del Campillo M.C., Gallardo A., and Fuentes M. 2014. wheat growth and yield responses to biochar addition under mediterranean climate conditions. special issue, *biol. fertil. soils*, springer-verlag berlin heidelberg, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00374-014-0959-y. Prepared at three different temperatures. *Journal of Integrative Agriculture*, 13: 533-540.
- Qin Y., Junjie L., Zhenhua Y., Yansheng L., Jian J., Xiaobing L., and Guanghua W. 2017. Three years of biochar amendment alters soil physiochemical properties and fungal community composition in a black soil of Northeast China. *Soil Biology & Biochemistry*, 110: 56-67.
- Rizwan T.A.M., Shafaqat A.M.A., Abid Mahmood Zia-ur M.I., Arshad M., and Qayyum M.F. 2018. Biochar application increased the growth and yield and reduced cadmium in drought stressed wheat grown in an aged contaminated soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148: 825-833
- Robertson S.J., Rutherford P.M., Lo'pez-Gutie'rrez J.C., and Massicotte H.B. 2012. Biochar enhances seedling growth and alters root symbioses and properties of sub-boreal forest soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 92: 329-340.
- Salim B.B.M. 2016. Influence of biochar and seaweed extract applications on growth, yield and mineral composition of wheat ( *Triticum Aestivum* L.) Under Sandy Soil Conditions. *Annals of Agricultural Science*, 61(2): 257-265.
- Schulz H., Dunst G., and Glaser B. 2014. No effect level of co-composted biochar on plant growth and soil properties in a greenhouse experiment. *Agronomy*, 4: 34- 51.
- Shayannejad M. 2010. The impact of water deficit on quantitative properties of wheat and determination of its optimal water depth in shahrekord. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 1: 24-35.
- Shuailin L., and Zhouping SH. 2018. Positive effects of apple branch biochar on wheat yield only appear at a low application rate, regardless of nitrogen and water conditions. *Journal of Soils and Sediments*, 18: 3235-3243.
- Stavi I., and Lal R. 2013. Agroforestry and biochar to offset climate change: a review. *Agron Sustain Development*, 33: 81-96.
- Thies J.E., and Rillig M.C. 2012. Characteristics of biochar: biological properties. biochar for environmental management. *Science and Technology*, 6: 85-105.
- Tong H., Hu M., Li F.B., Liu C.S., and Chen M.J. 2014. Biochar enhances the microbial and chemical transformation of pentachlorophenol in paddy soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 70: 142-150.
- Uzoma K.C., Inoue M., Andry H., Fujimaki H., Zahoor A., and Nishihara E. 2011. effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use and Management*, 27: 205-212.
- Uzoma K.C., Inoue M., Andry H., Fujimaki H., Zahoor Z., and Nishihara E. 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use Manage*, 27: 205-212.
- Zolfi-bavoriani M., Ronaghi A., Karimian N., Ghasemi R., and Yasrebi J. 2016. Effect of biochar prepared from poultry manure at different temperatures on chemical properties of a calcareous soil. *Journal of Soil and Water Sciences*, 20: 73-86.

## Comparison of Different Biochar and Fertilizer Levels on Yield and Yield Components of Wheat and Water Use Efficiency

Sahar Palangi<sup>\*1</sup>, Omid Bahmani<sup>2</sup>, Vahid Atlasi-pak<sup>3</sup>

(Received: August 2019)

Accepted: December 2019)

### Abstract

The biochar produced from organic matter and agricultural residues is a soil amendment that can increase porosity, decrease bulk density and increase moisture content in the soil. In this study, the effects of different levels of 1.5 and 3.5 by weight percent of biochar produced from wheat straw and 1.5 and 3 by weight percent of fertilizers on wheat yield and soil characteristics were investigated. Water use efficiency and water consumption were also studied. The results showed that the highest average dry weight of wheat was 3% (B<sub>2</sub>) with 2.69 and the lowest was 1.05% by weight (2.22 g / plant). The average volume of moisture content in treatment B<sub>2</sub> was 29.36% higher than other treatments, and the addition of biochar to soil increased the electrical conductivity related to fertilizer and control treatment. The highest mean water use efficiency in dry weight of wheat was related to B<sub>2</sub> treatment with 2.87 g / liter, indicating a significant difference of 5% of the treatment with control and 1.5% fertilizer.

**Keywords:** biochar, fertilizer, yield, water use efficiency, moisture content

Palangi S. Bahmani O. Atlasi-pak V. 2020. Comparison of different biochar and fertilizer levels on yield and yield components of wheat and water use efficiency . *Applied Soil Research*. 8(3): 160-171.

1. PhD Student, Department Of Water Engineering, Faculty Of Agriculture, Bu-Ali Sina University of Hamadan, Iran.

2. Assistant Professor, Department Of Water Engineering, Faculty Of Agriculture, Bu-Ali Sina University of Hamadan, Iran.

3. Assistant Professor, Department Of Agriculture , Payame Noor University of Hamedan, Iran.

\*Corresponding Author Email: [palangi\\_sahar@yahoo.com](mailto:palangi_sahar@yahoo.com)