

## بررسی تأثیر سطوح مختلف بیوجار بقایای بستر قارچ بر برخی خصوصیات شیمیایی زهاب

محمد والی پور<sup>۱</sup>، سعید برومند نسب<sup>۲\*</sup>، عبدعلی ناصری<sup>۳</sup>، لاله دیوبند هفشجانی<sup>۴</sup> و ناصر عالم زاده انصاری<sup>۵</sup>

- ۱- دانشجوی دکتری گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۲- نویسنده مسئول، استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز. Boroomand@Scu.ac.ir
- ۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۴- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۵- دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

دریافت: بازنگری: پذیرش:

### چکیده

فقر مواد آلی در خاک‌های ایران موجب مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و به دنبال آن افزایش آبتشویی عناصر غذایی و آلودگی منابع آبی گردیده است. بنابراین استفاده از بهبود دهنده‌های طبیعی خاک مانند بیوجار در سال‌های اخیر اهمیت زیادی پیدا کرده است. در همین راستا با توجه به صنعت رو به رشد تولید قارچ و بستر باقی‌مانده ناشی از آن، در این تحقیق به بررسی تأثیر کاربرد بیوجار بقایای بستر قارچ بر کاهش میزان آبتشویی برخی عناصر شیمیایی در زهاب و در نتیجه افزایش عناصر غذایی در دسترس گیاه کاهو، رقم اهوازی پرداخته شد. طرح آزمایشی نیز به صورت کامل تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار و به صورت گلدانی اجرا شد. سطوح مختلف تیمار، صفر، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم بیوجار به ازای یک کیلوگرم خاک به ترتیب با نام  $B_4$ ,  $B_3$ ,  $B_2$ ,  $B_1$  نامگذاری شده‌اند. اندازه‌گیری‌ها شامل، اندازه‌گیری میزان نیترات، سدیم، کلسیم و پتاسیم، هدایت الکتریکی و اسیدیته زهاب در هشت مرحله زمانی از کشت به فواصل یک هفته‌ای انجام شد. نتایج نشان داد تیمار  $B_4$  در سطح یک درصد ارتباط معناداری با تغییرات غلظت نیترات، کلسیم، سدیم، پتاسیم، EC و pH در زهاب داشت. تیمار  $B_4$  موجب بیشترین تأثیر کاهش شامل ۴۳، ۱۶/۸، ۲۸/۷، ۱۹/۲ و ۱۸ درصد به ترتیب در میزان نیترات، سدیم، کلسیم، پتاسیم، هدایت الکتریکی و افزایش ۰/۹۳ درصدی اسیدیته زهاب خروجی نسبت به تیمار شاهد شد. در حالی که بیشترین میزان اندازه‌گیری مقادیر نیترات، سدیم، کلسیم، پتاسیم، EC و کمترین مقدار pH زهاب، در تیمار  $B_1$  بود.

کلید واژه‌ها: سدیم، کلسیم، منیزیم: نیترات: اسیدیته، هدایت الکتریکی.

### مقدمه

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و به خصوص کودهای ازته و عدم استفاده از کودهای آلی در چند سال اخیر شده است (Diacono and Montemurro, 2011). با توجه به اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه تولیدات صنعتی از جمله کودهای شیمیایی روز به روز بر اهمیت توجه به کشاورزی پایدار افزوده می‌شود (Chaitra et al., 2021).

یک راه حل برای افزایش مقدار ماده آلی خاک‌های کشاورزی، استفاده از کودهای آلی می‌باشد. سالانه در کشور مقدار زیادی بقایای گیاهی تولید می‌شود که کشاورزان اغلب در چگونگی مدیریت آن‌ها دغدغه دارند (Amiri and Alinia, 2010). بنابراین استفاده از روش‌های کم‌هزینه برای تبدیل بقایای کشاورزی به صلاح‌کننده‌های آلی یا ارزش، از اهمیت زیادی برخوردار است.

آب شیرین به‌عنوان یک منبع طبیعی، نقشی حیاتی و اساسی در توسعه هر کشور دارد. کمبود آب شیرین نه فقط ناشی از کمبود حجم آب در دسترس بلکه ناشی از مدیریت نادرست استفاده از کودهای شیمیایی و ایجاد آلودگی منابع آبی است (Mishra, 2023).

کشور ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است و از منابع رطوبتی بسیار دور است (Raziei, 2015). اکثر خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران دارای کمتر از یک درصد ماده آلی هستند که این مسئله سبب کاهش کیفیت برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله کاهش پایداری خاک‌دانه‌ها، تخریب ساختمان خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع می‌شود (Gholami Jami and Emami, 2021). این امر موجب

تولید قارچ خوراکی در کشور، در سال‌های اخیر توسعه یافته و به‌خصوص در مناطق شهری و پر جمعیت مصرف آن زیاد شده است. تولیدکنندگان قارچ خوراکی از کمپوست به‌عنوان محیط کشت برای تولید قارچ استفاده می‌کنند. بعد از چرخه برداشت قارچ خوراکی، حاصل‌خیزی بستر کاهش می‌یابد. به‌طور معمول، این بستر استفاده شده بعد از استفاده به‌عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود، اگر چه از آن می‌توان در موارد دیگر استفاده نمود. باقی‌مانده بستر قارچ پس از مصرف شدن دارای مقادیر قابل توجهی هوموس و عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین دامنه گسترده‌ای از عناصر غذایی کم مصرف می‌باشد (Shahsavani Markadeh and Chamani 2015).

یکی دیگر از راه‌کارهای مفید استفاده از بقایای گیاهی، تبدیل آن‌ها به بیوپار است. بیوپار نوعی زغال تهیه شده از زیست‌توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آن‌ها در حضور مقادیر کم اکسیژن یا عدم حضور آن انجام می‌شود (Masto et al., 2013). بیوپار به‌عنوان ماده‌ای که توانایی بهبود پدیده گرمایش زمین را دارد، توجه زیادی به خود جلب کرده است؛ زیرا این ماده ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی مدت در خاک ذخیره کند. همچنین بیوپار دارای شکل‌های پایدار کربن آلی می‌باشد که به‌دلیل کند بودن سرعت تجزیه، حتی در شرایط محیطی و بیولوژیکی مناسب به‌صورت دی‌اکسید کربن در محیط آزاد نمی‌شود. از این جهت گزینه مناسبی برای ترسیب کربن در خاک است. تحقیقات نشان داده است که فرآیند معدنی شدن بیوپار به‌علت پایداری بالای آن، به‌کندی صورت می‌گیرد (Salmani et al., 2014). در تحقیقی اثر افزودن بیوپار و یک سوپرچادب (به‌صورت مستقل از یکدیگر) بر برخی از خصوصیات فیزیکی دو نوع خاک لومی شنی و خاک لومی رسی مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از ۱۰ گرم سوپرچادب و ۲۰ گرم بیوپار به ازای هر کیلوگرم خاک بیشترین تأثیر را بر خصوصیات فیزیکی هر دو خاک مورد آزمایش داشت. افزودن ۲۰ گرم بیوپار به ازای هر کیلوگرم خاک لوم رسی، پارامترهای  $\theta_{pwp}$  و  $\theta_s$  را به ترتیب به میزان ۳۳/۳ و ۱۰/۹ و ۲۳/۱ درصد افزایش داد و تأثیر معنی‌داری بر سایر خواص این خاک و خاک لوم شنی نداشت. کاربرد سوپرچادب و بیوپار در خاک‌های مورد مطالعه بیشترین تأثیر را بر  $\theta_{pwp}$  و  $K_s$  داشت (Zare Abyaneh et al., 2022).

تحقیقات نشان داده که بیوپار ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی را در خاک افزایش می‌دهد. علاوه بر این تهویه و فعالیت میکروبی خاک را کنترل می‌کند. در همین راستا با توجه به صنعت رو به رشد تولید قارچ و بستر باقی‌مانده ناشی از آن و مزایای بیوپار در بخش کشاورزی، می‌توان اقدام به تهیه بیوپار و استفاده از آن در

کشاورزی نمود. در بررسی استفاده از بستر قارچ مصرف شده برای کشت گوجه‌فرنگی، نتیجه گرفتند که استفاده از این بستر باعث افزایش سرعت جوانه زنی گیاه و افزایش تولید نشاء و نیز تولید محصول می‌گردد (Collela et al., 2019). تولید بیوپار از بستر مصرف شده قارچ باعث تثبیت و حفظ مواد مغذی بستر مصرف شده قارچ شده و با افزایش حجم منافذ بیوپار نسبت به بستر قارچ، باعث افزایش قدرت نگهداشت آب و نیز کاهش الودگی منابع آب زیرزمینی می‌گردد (Lou et al., 2017). در تحقیقی دیگر با بررسی اثر کمپوست مصرف شده قارچ و بیوپار آن بر عملکرد گیاه جعفری تحت تنش شوری نشان داده شد که کاربرد بیوپار در مقایسه با نمونه کمپوست و شاهد باعث جذب بهتر عناصر غذایی و همچنین مؤلفه‌های رشدی گردید. ضمناً نتایج این آزمایش حاکی از توانایی کمپوست و ذغال زیستی در کاهش اثرات تنش شوری و به تبع آن تنش خشکی است که علت آن را می‌توان در قابلیت نگهداشت آب توسط کمپوست و بیوپار دانست (Karami Niya et al., 2019). بررسی تأثیر بیوپار پوسته شلتوک برنج بر آبشویی نیترات در یک خاک رسی، نشان می‌دهد که میزان آبشویی نیترات در سه ماه اول روندی به شدت کاهشی و در دوماه آخر روندی افزایشی داشت (Ghorbani et al., 2016).

بررسی مطالعه‌های مختلف نشان داده است فاکتورهایی مانند ماده اولیه سازنده بیوپار، دمای فرآوری بیوپار و نیز خصوصیات خاک، نوع گیاه و نوع آبیاری ارتباط مستقیمی به عملکرد بیوپار دارد (Shi et al., 2020). نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد که تأثیر بیوپار بر توزیع اندازه منافذ و منحنی حفظ آب خاک بسته به نوع خاک و محتوای بیوپار متفاوت است. در خاک‌های ریزدانه، افزودن **هشت درصد** بیوپار بیشترین کاهش را در اندازه و درصد مزوپور داشت، در حالی که در خاک‌های با دانه متوسط، **شش درصد** بیوپار بیشترین تأثیر را داشت و در خاک‌های درشت دانه، درصد بیوپار **دو** **پهینه** **دو** درصد بود. در حالت‌های مکش کم، افزودن **هشت و دو** درصد بیوپار به‌ترتیب حفظ آب خاک‌های ریزدانه و متوسط را بهبود بخشید، اما تأثیر کمی بر خاک‌های درشت دانه داشت. به‌طور کلی، اثر بیوپار بر ویژگی‌های خاک-آب غیریکنواخت بود و به اندازه‌های نسبی بیوپار و ذرات خاک بستگی داشت (Chen et al., 2023). در تحقیقی استفاده از سوبسترای قارچ مصرف شده و باکتری‌های محرک رشد گیاه را روی رشد، عملکرد و پاسخ بیوشیمیایی گل کلم را در شرایط گلخانه با استفاده از شش تیمار کنترل، **باکتری‌های** **محرک** **رشد** **گیاه**، بیوپار و ترکیبی از این **دو مورد** بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل بیوپار تولید شده از پیرولیز آهسته خواص ساختاری، عملکردی و مورفولوژیکی مفیدی را برای استفاده کشاورزی نشان داد. افزودن بیوپار و باکتری **به‌طور** قابل توجهی رشد، عملکرد و پارامترهای بیوشیمیایی گل کلم را بهبود بخشید، **به‌طوری** که

بالاترین مقادیر مشاهده شده در تیمار ترکیب ۱۰ گرم بر کیلوگرم بیوجار و باکتری مشاهده شد (Širić et al., 2022). بررسی منابع و مقالات فوق بیانگر **تأثیرهای** مختلف بیوجار بر خاک، گیاه و خصوصیات زه آب خروجی بوده است و این تفاوت به خصوصیات بیوجار و نوع خاک و گیاه کشت شده مرتبط است. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی استفاده از بیوجار تولیدی از بستر مصرف شده قارچ در خاک و **تأثیر** آن بر غلظت برخی عناصر و اسیدپتیه و هدایت الکتریکی در زهاب خروجی کشت کاهو انجام پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت طرح **کاملاً** تصادفی (شش تکرار) با هدف بررسی اثر سطوح مختلف بیوجار بقایای بسترقارچ (صفر، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم در کیلوگرم خاک) بر خصوصیات شیمیایی زهاب شامل (اسیدپتیه، هدایت الکتریکی، نیترات، کلسیم، سدیم و پتاسیم) انجام گردید.

## خاک مورد استفاده

نمونه‌های خاک از عمق ۲۰-۴۰ سانتی‌متری مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز با بافت سبک تهیه شد. دلیل انتخاب خاک نسبتاً سبک، درشت بودن منافذ این خاک‌ها و پایین بودن ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی در آن است. نمونه‌های خاک در هوا خشک شده تا به وزن ثابتی برسند. خاک‌های خشک شده با چکش پلاستیکی خرد شده و **به منظور** ایجاد یکنواختی از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند (O'Flynn et al., 2013 ; Marín-Benito et al., 2013). سپس خصوصیات خاک از جمله بافت خاک (روش هیدرومتری)، جرم مخصوص حقیقی خاک (روش پیکنومتر)، جرم مخصوص ظاهری خاک (استوانه)، تخلخل خاک، کربن آلی و ماده آلی خاک (روش والکلی بلک)، فسفر کل (اولسن)، ظرفیت تبادل کاتیونی و آنیونی با روش جایگزینی  $\text{NaNO}_3$  به جای  $\text{HCl}$  و  $\text{KCl}$ ، هدایت الکتریکی و اسیدپتیه خاک (عصاره اشباع)، ازت کل خاک (روش کج‌لدال) اندازه‌گیری شد.

## بیوجار بستر قارچ

در این پژوهش، از بیوجار تولیدی از بقایای بستر قارچ تهیه شده در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و بدون حضور اکسیژن استفاده گردید. دمای مطلوب برای تهیه بیوجار بستگی به خواص مورد نظر بیوجار و کاربرد مورد نظر آن دارد. نتایج تحقیقی نشان داد که بیوجارهای تولیدی در محدوده‌ی دمایی ۳۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد (دمای پایین)، شاخص بهره‌وری مواد آلی و مواد مغذی بالاتری دارند

(Divband Hafshejani et al., 2017). علاوه بر آن بیوجار تولید شده در دماهای پایین‌تر (۳۰۰-۴۰۰ درجه سانتی‌گراد) به دلیل وجود **گروه‌های** عملکردی مختلف، ویژگی‌های آلی متنوع‌تری را نشان می‌دهد (Tomczyk et al., 2020). قابل ذکر است که هدف این است که در این تحقیق بیوجار مواد مغذی خود را به صورت یک کود آهسته رهش در اختیار خاک و گیاه قرار دهد.

## گیاه مورد استفاده

گیاه کاهو رقم اهوازی با نام علمی **Lactuca Sativa** گیاهی یک‌ساله از خانواده کاسنیان است و به‌عنوان سبزی پرورش می‌یابد که عمدتاً به صورت خام مصرف می‌شود. کاهو منبع خوبی برای ویتامین **A** و پتاسیم و سایر ویتامین‌ها و منابع معدنی است. کاهو برای رشد به دمای پایین از ۲۴ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از هفت درجه سانتی‌گراد نیاز دارد. لذا بهترین درجه حرارت ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد می باشد. زمان مناسب کشت آن در اهواز اوایل پاییز و دی ماه زمان برداشت محصول می باشد.

## آماده‌سازی گلدان‌ها

در این پژوهش کشت کاهو درون گلدان‌هایی به ارتفاع ۲۲ و قطر ۲۱ سانتی‌متر انجام پذیرفت. جرم خاک مورد نیاز برای پر کردن گلدان‌ها براساس وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه و حجم گلدان تعیین شد. **به طوری** که در هر گلدان ۱۱ کیلوگرم خاک ریخته شد. مقدار بیوجار برای تیمارهای صفر (شاهد)، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم بیوجار به ازای هر کیلوگرم خاک محاسبه و به صورت یکنواخت با خاک مخلوط گردید. این تیمارها **به ترتیب** با نام  $B_4$ ،  $B_3$ ،  $B_2$ ،  $B_1$  نمایش داده شدند. برای تولید نشاهای کاهو در این مطالعه از بذر گیاه کاهو اهوازی استفاده شد. ابتدا بذرها **به مدت** ۲۴ ساعت خیس شدند و سپس به داخل سینی‌های نشا که با پرلیت پر شده بود (پرلیت‌ها، قبل از استفاده با قارچ‌کش ضدعفونی شدند)، منتقل گردیدند. این سینی‌ها در اتاقک رشد نگهداری و پس از ۲۰ روز به گلدان‌های اصلی در محیط گلخانه منتقل شدند. آبیاری گلدان‌ها در طی دوره رشد به صورت قطره‌ای و براساس نیاز آبی کاهو صورت پذیرفت. میزان نیاز آبی توسط روش تشت تبخیر کلاس **A** اندازه‌گیری شد. در محاسبات نیاز آبی، ضریب تشت تبخیر ۰/۷ و ضریب گیاهی در مراحل اول و دوم رشد ۰/۹ و در مراحل سوم و چهارم **به ترتیب** ۰/۹۵ و ۰/۹ منظور گردید. بر این اساس نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد ۴۸۶ میلی‌متر به ازاء هر گیاه **به دست** آمد. فواصل آبیاری سه روز و آبیاری به روش قطره‌ای توسط قطره چکان‌های با دبی چهار لیتر در ساعت انجام پذیرفت. قبل از کاربرد قطره‌چکان‌ها آزمایش ضریب یکنواختی دبی قطره‌چکان‌ها انجام شد. **به دلیل** کیفیت مناسب آب آبیاری از فیلتر در سیستم استفاده نشد. فشار مورد نیاز سیستم نیز

## نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول (۱) ارائه گردیده است. بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده ذرات شن، رس و سیلت، این خاک دارای بافت شنی-لومی می‌باشد. وجود کلسیم بالای خاک می‌تواند نشانه‌ای از قدرت بالای بافری خاک باشد. همچنین مقدار ماده آلی خاک نیز کمتر از یک درصد می‌باشد که بیانگر فقر ماده آلی در این خاک می‌باشد. پایین بودن ماده آلی در این خاک‌ها بر ساختار (تجمع)، زهکشی، هوادهی (خواص تبادل گاز)، ظرفیت نگهداری آب، pH، تراکم و رشد کلی گیاه تأثیر نامطلوب می‌گذارد (Diacono and Montemurro., 2011).

نتایج خصوصیات بیوجار تولید شده از بقایای بستر قارچ مصرف شده در جدول (۲) نمایش داده شده است. در تولید بیوجار تغییر در دمای تجزیه در اثر حرارت و نوع ماده‌ی خام، می‌تواند منجر به محصولاتی با طیف وسیعی از مقادیر pH، سطح ویژه، حجم منافذ، ظرفیت تبادل کاتیونی، مواد فرار، خاکستر و محتوای کربن شود (Tomczyk et al., 2020). مقدار pH بیوجار در محدوده قلیایی است و این می‌تواند ناشی از خروج گازهای اکسیژن و هیدروژن در طی فرآیند تولید بیوجار باشد. قابل ذکر است که این گازها جزء اصلی ترکیبات اسیدی هستند. ذغال‌های زیستی که از مواد غیر چوبی مانند کودها و بقایای گیاهی تولید می‌شوند دارای pH بیشتر و کربن پایدار کمتری نسبت به ذغال زیستی چوبی می‌باشند (Sigua et al., 2015).

### جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Soil physical and chemical characteristics

Parameter	Value	Parameter	Value
Clay (%)	9	$\rho_b$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.43
Silt (%)	34	n (%)	46
Sand (%)	57	N (%)	0.05
Soil Texture	Loamy sand	Na (mg/kg)	16.2
ECe (dS/m)	2.8	Ca (mg/kg)	182.8
pH (no units)	7.60	K (mg/kg)	63.3
Organic Matter(%)	0.73	CEC (cmol/kg)	7.23
FC (%)	19	AEC (cmol/kg)	1.42
PWP (%)	8		

### جدول ۲- برخی خصوصیات بیوجار باقی مانده بستر قارچ

Table 2- Biochar physical and chemical characteristics

Parameter	AEC	CEC	P	O	S	H	C	N	EC	pH
Unit	(cmol/kg)	(cmol/kg)	(mg/kg)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(dS/m)	-
Value	9.41	13.73	0.61	11.4	0.74	1.7	28.5	2.1	6.91	7.7

توسط یک پمپ ۰/۵ اسب تأمین و برای اندازه‌گیری دبی با توجه به تعداد گلدان‌های موجود در هر ردیف کشت، از کنتور برای اندازه‌گیری دبی در هر لترال استفاده شد. طول دوره رشد ۷۰ روز بود. بذرها ابتدا در اتاقک رشد کشت و پس از ۲۰ روز به گلدان‌ها منتقل شدند. در هر گلدان تنها یک نشاء کاهو کشت شد. به‌منظور تعیین کاربرد سطوح مختلف بیوجار بر نگهداشت عناصر در خاک، زهاب خروجی از گلدان‌ها در هر هفته یک بار پس از آبیاری، جمع‌آوری و میزان نیترات، سدیم، کلسیم و پتاسیم، اسیدیته و هدایت الکتریکی در آن‌ها در شش مرحله اندازه‌گیری‌ها انجام شد.

### اندازه‌گیری پارامترهای زهاب

برای اندازه‌گیری میزان نیترات از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل DR-5000 شرکت HACH مطابق با استاندارد متد ۱۰۰۴۹ با طول موج ۲۷۵ mm استفاده گردید. هدایت الکتریکی نمونه‌های آزمایش به‌وسیله دستگاه EC سنج مدل WTW InoLab اندازه‌گیری شد. میزان pH نیز به‌وسیله دستگاه pH سنج مدل InoLab تعیین گردید. برای اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم و کلسیم از دستگاه فلیم فوتومتر شعله‌ای Flame photometer مدل M410 استفاده گردید. پس از تهیه نمونه‌های زهاب از زیر گلدان ابتدا نسبت به عبور آن‌ها از صافی اقدام و برای اندازه‌گیری در ظروف دربسته نگهداری و همان روز قرائت‌ها انجام پذیرفت. قبل از شروع قرائت توسط دستگاه‌ها کالیبراسیون انجام پذیرفت. ضمناً با توجه به غلظت بالای نمونه‌ها قرائت پس از رقیق‌سازی انجام گرفت. لذا در هنگام ثبت داده‌ها در دفتر دو اصلاحیه کالیبراسیون و رقیق‌سازی بر ارقام نهایی تأثیر داده و ارقام به‌دست آمده اصلاح گردید.

ذغال زیستی تولید شده از باقی مانده بستر قارچ دارای عناصر غذایی زیادی در خود است که این مسئله برای رشد گیاه و بهبود حاصلخیزی خاک بسیار مهم است. علاوه بر این تولید ذغال زیستی از این بستر باعث افزایش غلظت عناصر موجود در آن شده است. علت این موضوع را می‌توان ناشی از فرار عناصر از مواد آلی و تجمع آن‌ها در خاکستر باقی مانده دانست. بیوپچار تولید شده در دمای پایین دارای مواد فرار بیشتر و کربن تثبیت شده و محتوای خاکستری کمتری نسبت به بیوپچار تولیدی در دمای بالا است (Rafiq et al., 2016). علت بالا بودن هدایت الکتریکی در بیوپچار را می‌توان به افزایش غلظت عناصر موجود در بیوپچار نسبت به ماده خام دانست. در برخی از پژوهش‌ها افزودن بیوپچار به خاک باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک شده است (Hamzei et al., 2012).

### بررسی تأثیر سطوح بیوپچار بر برخی از خصوصیات شیمیایی زهاب

نتایج تجزیه واریانس در جدول (۳) نشان داد که افزودن بیوپچار تأثیر معنی‌داری بر اسیدیته زهاب خروجی در سطح یک درصد دارد. تیمارهای  $B_2$ ،  $B_3$ ،  $B_4$  به ترتیب اسیدیته را  $0/4$ ،  $0/66$  و  $0/93$  درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۴). یکی از دلایل افزایش اسیدیته زهاب، خواص ذاتی بیوپچار است. در طی فرآیند تولید بیوپچار، اکسیژن و هیدروژن خارج شده و عناصر بازی در ساختار ماده بیوپچار باقی می‌مانند (Sigua et al., 2015). دلیل دیگر به توانایی بیوپچار در جذب فلزاتی مانند آلومینیوم (Al)، آهن (Fe)، کبالت (Co)، کادیوم (Cd)، نیکل (Ni) و روی (Zn) مربوط است. با جذب این فلزات توسط بیوپچار، حضور آن‌ها در آب کاهش یافته و به دنبال آن pH افزایش می‌یابد (Kinnunen et al., 2021). قابل ذکر است که بیوپچار تولیدی از مواد غیرچوبی مانند بقایای گیاهی و کودها دارای اسیدیته بیشتر و کربن کمتری نسبت به بیوپچارهای تولیدی از ماده اولیه چوبی هستند (Sigua et al., 2015).

نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر سطوح بیوپچار بر کاهش هدایت الکتریکی زهاب در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳). کمترین میزان هدایت الکتریکی زهاب در تیمار  $B_4$  با  $1/92$  دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین آن در تیمار  $B_1$  به میزان  $2/33$  دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. با مقایسه میانگین تیمارها در جدول (۴)، تأثیر تیمارهای  $B_1$  و  $B_2$  در یک سطح و تیمارهای  $B_2$  و  $B_3$  نیز در یک سطح معناداری قرار داشتند ولیکن بیشترین تأثیر کاهش بیوپچار در تیمار  $B_4$  با سطح متفاوت معناداری از سایر تیمارها اتفاق افتاد. کاهش هدایت الکتریکی زهاب، بر اثر بیوپچار را می‌توان مربوط به حضور نمک‌های محلول در بیوپچار و بالاتر بودن آن نسبت به هدایت الکتریکی خاک دانست (Chintala et al., 2013). بررسی نتیجه تحقیقات نشان داده است که تاکنون مطالعه جامعی روی تأثیر بیوپچار بر هدایت الکتریکی خروجی از

کشت‌های مختلف انجام نشده و بیشتر تحقیقات مربوط به هدایت الکتریکی بیوپچار تولید شده در دماهای مختلف است (Gabhi., et al., 2020). نتایج تحقیقات مختلف به‌طور کلی نشان داده است که تأثیر بیوپچار بر خاک و زه‌آب خروجی به عواملی مانند منبع بیوپچار، دمای تجزیه در اثر حرارت و نوع خاک بستگی دارد. در این تحقیق کاربرد بیوپچار باعث کاهش هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی شد. از طرفی بیوپچار بستر قارچ باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک گردیده است. شاید بتوان این رابطه دو طرفه (افزایش هدایت الکتریکی در خاک و کاهش آن در زه‌آب) را دلیل این فرآیند قلمداد کرد. از طرفی کاهش برخی پارامترهای تشکیل دهنده هدایت الکتریکی (آنیون‌ها و کاتیون‌ها) نیز در زه‌آب پیش از این نیز در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش غلظت عناصر در محلول خاک به‌واسطه حضور بیوپچار، میزان غلظت عناصر درون زهاب کاهش یافته که به نظر می‌رسد این امر باعث کاهش هدایت الکتریکی زهاب شده است.

بیشترین مقدار نیترات در زهاب خروجی از تیمار  $B_1$  اندازه‌گیری گردید که نشان دهنده پایین بودن قدرت جذب خاک لومی-شنی در جذب نیترات و در نتیجه بالا بودن غلظت نیترات آبشویی شده از تیمار شاهد است. در صورتی که کاهش  $37/5$  و  $43$  درصدی غلظت نیترات به ترتیب در زه‌آب تیمارهای  $B_4$ ،  $B_3$ ،  $B_2$  حاصل گردید. عامل اصلی نگهداشت آنیون‌هایی همچون نیترات را می‌توان تأثیر برهم‌کنش بیوپچار با مواد آلی خاک و در مورد نیترات، اثرات بیوپچار بر چرخه زیستی نیتروژن خاک دانست. از دیگر دلایل کاهش آبشویی عناصر غذایی می‌توان به مسئله ظرفیت تبادل کاتیونی بالای بیوپچار اشاره کرد (Singh et al., 2010a). بیوپچار تولیدی در دمای پایین، خواستار تثبیت و تحریک عناصر می‌باشد. این فرآیند می‌تواند منبع موضعی نیتروژن آلی را ایجاد کند که تمایل به کاهش پتانسیل آبشویی نیتروژن معدنی در خاک به شدت آبشویی شده را داراست (Steiner et al., 2008). علاوه بر آن اضافه کردن بیوپچار باعث افزایش فعالیت زیست توده میکروبی و آنزیمی در خاک شد و ترکیب جامعه‌ی باکتری‌ها را تغییر داد، که نشان‌دهنده افزایش نیاز زیست توده میکروبی به نیتروژن و تحریک چرخه‌ی نیتروژن در خاک شامل فرآیندهای نیتریفیکاسیون و دینیتریفیکاسیون بود این پاسخ‌های میکروبی در پاسخ به افزایش بیوپچار منجر به افزایش بیشتر نگهداری نیترات و کاهش آبشویی آن شد (Chen et al., 2021). نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد به‌طوری که در کاربرد ذغال زیستی بامبو تلفات تجمعی نیتروژن آمونومی از راه آبشویی در عمق  $20$  سانتی‌متری  $15/2$  درصد کاهش یافت. یعنی از تحرک آن در اعماق مختلف و هدر رفت آن‌ها جلوگیری نمود (Ding et al., 2010). همچنین کاربرد بیوپچار باگاس نیشکر با مقدار  $10$  گرم بر کیلوگرم خاک موجب بیشترین کاهش غلظت نیترات در آب آبشویی شده گردید (Divband Hafshejani et al., 2017).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بیوچار بر برخی خصوصیات شیمیایی زهاب  
 Table 3- Analysis of Variance of the effect of different biochar treatments on some chemical characteristics of Drainage water

References	Df	Mean of Squares					
		Ca	Na	K	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	EC	pH
Treatment	3	2827.02 **	835.67 **	48.64 **	22219 **	0.187 **	0.005 **
Error	20	4.435	4.181	1.267	56.759	0.015	0.000
Total	23						

Significant at 1%: \*\*      Significant at 5%: \*      Not significant: ns

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بیوچار بر برخی خصوصیات شیمیایی زهاب  
 Table 4- The means comparison of different biochar treatments on some chemical characteristics of Drainage water

Treatment	K (mg/lit)	Na (mg/lit)	Ca (mg/lit)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/lit)	EC (ds/m)	pH
B1	31.86 <sup>a</sup>	158.56 <sup>a</sup>	173.15 <sup>a</sup>	315.58 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>	7.55 <sup>d</sup>
B2	29.84 <sup>b</sup>	147.92 <sup>b</sup>	148.65 <sup>b</sup>	230.36 <sup>b</sup>	2.20 <sup>a,b</sup>	7.58 <sup>c</sup>
B3	26.59 <sup>c</sup>	137.27 <sup>c</sup>	132.95 <sup>c</sup>	194.11 <sup>c</sup>	2.07 <sup>b</sup>	7.60 <sup>b</sup>
B4	25.74 <sup>c</sup>	131.95 <sup>d</sup>	123.48 <sup>d</sup>	180.03 <sup>d</sup>	1.92 <sup>c</sup>	7.62 <sup>a</sup>

Numbers with dissimilar letters in a column show a significant difference at the 1% level in the Duncan test.

Verheijen et al. (2010) اضافه شد، آبشویی عناصر غذایی کاهش یافت (۳) نشان داد که افزودن بیوچار به خاک بر کاهش سدیم اندازه‌گیری شده در زهاب تأثیر معناداری در سطح یک درصد دارد. با توجه به جدول مقایسه میانگین ها جدول (۴). این کاهش در تیمارهای B<sub>2</sub>، B<sub>3</sub>، B<sub>4</sub> به ترتیب ۶/۷، ۱۳/۴ و ۱۶/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد بود. بنابراین تیمار B<sub>4</sub> بیشترین تأثیر را بر کاهش هدر روی سدیم خاک را داراست. برای این تأثیر می‌توان بیان داشت که مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی بیوچار ارتباط نزدیکی با غلظت گروه‌های عاملی اکسیژن‌دار دارد که در فرآیند جذب کاتیون‌های مختلف از جمله سدیم نقش دارند (Wagner et al., 2023). Sun et al. (2017)، اعلام کردند که بیوچار با جذب نمک‌های مانند سدیم به صورت جذب سطحی و به دام انداختن فیزیکی یون سدیم در منافذ خود می‌تواند در اثرات منفی آن در خاک موثر باشد.

نتایج تجزیه واریانس جدول (۳) نشان داد که تأثیر کاربرد بیوچار بقایای بستر قارچ بر کاهش غلظت پتاسیم در تمامی تیمارها نسبت به شاهد در سطح یک درصد معنادار بود ولی بین تیمارهای B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> بر اساس نتایج تجزیه واریانس تفاوت بین غلظت کلسیم در زهاب در تمامی تیمارها در سطح یک درصد معنادار بود (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای B<sub>2</sub>، B<sub>3</sub>، B<sub>4</sub> به ترتیب کاهش ۱۴/۲، ۳۲/۲ و ۲۸/۷ درصدی کلسیم نسبت به تیمار مشاهده شد. بنابراین بیشترین تأثیر در کاهش آبشویی کلسیم را در تیمار B<sub>4</sub> نسبت به دست آمد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیوچار پتانسیل کاهش تلفات مواد مغذی و بهبود کیفیت آب را از طریق ویژگی‌های جذب خود دارد (Libutti et al., 2019).

کاهش آبشویی عناصر غذایی در اثر کاربرد بیوچار در خاک در آزمایش‌های گلدانی متعددی گزارش شده است به طوری که کاهش آبشویی کلسیم به هنگام کاربرد بیوچار به ظرفیت تبادل کاتیونی بالای این ماده نسبت داده شد (Laird et al., 2010)، (Novak., et , Major et al.2010, Lehmann et al., 2003 al.2009, Singh et al., 2010b). بیوچار مواد غذایی موجود در منطقه ریشه را حفظ می‌کند. علاوه بر این، پژوهش‌ها نشان داده است که آبشویی عناصر غذایی در نیم‌رخ خاک کاهش خواهد یافت. مطالعه‌های گلدانی نشان داده است هنگامی که بیوچار به خاک

درصدی تلفات نیتروژن، ۲۸/۷ درصدی کلسیم، ۱۹/۲ درصدی پتاسیم و ۱۶/۸ درصدی سدیم گردید. افزایش این مقدار بیوجار به خاک باعث افزایش ۳۶/۸۴ درصدی هدایت الکتریکی زهاب و افزایش ۱۳/۴۷ درصدی اسیدیته آن شد.

### تقدیر و تشکر

با تشکر از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز به لحاظ فراهم نمودن اعتبار پژوهشی این تحقیق با شماره گرنت SCU.WI1402.399 در قالب پایان نامه دکتری و نیز با سپاس از پرسنل محترم آزمایشگاه‌های دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز به دلیل کمک‌ها و مساعدت‌های فراوان در انجام این تحقیق.

تفاوت معناداری در کاهش آبشویی پتاسیم دیده نشد (جدول ۴). قابل ذکر است براساس نتایج به‌دست آمده تیمارهای B<sub>2</sub>، B<sub>3</sub>، B<sub>4</sub> به‌ترتیب کاهش ۶/۳، ۱۶/۶ و ۱۹/۲ درصدی در آبشویی پتاسیم رخ داد. نتایج آزمایش‌ها روی بیوجارهای تولید شده از لجن فاضلاب در دماهای بین ۳۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد نیز نشان داد که اضافه‌کردن بیوجار باعث کاهش ۷/۹-۲۳/۴ درصدی در آبشویی پتاسیم از خاک شده است (Yuan et al., 2016).

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از این نوع بیوجار می‌تواند موجب تأثیر مثبت بر نگهداشت عناصر غذایی در خاک و جلوگیری از ورود آن‌ها به زهاب گردد. کاربرد بیوجار بستر قارچ به میزان ۲۰ گرم در هر کیلو گرم خاک (معادل دو درصد) موجب کاهش ۴۳

### References

- 1- Amiri, Z. , Alinia, M ,2010. Plant Residue Management. *Barzgar Journal*, No. 1044, Section A. Alefband, (In Persian).
- 2- Chaitra, A.K.P., Ahuja, R., Sidhu, S.P.K. and Sikka, R., 2021. Importance of Nano Fertilizers in Sustainable Agriculture. *Environ. Sci. Ecol. Curr. Res.(ESECR)*, 5, p.1029.
- 3- Chen, P., Liu, Y., Mo, C., Jiang, Z., Yang, J. and Lin, J., 2021. Microbial mechanism of biochar addition on nitrogen leaching and retention in tea soils from different plantation ages. *Science of The Total Environment*, 757, p.143817. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143817
- 4- Chen, X., Li, L., Li, X., Kang, J., Xiang, X., Shi, H., & Ren, X. (2023). Effect of Biochar on Soil-Water Characteristics of Soils: A Pore-Scale Study. *Water*, 15(10), 1909. Doi: /10.3390/w15101909
- 5- Chintala, R., Mollinedo, J., Schumacher, T.E., Papiernik, S.K., Malo, D.D., Clay, D.E., Kumar, S. and Gulbrandson, D.W., 2013. Nitrate sorption and desorption in biochars from fast pyrolysis. *Microporous and Mesoporous Materials*, 179, pp.250-257. Doi: 10.1016/j.micromeso.2013.05.023.
- 6- Collela, C.F., Costa, L.M.A.S., Moraes, T.S.J.D., Zied, D.C., Rinker, D.L. and Dias, E.S., 2019. Potential utilization of spent *Agaricus bisporus* mushroom substrate for seedling production and organic fertilizer in tomato cultivation. *Ciência e Agrotecnologia*, 43. Doi: 10.1590/1413-7054201943017119.
- 7- Diacono, M. and Montemurro, F., 2011. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. *Sustainable agriculture volume 2*, pp.761-786.
- 8- Ding, Y., Liu, Y.X., Wu, W.X., Shi, D.Z., Yang, M. and Zhong, Z.K., 2010. Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns. *Water, Air, & Soil Pollution*, 213, pp.47-55.
- 9- Divband Hafshejani, L., Naseri, A. A., Hooshmand, A., Abbasi, F., Soltani Mohammadi, A. (2017). 'Effect of Sugarcane Bagasse Biochar Application on Chemical Properties a Sandy Loam Soil', *Irrigation Sciences and Engineering*, 40(1), pp. 63-72. Doi: 10.22055/jise.2017.12667 (In Persian).
- 10- Gabhi, R., Basile, L., Kirk, D.W., Giorcelli, M., Tagliaferro, A. and Jia, C.Q., 2020. Electrical conductivity of wood biochar monoliths and its dependence on pyrolysis temperature. *Biochar*, 2, pp.369-378.

- 11- Gholami Jami, S. and Emami, H., 2021. Effect of organic matter and potassium chloride on soil structure stability indices. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 11(1), pp.83-100. Doi: [10.22069/EJSMS.2021.18280.1969](https://doi.org/10.22069/EJSMS.2021.18280.1969). (In Persian)
- 11-Ghorbani, M., Asadi, H. and Abrishamkesh, S., 2016. Effect of rice husk biochar on nitrate leaching in a clayey soil. *Iranian Journal of Soil Research*, 29(4), pp.127-434. Doi: [10.22092/IJSR.2016.105902](https://doi.org/10.22092/IJSR.2016.105902). (In Persian)
- 12-Hamzei, A., Lakziyan, A., Astarai, A. and Fotovvat, E., 2012. Effect of biochar and waste water on cadmium uptake by mungbean. In *3 rd National Conference on Water Resource Management*.
- 13-Karami Niya, F., Rang Zan, N., Nadian Ghomsheh, H. and Lotfi Jalal Abadi, A., 2019. The Effect of spent mushroom compost and its biochar on parsley yield under salinity stress. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(6), pp.1453-1465. Doi: [10.22059/ijswr.2019.269268.668052](https://doi.org/10.22059/ijswr.2019.269268.668052). (In Persian)
- 14-Kinnunen, N., Laurén, A., Pumpanen, J., Nieminen, T.M. and Palviainen, M., 2021. Biochar capacity to mitigate acidity and adsorb metals—Laboratory tests for acid sulfate soil drainage water. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232, pp.1-14.
- 15-Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R. and Karlen, D., 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158(3-4), pp.436-442.
- 16-Lehmann, J., Pereira da Silva, J., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B., 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and soil*, 249, pp.343-357.
- 17-Libutti, A., Cammerino, A.R.B., Francavilla, M. and Monteleone, M., 2019. Soil amendment with biochar affects water drainage and nutrient losses by leaching: Experimental evidence under field-grown conditions. *Agronomy*, 9(11), p.758. doi: [10.3390/agronomy9110758](https://doi.org/10.3390/agronomy9110758).
- 18-Lou, Z., Sun, Y., Bian, S., Baig, S.A., Hu, B. and Xu, X., 2017. Nutrient conservation during spent mushroom compost application using spent mushroom substrate derived biochar. *Chemosphere*, 169, pp.23-31. Doi: [10.1016/j.chemosphere.2016.11.044](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.044).
- 19-Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. and Lehmann, J., 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and soil*, 333, pp.117-128.
- 20-Marín-Benito, J.M., Brown, C.D., Herrero-Hernández, E., Arienzo, M., Sánchez-Martín, M.J. and Rodríguez-Cruz, M.S., 2013. Use of raw or incubated organic wastes as amendments in reducing pesticide leaching through soil columns. *Science of the total environment*, 463, pp.589-599. Doi: [10.1016/j.scitotenv.2013.06.051](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.051).
- 21-Masto, R.E., Kumar, S., Rout, T.K., Sarkar, P., George, J. and Ram, L.C., 2013. Biochar from water hyacinth (*Eichornia crassipes*) and its impact on soil biological activity. *Catena*, 111, pp.64-71. Doi: [10.1016/j.catena.2013.06.025](https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.025).
- 23- Mishra, R.K., 2023. Fresh water availability and its global challenge. *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies*, 4(3), pp.1-78. Doi: [10.37745/bjmas.2022.0208](https://doi.org/10.37745/bjmas.2022.0208).
- 22-Novak, J.M., Lima, I., Xing, B., Gaskin, J.W., Steiner, C., Das, K.C., Ahmedna, M., Rehrh, D., Watts, D.W., Busscher, W.J. and Schomberg, H., 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of environmental science*.



- 23-O'Flynn, C.J., Healy, M.G., Lanigan, G.J., Troy, S.M., Somers, C. and Fenton, O., 2013. Impact of chemically amended pig slurry on greenhouse gas emissions, soil properties and leachate. *Journal of Environmental Management*, 128, pp.690-698. [Doi: 10.1016/j.jenvman.2013.06.020](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.06.020)
- 24-Rafiq, M. K., Bachmann, R. T., Rafiq, M. T., Shang, Z., Joseph, S. and Long, R. 2016. Influence of pyrolysis temperature on physico-chemical properties of corn stover (*Zea mays* L.) biochar and feasibility for carbon capture and energy balance. *PLoS One* 11, e0156894.
- 24- Razinei, T., 2015. Investigation of drought characteristics in arid and semi-arid regions of Iran. *Watershed Engineering and Management*, 7(4), pp.363-378. [Doi: 10.22092/ijwmse.2015.103082](https://doi.org/10.22092/ijwmse.2015.103082)
- 25-Salmani, M.S., Khorsandi, F., Yasrebi, J. and Karimian, N., 2014. Biochar effects on copper availability and uptake by sunflower in a copper contaminated calcareous soil. *International journal of plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(3), pp.389-394.
- 26-Shahsavani Markadeh, M. and Chamani, E., 2015. Effect of Various Mixtures of Substrate with Spent Mushroom Compost Residue on Growth and Flowering Characteristics of Cut. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(4.1), pp.123-139. (In Persian).
- 27-Shi, W., Ju, Y., Bian, R., Li, L., Joseph, S., Mitchell, D.R., Munroe, P., Taherymoosavi, S. and Pan, G., 2020. Biochar bound urea boosts plant growth and reduces nitrogen leaching. *Science of the Total Environment*, 701, p.134424.
- 28-Sigua, G.C., Stone, K.C., Hunt, P.G., Cantrell, K.B. and Novak, J.M., 2015. Increasing biomass of winter wheat using sorghum biochars. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, pp.739-748.
- 29-Singh, B.P., Hatton, B.J., Singh, B., Cowie, A.L. and Kathuria, A., 2010. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. *Journal of environmental quality*, 39(4), pp.1224-1235. [Doi: 10.2134/jeq2009.0138](https://doi.org/10.2134/jeq2009.0138).
- 30-Singh, B., Singh, B.P. and Cowie, A.L., 2010. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Soil Research*, 48(7), pp.516-525. [Doi: 10.1071/SR10058](https://doi.org/10.1071/SR10058).
- 31-Širić, I., Eid, E.M., Taher, M.A., El-Morsy, M.H., Osman, H.E., Kumar, P., Adelodun, B., Abou Fayssal, S., Mioč, B., Andabaka, Ž. and Goala, M., 2022. Combined use of spent mushroom substrate biochar and PGPR improves growth, yield, and biochemical response of cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis): a preliminary study on greenhouse cultivation. *Horticulturae*, 8(9), p.830. [Doi: 10.3390/horticulturae8090830](https://doi.org/10.3390/horticulturae8090830).
- 32-Steiner, C., Glaser, B., Giraldo Teixeira, W., Lehmann, J., Blum, W.E. and Zech, W., 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of plant nutrition and soil science*, 171(6), pp.893-899. [Doi: 10.1002/jpln.200625199](https://doi.org/10.1002/jpln.200625199).
- 33-Sun, H., Lu, H., Chu, L., Shao, H. and Shi, W., 2017. Biochar applied with appropriate rates can reduce N leaching, keep N retention and not increase NH<sub>3</sub> volatilization in a coastal saline soil. *Science of the Total Environment*, 575, pp.820-825. [Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.137](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.137)
- 34-Tomczyk, A., Sokołowska, Z. and Boguta, P., 2020. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19, pp.191-215.
- 35-Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A.C., Van der Velde, M. and Diafas, I., 2010. Biochar application to soils. *A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions*. *EUR*, 24099(162), pp.2183-2207.

- 36-Wagner, B., Salisbury, A. and Midgley, M.G., 2023. Top dressed biochar increases tree seedling growth and decreases sodium leaching. *bioRxiv*, pp.2023-08. Doi: [10.1101/2023.08.03.551785](https://doi.org/10.1101/2023.08.03.551785).
- 37-Yuan, H., Lu, T., Wang, Y., Chen, Y. and Lei, T., 2016. Sewage sludge biochar: Nutrient composition and its effect on the leaching of soil nutrients. *Geoderma*, 267, pp.17-23. Doi: [10.1016/j.geoderma.2015.12.020](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.12.020)
- 38-Zare Abyaneh, H., Khodabandehlo, Z., Bayat, H. and Jovzi, M., 2022. The effect of a superabsorbent and biochar on some physical and hydraulic properties of two arable sandy loam and clay loam soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(2), pp.2557-2569.

نسخه نهایی  
فصل از چاپ

## EXTENDED ABSTRACT

### Investigating the effect of different biochar levels of mushroom bed residues on some chemical properties of Drainage water

M. Valipour<sup>1</sup>, S. Boroomand Nasab<sup>2\*</sup>, A. A. Naseri<sup>3</sup>, L. Divband Hojaghani<sup>4</sup> and N. Alimzadeh Ansari<sup>5</sup>

1- *PhD Candidate, Department of Irrigation and Drainage, College of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz*

2\*- *Corresponding Author, Professor, Department of Irrigation and Drainage, College of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. (Boroomand@Scu.ac.ir).*

2- *Professor, Department of Irrigation and Drainage, College of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz*

3- *Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, College of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz*

4- *Associate Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz*

**Keywords:** sodium, calcium, magnesium: nitrate: acidity, electrical.

#### Introduction

Most of the soils of arid and semi-arid regions of Iran have less than 1% of organic matter, which causes a decrease in the quality of some physical characteristics of the soil, including a decrease in the stability of soil grains, destruction of the soil structure, and a decrease in saturated hydraulic conductivity (Gholami J, Emami, H., 2021). This has caused excessive use of chemical fertilizers, especially nitrogen fertilizers, and non-use of organic fertilizers in recent years (Diacono and Montemurro, 2011). One solution to increase the amount of organic matter in agricultural soils is the use of organic fertilizers. Every year, a large amount of plant residues are produced in the country, and farmers are often concerned about how to manage them (Amiri and Alinia, 2010). Another useful way to use plant residues is to convert them into biochar. Biochar is a type of charcoal prepared from plant biomass and agricultural waste, which are burned in the presence of low amounts of oxygen or its absence (Masto et al., 2013). Research has shown that the mineralization process of biochar takes place slowly due to its high stability (Salmani et al., 2014). In a research, the effect of adding biochar and a superabsorbent (independently of each other) on some physical properties of two types of sandy loam soil and clay loam soil was investigated. The results showed that the use of superabsorbent and biochar in the studied soils had the greatest effect on  $K_s$  and  $\theta_{pwp}$  (Zare Abyaneh, H., et al, 2022). The production of biochar from the spent mushroom substrate stabilizes and preserves the nutrients of the spent mushroom substrate, and by increasing the pore volume of biochar compared to the mushroom substrate, it increases the water retention capacity and also reduces the pollution of underground water resources (Lou et al. 2017). The review of various studies has shown that factors such as the raw material of biochar, the temperature of biochar processing, as well as soil characteristics, plant type and irrigation type are directly related to biochar performance (Shi et al., 2020). Therefore, this research was conducted with the aim of investigating the use of biochar produced from spent mushroom bed in the soil and its effect on the concentration of some elements, acidity and electrical conductivity in the effluent of lettuce cultivation.

#### Methodology

This study was carried out as a completely randomized design with six replications, with the aim of investigating the effect of different levels of biochar of mushroom litter on some chemical properties of the wastewater. In this research, biochar produced from the remains of the mushroom

bed prepared at 300 degrees Celsius without the presence of oxygen was used. The cultivated plant, lettuce with the scientific name *Lactuca Sativa* is an annual plant from the chicory family and is cultivated as a vegetable. It is found that it is mainly consumed raw. Lettuce cultivation was carried out in pots with a height of 22 cm and a diameter of 21 cm. The mass of soil required to fill the pots was determined based on the apparent specific gravity of the field soil and the volume of the pot. So that 11 kg of soil with loam-sand texture was poured into each pot. The amount of biochar for zero (control), 10, 15, and 20 grams of biochar per kilogram of soil was calculated and uniformly mixed with the soil. These treatments were shown as B1, B2, B3, and B4, respectively.

## Results and discussion

Based on the measured amounts of sand, clay and silt particles, this soil has a sandy-loamy texture is The amount of organic matter in the soil is less than one percent, which indicates the poverty of organic matter in this soil is According to the results of Table (1), treatments B2, B3, and B4 respectively increased the acidity by 0.4, 0.66, and 0.93% compared to the control. One of the reasons for increasing the acidity of water is the inherent properties of biochar. During the process of biochar production, oxygen and hydrogen are removed and basic elements remain in the structure of the biochar material (Sigua et al., 2015). In addition, the lowest amount of electrical conductivity of water was measured in B4 treatment with 1.92 decisiemens barmeter and the highest in B1 treatment with 2.33 decisiemens barmeter. With the increase in the concentration of elements in the soil solution due to the presence of biochar, the concentration of elements in the drainage decreased, which seems to have caused a decrease in the electrical conductivity of the drainage. The highest amount of nitrate was measured in the effluent from treatment B1. The main factor in maintaining anions such as nitrate can be considered the effect of biochar interaction with soil organic matter, and in the case of nitrate, the effects of biochar on the biological cycle of soil nitrogen. Also, the use of sugarcane bagasse biochar with an amount of 10 grams per kilogram of soil caused the greatest reduction of nitrate concentration in the washed water (Divband Hafshejani et al, 2017). Based on the results of comparing the averages, the greatest effect in reducing calcium leaching was obtained in B4 treatment. Studies show that biochar has the potential to reduce nutrient loss and improve water quality through its absorption properties (Libutti et al., 2019). In addition, according to the average comparison table. B4 treatment has the greatest effect on reducing sodium waste in the soil. At the end of the results of table number 1, it was shown that in treatments B2, B3, and B4, there was a decrease of 6.3, 16.6, and 19.2 percent in potassium leaching, respectively.

**Table 1- The means comparison of different biochar treatments on some chemical characteristics of Drainage water**

Treatment	K (mg/lit)	Na (mg/lit)	Ca (mg/lit)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/lit)	EC (ds/m)	pH
B <sub>1</sub>	31.86 <sup>a</sup>	158.56 <sup>a</sup>	173.15 <sup>a</sup>	315.58 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>	7.55 <sup>d</sup>
B <sub>2</sub>	29.84 <sup>b</sup>	147.92 <sup>b</sup>	148.65 <sup>b</sup>	230.36 <sup>b</sup>	2.20 <sup>a,b</sup>	7.58 <sup>c</sup>
B <sub>3</sub>	26.59 <sup>c</sup>	137.27 <sup>c</sup>	132.95 <sup>c</sup>	194.11 <sup>c</sup>	2.07 <sup>b</sup>	7.60 <sup>b</sup>
B <sub>4</sub>	25.74 <sup>c</sup>	131.95 <sup>d</sup>	123.48 <sup>d</sup>	180.03 <sup>d</sup>	1.92 <sup>c</sup>	7.62 <sup>a</sup>

Numbers with dissimilar letters in a column show a significant difference at the 1% level in the Duncan test.

## conclusion

The results of this research showed that the use of this type of biochar can have a positive effect on maintaining nutrients in the soil and prevent them from entering the drainage. The application of mushroom bed biochar at the rate of 20 grams per kilogram of soil (equivalent to two percent) caused a 43 percent reduction in nitrogen loss, 28.7 percent calcium, 19.2 percent potassium, and 16.8 percent sodium. Increasing this amount of biochar to the soil increased the electrical conductivity of the drainage by 36.84% and increased its acidity by 13.47%.

## Acknowledgements

Thanks to the honorable vice president for research and technology of Shahid Chamran University, Ahvaz, in terms of providing the research validity of this research with grant number SCU.WI1402.399 in the form of a doctoral thesis, and also thanks to the respected personnel of the laboratories of the Faculty of Water and Environmental Engineering of Shahid Chamran University Ahvaz for his great help and assistance in conducting this research

## References

- 1- Amiri, Z. , Alinia, M ,2010. Plant Residue Management. *Barzgar Journal*, No. 1044, Section A. Alefband, (In Persian).
- 2- Diacono, M. and Montemurro, F., 2011. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. *Sustainable agriculture volume 2*, pp.761-786.
- 3- Divband Hafshejani, L., Naseri, A. A., Hooshmand, A., Abbasi, F., Soltani Mohammadi, A. (2017). 'Effect of Sugarcane Bagasse Biochar Application on Chemical Properties a Sandy Loam Soil', *Irrigation Sciences and Engineering*, 40(1), pp. 63-72. Doi: 10.22055/jise.2017.12667 (In Persian).
- 4- Gholami Jami, S. and Emami, H., 2021. Effect of organic matter and potassium chloride on soil structure stability indices. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 11(1), pp.83-100. Doi: 10.22069/EJSMS.2021.18280.1969. (In Persian).
- 5- Libutti, A., Cammerino, A.R.B., Francavilla, M. and Monteleone, M., 2019. Soil amendment with biochar affects water drainage and nutrient losses by leaching: Experimental evidence under field-grown conditions. *Agronomy*, 9(11), p.758. doi: 10.3390/agronomy9110758.
- 6- Lou, Z., Sun, Y., Bian, S., Baig, S.A., Hu, B. and Xu, X., 2017. Nutrient conservation during spent mushroom compost application using spent mushroom substrate derived biochar. *Chemosphere*, 169, pp.23-31. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.11.044
- 7- Masto, R.E., Kumar, S., Rout, T.K., Sarkar, P., George, J. and Ram, L.C., 2013. Biochar from water hyacinth (*Eichornia crassipes*) and its impact on soil biological activity. *Catena*, 111, pp.64-71. Doi: 10.1016/j.catena.2013.06.025.
- 8- Salmani, M.S., Khorsandi, F., Yasrebi, J. and Karimian, N., 2014. Biochar effects on copper availability and uptake by sunflower in a copper contaminated calcareous soil. *International journal of plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(3), pp.389-394.
- 9- Shi, W., Ju, Y., Bian, R., Li, L., Joseph, S., Mitchell, D.R., Munroe, P., Taherymoosavi, S. and Pan, G., 2020. Biochar bound urea boosts plant growth and reduces nitrogen leaching. *Science of the Total Environment*, 701, p.134424.
- 10- Sigua, G.C., Stone, K.C., Hunt, P.G., Cantrell, K.B. and Novak, J.M., 2015. Increasing biomass of winter wheat using sorghum biochars. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, pp.739-748.

11-Zare Abyaneh, H., Khodabandehlo, Z., Bayat, H. and Jovzi, M., 2022. The effect of a superabsorbent and biochar on some physical and hydraulic properties of two arable sandy loam and clay loam soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(2), pp.2557-2569.

نسخه نهایی  
فصل از چاپ