تأثیر گرانول بیوچار حاصل از شاخساره زرشک بر خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه در یک خاک آهکی

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

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

۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، نویسنده مسئول 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 تعیین خصوصیات شیمیایی بیوچار تولید شده از هرس شاخساره های زرشک و بررسی تاثیر آن بر برخی پارامترهای شیمیایی خاک، رشد گندم و برخی پارامترهای گیاهی آن می‌باشد.

سابقه و هدف: با توجه به اینکه بیشتر سطح کشور را اراضی خشک و نیمه خشک فرا گرفته و در این اراضی PH بالا و کمبود مواد آلی و تجزیه سریع آن در خاک یکی از مشکلات بخش کشاورزی و منابع طبیعی به حساب می آید. تولید بیوچار و استفاده از آن در زمین‌های کشاورزی جهت تأمین مواد آلی و برای بهبود خصوصیات خاک، می‌تواند راهکار مفیدی برای مدیریت پسماندهای آلی باشد. از طرفی با توجه به مشکلات بیوچار از جمله تنفس و نحوه پخش آن در خاک، گرانوله کردن جهت رفع مشکلات و ارتقای اثربخشی آن، می‌تواند استراتژی جدیدی به عنوان کود مطرح شود.هدف از این تحقیق، بررسی اثر گرانول بیوچار شاخساره زرشک بر خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه در خاک آهکی می‌باشد.

مواد و روش: سرشاخه های شاخه های زرشک بعد از هرس و جمع‌آوری، در دستگاه تولید بیوچار در دمای ۴۰۰ تا ۴۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت در معرض پیرولیز قرار گرفته و به بیوچار تبدیل شدند. سپس با مقدار معینی بنتونیت مخلوط و با استفاده از دستگاه گرانول ساز به صورت گرانوله درآمدند. در یک کشت گلدانی بیوچار گرانوله به خاک اضافه شد و اثر آن بر غلظت NPK در خاک و گیاه و همچنین وزن خشک گیاه گندم مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد که اثر بیوچار بر پتاسیم خاک غیرمعنی‌دار و بر میزان نیتروژن و فسفر خاک و همچنین وزن خشک گیاه، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه مثبت و معنی‌داری بود.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، بنتونیت، زیست‌توده، زرشک، کود گرانول، گندم

۱- مقدمه

خاک‌های متاثر از خشکی، شوری و آهک حدود یک‌سوم از اراضی سطح جهان را شامل شده و غالباً در مناطقی با بارندگی سالانه کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر یافت می‌شود (خوش‌گفتارمنش، ۱۳۹۲). آهکی بودن خاک، با برهم‌زدن تعادل عناصر غذایی اختلالات تغذیه‌ای گیاه را تشدید می‌کند و جذب عناصر گیاهان را کاهش می‌دهد و درنهایت سبب افت عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (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 (Triticum aestivum L.) یکی از مهمترین غلات پرمصرف دنیا، ۶۰ 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 کودهای 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، ۲۰۱۴). لیانگ و همکاران (۲۰۰۶)، نیز گزارش کردند که بخش عمده مواد حاصل از افزودن کودهای دامی، مالچ‌های گیاهی، کشت گیاهان پوششی و برگرداندن بقایای گیاهی به خاک در مقابل تجزیه میکروبی پایدار نبوده و به سرعت تجزیه شده و از خاک خارج می‌گردد. در پی افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش پسماندهای آلی، فراوری و استفاده مجدد از این پسماندها در واحدهای مصرف کننده از اهمیت ویژه‌ای برخودار است. یکی از این واحدهای مصرف کننده، بخش کشاورزی است که می‌تواند از برخی پسماندهای آلی به عنوان کود آلی استفاده نموده و سبب کاهش هزینه‌های مربوط به خرید نهاده‌های شیمیایی و کاهش مشکلات زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی ناشی از این پسماندها شود. نسبت C/N بالای برخی از این پسماندها سبب افزایش استفاده از کودهای نیتروژنه و هدررفت این کودها می‌گردد (محمود و همکاران، ۲۰۱۷). یوان و همکاران (۲۰۱۱)، اشاره کردند که کاربرد مستقیم این مواد در اراضی کشاورزی می‌تواند تولید مواد سمی و پاتوژن‌ها را به همراه داشته باشد، لذا بایستی این مواد به محصولات پایدار و بی‌ضرر تبدیل شوند. یکی از پسماندهای کشاورزی که از دیرباز در شرق کشور هرساله درحال افزایش است، شاخه‌های هرس شده درختان زرشک بعد از برداشت محصول می‌باشد. زرشک (Berberis vulgaris L.) از خانواده Berberidaceae در استان خراسان واقع در شرق ایران، بسیار شناخته شده است (حسینی هاشم و همکاران، ۲۰۱۶). کل سطح زیرکشت در ایران در سال ۱۳۹۶ مقدار ۱۶۰۰۷ هکتار گزارش شده که بیش از ۱۴۷۰۰ هکتار آن در خراسان جنوبی کشت می‌شود (افشین و همکاران، ۱۴۰۱). هرساله در اواخر تابستان، بعد از برداشت، قسمت‌های مختلف آن از جمله ریشه، برگ و میوه آن به عنوان مواد خوراکی و دارویی استفاده می‌شود (افشین و همکاران، ۱۴۰۱). اما چوب و شاخساره‌ها به دلیل عدم کاربرد آن (قوی پنجه و فتحی‌نسری، ۱۳۹۹)، بدون هیچ برنامه خاصی در محیط آزاد می‌شود که خطرات زیست محیطی درپی خواهد داشت. اخیراً استفاده از بیوچار به عنوان منبع تأمین کننده مواد آلی برای رشد گیاه و اصلاح و بهبود

خصوصیات خاک مطرح شده است (زهدی، ۲۰۲۰). سرمستی و ارشدی (۱۴۰۱)، گزارش کردند که ضایعات کشاورزی به دلیل داشتن توانایی فراهم نمودن موادغذایی مورد نیاز گیاهان مانند کربن، نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم دارای مزایای کشاورزی زیادی هستند و اگر این ضایعات برای تولید زغال زیستی استفاده شوند می‌تواند از استفاده بی رویه کودهای شیمیایی و تخلیه شدن محتوی کربن آلی خاک جلوگیری کند. تبدیل زیست توده به یک ترکیب کربنی برای اصلاح خاک تخریب شده روزانه در حال افزایش است (کریمی و همکاران، ۲۰۲۰). بیوچار به طور مثبتی بر خواص خاک و افزایش نگهداری آب، 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 می‌دهد. بیوچار به حذف شوری خاک و بنابراین به در دسترس بودن مواد مغذی کمک می‌کند و منجربه عملکرد بالاتر می‌شود (آخیل و همکاران، ۲۰۲۱). بیوچار همچنین می‌تواند به طور بالقوه بیماری‌ها و آفات مزرعه را حذف یا مدیریت کند. بر اساس برخی برآوردها، استفاده از بیوچار در مقیاس جهانی ممکن است انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا ۱۲ درصد کاهش دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱). نشان داده شده است که عملکرد گندم و Mischanthus با افزودن بیوچار افزایش می‌یابد (چن و همکاران، ۲۰۰۸). استحکام مکانیکی ضعیف و طبیعت گرد و غباری بیوچار، علاوه بر اینکه مصرف خاکی آن را در مقیاس مزرعه‌ای بدشوار می‌سازد، مشکلات زیست محیطی و تنفسی را نیز به وجود می‌آورد (محمدی، ۲۰۲۱). 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. از طرفی، تغییر شکل پودر بیوچار به گرانول نه تنها می‌تواند مشکلات بکارگیری را برطرف کند، بلکه به طور بالقوه بازارپسندی و جذابیت آن را برای مصرف کننده افزایش می‌دهد. بنابراین، تحقیق در مورد دانه‌بندی بیوچار یک گام مهم برای ارزیابی پتانسیل بیوچار به عنوان یک اصلاح کننده خاک محسوب می‌شود (جوتائوتیئن و همکاران، ۲۰۲۱). اندازه ذرات بیوچار نیز ممکن است بر خواص شیمیایی خاک تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، ذرات بیوچار ریزتر می‌توانند PH و ظرفیت آهکی بالاتری نسبت به ذرات درشت بیوچار داشته باشند (لیائو و همکاران، ۲۰۲۲). اغلب مطالعات صورت گرفته در خصوص اثرات کاربرد بیوچار خام بر خصوصیات خاک و رشد گیاهان در خاک‌های اسیدی مناطق پرباران یا خاک‌های قلیایی مناطق نیمه مرطوب انجام شده است. اما در خصوص اثرات کاربرد بیوچار گرانوله در خاک‌های قلیایی مراتع مناطق خشک و نیمه خشک مطالعه چندانی انجام نشده است. لذا در این تحقیق اثرات بیوچار گرانول شده با بنتونیت بر خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه گندم در یک خاک آهکی و قلیایی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد وروش

این آزمایش در مهرماه سال ۱۴۰۱ به صورت کشت گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و دو تیمار شاهد(خاک تنها) 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 بیوچارهای در حال شکل گیری 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 گرانول بیوچار ابتدا بیوچار خام در اندازه بین ۰/۵-۱ میلی‌متر الک شدند سپس به آرامی داخل دستگاه گرانول ریخته شد. بعد از این مرحله سرعت دستگاه را به مدت ۱۲ دقیقه تنظیم کرده و چسب را از طریق اسپری نیمه اتوماتیک فشاری با قابلیت درجه‌بندی، به داخل دستگاه اسپری شد. در انتها کود گرانول 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 ۴ کیلوگرم خاک را داخل گلدان ریخته و بعد از فشرده کردن خاک، کودهای گرانول 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 ۴ بوته کاهش یافت. کلیه گلدان‌ها تا انتهای مرحله رویشی به مدت ۶۵ روز در فواصل ۲ تا ۳روزه 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. نمونه ها بعد از شستشو، ابتدا در مجاورت هوا در آزمایشگاه و سپس در داخل آون با دمای ۶۵ درجه تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد (تو و لنا، ۲۰۰۵). بافت‌های خشک شده آسیاب شدند و از الک ۱ میلی‌متری ضد زنگ عبور داده و در نهایت در ویال های پلاستیکی برای انجام آزمایشات شیمیایی نگهداری شدند (قشلاقی و همکاران، ۲۰۲۳). غلظت پتاسیم (امامی، ۱۳۷۵) با دستگاه فلیم‌فتومتر، غلظت فسفر به روش رنگ سنجی زرد آمونیوم مولیبدات وانادات با دستگاه اسپکتروفتومتر (استفان و همکاران، ۲۰۱۳)، غلظت نیتروژن با روش کجلدال (برمنر، ۱۹۹۶) اندازه‌گیری شد. برای تهیه نمونه خاک بع از برداشت گیاه، گلدان‌ها به آرامی برعکس و تمامی خاک‌های داخل آن تخلیه شد. سپس نمونه را به سه قسمت مساوی تقسیم کرده و قسمت میانی (۵-۱۰ سانتی متری) را برش داده شد و از این قسمت با مقدار وزن حدود ۱ کیلوگرم، برداشت شد. فسفر قابل جذب به روش اولسن (اولسن و سامرز، ۱۹۸۲)، نیتروژن کل به روش کجلدال (برمنر، ۱۹۹۶)، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات‌آمونیوم و قرائت با فلیم فتومتر (جونز، ۲۰۰۱) اندازه‌گیری شد. تجزیه

واریانس داده‌ها و آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده 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 (جدول۱).

جدول۱- برخی خصوصیات فیزیکی وشیمایی خاک مورد مطالعه

PH گل اشباع	EC گل اشباع	OC (%)	$CaCO_3$ (%)	N کل (%)	P قابل دسترس (mg/kg)	K قابل دسترس (mg/kg)	Zn قابل دسترس (mg/kg)	Fe قابل دسترس (mg/kg)	بافت خاک	FC (%)
۷/۵	۰/۷۵	۰/۵	۱۸/۵	۰/۰۵	۷	۸۶	۰/۶۴	۱/۹۷	Sandy Loam	۱۴/۵

مقایسه خصوصیات شاخساره هرس شده زرشک (زیست توده) و بیوچار تولید شده از آنها (جدول ۲ و ۳) نشان می‌دهد که بیوچار نسبت به زیست توده، دارای مقدار بیشتری هدایت الکتریکی، pH، کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و مقدار کمتری اکسیژن و هیدروژن هستند. نتایج مشابهی در تحقیق وحیدی و همکاران (۲۰۲۲) نیز مشاهده شده است. با تبدیل زیست توده به بیوچار، میزان کربن حدود ۲۷/۶۴ درصد افزایش و مقدار هیدروژن حدود ۷۰/۹۴ درصد کاهش یافته است. نسبت مولی هیدروژن به کربن (H/C) در زیست توده ۱/۳۰ است که در بیوچار آن به دلیل پیرولیز به ۰/۵۰ کاهش می‌یابد. نسبت H/C پایین، نشان دهنده وجود کربن آروماتیک بیشتر و در نتیجه پایداری و مقاومت بیشتر در برابر تجزیه است (لنگ و همکاران، ۲۰۱۹). بیوچار باید دارای نسبت مولی H/C <0.7 باشد تا تعریف بیوچار تایید شود (وحیدی و همکاران، ۲۰۲۲). 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، ۰/۷ است (International Biochar Initiative (IBI)، ۲۰۱۵). نسبت $H/C \leq 0.7$ در هر بیوچاری بیانگر آن است که با اطمینان ۹۵ درصد، پس از ۱۰۰ سال، ۵۰ درصد کربن بیوچار می‌تواند در خاک باقی بماند (جیندو و سونوکی، ۲۰۱۹). مقادیر H/C بین ۰/۴ و ۰/۷ و کمتر از ۰/۴ به ترتیب برای توصیف حالت‌های پایدار و بسیار پایدار کربن در بیوچار استفاده می‌شود (فاوزی و همکاران، ۲۰۲۱؛ وحیدی و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، با در نظر گرفتن مقدار عددی ۰/۵۰ برای نسبت مولی هیدروژن به کربن بیوچار حاصل از شاخساره های زرشک، می‌توان نتیجه گرفت که کربن موجود در این بیوچار نسبت به مواد اولیه (زیست توده) پایدارتر و مقاوم‌تر می‌باشد.

جدول۲- برخی خصوصیات زیست توده

Oxygen (%)	Hydrogen (%)	Ca (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	N کل (%)	OC (%)	EC	PH
۲۲	۵/۸۵	۳۹۱۴/۶۶	۲۴۶۵/۴۱	۸۰۷/۱۸	۰/۷۰	۵۳/۹۰	۶/۹	۷/۵۰

جدول۳- برخی خصوصیات بیوچار

AB[۲] (%)	BP[۱] (%)	Oxygen (%)	Hydrogen (%)	Ca (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	N کل (%)	OC (%)	EC	PH
۷/۰۹	۳۳	۱۰	۲/۹۱	۶۶۰۵/۰۶	۵۳۶۵/۶۴	۱۶۰۷/۵۶	۱/۱۳	۶۸/۸۰	۴/۳۲	۸/۵

جدول۴- برخی خصوصیات بنتونیت

SP (%)	V (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Fe_2O_3 (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Na_2O (%)	MgO (%)	Cao (%)	K2O (%)	P_2O_5 (%)
۶۲۲	۴۳	۱	۱۱	۲/۵۶	۲۸	۲/۳۴	۲/۹۴	۰/۳۶	۱/۴۷	۰/۰۳

جدول۵- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در خاک و گیاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	تعداد متوسط پنجه	نیتروژن گیاه	فسفر گیاه	پتاسیم گیاه	نیتروژن خاک	فسفر خاک	پتاسیم خاک
تیمار	۱	۹/۹۰۷**	۰/۳۷۵ns	۰/۰۰۲۱**	۰/۰۰۱۶**	۰/۰۰۳۴**	۰/۲۶۶*	۱۴/۹۲۴*	۱/۴۵۸ns
خطا	۴	۰/۲۵۷	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰۳۶	۰/۳۳۳	۱/۲۴۵	۰/۳۲۴
cv		۴/۳۲۳	۶/۲۹۸	۲/۳۹۱	۲/۳۶۷	۲/۹۰۲	۲/۶۲۴	۷/۰۱۸	۱/۳۲۱

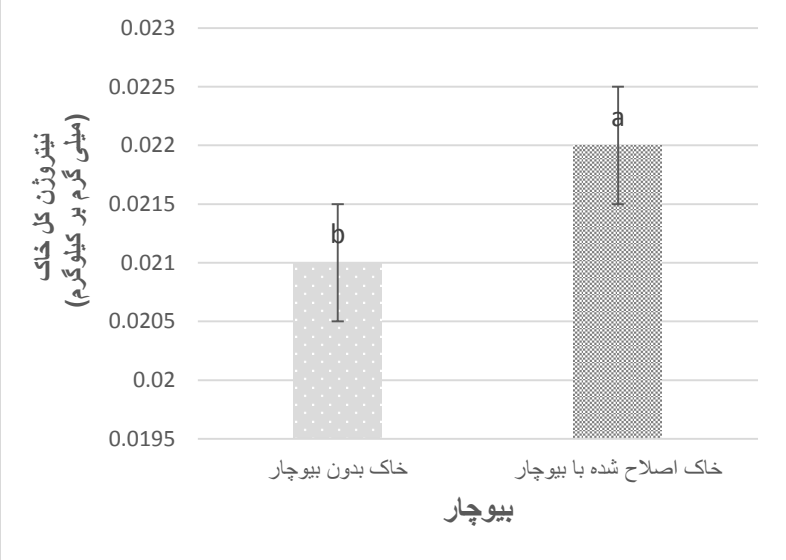
ns، **و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

بررسی اثر تیمارها بر پارامترهای خاکی

تجزیه واریانس داده‌ها برای بررسی اثر منابع تغییر بر نیتروژن کل خاک (جدول ۵)، اثر تیمار بر غلظت نیتروژن خاک را در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشان داد. همچنین طبق نمودار مقایسه میانگین (شکل ۱)، میزان نیتروژن کل

[1] biochar performance
[2] ash biochar

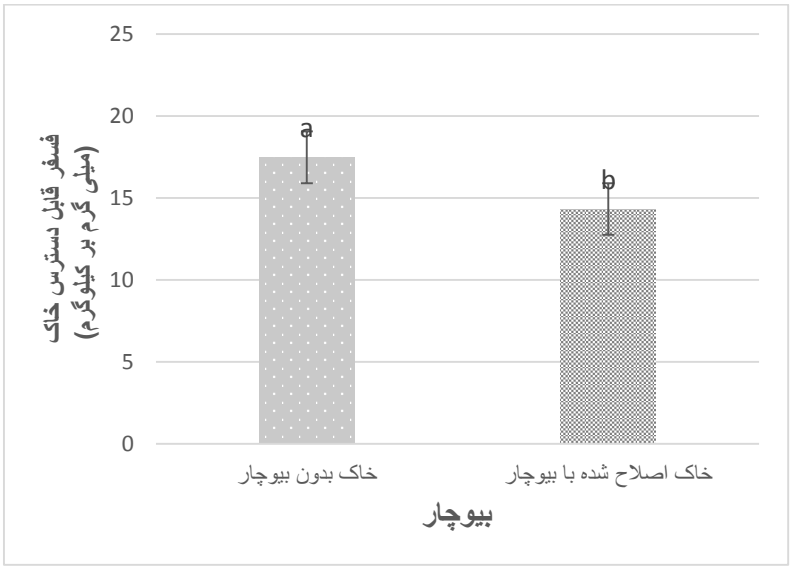
خاک در تیمار خاک اصلاح شده توسط بیوچار با غلظت ۰/۰۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم، افزایش ۴/۷ درصدی را نسبت به تیمار خاک بدون بیوچار نشان داد. دلیل افزایش درصد نیتروژن خاک در تیمار حاوی بیوچار را می‌توان به قدرت بالای آن در نگهداری عناصر غذایی و جلوگیری از آبشویی نیتروژن نسبت داد (جمال و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین وجود منافذ زیاد و سطح ویژه بالا در بیوچار موجب افزایش قدرت تبادل کاتیونی و افزایش عناصر غذایی در تیمارهای حاوی بیوچار می‌شود (جمال و آببه، ۲۰۱۶). از طرفی اغلب واکنش‌های مرتبط با چرخه عناصر در خاک توسط میکروارگانیسم‌ها کنترل می‌شوند. تیمار خاک با بیوچار جامعه میکربی خاک را تغییر می‌دهد و میزان فعالیت آن را تشدید می‌کند (احسانی و همکاران، ۲۰۲۱). درواقع محققان استفاده از بیوچار را یکی از مهمترین روش‌های مدیریتی برای تنظیم وضعیت نیتروژن در خاک دانسته‌اند (لمان و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین افزایش معنی‌دار در میزان نیتروژن کل خاک‌های تیمار شده بیانگر نظر فوق است. گزارش‌های زیادی مبتنی بر تاثیر بیوچار بر افزایش درصد نیتروژن در خاک وجود دارد (فوستر و همکاران، ۲۰۱۶؛ نجوکو و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج نشان داد که بیوچار در سطح احتمال ۵ درصد بر نیتروژن خاک تاثیر مثبتی گذاشت (عباس پور و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل۱- اثر بیوچار بر نیتروژن کل خاک

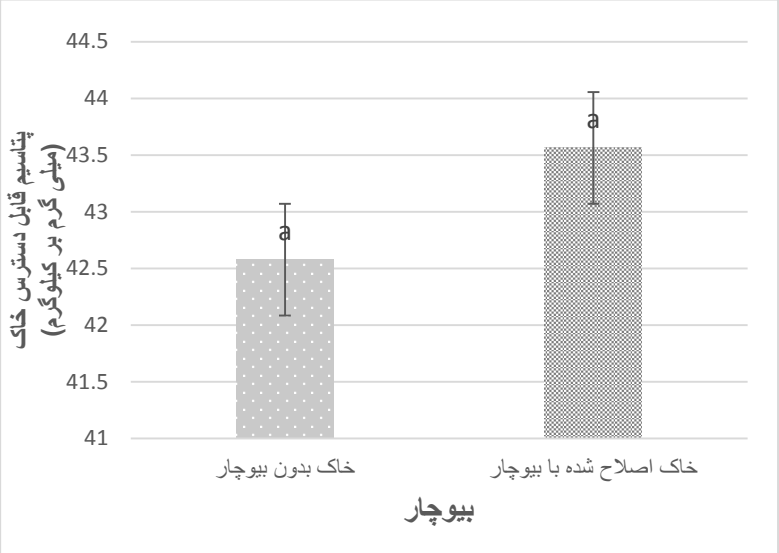
مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵)، اثر تیمار بر فسفر قابل دسترس خاک در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها ساده، مشاهده شد که خاک بدون بیوچار با میانگین غلظت ۱۷/۴۷ میلی گرم بر کیلوگرم، افزایش ۲۱/۹۹ درصدی در میزان فسفر قابل دسترس نسبت به خاک اصلاح شده با بیوچار داشتند. علت کاهش میزان فسفر خاک در تیمار حاوی بیوچار می‌تواند ناشی از PH بالای بیوچار مورد استفاده باشد که باعث فاصله گرفتن آن از محدوده حداکثر قابلیت دسترسی فسفر (PH=6.5) و کاهش قابلیت دسترسی آن می‌شود. از طرفی با توجه به اینکه بیوچار می‌تواند با کاتیون‌های خاک، پیوند برقرار کرده و باعث تغییر در غلظت آنها در خاک شود (گائو و همکاران، ۲۰۱۹)، بنابراین می‌توان گفت که فسفر موجود در خاک توسط بیوچار جذب شده باشد (نلسون و همکاران،

۲۰۱۱). چنین نتایج متفاوتی می‌تواند به دلیل تفاوت در حجم مواد مغذی موجود در بیوچار و آزاد شدن آنها در محلول خاک باشد، که به دلیل تفاوت در مواد اولیه و نسبت C/N است (تامچیک و همکاران، ۲۰۲۰). یائو و همکاران (۲۰۱۷)، به این نتیجه رسیدند که با اضافه کردن بیوچار میزان نیتروژن کل خاک افزایش و فسفر قابل دسترس خاک کاهش پیدا کرد. همچنین، تحقیق دیگری به این نتیجه رسیده است که استفاده از بیوچار به تنهایی یا مخلوط با کود نیتروژن، بر حجم مواد مغذی خاک، مانند N و P تأثیر نمی‌گذارد (مکلنون و همکاران، ۲۰۲۰). خادم و همکاران (۱۳۹۶)، نشان دادند که با اضافه کردن بیوچار، میزان فسفر خاک در خاک شنی ۷۵/۶ درصد کاهش پیدا کرد.



شکل۲- اثر بیوچار بر فسفر قابل دسترس خاک

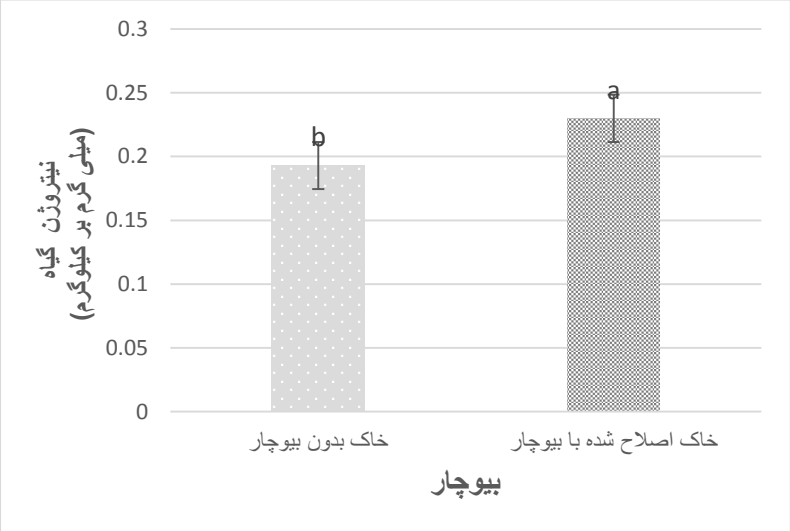
با توجه به اینکه غلظت پتاسیم قابل دسترس در تیمار خاک اصلاح شده با میانگین غلظت ۴۳/۵۶ افزایش ۲/۳ درصدی داشت، اما هیچ اختلاف معنی‌داری بین تیمارها دیده نشد. علت معنی‌دار نشدن پتاسیم خاک در تحقیق حاضر احتمالاً به دلیل جذب سریع و بیشتر پتاسیم توسط گیاه یا تعادلات شیمیایی توسط میکروارگانیسم‌های خاک می‌باشد.



شکل۳- اثر بیوچار بر پتاسیم قابل دسترس خاک

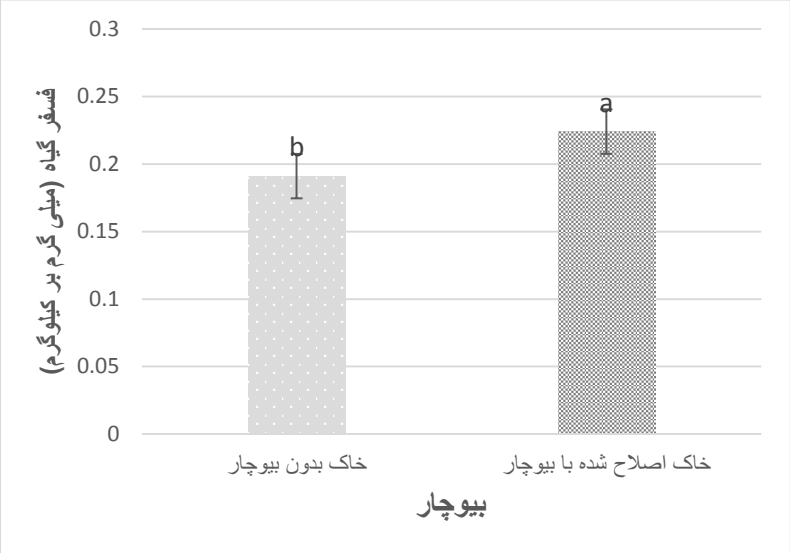
بررسی اثر تیمارها بر پارامترهای گیاهی

تاثیر افزودن بیوچار به خاک و اثرات مثبت آن در نیتروژن کل اندام هوایی گیاه در شکل ۴ 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 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، ۲۰۱۶). 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. نتایج پژوهشی نشان داد، استفاده از بیوچار، جذب نیتروژن توسط گیاه را ۵۸ درصد افزایش داد (ماندال و همکاران، ۲۰۱۹).



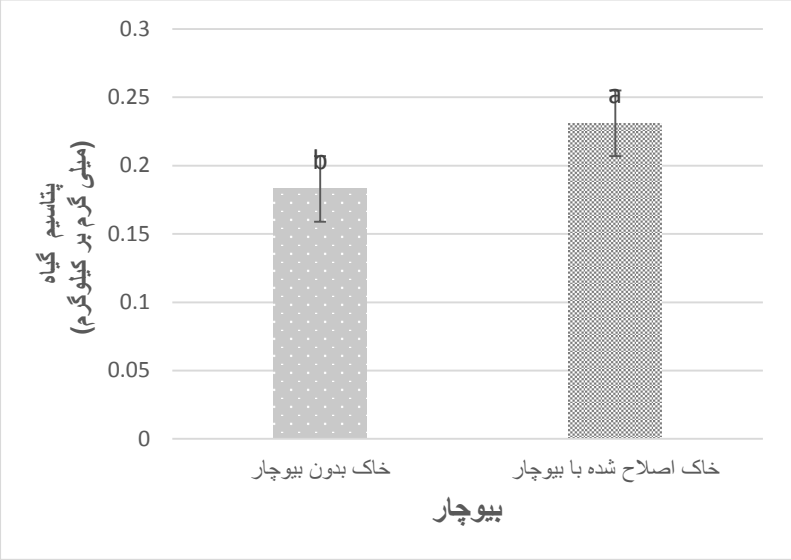
شکل۴- اثر بیوچار بر نیتروژن کل در گیاه گندم

تجزیه واریانس داده‌ها برای بررسی اثر منابع تغییر بر فسفر قابل دسترس (جدول ۵)، اثر تیمار بر غلظت فسفر قابل دسترس را در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار نشان داد. کابرد بیوچار با میانگین غلظت ۰/۲۲۴ 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 واکنش های گیاهان به قابلیت دسترسی فسفر در خصوصیات ریشه و اندام گیاهی متفاوت است (فی وهمکاران، ۲۰۰۶)، 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). پنگ و همکاران (۲۰۱۲)، به این نتیجه رسیدند که بیوچار به دلیل غنی بودن فسفر، با عرضه مستقیم فسفر و یا تغییر ظرفیت تبادل آنیونی، سبب افزایش فسفر قابل دسترس گیاه شد.



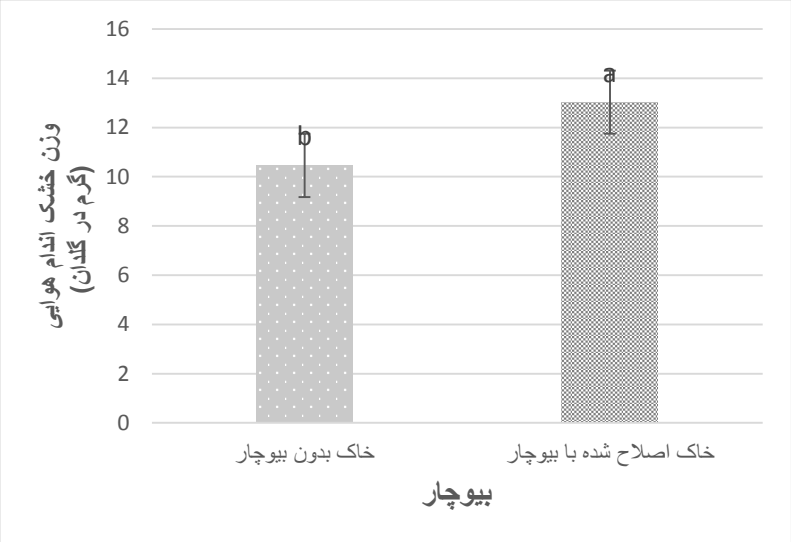
شکل۵- اثر بیوچار بر فسفر اندام هوایی گندم

تجزیه واریانس داده‌ها برای بررسی اثر منابع تغییر بر پتاسیم اندام هوایی (جدول ۵)، 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 ۶)، ۰/۲۳۱ بود که نسبت به تیمار خاک بدون بیوچار افزایش ۲۶/۲۲ 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 برای انجام تبادلات یونی ایفای نقش کند و مقدار زیادی از کاتیون‌ها را باند کند و از این طریق منبعی برای نگهداری عناصری مانند پتاسیم باشد. علاوه بر این ممکن است بخشی از این عناصر از فاز آلی وارد فاز معدنی شده و در نتیجه برای گیاه قابل دسترس شده باشند. همچنین این احتمال وجود دارد که بیوچار به طور غیرمستقیم و از طریق ترکیباتی مانند اسیدهای 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)، به این نتیجه رسیدند که با افزودن بیوچار، غلظت پتاسیم قابل دسترس در اندام هوایی گیاه افزایش یافت.



شکل۶- اثر بیوچار بر غلظت پتاسیم 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 ۱ درصد شده است. همچنین طبق نتایج برآورده شده از مقایسه میانگین در شکل ۷، تیمار خاک اصلاح شده توسط بیوچار، با میانگین وزن خشک ۱۳/۰۳ گرم در هرگلدان، سبب اختلاف بیشتر میانگین وزنی ۲/۵۷ 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 زیادی وابسته به قابلیت بیوچار در جمع‌آوری مواد مغذی خاک به واسطه سطح ویژه‌ی 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. کارتر و همکاران (۲۰۱۳)، در تحقیق خود اثر بیوچار را بر وزن خشک گیاهان کاهو و کلم مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیوچار تولید شده از پوست برنج سبب افزایش نهایی زیست توده در مقایسه با شاهد شد. نتایج وزن خشک اندام هوایی گیاه گندم در تحقیق دهقانی و همکاران (۱۴۰۱) نشان می‌دهد که مقادیر پایین بیوچار تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی گندم داشت.



شکل۷- اثر بیوچار بر وزن خشک گیاه گندم

۷- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف گرانول بیوچار در میزان پتاسیم خاک اثر غیرمعنی‌داری را نشان می‌دهد. اگرچه با مصرف گرانول حاوی بیوچار میزان فسفر قابل دسترس کاهش یافت، اما بر میزان نیتروژن کل و پتاسیم قابل دسترس خاک و همچنین نیتروژن کل، پتاسیم قابل دسترس و وزن خشک گیاه اثرات مثبت معنی‌داری 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 خاک یکی از مشکلات بخش کشاورزی و منابع طبیعی به حساب می‌آید، استفاده از بیوچار با توجه به ماندگاری بالای آن در خاک و تبدیل آن به گرانول جهت کاهش معضلات تنفسی، سهولت استفاده آن در زمین‌های کشاورزی و اصلاح آن با مواد معدنی جهت ارتقای اثرات آن، کاربرد آن در زمین‌های کشاورزی جهت تأمین مواد مغذی برای رشد گیاه و به عنوان اصلاح کننده برای بهبود خصوصیات شیمیایی خاک، می‌تواند راهکار مفیدی برای مدیریت پسماندهای 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 بیماری‌ها جلوگیری 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 خاک آهکی توصیه کرد.

فهرست منابع

افشین, م؛ افضلی, ن؛ حسینی واشان, س ج؛ حاجی بابائی, ع. (۱۴۰۱). اثر جایگزینی یونجه جیره با برگ زرشک بر صفات عملکردی و شاخص‌های خونی شترمرغ. تحقیقات تولیدات دامی, ۱۱(۳), ۸۳-۹۲.

سرمستی, خ؛ ارشدی, ف. (۱۴۰۲). تاثیر زغال زیستی بر ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی در خاک اسیدی و دینامیک کربن‌آلی خاک. باروری خاک, ۱(۱), ۹۰-۱۰۸.

خوشگفتارمنش, ا؛ عشقی زاده, ح؛ مندنی, ف.(۱۳۹۲). "تاثیر تغذیه آهن بر عملکرد و صفات زراعی گندم های بهاره اصلاح شده ایرانی." *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*. ۱۱(۳)، ۴۷۳-۴۸۲.

خادم, ا؛ رئیسی, ف؛ بشارتی, ح. (۱۳۹۷). تأثیر بیوچار ذرت بر خصوصیات شیمیایی و میکروبیولوژیکی دو خاک آهکی رسی و شنی. *مجله مدیریت خاک و تولید پایدار*, ۸(۱), ۲۵-۴۷.

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.

عباس پور,ف؛ اضغری, ح؛ رضوانی مقدم, پ؛ عباس دخت, ح؛ شباهنگ, ج؛ بیگ بابایی, ع. (۲۰۱۹). تاثیر بیوچار بر حاصلخیزی خاک و کارایی مصرف آب در سیاه دانه (Nigella sativa L.) تحت شرایط تنش خشکی. *پژوهشهای زراعی ایران*, ۱۷(۱), ۳۹-۵۲.

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.

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.

قوی پنجه, ن؛ فتحی نسری, م ح. (۱۳۹۹). ارزش غذایی، ترکیبات فنلی و فراسنجه های هضم برون تنی ضایعات برداشت زرشک در مقایسه با یونجه. تحقیقات تولیدات دامی, ۹(۲), ۷۹-۹۰.

An, X., Wu, Z., Yu, J., Cravotto, G., Liu, X., Li, Q., & Yu, B. (2020). 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(8), 3181-3190.

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

Akhil, D., Lakshmi, D., Kartik, A., Vo, D. V. N., Arun, J., & Gopinath, K. P. (2021). Production, characterization, activation and environmental applications of engineered biochar: a review. Environmental Chemistry Letters, 19, 2261-2297.

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.

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.

Chen, B., Zhou D., and Zhou L. 2008 Transitional adsorption and partition of non polar and polar aromatic contaminants by biochar of pine needles with different pyrolytic temperature Environmental Science Technology. 42 5137-5143.

Chausali, N., Saxena, J., & Prasad, R. (2021). Nanobiochar and biochar based nanocomposites: Advances and applications. Journal of Agriculture and Food Research, 5, 100191.

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.

Ehsani, S.M., Niknahad Gharmakher, H., Motamedi, J., Akbarlou, M., and Sheidai, E. 2021. The Impact of Lignite and Wheat Straw Biochar Application on Structural Traits of Pot- Grown Nitraria Schoberi L. and Soil Properties. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 21: 1191-1200.

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.

Foster, E. J., Neil Hansenc, B., Matt Wallenstein, B. D., and Cotrufoa, F. 2016. Biochar and manure amendments impact soil nutrients and microbial enzymatic activities in a semi-arid irrigated maize cropping system. Agriculture, Ecosystems and Environment 233:404-414.

Hosseinihashemi, S. K., Aghajani, H., Anooshei, H., & Roostaei, M. (2016). Identification of Wood and Bark Extractives in Indigenous Barberry (Berberis vulgaris). Lignocellulose, 5, 77-83.

Hossain, M. Z., P.F. Niemsdorff, and J. He. 2017. Effect of different organic wastes on soil properties and plant growth and yield, A review. Sci. Agric. Bohem. 48 (4): 224-237.

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

Jotautiene, E., Mieldazys, R., Gaudutis, A., & Aboltins, A. (2021, May). Granulation of poultry manure and biochar for production of organic fertilizers. In Proceedings of the International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Jelgava, Latvia (pp. 26-28).

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.

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.

Jindo, K., Sonoki, T., 2019. Comparative assessment of biochar stability using multiple indicators. Agronomy 9 (5), 254.

Karimi, A., Moezzi, A., Chorom, M., & Enayatizamir, N. (2020). Application of biochar changed the status of nutrients and biological activity in a calcareous soil. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20, 450-459.

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.

Lehmann, J. (2007). A handful of carbon. Nature. 447, 143–144.

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.

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.

Manolikaki, I. I., Mangolis, A., & Diamadopoulos, E. (2016). The impact of biochars prepared from agricultural residues on phosphorus release and availability in two fertile soils. Journal of Environmental Management, 181, 536-543.

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.

Njoku, C., Uguru, B. N., and Chibuike, C. C. 2016. Use of biochar to improve selected soil chemical properties, carbon storage and maize yield in an Ultisol in Abakaliki Ebonyi State, Nigeria. International Journal of Environmental and Agriculture Research 2: 15-22.

Nelson, N. O., Agudelo, S. C., Yuan, W., and Gan, J. 2011. Nitrogen and phosphorus availability in biocharamended soils. Soil Science 176, 1.

Mavi, M. S., Singh, G., Singh, B. P., Sekhon, B. S., Choudhary, O. P., Sagi, S., and BERRY, R. (2018). Interactive effects of rice-residue biochar and N-fertilizer on soil functions and crop biomass in contrasting soils. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 18(1), 41-59.

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.

Rasuli, F., Owliaie, H., Najafi-Ghiri, M., & Adhami, E. (2022). Effect of biochar on potassium fractions and plant-available P, Fe, Zn, Mn and Cu concentrations of calcareous soils. Arid Land Research and Management, 36(1), 1-26.

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.

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

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.

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.

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.

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.

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.

Yuan, J. H. and Xu, R. K. (2011). The amelioration effects of low temperature biochar generated from nine crop residues on an acidic ultisol. Soil Use and Management, 27: 110-115.

Zohdi, M. 2020. Range management in Iran. Iran's Natural Resources, 4(6): 19-23.

The effect of biochar granulation obtained from barberry shoots on soil and plant chemical properties in a calcareous soil

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

[1]MSC. Student, Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. mhsna1816@gmail.com

[2*]Assistant professor, Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. m.forouhar@areeo.ac.ir

[3]Assistant professor of Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. m.forouhar@areeo.ac.ir

Abstract

Subject: This research is to determine the chemical properties of biochar produced by pruning barberry shoots and investigate its effect on some soil chemical parameters, wheat growth and some plant parameters.

Background and Objectives: Considering that most of the country is covered by arid and semi-arid lands, and in these lands, high pH and lack of organic matter and its rapid decomposition in the soil is considered one of the problems of the agriculture and natural resources sector. Production of biochar and its use in agricultural lands to provide organic materials and to improve soil properties can be a useful solution for organic waste management. On the other hand, considering the problems of biochar, including respiration and the way it spreads in the soil, granulation to solve the problems and improve its effectiveness, a new strategy can be proposed as a fertilizer. The aim of this research is to investigate the effect of barberry shoot biochar granules on chemical properties. The soil and plants are in calcareous soil.

Materials and methods: after pruning and collecting, the branches of barberry branches were subjected to pyrolysis in the biochar production machine at 400-450 degrees Celsius for 2 hours and turned into biochar. Then they were mixed with a certain amount of bentonite and granulated using a granulator. In a pot culture, granulated biochar was added to the soil and its effect on the NPK concentration in the soil and plant as well as the dry weight of the wheat plant was evaluated. Data variance analysis and mean comparison test were performed using SAS software. LSD test was used to compare the means.

Results: The results showed that the effect of biochar on soil potassium was insignificant and on the amount of nitrogen and phosphorus in the soil as well as the dry weight of the plant, the concentration of nitrogen, phosphorus and potassium of the plant was positive and significant.

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