



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۷ تا ۲۹ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



بررسی قابلیت استفاده از بیوچارهای اسیدی در خاکهای آهکی

سیده الهام علوی پور^{۱*}، شهرام کیانی^۲، حسین میرسید حسینی^۲، علیرضا حسین پور^۲، شجاع قربانی^۲

۱- دانشجوی دکتری زیست فناوری خاک، دانشگاه شهرکرد، * elhamalavipoor@gmail.com

۲- دانشیار، بخش حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، دانشگاه شهرکرد. استاد، بخش شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. استاد، بخش شیمی خاک، دانشگاه شهرکرد. استاد، بخش فیزیک خاک، دانشگاه شهرکرد

چکیده

استفاده از بیوچار در خاکهای کشاورزی اثرات مثبت متعددی مانند کاهش سمیت فلزات سنگین، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، بهبود کارایی مصرف آب، افزایش ظرفیت نگهداری آب و حفظ مواد مغذی گیاهی دارد. ویژگی‌های بیوچار به عنوان اصلاح کننده خاک به عواملی مانند نوع ماده اولیه، اندازه ذرات و شرایط پیرولیز بستگی دارد. بیوچار یک ماده قلیایی است و استفاده کردن از آن pH خاک را افزایش می‌دهد. افزایش pH خاک در خاک‌های قلیایی و آهکی اغلب در دسترس بودن عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف را کاهش می‌دهد. از این رو، اصلاح بیوچار به روش‌های مختلف با توجه به اهداف کاربرد آن در خاک، در سالهای اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. بنابراین در این پژوهش سعی بر آن شد که با اصلاح و اسیدی کردن pH بیوچارهای پوسته شلتوک برنج و باگاس نیشکر کاهش داده شود. سپس در مرحله بعدی اثرات این اصلاح را بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچارها مورد بررسی قرار دادیم. نتایج نشان داد اصلاح بیوچارهای شلتوک برنج و باگاس نیشکر با اسید سولفوریک غلظت P، S، Ca، Mg، Fe، Zn و Mn را در بخش محلول، تبادلی و قابل جذب افزایش داد. اصلاح بیوچار با اسید سولفوریک موجب افزایش غلظت کل عناصر گردید.

واژگان کلیدی: بیوچار، اصلاح اسیدی، پوسته شلتوک برنج، باگاس نیشکر، خاک آهکی

مقدمه

بیوپچار یک ماده متخلخل، غنی از کربن و مقاوم به تجزیه بوده و حاصل حرارت‌دهی (رنج حرارت 300 تا 1000) زیست‌توده‌های گیاهی در دماهای مختلف است (Yu et al, 2019). بیوپچار نه تنها غنی از کربن است بلکه سرشار از عناصر غذایی گیاهی بوده و یکی از مهمترین جنبه‌های استفاده بیوپچار توانایی آن در تأمین عناصر غذایی برای گیاهانی است که دچار کمبود عنصر غذایی و در خاک‌های کم بارور و تخریب شده می‌باشند (Woolf et al, 2010). عرضه بیوپچار به خاک باعث افزایش pH و CEC خاک، افزایش تخلخل خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و کاهش چگالی ظاهری، افزایش راندمان مصرف آب و کاهش سمیت فلزات سنگین میگردد (Park et al, 2013). تاثیرات بیوپچار در خاک‌های سدیمی و اسیدی متفاوت است. بیوپچار یک ماده قلیایی است و استفاده کردن از آن pH خاک را افزایش می‌دهد. افزایش pH خاک در خاک‌های قلیایی و آهکی اغلب در دسترس بودن عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف را کاهش می‌دهد. اصلاح بیوپچار با اسیدها باعث افزایش در دسترس بودن عناصر غذایی گیاهان در خاک‌های سدیمی می‌شود. اثر مثبت بیوپچار اصلاح شده اسیدی بر رشد گیاه را میتوان ناشی از افزایش عناصر غذایی گیاه در بیوپچار و همچنین خاک دانست. اصلاح شیمیایی بیوپچار با اسیدها کارایی جذب سطحی آن و نیز سطح ویژه آن را افزایش و اثرات محدودکننده را کاهش میدهد (Sahin et al, 2017). از این رو، اصلاح بیوپچار به روش‌های مختلف با توجه به اهداف کاربرد آن در خاک، در سالهای اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. اصلاح با ترکیبات مختلف اسیدی و اسیدی کردن بیوپچار یکی از روش‌های اصلاح بیوپچار است. (Jiang et al, 2020). اسیدی کردن بیوپچار با استفاده از ترکیبات مختلف مانند گوگرد، اسیدهای آلی و معدنی، میتواند pH بیوپچار را کاهش دهد. در همین راستا ساهین و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که اصلاح بیوپچار با اسید نیتریک موجب کاهش pH آن از ۹/۳۸ به ۴/۴ شد. اصلاح بیوپچار با اسید ممکن است باعث افزایش عناصر کلسیم، پتاسیم، فسفر، آهن، منیزیم، روی، منگنز و مس شود و از این طریق سبب بهبود قابل توجه در تغذیه معدنی گیاهان رشد یافته در خاک‌های آهکی شود. در واقع اینگونه میتوان گفت که اصلاح بیوپچار با اسید باعث کاهش pH خاک و افزایش غلظت منیزیم، کلسیم، پتاسیم، فسفر، روی، منگنز و مس در گیاه در خاک‌های آهکی می‌شود (Sahin et al, 2017). کاربرد بیوپچار می‌تواند با افزودن عناصر غذایی و مواد آلی به خاک یک روش مناسب برای افزایش قابلیت دسترسی زیستی عناصر غذایی برای گیاه در این خاکها باشد.

ماده اولیه مورد استفاده برای تولید بیوپچار، مخلوط هیدروکربنها شامل کربن، هیدروژن و اکسیژن با محتوای کمی سولفور و نیتروژن است که شامل مواد زیستی مختلف از جمله ضایعات گیاهی، پسماندهای چوب، نیشکر، خاک اره، پسماندهای کشاورزی مانند مخروط کاج، جامد های زیستی، علف‌ها، گیاهان آبی (Yaman, 2004) و ضایعات صنایع کاغذ، کود حیوانی، پسماندهای مواد غذایی و لجن فاضلاب هستند (Cantrell, 2012). اغلب کشاورزان شلتوک برنج را در مزارع می‌سوزانند و همین عامل باعث آلودگی محیط زیست و کاهش باروری زمین و انتشار میزان زیادی دی اکسید کربن می‌شود. این پوسته بسیار مقرون به صرفه برای کشاورزی، تولید بیوپچار، خوراک دام و سوخت کارخانه‌ها است (Lahiji, 2016).

اغلب بیوپچارهایی که تاکنون تولید شده اند pH قلیایی داشته و مناسب خاک‌های اسیدی هستند. تولید بیوپچار اسیدی برای کاربرد در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک مناسب است ولی مطالعات زیادی در این خصوص صورت نگرفته است. در این مطالعه سعی شد با استفاده از غلظت‌های مختلف اسیدسولفوریک، غلظت و حجم مناسب اسید برای کاهش pH بیوپچارهای شلتوک برنج و باگاس نیشکر را بدست آوریم و اثرات این اصلاح اسیدی را بر خصوصیات بیوپچارها مورد بررسی قرار دهیم.

مواد و روش‌ها

بقایای کشاورزی شامل پوسته شلتوک برنج از آمل و باگاس نیشکر از دزفول تهیه و پس از شستن و خشک شدن در داخل کوره صنعتی تحت شرایط محدودیت اکسیژن قرار داده شده و دما به تدریج به ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد (Nieto et al, 2016؛ Awad et al, 2017؛ Banitalebi et al, 2019) افزایش داده شد (گرماکافت آهسته). نمونه‌ها به مدت دو ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شده تا عمل گرماکافت انجام شد. این عمل در چندین مرحله انجام شد تا میزان مورد نیاز بیوپچار شلتوک برنج و باگاس نیشکر آماده شد. برای اصلاح بیوپچار با اسید از روش مورد استفاده توسط فورنس و بلدا (۲۰۱۷) با کمی تغییرات

استفاده شد. لوله های پلی اتیلن به ارتفاع ۳۰ سانتی متر و قطر داخلی ۶ سانتی متر مورد استفاده قرار گرفتند. بدین منظور مقدار مشخص از بیوچارهای پوسته شلتوک برنج و باگاس نیشکر وزن شده و در درون لوله های پلی اتیلنی ریخته شدند. لوله ها به صورت عمودی روی سکو در سه تکرار قرار داده شدند. قبل از انجام آزمایش ظرفیت نگهداری آب بیوچارهای تهیه شده اندازه گیری شد. به منظور اصلاح بیوچارها و کاهش pH بیوچارها، غلظت های مختلفی از اسید سولفوریک شامل ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵ نرمال تهیه شد (فورنس و بلدا، ۲۰۱۷). سپس بر اساس ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری رطوبت، محلول های اسیدی به لوله ها به صورت تدریجی اضافه شده و محلول خروجی از انتهای لوله جمع آوری شده و قابلیت هدایت الکتریکی و pH آن ها اندازه گیری شد. در مجموع این کار به صورت متوالی تا ۲۰ مرتبه انجام شد. در نهایت حجم و غلظت اسید لازم برای رسیدن pH بیوچار به محدوده قابل قبول مشخص گردید. محدوده قابل قبول برای pH محدوده ۵/۵ تا ۶/۳ (Fornes and Belda, 2017) است. سپس منحنی تغییرات pH محلول زهکش شده از بیوچارها در برابر غلظت اسید مصرفی رسم شد. در بیوچار شلتوک برنج با توجه به اینکه محدوده ۵/۵ - ۶/۳ مدنظر می باشد. با استفاده از اسید سولفوریک ۰/۰۲ با تعداد دفعات ۵ مرحله اسید واش با H₂SO₄ به pH ۵/۵۴ و EC ۲/۳۷ رسیدیم. در مورد بیوچار باگاس نیشکر شست و شو با اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال و ۵ مرحله شست و شو که pH را به ۵/۶۱ و EC را به ۴/۳۰ dS/m رساند. مقادیر pH و EC با نسبت 1:10 به ترتیب با هدایت سنج (Rodez, 1996) مدل Jenway و pH توسط pH متر (Thomas, 1996) مدل B P 3001 اندازه گیری شد. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش ارائه شده توسط Thorp (۱۹۷۳) با استفاده از استات باریم نیم مولار و تیترا به هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال با pH = ۸ اندازه گیری گردید. جهت اندازه گیری عناصر غذایی محلول از عصاره ۱ به ۱۰ بیوچار به کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار استفاده شد. (Hoyt and Nyborg, 1971). بخش قابل عصاره گیری عناصر نیز با استفاده از عصاره گیرهای شیمیایی استخراج شدند (Nieto et al, 2016). فسفر با استفاده از عصاره گیر بی کربنات سدیم (Olsen and Sommer, 1981)، پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم با استفاده از عصاره گیر استات آمونیوم (Nudson et al, 1982)، عناصر کم مصرف شامل آهن، منگنز، روی و مس با استفاده از عصاره گیر DTPA-TEA (Linsay and Norvell, 1978) استخراج شدند. غلظت کل عناصر نمونه های بیوچار به روش سوزاندن خشک و هضم با اسید نیتریک غلیظ و آب اکسیژنه اندازه گیری شد (Singh et al, 2017). عملکرد بیوچار، درصدی از زیست توده است که پس از حرارت دادن به بیوچار تبدیل می شود و از نسبت وزن خشک بیوچار تولیدی به وزن خشک ماده خام اولیه طبق رابطه ۱-۷ زیر اندازه گیری می شود (شینگوی و کانری، ۲۰۰۳).

$$\text{عملکرد بیوچار (\%)} = \frac{\text{وزن بیوچار (g)}}{\text{وزن آون خشک ماده خام اولیه (g)}} * 100 \quad (1)$$

مقدار خاکستر بیوچار نیز طبق روش استاندارد ASTM-D2866 اندازه گیری شد. به طور خلاصه، ۵ گرم نمونه آون خشک در داخل بوتله چینی ریخته و به مدت ۶ ساعت در دمای ۶۵۰ درجه سلسیوس در حضور اکسیژن کافی حرارت داده شد. سپس بوتله در داخل دسیکاتور در دمای اتاق قرار داده شد تا سرد شود و دوباره توزین گردید. مقدار خاکستر طبق رابطه زیر محاسبه شد (سونگ و گو، ۲۰۱۲).

$$\text{خاکستر (\%)} = \frac{\text{بیوچار به مدت 6 ساعت در دمای } 650^{\circ}\text{C (g)}}{\text{وزن بیوچار به مدت 6 ساعت در دمای } 105^{\circ}\text{C (g)}} * 100 \quad (2)$$

برای اندازه گیری مواد فرار بیوچارها، ۵ گرم از هر نمونه آون خشک شده، در بوتله های چینی درپوش دار در دمای ۹۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. سپس با استفاده از رابطه ۳-۳ مواد فرار هر یک از نمونه های بیوچار محاسبه شد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۷).

$$VM (\%) = \frac{W_{105^{\circ}C} - W_{950^{\circ}C}}{W_{105^{\circ}C}} * 100 \quad (3)$$

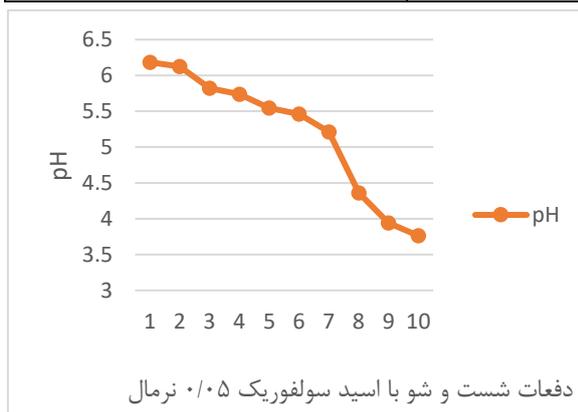
که در این رابطه VM، W₉₅₀ و W₁₀₅ به ترتیب مواد فرار (درصد)، وزن باقیمانده نمونه در دمای ۹۵۰ درجه (گرم) و وزن آون خشک بیوچار (گرم) می‌باشند.

نتایج و بحث

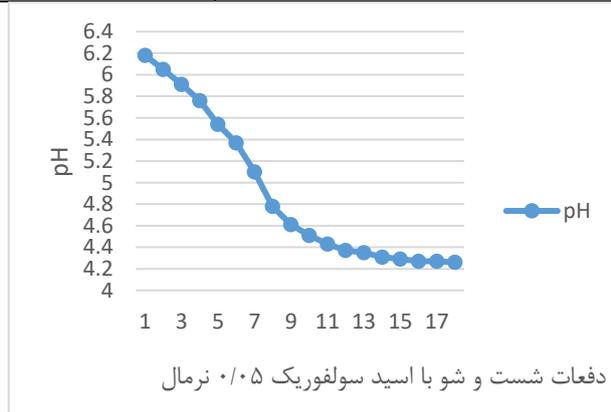
نتایج اندازه‌گیری‌ها نشان داد هر دو بیوچار pH اولیه قلیایی (بیش از ۸) داشتند. که معمولاً ناشی از خاکستر بالا و وجود ترکیبات قلیایی مانند اکسیدها، هیدروکسیدها و کربنات‌هاست. که به منظور اصلاح این بیوچارها از اسید سولفوریک استفاده شد. به منظور بررسی اثر اسید سولفوریک در کاهش pH بیوچارها ما براساس روش گفته شده در یک پیش آزمایش غلظت و حجم لازم اسید مورد نیاز جهت تهیه بیوچارهای اسیدی را به دست آوردیم. که برای بیوچار شلتوک ۸۹۳ سی سی H₂SO₄ با غلظت ۰/۰۲ نرمال به صورت تدریجی و برای بیوچار باگاس ۵۳۹ سی سی H₂SO₄ با غلظت ۰/۰۵ نرمال به صورت تدریجی استفاده شد. روند کاهش pH در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که با وجود اینکه بیوچار شلتوک درصد خاکستر بیشتری دارد (۴۰/۳) ، بیوچار باگاس به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بالاتر (۴۶/۷۶)، نیاز به اسید بیشتری برای کاهش pH به حدود ۵ دارد. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بیوچار شلتوک ۲۳/۹۲ بود. در واقع CEC پارامتر مؤثرتری از درصد خاکستر برای پیش‌بینی نیاز به اسیدی‌سازی بیوچار است (جدول ۱). وجود گروه‌های کربوکسیلی و فنولی در سطح بیوچار باگاس، دلیل اصلی ظرفیت بافری بالا و نیاز بیشتر به اسید در اصلاح اسیدی این بیوچار است (Chen et al, 2008) بنابراین، هنگام طراحی فرآیند اصلاح شیمیایی بیوچار، اندازه‌گیری CEC می‌تواند راهنمای دقیق‌تری نسبت به تکیه بر pH اولیه یا خاکستر باشد.

جدول ۱- برخی شاخص‌های فیزیکی شیمیایی اندازه‌گیری شده در بیوچارها

| متغیرهای اندازه‌گیری شده | بیوچار باگاس نیشکر | بیوچار پوسته شلتوک |
|--------------------------|--------------------|--------------------|
| خاکستر % | ۲۷/۳ | ۴۰/۳ |
| مواد فرار % | ۲۸/۸۶ | ۱۸/۴ |
| عملکرد | ۲۶/۹ | ۴۱/۴۳ |
| نسبت C/N | ۱۰۵/۹ | ۱۲۴/۵۶ |
| dS/m EC | ۲/۸ | ۲/۶۱ |
| Cmol+/kg CEC | ۴۶/۷۶ | ۲۳/۹۲ |
| pH | ۸/۳ | ۸/۰۴ |



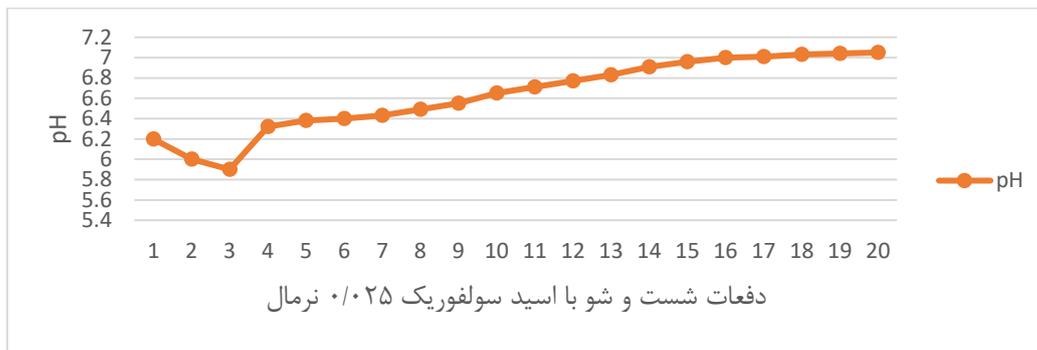
شکل ۲- تغییرات pH بیوچار باگاس نیشکر



شکل ۱- تغییرات pH بیوچار پوسته شلتوک برنج

استفاده از اسیدهای رقیق تر از ۰/۰۵ نرمال در بیوچار باگاس نیشکر در ابتدا موجب کاهش pH شده و در ادامه pH محلول خروجی روند افزایشی داشت (شکل ۳).

روند افزایشی pH با افزایش دفعات شست‌وشو با اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ نرمال می‌تواند ناشی از الگوی اشباع تبادل یونی و واکنش‌های سطحی بیوچار باشد. در مراحل ابتدایی، اسید با گروه‌های قلیایی مثل کربونات‌ها، اکسیدهای فلزی، گروه‌های عاملی مانند (-COO⁻) واکنش می‌دهد و pH پایین‌تر باقی می‌ماند (Lehman and Joseph, 2009) با ادامه شست‌وشو، این گروه‌ها حذف شده و از آن جایی که اسید رقیق است، ظرفیت بافری سطح کاهش یافته و محیط کمتر اسیدی می‌شود؛ لذا pH بالا می‌رود. از طرفی بیوچار باگاس به دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا تمایل زیادی به نگهداری کاتیون‌ها دارد، در هر شست‌وشو، تعادل یونی جدیدی برقرار می‌شود که می‌تواند به آزاد شدن کاتیون‌های قلیایی و افزایش pH منجر شود.



شکل ۳- تغییرات pH بیوچار باگاس نیشکر با شست و شو با اسیدسولفوریک ۰/۰۲۵ نرمال

با توجه به رقیق بودن اسید مصرفی در دفعات بیشتر شست‌وشو، چون مقدار اسید ثابت است، ولی بخش عمده آن با اجزای قبلی خنثی شده و قدرت اثرگذاری‌اش کمتر می‌شود. ساختار متخلخل و گروه‌های عملی مثبت بیوچار باگاس می‌تواند ترکیبات قلیایی را در خود حفظ کند که طی شست‌وشو آرام‌آرام آزاد می‌شوند، این رهایش تدریجی^۱ (Mukherjee, 2011) و دیگر عوامل مطرح شده می‌توانند موجب افزایش pH محلول خروجی از ستون بیوچار اصلاح شده با اسید سولفوریک ۰/۰۲ گردند. مقدار pH بیوچار باگاس نیشکر ۸/۳ و بیوچار شلتوک برنج ۸/۰۴ بود، در حالی که این مقادیر برای بیوچار اصلاح شده توسط H₂SO₄ به ترتیب ۵/۶۱ و ۵/۵۴ بود. این نشان می‌دهد که اصلاح بیوچار با افزودن اسید pH بیوچارها را به ۵ کاهش داد که ممکن است برای استفاده در خاک‌های آهنکی قلیایی مفید باشد.

EC بیوچار باگاس ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر و برای شلتوک ۱/۶۱ بود. با افزودن H₂SO₄ به ترتیب EC به ۴/۳ و ۲/۳۴ افزایش یافت. این بدان معناست که اصلاح اسیدی، کل محتوای مواد مغذی محلول در آب نمونه‌های بیوچار را افزایش داد (سahین و همکاران، ۲۰۱۷). غلظت فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، آهن، روی و منگنز محلول در آب در بیوچارهای اصلاح شده با اسیدسولفوریک مطابق جدول ۲ افزایش یافت که عامل افزایش EC بیوچارها است. مقدار هدایت الکتریکی و کاهش pH در بیوچار اسیدی شده پوسته شلتوک برنج در این پژوهش با نتایج ساهین و همکاران (۲۰۱۷) و بزی عبدلی و همکاران (۱۴۰۲) مطابقت داشت. لازم به ذکر است که کاهش مقدار pH بیوچار اصلاح شده با اسید ممکن است به طور بالقوه برای استفاده در خاک‌های سدیمی مفید باشد.

جدول ۲- غلظت عناصر غذایی کل اندازه گیری شده در بیوچارها

| تیماهای آزمایشی | Ca | Mg | Na | K | P | S | Zn | Mn | Fe |
|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | mg/kg | | | | | | | | |
| باگاس خام | 42.66 ^b | 387.2 ^b | 515.46 ^a | 2514.3 ^c | 179.87 ^{cd} | 2141.12 ^b | 32 ^b | 35.75 ^d | 37 ^d |
| باگاس اسیدی | 82.56 ^a | 580.6 ^a | 150.16 ^b | 1709.54 ^d | 293.2 ^b | 3247.45 ^a | 45.5 ^a | 63.75 ^c | 47.5 ^c |
| شلتوک خام | 13.33 ^c | 122.4 ^{cd} | 37.8 ^c | 3029.8 ^{ab} | 181.95 ^c | 1135.86 ^d | 7.4 ^d | 82.5 ^{ab} | 56.25 ^b |

¹ slow release

| | | | | | | | | | |
|-------------|------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| شلتوک اسیدی | 6.3 ^d | 129.6 ^c | 29.2 ^d | 2877.4 ^b | 444.75 ^a | 1220.84 ^c | 13.6 ^c | 87.25 ^a | 67.75 ^a |
|-------------|------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|

نتیجه گیری

بررسی اثرات اصلاح بیوچار

به طور کلی اصلاح بیوچار با اسید سولفوریک غلظت عناصر فسفر، سولفات، کلسیم، منیزیم، آهن، روی و منگنز را در بخش محلول، تبادلی، قابل جذب و کل افزایش داد. به جز یک مورد که بیشترین غلظت کلسیم تبادلی (۴/۸ میلی گرم بر کیلوگرم) در بیوچار شلتوک اصلاح شده با اسید مشاهده شد، به طور کلی غلظت عناصر در بیوچار باگاس نیشکر اصلاح شده با اسید بیشتر از بیوچار پوسته شلاوک برنج بود.

نتایج نشان می دهد شوری و ظرفیت تبادل کاتیونی بیوچار باگاس از بیوچار شلتوک برنج بیشتر است. مقادیر عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم، سولفات و روی در بیوچار باگاس نیشکر نیز بیشتر از بیوچار شلتوک برنج و غلظت کل، تبادلی و محلول عناصر فسفر، پتاسیم، منگنز و آهن بیوچار شلتوک بیشتر از بیوچار باگاس بدست آمد. اگر بخواهیم براساس نتایج به دست آمده در خصوص کاربرد بیوچارها در خاک اظهار نظر کنیم باید بگوییم که بیوچار باگاس به دلیل CEC بالا، حجم منافذ بیشتر و حضور گروه های عاملی فعال تر، در اصلاح خاک، افزایش ظرفیت نگهداشت عناصر غذایی و خنثی سازی فلزات سنگین مؤثرتر است. بیوچار شلتوک با سطح ویژه بیشتر و خاکستر بالا و مواد فرار پایین، پایداری بالاتری دارد، ولی به دلیل کاهش گروه های عاملی آلی و CEC پایین تر، عملکرد ضعیف تری در نگهداری مواد مغذی و اصلاح ساختار خاک دارد و عملکرد کشاورزی کمتری دارد.

فهرست منابع

- ۱- بزى عبدلی، م. بارانی مطلق، م. بستانی، ا. و نظری، ط. اثر کاربرد بیوچار اصلاح شده اسیدی بر رشد رویشی و اجزای عملکرد گیاه کینوا در یک خاک آهکی متاثر از نمک، بهار ۱۴۰۲. (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۶ شماره ۱.
- 2- Nieto, A., Gascó, G., Paz-Ferreiro, J., Fernández, J., Plaza, C. and Méndez, A. (2016). The effect of pruning waste and biochar addition on brown peat based growing media properties. *Scientia Horticulturae*. 99: 142-148.
- 3- Banitalebi, G., Mosaddeghi M.R. and Shariatmadari, H. (2019). Feasibility of agricultural residues and their biochars for plant growing media: physical and hydraulic properties. *Waste Management*. 87: 577-589.
- 4- Awad, Y.M., Lee, S.E., Ahmad, M.B.M., Vu, N.T., Farooq, M., Kim, I.S., Kim, H.S., Vithange, M., Usman, A.R.A., Al-Wabel, M., Meers, E., Kwon, E.E. and Ok Y.S. (2017).
- 5- Fornes, F. and Belda R.M. (2017). Acidification with nitric acid improves chemical characteristics and reduces phytotoxicity of alkaline chars. *Journal of Environmental Management*. 191: 237-243.
- 6- Thomas, G.W. (1996). Soil pH and soil acidity. In: Sparks, D.L. (ed.). *Methods of Soil Analysis: Part 3. Chemical Methods*. Soil Science Society of America/American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp. 475-490.
- 7- Thorpe, V.A. (1973). Collaborative study of the cation exchange capacity of peat materials. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*. 56:154-157.
- 8- Hoyt, P.B. and Nyborg, M. (1971). Toxic metals in acid soil: estimation of plant available Manganese. *Soil Science Society of America Journal*. 35: 241-244.
- 9- Nieto, A., Gascó, G., Paz-Ferreiro, J., Fernández, J., Plaza, C. and Méndez, A. (2016). The effect of pruning waste and biochar addition on brown peat based growing media properties. *Scientia Horticulturae*. 99: 142-148.

- 10- Olsen, S.R. and Sommers, L.E. (1982). Phosphorus. In: Page, A.L. et al. (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* American Society of Agronomy/Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin. pp. 403-430.
- 11- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. (1978) . Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal.* 42:421–428.
- 12- Singh, B., Singh, B.P. and Cowie, A.L. (2010). Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research.* 48:516-525.
- 13- Lehmann, J. and Joseph, S. (2009). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology.* First Edition. Routledge. 448p
- 14- Mukherjee, A., Zimmerman, A. R., & Harris, W. (2011)(Effect of acid modification on biochar properties and its neutralization behavior). *Chemosphere,* 85(8), 1111–1115.
- 15- Chen, B., Zhou, D., & Zhu, L. (2008). Transitional adsorption and partition of nonpolar and polar aromatic contaminants by biochars of pine needles with different pyrolytic temperatures. *Environmental Science & Technology,* 42 (14), 5137–5143.
- 16- Yu, H., Zou, W., Chen, J., Chen, H., Yu, Z., Huang, J., Gao, B. 2019. Biochar amendment improves crop production in problem soils: A review. *Journal of environmental management,* 232, 8-21.
- 17- Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J., Joseph., S. 2010 Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature communications,* 1 (1):1-9.
- 18- Park, J. H., Choppala, G., Lee, S. J., Bolan, N., Chung, J. W., Edraki, M. 2013 Comparative sorption of Pb and Cd by biochars and its implication for metal immobilization in soils. *Water, Air, and Soil Pollution,* 224 (12): 1711.
- 19- Sahin, O., Taskin, M. B., Kaya, E. C., Atakol, O., Emir, E., Inal, A., Gunes, A. 2017. Effect of acid modification of biochar on nutrient availability and maize growth in a calcareous soil. *Soil Use and Management,* 33(3), 447-456.
- 20- Jiang, Z., Lian, F., Wang, Z., Xing, B. 2020. The role of biochars in sustainable crop production and soil resiliency. *Journal of Experimental Botany,* 71(2), 520-542.
- 21- Yaman, S. 2004. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. *Energy Conversion and Management* 45: 651-671.
- 22- Cantrell, K. B., P. G. Hunt, M. Uchimiya, J. M. Novak and K. S. Ro. 2012. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource Technology* 107: 419-428.
- 23- Lahiji, F. A. S., P. Ziarati and A. Jafarpour. 2016. Potential of rice husk biosorption in reduction of heavy metals from oryza sativa rice. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 13: 2231-2237.

Studying the Usability of Acidic Biochars in Calcareous Soils

Elham Alavipour^{1*}, Shahram Kiani², Hossein Mirsaid Hosseini², Alireza Hosseinpour², Shoja Ghorbani²

1- PhD Student in Soil Biotechnology, Shahrekord University, * elhamalavipour@gmail.com

2- Associate Professor, Department of Soil Fertility and Plant Nutrition, Shahrekord University. Associate Professor, Department of Soil Chemistry and Fertility, Faculties of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. Professor, Department of Soil Chemistry, Shahrekord University. Professor, Department of Soil Physics, Shahrekord

Abstract

The use of biochar in agricultural soils has several positive effects such as reducing heavy metal toxicity, increasing cation exchange capacity (CEC), improving water use efficiency, increasing water retention capacity, and preserving plant nutrients. The properties of biochar as a soil amendment depend on factors such as the type of raw material, particle size, and pyrolysis conditions. Biochar is an alkaline material, and its use increases soil pH. Increasing soil pH in alkaline and calcareous soils often reduces the availability of macronutrients and micronutrients. Therefore, modifying biochar in various ways according to the purposes of its application in soil has attracted the attention of researchers in recent years. Therefore, in this study, an attempt was made to reduce the pH of rice husk and sugarcane bagasse biochars by modifying and acidifying them. Then, in the next step, we

investigated the effects of this modification on the physical and chemical properties of biochars. The results showed that the modification of rice husk and sugarcane bagasse biochars with sulfuric acid increased the concentration of P, S, Ca, Mg, Fe, Zn, and Mn in the soluble, exchangeable, and absorbable fractions. The modification of biochar with sulfuric acid increased the concentration of total elements.

Keywords: Biochar, Acid Amendment, Rice Husk, Sugarcane Bagasse, Calcareous Soil