7th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran
11-13 September. 2023, Tabriz Islamic Art University
In cooperation with Shiraz,Yasouj & Kerman Graduate Uni.
جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۶۸۶۸۶۹
icsda

اثربخشی بیوچار در بهبود خصوصیات رشدی و ترکیب شیمیایی گیاه گندم

محسن احمدی درمیان[۱]*، رضا خراسانی[۲]، مجید فروهر[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، نویسنده مسئول mhsna1816@gmail.com

۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، Khorasani@um.ac.ir

۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.m.forouhar@areeo.ac.ir

چکیده

موضوع این تحقیق بررسی خصوصیات شیمیایی و رشدی گیاه گندم تحت تاثیر بیوچار تولید شده از شاخساره‌های زرشک در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد.

سابقه و هدف: امروزه افزایش جمعیت همراه با تغییرات شدید عوامل زیست محیطی و اقلیمی، امنیت غذایی را به شدت تهدید کرده و بی‌ثباتی‌های اقتصادی، فقر و گرسنگی را به همراه داشته است. جهت رفع این مشکل باید امنیت غذایی که خود سبب افزایش عمکلرد محصولات کشاورزی و نیاز غذایی انسان‌ها می‌شود را فراهم نمود. در این راستا وجود مواد آلی از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. بیوچار از جمله مواد آلی بسیار مفیدی می‌باشد که امروزه مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. بیوچار از آنجایی که سبب فرآهمی عناصر مغذی جهت رشد و افزایش عملکرد گیاهان میشود، لذا در این تحقیق سعی بر آن شده که اثرات مفید آن را بر خصوصیات رشدی و شیمیایی گیاه گندم مورد بررسی قرار قرار دهیم.

مواد و روش: سرشاخه های زرشک بعد از هرس و جمع‌آوری، در دستگاه تولید بیوچار در دمای ٤٠٠ تا ٤٥٠ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت در معرض پیرولیز قرار گرفته و به بیوچار تبدیل شدند. سپس بیوچار خام جهت افزایش اثرات آن بر گیاه با بنتونیت مخلوط شد. در نهایت تاثیرات آن بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاس، آهن، روی و پروتئین و همچنین بر میزان ارتفاع، وزن تر و خشک، تعداد پنجه و محتوای نسبی آب برگ گیاه مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار JMP انجام شد.

نتایج: نتایج نشان داد که اثر بیوچار بر میزان عناصر آهن و روی غیرمعنی‌دار و بر میزان نیتروژن، فسفر، پتاس و پروتئین و همچنین بر میزان ارتفاع، وزن تر و خشک، تعداد پنجه و محتوای نسبی آب برگ مثبت و معنی‌دار بود.

واژه‌هاي كليدي: بیوچار، بنتونیت، زیست‌توده، زرشک، گندم

[۱] نویسنده مسئول: mhsna1816@gmail.com

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک، به دلیل شرایط اقلیمی و کمبود آب، پوشش گیاهی اندکی وجود دارد که منجر به ناکافی بودن میزان کربن خاک می شود. در چنین محیط هایی، بهره‌وری کشاورزی و حاصلخیزی به دلیل این واقعیت که خاک از نظر مواد آلی فقیر است، به خطر می افتد (رسول و همکاران، ۲۰۲۲). امروزه افزایش جمعیت همراه با تغییرات شدید عوامل زیست محیطی و اقلیمی، امنیت غذایی را به شدت تهدید کرده و بی‌ثباتی‌های اقتصادی، فقر و گرسنگی را به همراه داشته است. امنیت غذایی، دسترسی همه مردم به غذای کافی در هر زمان برای یک زندگی سالم است که مستلزم افزایش پایدار عملکرد محصولات کشاورزی، افزایش کارایی استفاده از آب و خاک، کاهش ضایعات تولیدی و اصلاح الگوی تغذیه می‌باشد (شوتن، ۲۰۱۰). گندم، یکی از مهمترین غلات پرمصرف دنیا، ٦٠ درصد کالری دریافتی روزانه انسان‌ها در سراسر جهان را تامین می‌کند (رستم زاده و همکاران، ۲۰۲۱). برای دستیابی به تولید پایدار، سلامت خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کشاورزی مدرن از طریق برداشت‌های مکرر محصول باعث کاهش مواد آلی خاک می‌شود. استفاده از کودهای شیمیایی که با صنعتی شدن کشاورزی رواج یافت، عملکرد گیاهان زراعی را به دو یا سه برابر افزایش داده است ولی به دلیل تنزل کیفیت خاک، مقدار مورد نیاز کودهای شیمیایی برای حصول همان مقدار عملکرد نیز به تدریج در طی زمان افزایش یافته است. این امر باعث تخریب بیشتر خاک و بروز مشکلات زیست محیطی در طی زمان شده است (ویدواتی، ۲۰۱۲). کاربرد کودهاي آلی یا دامی در خاک می‌تواند سبب بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها شود (پاروا و همکاران، ۲۰۱۸). این کودها می‌توانند افزایش میزان مواد آلی و عناصر غذایی در خاک و در نهایت افزایش عملکرد گیاه را به همراه داشته باشند. معمولاً کودهای دامی هر دو تا سه سال اعمال می‌شود که علاوه بر هزینه‌های بالا، تجزیه سریع آن‌ها نیز تاثیر فزاینده‌ای بر گرمایش جهانی دارد (اسلم و همکاران، ۲۰۱٤). لیانگ و همکاران (۲۰۰٦)، نیز گزارش کردند که بخش عمده مواد حاصل از افزودن کودهاي دامی، مالچ‌هاي گیاهی، کشت گیاهان پوششی و برگرداندن بقاياي گیاهی به خاك در مقابل تجزیه میکروبی پایدار نبوده و به سرعت تجزیه شده و از خاك خارج می‌گردد. در پی افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش پسماندهاي آلی، فراوری و استفاده مجدد از این پسماندها در واحدهای مصرف کننده از اهمیت ویژه‌ای برخودار است. یکی از این واحدهاي مصرف کننده، بخش کشاورزي است که می‌تواند از برخی پسماندهای آلی به عنوان کود آلی استفاده نموده و سبب کاهش هزینه‌هاي مربوط به خرید نهاده‌هاي شیمیایی و کاهش مشکلات زیست محیطی، اقتصادي و اجتماعی ناشی از این پسماندها شود. نسبت C/N بالاي برخی از این پسماندها سبب افزایش استفاده از کودهاي نیتروژنه و هدررفت این کودها می‌گردد (محمود و همکاران، ۲۰۱۷). شاخساره‌های زرشک هرساله بعد از برداشت بدون هیچ برنامه خاصی در محیط آزاد می‌شود که خطرات زیست محیطی درپی خواهد داشت. بنابراین تبدیل و استفاده از این ضایعات به عنوان بیوچار می‌تواند راهکار مفیدی جهت جلوگیری از خطرات احتمالی باشد. بیوچار ذرات متخلخل و سرشار از کربن است که با استفاده از حرارت دادن بقایای آلی مانند ضایعات گیاهی، کود و سایر ضایعات در دمای ۲۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد در یک محیط بدون اکسیژن یا اکسیژن محدود به دست می آید (وحیدی و همکاران، ۲۰۲۲). بیوچار به طور مثبتی بر خواص خاک و افزایش احتباس آب، پتانسیل در ترسیب کربن، نفوذپذیری و حاصلخیزی خاک تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، چگالی بار بالای آن، مقادیر زیادی از مواد مغذی را منتقل می‌کند و خواص خاک را تغییر می‌دهد و در نتیجه تولید محصول را افزایش می‌دهد (چاوسعلی و ساکسنا، ۲۰۲۱). در دسترس بودن مواد مغذی و کارایی مصرف مواد مغذی توسط محصولات را افزایش می دهد. افزایش ۱۰ درصدی در عملکرد محصول با کاربرد بیوچار در ادبیات گزارش شده است (دانسو و همکاران، ۲۰۲۱). بیوچار برای حذف شوری خاک عمل می کند، بنابراین به در دسترس بودن مواد مغذی کمک می کند و منجر به عملکرد بالاتر می شود (آخیل و همکاران، ۲۰۲۱). بیوچار همچنین می تواند به طور بالقوه بیماری ها و آفات مزرعه را حذف یا مدیریت کند. بر اساس برخی برآوردها، استفاده از بیوچار در مقیاس جهانی ممکن است انتشار گازهای گلخانه ای را تا ۱۲ درصد کاهش دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱). افزودن بیوچار به طور قابل توجهی تثبیت نیتروژن بیولوژیکی را در لوبیاهای معمولی بهبود بخشید (روندون و همکاران، ۲۰۰۷)، و همچنین شواهدی از کاهش قابل توجه انتشار N2O و CH4 پس از کاربرد بیوچار وجود دارد (گنگ و لمان، ۲۰۰۸). علاوه بر این نشان داده شده است که عملکرد گندم و Mischanthus با افزودن بیوچار افزایش می یابد (چن و همکاران، ۲۰۰۸). اثر بیوچار بر ویژگی‌هاي خاك به سه عامل میزان مصرف، دماي تولید بیوچار و شرایط خاك بستگی دارد (خادم و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج مطالعه آملوت و همکاران (۲۰۱٥)، نشان داد با افزایش دماي تولید بیوچار، آلی شدن نیتروژن افزایش یافته و نسبت جمعیت قارچی به باکتریایی کاهش می‌یابد. جوزف و تیلور (۲۰۱٤)، نشان دادند که بیوچار تولید شده در دمای ٤٠٠-٤٥٠ درجه سانتی گراد، دارای غلظت بیشتری از گروه های عاملی هستند. ترکیبات در مواد آلی و آب حل می‌شوند که جوانه‌زنی بهتری می‌دهد و رشد میکروارگانیسم‌ها را افزایش می‌دهد، بنابراین منجر به ظرفیت نگهداری آب بالاتری نسبت به بیوچار تولید شده در دمای بالاتر از ٤٥٠ درجه سانتیگراد می‌شود. رسول و همکاران (۲۰۲۲)، در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که کاربرد بیوچار به خاک منجر به افزایش

EC، CEC و محتوای آهن، مس، روی، منگنز، پتاسیم و فسفر در گیاه می‌شود. علاوه بر این، بخش های مختلف پتاسیم با کاربرد بیوچار افزایش یافت. بیوچار تولید شده از بقایای گندم تأثیر بیشتری بر پتاسیم خاک نسبت به بقایای ذرت داشت. از طرفی، بیوچار تولید شده در دمای بالاتر تأثیر بیشتری بر خواص مختلف خاک و در دسترس بودن مواد مغذی داشت، در حالی که مدت زمان پیرولیز تأثیر زیادی نداشت. همچنین نتایج نشان داد که تمام خاک های آهکی مناطق خشک را می توان با کاربرد بیوچار تصفیه کرد. به طوری که پتاسیم موجود در گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک ممکن است به دلیل کشاورزی فشرده و کمبود ورودی کود پتاسیم کاهش یابد، بیوچار می تواند منبع پتاسیم در آنجا باشد. آواد و همکاران (۲۰۱۲) اثر بیوچار را بر تجزیه بقاياي گیاهی گزارش و دریافتند کاربرد بیوچار فعالیت آنزیمی را در خاك شنی بیشتر از خاك لومی افزایش می‌دهد. در مطالعات قبلی نشان داده شده؛ ضایعات معدنی یا جامد حاوی کلسیم، منیزیم، آهن و غیره، تأثیر خوبی بر استحکام بیوچار دارند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱). عناصر کلسیم، آهن، منیزیم، سیلسیم، منگنز، پتاسیم و سایر عناصر، نه تنها می‌توانند پایداری، توانایی تثبیت کربن، میزان تخلخل و سطح ویژه و اثر جذب روی آلاینده‌ها را در بیوچار بهبود بخشند (ماروشک و همکاران، ۲۰۲۰)، بلکه همچنین به عنوان مواد مغذی و یون‌های فلزی موجود در آن می‌توانند تأثیر مثبت خاصی بر اثر محصولات زراعی و باغی داشته باشد. بنابراین آغشته کردن بیوچار خام با ضایعات معدنی یا جامد به صورت کامپوزیت، می‌تواند ترکیب بیوچار اصلاح شده‌ی مغناطیسی با خواص مفید تولید کند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۰). بنتونیت، به عنوان یک ماده معدنی، حامل بار یونی منفی منحصربه فرد قوی است که باعث می‌شود به طور "مغناطیسی" هر ماده‌ای با بار یونی مثبت را جذب کند. از طرفی با توجه به اینکه بنتونیت حاوی SiO_2، Al_2O_3، Fe_2O_3، MgO، CaO، K_2O، P_2O_5، Na_2O، TiO_2 می‌باشد، می‌تواند در اصلاح مواد کربنی تاثیرگذار باشد. (کائور و همکاران، ۲۰۱۷)، در تحقیق خود نتیجه گرفتند که بنتونیت تأثیر قابل توجهی در بهبود چسبندگی گرافیت قابل انبساط از طریق پیوند سطحی دارد. شون‌فانگ و همکاران (۲۰۲۰)، از پیرولیز زیست توده، بنتونیت و عناصر غذایی به عنوان یک استراتژی جدید برای سنتز کودهای کندرهای بیوچار استفاده کردند. نتایج نشان داد که حضور بنتونیت در طی فرآیند پیرولیز برای رهاسازی آهسته کود بیوچار بسیار مهم است. اغلب مطالعات صورت گرفته در خصوص اثرات کاربرد بیوچار خام بر خصوصیات خاك و رشد گیاهان در خاك‌هاي اسیدي مناطق پرباران یا خاک‌های قلیایی مناطق نیمه مرطوب انجام شده است. اما در خصوص اثرات کاربرد بیوچار اصلاح شده توسط ضایعات معدنی در خاك‌هاي قلیایی مراتع مناطق خشک و نیمه خشک مطالعه چندانی انجام نشده است. لذا در این تحقیق اثرات بیوچار اصلاح شده با بنتونیت بر خصوصیات شیمیایی و رشدی گیاه گندم مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش

این آزمایش در سال ۱۴۰۱ به صورت کشت گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و دو تیمار (خاک بدون بیوچار و خاک اصلاح شده با بیوچار) در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد با شرایط دمایی و رطوبتی کنترل شده اجرا شد. خاک مورد بررسی در این تحقیق، خاکی با درصد عناصر قابل استفاده کم و با بافت سبک (جدول ۱) بود که از عمق ۰-۳۰ سانتی متری مزرعه‌ای واقع در منطقه ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد برداشت شد. مواد اولیه برای تولید بیوچار، شاخسار هرس‌شده درختان چندساله زرشک بود که از باغات شهرستان واقع در استان خراسان جنوبی تهیه شد. تولید بیوچار در دستگاه مجهز ساخت بیوچار (فروهر و همکاران، ۱۳۹۸) در شرایط دمایی کنترل شده ۴۰۰ تا ۴۵۰ درجه سانتی گراد به مدت 2 ساعت انجام شد. در طول مدت پیرولیز، دما و اتمسفر محفظه پیرولیز به دقت کنترل شد. مایعات و بخارات حاصل از پیرولیز به طور کامل به بیرون از محفظه هدایت شد و به این ترتیب از رسوب کردن و اختلاط آن‌ها با بیوچارهاي در حال شکل گیري ممانعت شد. بیوچار تولید شده به مدت ۲۴ ساعت در داخل دستگاه نگهداری شد تا از قرار گرفتن آن در معرض اکسیژن جلوگیری شود. مواد اولیه و بیوچار آسیاب شده و الک شدند. پس از گذشت سه ماه متغیرهای تجزیه عنصری، PH و EC، درصد رطوبت در آون، درصد کربن، مواد فرار و خاکستر به روش احتراق خشک در کوره الکتریکی برای مواد اولیه و بیوچار اندازه‌گیری شد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۷). نیتروژن کل به روش کجلدال (برمنر، ۱۹۹۶) انجام شد. برای تولید بیوچار اصلاح شده، ابتدا بیوچار خام در اندازه بین ۰/۵-۱ میلی‌متر الک شدند سپس به آرامی پودر بنوتنیت الک شده با الک ۲۰۰ میلی‌متر را به آن اضافه و خوب همزده شد. در انتها مواد نهایی تولید شده را به داخل آون انتقال و حرات داده شد. بعد از هوا خشک و الک کردن خاک با الک ۲ میلی‌متر، برای گلدان‌های شاهد (خاک تنها)، ته گلدان را از گراول های شسته شده (HNO3 0.1 N) پر و سپس مقدار ۵ کیلوگرم خاک داخل گلدان اضافه شد. برای تیمار خاک اصلاح شده با بیوچار نیز بعد از اضافه کردن گراول های شسته شده (HNO3 0.1 N) مقدار ٤ کیلوگرم خاک را داخل گلدان ریخته و بعد از فشرده کردن خاک، کود بیوچار حاصل را در سطح خاک به طور مساوی پخش شد و مقدار ۱ کیلوگرم خاک باقی مانده (ارتفاع ۳ سانتی متری کود از سطح خاک) را به گلدان‌ها اضافه کریم. بذرهای گندم رقم برزگر بعد از استریل (دومرتبه با آب مقطر شسته و سپس ترکیب با رورال TS) به تعداد ۱۲ عدد بذر در هر

گلدان کاشته شد و بعد از جوانه زدن و استقرار کامل به ٤ بوته کاهش یافت. کلیه گلدان‌ها تا انتهای مرحله رویشی به مدت ٦٥ روز در فواصل ٢ تا ٣روزه تا حد ظرفیت زراعی با آب مقطر آبیاری شدند. سپس اندام‌های هوایی در تمامی گلدان‌ها از محل طوقه گیاه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. ارتفاع گیاه از محل طوقه تا نوک برگ انتهایی با استفاده از خطکش مدرج و میزان وزن تر گیاه نیز توسط ترازوی 0.1 میلی گرم و محتوای نسبی آب برگ (RWC) توسط روش ریچی (١٩٩٠)، اندازه گیری شد. نمونه ها بعد از شستشو، ابتدا در مجاورت هوا در آزمایشگاه و سپس در داخل آون با دمای ٦٥ درجه تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد (تو و لنا، ٢٠٠٥). بافت‌های خشک شده آسیاب شدند و از الک ١ میلی‌متری ضد زنگ عبور داده و در نهایت در ویال های پلاستیکی برای انجام آزمایشات شیمیایی نگهداری شدند (قشلاقی و همکاران، ٢٠٢٣). غلظت پتاسیم (امامی، ١٣٧٥) با دستگاه فلیم‌فتومتر، غلظت فسفر به روش رنگ سنجی زرد آمونیوم مولیبدات وانادات با دستگاه اسپکتروفتومتر (استفان و همکاران، ٢٠١٣)، غلظت نیتروژن با روش کجلدال (برمنر، ١٩٩٦)، غلظت آهن کل و روی با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار JMP انجام شد.

نتایج و بحث

خاک مورد نظر دارای خاصیت آهکی، بافت نسبتاً سبک از کلاس لومی شنی، PH خنثی و هدایت الکتریکی پایین و درصد ماده آلی کم می‌باشد. همچنین مقادیر در دسترس عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و آهن پایین‌تر از حد بحرانی این عناصر می‌باشد (جدول١).

جدول١- برخی خصوصیات فیزیکی وشیمایی خاک مورد مطالعه

FC (%)	**بافت خاک**	Fe **قابل دسترس** (mg/kg)	Zn **قابل دسترس** (mg/kg)	K **قابل دسترس** (mg/kg)	P **قابل دسترس** (mg/kg)	N **کل** (%)	$CaCO_3$ (%)	OC (%)	EC **گل اشباع**	PH **گل اشباع**
١٤/٥	Sandy Loam	١/٩٧	٠/٦٤	٨٦	٧	٠/٠٥	١٨/٥	٠/٥	٠/٧٥	٧/٥

نسبت H/C پایین، نشان دهنده وجود کربن آروماتیک بیشتر و در نتیجه پایداری و مقاومت بیشتر در برابر تجزیه است (لنگ و همکاران، ٢٠١٩). بیوچار باید دارای نسبت مولی H/C <0.7 باشد تا تعریف بیوچار تایید شود (وحیدی و همکاران، ٢٠٢٢). برای اطمینان از ساختار حلقه آروماتیک یکپارچه و تایید و تمایز بیوچار از مواد هرس شده یا سایر مواد تا حدی کربن شده، حداکثر مقدار H/C قابل قبول، ٠/٧ است (International Biochar Initiative (IBI)، ٢٠١٥). نسبت $H/C \leq 0.7$ در هر بیوچاری بیانگر آن است که با اطمینان ٩٥ درصد، پس از ١٠٠ سال، ٥٠ درصد کربن بیوچار می‌تواند در خاک باقی بماند (جیندو و سونوکی، ٢٠١٩). مقادیر H/C بین ٠/٤ و ٠/٧ و کمتر از ٠/٤ به ترتیب برای توصیف حالت‌های پایدار و بسیار پایدار کربن در بیوچار استفاده می‌شود (فاوزی و همکاران، ٢٠٢١؛ وحیدی و همکاران، ٢٠٢٢). بنابراین، با در نظر گرفتن مقدار عددی ٠/٥٠ برای نسبت مولی هیدروژن به کربن بیوچار حاصل از شاخساره های زرشک، می‌توان نتیجه گرفت که کربن موجود در این بیوچار در حالت پایدار قرار دارد.

جدول٢- برخی خصوصیات بیوچار

AB^2 (%)	BP^1 (%)	Oxygen (%)	Hydrogen (%)	Ca (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	N کل (%)	OC (%)	EC	PH
٧/٠٩	٣٣	١٠	٢/٩١	٦٦٠٥/٠٦	٥٣٦٥/٦٤	١٦٠٧/٥٦	١/١٣	٦٨/٨٠	٤/٣٢	٨/٥

[1] biochar performance
[2] ash biochar

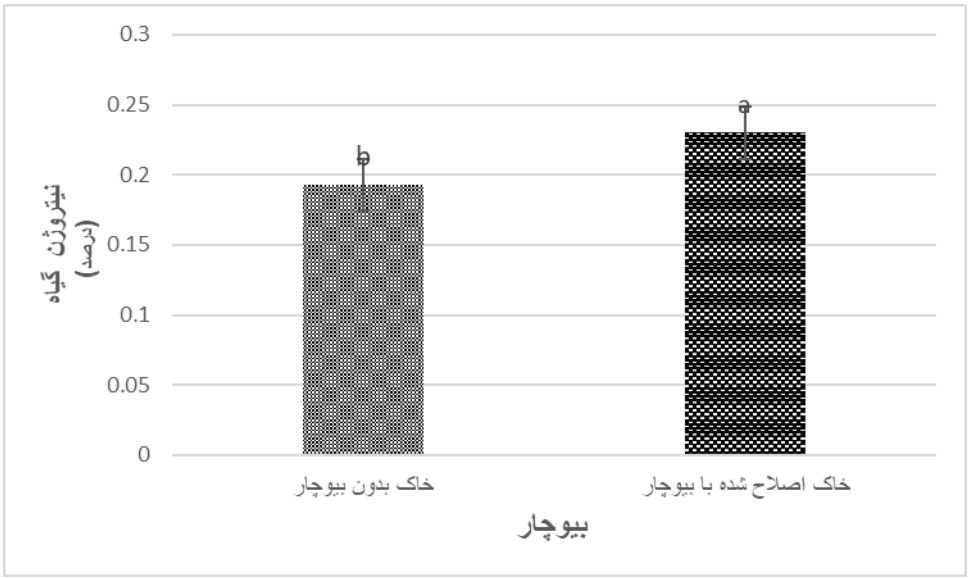
جدول۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در خاک و گیاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن تر	وزن خشک	تعداد متوسط پنجه	نیتروژن گیاه	فسفر گیاه	پتاسیم گیاه	RWC	پروتئین گیاه	آهن گیاه	روی گیاه
تیمار	۱	۲۹/۲۶۰**	۱٤٥/۱۱۱**	٥/٤۳٤*	۰/٦٦٦**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۳٥**	۷/۸۱۳**	۰/۰٥۳**	ns٤۷۱/۷۰۷	ns٦/۸۲٦
خطا	٤	۰/٤۱٦	۱/۳۰۹	۰/٤۷۹	۰/۰۱۰	۸/۱٦۷	٦/۳۳۳	۰/۰۰۰۳۹	۰/۳۰۳	۰/۰۰۰۳۲	۲۱۸/۳۳۷	۳/٥۰۱
cv		۰/۰٤۲	۰/۰۸۷	۰/۱۰۰	۰/۰۸۰	۰/۰۷٤	۰/۱۱۳	۰/۱۲۹	۰/۰۱٦	۰/۰۷۸	۰/۰۷۱	۰/۱۳۹

s، **و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

بررسی اثر تیمارها بر پارامترهای شیمیایی گیاه

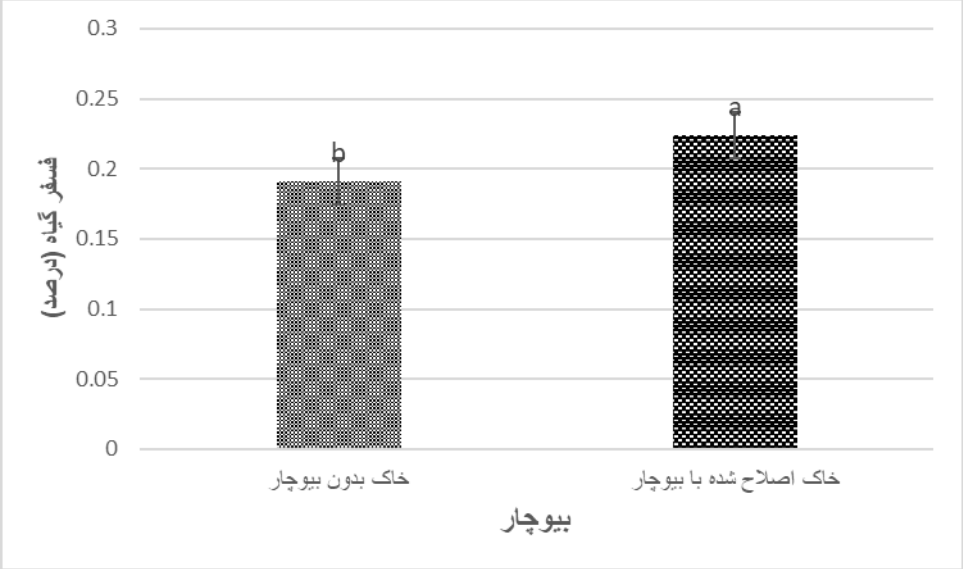
تاثیر افزودن بیوچار به خاک و اثرات مثبت آن در نیتروژن کل اندام هوایی گیاه در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بکار بردن بیوچار، تاثیر معنی‌داری در سطح احتمالی ۱ درصد بر نیتروژن کل گیاه داشته است. تیمار خاک اصلاح شده توسط بیوچار، با میانگین ۰/۲۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، بیشترین میزان نیتروژن کل را به خود اختصاص داد و دارای افزایش ۱۹/۱۷ درصدی نسبت به شاهد بود. محققان توانایی فراوان بیوچار را در نگهداری مواد غذایی و جلوگیری از آبشویی نیتروژن را از دلایل تأثیر مثبت بیوچار بر نیتروژن خاک و افزایش فراهمی آن برای گیاه دانسته‌اند (جمال و همکاران، ۲۰۱٦). همچنین افزایش مقدار نیتروژن در اثر مصرف بیوچار را در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی به عناصر نیتروژن در این شرایط دانستند، که به نظر می‌رسد در شرایط گلخانه به دلیل کنترل شرایط دما و رطوبت تأثیر باکتری مؤثر بوده و عناصر غذایی حاصل از بیوچار به خوبی در دسترس گیاه قرار گرفته است (ماوی و همکاران، ۲۰۱۸). ماندال و همکاران (۲۰۱۹)، اشاره کردند که استفاده از بیوچار، انتشار گاز آمونیاک از سطح خاک زراعی آهکی را کاهش و نیتروژن را در دسترس گیاه قرار داد.



شکل۱- اثر بیوچار بر نیتروژن کل در گیاه گندم

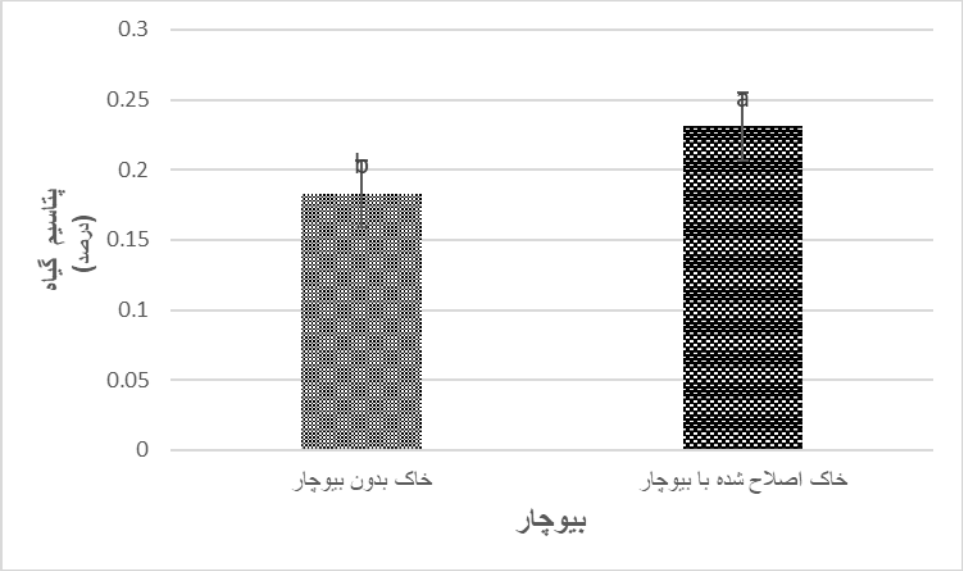
تجزیه واریانس داده‌ها برای بررسی اثر منابع تغییر بر فسفر قابل دسترس (جدول ۳)، اثر تیمار بر غلظت فسفر قابل دسترس را در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار نشان داد. کابرد بیوچار با میانگین غلظت ۰/۲۲٤ میلی گرم بر کیلوگرم باعث افزایش ۱۷/۲۷ درصدی فسفر شد. با توجه به اینکه بیوچار دارای ظرفیت تبادلی بالا و حاوی عناصر غذایی مهم می‌باشد، با افزایش و قابل دسترس بودن فسفر میزان آن در گیاه افزایش پیدا می‌کند. از طرفی از آنجایی واکنش‌های گیاهان به قابلیت دسترسی فسفر در خصوصیات ریشه و اندام گیاهی متفاوت است (فی و همکاران، ۲۰۰٦)، طبق مشاهداتی که در میزان فسفر خاک انجام گرفت، گیاه گندم فسفر قابل دسترس را به خوبی و با مقدار

بیشتر جذب کرده است. بنابراین سبب افزایش میزان آن در اندام هوایی گیاه شده است. محققین در آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که با افزودن بیوچار به خاک، مقدار فسفر قابل دسترس در گیاه افزایش پیدا کرده است (یان و همکاران، ۲۰۲۱؛ چن و همکاران، ۲۰۲۰).



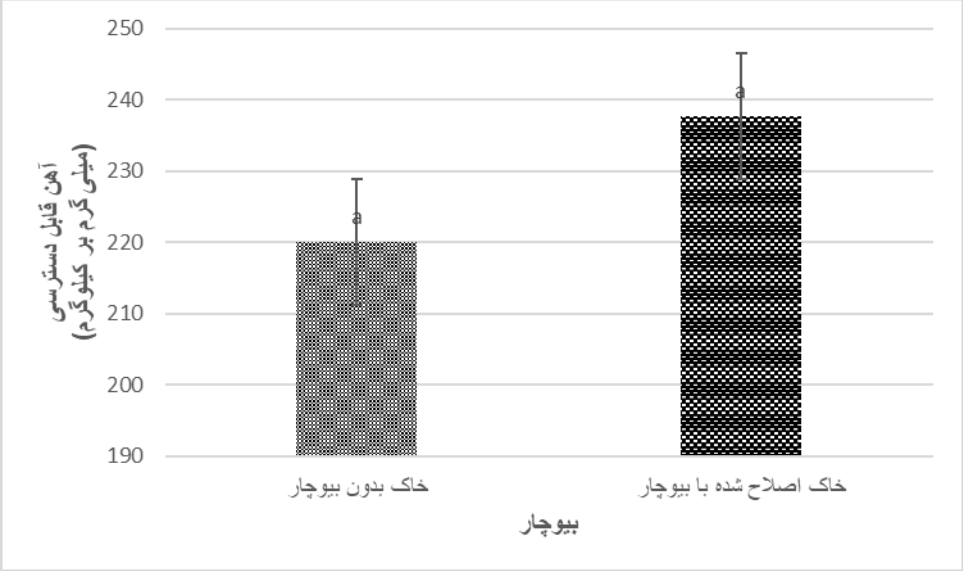
شکل۲- اثر بیوچار بر فسفر اندام هوایی گندم

تجزیه واریانس داده‌ها برای بررسی اثر منابع تغییر بر پتاسیم اندام هوایی (جدول ۳)، اثر تیمار بر غلظت پتاسیم قابل دسترس را در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار نشان داد. میانگین غلظت پتاسیم قابل دسترس در تیمار خاک اصلاح شده با بیوچار (شکل ٦)، ۰/۲۳۱ بود که نسبت به تیمار خاک بدون بیوچار افزایش ۲٦/۲۲ درصدی داشت. بیوچار مانند بقیه عناصر، به دلیل میزان پتاسیم موجود در اجزاء خود، می‌تواند آن را به طور مستقیم در دسترس خاک و درنهایت گیاه قرار دهد. بیوچار می‌تواند به عنوان محلی براي انجام تبادلات یونی ایفاي نقش کند و مقدار زیادي از کاتیون‌ها را باند کند و از این طریق منبعی براي نگهداري عناصري مانند پتاسیم باشد. علاوه بر این ممکن است بخشی از این عناصر از فاز آلی وارد فاز معدنی شده و در نتیجه براي گیاه قابل دسترس شده باشند. همچنین این احتمال وجود دارد که بیوچار به طور غیرمستقیم و از طریق ترکیباتی مانند اسیدهاي آلی بر فراهمی عناصر همچون پتاسیم تأثیر گذاشته باشد (عرب بافرانی و همکاران، ۱۳۹۹). محققین در آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که با افزودن بیوچار به خاک، مقدار پتاسیم قابل دسترس در گیاه افزایش پیدا کرده است (یان و همکاران، ۲۰۲۱؛ چن و همکاران، ۲۰۲۰). ژانگ و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند که غلظت پتاسیم اندام هوایی در تیمار بیوچار بالاترین مقدار بود. عرب بافرانی و همکاران (۱۳۹۹) نیز به این نتیجه رسیدند که با افزودن بیوچار، غلظت پتاسیم قابل دسترس در اندام هوایی گیاه افزایش یافت.



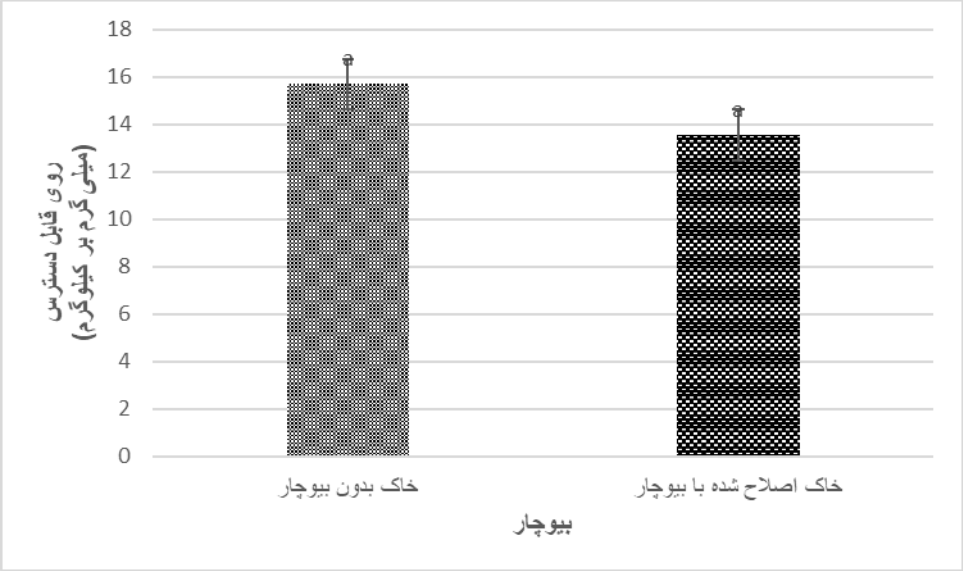
شکل۳- اثر بیوچار بر غلظت پتاسیم گیاه گندم

با توجه به اینکه غلظت آهن قابل دسترس در تیمار خاک اصلاح شده با میانگین غلظت ۲۳۷/۷۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش ۸/۰۶ درصدی داشت، اما هیچ اختلاف معنی‌داری بین تیمارها دیده نشد. علت معنی‌دار نشدن آهن گیاه در تحقیق حاضر می‌تواند ناشی از قابلیت دسترسی کم این عنصر در بیوچار باشد. کرمی و همکاران (۱۳۹۸)، در تحقیق خود تفاوت معنی‌داري بین مقادیر آهن در خاکهاي تیمار شده با سایر پسمانده‌هاي آلی و بیوچار آنها مشاهده نکردند.



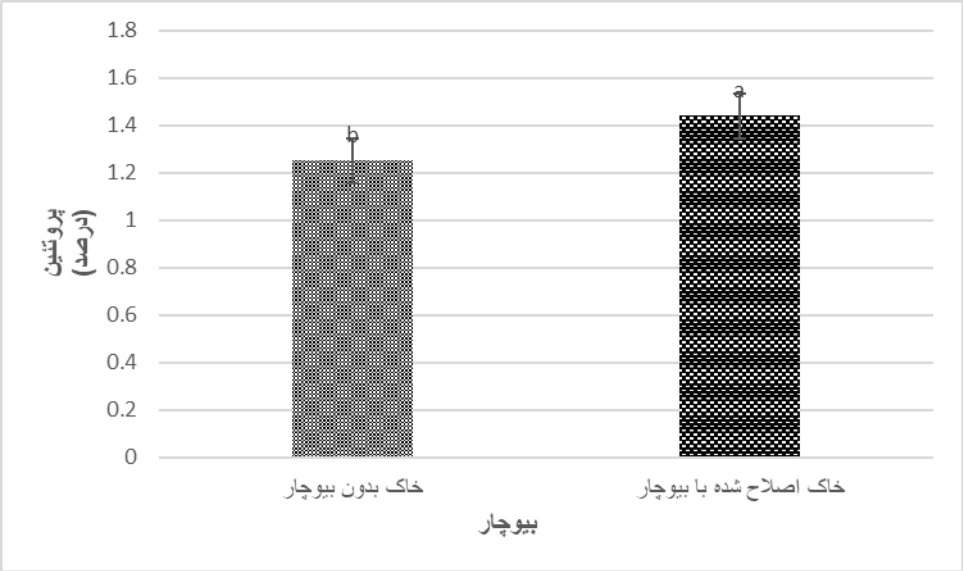
شک۴- اثر بیوچار بر غلظت آهن قابل دسترس گیاه گندم

طبق نتایج حاصل شده از جدول تجزیه واریانس، میزان روی قابل دسترس گیاه نیز با توجه به اینکه در خاک بدون بیوچار به میزان ۱۵ درصد بیشتر از خاک اصلاح شده توسط بیوچار است، اما اثر غیر معنی داری را نشان داد. علت معنی‌دار نشدن روی نیز همانند آهن گیاه، می‌تواند ناشی از قابلیت دسترسی کم این عنصر در بیوچار و تجزیه کند آن باشد.



شکل۵- اثر بیوچار بر غلظت روی قابل دسترس گیاه گندم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار بیوچار بر درصد پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). میانگین غلظت پروتئین در تیمار خاک اصلاح شده با بیوچار (شکل ٦)، ١/٤٤ بود که نسبت به تیمار خاک بدون بیوچار افزایش ۱۵ درصدی داشت. این امر به توانایی بیوچار در حفظ و نگهداری عناصر غذایی و جلوگیری از آبشویی آنها مرتبط است (موسانایی و همکاران، ۲۰۱۷). سبحانی و همکاران (۱۳۹۹)، در تحقیق خود به نتیجه رسیدند که بیوچار سبب افزایش میزان پروتئین در گیاه گندم شد.

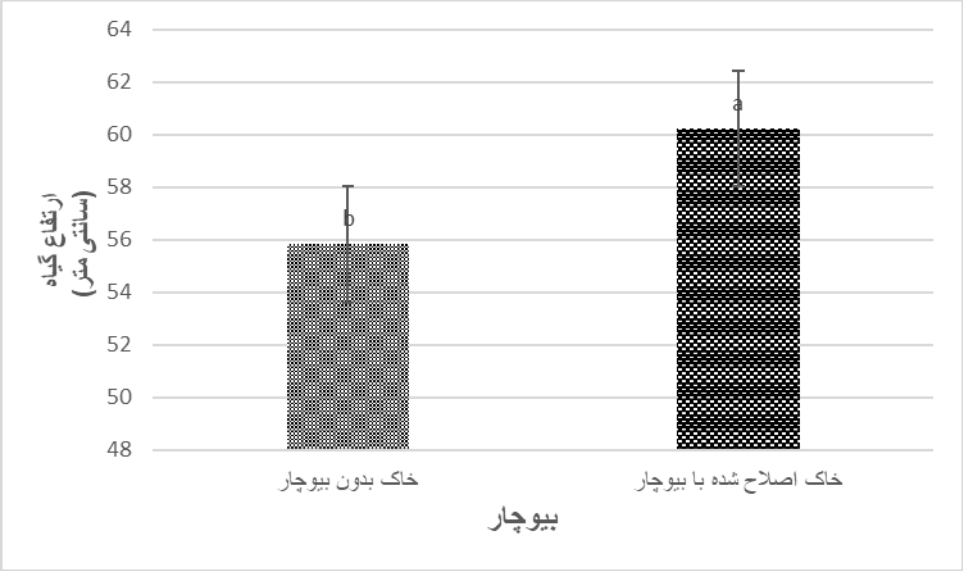


شکل۶- اثر بیوچار بر غلظت پروتئین گیاه گندم

بررسی اثر تیمارها بر خصوصیات رشدی گیاه

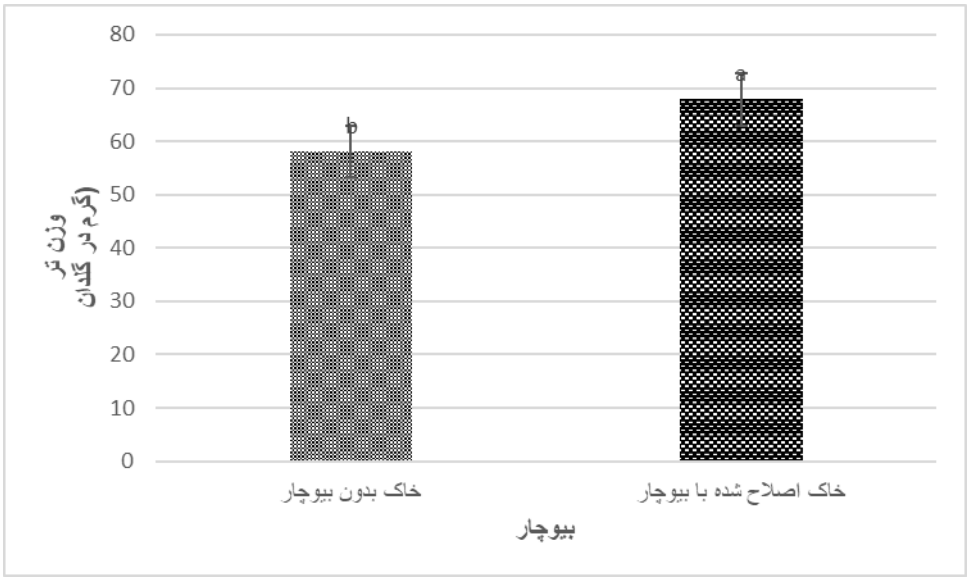
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، نشان داد که اثر ماده‌ی آلی بیوچار بر روی ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بوده است. با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار خاک اصلاح شده توسط بیوچار، با میانگین ارتفاع ٦٠/٢٥ سانتی‌متری، بیشترین میزان ارتفاع را به خود اختصاص داد و دارای افزایش ۷/۹ درصدی نسبت به شاهد بود. افزودن بیوچار به خاک به علت افزایش ماده آلی و عناصر مورد نیاز گیاه ازجمله نیتروژن، باعث افزایش رشد رویشی گیاه می‌شود (دهقانی و همکاران، ١٤٠١). از طرفی بیوچار علاوه بر دارا بودن حجم مواد مغذی، به علت سطح ویژه زیادی که دارد، سبب جلوگیری از هدررفت نیتروژن در خاک می‌شود، که در نهایت میزان عناصر

غذایی به ویژه نیتروژن در خاک را در طی آبیاری حفظ می‌کند (جمال و همکاران، ۲۰۱۶). نیتروژن از طریق تولید و انتقال هورمون سیتوکینین از ریشه به اندام‌های هوایی، با افزایش سرعت تقسیم سلولی، موجب بهبود رشد رویشی شده و از این طریق موجب افزایش ارتفاع بوته و همچنین سرعت رشد محصول می‌گردد (فاجریا و سانتوس، ۲۰۰۸). کوراکئو و همکاران (۲۰۱٤)، در تحقیق خود از سطوح مختلف بیوچار استفاده کردند و مشاهده کردند که سطوح پایین‌تر بیوچار باعث افزایش بیشتر ارتفاع گیاه نسبت به شاهد می‌شود. آبل و همکاران (۲۰۱۳)، گزارش کردند که بیوچار، منبعی مستقیم برای عناصر غذایی می‌باشند و فرآهمی عناصر غذایی به خاک می‌تواند از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و یا افزودن مستقیم عنصر از بیوچار به خاک افزایش یافته و باعث افزایش رشد رویشی گیاهان شود. جهان و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند که افزایش ارتفاع بوته در مقادیر بالای نیتروژن، به دلیل نقش نیتروژن در افزایش طول میان گره‌ها و بهبود فرآیند فتوسنتز و متابولیسم است.



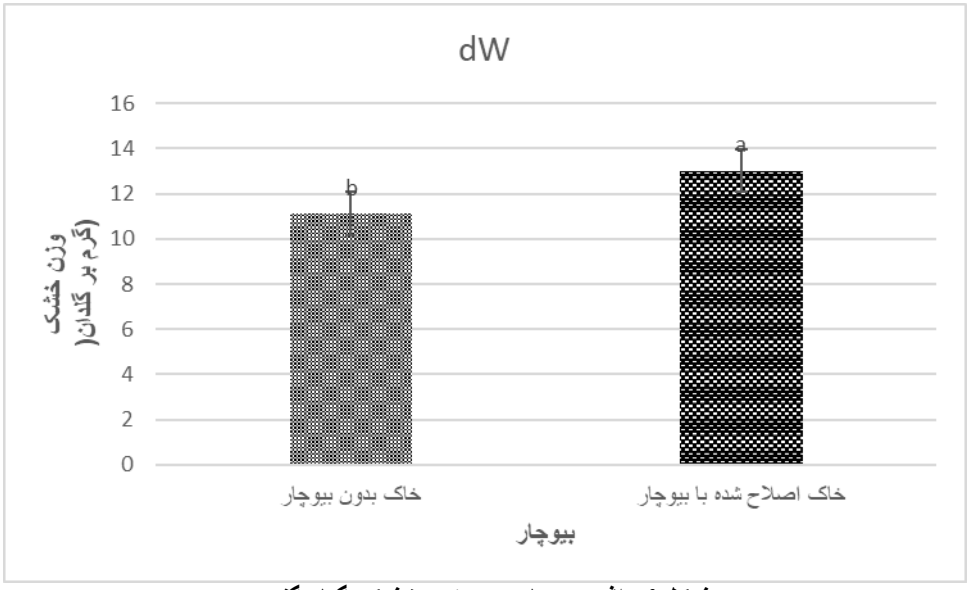
شکل۷- اثر بیوچار بر ارتفاع گیاه گندم

تجزیه واریانس داده‌ها برای بررسی اثر منابع تغییر بر وزن تر گیاه (جدول ۳)، اثر تیمار بر غلظت وزن تر گیاه را در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار نشان داد. همچنین طبق نمودار مقایسه میانگین (شکل ۸)، میزان وزن تر گیاه گندم در تیمار خاک اصلاح شده توسط بیوچار با غلظت ٦٧/٩٣٢ میلی گرم بر کیلوگرم، افزایش ١٦/٩٢ درصدی را نسبت به تیمار خاک بدون بیوچار نشان داد. این می‌تواند به دلیل قابلیت بیوچار در افزایش ظرفیت نگهداري آب در خاك، افزایش تخلخل خاك، جذب و حفظ مواد مغذي و ایجاد زیستگاهی مطلوب براي میکروارگانیسم‌هاي مفید در خاك باشد (لمان و همکاذان، ٢٠٠٦). گامارلداولا و همکاران (۲۰۱۷) و تانور و همکاران (۲۰۱۹) و عرب بافرانی و همکاران (۱۳۹۹) به نیز نشان دادند که کاربرد بیوچار باعث افزایش وزن گیاه تر نسبت به شاهد شد.



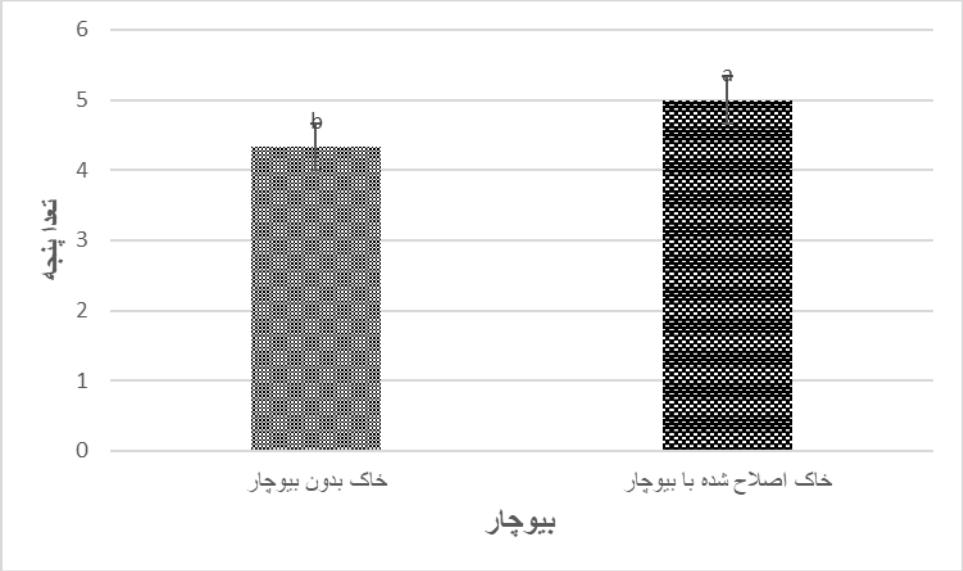
شکل۸- اثر بیوچار بر وزن تر گیاه گندم

همانطور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود، تاثیر بیوچار به عنوان ماده آلی به طور معنی‌داری سبب افزایش میزان وزن خشک در سطح ۵ درصد شده است. همچنین طبق نتایج برآورده شده از مقایسه میانگین در شکل ۹، تیمار خاک اصلاح شده توسط بیوچار، با میانگین وزن خشک ۱۳/۰۳ گرم در هرگلدان، سبب اختلاف بیشتر میانگین وزنی ۱/۹۰ گرم نسبت به تیمار بدون بیوچار شد. بیوچار از آنجایی که حاوی مواد آلی می‌باشد و می‌تواند عناصر غذایی و آب را مستقیماً در اختیار خاک و گیاه قرار دهد، در رشد و نمو و عملکرد گیاه موثر بوده، که خود این عامل در نهایت سبب افزایش وزن خشک گیاه می‌شود (دهقانی و همکاران، ۱۴۰۱). دونگ و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیق خود دریافتند که به کار بردن بیوچار سبب افزایش وزن خشک گیاه می‌شود. آنان بیان داشتند که اثرات مثبت بیوچار تا حد زیادي وابسته به قابلیت بیوچار در جمع‌آوري مواد مغذي خاك به واسطه سطح ویژه‌ي زیاد آن است. قربانی و امیر احمدی (۱۳۹۷)، به نتیجه رسیدند که با بکار بردن بیوچار اثر معنی‌داری در وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد ایجاد می‌شود.



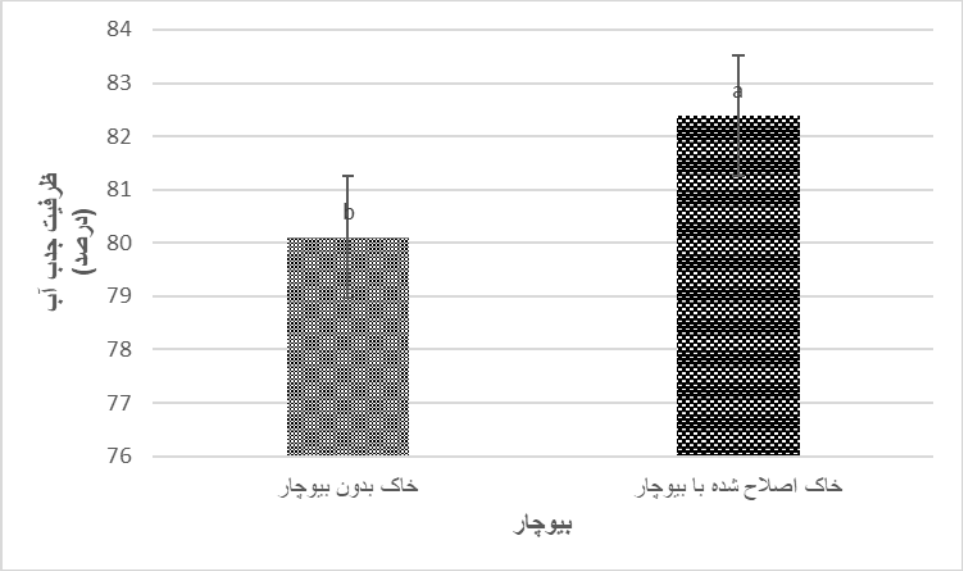
شکل۹- اثر بیوچار بر وزن خشک گیاه گندم

تاثیر افزودن بیوچار به خاک و اثرات مثبت آن در تعداد پنجه در شکل ۱۰ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بکار بردن بیوچار، تاثیر معنی‌داری در سطح احتمالی ۱ درصد بر تعداد پنجه داشته است. تیمار خاک اصلاح شده توسط بیوچار، با میانگین ٥، بیشترین تعداد پنجه را به خود اختصاص داد و دارای افزایش ۱٥/٤۷ درصدی نسبت به شاهد بود. اختایی و همکاران (۲۰۱٥)، اشاره کردند که بیوچار با بهبود خصوصیات فیزیکی خاك مانند تهویه، ظرفیت نگهداشت آب و افزایش توسعه ریشه و جذب سریع عناصر غذایی سبب افزایش تعداد پنجه شد. اما می‌توان گفت که در این تحقیق افزایش مقدار نیتروژن گیاه باعث افزایش تعداد بیشتر پنجه شد. بنابراین عنصر غذایی نیتروژن در خاك از لحاظ کمیت بیشتر شده و بعد از جذب توسط گیاه، شرایط مطلوب را برای افزایش تعداد پنجه فراهم آورده است. این نتایج توسط سایر محققان نیز مورد تأیید قرار گرفت (علی و همکاران، ۲۰۲۰؛ فلاحی و همکاران، ۲۰۱۸).



شکل۱۰- اثر بیوچار بر تعداد پنجه گیاه گندم

تاثیر افزودن بیوچار به خاک و اثرات مثبت آن در میزان ظرفیت نسبی آب برگ اندام هوایی گیاه در شکل ۱۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بکار بردن بیوچار، تاثیر معنی‌داری در سطح احتمالی ۱ درصد بر نیتروژن کل گیاه داشته است. تیمار خاک اصلاح شده توسط بیوچار، با میانگین ۸۲/۳۸ درصد، بیشترین میزان نیتروژن کل را به خود اختصاص داد و دارای افزایش ۲/۸۲ درصدی نسبت به شاهد بود. به نظر می‌رسد بیوچار با جذب و ذخیرهسازي آب در خاك، باعث بهبود محتواي نسبی آب در گیاه میشود (رحیمی و همکاران، ۲۰۱٦). فزایش ظرفیت نگهداري آب بهدلیل قابلیت جذب بالا و ساختار متخلخل بیوچار در خاك در مطالعات متعددي گزارش شده است (باسو و همکاران، ۲۰۱۳). این بدان معنی است که خاکهاي اصلاح شده با بیوچار توانایی بالاتري در نگهداري آب داشته و در طول دوره رشد گیاه وضعیت رطوبتی مناسبتري براي گیاه فراهم می‌آورند. این نتایج با یافته‌هاي گامارلداولا و همکاران (۲۰۱۷) و عرب بافرانی (۱۳۹۹) همخوانی دارد.



شکل۱۱- اثر بیوچار بر ظرفیت نسبی آب برگ گیاه گندم

نتیجه‌گیري

نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف بیوچار اصلاح شده در میزان آهن و روی گیاه اثر غیرمعنی‌داری را نشان می‌دهد. اگرچه با مصرف بیوچار میزان روی قابل دسترس کاهش یافت، اما بر میزان نیتروژن، فسفر، پتاس و پروتئین و همچنین بر میزان ارتفاع، وزن تر و خشک، تعداد پنجه و محتوای نسبی آب برگ اثرات مثبت و معنی‌دار را به همراه داشت. بنابراین، با توجه به اینکه بیشتر سطح کشور را اراضی خشک و نیمه خشک فرا گرفته و در این اراضی تجزیه سریع مواد آلی و کمبود آن در خاك یکی از مشکلات بخش کشاورزي و منابع طبیعی به حساب می‌آید، استفاده از بیوچار با توجه به ماندگاري بالاي آن در خاك و اصلاح آن با مواد معدنی جهت ارتقای اثرات آن، کاربرد آن در زمین‌هاي کشاورزي جهت تأمین مواد مغذی براي رشد گیاه و به عنوان اصلاح کننده براي بهبود خصوصیات شیمیایی خاك، می‌تواند راهکار مفیدي براي مدیریت پسماندهاي آلی باشد. بنابراین با در دسترس بودن مقادیر فراوان ضایعات زرشک و امکانات تهیه بیوچار و درنهایت گرانول آن، هم می‌توان از رهاشدن بلااستفاده ضایعات در طبیعت و افزایش آفات و بیماري‌ها جلوگیري کرد و هم با توجه به وضعیت اقلیمی ایران و کمبود شدید مواد آلی، می‌توان استفاده از بیوچار را به عنوان یک ماده آلی پایدار در خاك توصیه کرد.

مراجع

[۱] عرب بافرانی, ز؛ قانعی بافقی, م ج؛ شیرمردی، م. (۱۳۹۹). اثر بیوچار ضایعات شاخ و برگ درخت پسته بر خصوصیات رشدی گیاه گلرنگ. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار, ۱۰(۳), ۷۳-۹۴.

[۲] دهقانی,ر؛ جعفری, م؛ زارع چاهوکی, م ع؛ زارع, س؛, طویلی, ع؛ متشرع زاده، ب. (۱۴۰۱). بررسی اثر سطوح مختلف بیوچار طبیعی بر برخی از ویژگی‌های خاک، درصد جوانه‌زنی و عملکرد گیاه مرتعی اروشیا (Eurotia ceratoides). نشریه علمی-پژوهشی مرتع و آبخیزداری, ۷۵(۱), ۳۵-۵۰.

[۳] قربانی, م؛ امیراحمدی، ا. (۱۳۹۷). اثر بیوچار پوسته برنج بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و رشد ذرت در یک خاک لومی. پژوهش های خاک, ۳۲(۳), ۳۰۵-۳۱۸.

[٤] موسوی, مرعشی۲*, سید کیوان, بابایی نژاد. (۲۰۱۹). تاثیر کاربرد گوگرد و تیوباسیلیوس در بهبود خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گندم (Triticum aestivum L.) در اراضی خوزستان. دوفصلنامه ی علوم به زراعی گیاهی, ۹(۲), ۹۷-۱۰۶.

[۵] کرمی, یثربی, صفرزاده شیرازی, رونقی, & قاسمی فسائی. (۲۰۱۹). مقایسه اثر چند ماده آلی و بیوچار آن‌ها بر برخی ویژگی‌های خاک. پژوهش های خاک, ۳۳(۳), ۴۰۱-۴۱۴.

[1] Akhtar, S. S., Anderson, M. N., and Liu, F. 2015. Residual effects of biochar on improving growth. Physiology and yield of wheat under salt stress. Agricultural Water Management. 158:61- 68.

[2] Ali, I., He, L., Ullah, S., Quan, Z., Wei, S., Iqbal, A., Munsif, F., Shah, T., Xuan, Y., Luo, Y., Tianyuan, L., and Ligeng, J. (2020). Biochar addition coupled with nitrogen fertilization impacts on soil quality, crop productivity, and nitrogen uptake under double-cropping system. Food and Energy Security 9(3), 1-20.

[3] Dong, D., Q. Feng, K. McGrouther, M. Yang, H. Wang, W. Wu. 2015. Effects of biochar amendment on rice growth and nitrogen retention in a waterlogged paddy field. Journal of Soils and Sediments, 15:153–162.

[4] Rostamizadeh, E., Iranbakhsh, A., Majd, A., Arbabian, S., & Mehregan, I. (2021). Physiological and molecular responses of wheat following the foliar application of Iron Oxide nanoparticles. International Journal of Nano Dimension, 12(2), 128-134.

[5] Lai, L., Ismail, M. R., Muharam, F. M., Yusof, M. M., Ismail, R., and Jaafar, N. M. (2017). Effect of rice straw biochar and nitrogen fertilizer on rice growth and yield. Asian Journal of Crop Science. 9(4), 159-166.

[6] Widowati, W. H. 2012. The effect of biochar on the growth and N fertilizer requirement of Maize (Zea mays) in green house experiment. Journal of Agricultural Science 4 (5): 256-262.

[7] Parewa, H.P., M. Ram, L.K. Jain, and A. Chaudhary. 2018. Residual effect of organic nutrient management practices on growth and yield of sesame (Sesamum indicum L.). Int. J. Chem. Stud. 6(4): 2340-2342.

[8] Aslam, Z., Khalid, M., and Aon, M. 2014. Impact of biochar on soil physical properties. Scholarly Journal of Agricultural Science 4 (5): 280-284.

[9] Dong, D., Q. Feng, K. McGrouther, M. Yang, H. Wang, W. Wu. 2015. Effects of biochar amendment on rice growth and nitrogen retention in a waterlogged paddy field. Journal of Soils and Sediments, 15:153–162.

[10] Mahmood, F., I. Khan, U. Ashraf, T. Shahzad, S. Hussain, M. Shahid, M. Abid, and S. Ullah. 2017. Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physico-chemical properties. J. Soil Sci. Plant Nutr. 17 (1): 22-32.

[11] Wang, L., Ok, Y. S., Tsang, D. C., Alessi, D. S., Rinklebe, J., Mašek, O., ... & Hou, D. (2022). Biochar composites: Emerging trends, field successes and sustainability implications. Soil Use and Management, 38(1), 14-38.

[12] Maroušek, J., Kolář, L., Strunecký, O., Kopecký, M., Bartoš, P., Maroušková, A., et al., (2020). Modified biochars present an economic challenge to phosphate management in wastewater treatment plants. Journal of Cleaner Production. 272, 123015.

[13] Mosanaei, H., Ajamnorozi, H., Dadashi, M.R., Faraji, A., and Pessarakli, M. 2017. Improvement effect of nitrogen fertilizer and plant density on wheat (Triticum aestivum L.) seed deterioration and yield. Emirates Journal of Food and Agriculture. 29(11): 899-910.

[14] Xiongfang An, Zhansheng Wu, Junzhi Yu, Giancarlo Cravotto, Xiaochen Liu, Qing Li, and Bing Yu. "Copyrolysis of biomass, bentonite, and nutrients as a new strategy for the synthesis of improved biochar-based slow-release fertilizers." ACS Sustainable Chemistry & Engineering 8, no. 8 (2020): 3181-3190.

[15] Singh, B., Camps-Arbestain, M., & Lehmann, J. (Eds.). (2017). Biochar: a guide to analytical methods. Csiro Publishing.

[16] Bremner, J.M., (1996). Nitrogen-total: 1085-1121. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. and Sumner, M.E., (Eds.). Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, 1390p.

[17] Tu, C., and Ma, L.Q. (2005). Effects of arsenic on concentration and distribution of nutrients in the fronds of the arsenic hyperaccumulator Pteris vittata L. Environmental Pollution. 135: 333-340.

[18] Bremner, J.M., (1996). Nitrogen-total: 1085-1121. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. and Sumner, M.E., (Eds.). Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, 1390p.

[19] Leng, L., Xu, X., Wei, L., Fan, L., Huang, H., Li, J., Zhou, W., 2019. Biochar stability assessment by incubation and modelling: methods, drawbacks and recommendations. Sci. Total Environ. 664, 11–23.

[20] International Biochar Initiative (IBI), 2015. Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil, IBI biochar standards.

[21] Fawzy, S., Osman, A.I., Yang, H., Doran, J., Rooney, D.W., 2021. Industrial biochar systems for atmospheric carbon removal: a review. Environ. Chem. Lett. 19, 3023–3055.

[22] Vahidi, M. J., Zahan, M. H. S., Atajan, F. A., & Parsa, Z. (2022). The effect of biochars produced from barberry and jujube on erosion, nutrient, and properties of soil in laboratory conditions. Soil and Tillage Research, 219, 105345.

[23] Jemal, K., and Abebe, A. (2016). Determination of bio-char rate for improved production of Lemmon grass. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 4 (2), 149- 157.

[24] Mandal, S., Donner, E., Smith, E., Sarkar, B., & Lombi, E. (2019). Biochar with near-neutral pH reduces ammonia volatilization and improves plant growth in a soil-plant system: A closed chamber experiment. Science of The Total Environment, 697, 134114.

[25] Chen, H., Yang, X., Wang, H., Sarkar, B., Shaheen, M. S., Gielen, G., Bolan, N., Guo, J., Che, L., Sun, H., & Rinklebe, J. (2020). Animal carcass- and wood-derived biochars improved nutrient bioavailability, enzyme activity, and plant growth in metal-phthalic acid ester cocontaminated soils: A trial for reclamation and improvement of degraded soils. Journal of Environmental Management, 261, 110246.

[26] Yan, P., Shen, C., Zou, Z., Fu, J., Li, X., Zhang, L., Zhang, L., Han, W., & Fan, L. (2021). Biochar stimulates tea growth by improving nutrients in acidic soil. Scientia Horticulturae, 283, 110078.

The effectiveness of biochar in improving growth characteristics and chemical composition of wheat plant

Mohsen Ahmadi darmian[1*], Reza Khorasani[2], Majid Forouhar[3]

[1*]MSC. Student, Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

[2]Assistant professor, Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

[3]Assistant professor of Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

Abstract

Subject: The subject of this research is to investigate the chemical and growth characteristics of wheat plants under the influence of biochar produced from barberry shoots in arid and semi-arid regions.

Background and Objectives: Nowadays, population increase along with severe changes in environmental and climatic factors have severely threatened food security and brought economic instability, poverty and hunger. In order to solve this problem, food security must be provided, which will increase the productivity of agricultural products and the food needs of humans. In this regard, the existence of organic materials is very important. Biochar is one of the very useful organic materials that has attracted the attention of farmers today. Since biochar causes nutrient elements to grow and increase the yield of plants, therefore, in this research, we tried to investigate its beneficial effects on growth and chemical properties of wheat plant.

Materials and methods: After pruning and collecting, barberry branches were subjected to pyrolysis in a biochar production machine at a temperature of 400 to 450 degrees Celsius for 2 hours and turned into biochar. Then raw biochar was mixed with bentonite to increase its effects on plants. Finally, its effects on the concentration of nitrogen, phosphorus, potash, iron, zinc and protein elements, as well as on the height, fresh and dry weight, number of claws and relative water content of plant leaves were investigated. Data variance analysis and mean comparison test were performed using JMP software.

Results: The results showed that the effect of biochar on the amount of iron and zinc elements was insignificant and on the amount of nitrogen, phosphorus, potash and protein as well as on the amount of height, fresh and dry weight, number of claws and the relative water content of leaves was positive and significant.

***Keywords*:** Biochar, bentonite, biomass, barberry, wheat