



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



تأثیر بایوچارهای کاه و کلش برنج بر وضعیت پتاسیم در دو خاک شالیزاری تخلیه پتاسیم شده تحت شرایط غرقاب

زهرة نوری امیرکلایی^۱ | بهی جلیلی^۲ | فردین صادق زاده^۳

۱. گروه علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: Znooriamiri69@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: bahi_jalilis@yahoo.com

۳. گروه علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: fardin.upm@gmail.com

چکیده

هدف از این مطالعه، یافتن راهی مقرون به صرفه برای برطرف کردن کمبود پتاسیم در این اراضی شالیزاری تخلیه پتاسیم شده می‌باشد. بدین منظور پس از تعیین ظرفیت تثبیت پتاسیم در دو خاک لوم رسی و لوم شنی در شرایط غرقاب، تأثیر افزودن توامان بایوچار نرمال و اسیدی کاه و کلش برنج و کود پتاسیمی بر وضعیت پتاسیم خاک‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که هر دو خاک شالیزاری-ایلیتی تخلیه پتاسیم شده، تحت شرایط غرقاب پتانسیل تثبیت پتاسیم بالایی دارند، به طوری که خاک لوم رسی قادر به تثبیت بیش از ۸۰ درصد پتاسیم افزوده شده در کاربرد کم یا زیاد پتاسیم بود. خاک لوم شنی در کاربرد مقادیر متفاوت پتاسیم (به استثنای مقدار ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) توانست بیش از ۵۰ درصد پتاسیم اعمال شده را تثبیت نماید. افزودن بایوچار به خاک‌های مورد مطالعه پتانسیل تثبیت پتاسیم را در شرایط غرقاب کاهش داد، البته کم-ترین درصد تثبیت پتاسیم با کاربرد تیمار ۱%NB+K₅₀ به میزان ۴۰/۲٪ برای خاک لوم رسی و ۲۱/۷۴٪ برای خاک لوم شنی به دست آمد. کاهش میزان تثبیت پتاسیم در هر دو خاک ایلیتی مورد مطالعه احتمالاً مرتبط با مسدود نمودن ساختارهای لبه شکسته کانی ایلیت بوسیله بایوچار است که گزینش پذیری بالایی برای جذب پتاسیم دارند.

کلمات کلیدی: ایلیت، غرقاب، پتاسیم، بایوچار، خاک شالیزاری

مقدمه

در ایران، طی چند دهه گذشته به دلیل کشت ارقام پرمحصول برنج و استفاده نامتعادل از کودهای شیمیایی، کمبود پتاسیم در ۲۲۰۰۰۰ هکتار از اراضی شالیزاری شمال ایران به یک عامل محدودکننده در عملکرد برنج تبدیل شده است (Golestanifard et al., 2020). پتاسیم از عناصر ضروری برای گیاه و در برنج باعث افزایش اندازه و وزن دانه، بهبود پنجه زنی، قوی شدن ساقه‌ها و کاهش تمایل به خوابیدگی و افزایش مقاومت به امراض می‌شود (Tofighi, 1999). افزودن پتاسیم به خاک‌های تخلیه-پتاسیم شده منتج به ورود یون‌های پتاسیم از محلول خاک به حفرات دی‌تری‌گونال و تثبیت آن‌ها می‌شود (Portela et al., 2019). پتاسیم تثبیت شده در بین لایه‌های رس قابلیت جذب برای گیاهان ندارد. این فرایند متعاقباً کارایی کودهای پتاسیمی را کاهش می‌دهد (Golestanifard et al., 2020).

در سال‌های اخیر برای غلبه بر برخی از این مشکلات، مطالعات متعددی در مورد استفاده از بایوچار و کاربرد آن در خاک انجام شده است. بایوچار به صورت مستقیم یا غیر مستقیم باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. اثر مستقیم به دلیل محتوای

عناصر غذایی آن است و اثر غیر مستقیم ناشی از بهبود نگهداشت عناصر غذایی، بهبود pH خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (Silber et al., 2010). معدود تحقیقات انجام شده در زمینه تاثیر کاربرد بایوچار بر فراهمی پتاسیم خاک و جذب گیاه نشان می‌دهد که بایوچار پتاسیل بالایی برای افزایش فراهمی پتاسیم دارد (Bilias et al., 2023). خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک که معمولاً آهکی و pH قلیایی دارند از بایوچار با pH پایین سود می‌برند (Ippolito et al., 2016). بنابراین، اصلاح شیمی سطح بایوچار با کمک اسید، آب دوستی سطح بایوچار را افزایش داده و حلالیت آبی و امکان دسترسی گیاه به عناصر غذایی موجود در خاک‌های آهکی را بهبود می‌دهد (Sahin et al., 2017).

باتوجه به آنچه در بالا گفته شد، به منظور برطرف کردن کمبود پتاسیم در خاک‌های شالیزاری شمال ایران، لازم است جایگزینی بایوچار به جای کود پتاسیمی که منجر به کاهش مصرف کود و بار اقتصادی کشاورزان می‌شود مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

دو نمونه خاک مرکب شامل بافت لوم رسی و لوم شنی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها شامل بافت خاک (Gee and Bauder, 1982)، pH و هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (Rhoades, 1992)، کربن آلی (Walkley & Black, 1934)، کربنات کلسیم معادل (Nelson, 1982)، نیتروژن کل (Bremner and Mulvaney, 1982)، فسفر قابل جذب (Olsen and Sommers, 1990) و پتاسیم قابل جذب (Knudsen et al., 1992) اندازه‌گیری شد. همچنین، نوع کانی‌های رسی خاک با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس (Philips, PW38830) تعیین گردید.

تهیه و تعیین خصوصیات شیمیایی بایوچار و بایوچار اسیدی

بایوچار در یک کوره آزمایشگاهی تحت اکسیژن محدود در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت تولید شد. برای تهیه بایوچار اسیدی، بایوچار با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال در نسبت ۱:۲۰ (w/v) شسته شد و سپس در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد (Sadegh-zadeh et al., 2018). هدایت الکتریکی، میزان نیتروژن کل به‌روش هضم توسط دستگاه کج‌دال، میزان ماده آلی، فسفر قابل جذب و عناصر کم‌مصرف بایوچار و بایوچار اسیدی شده اندازه‌گیری شد (Perkin Elmer II 2400 Series). میزان پتاسیم موجود در بایوچار و بایوچار اسیدی شده نیز به روش سوزاندن خشک (Wang et al., 2014) تعیین شد.

اندازه‌گیری تثبیت پتاسیم در شرایط غرقاب

برای تعیین ظرفیت تثبیت پتاسیم خاک‌های شالیزاری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در دو خاک با بافت مختلف انجام شد. فاکتور پتاسیم مشتمل بر ۶ سطح (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم) و فاکتور زمان در ۵ سطح بود. به این ترتیب ابتدا محلول پتاسیم کلرید حاوی مقادیر فوق، بر اساس درصد اشباع (SP) خاک، به لوله‌های فالکون اضافه شد. سپس ۱۰ گرم خاک هوا خشک شده به لوله‌ها افزوده شد. برای شبیه‌سازی شرایط غرقاب، آب مقطر به خاک‌های اشباع اضافه شد تا ستون آب بالای خاک به ارتفاع ۵ سانتی‌متر رسید. لوله‌ها به مدت ۱۲۰ روز در دمای اتاق انکوبه شدند. در فواصل زمانی ۲، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ روز لوله‌های فالکون به مدت ۶۰ دقیقه در دمای محیط شیک شدند. سپس به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند (rpm=2500) و پتاسیم موجود در محلول رویی با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر اندازه‌گیری شد.

مقدار تثبیت K بر اساس معادله زیر محاسبه شد (Shakeri and Abtahi, 2019):

ظرفیت تثبیت پتاسیم = (پتاسیم افزوده شده + پتاسیم موجود در خاک) - پتاسیم عصاره‌گیری شده در هر تیمار

تاثیر بایوچارهای کاه و کلش برنج بر وضعیت پتاسیم خاک‌های شالیزاری

در این آزمایش تاثیر بایوچارهای نرمال و اسیدی کاه و کلش برنج به همراه مقادیر مختلف کود پتاسیمی بر غلظت پتاسیم قابل استخراج در دو خاک لوم رسی و لوم شنی در شرایط غرقاب مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش مذکور به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور نوع بایوچار (بایوچار معمولی و اسیدی)، مقدار بایوچار (۰، ۰/۵ و ۱ درصد) و کود پتاسیمی (۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱/۰۰ توصیه کودی) در سه تکرار و با مجموعاً ۳۰ تیمار انجام شد. مقدار کود پتاسیم مصرفی در این آزمایش با توجه به توصیه کودی بر اساس نتایج آزمون تثبیت پتاسیم ۲۴۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار در نظر گرفته شد. به این ترتیب بایوچار و کود پتاسیمی بر اساس مقادیر ذکر شده در بالا برای هر تیمار، به ۱۰ گرم خاک افزوده و با در نظر گرفتن درصد اشباع (SP) خاک، نمونه‌ها با آب مقطر اشباع شد. به منظور شبیه سازی شرایط غرقاب، آب مقطر به خاک‌های اشباع اضافه شد تا ستون آب بالای خاک به ارتفاع ۵ سانتی‌متر رسید. لوله‌ها به مدت ۶۰ روز در دمای اتاق انکوبه شدند. در پایان دوره انکوباسیون، همانند روش آزمایش "اندازه‌گیری تثبیت پتاسیم در شرایط غرقاب"، پتاسیم قابل استخراج تعیین شد. لازم به ذکر است زمان انکوباسیون برای این آزمایش بر اساس نتایج آزمایش "اندازه‌گیری تثبیت پتاسیم در شرایط غرقاب" تعیین شد.

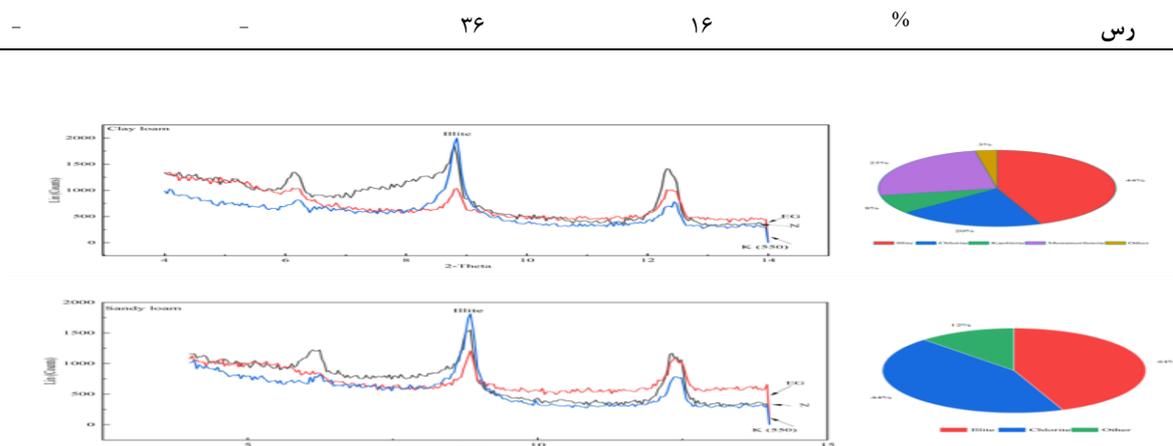
تجزیه و تحلیل داده‌ها: نتایج حاصل از این آزمایش به وسیله نرم افزار Statistix 8 آنالیز و مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و بایوچارهای مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. مقدار کربن آلی در هر دو خاک لوم شنی و لوم رسی به ترتیب ۱/۰۵ و ۰/۸۵ درصد برآورد گردید. غلظت پتاسیم نیز قابل جذب در هر دو خاک لوم شنی و لوم رسی به ترتیب ۱۲۵ و ۱۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد شد. با توجه به جدول pH بایوچار در حالت اولیه کمی قلیایی است اما بعد از فرایند اسیدی کردن pH آن اسیدی شده است. مقدار نیتروژن، ماده آلی، فسفر و منگنز موجود در بایوچار بعد از فرایند اسیدی شدن، افزایش یافته است. هم‌چنین نتایج حاصل از کانی‌شناسی رس در خاک‌های مورد مطالعه نتایج نشان داد که ایلیت فراوان‌ترین کانی رسی در هر دو خاک مورد مطالعه است (شکل ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و بایوچارهای مورد مطالعه

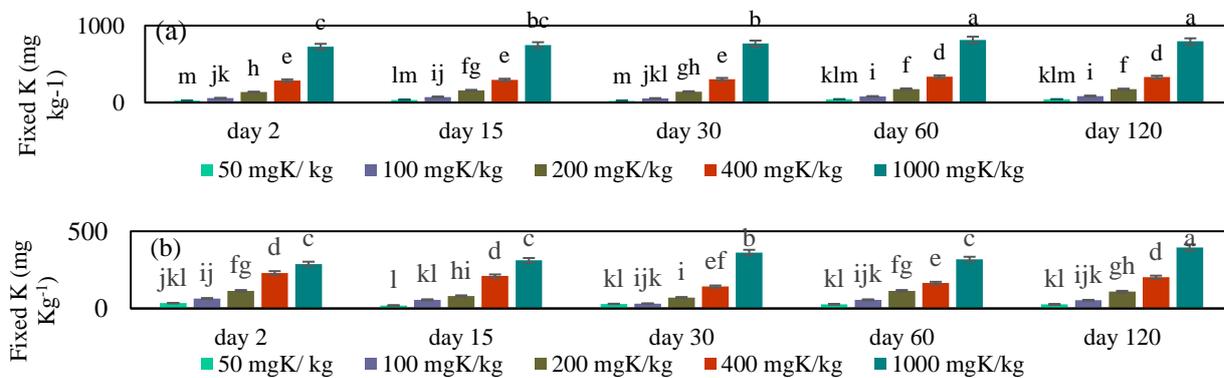
پارامتر	واحد	مقدار (لوم شنی)	مقدار (لوم رسی)	بایوچار نرمال	بایوچار اسیدی
pH		۷/۲۶	۷/۶۶	۷/۸۴	۲/۶۴
EC	dS m ⁻¹	۰/۳۹	۰/۳۵	۱/۲۴	۴/۷۱
نیتروژن کل	%	۰/۱	۰/۰۸	۱/۰۲	۱/۱۱
CEC	cmol kg ⁻¹	۱۱/۳	۱۶/۶	۷۰/۳۳	۶۹/۸۵
فسفر	mg kg ⁻¹	۳/۴۱	۱/۸۵	۸۱۶۳/۲۶	۱۰۷۱۴/۲۸
پتاسیم	mg kg ⁻¹	۱۲۵	۱۴۷	۴۰۸۱۶/۳۲	۲۰۴۰۸/۱۶
کربنات کلسیم	%	۲۱/۳۸	۲۳/۲۰	-	-
کربن آلی	%	۱/۰۵	۰/۸۵	۹۳/۸	۹۷/۲
آهن قاب جذب	mg kg ⁻¹	۲۸/۲۹	۵۷/۸۹	۱۴۳/۸۷	۱۳۴/۶۹
مس قابل جذب	mg kg ⁻¹	۱/۴۸	۵/۱۳	۸/۱۶	۴/۵۹
روی قابل جذب	mg kg ⁻¹	۰/۹۱	۲/۷۷	۴۲/۳۴	۴۰/۳۶
منگنز قابل جذب	mg kg ⁻¹	۵/۶۱	۳۱/۵۷	۲۳۱/۱۲	۲۳۹/۲۸
شن	%	۷۸	۳۴	-	-
سیلت	%	۶	۳۰	-	-



شکل ۱- الگوی XRD بخش رس خاک لوم رسی و لوم شنی

تأثیر مقدار پتاسیم کاربردی بر تثبیت پتاسیم در خاک های شالیزاری

شکل ۲ تأثیر مقادیر مختلف پتاسیم کاربردی را بر میزان پتاسیم تثبیت شده در طول زمان غرقاب در خاک های مورد مطالعه نشان می دهد. به طور کلی در هر دو خاک، صرف نظر از زمان نمونه برداری با افزایش پتاسیم کاربردی در مقادیر ۵۰ تا ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم، میزان پتاسیم تثبیت شده افزایش معنی داری را نشان داد. در خاک لوم رسی، نتایج نشان می دهد به استثنای غلظت ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم که میزان تثبیت پتاسیم در آن با گذشت زمان ثابت ماند، در سایر مقادیر پتاسیم کاربردی، میزان تثبیت پتاسیم در روز ۶۰ام به حداکثر مقدار خود رسید و بعد از آن یک روند ثابت را در پیش گرفت (شکل ۲a). در خاک لوم شنی، لازم به ذکر است بیشترین میزان پتاسیم تثبیت شده در غلظت های ۵۰ تا ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم در روز دوم انکوباسیون ثبت شد. ولی در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم با گذشت زمان میزان پتاسیم تثبیت شده افزایش



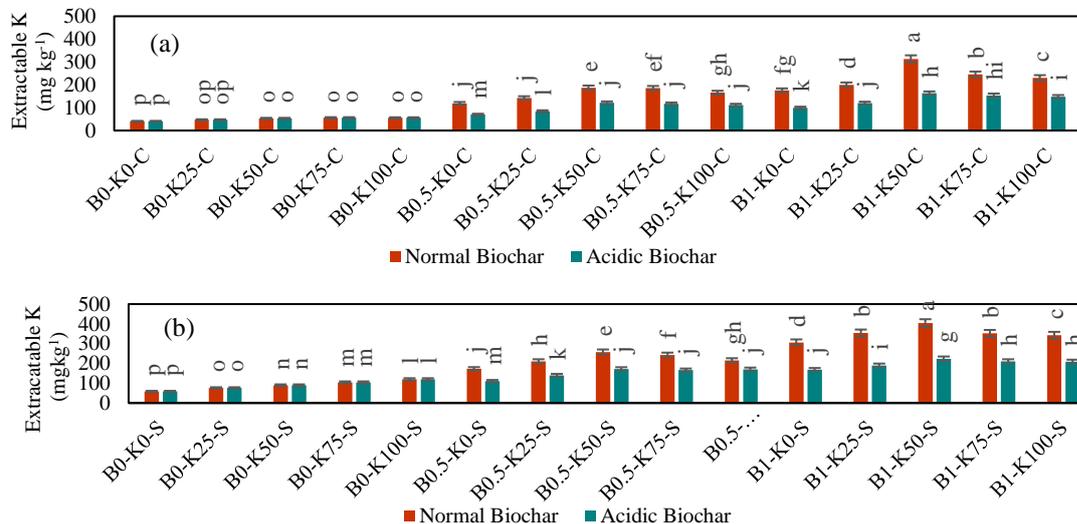
یافت به گونه ای که، بیشترین میزان پتاسیم تثبیت شده در انتهای دوره انکوباسیون به دست آمد.

شکل ۲- پتاسیم تثبیت شده به عنوان تابعی از پتاسیم کاربردی در طول غرقاب در خاک لوم رسی (a) و لوم شنی (b) (۲d: ۲ روز، ۱۵d: ۱۵ روز، 30d: ۳۰ روز، 60d: ۶۰ روز، 120d: ۱۲۰ روز) ستون هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

تأثیر بایوچارها و کود پتاسیمی بر غلظت پتاسیم قابل استخراج در خاک های شالیزاری

شکل های ۳ تأثیر افزودن مقادیر مختلف بایوچارها به همراه مقادیر مختلف کود پتاسیمی را بر پتاسیم قابل استخراج در دو خاک لوم رسی و لوم شنی در طول دوره دو ماهه غرقاب نشان می دهند. همانطور که از شکل ۳a پیداست در خاک لوم رسی در

کاربرد توامان بایوچار و کود پتاسیمی بیشترین غلظت پتاسیم قابل استخراج به میزان ۳۱۳/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم با افزایش ۷/۸ برابری برای تیمار 1%NB+K₅₀ ثبت شد. در خاک لوم شنی بیشترین غلظت پتاسیم قابل استخراج با افزایش ۶/۹ برابری برای تیمار 1%NB+K₅₀ به دست آمد و این مقدار برابر ۴۰۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. مشابه با خاک لوم رسی، غلظت پتاسیم قابل استخراج در تمامی تیمارهایی که بایوچار اسیدی دریافت کردند از تیمارهای متناظر که بایوچار نرمال دریافت کردند به طور معنی داری کمتر بود.



شکل ۳- اثر نوع و سطوح مختلف بایوچار همراه با مقادیر مختلف کود پتاسیمی بر غلظت پتاسیم قابل استخراج در خاک لوم رسی (a) و لوم شنی (b) ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد. NB: بایوچار نرمال، AB: بایوچار اسیدی؛ 0: بدون مصرف بایوچار، 0.5%NB: مصرف ۰/۵ درصد بایوچار نرمال، 1%NB: مصرف ۱٪ بایوچار نرمال، 0.5%AB: مصرف ۰/۵ درصد بایوچار اسیدی، 1%AB: مصرف ۱ درصد بایوچار اسیدی، K0: بدون مصرف کود پتاسیم، K25: مصرف ۲۵٪ توصیه کودی پتاسیم، K50: مصرف ۵۰٪ توصیه کودی پتاسیم، K75: مصرف ۷۵٪ توصیه کودی پتاسیم، K100: مصرف ۱۰۰٪ توصیه کودی پتاسیم کانی رسی غالب در هر دو خاک شالیزاری مورد مطالعه ایلیت است (شکل ۱) که پتانسیل بالایی برای تثبیت پتاسیم دارد (Goli-Kalanpa et al. 2008). این نتایج بیانگر این است که هر دو خاک شالیزاری مورد مطالعه پتانسیل تثبیت پتاسیم را دارند و شرایط غرقاب نیز می‌تواند این توانایی را تشدید نماید. فاصله بین لایه‌ای در کانی ایلیت ۱ نانومتر است و چون هوازدگی در این کانی از لایه‌ها به سمت داخل است؛ لایه‌های شکسته منبسط شونده (۱/۴ نانومتر) را نیز شامل می‌شود (Sawhney, 1972). لایه‌های شکسته گزینش پذیری بالایی برای جذب پتاسیم دارند (Sawhney, 1972) بنابراین، شرایط غرقاب احتمالاً از یک سو سبب افزایش میزان ساختگاه لایه شکسته شده و از سوی دیگر شعاع هیدراته یون‌های پتاسیم ورود آن‌ها به فضای مذکور را تسهیل می‌کند، در نتیجه افزایش تثبیت پتاسیم در شرایط غرقاب در خاک‌های ایلیتی قابل انتظار خواهد بود. با توجه به کمبود پتاسیم در خاک‌های شالیزاری، هدف از کاربرد کود پتاسیمی افزایش پتاسیم قابل استخراج بالاتر از حد بحرانی است. بنابراین کاربرد بایوچار می‌تواند در برطرف کردن کمبود پتاسیم خاک موثر باشد. همانطور که نتایج نشان داد مقادیر ۰/۵ و ۱ درصد بایوچار نرمال به تنهایی نیز غلظت پتاسیم قابل استخراج را در هر دو خاک به بالاتر از حد بحرانی افزایش دادند. بایوچارهای نرمال و اسیدی مورد استفاده در این مطالعه به ترتیب حدود ۴ و ۲ درصد پتاسیم دارند (جدول ۱)، و موثر بودن بایوچار در میزان افزایش پتاسیم قابل استخراج کاملاً تحت تاثیر مقدار و نوع بایوچار کاربردی بود.

نتیجه‌گیری

هر دو خاک شالیزاری مورد مطالعه وضعیت پتاسیم ضعیفی دارند و با تثبیت ۵۰ تا ۸۰ درصد پتاسیم افزوده شده پتانسیل تثبیت بالایی را نشان دادند. ایلیت کانی رسی غالب در هر دو خاک مورد مطالعه است که به دلیل وجود لایه‌های شکسته در این کانی و استمرار شرایط غرقاب تثبیت پتاسیم را تشدید می‌نماید. کاربرد بایوچار نرمال به همراه مقادیر مناسب کود

پتاسیمی (1%NB+K₅₀) علاوه بر افزایش فراهمی پتاسیم خاک‌ها، تثبیت پتاسیم را در هر دو خاک به طور چشمگیری کاهش داد.

منابع

- 1- Angst, T. E., & Sohi, S. P. (2013). Establishing release dynamics for plant nutrients from biochar. *Gcb Bioenergy*, 5(2), 221-226.
- 2- Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen—total. *Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 595-624.
- 3- Golestanifard, A., Santner, J., Aryan, A., Kaul, H. P., & Wenzel, W. W. (2020). Potassium fixation in northern Iranian paddy soils. *Geoderma*, 375, 114475.
- 4- Goli-Kalanpa, E., Roozitalab, M. H., & Malakouti, M. J. (2008). Potassium availability as related to clay mineralogy and rates of potassium application. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(17-18), 2721-2733.
- 5- Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 383-411.
- 6- Ippolito, J. A., Ducey, T. F., Cantrell, K. B., Novak, J. M., & Lentz, R. D. (2016). Designer, acidic biochar influences calcareous soil characteristics. *Chemosphere*, 142, 184-191.
- 7- Knudsen, D., Peterson, G. A., & Pratt, P. F. (1982). Lithium, sodium, and potassium. *Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 225-246.
- 8- Nelson, R. E. (1982). Carbonate and gypsum. *Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and microbiological properties*, 9, 181-197.
- 14-Olsen, S. R., Sommers, L.E., (1990). Phosphorus. In: page A. L., Method of soil analysis. agronomy monograph., ASA, Madison, Wisconsin. 403-431.
- 9- Portela, E., Monteiro, F., Fonseca, M., & Abreu, M. M. (2019). Effect of soil mineralogy on potassium fixation in soils developed on different parent material. *Geoderma*, 343, 226-234.
- 10-Rhoades, J. D., (1992). Soluble salts. In: Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. Method of soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties, 2nd edn. Madison, Wisconsin: SSSA.
- 11- Sawhney, B. L. (1972). Selective sorption and fixation of cations by clay minerals: a review. *Clays and clay minerals*, 20(2), 93-100.
- 12- Sadegh-Zadeh, F., Parichehreh, M., Jalili, B., & Bahmanyar, M. A. (2018). Rehabilitation of calcareous saline-sodic soil by means of biochars and acidified biochars. *Land Degradation & Development*, 29(10), 3262-3271.
- 13- Sahin, O., Taskin, M. B., Kaya, E. C., Atakol, O. R. H. A. N., Emir, E., Inal, A., & Gunes, A. Y. D. I. N. (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.
- 14-Sumner, M. E., Miller, W. P., (1996). Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. In: Sparks et al. Method of soil Analysis. Part III: Chemical Methods, 2nd edn. Madison, Wisconsin: SSSA.
- 15- Scherer, H. W., & Zhang, Y. (2002). Mechanisms of fixation and release of ammonium in paddy soils after flooding III. Effect of the oxidation state of octahedral Fe on ammonium fixation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165(2), 185-189.
- 16- Shakeri, S., & Abtahi, A. (2020). Potassium fixation capacity of some highly calcareous soils as a function of clay minerals and alternately wetting-drying. *Archives of Agronomy and Soil Science*.
- 17- Towfighi, H. (1999). Response of rice to potassium application in paddy soils of north of Iran. *Iranian J. of Agric. Sci*, 29(4), 869-883.
- 18- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.

in K-depleted paddy soilsZohreh Nouri Amirkolaei¹ | Bahi Jalili^{2✉} | Fardin Sadegh-Zadeh³

1. Department of Soil Science, Faculty of Crop Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: Znooriamiri69@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Soil Science, Faculty of Crop Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: bahi_jalilis@yahoo.com
3. Department of Soil Science, Faculty of Crop Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: fardin.upm@gmail.com

Abstract

this study aims to find cost-effective ways to compensate potassium (K) deficiency in K-depleted paddy soils. For this purpose, the K fixation capacity in two paddy soil types (one clay loam soil and the other sandy loam soil) was firstly determined under flooded conditions. Subsequently, the effects of simultaneous application of normal and acidic rice straw biochars and the K fertilizer were examined on the soil K status in the two soil types. The results indicated that illite was dominant mineral in both soil types and they had high K fixation capacities under flooded conditions. Over 80% and 50% of the applied K fertilizer at both high and low application rates was fixed in the clay loam soil and sandy loam soil (except at the 1000 mg kg⁻¹ application rate), respectively. The application of biochar to the designated soil types significantly decreased the K fixation capacity under flooded conditions. The lowest recorded fixed K amounts were observed by applying the NB₁K₅₀ treatment in both clay loam (40.2%) and sandy loam (21.74%) soils. The reductions in K fixation percentages in both paddy soils were probably due to the blocking of the frayed edge sites (FES) on the illite by the biochar, as these sites have a high adsorption selectivity for potassium.

Keywords: illite, flooded, potassium, biochar, paddy soil