نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد 33 / شماره 4 / 1398
Archive of SID

نقش تلقیح قارچ میکوریزا و کاربرد بیوچار بر فراهمی فسفر، رشد و عملکرد سورگوم و برخی خصوصیات شیمیایی خاک

عبدالحسین ضیائیان[1]، ابوالفتح مرادی، غلامرضا زارعیان و ماشاالله حسینی

دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، **ziaeian@yahoo.com**

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، **moradi1373@gmail.com**

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، **zareian48@yahoo.com**

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، **mhoseini20@yahoo.ca**

دریافت: **98/6/6** و پذیرش:**98/11/27**

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد بیوچار و میکوریزا بر فراهمی فسفر، رشد و عملکرد سورگوم و برخی خصوصیات شیمیایی خاک، یک آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این تحقیق اثرات مصرف بیوچار (0 و 1/5 درصد حجمی)، میکوریزا (تلقیح و عدم تلقیح قارچ میکوریزا) و فسفر (چهار سطح صفر، 55، 110 و 165 میلی گرم در کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) بر روی سورگوم مطالعه گردید. نتایج نشان داد که با کاربرد فسفر و بیوچار وزن اندام‌های هوایی و ریشه‌ها، حجم ریشه‌ها و همچنین جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز با تلقیح ریشه‌ها با میکوریزا وزن اندام‌های هوایی و جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم بطور معنی‌داری ($P<0.01$) افزایش یافت. اما، مصرف توام فسفر، بیوچار و میکوریزا صفات یاد شده را به میزان بیشتری افزایش دادند. مصرف فسفر یا بیوچار به تنهایی شوری خاک را افزایش دادند اما مصرف توام آن‌ها همراه با تلقیح ریشه‌ها با میکوریزا میزان شوری را کاهش داد. کاربرد فسفر مقدار کربن آلی خاک را کاهش داد در حالی که مصرف بیوچار و میکوریزا مقدار آن را بطور معنی‌داری افزایش دادند. بیشترین میزان علوفه خشک (24/4 گرم در گلدان) و بیشترین جذب فسفر (79/9 میلی‌گرم در گلدان) از کاربرد توام میکوریزا، بیوچار و مصرف 55 میلی گرم سوپر فسفات به ازا هر کیلوگرم خاک به دست آمد. نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار و یا میکوریزا بر میزان فسفر مصرفی تاثیر می گذارند اما باید توجه داشت که مصرف طولانی مدت بیوچار می‌تواند شوری خاک را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: سورگوم علوفه‌ای، سوپر فسفات تریپل، ریزجاندارن، شوری خاک

[1] نویسنده مسئول، آدرس: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، بخش تحقیقات خاک و آب

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

فسفر بعد از نیتروژن، مهمترین عنصر اصلی مورد نیاز گیاهان و ریزجاندارن بوده و از نظر شیمیایی بسیار فعال می‌باشد. مهمترین نقش این عنصر شرکت در فرآیند تولید و انتقال انرژی در گیاه است (واندوزکا، 2006). مواد مادری آهکی و بارش اندک، موجب آهکی شدن سطح وسیعی از اراضی کشاورزی ایران شده است. بالا بودن غلظت یون کلسیم و pH بالای خاک‌های آهکی موجب کاهش فراهمی برخی عناصر غذایی به خصوص فسفر شده است. در این خاک‌ها گرچه ممکن است میزان کل فسفر بالا باشد، اما اغلب به فرم تثبیت شده و یا فرم-های غیرقابل استفاده برای گیاه می‌باشند (اولکر و والسمی جونز، 2008). قابلیت استفاده کم فسفر در خاک‌های آهکی، یکی از عوامل محدود کننده رشد گیاهان در این خاک‌ها می‌باشد (هینسینگر، 2004). بهره‌گیری از موجودات مفید خاکزی به منظور بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و تأمین سلامتی گیاه از مهم‌ترین شیوه‌های علمی برای افزایش راندمان کودهای شیمیایی از جمله فسفر محسوب می‌شود. میکوریزا با اهمیت‌ترین ریزجانداران موجود در اغلب خاک‌ها می‌باشند، که تقریباً با اکثر گیاهان رابطه همزیستی دارند (مسکویچ، 2009). بر اساس مطالعات انجام شده، یکی از مهمترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریزا، افزایش عملکرد گیاهان، خصوصاً در خاک‌های با حاصلخیزی پایین است. علاوه بر این، قارچ‌های میکوریزی با تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین، سیتوکنین و ... باعث افزایش مقاومت گیاه در مقابل عوامل بیماری‌زا شده، ساختمان خاک را از طریق اتصال ذرات خاک به یکدیگر بهبود بخشیده و با افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها با فراهمی عناصر غذایی از جمله فسفر، به رشد گیاه کمک می‌کنند (بارا و همکاران، 200 و سوتانگ و همکاران، 2012). با این حال، افزایش بیش از حد کودهای فسفره به خاک، فعالیت قارچ میکوریزا، توسعه ریشه و میسیلیوم‌های قارچی را محدود نموده و نه تنها جذب عناصر غذایی را با مشکل مواجه می‌نماید بلکه موجب می‌شود تا قارچ به عنوان یک انگل عمل نموده و با مصرف کربوهیدرات‌های تولید شده توسط گیاه شده موجب کاهش عملکرد گیاه می‌شود (گارلیل و همکاران، 1994). بر اساس گزارشات منتشر شده، استفاده از بیوچار نیز می‌تواند کارایی مصرف فسفر را بالا ببرد (نیگوسی و همکاران، 2012). بیوچار نام ذغالی است که برای اصلاح برخی از ویژگی‌های خاک در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (کامیما و همکاران، 1010). کاربرد بیوچار می تواند ساختمان خاک، تخلخل، وزن مخصوص ظاهری و توزیع اندازه ذرات و به طور بالقوه تهویه خاک، ظرفیت ذخیره آب و وضعیت میکروبی و تغذیه‌ای خاک در منطقه ریشه گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (آمونته و ژوزف، 2003). همچنین کاربرد بیوچار در خاک، خواص شیمیایی آن مانند pH، هدایت الکتریکی (Ec)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و سطح مواد غذایی موجود در خاک و جذب فلزات را نیز تغییر می‌دهد (آمونته و ژوزف، 2003، بیسلی و همکاران، 2010، گونداله و لوکا، 2010 و یوشییما و همکارام، 2010). کاربرد بیوچار در خاک، باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شده و ظرفیت نگهداری آب را در خاک افزایش می‌دهد (شنوی و گالاکودی، 2005). افزودن بیوچار به خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک را تحریک کرده و خواص بیولوژیکی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (گلیک و همکاران، 2007 و هامیت و اسمیتش، 2009). بیوچار با افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک، جذب عناصر غذایی توسط گیاه را افزایش داده و از طریق بهبود حاصلخیزی خاک باعث افزایش رشد گیاه می‌شود (بیسلی و همکاران، 2010 و لهمان و همکاران، 2003). هر چند مطالعات زیادی در رابطه با تأثیر کاربرد میکوریزا و یا بیوچار بر رشد محصولات مختلف و همچنین فراهمی عناصر غذایی از جمله فسفر منتشر شده است اما اطلاعات ناچیزی در رابطه با اثرات کاربرد توNم این دو پارامتر بر رشد، عملکرد و فراهمی فسفر در دست است. با توجه به این موضوع این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کاربرد توأم قارچ‌های میکوریزی و بیوچار بر فراهمی فسفر و عملکرد و جذب عناصر غذایی پرمصرف در گیاه سورگوم انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق گلخانه‌ای در یکی از گلخانه‌های خصوصی شهر شیراز با موقعیت جغرافیایی 33 درجه و 52 دقیقه طول شرقی، و 39 درجه و 29 دقیقه عرض شمالی و ارتفاع 1500 متر از سطح دریا انجام شد. در این تحقیق اثرات دو سطح صفر و 1/5 درصد حجمی بیوچار (به ترتیب B0 و B1)، دو تیمار تلقیح و عدم تلقیح ریشه ها با قارچ میکوریزا (به ترتیب M0 و M1) و چهار میزان صفر، 55، 110 و 165 میلی‌گرم در کیلوگرم سوپر فسفات تریپل (به ترتیب P0 ,P1 ,P2 و P3) بر روی سورگوم به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک، جذب عناصر غذایی و رشد و عملکرد سورگوم مطالعه شد. مایه تلقیح استفاده شده در این تحقیق به صورت پودری بود و از

www.SID.ir

Archive of SID

موسسه تحقیقات خاک و آب تأمین گردید. این مایه تلقیح از دو جزء حامل پاستوریزه شده قارچ (ترکیبی از مواد معدنی به همراه 5 درصد ماده آلی) و اندام فعال سه گونه قارچ میکوریزی به اسامی *Funneliformis mossae*, *Rhizophagus irregularis* و *Glomus etunicatum* تشکیل شده بود. قارچ‌های فوق الذکر به صورت مجزا تکثیر و سپس با جمعیت برابر با یکدیگر مخلوط گردیدند به گونه‌ای که جمعیت نهایی در مایه تلقیح 100 اندام فعال قارچ (مجموع اسپور، وزیکول ، قطعات ریشه‌ای حاوی اندام قارچ از جمله هیف، وزیکول و اسپور موجود در بافت ریشه) در یک گرم بود. برای تهیه بیوچار، مقدار 80 گرم از چوب خرد شده مرکبات در بشر 250 میلی لیتر قرار داده شده و به وسیله ورقه‌های آلومینیمی کاملاً پوشانده شدند تا شرایط دسترسی اکسیژن محدود ایجاد گردد. گرماکافت نمونه‌ها در کوره الکتریکی در دمای 500 درجه سلسیوس به مدت 4 ساعت صورت گرفت. آهنگ افزایش دمای کوره حدود 10 درجه سلسیوس بر دقیقه بود و یک شبانه‌روز به نمونه‌ها اجازه داده شد تا به دمای محیط برسند (گاسکین و همکاران، 2008). برخی از ویژگی‌های بیوچار در جدول یک نشان داده شده است. قبل و بعد از اجرای آزمایش، یک نمونه از خاک مورد استفاده به آزمایشگاه ارسال و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها بر اساس دستورالعمل‌های موجود (علی احیایی و بهبهانی زاده، 1372) تعیین گردید (جدول دو). در نمونه‌های خاک بافت به روش هیدرومتری (جی و بادر، 1986)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن با اسید کلریدریک (لوپرت و سوارز، 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع (با نسبت 5:1) با هدایت سنج الکتریکی (رواداس، 1996)، فسفر قابل استفاده با روش واتناب و اولسن (1965)، واکنش خاک (پ هاش) در خمیر اشباع به وسیله الکترود شیشه ای (توماس، 1996)، غلظت عناصر کم مصرف به روش دی تی پی ا (لیندسی و نورول، 1978) و کربن آلی به روش اکسایش مرطوب (نلسون و سومرس، 1996) تعیین گردید.

ابتدا 48 کیسه پلاستیکی خاک به وزن 5 کیلوگرم تهیه شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک، به هر کیسه 80 میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره (30 میلی گرم قبل از کشت و 50 میلی گرم در دو مرحله بصورت سرک)، 50 میلی‌گرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و 10 میلی‌گرم روی از منبع سولفات روی به ازاء هر کیلوگرم خاک اضافه گردید. در ادامه کیسه‌ها به دو دسته تقسیم شدند. به نیمی از خاک‌های هر دسته 1/5 درصد وزنی، معادل 75 گرم بیوچار برای 5 کیلوگرم خاک گلدان اضافه شد و نیمی دیگر بیوچار اضافه نشد. هر دسته از خاک‌ها به چهار گروه تقسیم شدند و به هر گروه یکی از مقادیر صفر ، 55، 110 و 165 میلی گرم سوپرفسفات تریپل اضافه و کاملاً مخلوط شدند. در نیمی از گلدان‌های هر گروه 12 بذر تلقیح نشده با میکوریزا کشت شد و در نیمی دیگر 12 بذر تلقیح شده با میکوریزا کشت شد. به منظور تلقیح بذور، مقدار کافی بذر ابتدا با مقدار آب شکر آغشته گردید تا چسبناک گردد بذور چسبناک را داخل یک کیسه پلاستیک ریخته و به آن میکوریزا اضافه شد. محتویات کیسه‌ها کاملاً به هم زده شده تا میکوریزا کاملاً روی بذور قرار گیرند بذور را از کیسه‌ها خارج نموده بمدت 5 دقیقه در هوای آزاد هواخشک و کشت گردید. بعد از سبز شدن، با تنک کردن تعداد گیاهان به 6 گیاه در هر گلدان کاهش یافت. آبیاری گلدان‌ها بر اساس کسر رطوبت از ظرفیت نگهداری آب خاک (FC)، و با توزین تصادفی چند گلدان انجام گرفت. در زمان برداشت و پس از 8 هفته از شروع کشت، قطر و ارتفاع بوته‌ها، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها و طول و حجم ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. طول ریشه‌ها از طریق اندازه‌گیری طول بلندترین ریشه انجام شد برای اندازه‌گیری حجم ریشه‌ها، ابتدا کل ریشه تک بوته در یک بشر قراد داده شد.

سپس تا یک حجم معین آب درون بشر ریخته شد بطوری که کل ریشه در آب قرار گرفت حجم آب درون بشر اندازه‌گیری شد. سپس ریشه‌ها از بشر خارج گردید مجدداً حجم آب درون بشر اندازه‌گیری شد. حجم ریشه‌ها از طریق اندازه‌گیری اختلاف حجم آب اولیه و ثانویه تعیین گردید. پس از برداشت نیز غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در علوفه و ریشه‌های خشک (امامی، 1375) و در نهایت جذب کل آن‌ها و میزان شوری، اسیدیته و کربن آلی خاک‌ها تعیین شد (علی احیایی و بهبهانی زاده، 1372). در پایان با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه انجام و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- برخی از ویژگی‌های شیمیایی بیوچار

pH عصاره اشباع	EC عصاره اشباع	کربن آلی	خاکستر باقیمانده	رطوبت	ظرفیت تبادل کاتیونی	فسفر
	$dS.m^{-1}$		درصد		$Cmol.kg^{-1}$	$mg.kg^{-1}$
10/4	18/5	87/7	10/0	4/64	13/2	18/5

جدول 2- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Sand	Silt	Clay	Zn	Fe	Mn	Cu	K	P	O.C	T.N.V	pH	Ec
	%				$mg.kg^{-1}$				%			$dS.m^{-1}$
30	40	30	0/41	6/2	9/6	0/76	302	8	0/92	39	7/76	0/69

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده ها

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول 3) بجز قطر ساقه‌ها و طول ریشه‌ها، کاربرد فسفر تنها تأثیر معنی‌داری بر سایر پارامترهای مورد مطالعه داشت. کاربرد بیوچار نیز تأثیر معنی‌داری بر وزن علوفه و ریشه‌های تر و خشک، حجم ریشه‌ها، کربن آلی خاک و شوری خاک پس از برداشت و جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط اندام‌های هوایی گیاه داشت. تلقیح میکوریزایی نیز با تأثیر معنی‌دار بر وزن علوفه تر و خشک موجب افزایش معنی‌دار جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط اندام‌های هوایی شد. کاربرد توأم فسفر، میکوریزا و بیوچار تأثیر معنی‌داری بر حجم ریشه‌ها، کربن آلی و شوری خاک پس از برداشت و جذب کل فسفر توسط اندام‌های هوایی داشت.

اثرهای اصلی کاربرد فاکتورهای مختلف بر پارامترهای اندازه‌گیری شده

نتایج نشان دادند که مصرف 55 و 110 میلی گرم سوپر فسفات تریپل در کیلوگرم خاک در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف فسفر) ارتفاع گیاه، وزن علوفه تر و خشک، وزن تر و خشک و حجم ریشه و جذب فسفر، نیتروژن و پتاسیم توسط گیاه را افزایش دادند اما مصرف بیش از 110 میلی‌گرم در کیلوگرم سوپر فسفات تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای یاد شده نداشت. کاربرد 55 میلی‌گرم در کیلوگرم سوپر فسفات در مقایسه با شاهد موجب افزایش 68/7 درصدی حجم ریشه‌ها، 38/5 درصدی وزن خشک ریشه‌ها و 68/7 درصدی جذب فسفر توسط اندام‌های هوایی شد. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان دادند که در بیشتر پارامترهای اندازه‌گیری شده، تفاوت آماری معنی‌داری بین مقادیر 55 و 110 میلی‌گرم در کیلوگرم سوپر فسفات تریپل وجود نداشت. تلقیح میکوریزایی موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها و در نهایت موجب افزایش معنی‌دار جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه شدند. استفاده از میکوریزا وزن علوفه خشک را با 40 درصد افزایش از 12 به 16/8 گرم در گلدان و میزان کربن آلی خاک را با 9 درصد افزایش از 1/25 به 1/36 درصد بالا برد. استفاده از بیوچار سبب افزایش معنی‌دار وزن علوفه تر و علوفه خشک، وزن تر و خشک ریشه‌ها، حجم ریشه‌ها و کربن آلی و شوری خاک پس از برداشت شد. کاربرد بیوچار موجب افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه خشک به میزان 19/8 درصد شد. بیوچار همچنین میزان کربن آلی و شوری خاک را به ترتیب 86/8 و 55/6 درصد افزایش داد. کاربرد بیوچار تأثیر زیادی بر روی شوری خاک پس از برداشت داشت به طوری که در بین فاکتورهای مورد مطالعه، بیشترین میزان شوری خاک پس از برداشت از کاربرد بیوچار حاصل شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 3- میانگین نتایج تجزیه واریانس تأثیر فسفر، میکوریزا و بیوچار بر برخی خصوصیات خاک، جذب عناصر غذایی و شاخص‌های رشد سورگوم

منابع تغییر	درجات آزادی	ارتفاع بوته‌ها	قطر ساقه‌ها	وزن علوفه تر	وزن علوفه خشک	طول ریشه	حجم ریشه	وزن ریشه تر	وزن ریشه خشک	کربن آلی خاک	میزان شوری خاک	میزان اسیدیته خاک	جذب نیتروژن بوته‌ها	جذب فسفر بوته‌ها	جذب پتاسیم بوته‌ها
فسفر	3	321*	1/35 ^{ns}	2755**	121/7**	25/6 ^{ns}	569**	396**	23/0**	0/33**	0/26**	0/071*	87553**	1334**	14624**
میکوریزا	1	64 ^{ns}	0/77 ^{ns}	2860**	283/8**	24/1 ^{ns}	6 ^{ns}	1/2 ^{ns}	0/1 ^{ns}	0/17*	0/06 ^{ns}	0/001 ^{ns}	276185**	621*	224133**
فسفر × میکوریزا	3	205 ^{ns}	6/02**	544 ^{ns}	49/0**	106/4*	170**	169**	34/0**	0/71**	0/03**	0/112**	52676**	676**	51305**
بیوچار	1	126 ^{ns}	2/04 ^{ns}	2487**	75/4**	27/0 ^{ns}	290**	517**	65/4**	7/57**	4/93**	0/001 ^{ns}	46438*	506*	94874**
فسفر × بیوچار	3	177 ^{ns}	1/27 ^{ns}	781*	24/3 ^{ns}	26/6 ^{ns}	310**	402**	51/4**	0/01 ^{ns}	0/30**	0/006	29081*	158 ^{ns}	28988 ^{ns}
میکوریزا × بیوچار	1	230 ^{ns}	0/83 ^{ns}	236 ^{ns}	0/07 ^{ns}	234/1 ^{ns}	80**	1/6 ^{ns}	1/ ^{ns}	0/12*	1/57**	0/042 ^{ns}	9492 ^{ns}	162 ^{ns}	954 ^{ns}
فسفر× میکوریزا × بیوچار	3	0/64 ^{ns}	1/22 ^{ns}	496 ^{ns}	9/51 ^{ns}	37/1	295**	15/3*	16/3*	0/21**	0/15*	0/038 ^{ns}	14242**	1154**	17747**
خطا	32	83	0/96	206	98	71/4	41	10	1/0	0/03	0/05	0/020	7600	130	105909
ضریب تغییرات (%)CV		17/4	14/8	22/1	17/4	21/2	19/7	22/2	13/0	12/0	18/2	2/0	22/8	21/5	22/9

* (ns،** و * به ترتیب غیر معنی‌داری ، معنی‌دار در سطح 1% و 5%).

جدول 4- میانگین اثرات اصلی تیمارهای مختلف فسفر بر برخی پارامترهای اندازه گیری شده

تیمارها	ارتفاع بوته‌ها	قطر ساقه‌ها	وزن علوفه تر	وزن علوفه خشک	طول ریشه	حجم ریشه	وزن ریشه تر	وزن ریشه خشک	کربن آلی خاک	میزان شوری خاک	میزان اسیدیته خاک	جذب نیتروژن بوته‌ها	جذب فسفر بوته‌ها	جذب پتاسیم بوته‌ها
	سانتی‌متر	میلی‌متر	گرم در گلدان		سانتی‌متر	سانتی‌متر مکعب در گلدان	گرم در گلدان		درصد	دسی زیمنس بر متر		میلی‌گرم در گلدان		
P0 (عدم مصرف فسفر)	45/1 b	6/33 a	69/5 b	10/8 b	39/5 a	24/3 c	17/2 c	6/5 b	1/54 a	1/32 c	7/40 a	296 b	35/5 b	360 b
P1 (مصرف 55 میلی‌گرم سوپر فسفات)	57/4 a	7/09 a	93/8 a	16/6 a a	42/1 a	41/0 a	27/9 ab	8/4 a	1/29 b	1/44 bc	7/30 ab	443 a	59/9 a	499 a
P2 (مصرف 110 میلی‌گرم سوپر فسفات)	53/6 a	6/73 a	90/3 a	17/5 a	39/0 a	33/3 b	30/4 a	9/0 a	1/20 b	1/57 ab	7/22 b	476 a	48/2 b	480 a
P3 (مصرف 165 میلی‌گرم سوپر فسفات)	53/4 a	486 a	63/1 b	12/7 b	39/1 a	31/4 b	24/5 b	6/2 b	1/19 b	1/66 a	7/34 ab	323 b	40/9 bc	354 b
M0 (عدم مصرف میکوریزا)	53/5 a	6/53 a	71/4 b	12/0 b	39/2 a	33/7 a	25/1 a	7/5 b	1/25 b	1/30 a	7/31 a	360 b	42/5 b	380 b
M1 (مصرف یک گرم میکوریزا)	53/2 a	6/78 a	86/9 a	16/8 a	40/6 a	31/3 a	24/8 a	8/6 a	1/36 a	1/46 a	7/32 a	458 a	49/7 a	517 a
B0 (عدم مصرف بیوچار)	50/8 a	6/45 a	72/0 b	13/1 b	40/7 a	30/0 b	21/7 b	6/4 b	0/91 b	1/17 b	7/32 a	351 b	42/9 a	404 b
B1 (مصرف 1/5 درصد بیوچار)	54/0 a	6/86 a	86/4 a	15/7 a	39/2 a	35/0 a	28/2 a	8/7 a	1/70 a	1/82 a	7/31 a	413 a	49/4 a	496 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ($P\leq 0/05$) ندارند.

در جدول فوق حروف P0, P1, P2 و P3 به ترتیب نشانگر مصرف صفر، 55، 110 و 165 میلیگرم در کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، حروف M0 وM1 نشانگر عدم تلقیح و تلقیح ریشه‌ها با قارچ میکوریزا و حروف B0 وB1 نشانگر مصرف صفر و 1/5 درصد حجمی بیوچار در هر گلدان می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

اثرهای کاربرد توأم فاکتورهای مختلف بر پارامترهای اندازه‌گیری شده

اگرچه اثرات اصلی کاربرد فسفر و بیوچار بر وزن تر و خشک علوفه و وزن تر و خشک و حجم ریشه ها و جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم و اثر اصلی میکوریزا بر وزن تر و خشک علوفه و جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم معنی‌داری بود و آن‌ها را در مقایسه با شاهد مربوطه افزایش دادند لیکن مصرف توأم آنها نیز منجر به افزایش بیشتر این پارامترها گردید. بر اساس نتایج به دست آمده (جدول 5) بیشترین ارتفاع بوته (76/7 سانتی‌متر)، قطر ساقه (8/27 میلی‌متر)، وزن تر علوفه (109/7 گرم در گلدان)، وزن علوفه خشک (24/4 گرم در گلدان)، حجم ریشه‌ها (50 سانتیمتر مکعب در گلدان) و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه به ترتیب 547، 79/9 و 759 میلی‌گرم در گلدان) از کاربرد توأم 55 میلی‌گرم سوپر فسفات، تلقیح میکوریزایی و کاربرد بیوچار و بیشترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب 43/3 و 15/4 گرم در گلدان) از کاربرد توأم 110 میلی‌گرم سوپر فسفات، میکوریزا و بیوچار به دست آمد. با این حال، مصرف 50 یا 110 میلی‌گرم سوپر فسفات به همراه میکوریزا و بیوچار شوری خاک را به میزان تقریباً 0/9 واحد در مقایسه با شاهد (عدم مصرف فسفر، میکوریزا و بیوچار) افزایش و پ هاش خاک را به میزان تقریباً 0/3 کاهش دادند. بیشترین میزان شوری خاک پس از برداشت (2/37 دسی زیمنس بر متر) از کاربرد توأم 165 میلی‌گرم در کیلوگرم سوپرفسفات و بیوچار به دست آمد که با افزودن میکوریزا به این ترکیب تیماری، شوری خاک به میزان 0/42 واحد کاهش یافت. به عبارت دیگر مصرف میکوریزا تا حدودی از اثرات سوء شوری خاک کاست. با توجه به نتایج به دست آمده کاربرد فسفر سبب کاهش معنی‌دار و کاربرد بیوچار و میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار میزان کربن آلی خاک‌های پس از برداشت شدند. مقایسه کاربرد مقادیر مختلف فسفر به همراه میکوریزا و بیوچار همچنین نشان داد که اگرچه کاربرد فسفر، میکوریزا و بیوچار به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر میزان کربن آلی خاک داشت اما ترکیب فسفر و میکوریزا با بیوچار تأثیری بر میزان کربن آلی خاک نداشته است.

تفسیر نتایج

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد فسفر، میکوریزا و بیوچار از طریق تأثیر مثبت بر جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط اندام‌های هوایی، ارتفاع بوته‌ها و یا قطر ساقه‌ها موجب افزایش وزن سورگوم شدند. گزارشات متعددی از اثرات مثبت کاربرد فسفر، بیوچار و انواع کودهای زیستی از جمله میکوریزا بر افزایش تولید و بهبود خصوصیات خاک در دست است. زاهدی فر و همکاران (2011) ضمن بررسی اثر فسفر و ماده آلی بر فسفر خاک و گیاه اسفناج نتیجه گرفتندکه افزایش فسفر خاک در تمام سطوح مورد استفاده، عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد. سینگ و همکاران (2010) گزارش نمودند که با تلقیح نخود با میکوریزا، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و کلونیزاسیون ریشه گیاه نخود به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش می‌یابد. بر اساس گزارش تورک و همکاران (2006) قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. اما برخی از محققین اعتقاد دارند که در گونه‌هایی مانند غلات، که دارای دستگاه‌های ریشه‌ای گسترده و بسیار منشعب و تارهای کشنده بلند هستند، قارچ میکوریزایی رشد و جذب فسفر را یا اصلاً تغییر نمی‌دهد و یا باعث افزایش بسیار اندک این پارامترها می‌شود (طرفدار و مارشنر، 1994). گزارشات متعددی نیز در رابطه با تأثیر میکوریزا بر جذب عناصر غذایی در دست است. بر اساس مطالعات اسمیت و رید (2008) قارچ‌های میکوریزایی موجب بهبود جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، مس و روی در خاک‌های فقیر می‌شوند. بیارا و همکاران (2005) اعلام نمودند که قارچ‌های میکوریزی با تولید هورمون‌های گیاهی و افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌توانند رشد اندام‌های هوایی و ریشه گیاه را تشدید نموده و ضمن بالا بردن ظرفیت جذب عناصرغذایی، شانس گیاه را در اجتناب از خشکی افزایش دهند.

داده‌های این تحقیق نشان داد که کاربرد بیوچار تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه، حجم ریشه، کربن آلی و شوری خاک پس از برداشت و جذب کل عناصر مورد مطالعه داشت. اتکینسون و همکاران (2010) و نیگوسی و همکاران (2012) نیز گزارش نمودند که با مصرف بیوچار در خاک، شوری خاک افزایش می‌یابد. آن‌ها علت اصلی این امر را شوری بالای بیوچارهای مختلف ذکر نموده‌اند. سوتاونگ و همکاران (2012) نیز گزارش کردند که با کاربرد بیوچار pH خاک از 4/68 به 6/22 بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

www.SID.ir

جدول 5- میانگین اثرات کاربرد توأم تیمارهای مختلف بر برخی پارامترهای اندازه گیری شده

تیمارها	ارتفاع بوته‌ها	قطر ساقه‌ها	وزن علوفه تر	وزن علوفه خشک	حجم ریشه	وزن ریشه تر	وزن ریشه خشک	کربن آلی خاک	میزان شوری خاک	میزان اسیدیته خاک	جذب نیتروژن بوته‌ها	جذب فسفر بوته‌ها
	سانتی‌متر	میلی‌متر	گرم در گلدان		سانتی‌متر مکعب در گلدان	گرم در گلدان		درصد	دسی زیمنس بر متر		میلی‌گرم در گلدان	
P0 M0 B0	45/8 bc	5/70 b	54/2 d	7/8 e	19/7 e	14/3 df	4/5 gh	0/61 fg	1/05 e	7/52 a	193 e	29/7 gh
P0 M0 B1	48/0 bc	5/33b	57/3 d	7/5 e	20/7 e	13/3 e	3/6 h	1/90 a	2/32 ab	7/33 ad	184 e	31/7 fgh
P0 M1 B0	53/8 abc	7/17 ab	69/7 bcd	14/8 bcd	30/0 cde	20/7 cde	6/2 cd	0/93 de	1/21 de	7/27 ad	419 bcd	43/9 cg
P0 M1 B1	39/8 c	7/10 ab	96/8 a	13/0 cde	26/7 de	20/3 cde	8/7 cd	1/36 bc	1/18 de	7/50 ab	386 bcd	36/7 fh
P1 M0 B0	56/0 abc	6/30 b	64/2 cd	11/3 bc	40/0 bc	22/ 8 cde	10/0 bc	0/93 de	1/00 e	7/38 ad	267 de	60/3 ad
P1 M0 B1	49/1 bc	6/63 ab	103/7 a	12/5 cde	44/0 ab	27/5 bc	10/0هذ a	1/93 a	2/37 a	7/42 ad	318 cde	38/9 eh
P1 M1 B0	70/7 a	7/20 ab	97/7 a	17/9 bc	35/0 bcd	26/5 bc	6/1 efg	0/84 ef	1/31 de	7/17 cd	442 bc	61/2 abc
P1 M1 B1	76/7 a	8/27 a	109/7a	21/4 a	50/0 a	34/8 b	7/7 de	1/45 b	1/95 bc	7/20 cd	547 a	79/9 a
P2 M0 B0	54/4 abc	6/57 ab	98/8 a	16/2 bcd	20/0 e	12/7 e	3/2 h	1/20 bcd	1/06 e	7/23 bcd	475 bc	42/4 cg
P2 M0 B1	60/8 ab	8/23 a	85/5 abc	19/4 ab	44/0 ab	53/3 a	11/1 b	1/83 a	1/84 cab	7/20 cd	456 bc	67/4 ab
P2M1 B0	46/0 bc	5/70 b	90/3 abc	17/3 bcd	28/3 cde	25/2 bcd	6/3 ef	1/10 cde	1/39 de	7/28 ad	503 b	42/2 cg
P2 M1 B1	53/0 bc	6/40 ab	86/3 abc	17/3 bcd	30/0 cde	30/3 bc	15/4 a	2/02 a	1/98 bca	7/17 cd	433 bcd	40/8 cg
P3 M0 B0	55/6 abc	6/20 b	48/7 d	7/4 e	40/0 bc	30/3 bc	6/9 e	0/46 g	1/02 e	7/26 ad	222 e	17/3 h
P3 M0 B1	58/5 bc	7/23 ab	59/2 d	13/3 cde	30/0 bcd	26/8 bc	6/4 ef	1/40 cde	1/60 cd	7/15 d	336 be	54/5 be
P3M1 B0	56/7 abc	6/77 ab	52/2 d	12/5 cde	27/3 de	21/2 cde	4/8 fgh	1/18 bcd	1/37 de	7/45 abc	321 cde	52/0 cf
P3 M1 B1	42/9bc	5/70 b	92/3 ab	17/4 bc	28/3 cde	19/7 cde	6/8 e	2/00 a	1/28 de	7/48 ab	414 bcd	39/9 dg

در جدول فوق حروف P0, P1, P2 و P3 به ترتیب نشانگر مصرف صفر، 55، 110 و 165 میلیگرم در کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، حروف M0 و M1 نشانگر عدم تلقیح و تلقیح ریشه‌ها با قارچ میکوریزا و حروف B0 و B1 نشانگر مصرف صفر و 1/5 درصد حجمی بیوچار در هر گلدان می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

استروبل (2011) نیز گزارش نمود که کاربرد بیوچار در خاک به طور معنی‌داری باعث افزایش pH خاک می‌شود. نیگوسی و همکاران (2012) گزارش نمودند که کاربرد بیوچار به طور معنی‌داری میزان فسفر قابل دسترس خاک را افزایش داد. آن‌ها نتیجه گرفتند که کاربرد بیوچار در خاک برای افزایش جذب مواد مغذی خاک و در نتیجه برای بالا بردن حاصلخیزی خاک مفید می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده بیوچار با افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی، جذب عناصر غذایی توسط گیاه را افزایش داده و باعث افزایش رشد و محصول گیاه می‌شود. در حقیقت کاربرد بیوچار باعث بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (لهمان و همکارن، 2006). علاوه بر این تحقیقات نشان داده است که جذب فسفر توسط گیاهان در حضور بیوچار افزایش می‌یابد (نیگوسی و همکاران، 2012، ، لی و همکاران، 2012 و یوشیمیا و همکاران، 2011) اما در مورد مکانیسم اساسی که باعث افزایش جذب فسفر در اثر کاربرد بیوچار می‌شود، مطالعات اندکی انجام شده است. تغذیه مستقیم از فسفر، محدود شدن ذخیره فسفر در خاک از طریق ظرفیت تبادل آنیونی، تغییر pH خاک ناشی از تغییر حلالیت ترکیبات فسفردار در خاک، فعالیت‌های میکروبی و معدنی شدن فسفر مکانیسم‌های احتمالی این امر گزارش شده است (دلوکا و همکاران، 2009 و اسپارک و استجیسکی، 2011). نشان داده شده است که جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل رشد سیستم ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک می‌باشد. اگرچه در این آزمایش، در مورد نقش اتیلن در جذب عناصر غذایی بررسی انجام نگرفت، اما با توجه به گزارشات قبلی در مورد پتانسیل باکتری‌های دارای آنزیم ACC دآمیناز در کاهش اتیلن در گیاه و رابطه بین اتیلن، رشد ریشه و جذب عناصر غذایی (گونداله و لوکا، 2007)، این احتمال وجود دارد که عامل مهم در افزایش جذب عناصر غذایی در تیمار تلقیح، اثر میکوریزا بر کاهش اتیلن بوده باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین ارتفاع بوته‌ها (76/7 سانتی‌متر)، قطر ساقه‌ها (8/27 میلی‌متر)، علوفه تر (109/7 گرم در گلدان)، علوفه خشک (24/4 گرم در گلدان)، حجم ریشه (50 سانتی‌متر مکعب)، بالاترین غلظت فسفر در اندام‌های هوایی (0/45 درصد)، بیشترین جذب نیتروژن (547 میلی‌گرم در گلدان)، بیشترین جذب فسفر (79/9 میلی‌گرم در گلدان)، بیشترین جذب کل پتاسیم 759 میلی‌گرم در گلدان) توسط اندام‌های هوایی از کاربرد توأم میکوریزا، بیوچار و مصرف 55 میلی گرم سوپر فسفات به ازا هر کیلوگرم خاک حاصل گردید. این نتیجه نشان می‌دهد که کاربرد بیوچار و یا میکوریزا می‌تواند بر میزان فسفر مصرفی تأثیر بگذارند اما باید توجه داشت که مصرف طولانی مدت بیوچار می‌تواند شوری خاک را افزایش دهد. بایستی دقت نمود که این تحقیق یک تحقیق یک ساله گلدانی است و برای دستیابی به نتایج دقیقتر و واقعی تر نیازمند انجام مطالعات مزرعه و بر روی محصولات بیشتری است.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع:

1. AliEhyaee M., and Behbahani Zadeh, A.A. 1993. Description of Soil Chemical Analysis Methods. Technical publication No. 1024, Vol. 2. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. (In Persian).
2. Amonette, J.E., and Joseph, S. 2009. Characteristics of Biochar: Microchemical Properties. In: Lehmann, J., Joseph, S. (eds.): Biochar for Environmental Management Science and Technology. Earthscan, London, 33–43.
3. Atkinson, C.J., Fitzgerald, J.D., and Hipps, N.A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. Plant Soil, 337: 1–18.
4. Barea, J.M., M.J. Pozo, R. Azcon, and C. Azcon. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany, 56(417): 1761-1778.
5. Beesley, L., Moreno-Jiménez, E., and Gomez-Eyles, J.L. 2010. Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. Environmental Pollution, 158: 2282–2287.
6. Blackwell, P., Riethmuller, G., and Collins, M. 2009. Biochar application to soil, in Lehmann, J., and Joseph, S. (eds.), Biochar for environmental management: science and technology, Earthscan, United Kingdom, 207–260.
7. Carlile M. J. and Watkinson, S. 1994. The Fungi. Academic Press, London, Boston, San Diego, New York, Sydney, Tokyo, pages 9-139 and 153- 172.
8. De Luca, T.H., MacKenzie, M.D., and Gundale, M.J. 2009. Biochar effects on soil nutrient transformations, in Lehmann, J., and Joseph, S. (eds.), Biochar for environmental management: science and technology, Earthscan, United Kingdom, 251-70.
9. Emami, A. 1996. Methods of Plant Analysis. Technical Publication No. 182. Soil and Water Research Institute Press, Tehran. 125pp. (In Persian).
10. Gaskin, J.W., Steiner, C., Harris, K., Das, K.C., and Bibens, B. 2008. Effect of lowtemperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. Transactions of the ASABE, 51: 2061-2069.
11. Gee, G. W., and Bauder, J. W. 1986. Particle-size analysis. In: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods, Klute, A. (Ed.). Soil Sci. Soc. Am., and Am. Soc. Agro., Madison, WI. pp. 383-410.
12. Glick, B. R., Cheng, Z., Czarny, J., Duan, J, 2007. Promotion of plant growth by ACC deaminase containing soil bacteria. European Journal of Plant Pathology, 119(3): 329–39.
13. Gundale, M.J., and De Luca, T.H. 2007. Charcoal effects on soil solution chemistry and growth of *Koeleria macrantha* in the ponderosa pine/Douglas-fir ecosystem. . Biology and Fertility of Soils. 43: 303–311.
14. Hammes, K., and Schmidt, W.I. 2009. Changes of biochar in soil. In Lehmann, J., and Joseph, S. (eds.), Biochar for environmental management: science and technology, Earthscan, United Kingdom, 169–82.
15. Hinsinger P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. Plant Soil, 237:173-195.
16. Kameyama, K., Miyamoto, T., and Shinogi, Y. 2010. Increases in available water content of soils by applying bagasse-charcoals. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, Australia, 105-108.

www.SID.ir

Archive of SID

17. Lehmann, J., da Silva, J.P., 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 Soil, 249: 343–57.
18. Lehmann, J., Gaunt, J., and Rondon, M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - A review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 11:395-419.
19. Lindsay, W. I., and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421- 448.
20. Loeppert, R. H., and Suarez, D. L. 1996. Carbonate and gypsum. In: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods, Sparks, D. L. (Ed.). Soil Sci. Soc. Am. and Am. Soc. Agro., Madison, WI. pp. 437-474.
21. Muchovej, R.M. 2009. Importance of mycorrhizae for agricultural crops. Food and Agricultural Sciences. http://edis.ifas.ufl.edu.
22. Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1996. Total carbon, organic carbon,and organic matter. In: Methods of Soil Analysis part 3: Chemical methods, Sparks, D. L. (Ed.). Soil Sci. Soc. Am. and Am. Soc. Agro., Madison, WI. pp. 961-1010.
23. Nigussie, A., Kissi, E.K., Misganaw, M., and Ambaw, G. 2012. Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of lettuces (*Lactuca sativa*) grown in chromium polluted soils. *Am*erican Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 12 (3): 369-376.
24. Oelkers E.H., and Valsami-Jones, E. 2008. Phosphate mineral reactivity and global sustainability. Elements, 4: 83–87.
25. Rhoades, J. D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids, In: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, Sparks, D. L. (Ed.). Soil Sci. Soc. Am. And Am. Soc. Agron., Madison, WI. pp. 417-435.
26. Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z. A., and Khalid, A. 2006. Performance of Pseudomonas spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (Zea mays L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry, 38: 2971–2975.
27. Shenoy, V.V., and G.M. Kalagudi. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. Biotechnology Advances, 23: 501-513.
28. Singh, P.K., M. Singh, and D. Vyas. 2010. Biocontrol of fusarium wilts of chickpea using arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium leguminosorum biovar. Caryologia. 63 (4): 349-353.
29. Smith, S.E., and Read, D. J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London, U.K
30. Southavong, S., Preston, T.R., and Van Man, N. 2012. Effect of biochar and biodigester effluent on growth of water spinach (Ipomoea aquatic) and soil fertility. Livestock Research Rural Development, 24(2).
31. Sparkes, J., and Stoutjesdijk, P. 2011. Biochar: implications for agricultural productivity. Research by the Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences. Department of Agriculture, Fisheries and Rorestry.
32. Streubel, J.D. 2011. Biochar: Its characterization and utility for recovering phosphorus from anaerobic digested dairy effluent. Washington State University. Soil Science.159.
33. Tarafdar, J. C., and Marschner, H. 1994. Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic Phosphorus by wheat plant. Soil Science and Plant Nutrition, 40: 593 – 600.
34. Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods. Sparks, D. L., (Ed.). Soil Science Society of America Journal and American Society Agronomy, Madison, WI. pp. 475-490.

www.SID.ir

Archive of SID

35. Turk, M. A., Assaf, T. A., Hameed, K. M., and Tawaha, A. M. 2006. Significance of Mycorrhizae. World Journal Agriculture Science, 2: 16 – 20.
36. Uchimyia, M., Lima, I.M., Klasson, K.T., and Wartelle, L.H. 2010. Contaminant immobilization and release by biochar soil amendment. Roles of natural organic matter. Chemospere, 80: 935–940.
37. Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., and Nishihara, E. 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. Journal compilation British Society of Soil Science. Soil Use and Management, 27: 205-212.
38. Wandruszka, R. V. 2006. Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. http:// www. Geochemical transactions .com/ content /7/1/6.
39. Watanabe, F. R., and Olson, S. R. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO3 extracts from soil. Soil Sci. Soc. Am. proc. 29:677-678.
40. Zahedifar, M., Karimian, N., Ronaghi, A., Yasrebi, J., and Emam, Y. 2011. Soil-Plant nutrient relationship at different growth stages of spinach as affected by phosphorus and manure applications. Commun. Soil Science Plant Analysis, 42(15): 1765-1781.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Mycorrhiza Inoculation and Biochar Application on Phosphorus Availability, Growth, and Yield of Sorghum and Some Soil Chemical Properties

A.H. Ziaeian,[1] A. Moradi, G. R. Zareian, and M. Hosseini

Associate Professor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran; E-mail: ziaeian@yahoo.com.

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran; E-mail: moradi1373@gmail.com

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran; E-mail: zareian48@yahoo.com

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran; E-mail: mhoseini20@yahoo.ca

Received: August,2019 and Accepted: February, 2020

Abstract:

In order to investigate the role of mycorrhiza inoculation and Biochar application on the phosphorus availability, growth, and yield of sorghum and some chemical properties of soil, a pot experiment were conducted as a factorial experiment in completely randomized design, with three replications. In this research, application effects of biochar (0 and 1.5 % by weight), mycorrhiza (inoculation and non-inoculation of mycorrhiza fungi) and phosphorous (four levels of triple superphosphate: 0, 55, 110, and 165 mg .kg^{-1} soil) on sorghum were studied. The results showed that phosphorus and biochar application significantly ($P<0.01$) increased foliage and roots weights, roots volume, and also nitrogen, phosphorous and potassium uptake. Furthermore, the application of phosphorus in combination with biochar and inoculation of plant roots with mycorrhiza increased the above-mentioned traits to a higher level. Application of phosphorus or biochar alone increased soil salinity, but their combined application together with the plant root inoculation using mycorrhiza decreased it. Application of phosphorus decreased soil organic carbon, whereas biochar and mycorrhiza significantly increased it. The maximum dry foliage (24.4 g.pot^{-1}) and the maximum phosphorous uptake (79.9 mg.pot^{-1}) were obtained from combined application of mycorrhiza, biochae and 55 mg.kg^{-1} triple superphosphate. The results showed that biochar and or mycorrhiza application affect the amount of phosphorus consumed, but it should be noted that prolonged use of biochar could increase soil salinity.

Keywords: Forage sorghum, Triple superphosphate, Microorganisms, Soil salinity

[1.] Corresponding author: Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Soil and Water Research Department.

www.SID.ir