نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

تأثیر کاربرد بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی خاک پوششی مورد استفاده در کشت قارچ دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus*)

محبوبه اسحاقی[۱*]، احمد کریمی[۲]، شجاع قربانی دشتکی[۳]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، e.mahbub@yahoo.com
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، karimiahmad1342@sku.ac.ir
۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ghorbani-sh@sku.ac.ir

چکیده

منابع طبیعی خاک پوششی پیت در پرورش قارچ دکمه‌ای محدود بوده و پدیده گرمایش جهانی در اثر برداشت آن ایجاد می‌گردد. این پژوهش با هدف بررسی کاربرد بیوچار در ترکیب خاک پوششی زیر کشت قارچ و تأثیر آن بر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک پوششی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۹ تیمار اجرا گردید. بر این اساس، ترکیبات اولیه از جمله پیت شمال و ورمی‌کمپوست ترکیبات کودگاوی، پیت شمال و SMC تهیه گردید. سپس به آن‌ها مقدار ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی بیوچار اضافه و تیمارهای مختلف ساخته شد. تیمارهای تولید شده در کشت قارچ مورد استفاده قرار گرفتند و جرم مخصوص ظاهری و حقیقی نمونه‌های خاک پوششی به روش سن اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در تمام خاک‌های مورد مطالعه با افزایش میزان مصرف بیوچار، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک پوششی کاهش یافت و کاهش جرم مخصوص ظاهری در اندازه ذرات ۰-۱ میلی‌متر و جرم مخصوص حقیقی در اندازه ذرات ۲-۱ میلی‌متر در هر سطح بیوچار بارزتر بود. نتایج کلی نشان داد کاربرد بیوچار باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک می‌شود و در بین سطوح مختلف بیوچار، افزودن ۱۵ درصد وزنی بیوچار به خاک‌های پوششی، تأثیر قابل توجهی در کاهش جرم مخصوص دارد.

واژه‌های کلیدی: پیت، کود گاوی، گرمایش جهانی، ورمی‌کمپوست.

مقدمه

یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهان امروز تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی است. تولید گاز دی‌اکسید کربن بر اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی (Giannetta et al., 2023) و برداشت بی‌رویه منابع طبیعی پیت برای استفاده خاک پوششی (جعفری حقیقی و همکاران، ۱۴۰۱) از علت‌های اصلی گرمایش جهانی به شمار می‌آید. وجود ضایعات و بقایای گیاهی بعد از برداشت محصولات باغی و زراعی مشکلات زیادی برای کشاورزان بوجود می‌آورد. از جمله راهکارهای استفاده از بقایای کشاورزی، گرماکافت آنها است. بیوچار حاصل از گرماکافت ضایعات آلی به عنوان اصلاح کننده پایدار در خاک به کار می‌رود، این ماده جامد، سیاه رنگ، غنی از کربن پایدار و متخلخل با سطح ویژه بالا است (Gumus et al., 2022). کربن موجود در بیوچار، طی سال‌های زیاد در خاک تثبیت می‌شود. به تبع انتشار آن در اتمسفر به صورت گاز گلخانه‌ای به تعویق می‌افتد در صورتیکه بازگشت کربن موجود در بقایای گیاهی سریع صورت می‌گیرد

(Giannetta et al., 2023). نتایج پژوهش کریمیان شمس‌آبادی و همکاران (۱۴۰۱) نشان داد که کاربرد بیوچار و سرکه چوب باعث افزایش کربن آلی خاک و کاهش جرم مخصوص خاک زیر کشت ذرت علوفه‌ای شد. Glab و همکاران (2016)، تأثیر افزودن بیوچار را بر میزان جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک با بافت لوم سیلتی و لوم شنی بررسی کردند و نتایج آن نشان داد که افزودن بیوچار به خاک در کوتاه مدت موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و افزایش تخلخل شده است ولی در بلندمدت این تغییرات مشاهده نشد. امروزه نقش بیوچار در کاهش تغییرات اقلیمی، بهبود کیفیت خاک‌های کشاورزی و تولید محصول سالم به اثبات رسیده است و مورد توجه پژوهشگران زیادی قرار گرفته است. اما تاکنون پژوهش‌های اندکی در مورد اثر افزودن بیوچار به خاک پوششی قارچ خوراکی انجام شده است. با توجه به اهمیت جایگزینی پیت در تولید و پرورش قارچ دکمه‌ای، این پژوهش با هدف بررسی کاربرد بیوچار مخلوط ضایعات هرس درختان آلو و انار در ترکیب خاک پوششی زیر کشت قارچ دکمه‌ای و تأثیر آن بر مقدار جرم مخصوص ظاهری و حقیقی مطالعه گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح پایه کاملا تصادفی به صورت فاکتوریل با سه فاکتور نوع خاک پوششی در چهار سطح، مقدار بیوچار در چهار سطح و اندازه ذرات بیوچار در دو سطح و در سه تکرار و تیمار شاهد (خاک پوششی مورد استفاده در کارخانه) با ترکیب پیت شمال، پیت جنوب و SMC[1] با نسبت وزنی برابر در سه تکرار، در مجموع ۲۹ تیمار با ۸۷ کرت آزمایش در دانشگاه شهرکرد و با همکاری کارخانه تولید قارچ نگین فصل واقع در شهرستان شهرکرد طی سال ۱۴۰۳ انجام گردید. فاکتور نوع خاک پوششی شامل چهار سطح (S_1، S_2، S_3 و S_4)، فاکتور مقدار بیوچار شامل چهار سطح (L_0، L_1، L_2 و L_3) و فاکتور اندازه ذرات بیوچار شامل ۲ سطح Z_1 و Z_2 (ذرات ۱-۰ و ۲-۱ میلیمتر) می‌باشد. سطوح فاکتورهای آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- سطوح فاکتورهای آزمایش

نام تیمار	مشخصات تیمار
S_0	خاک پوششی مرسوم و مورد استفاده در کارخانه نگین فصل شهرکرد (شاهد)
S_1	مخلوط پیت شمال و ورمی‌کمپوست SMC به نسبت وزنی ۵۰ درصد
S_2	مخلوط پیت شمال و ورمی‌کمپوست کود گاوی به نسبت وزنی ۵۰ درصد
L_0	عدم کاربرد بیوچار در خاک پوششی (شاهد)
L_1	کاربرد ۵ درصد وزنی بیوچار یا ورمی‌کمپوست بیوچار
L_2	کاربرد ۱۰ درصد وزنی بیوچار یا ورمی‌کمپوست بیوچار
L_3	کاربرد ۱۵ درصد وزنی بیوچار یا ورمی‌کمپوست بیوچار
Z_1	اندازه ذرات بیوچار ۱-۰ میلیمتر
Z_2	اندازه ذرات بیوچار ۲-۱میلیمتر

در این پژوهش بلافاصله پس از مرحله خاک‌دهی به کمپوست، از هر کرت آزمایشی نمونه‌برداری از خاک پوششی انجام شد و جرم مخصوص ظاهری (نسبت جرم خاک خشک به حجم کل خاک) و جرم مخصوص حقیقی (نسبت جرم خاک خشک به حجم ذرات جامد خاک) به روش سن (۱۹۹۹) با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری شد.

$$\rho b = \frac{M_2}{M_1-(M_3-M_2)} * \frac{1}{1+W} \quad (۱)$$

که در آن: ρ_b جرم مخصوص ظاهری($gr.cm^{-3}$)، M_2 وزن خاک پوششی تازه و مرطوب (gr)، M_1 وزن استوانه پر از آب (gr)، M_3 وزن بشر، خاک و آب (gr) و W میزان رطوبت خاک پوششی است.

$$\rho_S = \frac{\rho_W(M_1-M_0)}{(M_1-M_0)-(M_2-M_3)} \quad (۲)$$

که در آن: ρ_s جرم مخصوص حقیقی($gr.\ cm^{-3}$)، ρ_w چگالی آب ($1gr.\ cm^{-3}$)، M_0 وزن پیکنومتر خشک(gr)، M_1 وزن پیکنومتر خشک و خاک عبور داده از الک ۲ میلی‌متری (gr)، M_2 وزن پیکنومتر، خاک و آب مقطر جوشیده خنک شده (gr) و M_3 وزن پیکنومتر پر شده از آب مقطر جوشیده سرد شده (gr) است.

توزیع نرمال داده‌ها در تیمارهای آزمایش با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و تجزیه واریانس (ANOVA) در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD درنرم‌افزار spss انجام گردید (سلطانی، ۱۳۹۰).

نتایج و بحث

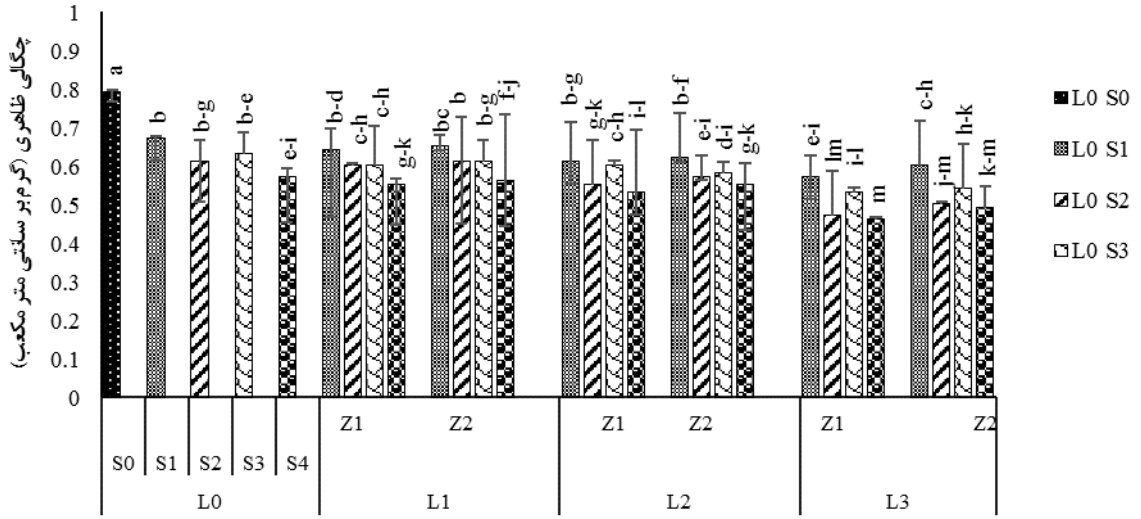
نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی خاک پوششی در جدول (۲) آمده است. نتایج نشان داد اثر نوع خاک و مقدار بیوچار در سطح آماری ۱ درصد بر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک پوششی معنی‌دار است. همچنین اثر اندازه ذرات بیوچار در سطح ۵ درصد آماری بر جرم مخصوص حقیقی خاک پوششی معنی دار است. سایر تیمارهای آزمایش اثر معنی‌داری ندارند.

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی خاک پوششی

منابع تغییرات	درجه آزادی	جرم مخصوص ظاهری ($gr.cm^{-3}$)	جرم مخصوص حقیقی ($gr.cm^{-3}$)
		میانگین مربعات	
نوع خاک	۳	۰/۰۲۸**	۰/۳۴۵**
مقدار بیوچار	۲	۰/۰۴۳**	۱/۰۲۷**
اندازه ذرات بیوچار	۱	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۸ *
نوع خاک × مقدار بیوچار	۶	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}
نوع خاک × اندازه ذرات بیوچار	۳	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
مقدار بیوچار × اندازه ذرات بیوچار	۲	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
نوع خاک × مقدار بیوچار × اندازه ذرات بیوچار	۶	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
خطا	۴۸	۰/۰۰۱	۰/۰۲۵

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ (P‹۰/۰۱)، *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ (P‹۰/۰۵)،
و ns : غیر معنی‌دار در سطح احتمال۵٪ (P‹۰/۰۵).

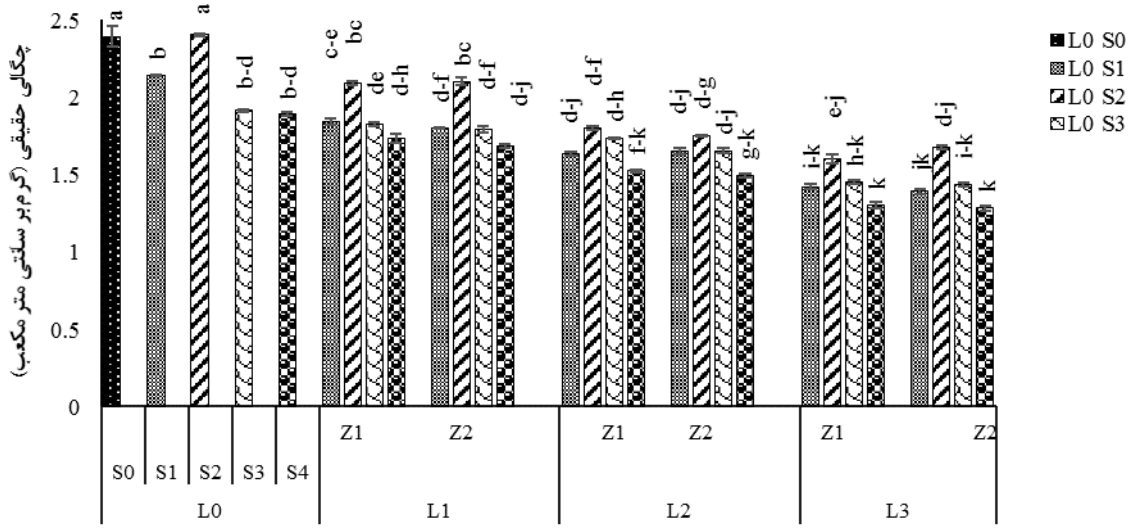
نتایج مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک پوششی تیمارهای آزمایش به ترتیب در نمودار شکل‌های(۱) و (۲) آمده است. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین جرم مخصوص ظاهری خاک به ترتیب در تیمارهای S_0 و $S_4I_3z_1$ به دست آمد که تیمار $S_4I_3z_1$ نسبت به خاک پوششی تجاری و مرسوم (S_0) ۴۱ درصد کاهش نشان داد. در تمام خاک‌های مورد مطالعه با افزایش میزان مصرف بیوچار، جرم مخصوص ظاهری خاک پوششی کاهش یافت و این کاهش در اندازه ذرات ۱-۰ میلی‌متر در هر سطح بیوچار بارزتر بود. مشابه با نتایج این پژوهش، Andrenelli و همکاران (2016)، گزارش کردند که تأثیر افزودن بیوچار تولید شده از سبوس گندم در دو دمای ۸۰۰ و ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک با بافت لوم رسی سیلتی موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک از ۳/۶۵ به ۲/۵۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب شده است. یکزبان و همکاران (۱۴۰۱) دو نوع بیوچار بقایای گیاهی حاصل از هرس برگ درختان نخل و پوست حاصل از آبگیری و فرآوری لیمو ترش به خاک اضافه کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که بیوچار اثر معنی‌داری بر کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک دارد. از طرفی در شرایط یکسان از نوع و سطح کاربرد بیوچار، مشاهده شد که با کاهش اندازه ذرات بیوچار، مقادیر میانگین جرم مخصوص ظاهری به طور معنی‌داری کاهش یافت.



شکل ۱: نمودار مقایسه میانگین مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک پوششی در تیمارهای آزمایش

S: نوع خاک، L: مقدار بیوچار، Z: اندازه ذرات بیوچار

بر اساس نتایج به دست آمده از نمودار مقایسه میانگین بیشترین جرم مخصوص حقیقی در تیمار S_2l_o (۲/۴۰ گرم بر سانتی متر مکعب) به دست آمد که فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار S_0 (۲/۳۹ گرم بر سانتی متر مکعب) بود. کمترین جرم مخصوص حقیقی نیز در تیمار $S_4l_3z_2$ (۱/۲۸ گرم بر سانتی متر مکعب) مشاهده شد. جرم مخصوص حقیقی در تیمار $S_4l_3z_2$ در مقایسه با تیمار S_0، ۴۶ درصد کاهش یافت. در هر چهار نوع خاک مورد مطالعه کاربرد بیوچار منجر به کاهش جرم مخصوص حقیقی گردید، به نحوی که این کاهش در تمام تیمارهای خاک S_1 و S_2 معنی‌دار و در خاک S_3 به جز تیمارهایی با سطوح ۵ و ۱۰ درصد و خاک S_4 به جز تیمارهایی با سطوح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین در تمام خاکهای مورد مطالعه کاهش جرم مخصوص حقیقی در اندازه ذرات ۲-۱ میلی‌متر در هر سطح بیوچار بارزتر بود (شکل ۲). مشابه با نتایج این پژوهش، توژی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که کاربرد چوب و پوست سبز گردو و بیوچار حاصل از آن‌ها در سطح ۱ و ۲ درصد باعث کاهش جرم ویژه حقیقی نسبت به تیمار شاهد شد و کاربرد ۲ درصد بیوچار، جرم مخصوص حقیقی تیمار ها را نسبت به ۱ درصد بیشتر کاهش داد. پژوهش یزدان پناهی و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که افزودن بیوچارها به خاک تأثیر کاهشی معنی-دار بر جرم مخصوص حقیقی داشت.



شکل ۲. نمودار مقایسه میانگین مقدار جرم مخصوص حقیقی خاک پوششی در تیمارهای آزمایش

S: نوع خاک، L: مقدار بیوچار، Z: اندازه ذرات بیوچار

نتیجه‌گیری

در تمام خاک‌های مورد مطالعه با افزایش میزان مصرف بیوچار، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک پوششی کاهش یافت و کاهش جرم مخصوص ظاهری در اندازه ذرات ۱-۰ میلی‌متر و جرم مخصوص حقیقی در اندازه ذرات ۲-۱ میلی‌متر و در هر سطح بیوچار بارزتر بود. همچنین جرم مخصوص ظاهری تمام خاک‌های مورد مطالعه در سطح ۱۵ درصد بیوچار کاهش معنی‌دار داشت و در سایر سطوح این کاهش معنی‌دار نبود. جرم مخصوص ظاهری تمام تیمارهای آزمایش نسبت به خاک پوششی تجاری و مرسوم کارخانه نیز کاهش معنی‌دار داشت.

فهرست منابع

۱- توژی، م.، قربانی دشتکی، ش.، متقیان، ح.ر. و قاسمی، ا.ر. (۱۳۹۸). تأثیراستفاده از چوب و پوست سبز گردو و بیوچار حاصل از آنها بر پارامترهای منحنی رطوبتی در خاک شنی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ایران.

۲- جعفری حقیقی، م.، قربانی دشتکی، ش.، کلیشادی، ح. و مصدقی، م. ر. (۱۴۰۱). خاک‌های پوششی مختلف بر صفات کمی و کیفی قارچ تکمه‌ای *(Agaricus bisporus)*. مجلهٔ علوم باغبانی ایران، ۵۴(۲):۲۳۳-۲۱۳.

۳- کریمیان شمس آبادی، ن.، قربانی دشتکی، ش.، متقیان، ح. ر.، ایرانی پور، ر.، خلیلی مقدم، ب. (۱۴۰۱). اثر کاربرد زغال زیستی و سرکه چوب بر برخی ویژگی های فیزیکی خاک زیر کشت ذرت علوفه ای، ششمین کنگره بین المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری ایران. ۱۵۴-۱۵۹.https://civilica.com/doc/1622571.

۴- یزدان‌پناهی، ع.، احمدآلی، خ.، زارع، س. و جعفری، م. (۱۳۹۸). اثر دو نوع بیوچار بر خصوصیات فیزیکی خاک موثر در مدیریت آبیاری مناطق بیابانی. تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۰ (۴): ۹۷۵-۹۶۵.

۵- یکزبان، ع.، موسوی، ع. ا.، ثامنی، ع.، رضایی، م. (۱۴۰۱). اثر نوع، اندازه ذرات و سطوح کاربرد بیوچار بر برخی ویژگی‌های فیزیکی در یک خاک لوم رسی سیلتی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳(۱۰): ۴۱۲۲-۳۹۹۲.

6- Andrenelli, M. C., Maienza, A., Genesio, L., Miglietta, F., Pellegrini, S., Vaccari, F. P., Vignozzi, N. (2016). Field application of pelletized biochar: Short term effect on the hydrological properties of a silty clay loam soil.Agricultural Water Management, 163(2): 190-196.

7- Giannetta, B., Plaza, C., Cassetta, M., Mariotto, G., Benavente, I., Carlos, J., Panettieri, M., Zaccone, C. (2023). The effects of biochar on soil organic matter pools are not influenced by climate change. Journal of Environmental Management, 341(2): 216-222.

8- Glab, T., Palmowska, J., Zaleski, T., Gondek, K. (2016). Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. Geoderma, 281(2): 11-20.

9- Gumus, I., Negiş, H., Şeker, C. (2022). Effects of two different biochar on physical quality characteristics of a heavy clay soil. Arabian Journal of Geosciences, 841(2): 1-15.

The effect of biochar application on the physical properties of cover soil used in the cultivation of white button mushroom *(Agaricus bisporus)*

Mahbubeh Eshaghi[1*], Ahmad Karimi[2], Shoja Ghorbani Dashtaki[3]

1- Corresponding Author, Ph. D. Students of Soil Scien, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. e.mahbubeh@yahoo.com.
2- Corresponding Author, Associate Professor Department of Soil Science, College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. karimiahmad1342@sku.ac.ir.
3- Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. ghorbani-sh@sku.ac.ir.

Abstract:

Natural resources of peat casing soil in button mushroom cultivation are limited and global warming phenomenon is caused by its Taking away. This research aimed to investigate the use of biochar in the composition of casing soil under mushroom cultivation and its effect on the apparent and true specific gravity of casing soil in a completely randomized design with 29 treatments. Accordingly, initial compositions including northern peat and vermicompost of cow manure, northern peat and SMC were prepared. Then, 5, 10 and 15% by weight of biochar was added to them and different treatments were made. The treatments produced were used in mushroom cultivation and the apparent and true specific gravity of the casing soil samples was measured by the age method. The results showed that in all the studied soils, with increasing biochar consumption, the apparent and true specific gravity of the casing soil decreased and the decrease in apparent specific gravity in particle size 0-1 mm and true specific gravity in particle size 1-2 mm was more obvious at each biochar level. The overall results showed that the application of biochar reduces the apparent and true specific gravity of the soil, and among different levels of biochar, adding 15% by weight of biochar to casing soils has a significant effect on reducing specific gravity.

Keywords: cow manure, global warming, peat, vermicompost.