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

بررسی تغییرات تخلخل خاک پوششی تیمار شده با بیوچار 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، شهرکرد، karimiahmad1342@sku.ac.ir
۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ghorbani-sh@sku.ac.ir

چکیده

خاک پوششی در تولید قارچ دکمه‌ای از منابع آلی تجدیدناپذیر (پیت) استخراج می‌شود. منابع پیت محدود بوده و اثرات منفی تغییر اقلیم در اثر برداشت بی‌رویه آن ایجاد می‌گردد. این پژوهش با هدف بررسی کاربرد بیوچار در ترکیب خاک پوششی و تأثیر آن بر مقدار تخلخل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۹ تیمار در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. بر این اساس، ترکیبات اولیه از جمله پیت شمال و ورمی‌کمپوست ترکیبات کودگاوی، پیت شمال و SMC تهیه گردید. سپس به ترکیب‌های یاد شده مقدار ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی بیوچار اضافه و تیمارهای مختلف ساخته شد. درصد تخلخل نمونه‌های خاک پوششی با اندازه‌گیری چگالی ظاهری و حقیقی، محاسبه گردید. نتایج نشان داد که مقدار تخلخل در تیمار S_2I_0 نسبت به شاهد (S_0) ۱۴ درصد افزایش یافت ولی در تیمارهای S_1I_0 و S_3I_0 و S_4I_0، نسبت به تیمار S_0 تفاوت معنی‌داری نداشت. در تمام خاک‌های مورد مطالعه با افزایش میزان مصرف بیوچار، تخلخل کاهش یافت و این کاهش در اغلب تیمارهای خاک‌های S_1 و S_4 معنی‌دار شد. نتایج کلی نشان داد کاربرد بیوچار باعث کاهش تخلخل خاک پوششی می‌شود و در بین سطوح مختلف بیوچار، افزودن ۱۵ درصد وزنی بیوچار به خاک‌های پوششی، تأثیر قابل توجهی در کاهش تخلخل دارد.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، تخلخل خاک پوششی، قارچ دکمه‌ای، ورمی‌کمپوست.

مقدمه

یکی از بخش‌های مهم در تولید و پرورش قارچ دکمه‌ای، خاک پوششی است که معمولاً از منابع آلی تجدیدناپذیر (پیت) استخراج می‌شود. در ایران منابع طبیعی پیت برای استفاده خاک پوششی محدود بوده و علاوه بر هزینه فراوان برای تهیه آن، مشکلات زیست محیطی فراوانی در اثر برداشت آن ایجاد می‌شود (جعفری حقیقی و همکاران، ۱۴۰۱). فرایند برداشت درازمدت از ذخایر پیت، حجم زیادی کربن وارد اتمسفر می‌کند و تا مدتها آزادسازی کربن ادامه دارد. انتشار روزافزون گازهای گلخانه‌ای از عواملی هست که بر سرعت به وجود آمدن پدیده تغییر اقلیم تأثیر می‌گذارد (Noble et al., 2004). 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). در اغلب خاک‌های کشاورزی، بیوچار باعث افزایش تخلخل کل و در نتیجه کاهش جرم مخصوص خاک، افزایش نقل و انتقال آب و

املاح در منافذ درشت و در نهایت به بهبود ساختمان و دانه‌بندی خاک منتهی می‌شود (Glab et al.,2016). این موضوع، موجب افزایش میزان آب قابل استفاده گیاه شده (Langroodi and Nora, 2018) و روابط آبی گیاهان در طول ماه‌های خشک تابستان را بهبود می‌بخشد (Liu et al., 2020).

امروزه نقش بیوچار در 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 امکان‌سنجی جایگزینی درصدی از خاک پوششی با بیوچار مخلوط ضایعات هرس درختان آلو و انار بررسی و تأثیر آن بر تخلخل کل خاک پوششی 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 وL_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 بشرح زیر بود:

S_0: خاک پوششی مورد استفاده در کارخانه نگین فصل با ترکیب پیت شمال، پیت جنوب و SMC و نسبت وزنی برابر (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، S_3: ورمی‌کمپوست مخلوط پیت شمال و SMC به نسبت وزنی ۵۰ درصد، S_4: ورمی‌کمپوست مخلوط پیت شمال و 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 ۲-۱ میلیمتر است.

در این پژوهش بلافاصله پس از مرحله خاک‌دهی به کمپوست، از هر کرت آزمایشی نمونه‌برداری از خاک پوششی انجام شد و ویژگی‌های چگالی ظاهری و حقیقی اندازه‌گیری و سپس تخلخل کل خاک محاسبه گردید.

چگالی ظاهری (نسبت جرم خاک خشک به حجم کل 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 چگالی 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.

چگالی حقیقی (نسبت جرم خاک خشک به حجم ذرات جامد خاک) تیمارها به روش هاو و همکاران (۲۰۰۷) و با استفاده از رابطه (۲) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به علت سبک بودن تیمارهای آزمایشی، از نفت سفید به جای آب در این روش استفاده شد. بدین منظور نصف حجم پیکنومتر با نفت سفید پرشد و سپس ۵ گرم خاک خشک توزین و داخل پیکنومتر ریخته و در نهایت پیکنومتر به حجم رسانیده شد و وزن آن‌ها یادداشت گردید به عبارتی حجم مواد آون خشک با استفاده از پیکنومتر و از طریق جابه‌جایی حجم با نفت سفید اندازه‌گیری گردید.

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

1- Spent mushroom compost

در آن: ρ_s چگالی حقیقی($gr.cm^{-3}$)، ρ_w چگالی آب ($gr.cm^{-3}$)، 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.

تخلخل کل با استفاده از چگالی ظاهری و حقیقی خاک و با توجه به رابطه زیر محاسبه شد (هاو و همکاران، ۲۰۰۷).

$$\emptyset = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right) * 100 \quad (۳)$$

که در آن: $\emptyset$ تخلخل بر حسب درصد، ρ_b چگالی ظاهری ($gr.cm^{-3}$) و ρ_s چگالی حقیقی($gr.cm^{-3}$) است.

توزیع نرمال مقدار تخلخل در تیمارهای آزمایش با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی 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 مقدار تخلخل خاک پوششی در جدول (۱) آمده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر نوع خاک و مقدار بیوچار در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار است. سایر تیمارهای آزمایش اثر معنی‌داری بر تخلخل خاک پوششی ندارند.

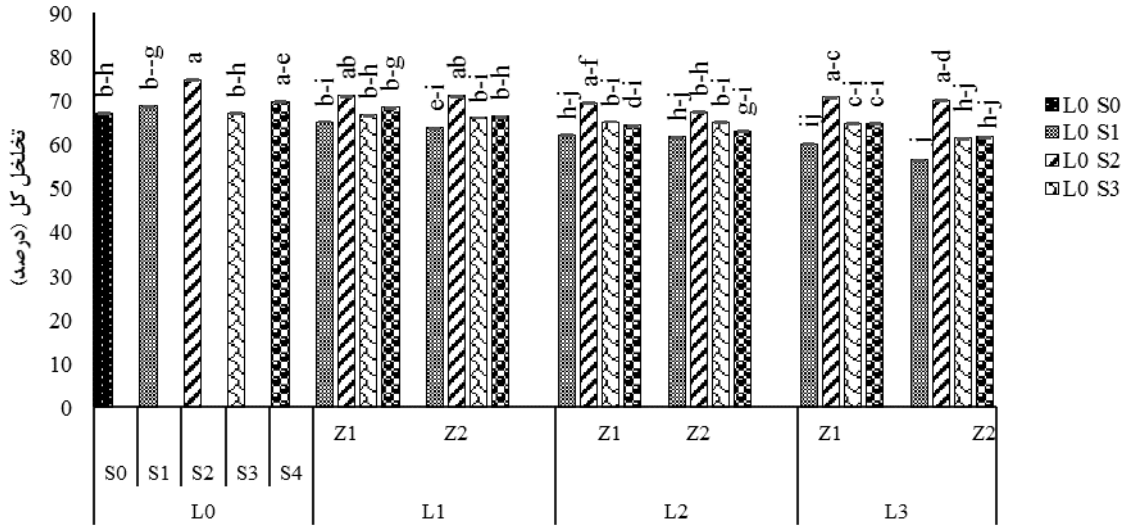
جدول ۱- تجزیه واریانس مقدار تخلخل خاک پوششی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
نوع خاک	۳	۰/۰۲۲**
مقدار بیوچار	۲	۰/۰۰۹**
اندازه ذرات بیوچار	۱	۰/۰۰۴ ns
نوع خاک × مقدار بیوچار	۶	۰/۰۰۱ ns
نوع خاک × اندازه ذرات بیوچار	۳	۰/۰۰۱ ns
مقدار بیوچار × اندازه ذرات بیوچار	۲	۰/۰۰۱ ns
نوع خاک × مقدار بیوچار × اندازه ذرات بیوچار	۶	۰/۰۰۱ ns
خطا	۴۸	۰/۰۰۱

**: 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 تخلخل خاک پوششی تیمارهای آزمایش در نمودار شکل(۱) آمده است. بر اساس نتایج به دست آمده از نمودار، بیشترین مقدار تخلخل در تیمار S_2l_0 (۷۶/۷۴ درصد) و کمترین مقدار تخلخل در تیمار $S_1l_3z_2$ (۵۶ درصد) به دست آمد. مقدار تخلخل کل در تیمار S_2l_0 نسبت به شاهد (S_0) ۱۴ درصد افزایش یافت ولی تخلخل خاک در تیمارهای S_1l_0 و S_3l_0 و S_4l_0، نسبت به خاک پوششی تجاری (S_0) تفاوت معنی‌داری نداشت. در تمام خاک‌های مورد مطالعه با افزایش میزان مصرف بیوچار، تخلخل کل خاک کاهش یافت به نحوی که این کاهش در خاک S_1 به جز تیمارهای $S_1l_1z_1$ و $S_1l_1z_2$، معنی‌دار ولی در خاک‌های S_2 و S_3 کاهش تخلخل معنی‌دار نبود. تخلخل در خاک S_4 نیز با افزایش سطوح بیوچار کاهش معنی‌داری داشت ولی این کاهش در تیمارهایی با سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد و اندازه ذرات ۲-۱ میلی‌متر معنی‌دار نبود. مقدار تخلخل کل در میان خاک‌های پوششی مختلف و همچنین خاک پوششی تجاری به جزء تیمار S_1 با کاربرد ۱۵ درصد وزنی بیوچار و تیمار S_2l_0، تفاوت معنی‌داری نداشت. مشابه با نتایج این پژوهش، یافته‌های Esmaeelnejad و همکاران (2017) نشان داد که بیوچار

می‌تواند منافذ خاک را پر کند و سبب افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک و در نتیجه کاهش تخلخل کل خاک گردند. نتایج مطالعات Fungoa و همکاران (2017) بر افزودن بیوچار به یک خاک رسی نشان داد که افزودن بیوچار تأثیر چندانی بر توزیع اندازه خاکدانه‌ها نداشت و با گذشت زمان اثر کاهشی بر میزان تخلخل خاک داشت. Verheijen و همکاران (2017)، گزارش کردند که بیوچار با پر کردن منافذ، چگالی ظاهری را افزایش و تخلخل کل خاک را کاهش می‌دهد که این موضوع بسته به نوع بیوچار و نوع خاک تولید می‌تواند متفاوت باشد.



شکل ۱: نمودار مقایسه میانگین مقدار تخلخل 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، تخلخل کل خاک کاهش یافت و این کاهش در اغلب تیمارهای خاک‌های S_1 و S_4 معنی‌دار است که پر کردن منافذ توسط بیوچار دلیل آن است که باعث افزایش چگالی ظاهری و کاهش تخلخل کل خاک است که این موضوع بسته به نوع بیوچار، نوع خاک و شرایط تولید می‌تواند متفاوت باشد. و در بین سطوح مختلف بیوچار، افزودن ۱۵ درصد وزنی بیوچار به خاک‌های پوششی، تأثیر قابل توجهی در کاهش تخلخل کل خاک پوششی دارد. تغییرات مقدار تخلخل کل در میان خاک‌های پوششی مختلف و همچنین خاک پوششی تجاری کم و مقدار آن در خاک‌های پوششی مختلف به جزء تیمار S_1 با کاربرد ۱۵ درصد وزنی بیوچار و تیمار S_2l_0، تقریباً ثابت بود. بنابراین استفاده از بیوچار به عنوان جایگزین درصدی از خاک پوششی تغییر قابل توجهی را در تخلخل کل و به تبع آن ساختمان ومیزان آب قابل استفاده در خاک نسبت به خاک پوششی تجاری و مرسوم ایجاد نمی‌کند.

فهرست منابع

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

۲- سلطانی، ا. (۱۳۹۰). کاربرد نرم‌افزارهای آماری در تجزیه‌های آماری. ویراست دوم، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد. ۱۸۶ ص.

3- CEN, S. (1999). European Committee for Standardisation CEN/TC 223. Soil Improversand Growing Media-Sampling, EN 12580. 11 p.

4- Esmaeelnejad, L. M., Shorafa, M., Hosseini, M. (2017). Enhancement of physical and hydrological properties of a sandy loam soil via application of different biochar particle sizes during incubation period. Span. Jurnal of Agricultural Research, 14(2):120-134.

5- Fungoa, B., Lehmannd, J., Kalbitzb, K., Thiongo, M., Okeyoa, I., Tenywae, M., Neufeldta, H. (2017). Aggregate size distribution in a biochar-amended tropical Ultisol under conventional hand-hoe tillage. Soil and Tillage Research, 165(2): 190–197.
6- 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.
7- 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.
8- 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.
9- Langroodi, A.R.S., Nora, R. (2018). Effect of different levels of biochar on physiological properties of squash (Cucurbita pepo L.) under water stress. Plant environmental physiology, 13(49): 13-32.
10- Liu, X., Wang, H., Liu, C., Sun, B., Zheng, J., Bian, R., Drosos, M., Zhang, X., Li, L., Pan, G. (2020). Biochar increases maize yield by promoting root growth in the rainfed region. Archives of Agronomy and Soil Science, 671(2): 1-14.
11- Noble, R., Dobrovin-Pennington, A. (2004). Partial substitution of peat in mushroom casing whit fine particle coal tailings. Scientia Horticulturae, 104(1): 351-367.
12- Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A. C., Van der Velde, M., Diafas, I. (2017). Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions, 162(1):2183-2207.

Investigation of changes in the porosity of biochar-treated casing soil 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:
Casing soil in button mushroom production is extracted from non-renewable organic resources (peat). Peat resources are limited and the negative effects of climate change are caused by its excessive harvesting. This study aimed to investigate the use of biochar in the composition of casing soil and its effect on the porosity in a completely randomized design with 29 treatments in 2024. Accordingly, the initial compositions, including northern peat and vermicompost, were prepared from cow manure, northern peat and SMC. Then, 5, 10 and 15 weight percent biochar was added to the aforementioned compositions and different treatments were made. The porosity percentage of casing soil samples was calculated by measuring the apparent and true densities. The results showed that the porosity in the S_2l_0 treatment increased by 14% compared to the control (S_0), but there was no significant difference in the S_1l_0, S_3l_0, and S_4l_0 treatments compared to the S_0 treatment. In all the studied soils, porosity decreased with increasing biochar application, and this decrease was significant in most of the S_1 and S_4 soil treatments. The overall results showed that the application of biochar reduces the porosity of the casing soil, and among the different levels of biochar, adding 15% by weight of biochar to the casing soils has a significant effect on reducing porosity.

Keywords: Biochar, Bulk density of Casing soil, button mushroom, global warming, vermicompost.