نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد 33 / شماره 1 / 1398

10.22092/ijsr.2019.122930.384

اثر بیوچار و بقایای پوسته برنج و کاربرد اوره بر رشد، ترکیب شیمیایی و کارایی مصرف نیتروژن اسفناج در یک خاک آهکی

زهرا زیبایی، رضا قاسمی فسائی[1] و پویا استوار

دانشجوی دکتری علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز؛ zibaei.z1@gmail.com

دانشیار علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز؛ ghasemif@shirazu.ac.ir

دانشجوی دکتری علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز؛ p.ostovar@yahoo.com

دریافت: 97/5/29 و پذیرش: 97/12/18

چکیده

استفاده از کودهای نیتروژن در خاک اقدامی مؤثر برای بهبود عملکرد محصول به شمار می‌رود، اما کاربرد غیر اصولی آن می تواند منتج به هدررفت نیتروژن شود که هم از نظر اقتصادی و هم از نظر آلودگی محیط زیست حائز اهمیت است. بنابراین یکی از دغدغه های اصلی یافتن روش‌هایی برای استفاده مؤثر از کودهای نیتروژن است. تحقیقات در خصوص اثرات کاربرد همزمان بیوچار، بقایا و کود نیتروژن بر رشد و ترکیبات شیمیایی گیاهان و به ویژه کارایی استفاده از نیتروژن در خاک‌های آهکی بسیار محدود است. در مطالعه حاضر یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با فاکتور اوره در سه سطح (0، 100 و 200 میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک)، فاکتور بیوچار / بقایا در 4 سطح (0، 2% بیوچار، 2% بقایای گیاهی و 2% بیوچار + بقایای گیاهی) با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان دادکه بیوچار و بقایای گیاهی اثر مثبتی بر کارایی استفاده از نیتروژن بؤیژه در سطح 100 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک دارند. بیوچار غلظت و جذب نیتروژن و فسفر گیاه را نسبت به شاهد افزایش داد اا بر جذب آهن، منگنز، مس و روی اثر معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج بیانگر آن است که کاربرد همزمان بیوچارو بقایا با اوره به طور معنی‌داری وزن تر و وزن خشک گیاه اسفناج را افزایش می‌دهد. نظر به اینکه کاربرد بقایا و بیوچار اثرات مطلوبی بر پاسخ‌های گیاهی و همچنین بهبود کارایی مصرف نیتروژن داشته، شایسته است در برنامه‌ریزی توصیه کودی مزارع به استفاده از چنین موادی توجه بیشتری شود. البته لازم است به منظور تایید نتایج آزمایش حاضر و قبل از هر گونه توصیه‌ای بررسی‌های کافی در شرایط مزرعه نیز انجام شود.

واژه‌های کلیدی: جذب نیتروژن، کاربرد همزمان بیوچارو بقایای گیاهی، کود نیتروژن

[1]. نویسندهٔ مسئول؛ آدرس: شیراز، دانشگاه شیراز- دانشکده کشاورزی، گروه علوم خاک

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

نیتروژن یک عنصرضروری برای رشد گیاه است بنابراین تأمین آن برای دستیابی به بیشترین عملکرد و بهره‌وری در تمامی سیستم‌های زراعی ضروری است. در این راستا اوره یکی از مهمترین کودهای نیتروژنی است که بطورگسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌گونه‌ای که تقاضای جهانی برای این نوع کود، حدوداً 150 میلیون تن در سال زراعی 2015- 2016 گزارش شده است (هفر و پرودهوم، 2014). اما در برخی از سیستم‌های کشت فشرده تولید سبزیجات در کشورهای جهان سوم به منظور افزایش عملکرد، نیتروژن و آب را به مراتب بیش از میزان مورد نیاز برای رشد گیاه، بکار می‌برند (بایگا و راجاشکار رآو، 2017). استفاده بیش از حد و حتی مقدار نرمال کودهای نیتروژنی، می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی چون غلظت زیاد عناصر در خاک، آلودگی زه‌آب‌ها به عناصر و افزایش بیماری‌های گیاهی را به دنبال داشته باشد (تیان و همکاران، 2016). دلیل این امر عمدتاً، کارایی کم استفاده از کود نیتروژن و هدررفت و اتلاف بخش قابل توجهی از عناصر نیتروژن آن است. به عنوان مثال در خاک‌های آهکی تا حدود 40 درصد کود اوره بکار رفته می‌تواند به شکل آمونیاکی هدر رود (سینگ و باژوا، 1986). بنابراین دانشمندان و محققان علم کشاورزی برای مقابله با این چالش و بهبود وضعیت عناصر غذایی در خاک‌ها، روش‌های مختلفی همچون مشارکت قارچ ریشه (مایکوریزا)، کمپوست کردن، کودهای آرام رهاشونده و اصلاح کننده‌های خاک نظیر بیوچار را پیشنهاد کرده‌اند (عباس و همکاران، 2017). از سوی دیگر سالانه مقدار زیادی در حدود 116 میلیون تن بقایای پوسته برنج در سیستم کشت و کار دنیا تولید می‌شوند (فائو، 2002)، که گاهی به عنوان ضایعات در نظر گرفته شده و سوزانده می‌شوند و یا در برخی قسمت‌های مزرعه رها می‌شوند.

سوزاندن بقایا هدرروی مواد مغذی چون نیتروژن و گوگرد و همچنین آلودگی هوا و مشکلات سلامتی را برای انسان‌ها به دنبال دارد (تیپایاروم و اوناه، 2007). بقایای برنج می‌توانند یا به صورت کمپوست و یا کاربرد مستقیم در خاک بازیافت شوند (آصیف و همکاران، 2017). چون افزودن بقایای گیاهی به خاک‌ها تجزیه سریع و آزادسازی عناصر غذایی و افزودن مقدار زیادی مواد آلی به خاک‌ها برای حفظ باروری خاک را به دنبال دارد (آصیف و همکاران، 2017)، در سال‌های اخیر اصلاح خاک با بقایای غنی از کربن به صورت احتراق ناقص زیست توده‌ها (بیوچارها)، به عنوان رویکرد جایگزین در نظر گرفته شده است. بیوچار یک زغال غنی از کربن است که به دنبال تجزیه حرارتی[1] مواد خام آلی در شرایط عدم وجود یا مقادیر کم اکسیژن ایجاد می‌شود (سانچز و همکاران، 2009) و به دلیل اثرات سودمند زراعی و زیست‌محیطی، کاربرد آن‌ها در خاک توصیه می‌شود (وان زیتن و همکاران، 2010). گرایش به کاربرد بیوچار به عنوان یک فن‌آوری پایدار برای بهبود خاک‌های تخریب شده، به شدت هوادیده و یا خاک‌های با فقر مواد غذایی افزایش یافته است (لهمان، 2007). این زغال زیستی با بهبود ویژگی‌های شیمیایی چون نگهداری و فراهمی عناصر (وانگ و همکاران، 2016؛ سورنتی و همکاران، 2016)، موجب افزایش رشد گیاه می‌شود و همزمان ویژگی‌های فیزیکی (مانند چگالی ظاهری، ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری) (هاردی و همکاران، 2014) و ویژگی‌های زیستی خاک را نیز بهبود می‌بخشد (سوهی و همکاران، 2010). از این گذشته، بیوچار می‌تواند پویایی عناصر غذایی را با اثرگذاری بر چرخه نیتروژن و ارائه گزینه‌هایی در راستای به حداقل رساندن هدررفت و اتلاف نیتروژن از طریق تبادل یونی، جذب و غیر پویاسازی و همچنین افزایش عرضه مواد غذایی تغییر دهد (کلوق و همکاران، 2013).

اما استفاده از بیوچار به تنهایی و بدون همراهی کود نیتروژنه می‌تواند در خاک‌های با توانایی تأمین و عرضه کم نیتروژن، منجر به کاهش تولید محصول شود (ریبی و همکاران، 2015؛ آسای و همکاران، 2009). بنابراین در شرایط تولید فشرده، کاربرد بیوچار به تنهایی با محدودیت هایی روبرو بوده و از اثرگذاری اندکی برخوردار است (بایگا و راجاشکار رآو، 2017). در نتیجه همزمانی استفاده از بیوچار با کودهای نیتروژنه می‌تواند از طریق بهبود شرایط معدنی شدن نیتروژن، فواید ارزشمندی را بدست دهد، به عبارت دیگر هماهنگی بهتری میان معدنی شدن نیتروژن و تقاضای گیاه (جذب) صورت می‌پذیرد (بایگا و راجاشکار رآو، 2017).

از آنجا که اطلاعات اندک و متناقضی در رابطه با اثرات اقتصادی و زیست محیطی کاربرد همزمان بیوچار و اوره در سیستم‌های زراعی به ویژه سیستم‌های با میزان ورود زیادی نیتروژن وجود دارد، به گونه‌ای که تعدادی از مطالعات نقش بیوچار را در زمینه افزایش کارایی استفاده کود اوره و تعدیل اثرات محیطزیستی کاربرد آن نظیر کاهش میزان نیتروژن رها شده به طبیعت، مثبت (یانی و همکاران، 2007؛ سینگ و همکاران، 2010؛ تقی زاده طوسی و همکاران، 2011؛ سچیملفینینگ و همکاران، 2014؛ ژانگ و همکاران، 2013؛ پارتی و همکاران، 2015

[1] Pyrolysis

Archive of SID

www.SID.ir

و هانگ و همکاران، 2013)، تعدادی منفی (راورچون و همکاران، 2014؛ لهمان و همکاران، 2003؛ اپیولیتو و همکاران، 2013) و تعدادی خنثی (جوینز و همکاران، 2012) گزارش کرده‌اند. مطالعه حاضر به بررسی نقش بیوچار، بقایا و کاربرد همزمان آنها در افزایش کارایی استفاده از کود نیتروژنی و در نتیجه کاهش میزان نیتروژن رها شده به طبیعت از طریق نگهداری آن در خاک پرداخته است. از دیگر اهداف این تحقیق، بررسی اثر کاربرد همزمان تیمارهای بقایا/بیوچار پوسته برنج و اوره بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاه اسفناج در یک خاک آهکی است.

مواد و روش ها

تهیه خاک

برای انجام این تحقیق، در تابستان 1396 مقدار مناسبی خاک از افق سطحی (0-30 سانتی‌متری) 47 کیلومتری شمال غربی شیراز (39R ۳۳۲۴۰۶۸،۰۶۰۹۴۳۹) تهیه و پس از خشک کردن در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله بافت خاک با سه تکرار به روش هیدرومتری (برتا و همکاران، 2014)، ماده آلی به روش اکسایش با بی کرومات پتاسیم و سپس تیتره کردن بافروآمونیوم سولفات (نلسون و سامرز، 1966)، پ‌هاش خاک در خمیر اشباع بوسیله پ‌هاش متر (توماس، 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت سنج الکتریکی (رودس، 1996)، نیتروژن کل توسط روش کلدال (برمنر، 1965) و عناصر کم‌مصرف (آهن، روی،مس و منگنز) بوسیله عصاره‌گیری با DTPA[1] (لیندسی و نورول، 1978) و اندازه‌گیری بوسیله دستگاه جذب اتمی تعیین شد (جدول 1).

تهیه و تجزیه آزمایشگاهی بیوچار

برای تهیه بیوچار، پوسته‌های برنج از منطقه کامفیروز جمع‌آوری و در ورقه‌های آلومینیومی 0/6 میلی‌متری و ابعاد 30×20 سانتی‌متر بسته‌بندی و فرایند تجزیه حرارتی (فرآیند سوختن کند و آرام (5 درجه سلسیوس افزایش دما در هر دقیقه) مواد آلی در شرایط عدم وجود اکسیژن (لهمان، 2009)) صورت گرفت و پس از رسیدن به دمای نهایی به مدت 4 ساعت 400 درجه سلسیوس در داخل کوره نگهداری شدند و زغالی که به آن بیوچار می‌گویند، تولید شود (لهمان،2007). برخی ویژگی‌های بیوچار و بقایا مورد استفاده مانند پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در نسبت 1 به 10 بیوچار به آب، نیتروژن کل به‌وسیله روش کلدال (برمنر، 1996)، و عناصر کم‌مصرف (آهن، روی،مس و منگنز) با روش تجزیه گیاهی خاکستر نمودن در دمای 550 درجه سانتی گراد و عصاره‌گیری با اسید کلریدریک 2 نرمال به‌وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (جدول 2).

آزمایش گلخانه‌ای

در مطالعه حاضر یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با فاکتور اوره در سه سطح (0، 100 و 200 میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک)، فاکتور بیوچار/ بقایا در 4 سطح (0، 2% بیوچار، 2% بقایای گیاهی و 2% بیوچار + بقایای گیاهی به نسبت 1 به 1) با سه تکرار انجام شد. در ابتدا نمونه‌های خاک 2 کیلوگرمی توزین و پس از اعمال تیمار ها به گلدان‌های پلاستیکی منتقل گردید و تعداد 10 بذر اسفناج (*Viroflay*)در پاییز سال 1396 در هر گلدان در عمق 1/5 سانتی‌متر کشت شد. در طول دوره رشد گلدان‌ها روزانه توزین و به وسیله آب مقطر در حدود رطوبت ظرفیت مزرعه که با استفاده از دستگاه صفحه فشار تعیین شد، نگاه داشته شدند. هشت هفته پس از کاشت برای تعیین عناصر غذایی در نمونه‌های گیاه، پس از جداسازی اندام هوایی گیاه، تمامی نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شد. نمونه ها در آون و در دمای 65 درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک و سپس توزین و در آسیاب برقی پودر شد. سپس یک گرم ماده خشک گیاهی در کوره الکتریکی با دمای 550 درجه سلسیوس خاکستر شد. خاکستر حاصل در 5 میلی لیتر اسید کلریدریک 2 نرمال حل و پس از شستشو با آب مقطر داغ و صاف کردن از طریق کاغذ صافی، حجم نهایی محلول با استفاده از آب مقطر به 50 میلی متر رسانده و غلظت عناصر کم مصرف آهن، منگنز، روی و مس در گیاه بوسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. غلظت عنصر نیتروژن با روش کجلدال (برمنر، 1996) و عنصر فسفر با استفاده از روش مورفی و رایلی (مورفی و رایلی، 1952) نیز تعیین شد. درصد کارایی استفاده از نیتروژن (NUE%) نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{کارایی استفاده از نیتروژن (NUE\%)} = \frac{\text{مقدار جذب کل نیتروژن در گلدان شاهد} - \text{مقدار جذب کل نیتروژن در گلدان تیمار شده}}{\text{مقدار نیتروژن اضافه شده به گلدان تیمار شده}} \times 100$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری EXCEL و SAS انجام و میانگین‌ها با آزمون دانکن و در سطح آماری 5 درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

[1] Diethylenetriaminepentaacetic acid

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

وزن خشک و تر اندام هوایی گیاه اسفناج

براساس اطلاعات تجزیه واریانس، اثر اصلی تیمارهای آلی و نیتروژن مصرفی بر وزن خشک و وزن تر اندام هوایی گیاه در سطح 1 درصد معنی‌دار می‌باشد اما اثر برهمکنش آنها بدون اختلاف معنی‌دار است (جدول 3). نتایج مربوط به اثر بیوچار و بقایای پوسته برنج، اوره و کاربرد همزمان آنها بر وزن خشک و تر اسفناج در جدول 3 و 4 نشان داده شده است. همانگونه که از بررسی جدول 4 بدست می آید، بیشینه عملکرد گیاه به برهمکنش تیمار بیوچار+بقایای گیاهی(1:1) و اوره در سطح کاربرد 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و کمینه آن به تیمار شاهد و بدون کاربرد اوره مربوط می‌باشد. با مصرف اوره به ترتیب به میزان 100 و 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، میانگین عملکرد محصول با 89/4 و 114/3 درصد افزایش به 3/53 و 3/99 گرم در گلدان رسید که نسبت به تیمار بدون استفاده از اوره اختلاف معنی‌داری داشت. همان طور که مشاهده می‌شود، با افزایش مصرف اوره به 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم، روند افزایشی میانگین عملکرد محصول بطور معنی‌داری ادامه می‌یابد. همانگونه که از بررسی جدول 4 بدست می آید، میانگین تمام تیمارهای بیوچار، بقایا و بیوچار+بقایای گیاهی(1:1) نیز اثر افزایشی معنی‌دار بر میانگین عملکرد گیاه اسفناج داشته است. بیشترین اثر مربوط به تیمار کاربرد بیوچار+بقایای گیاهی با افزایش حدود 27 درصدی عملکرد گیاه بود.

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی خاک	شن	سیلت	رس	رطوبت ظرفیت مزرعه	پ‌هاش[a]	قابلیت هدایت الکتریکی[a]	نیتروژن کل	منگنز[b]	مس[b]	آهن[b]	روی[b]
	(درصد)			(درصد)		(دسی‌زیمنس بر متر)	(درصد)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)			
مقدار	29	32	39	22	8/21	0/24	1/28	4/52	1/10	8/74	0/71

a پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی به ترتیب در خمیر و عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری شدند.

b قابل استخراج با دی. تی. پی. ا(لیندسی و نورول، 1978)

جدول 2- ویژگی‌های بقایا و بیوچار پوسته برنج

	پ-هاش[1]	قابلیت هدایت الکتریکی[1]	نیتروژن	کربن	هیدروژن	منگنز	مس	آهن	روی
			(درصد)			(میلی گرم در کیلوگرم)			
بیوچار	8/72	2/85	1/63	48/12	2/04	90/75	1/95	135/05	3/65
بقایا	6/92	2/05	0/95	36/67	4/39	62/15	1/73	132/85	2/92

پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) در نسبت 1:10 بیوچار/ بقایا به آب اندازه‌گیری شدند.

جدول 3 – نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی و اثرات متقابل تیمارهای بقایا، بیوچار پوسته برنج و نیتروژن مصرفی بر وزن خشک و تر اندام هوایی، جذب کل فسفر و نیتروژن و کارایی استفاده از نیتروژن در اندام هوایی اسفناج

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک (گرم در گلدان)	وزن تر (گرم در گلدان)	جذب نیتروژن (میلی‌گرم در گلدان)	جذب فسفر (میلی‌گرم در گلدان)	کارایی استفاده از نیتروژن (درصد)
تیمار بیوچار/بقایا	3	0/96**	53/24**	2591/54**	14/43^{ns}	185/96**
تیمار نیتروژن مصرفی	2	15/05**	1231/56**	42157/03**	13/67^{ns}	487/71**
برهمکنش تیمارها	6	0/31^{ns}	18/85^{ns}	519/22*	13/66^{ns}	124/51*
خطا	24	0/16	9/89	209/87	6/62	27/04

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح 1درصد و 5 درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

Archive of SID

www.SID.ir

براساس اطلاعات موجود در جدول 4 بیشینه وزن تر گیاه به برهمکنشی تیمار بیوچار و اوره در سطح کاربرد 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و کمینه آن به تیمار بیوچار و بدون کاربرد اوره مربوط می‌باشد. با مصرف اوره به میزان 100 و 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، وزن تر گیاه به ترتیب با 83/5 و 121/2 درصد افزایش به 29/98 و 36/13 گرم در گلدان رسید که نسبت به تیمار شاهد (بدون استفاده از اوره) اختلاف معنی‌داری داشت. همان طور که مشاهده می‌شود، با افزایش مصرف اوره به 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم، روند افزایشی میانگین وزن تر بطور معنی‌داری ادامه می‌یابد. از طرفی تمامی تیمار های بیوچار، بقایا و بیوچار+بقایای گیاهی(1:1) اثر افزایشی معنی‌دار بر میانگین وزن تر گیاه اسفناج داشته است و بیشترین اثر مربوط به تیمار کاربرد بقایای گیاهی با افزایش حدود 22/8 درصدی وزن تر گیاه بود(جدول 4).

جدول 4- اثر تیمارهای بقایا، بیوچار پوسته برنج و نیتروژن مصرفی بر وزن خشک و تر اندام هوایی گیاه اسفناج (گرم در گلدان)

تیمار	مقدار نیتروژن مصرفی (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)			
	0	100	200	
	وزن خشک (گرم در گلدان)			میانگین
شاهد	1/560f*	2/953cd	3/450bc	2/654B
بیوچار پوسته برنج[a]	1/803ef	3/827ab	3/873ab	3/168A
بقایای پوسته برنج[a]	2/433de	3/583bc	4/083ab	3/324A
بیوچار + بقایا[a]	1/657f	3/753b	4/563a	3/367A
میانگین	1/863C	3/529B	3/992A	
	وزن تر (گرم در گلدان)			میانگین
شاهد	15/327e*	24/653d	31/727c	23/902B
بیوچار پوسته برنج[a]	15/037e	30/340c	39/523a	28/300A
بقایای پوسته برنج[a]	19/527de	33/270bc	35/257abc	29/351A
بیوچار + بقایا[a]	15/440e	31/640c	38/000ab	28/360A
میانگین	16/332C	29/976B	36/128A	

* میانگین‌های دارای حرف مشترک طبق آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آماری می‌باشند.

a تیمارهای بیوچار، بقایا و نسبت 1:1 بیوچار/بقایا به میزان 2 درصد وزنی به خاک افزوده شدند.

در رابطه با اثر بیوچار بر حاصلخیزی و عملکرد محصول نتایج متفاوتی گزارش شده است. براساس مطالعه لال و موخرجی (2017)، کاربرد بیوچار ممکن است اثر مثبت، منفی یا خنثی بر عملکرد گیاهان بگذارد. جون و همکاران (2012)، نشان دادند که کاربرد بیوچار تولید شده از شاخه‌های درخت زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior L.*)، راش اروپایی (*Fagus sylvatica L.*) و بلوط قرمز اروپایی (*Quercus robur L.*)در دمای 450 درجه سلسیوس به میزان 25 و 50 تن در هکتار، اثر معنی‌داری بر رشد ذرت ندارد اما رشد گیاه علف باغی (*Dactylis glomerata*)کشت شده پس از آن را افزایش می‌دهد. همچنین زمنووآ و همکاران (2017)، گزارش کردند که کاربرد 5 درصد وزنی بیوچار تولید شده از درخت بید در دمای 500 درجه سلسیوس موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک زیست توده‌ی گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea L.*) نسبت به شاهد می‌شود. همچنین لیو و همکاران (2017) بیان کردند که با کاربرد همزمان بیوچار بقایای ذرت تولید شده در دمای 400-500 درجه سلسیوس به میزان 46 تن در هکتار و اوره به میزان 284 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، وزن خشک ذرت افزایش یافت که دلیل این امر را قدرت بیوچار در کاهش هدروی نیتروژن و افزایش نگهداری نیتروژن در خاک مربوط دانستند.

فسفر و نیتروژن کل اندام هوایی اسفناج

نتایج مربوط به اثر بیوچار و بقایای پوسته برنج، اوره و کاربرد همزمان آنها برغلظت و جذب کل فسفر و نیتروژن کل اسفناج در جدول 3 و 5 و شکل 1 نشان داده شده است. براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی تیمارهای بیوچار/بقایا و نیتروژن مصرفی و اثر برهمکنش آنها به‌ترتیب بر جذب کل نیتروژن در سطح 1 و 5 درصد معنی‌دار می‌باشند اما بر جذب فسفر اثر معنی‌داری نداشت (جدول 3). نتایج نشان داد که غلظت فسفر اندام هوایی گیاه اسفناج با کاربرد نیتروژن کاهش معنی‌دار نسبت به تیمار بدون استفاده از اوره داشت در

Archive of SID

www.SID.ir

حالیکه بر میزان جذب کل فسفر اثر معنی‌داری نداشت (جدول 5 و شکل 1)، که ممکن است ناشی از کاهش عملکرد زیست توده اسفناج تحت شرایط بدون کاربرد نیتروژن باشد. برخلاف نتایج حاصل از این تحقیق، در تحقیقی که قادری و همکاران (1395)، به منظور بررسی اثر سطوح کاربرد نیتروژن (صفر، 50، 100 و 150 کیلوگرم در هکتار) از منبع کود اوره بر غلظت و جذب کل عنصر فسفر در میوه گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum L.*) انجام دادند، گزارش کردند با افزایش سطح کاربرد نیتروژن، غلظت فسفر نیز افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار، غلظت فسفر در اندام هوایی اسفناج را بطور معنی‌داری به میزان 17/5 درصد و جذب کل فسفر را به میزان 33/4 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول 4 و شکل 1). نتایج مشابهی که نشان از افزایش غلظت و جذب کل فسفر به دنبال کاربرد بیوچار در خاک‌ها دارند، در مطالعات متعدد چون مادیبا و همکاران (2016) با کاربرد بیوچار کود مرغی و سبوس گندم (1 و 2درصد وزنی) در گیاه گندم (*Triticum aestivum L.*) و گویلی و همکاران (1396) با کاربرد بیوچار کود گاوی (2/5 درصد وزنی) در گیاه اسفناج گزارش شده است. بطور کلی پژوهش‌های زیادی نشان دادند که بیوچار می‌تواند به عنوان مخزن فسفر برای گیاهان عمل کند که بخش مشخصی از آن به شکل قابل جذب گیاهان است (ژانگ و همکاران، 2016).

همانگونه که اطلاعات موجود در جدول 5 نشان می‌دهد، بیشینه نیتروژن کل اندام هوایی گیاه اسفناج در برهمکنشی تیمار بقایای گیاهی و اوره در سطح کاربرد 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و کمینه آن به تیمار شاهد و بدون کاربرد اوره مشاهده شد. با مصرف اوره به میزان 100 و 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، میانگین غلظت نیتروژن نسبت به تیمار شاهد (بدون استفاده از اوره) به ترتیب 41/4 و 66/0 درصد و میزان جذب به ترتیب 168/9 و 258/2 درصد افزایش معنی‌داری داشت (جدول 5 و شکل 1). نتیجه بدست آمده مشابه مطالعاتی چون قادری و همکاران (1395) و سانیتا و همکاران (2006) می‌باشد که گزارش کردند افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه به دنبال کاربرد آن، می‌تواند ناشی از افزایش قابلیت دسترسی نیتروژن در خاک و ایجاد شرایط مطلوب تر برای جذب این عنصر توسط گیاهان باشد.

همچنین کاربرد تیمار های بیوچار، بقایا و بیوچار+بقایای گیاهی(1:1) اثر افزایشی بر میانگین نیتروژن کل گیاه اسفناج داشته است، که این اثر تنها در مورد تیمار کاربرد بیوچار از لحاظ آماری با تیمار شاهد معنی‌دار بود و افزایش به میزان 19/8درصد ایجاد کرد (جدول 5). در مورد جذب کل نیتروژن تمامی تیمارها نسبت به تیمار شاهد اثر افزایشی معنی‌دار داشتند اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت (شکل 1). لیو و همکاران (2017) نیز گزارش کردند که افزودن بیوچار همراه با کود اوره موجب افزایش 46/6 درصدی جذب کل نیتروژن توسط گیاه ذرت شد. به طور کلی مطالعات زیادی نشان دادند که افزودن بیوچار به طور قابل توجهی فرآیند نیترات سازی[1] خاک را تسریع می‌کند و مقدار میکروارگانیسم‌های اکسید کننده آمونیوم خاک را بهبود می‌بخشد (نلسین و همکاران، 2012؛ سانگ و همکاران، 2013).

کارایی استفاده از نیتروژن (NUE)

براساس اطلاعات تجزیه واریانس، اثر اصلی تیمارهای آلی و نیتروژن مصرفی بر کارایی استفاده از نیتروژن گیاه در سطح 1 درصد معنی‌دار می‌باشد و اثر برهمکنش آنها نیز در سطح 5 درصد معنی‌دار است (جدول 3). همان-گونه که در جدول 6 نشان داده شده است، استفاده از تیمار بیوچار پوسته برنج در سطح کاربرد 100 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، کارایی استفاده از نیتروژن (NUE) را از 30/69 درصد به 51/26 درصد افزایش می‌دهد. هر چند بقایای پوسته برنج نیز نسبت به تیمار شاهد افزایش در NUE را نشان می‌دهد اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

همچنین کاربرد همزمان بیوچار+ بقایا نیز میزان NUE را حدود 8 درصد افزایش می‌دهد اما در مقایسه با کاربرد تیمار بیوچار به تنهایی بیانگر کارایی در سطح پایین‌تری بوده و از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. تیمارها در سطح مصرف 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم روند بسیار متفاوتی را نشان می‌دهند به گونه‌ای که زیادترین NUE در این سطح از مصرف نیتروژن، متعلق به تیمار کاربرد همزمان بیوچار+بقایا است که نسبت به تیمار شاهد حدود 10 درصد افزایش را نشان می‌دهد.

[1] Nitrification

Archive of SID

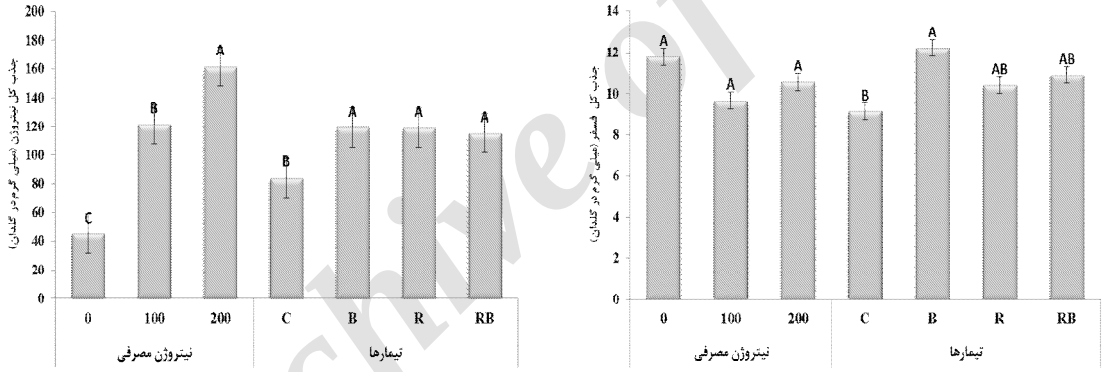
www.SID.ir

جدول 5 - اثر تیمارهای بقایا و بیوچار پوسته برنج و نیتروژن مصرفی برغلظت فسفر و نیتروژن کل (درصد) اندام هوایی اسفناج

تیمار	مقدار نیتروژن مصرفی (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)			میانگین
	0	100	200	
	فسفر (درصد)			
شاهد	0/66b*	0/28d	0/26d	0/40B
بیوچار پوسته برنج[a]	0/88a	0/27d	0/26d	0/47A
بقایای پوسته برنج[a]	0/50c	0/24d	0/26d	0/33B
بیوچار + بقایا[a]	0/54bc	0/30d	0/28d	0/37B
میانگین	0/64A	0/27B	0/39B	
	نیتروژن کل (درصد)			
شاهد	1/99e	3/21bcd	3/75ab	2/98B
بیوچار پوسته برنج[a]	2/29cde	3/93ab	4/18a	3/57A
بقایای پوسته برنج[a]	2/52de	3/45abc	4/29a	3/42AB
بیوچار + بقایا[a]	2/64cde	3/22bcd	3/97ab	3/28AB
میانگین	2/44C	3/45B	4/05A	

* میانگین‌های دارای حرف مشترک طبق آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آماری می‌باشند.

a تیمارهای بیوچار، بقایا و نسبت 1:1 بیوچار/ بقایا به میزان 2 درصد وزنی به خاک افزوده شدند.



شکل 1- اثر بقایا (R) و بیوچار پوسته برنج (B)، بقایا+بیوچار(RB) و نیتروژن مصرفی بر جذب کل فسفر و نیتروژن اندام هوایی اسفناج در مقایسه با شاهد (C)

اما در همین سطح نیز کاربرد بیوچار به تنهایی حدود 4 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان می‌دهد که البته این افزایش اندکی کمتر از اثر تیمار کاربرد بقایای پوسته برنج در این سطح از مصرف نیتروژن است. به طور کلی در سطح کاربرد 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، کاربرد تیمارها از لحاظ آماری اثر معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد ایجاد نکردند. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که بیوچار پوسته برنج بؤیژه در سطوح پایین مصرف کود نیتروژن تأثیر قابل توجهی بر NUE دارند که این نتیجه با یافته فراهم آمده از مطالعه لیو و همکاران (2017) مطابقت دارد. بطور خلاصه مکانیسم‌های ممکن که منجربه نقش بیوچار در نگهداری نیتروژن و در نتیجه بهبود کارایی استفاده از نیتروژن می‌شوند شامل:1) جذب $N\text{-}NH_4^+$ بوسیله بیوچار بدلیل ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) (لیانگ و همکاران، 2006) یا گروه‌های عاملی اسیدی سطح (کلاف و کاندرون، 2010)، 2) افزایش غیر پویا شدن میکروبی خاک بدلیل اجزا کربن لایل بیوچار (ون زایتن و همکاران، 2010) و 3) افزایش قدرت نگهداری بدلیل بهبود ظرفیت نگهداری آب و کسر چگالی ظاهری خاک در حضور بیوچار (لیو و همکاران، 2017)، هستند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 6 - اثر تیمارهای بقایا و بیوچار پوسته برنج و نیتروژن مصرفی بر کارایی استفاده از نیتروژن (درصد) در اسفناج

تیمار	مقدار نیتروژن مصرفی (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)		میانگین
	100	200	
شاهد	30/69bc*	24/63c	27/66C
بیوچار پوسته برنج[a]	51/26a	28/70bc	39/98A
بقایای پوسته برنج[a]	32/15bc	29/10bc	30/63BC
بیوچار + بقایا[a]	38/65b	34/26bc	36/46AB
میانگین	38/19A	29/17B	

میانگین‌های دارای حرف مشترک طبق آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آماری می باشند.

a تیمارهای بیوچار، بقایا و نسبت 1:1 بیوچار/بقایا به میزان 2 درصد وزنی به خاک افزوده شدند.

غلظت و جذب کل عناصر کم‌مصرف توسط اندام هوایی گیاه اسفناج

نتایج مربوط به اثر بیوچار و بقایای پوسته برنج، اوره و کاربرد همزمان آنها بر غلظت و جذب کل عناصر آهن، منگنز، روی و مس در جدول 7 و شکل 2 و 3 نشان داده شده است. براساس اطلاعات تجزیه واریانس، اثر اصلی تیمارهای آلی تنها بر جذب کل عنصر منگنز در سطح 5 درصد معنی‌دار بودند و در مورد عناصر آهن، روی و مس اختلاف معنی‌دار ایجاد نکردند. اما اثر اصلی نیتروژن مصرفی به غیر از عنصر مس برجذب کل آهن و منگنز در سطح 1 درصد و بر جذب کل روی در سطح 1 درصد معنی‌دار می‌باشد و اثر برهمکنشی آنها نیز در مورد جذب کل عناصر (آهن، منگنز، روی و مس) بدون اختلاف معنی‌دار بود (جدول 7). همانگونه که از بررسی شکل 2 بدست می‌آید، غلظت عناصر منگنز، روی و مس اندام هوایی گیاه اسفناج با کاربرد نیتروژن کاهش معنی‌دار داشتند که این کاهش غلظت را می‌توان در اثر رقت ناشی از افزایش وزن خشک گیاه دانست اما بر غلظت عنصر آهن اندام هوایی اثر معنی‌دار نداشت. میزان آهن، منگنز و روی جذب شده توسط گیاه اسفناج در تیمار کاربرد 200 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک حداکثر است و به ترتیب افزایشی معنی‌دار به میزان 155/2، 72/3 و 15/2 درصد نسبت به تیمار شاهد دارد که در مورد آهن و منگنز با سایر سطوح کاربرد نیتروژن دارای اختلاف معنی‌دار بوده و با افزوده شدن نیتروژن به خاک بر جذب آنها افزوده شده است. اما سطوح نیتروژن بر جذب کل عنصر مس اثر معنی‌داری نداشتند (شکل 2).

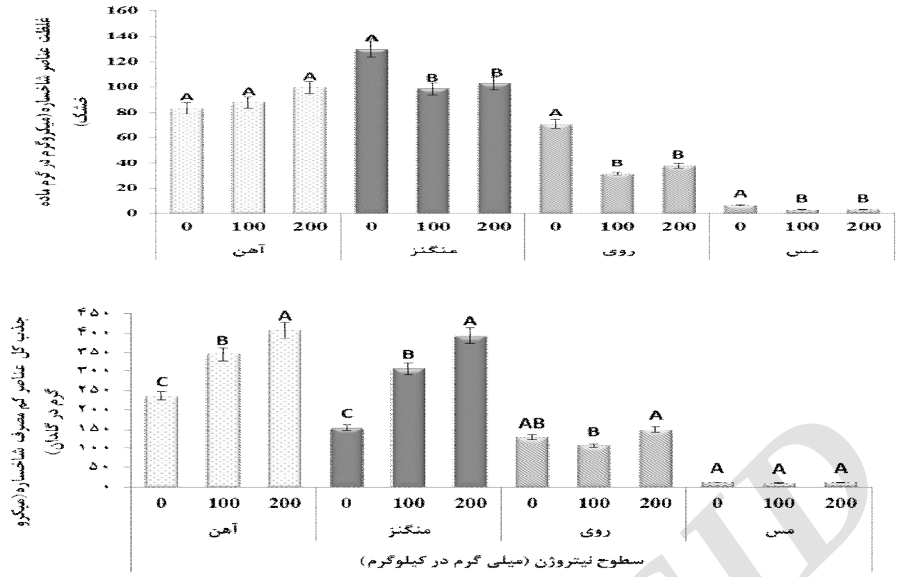
جدول 8- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای بقایا و بیوچار پوسته برنج و نیتروژن مصرفی بر غلظت و جذب کل آهن، منگنز، روی و مس در اندام هوایی اسفناج

بیوچار منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات غلظت عناصر			
		آهن	منگنز	روی	مس
		(میکروگرم در گرم ماده خشک)			
تیمار بیوچار/بقایا	3	303ns	147ns	21ns	6ns
تیمار نیتروژن مصرفی	2	867ns	3467**	5419**	58**
برهمکنش تیمارها	6	529ns	470ns	420ns	5ns
خطا	24	720	459	189	4
بیوچار منابع تغییرات	**درجه آزادی**	**میانگین مربعات جذب کل عناصر**			
		آهن	**منگنز**	**روی**	**مس**
		(میکروگرم در گلدان)			
تیمار بیوچار/بقایا	3	11047ns	10867*	2016ns	76ns
تیمار نیتروژن مصرفی	2	176195**	89622**	5303*	18ns
برهمکنش تیمارها	6	5072ns	4780ns	2495ns	36ns
خطا	24	5775	3435	1147	33

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح 1درصد و 5 درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

Archive of SID

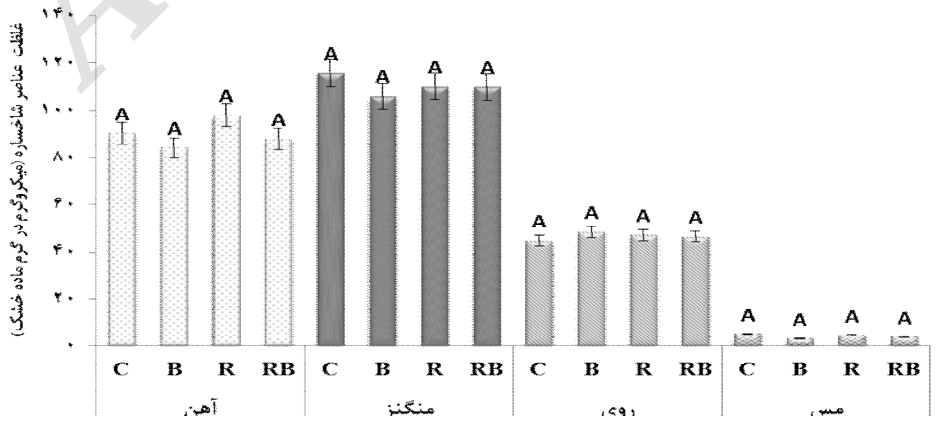
www.SID.ir



شکل 2- اثر سطوح نیتروژن مصرفی بر غلظت (میکروگرم در گرم ماده خشک) و جذب کل (میکروگرم در گلدان) عناصر آهن، منگنز، روی و مس در اندام هوایی اسفناج

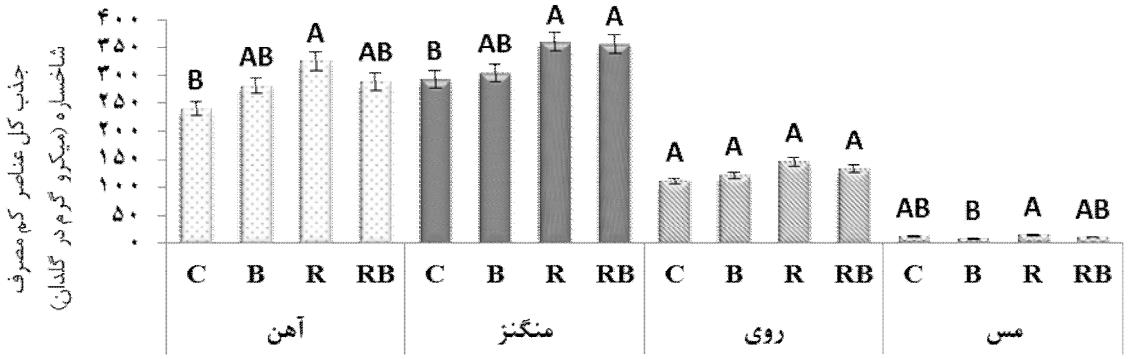
*** میانگین‌های دارای حرف مشترک طبق آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آماری می‌باشند.**

بطور کلی غلظت قابل دسترس عناصر کم مصرف در خاک در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن ارائه می‌شوند. بیشتر مطالعات نشان می‌دهند که افزودن نیتروژن منتج به افزایش معنی‌دار فراهمی عناصر کم مصرفی چون آهن، منگنز، روی و مس در خاک‌ها می‌شود بدلایلی چون افزایش طول و تراکم تارهای کشنده ریشه و کاهش پ‌هاش خاک بر اثر کاربرد کودهای حاوی نیتروژن (تیان و همکاران، 2016). از جمله روتکوواسکی و همکاران (2009)، گزارش کردند که کود نیتروژن واکنش خاک را کاهش می‌دهد و درنتیجه موجب افزایش غلظت عناصر کم مصرف در گیاه می‌شود. با این حال مطالعاتی مانند مالهی و همکاران (1998)، گزارش کردند که در تیمارهای با کاربرد زیادی نیتروژن غلظت برخی عناصر کم مصرف به طور معنی‌داری کاهش می‌یابند که می‌تواند به دلیل تولید اکسین ایندول استیک اسید زیاد در ریشه در محیط با غلظت نیتروژن زیاد دانست که منجر به کاهش رشد ریشه و درنهایت کاهش جذب عناصر می‌شود. این نتایج متضاد نشان می‌دهد که تغییر غلظت عناصر کم مصرف در گیاهان و خاک‌ها بسیار گسترده است که احتمالاً به دلیل تفاوت‌هایی در سال کوددهی، گونه‌های گیاهی و ویژگی‌های خاک می‌باشد (تیان و همکاران، 2016).



Archive of SID

www.SID.ir



شکل 3- اثر بقایا (R) و بیوچار پوسته برنج (B)، بقایا+بیوچار (RB) بر غلظت (میکروگرم در گرم ماده خشک) و جذب کل (میکروگرم در گلدان) عناصر آهن، منگنز، روی و مس اندام هوایی اسفناج در مقایسه با شاهد (C)

* میانگین‌های دارای حرف مشترک طبق آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آماری می‌باشند.

همچنین براساس شکل 3 مشاهده می‌شود که کاربرد بقایای پوسته برنج موجب بیشترین جذب کل عناصر آهن، منگنز و مس شده است که تنها در مورد جذب کل عنصر آهن و منگنز این افزایش نسبت به تیمار شاهد، معنی‌دار است. اما در مورد جذب کل عنصر روی کاربرد هیچ یک از تیمارهای آلی اثر معنی‌داری ایجاد نکرد. با کاربرد بقایای گیاهی چون برنج و گندم حدود 50 تا 80 درصد از عناصر چون آهن، منگنز، روی و مس جذب شده توسط آنها دوباره به خاک بازگردانده می‌شود. بنابراین افزودن بقایای گیاهی به خاک می‌تواند به بهبود قابلیت جذب عناصر کم مصرف در خاک منجر شود (ورما و همکاران، 2013) که دلیل این امر را می‌توان به افزایش کربن آلی خاک به دنبال کاربرد بقایای گیاهی دانست که باعث جذب بیشتر عناصر کم مصرف در گیاهان می‌شود. همچنین کربن آلی خاک یکی از مهمترین منابع برای عناصر غذایی است و نقش اساسی در حفظ حاصلخیزی خاک و تولید محصول بر عهده دارد (پن و همکاران، 2009؛ لال و همکاران، 2004)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد همزمان بیوچار، بقایا و کود نیتروژنی نه تنها موجب رشد گیاه می‌شود بلکه بر کارایی استفاده از نیتروژن نیز مؤثر است. بنابراین استفاده اقتصادی‌تر از کود اوره را با محیط زیست سالم‌تری فراهم می‌سازد. به گونه‌ای که بیشترین وزن تر و وزن خشک اندام هوایی گیاه اسفناج در تیمار کاربرد همزمانی تیمار های آلی (بیوچار+بقایا) و کود اوره بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که بیوچار و بقایا اثر مثبتی بر کارایی استفاده از نیتروژن بویژه در سطح 100 میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک دارند که می‌تواند در کاهش نیتروژن رها شده به طبیعت مؤثر باشد. با توجه به اثرات مثبت کاربرد بقایا و بیوچار بر پاسخ‌های گیاهی و همچنین بهبود کارایی مصرف نیتروژن، استفاده از چنین موادی می‌تواند مد نظر قرار گیرد. اگرچه قبل از هر گونه توصیه‌ای انجام آزمایشاتی در شرایط مزرعه‌ای به منظور تایید نتایج آزمایش حاضر ضروری است.

فهرست منابع:

1. گویلی، ا.، ع. ا. موسوی و ع. ا. کامگارحقیقی. 1396. اثر بیوچار کود گاوی بر ترکیب شیمیایی اسفناج رشد یافته در وضعیت‌های رطوبتی مختلف در یک خاک آهکی. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد 31،شماره 4، صفحات: 525-544.
2. قادری, ع. م. مقدم، ل. مهدیزاده و ح. ابراهیمی. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم کاشت بر جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کارآیی مصرف و جذب نیتروژن در میوه گیاه زیره سبز. فن آوری تولیدات گیاهی (پژوهش کشاورزی)، جلد 8، شماره 2، صفحات: 153-165.

Archive of SID

www.SID.ir

3. Abbas, A., M. Yaseen, M. Khalid, M. Naveed, M.Z. Aziz, Y. Hamid and M. Saleem. 2017. Effect of biochar-amended urea on nitrogen economy of soil for improving the growth and yield of wheat (*Triticum Aestivum* L.) under field condition. Journal of Plant Nutrition, 40(16):2303-2311.
4. Asai, H., B.K. Samson, H.M. Stephan, K. Songyikhangsuthor, K. Homma, Y. Kiyono, Y. Inoue, T. Shiraiwa and T. Horie. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. Field Crops Research, 111(1-2):81-84.
5. Baiga, R. and B.K. Rajashekhar Rao. 2017. Effects of biochar, urea and their co-application on nitrogen mineralization in soil and growth of Chinese cabbage. Soil Use and Management, 33(1):54-61.
6. Beretta, A. N., A. V. Silbermann, L. Paladino, D. Torres, D. Bassahun, R. Musselli and A. García-Lamohte. 2014. Soil texture analyses using a hydrometer: modification of the Bouyoucos method. Ciencia e Investigación Agraria, 41(2): 263-271.
7. Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen. p.1149-1178. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA, Madison, WI.
8. Clough, T.J., L.M. Condron, C. Kammann and C. Müller. 2013. A review of biochar and soil nitrogen dynamics. Agronomy, 3(2):275-293.
9. FAO. 2002. Statistical database. Available at http://apps.fao.org.
10. Hardie, M., B. Clothier, S. Bound, G. Oliver and D. Close. 2014. Does biochar influence soil physical properties and soil water availability?. Plant and Soil, *376*(1-2): 347-361.
11. Heffer, P. and M. Prud'homme. 2016, June. Fertilizer Outlook 2016–2020. In 84th IFA Annual Conference, Moscow, Russia:1-5.
12. Huang, M., L. Yang, , H. Qin, L. Jiang and Y. Zou. 2013. Quantifying the effect of biochar amendment on soil quality and crop productivity in Chinese rice paddies. Field Crops Research, 154:172-177.
13. Ippolito, J.A., J.M. Novak, W.J. Busscher, M. Ahmedna, D. Rehrah, and D.W. Watts. 2012. Switchgrass biochar affects two Aridisols. Journal of Environmental Quality, 41(4):1123-1130.
14. Jones, D.L., J. Rousk, G. Edwards-Jones, T.H. DeLuca and D.V. Murphy. 2012. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. Soil Biology and Biochemistry, *45*:113-124.
15. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science, *304*(5677): 1623-1627.
16. Lehmann, J., J.P. da Silva, C. Steiner, T. Nehls, W. Zech and B. Glaser. 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(2):343-357.
17. Lehmann, J., 2007. Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and the Environment, 5(7):381-387.
18. Lehmann, J., and S. Joseph. 2009. Biochar for environmental management. Science and Technology. London: Earthscan Publishing:1-12.
19. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper 1. Soil Science Society of America Journal, 42(3):421-428.
20. Liu, Z., X. Cheng, D. Sun, J. Meng and W. Chen. 2017. Maize stover biochar increases urea (15 N isotope) retention in soils but does not promote its acquisition by plants during a 4-year pot experiment. Chilean Journal of Agricultural Research, 77(4):382-389.
21. Madiba, O.F., Z.M. Solaiman, J.K. Carson and D.V. Murphy. 2016. Biochar increases availability and uptake of phosphorus to wheat under leaching conditions. Biology and Fertility of Soils, 52(4):439-446.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Malhi, S. S., M. Nyborg and J. T. Harapiak. 1998. Effects of long-term N fertilizer-induced acidification and liming on micronutrients in soil and in bromegrass hay. Soil and Tillage Research, *48*(1-2): 91-101.
23. Mukherjee, A. and R. Lal. 2014. The biochar dilemma. Soil Research, 52(3):217-230.
24. Murphy, J.A.M.E.S. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica Acta, 27:31-36.
25. Naeem, M.A., M. Khalid, M. Aon, G. Abbas, M. Tahir, M. Amjad, B. Murtaza, A. Yang and S.S. Akhtar. 2017. Effect of wheat and rice straw biochar produced at different temperatures on maize growth and nutrient dynamics of a calcareous soil. Archives of Agronomy and Soil Science, 63(14):2048-2061.
26. Nelissen, V., T. Rütting, D. Huygens, J. Staelens, G. Ruysschaert and P. Boeckx. 2012. Maize biochars accelerate short-term soil nitrogen dynamics in a loamy sand soil. Soil Biology and Biochemistry, 55:20-27.
27. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 961-1010. Methods of Soil Analysis, part 3.Chemical Methods. ASA, Madison, WI.
28. Pan, G., P. Smith and W. Pan. 2009 .The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China. Agriculture, Ecosystems & Environment, *129*(1-3): 344-348.
29. Partey, S.T., K. Saito, R.F. Preziosi and G.D. Robson. 2016. Biochar use in a legume–rice rotation system: effects on soil fertility and crop performance. Archives of Agronomy and Soil Science, 62(2):199-215.
30. Reibe, K., C.L. Roß and F. Ellmer. 2015. Hydro-/Biochar application to sandy soils: impact on yield components and nutrients of spring wheat in pots. Archives of Agronomy and Soil Science, 61(8):1055-1060.
31. Reverchon, F., R.C. Flicker, H. Yang, G. Yan, Z. Xu, C. Chen, S.H. Bai and D. Zhang. 2014. Changes in δ 15 N in a soil–plant system under different biochar feedstocks and application rates. Biology and Fertility of Soils, 50(2):275-283.
32. Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. p. 417-435.Methods of Soil Analysis, Part 3.Chemical Methods, ASA, Madison, WI.
33. Johnston, and M. E. Sumner. Madison, WI: Soil Science Society of America.
34. Rutkowska, B., W. Szulc and J. Labetowicz. 2009. Influence of soil fertilization on concentration of microelements in soil solution of sandy soil. Journal of Elementology, 14(2):349-355.
35. Sánchez, M.E., E. Lindao, D. Margaleff, O. Martínez and A. Morán. 2009. Pyrolysis of agricultural residues from rape andsunflowers: production and characterization of bio-fuels and biochar soil management. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 85:142–144.
36. Schimmelpfennig, S., C. Müller, L. Grünhage, C. Koch and C. Kammann. 2014. Biochar, hydrochar and uncarbonized feedstock application to permanent grassland—Effects on greenhouse gas emissions and plant growth. Agriculture, Ecosystems & Environment, 191:39-52.
37. Singh, B. and M.S. Bajwa. 1986. Studies on urea hydrolysis in salt affected soils. Fertilizer Research, 8(3):231-240.
38. Singh, B.P., B.J. Hatton, B. Singh, A.L. Cowie and A. Kathuria. 2010. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. Journal of Environmental Quality, 39(4):1224-1235.
39. Sohi, S.P., E. Krull, E. Lopez-Capel and R. Bol. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. In Advances in Agronomy (Vol. 105, pp. 47-82). Academic Press.

Archive of SID

www.SID.ir

40. Song, Y., X. Zhang, B. Ma, S.X. Chang and J. Gong. 2014. Biochar addition affected the dynamics of ammonia oxidizers and nitrification in microcosms of a coastal alkaline soil. Biology and Fertility of Soils, 50(2):321-332.
41. Sorrenti, G., M. Ventura and M. Toselli. 2016. Effect of biochar on nutrient retention and nectarine tree performance: A three-year field trial. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 179(3):336-346.
42. Sunitha, H.M. 2006. Effect of plant population, nutrition, pinching and growth regulators on plant growth, seed yield and quality of African marigold (*Tagetes erecta* L.) (Doctoral dissertation, UAS, Dharwad):120.
43. Taghizadeh-Toosi, A., T.J. Clough, L.M. Condron, R.R. Sherlock, C.R. Anderson and R.A. Craigie. 2011. Biochar incorporation into pasture soil suppresses in situ nitrous oxide emissions from ruminant urine patches. Journal of Environmental Quality, 40(2):468-476.
44. Tian, Y., Q. Wang, W. Zhang and L. Gao. 2016. Reducing environmental risk of excessively fertilized soils and improving cucumber growth by Caragana microphylla-straw compost application in long-term continuous cropping systems. Science of the Total Environment, 544:251-261.
45. Tipayarom D, and N.T.K. Oanh. 2007. Effects from open rice straw burning emission on air quality in the Bangkok metropolitan region. Journal of The Science Society of Thailand. 33:339-345.
46. Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity, p. 475–490. Methods of Soil Analysis. Part 3. ASA, Madison, WI.
47. Van Zwieten, L., S. Kimber, S. Morris, K.Y. Chan, A. Downie, J. Rust, S. Joseph and A. Cowie. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. Plant and Soil, 327(1-2):235-246.
48. Verma, N.K. and B.K. Pandey. 2013. Effect of varying rice residue management practices on growth and yield of wheat and soil organic carbon in rice-wheat sequence. Global Journal of Science Frontier Research Agriculture and Veterinary Sciences, 13(3):33-38.
49. Wang, Y., L. Zhang, H. Yang, G. Yan, Z. Xu, C. Chen and D. Zhang. 2016. Biochar nutrient availability rather than its water holding capacity governs the growth of both C3 and C4 plants. Journal of Soils and Sediments, 16(3):801-810.
50. Yanai, Y., K. Toyota, and M. Okazaki. 2007. Effects of charcoal addition on N2O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. Soil Science and Plant Nutrition, 53(2): 181-188.
51. Zhang, H., C. Chen, E.M. Gray, S.E. Boyd, H. Yang, and D. Zhang. 2016. Roles of biochar in improving phosphorus availability in soils: a phosphate adsorbent and a source of available phosphorus. Geoderma, 276:1-6.
52. Zemanová, V., K. Břendová, D. Pavlíková, P. Kubátová and P. Tlustoš. 2017. Effect of biochar application on the content of nutrients (Ca, Fe, K, Mg, Na, P) and amino acids in subsequently growing spinach and mustard. Plant, Soil and Environment, 7:322-327.
53. Zheng, H., Wang, Z., Deng, X., Herbert, S. and Xing, B., 2013. Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. Geoderma, 206:32-39.

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of Crop Residues, Rice Husk Biochar, and Urea Application on Growth, Chemical Composition, and Nitrogen Use Efficiency of Spinach in a Calcareous Soil

Z. Zibaei, R. Ghasemi-Fasaei[1], and P. Ostovar
PhD student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;
E-mail: zibaei.z1@gmail.com
Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;
E-mail: ghasemif@shirazu.ac.ir
PhD student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;
E-mail: p.ostovar@yahoo.com

Received: August, 2018 and Accepted: March, 2019

Abstract

Application of N fertilizer to soil is known as an effective practice for crop yield improvement, but its inappropriate use could result in N loss, which is important from both environmental pollution and economic feasibility standpoints. Therefore, one of the great concerns lies in finding suitable methods for effective use of N fertilizers. Research on the effects of simultaneous application of biochar, resides, and nitrogen fertilizer on plants growth and chemical composition, especially N use efficiency (NUE), is very limited. In this study, an experiment was designed according to a completely randomized factorial design, in which the treatments consisted of three levels of urea (0, 100 and 200 mg N kg^{-1}) and four levels of biochar/residue (0, 2% biochar, 2% crop residue, and 2% biochar+crop residue) with three replication. Biochar increased the uptake and concentration of N and P in spinach shoots as compared to the control, but had not effects on the uptake of Fe, Mn, Cu and Zn. Results indicated that biochar and crop residue had a positive effect on N use efficiency, especially at 100 mg kg^{-1} level of urea. Results also showed that co-application of biochar and residues with urea significantly improved plant wet and dry matter yield. Due to the desirable effects of biochar and residues application on plant responses and improving nitrogen use efficiency, more attention should be paid to the use of such materials in fertilizer recommendation programs. Before making recommendations, further investigations under field conditions are crucial to verify the results of the present study.

Keywords: N uptake, Co-application of biochar and residues, N fertilizer

[1]. Corresponding author: Department of Soil Science, College of Agricultural, Shiraz University, Iran

Archive of SID

www.SID.ir