تاثیر زغال زیستی بر حاصلخیزی خاک و رشد ذرت

بهروز گلیج [۱]، حسین شریعتمداری [۲]، محسن سلیمانی [۲]، مهران شیروانی [۲]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲- عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده
زغال زیستی، زغال تهیه شده از بافت‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که در حضور مقدار کم و یا عدم حضور اکسیژن و در دمای نسبتا بالا تولید می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر استفاده از زغال زیستی پوسته شلتوک برنج در مقایسه با دو نوع ورمی‌کمپوست به عنوان اصلاح‌کننده زیستی برای بهبود بخشیدن وضعیت حاصلخیزی خاک و رشد گیاه ذرت بود. در یک آزمایش انکوباسیون کاربرد زغال زیستی و هر دو نوع ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک شدند. از بین تیمارها تنها ورمی‌کمپوست ضایعات چای+کود حیوانی باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن کل، روی قابل جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شد. تاثیر مواد اصلاحی بر پارامترهای گیاهی تنها در افزایش وزن خشک و تر اندام هوایی معنی‌دار بود. به طور کلی تاثیر ورمی‌کمپوست نسبت به زغال زیستی بر حاصلخیزی خاک و رشد گیاه به دلیل داشتن مواد غذایی بیشتر بهتر بود.

مقدمه
پسماندهای آلی از قبیل کود دامی و بقایای محصولات کشاورزی به عنوان اصلاح‌کننده و منبع عناصر غذایی در خاک‌های کشاورزی از دیر باز مورد توجه بوده‌اند. این کودهای آلی به سبب بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک باعث ارتقا کیفیت خاک می‌شوند. به علاوه احتمال آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از این کودها در مقایسه با کودهای شیمیایی کمتر است. در راستای مدیریت صحیح و مدرن بقایا و نیز مدیریت پایدار خاک استفاده از زغال زیستی در سطح جهان در حال گسترش است. در سال‌های اخیر در کشورهای مختلف دنیا به زغال زیستی به دلیل پتانسیل آن در ترسیب کربن در خاک و به منظور جلوگیری از اثرات نامطلوب روش‌های سنتی مدیریت بقایا و از طرفی افزایش حاصلخیزی به همراه سلامت خاک برای تولید عملکرد بیشتر و محصول سالم و باکیفیت توجه زیادی شده است. در واقع زغال زیستی می‌تواند باعث افزایش عناصر غذایی خاک، بهبود تامین مواد مغذی برای گیاهان، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک و بنابراین باعث افزایش رشد گیاه شود. صرف نظر از ارزش تجاری، کاربرد زغال زیستی در خاک می‌تواند راهکاری مناسب برای بازگشت عناصر مغذی از دست رفته در طی عملیات حذف زیست توده توسط فرایند پیرولیز باشد. طبق گزارش محققین زغال زیستی پتانسیل بالایی برای افزایش قابلیت دسترسی عناصر مغذی برای گیاهان دارد (لهمان و همکاران ۲۰۰۳). افزایش قابلیت دسترسی عناصر مغذی می‌تواند با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تغییر pH خاک و یا به طور مستقیم از دخیره عناصر مغذی در زغال زیستی ایجاد شود. از دیدگاه کشاورزی یکی از مزایای زغال زیستی، مدیریت ضایعات کشاورزی می‌باشد. گسترش کشاورزی ارگانیک از یک سو و آلودگی‌های جوی از سوی دیگر باعث شده تا استفاده از این نوع کود در دنیا روز به روز افزایش پیدا کند ولی متاسفانه این ماده در ایران تا حدود زیادی ناشناخته باقی مانده است. در شمال کشور ضایعات آلی از قبیل پوسته شلتوک برنج، ضایعات کارخانه تولید چای و کود حیوانی به مقداری زیادی تولید می‌شود که علاوه بر اشغال فضا، باعث آلودگی زیست محیطی می‌شود. لذا در این تحقیق تبدیل این ضایعات که محصول فرعی و کم ارزش تلقی می‌شوند، به زغال زیستی و ورمی‌کمپوست، به عنوان اصلاح‌کننده خاک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها
مواد آزمایشی شامل پوسته شلتوک برنج، ضایعات چای، کود حیوانی و کرم ورمی‌کمپوست بودند. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل شاهد(co)، سطح دو درصد زغال زیستی (ch)، سطح دو درصد ورمی‌کمپوست ضایعات چای + کود حیوانی (vt) و سطح دو درصد ورمی‌کمپوست کود حیوانی (vc) در یک خاک آهکی بودند. به منظور تولید زغال زیستی، پوسته شلتوک برنج در شرایط پیرولیز در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت یک ساعت و شرایط عدم حضور اکسیژن در کوره الکتریکی قرار گرفت [راجکوویچ ۲۰۱۱]. یک نمونه ورمی‌کمپوست از اختلاط ضایعات کارخانه چای با کود حیوانی با نسبت ۱:۱ و نمونه‌ی دیگر ورمی‌کمپوست از کود حیوانی تنها و افزودن کرم خاکی (*Eisenia foetida*) به مدت ۴۵ روز تولید شد. نمونه خاک مورد آزمایش در این مطالعه به صورت مرکب از عمق ۰ تا ۱۵ سانتیمتر مزرعه تحقیقاتی لورک، دانشگاه صنعتی اصفهان برداشته شد. نمونه خاک هوا خشک شده و بعد از کوبیدن از الک(mm)۲ جهت استفاده در آزمایشگاه و از الک (mm)۴ جهت استفاده در گلدان عبور داده شد. برای تعیین خصوصیات شیمیایی خاک، pH و هدایت الکتریکی در عصاره ۲:۵/۱ با استفاده از الکترود [کارتر ۲۰۱۴]، درصد آهک خاک با روش تیتراسیون [کارتر ۲۰۱۴]، نیتروژن کل با دستگاه اتوکلتک مدل ۳۲۰۰، فسفر قابل جذب به روش اولسون، پتاسیم قابل جذب با روش فلیم‌فتومتری و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با اشباع سدیم و جایگزینی استات آمونیوم اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین خصوصیات شیمیایی اصلاح‌کننده‌ها نیز، pH و EC در عصاره ۱:۱۰ و سایر پارامترها به روش ذکر شده برای خاک اندازه‌گیری شد. جهت اعمال تیمار، سطوح معین زغال زیستی و ورمی‌کمپوست به خاک اضافه و تیمار شاهد نیز بدون افزودن زغال زیستی و ورمی‌کمپوست در نظر گرفته شد. خاک‌های تیمار شده به داخل گلدان‌های ۵ کیلویی جهت انکوباسیون ۴۵ روزه در گلخانه قرار گرفتند. در دوره ۴۵ روزه انکوباسیون، رطوبت خاک‌ها در ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری رطوبت خاک حفظ شد و بعد از اتمام این دوره، یک نمونه خاک از تمام گلدان‌ها جهت اندازه‌گیری برخی خصوصیات

خاک از جمله: درصد نیتروژن کل، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی برداشته و به داخل آزمایشگاه منتقل شد. در این تحقیق از ذرت دانه‌ای سینگل گراس ۷۰۴ به عنوان گیاه آزمایشی استفاده شد. بدین منظور، بعد از اتمام دوره انکوباسیون، بذور تهیه و پس از جوانه دار شدن به تعداد ۳ بذر در داخل هر گلدان کشت شد. بعد از گذشت تقریبا دو ماه و در شروع گلدهی صفات رویشی از جمله قطر ساقه و طول گیاه اندازه‌گیری و جهت سایر اندازه‌گیری‌ها، گیاه برداشت و در پاکت کاغذی قرار داده شد. ضمناً در طول دوره رشد مقدار ۱۰ گرم نیتروژن به صورت کود اوره در آب آبیاری حل و در دو نوبت به عنوان کود سرک به طور یکسان به همه گلدان‌ها اضافه شد. پارامترهای گیاهی اندازه‌گیری شده شامل: وزن خشک و تر اندام هوایی، وزن تر ریشه و مقدار جذب نیتروژن توسط اندام هوایی بودند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از اعمال تیمار در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد مطالعه

pH عصاره ۵/۱:۲	EC عصاره ۵/۱:۲	$CaCO_3$	N	P	K	Zn	CEC
-	$dS\ m^{-1}$	(%)		$mg\ kg^{-1}$			$cmol_+\ kg^{-1}$
۷/۷	۵۱/۰	۵/۴۰	۱/۰	۳۹	۴۱۶	۵/۲	۷/۱۵

$CaCO_3$ اهک، N نیتروژن کل، P فسفر قابل جذب، Kپتاسیم قابل جذب، Zn روی قابل جذب و CEC ظرفیت تبادل کاتیونی می‌باشند.

برخی ویژگی‌های شیمیایی مواد اصلاحی به کار رفته در تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی مواد اصلاحی آزمایشی

تیمارها	pH عصاره ۱:۱۰	EC عصاره ۱:۱۰	N	P	K	Zn	CEC
	-	$dS\ m^{-1}$	(%)		$mg\ kg^{-1}$		$cmol_+\ kg^{-1}$
ch	۲/۷	۱۸۶/۰	۵۵/۰	۳۸	۳۵۳	۳	۵۹
vt	۲/۷	۷۵۰/۰	۴۸/۲	۴۳	۲۷۱۵	۴۰	۲۹۱
vc	۳/۷	۹۰۵/۰	۹۵/۰	۷۲	۷۶۰۶	۱۰	۲۱۵

ch زغال زیستی، vt ورمی‌کمپوست (ضایعات چای+کود حیوانی)، vc ورمی‌کمپوست کود حیوانی، N نیتروژن کل، P فسفر قابل جذب، Kپتاسیم قابل جذب، Zn روی قابل جذب و CEC ظرفیت تبادل کاتیونی می‌باشند.

هدایت الکتریکی ورمی‌کمپوست‌ها به دلیل املاح موجود در کود حیوانی زیادتر از زغال زیستی بود. مقدار عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب) به همراه ظرفیت تبادل کاتیونی ورمی‌کمپوست‌ها نیز بیشتر از زغال زیستی می‌باشد. به همین دلیل انتظار می‌رود ورمی‌کمپوست در مقایسه با زغال زیستی تاثیر بیشتری بر حاصلخیزی خاک داشته باشد..(به نظر اطلاعات خاصی اضافه نمی کند، بنابراین می تواند حذف شود، ریفرنس نیز حذف شود) تحقیقات نشان داده است در تبدیل ضایعات سبزیجات به ورمی‌کمپوست گونه ایزنیا فوتیدا با تبدیل مواد آلی به موادی پایا، باعث افزایش عناصر مغذی، کاهش pH، افزایش نیتروژن کل و افزایش فسفر و پتاسیم قابل جذب می‌شود [سوتار ۲۰۰۶].

تاثیر مواد اصلاحی بر خصوصیات خاک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر مواد اصلاحی بر مقدار نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم و روی قابل جذب خاک و نیز ظرفیت تبادل کاتیونی در سطح ۰۱/۰ معنی‌دار شد. تاثیر تیمارهای اصلاحی بر میانگین این پارامترها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. تاثیر مواد اصلاحی مختلف بر میانگین خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک

تیمار	N	P	K	Zn	CEC
	(%)		$mg\ kg^{-1}$		$cmol+\ kg^{-1}$
co	b۱۰۴/۰	d۸/۳۷	d۴۱۶	b۶/۲	b۸۸/۱۵
ch	b۱۱۱/۰	c۲/۴۲	b۴۷۶	b۶/۲	b۴۵/۱۶
vc	b۱۱۵/۰	b۴/۵۳	a۵۵۳	b۷۵/۲	b۴۳/۱۶
vt	a۱۴۴/۰	a۶/۶۰	c۴۵۹	a۳/۳	a۳۹/۱۸

ورمی‌کمپوست (ضایعات چای+کود vt ،ورمی‌کمپوست کود حیوانی vc ،زغال زیستی پوسته شلتوک برنج ch ،شاهد co در سطح آماری ۰۵/۰ دارای اختلاف LSD حیوانی). در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون .معنی‌دار می‌باشد

نیتروژن کل خاک: زغال زیستی تاثیر قابل توجهی بر مقدار نیتروژن کل خاک نداشت. تنها ورمی‌کمپوست ضایعات چای+کود حیوانی نیتروژن کل خاک را به طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش داد. تاثیر زغال زیستی و ورمی‌کمپوست بر افزایش نیتروژن کل خاک می‌تواند به دلیل ماهیت این مواد و نسبت کربن به نیتروژن آن‌ها و نیز تاثیر آن‌ها بر فعالیت موجودات خاکزی که مسئول معدنی شدن نیتروژن هستند، باشد. از طرفی تاثیر ورمی‌کمپوست بر نیتروژن کل به دلیل پایداری کمتر این ترکیب نسبت به زغال زیستی و محتوای بیشتر نیتروژن آن می‌تواند باشد. محققین گزارش کردند با افزایش پایداری سوبسترا معدنی شدن نیتروژن کاهش می‌یابد [راسیا ۱۹۹۵].

فسفر قابل جذب: زغال زیستی و هر دو نوع ورمی‌کمپوست اثر افزایشی بر مقدار فسفر قابل جذب خاک داشتند. تاثیر ورمی‌کمپوست ضایعات چای+کود حیوانی بر افزایش فسفر قابل جذب خاک بیشتر از زغال زیستی و ورمی‌کمپوست کود حیوانی بود. تاثیر تمام تیمارهای اصلاحی بر فسفر قابل جذب معنی‌دار بود. شاید این تاثیر به دلیل محتوای فسفر قابل جذب مواد اصلاحی اضافه شده به خاک باشد. گر چه بر هم‌کنش مواد اصلاحی با خاک نیز ممکن است باعث افزایش قابلیت جذب فسفر خاک گردد. فضولات کرم‌های خاکی حاوی مقدار زیادی فسفر در دسترس و آنزیم فسفاتاز می‌باشند که به تغذیه این عنصر در خاک‌هایی که ورمی‌کمپوست دریافت کرده‌اند کمک می‌کند [دومنکیوز ۲۰۰۰].

پتاسیم قابل جذب: زغال زیستی و ورمی‌کمپوست باعث افزایش پتاسیم قابل جذب خاک شدند. در این رابطه تاثیر زغال زیستی نسبت به ورمی‌کمپوست ضایعات چای+کود حیوانی بیشتر و نسبت به ورمی‌کمپوست کود حیوانی کمتر بود. افزایش پتاسیم قابل جذب ممکن است به مقدار پتاسیم قابل جذب اصلاح‌کننده‌ها یا تاثیر اصلاح‌کننده‌ها بر آزادسازی پتاسیم از خاک مربوط باشد. تاثیر ورمی‌کمپوست بر غلظت عناصر مغذی خاک از جمله پتاسیم توسط سایر محققین نیز گزارش شده است [ماتوس ۲۰۰۳].

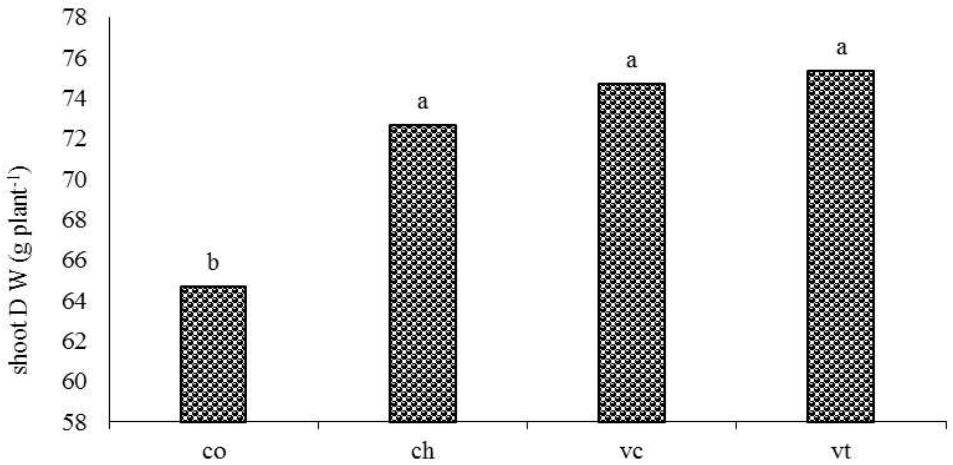
روی قابل جذب: تاثیر زغال زیستی بر میانگین روی قابل جذب خاک معنی‌دار نبود. در بین تیمارها تنها ورمی‌کمپوست ضایعات چای+کود حیوانی روی قابل جذب خاک را به طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش داد. افزایش روی قابل جذب در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست ضایعات چای+کود حیوانی می‌تواند به دلیل مقدار بالای روی قابل جذب آن باشد.

ظرفیت تبادل کاتیونی: زغال زیستی و ورمی‌کمپوست باعث افزایش نسبی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شدند. گرچه. در بین تیمارها تنها ورمی‌کمپوست ضایعات چای+کود حیوانی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اثر مواد اصلاحی می‌تواند به دلیل اکسیداسیون و تجزیه سطح در اثر گذشت زمان، رطوبت و یا تاثیر ریز جانداران موجود در خاک باشد که باعث ایجاد بار منفی در سطح و افزایش ظرفیت جذب کاتیون‌ها توسط کلوئیدهای خاک شده است. ورمی‌کمپوست ضایعات چای+کود حیوانی نسبت به دو تیمار دیگر نیز به دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتر مقدار این پارامتر در خاک را بیشتر تحت تاثیر قرار داد. بر هم‌کنش متفاوت زغال زیستی و ورمی‌کمپوست با کلوئیدهای خاک نیز ممکن است ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش دهند.

تاثیر تیمارها بر عملکرد وزن خشک و تعدادی از پارامترهای گیاهی

تجزیه واریانس نتایج نشان داد اثر تیمارها بر عملکرد وزن خشک و تر اندام هوایی معنی‌دار و بر وزن تر ریشه، جذب نیتروژن توسط اندام هوایی، ارتفاع گیاه و قطر ساقه، معنی‌دار نشد.

تاثیر تیمارهای اصلاحی بر میانگین وزن خشک اندام هوایی گیاه ذرت در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. تاثیر تیمارهای اصلاحی بر میانگین وزن خشک اندام هوایی ذرت
ورمی‌کمپوستضایعات چای+کود حیوانی vt ،ورمی‌کمپوست کود حیوانی vc ،زغال زیستی پوسته شلتوک برنج ch ،شاهد co

تیمارهای اصلاحی باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه ذرت شدند. تاثیر ورمی‌کمپوست نسبت به زغال زیستی بر افزایش وزن خشک اندام هوایی بیشتر بود. بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی از ورمی‌کمپوست ضایعات چای+کود حیوانی حاصل شد که این مقدار نسبت به شاهد معنی‌دار بود گرچه با زغال زیستی و ورمی‌کمپوست کود حیوانی به لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار نشان نداد. افزایش عملکرد در اثر کاربرد زغال زیستی در خاک می‌تواند به دلیل اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن باشد. اثرات مستقیم این ماده به عناصر مغذی موجود در زیست توده که طی فرایند تجزیه حرارتی (پیرولیز) آزاد شده، مربوط می‌شود و اثرات غیر مستقیم به دلیل تاثیر زغال زیستی در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک می‌باشد. افزایش وزن خشک اندام هوایی در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست نیز می‌تواند به دلیل افزایش ورود عناصر مغذی به خاک و بهبود شرایط رشد گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد باشد. محققین نشان دادند عملکرد ذرت در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست کود آلی و کود معدنی نسبت به شاهد افزایش یافت. در واقع وقتی نیتروژن و سایر عناصر غذایی برای بیومس میکروبی فراهم شود به طور غیر مستقیم سبب افزایش رشد گیاه خواهد شد. افزایش وزن خشک اندام هوایی توسط اصلاح‌کننده‌ها همچنین می‌تواند به دلیل افزایش رشد ریشه و کمک به افزایش جذب آب باشد. به طور کلی تاثیر ورمی‌کمپوست‌ها احتمالاً به دلیل دارا بودن مواد مغذی بیشتر و سهل الوصول بودن این مواد در خاک نسبت به زغال زیستی، بر حاصلخیزی خاک و به تبع رشد گیاه بیشتر می‌باشد، گرچه زغال زیستی نیز با توجه به محتوای کربن بالا و احتمالاً پایداری بیشتر در خاک به عنوان یک اصلاح‌کننده مناسب می‌تواند مورد توجه باشد.

منابع

[۱] Carter, M. R. and E. G. Gregorich. ۲۰۱۴. Soil Survey Field and laboratory Methods Manual, Soil Survy Investigation Report, No. ۵۱, Version ۲, ۴۸۷ p.

[۲] Dominguez, J., C. A. Edwards and M. Webster. ۲۰۰۰. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiologia*. ۴۴: ۲۴-۳۲.

[۴] Matos, G. D. and M. A. Z. Arrunda. ۲۰۰۳. Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. *Proc. Biochem*. ۳۹: ۸۱-۸۸.

[۵] Rajkovich, S., A. Enders., K. Hanley., C. Hyland., A. R. Zimmerman and J. Lehmann. ۲۰۱۱. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biol. Fertil. Soils*. ۴۸(۳): ۲۷۱-۲۸۴.

[۶] Rasiah, V. ۱۹۹۵. Comparison of pedotransfer functions to predict nitrogen mineralization parameters of one and two-pool models. *Commun Soil Sci. Plant Anal*. ۲۶: ۱۸۷۳-۱۸۸۴.

[۷] Suthar, S. ۲۰۰۶. Potential utilization of guar gum industrial waste in vermicompost production. *Biores. Technol*. ۹۷: ۲۴۷۴-۲۴۷۷.

Abstract

Biochar is a byproduct of plant tissues and crop residues pyrolysis under relatively high temperature and absence of oxygen. The objective of this work was to investigate the effects of application of rice husk biochar as compared with two vermicompost samples as soil amendments on soil fertility and corn growth. In an incubation experiment, the biochar and the vermicomposts treatments increased available P and K of soil, significantly; however, only vermicompost of tea-wastes+manure increased the soil total N, available Zn and cation exchange capacity. Shoot dry and wet yield were the only plant parameters increased significantly, by the means of the experimental amendments. In general; the vermicompost samples showed better results in improving the soil fertility and plant growth. This might be due to the higher nutrients content of vermicomposts as compared with biochar.