Archive of SID

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد پنجم، شماره دوم، ۱۳۹٤
http://ejsms.gau.ac.ir

تأثیر سه نوع کود آلی بر ویژگی‌های رشد و کارایی مصرف آب ذرت در سطوح مختلف فشردگی خاک

آرش محمدنژاد[۱]، *نصرت‌اله نجفی[۲] و محمدرضا نیشابوری[۳]
[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز، [۲]دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز،
[۳]استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز
تاریخ دریافت: ۹۳/۳/٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۷

چکیده

سابقه و هدف: فشردگی خاک یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های رشد و تولید گیاهان زراعی است. استفاده از مواد آلی در خاک‌های کشاورزی می‌تواند باعث کاهش تأثیر فشردگی خاک شده و تا حدی مواد غذایی مورد نیاز گیاهان را تأمین می‌کند. از طرف دیگر، کمبود مواد آلی و آب در اغلب خاک‌های ایران رایج است. افزایش مواد آلی خاک‌ها با مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را اصلاح نموده و کارایی مصرف آب و رشد گیاهان را افزایش دهد. بنابراین، این پژوهش برای بررسی اثر کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری بر ویژگی‌های رشد و کارایی مصرف آب ذرت در سطوح مختلف فشردگی خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. عامل اول منبع و مقدار کود آلی شامل (کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری و هر کود آلی در سه سطح صفر، ۱۵ و ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک) و عامل دوم فشردگی خاک در دو سطح ۱/۲ و ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. داخل گلدان‌های مخصوصی از جنس پلیکا به قطر داخلی ۱۵/۲ سانتی‌متر، ۱۰ کیلوگرم خاک ریخته و بذور ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰٤ کشت شد. در طول دوره رشد مقدار نسبی آب برگ‌ها، شاخص کلروفیل برگ‌ها و مقدار مصرف آب و در پایان دوره رشد وزن خشک بخش هوایی، قطر ساقه، ارتفاع، طول و عرض برگ و کارایی مصرف آب تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزودن هر سه نوع کود آلی در هر دو سطح فشردگی، مقدار نسبی آب برگ‌ها، وزن خشک، قطر ساقه، ارتفاع، طول و عرض برگ، شاخص کلروفیل برگ و کارایی مصرف آب گیاه ذرت افزایش یافت و بیش‌ترین مقدار ویژگی‌های مذکور با مصرف ۳۰ گرم از کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری در کیلوگرم خاک حاصل شد. فشرده شدن خاک باعث کاهش رشد گیاه و ویژگی‌های مذکور به‌جز تعداد برگ در بوته شد. مصرف کودهای آلی و افزایش مقدار مصرف آن‌ها سبب کاهش اثرهای منفی فشردگی خاک بر ویژگی‌های رشد ذرت شد به‌طوری‌که در سطح فشردگی ۱/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب رشد گیاه ذرت در سطح ۳۰ گرم کود آلی بهتر از سطح ۱۵ گرم بر کیلوگرم خاک بود.

* مسئول مکاتبه: n-najafi@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: فشرده شدن خاک باعث کاهش کارایی مصرف آب و رشد گیاه ذرت شد. با مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری می‌توان اثرهای منفی فشردگی خاک را کاهش داد. به‌طورکلی، برای افزایش رشد ذرت علوفه‌ای و افزایش کارایی مصرف آب، مصرف ۳۰ گرم کمپوست لجن فاضلاب یا کود دامی یا کمپوست پسماند شهری بر کیلوگرم خاک می‌تواند در شرایط مشابه (فشرده و غیرفشرده) توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، فشردگی خاک، کمپوست پسماند شهری، لجن فاضلاب، کود دامی

مقدمه

تراکم (فشردگی) خاک یکی از عامل‌های تخریب خاک است و به فرآیندی گفته می‌شود که سبب افزایش چگالی خاک، کاهش تخلخل و هدایت آبی در خاک، افزایش مقاومت مکانیکی و تغییر ساختمان خاک می‌گردد. فشردگی خاک مشکلات زیادی برای کشت و رشد محصولات دارد که از جمله این مشکلات کاهش توسعه ریشه و جذب عناصر است. فشردگی خاک بر سرعت حرکت مواد غذایی به سطح ریشه اثر دارد (۳۳). یکی از عامل‌های کاهش اثر فشردگی خاک بر رشد گیاه افزودن کود آلی به خاک است. مصرف پس‌ماندهای آلی و کود دامی سبب افزایش سرعت نفوذ و ظرفیت نگه‌داری آب در خاک، کاهش چگالی ظاهری خاک، تعدیل دمای خاک، افزایش حجم منافذ خاک، افزایش رشد ریشه‌ها و جذب مواد غذایی به‌وسیله گیاه می‌شود (۳).

علاوه‌بر این، پس‌ماندهای آلی مثل کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری حاوی مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بوده و از طریق تشکیل کی‌لیت[1] با عناصر مختلف فراهمی آن‌ها را در خاک افزایش داده و سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و رشد گیاه می‌شوند (٦، ۱۰، ۲۸، ۲۹). مواد آلی مذکور هم به‌عنوان کود برای محصول و هم به‌عنوان اصلاح‌گر خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند و اثرهای باقی‌مانده طولانی‌مدت در تولید محصول و ویژگی‌های خاک دارند (۱۱). کمپوست‌ها از جمله کمپوست پسماند شهری به‌عنوان یک کود آلی مقرون به‌صرفه و با ارزش می‌تواند در کشاورزی پایدار از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد (٤۳). مصرف کمپوست پسماند شهری در خاک‌های کشاورزی هم می‌تواند مشکلات شهری و شهرداری در رابطه با افزایش تولید پسماندهای شهری را برطرف کند و هم می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌ها شود (۸). با این حال به‌دلیل وجود برخی فلزات سنگین در انواع کمپوست مصرف آن‌ها باید با احتیاط و پس از انجام پژوهش باشد. مصرف مواد آلی موجب افزایش مقاومت خاک در برابر فشردگی می‌شود (٤۲) و دلایل آن تقویت پیوندهای داخلی و خارجی خاکدانه‌ها، افزایش قابلیت ارتجاعی خاک، اثر رشته‌ای مواد آلی زنده (ریشه‌ها) در خاک، تغییر موضعی بار الکتریکی سطح ذرات، تغییر در اصطکاک داخلی و نرم‌کردن خاک می‌باشد. بسته به نوع مواد آلی و مقدار آن در خاک هر یک از سازوکارهای فوق سهم متفاوتی در توجیه اثر مواد آلی دارند. کود آلی از انتقال تنش‌ها و فشار به خاک زیرسطحی جلوگیری می‌کند (٤۱). در واقع کود آلی مانند یک ضربه‌گیر در کاهش ضربه ماشین‌ها به خاک زیری عمل می‌کند (۱۷).

ذرت پس از گندم و برنج، مهم‌ترین ماده غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد. به‌دلیل استعداد زیاد در تولید

1- Chelate

www.SID.ir

Archive of SID

دانه، ذرت را پادشاه غلات نامیده‌اند. کشت ذرت به‌دلیل ویژگی‌های خوب آن به‌ویژه قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی مختلف، به‌سرعت در تمام دنیا گسترش یافت. در بین غلات، ذرت بیش‌ترین تنوع مصرف‌کننده را دارد، زیرا افزون بر مصرف به‌عنوان غذای انسان و به‌عنوان علوفه برای دام‌ها، در صنایع تخمیر و تهیه فرآورده‌های متنوع صنعتی از جمله اتانول نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۲). یکی از مشکلات کشاورزی امروز این است که بر اثر عبور و مرور مکرر ادوات کشاورزی در زمین‌های زراعی، خاک‌ها فشرده شده و باعث ایجاد خسارت‌هایی به محصول و تولید آن می‌شود. از طرف دیگر با توجه به گران بودن کودهای شیمیایی و آلودگی‌های ناشی از آن‌ها (در محیط زیست و محصولات کشاورزی)، امروزه تولید محصولات کشاورزی سالم و ارگانیک مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر فشردگی خاک بر رشد و تغذیه گیاه ذرت و بررسی تأثیر نوع و مقدار کودهای آلی بر کاهش اثرهای منفی فشردگی خاک بر ویژگی‌های رشد ذرت بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در شرایط مزرعه انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱٤ ترکیب تیماری و ۳ تکرار انجام شد که عامل اول منبع و مقدار کود آلی در هفت سطح (شاهد، ۱۵ گرم کود دامی در کیلوگرم خاک، ۳۰ گرم کود دامی در کیلوگرم خاک، ۱۵ گرم کمپوست لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک، ۳۰ گرم کمپوست لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک، ۱۵ گرم کمپوست پسماند شهری در کیلوگرم خاک، ۳۰ گرم کمپوست پسماند شهری در کیلوگرم خاک) و عامل دوم چگالی ظاهری به‌عنوان شاخصی از فشردگی خاک در دو سطح ۱/۲ و ۱/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب بود. قبل از کشت گیاه از خاک مزرعه نمونه مرکب تهیه و بعد از هواخشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱). فسفر قابل‌جذب گیاه در خاک با عصاره‌گیر اولسن (۳۱)، پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم قابل‌جذب با عصاره‌گیر استات آمونیم (۲۱)، آهن، روی، مس و منگنز قابل‌جذب با عصاره‌گیر DTPA (۲۳)، pH خاک در سوسپانسیون ۱:۱ آب به خاک (۲٤) و EC آن در عصاره اشباع (۱٦)، بافت خاک به روش هیدرومتر با چهار قرائت (۱٤)، کربن آلی خاک به روش اکسایش تر (۳۰)، کربنات کلسیم معادل خاک به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتر کردن با سود (۳۵) اندازه‌گیری شد. غلظت عناصر غذایی قابل‌جذب گیاه در کود دامی نیز به‌روش‌های در بالا ذکر شده تعیین شد. تعیین غلظت کل عناصر، pH و EC کود دامی براساس پیترز (۲۰۰۳) انجام شد (۳٤). برای تعیین درصد ماده آلی، درصد کربن آلی به ۱/۷۲٤ ضرب شد (۳۰). pH خاک مورد مطالعه در محدوده خنثی تا قلیایی قرار داشت. بافت خاک نیز شن لومی (بافت سبک) بود. خاک غیرشور و آهکی و میزان مواد آلی آن خیلی‌کم بود (۱۸).

کودهای آلی مورد استفاده کمپوست لجن فاضلاب، کود دامی پوسیده و کمپوست پسماند شهری بودند که به‌ترتیب از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر میانه، ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان دانشکده کشاورزی و کارخانه تولید کود آلی شهرداری تبریز تهیه و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند تا ذراتی مثل شیشه، سنگریزه و غیره جدا شوند و آن‌چه که روی الک می‌ماند دور ریخته نمی‌شد بلکه کوبیده و از الک عبور داده می‌شد و در پایان خوب مخلوط می‌شد و با این کار یک کود کاملاً یکنواخت تهیه می‌شد

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طوری‌که به‌راحتی و به‌طور یکنواخت با خاک قابل مخلوط شدن بود. نتایج تجزیه کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری مورد استفاده در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. کود دامی مورد استفاده مخلوطی از بیش‌تر کود گاوی و کمی کود گوسفندی بود. ماده آلی زیاد این کودها اثر مطلوبی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گذارد و برای خاک مورد استفاده در این بررسی که با کمبود مواد آلی مواجه بود دارای اهمیت می‌باشد.

کود دامی نسبت به دو کمپوست مورد استفاده ماده آلی و pH بیش‌تری داشت (جدول ۲)؛ ولی غلظت عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم‌مصرف در کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری بیش‌تر از کود دامی بود (جدول ۳). غلظت سرب و کادمیم در هر سه کود آلی مورد استفاده در این مطالعه، بر طبق نظر اسمیت (۱۹۹۲) از غلظت مجاز برای استفاده در زمین‌های کشاورزی کم‌تر بود (٤٠).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Some physical and chemical properties of soil used in the experiment.

Zn	Cu	Mn	Fe	P	K	Na	$EC_{(1:1)}$	pH	OM	CCE	Clay	Sand	Texture
		Available (mg/kg)*					(dSm^{-1})	(1:1)		(%)			بافت
1.0	1.8	9.0	3.0	27	400	195	1.1	7.85	0.8	15.8	10.3	73.2	شن لومی Loamy sand

CCE: کربنات کلسیم معادل، OM: مواد آلی، EC: قابلیت هدایت الکتریکی، * عناصر قابل‌جذب گیاه در خاک.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده.

Table 2. Some chemical properties of used organic fertilizers.

C/N	N	OC	OM	$EC_{(1:2)}$ (dSm^{-1}) (v/v)	$pH_{(1:2)}$ (v/v)	
	(%)					
18.7	0.95	17.8	30.7	13.5	8.5	کود دامی Farmyard manure
9.3	1.20	11.2	19.3	12.4	7.0	کمپوست لجن فاضلاب Sewage sludge compost
17.5	0.60	10.5	18.1	17.2	7.4	کمپوست پسماند شهری Municipal solid waste compost

جدول ۳- غلظت کل عناصر در کودهای آلی مورد استفاده.

Table 3. Elements total concentrations in used organic fertilizers.

Pb	Cd	Mn	Zn	Cu	Fe	Na	K	Ca	Mg	P	
		(mg/kg)				(mg/g)					
94.3	9.7	148	101	39.9	5149	6.9	22.5	12.8	21.4	9.6	کود دامی Farmyard manure
163.0	13.2	322	3276	303.9	11972	2.9	5.6	28.0	56.2	8.7	کمپوست لجن فاضلاب Sewage sludge compost
130.7	10.5	262	245	306.9	13621	7.7	7.0	6.8	13.4	6.5	کمپوست پسماند شهری Municipal solid waste compost

www.SID.ir

Archive of SID

گلدان‌های مخصوصی از جنس پلیکا با قطر داخلی ۱۵/۲ سانتی‌متر تهیه شد. برای جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید به گلدان‌ها و گرم شدن آن‌ها، ابتدا چاله‌هایی در خاک مزرعه ایجاد و لوله‌های پلیکا در داخل آن‌ها قرار داده شد. خاک مورد نظر از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری برداشته و از الک ۵ میلی‌متری عبور داده شد. سپس درصد رطوبت هواخشک آن تعیین شد و معادل ۱۰ کیلوگرم خاک آون خشک توزین و با سطوح مختلف کودهای آلی مذکور مخلوط گردید و رطوبت آن به حدود ظرفیت مزرعه‌ای رسانده شد. برای ایجاد سطوح مختلف فشردگی در خاک، ابتدا با استفاده از رابطه‌های $V=\pi r^2 h$، $D_b=\frac{m_s}{V}$ و $\theta_w=m_s(1+\theta_m)$ ارتفاع ستون خاک در هر سطح تراکم (برای مثال ۱/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب) محاسبه شد. سپس این ارتفاع درون لوله‌های پی‌وی‌سی علامت‌گذاری شد. سپس این ارتفاع و خاک هر گلدان به سه قسمت مساوی تقسیم و خاک هر گلدان در سه مرحله داخل آن ریخته و با رها کردن استوانه آهنی (که قطر آن با قطر ستون خاک تقریباً برابر بود) با وزن حدود ۳ کیلوگرم از ارتفاع مشخص، تراکم مورد نظر ایجاد شد. ارتفاع خاک در داخل لوله‌های پلیکا برای چگالی ظاهری ۱/۷ و ۱/۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب به‌ترتیب ۳۵ و ٤٥ سانتی‌متر بود. در واقع در چگالی ظاهری ۱/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب بر اثر فشرده شدن خاک، عمق خاک ۱۰ سانتی‌متر نسبت به چگالی ظاهری ۱/۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب کم شد، همان اتفاقی که در مزرعه هم بر اثر فشردگی خاک می‌افتد. در چگالی ظاهری ۱/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب پس از متراکم کردن خاک ۵ سانتی‌متر خاک نرم روی آن ریخته شد تا بذرها بتوانند جوانه زده و رشد کنند. آنگاه در اواسط خردادماه در هر گلدان تعداد ۸ بذر ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰٤ در ۵ سانتی‌متری سطح خاک کاشته شد و پس از استقرار گیاهان زمانی که ارتفاع گیاهان به حدود ۱۵ سانتی‌متر رسید، تعداد سه بوته ذرت در هر گلدان نگه‌داری شد. آبیاری گلدان‌ها با استفاده از استوانه مدرج و به‌طور یکسان انجام شد. برای تعیین آب آبیاری مورد نیاز از تشت تبخیر و وضعیت ظاهری گیاه و رطوبت خاک گلدان‌ها استفاده شد (۵). در طول دوره رشد شاخص کلروفیل برگ‌ها با دستگاه کلروفیل‌سنج Hansatech CL-01 ساخت انگلستان و مقدار نسبی آب برگ با روش ریچی و نگوین (۱۹۹۰) اندازه‌گیری شد (۳٦). دستگاه کلروفیل‌سنج شاخص کلروفیل برگ را در دو طول موج ٦۲۰ و ٦٤۰ نانومتر براساس مقدار نور جذب شده توسط کلروفیل بدون تخریب برگ و سریع به‌صورت یک عدد تعیین می‌کند. این عدد با غلظت کلروفیل کل برگ متناسب است. برای تعیین مقدار نسبی آب برگ، در وسط روز از برگ‌های کامل هر واحد آزمایشی نمونه‌برداری و بلافاصله توزین (جرم برگ تر و تازه) و در داخل آب مقطر قرار داده شد تا کاملاً اشباع گردند و بعد از ۱۲ ساعت دوباره توزین شد (جرم برگ آماس کرده). سپس به‌مدت ۲٤ ساعت در آون فن‌دار و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا خشک شود (جرم برگ خشک) و از طریق رابطه زیر مقدار نسبی آب برگ محاسبه شد (۳٦):

۱۰۰× [(جرم برگ خشک – جرم برگ آماس‌کرده)/ (جرم برگ خشک – جرم برگ تر و تازه)] = مقدار نسبی آب برگ

در پایان دوره رشد در اوایل مهرماه پس از برداشت ارتفاع گیاه، قطر (بزرگ) ساقه در محل طوقه، طول و عرض برگ‌ها، تعداد برگ در بوته و وزن خشک بوته اندازه‌گیری و کارایی مصرف آب

www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه شد. برای محاسبه کارایی مصرف آب مقدار ماده خشک گیاه تولید شده در هر گلدان به مقدار آب مصرف شده در آن تقسیم گردید (۲۲). برای محاسبه وزن خشک بوته نیز بخش هوایی گیاه را در پاکت‌های کاغذی گذاشته و در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۲٤ ساعت قرار داده شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC انجام شد. ابتدا آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها و تجزیه واریانس داده‌ها و پس از آن مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تجزیه رگرسیون و محاسبه ضرایب همبستگی با نرم‌افزار SPSS انجام و شکل‌ها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

وزن خشک بخش هوایی: تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کودهای آلی بر وزن خشک بخش هوایی ذرت معنادار بود ولی اثر اصلی فشردگی خاک و اثر متقابل کودهای آلی و فشردگی خاک معنادار نبود (جدول ٤). مقایسه میانگین‌های وزن خشک بخش هوایی برای اثر اصلی کودهای آلی نشان داد که با مصرف کودهای آلی وزن خشک گیاه افزایش یافت و همه تیمارهای کودی با شاهد تفاوت معناداری داشتند (جدول ۵). این نتایج با گزارش شریفی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت (۳۷). افزایش ویژگی‌های رشد گیاه ذرت پس از مصرف کودهای آلی را می‌توان به بیش‌تر بودن غلظت عناصر غذایی و کربن آلی نسبت به خاک (جدول‌های ۱، ۲ و ۳)، بهبود ویژگی‌های شیمیایی، زیستی و فیزیکی خاک نسبت داد (۲۵). بین دو سطح کودهای آلی نیز تفاوت معناداری در وزن خشک بوته مشاهده نشد. مقایسه میانگین‌های وزن خشک بخش هوایی ذرت برای اثر اصلی فشردگی خاک نشان داد که فشرده شدن خاک و افزایش چگالی ظاهری آن باعث کاهش وزن خشک بوته ذرت به‌میزان ۸ درصد شد ولی این کاهش در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نبود (جدول ۵). مولارت (۱۹۹۸) گزارش کرد که فشردگی خاک رشد و توسعه ریشه را مختل می‌کند و بیش‌ترین تأثیر را بر وزن خشک بخش هوایی گیاه می‌گذارد (۲۷).

مقایسه میانگین‌های وزن خشک بخش هوایی ذرت برای اثر متقابل فشردگی خاک و کودهای آلی نشان داد که در سطح اول فشردگی خاک با مصرف هر دو سطح کودهای آلی وزن خشک بخش هوایی افزایش یافت ولی این تفاوت نسبت به شاهد معنادار نبود. این نتایج با گزارش شریفی و همکاران (۱۳۸۹) در مورد گیاه ذرت مطابقت داشت (۳۷). در سطح دوم فشردگی خاک نیز مصرف کودهای آلی باعث افزایش وزن خشک بخش هوایی ذرت شد به‌طوری‌که هر دو سطح کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب نسبت به شاهد تفاوت معناداری داشتند. بین دو سطح ۱۵ و ۳۰ گرم کودهای آلی تفاوت معناداری در هر دو سطح فشردگی خاک مشاهده نشد. بین دو سطح فشردگی خاک نیز در هر دو سطح کودهای آلی تفاوت معناداری وجود نداشت. بیش‌ترین میزان وزن خشک بوته مربوط به ۳۰ گرم کمپوست پسماند شهری در سطح اول فشردگی خاک بود. در سطح دوم فشردگی خاک نیز بیش‌ترین میزان وزن خشک بوته مربوط به هر دو سطح کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب بود (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر فشردگی خاک، منبع و مقدار کود آلی بر برخی ویژگی‌های رشد ذرت و کارایی مصرف آب.

Table 4. Variance analysis of the effects of soil compaction and the source and amount of organic fertilizer on some corn growth characteristics and water use efficiency.

منبع تغییر Variation source	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean squares			
		وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight	مقدار نسبی آب برگ Relative water content	شاخص کلروفیل برگ Chlorophyll index	کارایی مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	25.34^{ns}	9.26^{ns}	0.667^{ns}	0.044^{ns}
فشردگی Compaction (C)	1	70.20^{ns}	32.45*	2.477**	0.160^{ns}
کود آلی Organic fertilizer (OF)	6	65.39*	66.04**	1.077*	0.126*
کود آلی × فشردگی OF×C	6	6.87^{ns}	4.38^{ns}	0.54^{ns}	0.014^{ns}
خطای آزمایش Error	26	21.97	6.70	0.302	0.046
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		14.28	3.78	12.98	14.66

^{ns} Non-significant, * Significant at P≤0.05, ** Significant at P≤0.01.

جدول ٥- مقایسه میانگین‌های برخی ویژگی‌های رشد ذرت و کارایی مصرف آب برای اثر فشردگی خاک، منبع و مقدار کود آلی.

Table 5. Means comparison of some maize growth characteristics and water use efficiency as affected by soil compaction and the source and amount of organic fertilizer.

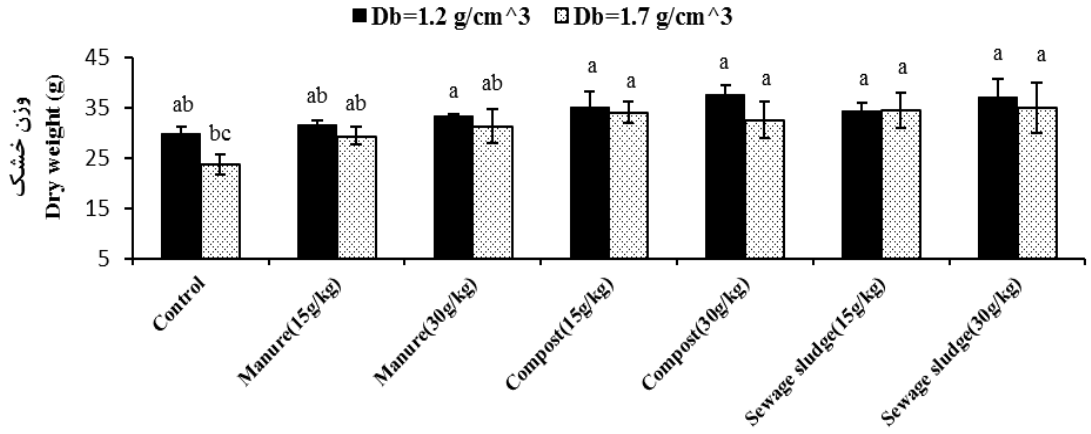
عامل Factor	سطوح Levels	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight (g pot^{-1})	مقدار نسبی آب برگ Relative water content (%)	شاخص کلروفیل برگ Chlorophyll index	کارایی مصرف آب Water use efficiency (g L^{-1})
منبع و مقدار کود آلی Source and amount of organic fertilizer	شاهد Control	26.7^{c}	66.7^{bc}	3.5^{c}	1.2^{b}
	کود دامی (۱۵ گرم برکیلوگرم) 15 g farmyard manure/kg	30.4^{ab}	67.9^{b}	4.1^{abc}	1.3^{ab}
	کود دامی (۳۰ گرم بر کیلوگرم) 30 g farmyard manure/kg	32.3^{ab}	72.8^{a}	4.6^{a}	1.5^{a}
	کمپوست پسماند (۱۵ گرم بر کیلوگرم) 15 g municipal waste compost/kg	34.5^{a}	68.6^{b}	4.9^{bc}	1.5^{a}
	کمپوست پسماند (۳۰ گرم بر کیلوگرم) 30 g municipal waste compost/kg	35.3^{a}	72.8^{a}	4.4^{ab}	1.6^{a}
	کمپوست لجن فاضلاب (۱۵ گرم بر کیلوگرم) 15 g sewage sludge compost/kg	34.4^{a}	63.7^{a}	4.5^{ab}	1.5^{a}
	کمپوست لجن فاضلاب (۳۰ گرم بر کیلوگرم) 30 g sewage sludge compost/kg	36.1^{a}	66.9^{b}	4.7^{a}	1.6^{a}
چگالی ظاهری Bulk density	1.2 g cm^{-3}	34.1^{a}	69.3^{a}	4.5^{a}	1.5^{a}
	1.7 g cm^{-3}	31.5^{ab}	67.6^{b}	3.9^{b}	1.4^{ab}

Means at each column and factor followed by the same letters are not significantly different by Duncan multiple range test (P≤0.05).

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل رگرسیون چندگانه با روش گام به گام (ماده خشک بخش هوایی به‌عنوان متغیر وابسته و غلظت عناصر غذایی در کل بخش هوایی ذرت مورد مطالعه به‌عنوان متغیرهای مستقل) نشان داد که فقط غلظت آهن بخش هوایی در مدل وارد شد و معادله رگرسیونی به‌صورت $dw=۹/۰۵+۰/۱۳۷\ Fe_{con}$ با $r=۰/۸۱^{**}$ بود. این معادله نشان می‌دهد که ٦٥ درصد تغییرات وزن خشک بخش هوایی ذرت به تغییرات غلظت آهن مربوط می‌باشد. به‌عبارت دیگر، مصرف کودهای آلی با افزایش فراهمی آهن در خاک و بهبود تغذیه آهن گیاه ذرت در افزایش رشد آن نقش مهمی داشته است. با کاربرد کودهای آلی در خاک و افزایش سطح مصرف آن، از یک طرف pH خاک کاهش یافته و از طرف دیگر مقدار ترکیبات کی‌لیت‌کننده آهن و سایر عناصر غذایی کم‌مصرف افزایش یافته و موجب افزایش زیست‌فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و جذب آن‌ها به‌وسیله گیاه شده در نتیجه رشد گیاه افزایش یافته است (۲۹). بنابراین، مصرف کودهای آلی در خاک‌های قلیایی آهکی که بیش‌تر عناصر غذایی کم‌مصرف در آن‌ها غیرمتحرک هستند، می‌تواند در افزایش زیست‌فراهمی آن‌ها مؤثر واقع شود و حاصلخیزی خاک را افزایش دهد. همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود وزن خشک علوفه ذرت با تعداد برگ در بوته، طول برگ، عرض برگ، قطر ساقه، ارتفاع گیاه، شاخص کلروفیل، کارایی مصرف آب همبستگی مثبت معنادار داشت که نشان می‌دهد با افزایش صفات مذکور وزن خشک علوفه ذرت نیز زیاد شده است.



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف بر وزن خشک بخش هوایی ذرت.

Figure 1. The effects of different treatments on corn shoot dry weight.

کارایی مصرف آب: تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کودهای آلی بر کارایی مصرف آب گیاه ذرت معنادار بود ولی اثر اصلی فشردگی خاک و اثر متقابل کودهای آلی و فشردگی خاک معنادار نبود (جدول ٤). مقایسه میانگین‌های کارایی مصرف آب ذرت برای اثر اصلی کودهای آلی نشان داد که با مصرف کودهای آلی کارایی مصرف آب افزایش یافت به‌طوری‌که به غیر از تیمار ۱۵ گرم کود دامی بر کیلوگرم خاک، بقیه تیمارها با شاهد تفاوت معناداری داشتند. بین دو سطح ۱۵ و ۳۰ گرم کودهای

www.SID.ir

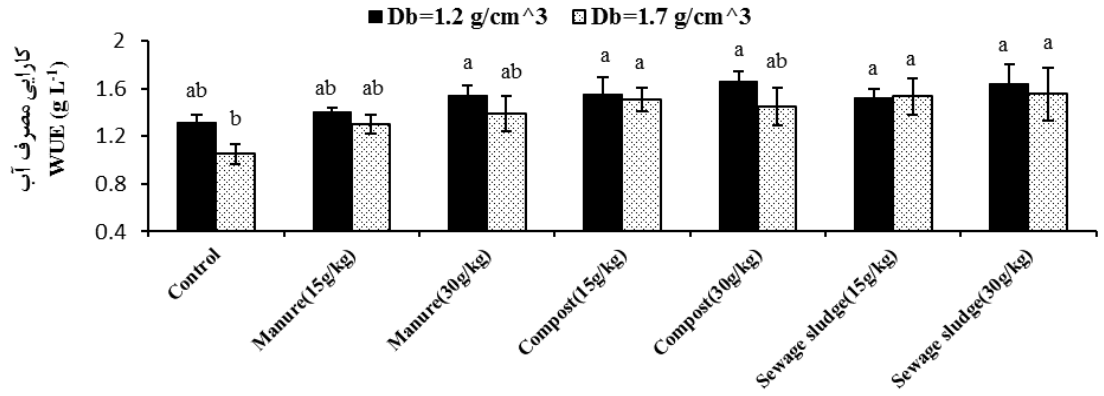
Archive of SID

آلی تفاوت معناداری وجود نداشت. افزایش کارایی مصرف آب به‌واسطه مصرف کودهای آلی را می‌توان به افزایش سرعت نفوذ و ظرفیت نگه‌داری آب در خاک، تعدیل دمای خاک، افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی به‌وسیله گیاه و همچنین افزایش رشد گیاه با مصرف کودهای آلی نسبت داد (۱). این نتایج با گزارش احمدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) در مورد گیاه گندم مطابقت داشت (۲). مقایسه میانگین‌های کارایی مصرف آب ذرت برای اثر اصلی فشردگی خاک نشان داد که فشردگی خاک باعث کاهش کارایی مصرف آب شد (حدود ۷ درصد) ولی بین دو سطح فشردگی تفاوت معناداری وجود نداشت (جدول ۵). با مصرف آب یکسان، کاهش رشد و عملکرد گیاه، باعث کاهش کارایی مصرف آب می‌شود. بنابراین، فشرده شدن خاک با کاهش رشد گیاه، باعث کاهش کارایی مصرف آب ذرت شد (جدول‌های ۵ و ۷). مقایسه میانگین‌های کارایی مصرف آب ذرت برای اثر متقابل فشردگی خاک و کودهای آلی نشان داد که در سطح اول فشردگی خاک با مصرف کودهای آلی تفاوت معناداری از نظر کارایی مصرف آب در هیچ‌یک از تیمارهای کودی با شاهد مشاهده نشد. در سطح دوم فشردگی خاک مصرف کودهای آلی باعث افزایش کارایی مصرف آب شدند به‌طوری‌که سطح ۱۵ گرم کمپوست پسماند شهری بر کیلوگرم خاک و هر دو کمپوست لجن فاضلاب با شاهد تفاوت معناداری داشتند. بین دو سطح فشردگی خاک در هر یک از تیمارها تفاوت معنادار وجود نداشت. بین دو سطح کودهای آلی نیز تفاوت معناداری در هر دو سطح فشردگی خاک مشاهده نشد. بیش‌ترین میزان کارایی مصرف آب مربوط به ۳۰ گرم کمپوست پسماند شهری بر کیلوگرم خاک در سطح اول فشردگی خاک بود (شکل ۲) که حدود ۲۵ درصد با شاهد تفاوت داشت؛ هر چند با برخی تیمارها تفاوت معنادار نداشت. شکل ۲ نشان می‌دهد که با مصرف یک لیتر آب در خاک فشرده با و بدون کمپوست پسماند شهری به‌ترتیب ۱/۵ و ۱/۰ گرم ماده خشک تولید شده است که نشان‌دهنده افزایش ۵۰ درصدی تولید ماده خشک است. همبستگی مثبت و معناداری بین کارایی مصرف آب و ویژگی‌های رشد ذرت مشاهده شد که بیانگر این است که با افزایش کارایی مصرف آب ویژگی‌های رشد گیاه یا به‌عبارت دیگر عملکرد گیاه افزایش یافت (جدول ۸). افزودن مواد آلی به خاک و افزایش کربن آلی خاک با اثرهای بسیار مفیدی از قبیل بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگه‌داری و نفوذ آب، افزایش کشت‌پذیری[1] و کاهش فرسایش خاک همراه است که در نهایت باعث کاهش اثرهای منفی فشردگی خاک بر رشد گیاه می‌شود (۱۹). رشد و توسعه ریشه در جذب آب و مواد غذایی عامل بسیار مهمی به‌شمار می‌رود که با افزایش چگالی ظاهری خاک این امر میسر نمی‌گردد (۱۵). همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود شاخص کلروفیل برگ‌ها با وزن خشک علوفه ذرت و کارایی مصرف آب همبستگی مثبت معنادار داشت که نشان می‌دهد با افزایش صفات مذکور شاخص کلروفیل برگ‌ها نیز زیاد شده است.

1- Tilth

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف بر کارایی مصرف آب ذرت.

Figure 2. The effects of different treatments on water use efficiency (WUE) of corn.

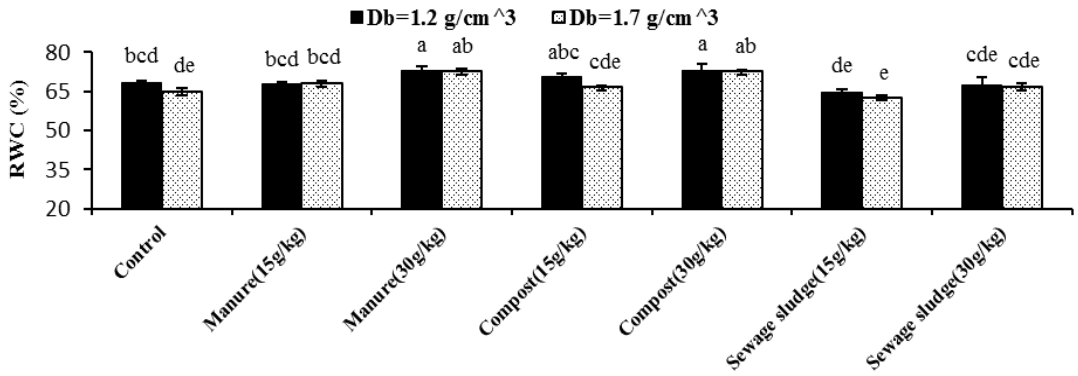
مقدار نسبی آب برگ: تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی کودهای آلی و فشردگی خاک بر مقدار نسبی آب برگ گیاه ذرت معنادار بود ولی اثر متقابل کودهای آلی و فشردگی خاک معنادار نبود (جدول ٤). مقایسه میانگین‌های مقدار نسبی آب برگ ذرت برای اثر اصلی کودهای آلی نشان داد با مصرف کودهای آلی مقدار نسبی آب برگ افزایش یافت به‌طوری‌که در تیمارهای ۳۰ گرم کود دامی و کمپوست پسماند شهری بر کیلوگرم خاک نسبت به شاهد تفاوت معناداری مشاهده شد. همچنین بین دو سطح ۱۵ و ۳۰ گرم کودهای آلی نیز تفاوت معناداری مشاهده شد. افزایش مقدار نسبی آب برگ بر اثر مصرف کودهای آلی را می‌توان به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و بهبود فراهمی آب برای ریشه و در نتیجه افزایش جذب آب به‌وسیله ریشه گیاه نسبت داد (۳). مقایسه میانگین‌های مقدار نسبی آب برگ ذرت برای اثر اصلی فشردگی خاک نشان داد که فشردگی خاک باعث کاهش معنادار مقدار نسبی آب برگ شد (حدود ۳ درصد) (جدول ۵) که با نتایج گرزسیاک (۲۰۰۹) مطابقت داشت (۱۵). فشردگی خاک باعث کاهش پراکنش ریشه، آب قابل دسترس و تهویه در خاک شده (۹) و درنتیجه، باعث کاهش جذب آب به‌وسیله گیاه می‌شود. مقایسه میانگین‌های مقدار نسبی آب برگ ذرت برای اثر متقابل فشردگی خاک و کودهای آلی نشان داد که با مصرف هر دو سطح کودهای آلی از اثرهای فشردگی خاک بر مقدار نسبی آب برگ کاسته شده و تأثیر مصرف ۳۰ گرم کودهای آلی بیش‌تر از مصرف ۱۵ گرم آن‌ها در کیلوگرم خاک بود. در سطح اول فشردگی خاک بین دو سطح کودهای آلی در تیمار کود دامی و در سطح دوم فشردگی خاک بین دو سطح کودهای آلی در تیمارهای کود دامی و کمپوست پسماند شهری تفاوت معناداری وجود داشت. بین دو سطح فشردگی خاک در تیمار ۱۵ گرم کمپوست پسماند شهری بر کیلوگرم خاک تفاوت معناداری وجود داشت. بیش‌ترین مقدار نسبی آب برگ مربوط به تیمارهای ۳۰ گرم کمپوست پسماند شهری و کود دامی بر کیلوگرم خاک و در هر دو سطح فشردگی خاک بود که با شاهد تفاوت معنادار داشتند (حدود ۹ درصد بیش‌تر از شاهد بودند) (شکل ۳). این نتایج نشان می‌دهد که مصرف کودهای آلی و

www.SID.ir

Archive of SID

تنش فشردگی خاک روابط آبی گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. به‌نظر می‌رسد که تغییر در پتانسیل آب برگ گیاهانی که به‌مدت طولانی در یک خاک با فشردگی متوسط تا شدید رشد کرده‌اند، شبیه گیاهانی است که در معرض تنش خشکی خاک قرار گرفته‌اند (۱۵).

بررسی‌ها نشان داده است که تغییرات وضعیت آب برگ در پاسخ به تنش‌های محیطی نتیجه چندین سازوکار است که به‌وسیله علایم هورمونی که از ریشه فرستاده می‌شود، تنظیم می‌گردد (۱۳، ۱۵).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای مختلف بر مقدار نسبی آب برگ ذرت.

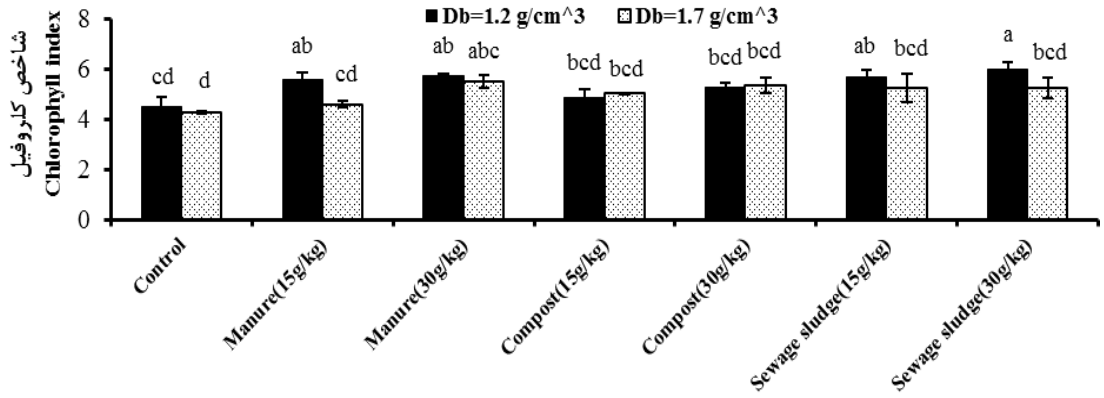
Figure 3. The effects of different treatments on relative water content (RWC) of corn leaves.

شاخص کلروفیل برگ: تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کودهای آلی و فشردگی خاک بر شاخص کلروفیل برگ‌ها معنادار بود ولی اثر متقابل کودهای آلی و فشردگی خاک معنادار نبود (جدول ٤). مقایسه میانگین‌های شاخص کلروفیل برگ ذرت برای اثر اصلی کودهای آلی نشان داد که شاخص کلروفیل برگ‌ها با مصرف کودهای آلی افزایش یافت به‌طوری‌که در تیمارهای ۳۰ گرم هر سه نوع کود آلی این تفاوت نسبت به شاهد معنادار بود. بین دو سطح ۱۵ و ۳۰ گرم کودهای آلی نیز تفاوت معناداری مشاهده نشد که با نتایج نجفی و مردمی (۲۰۱۲) در مورد گیاه آفتابگردان مطابقت داشت. نیتروژن، منیزیم و آهن از عناصر غذایی مهم در تشکیل کلروفیل در گیاهان می‌باشد (۲۵)؛ با توجه به این‌که کودهای آلی نسبت به خاک دارای مقادیر بیش‌تری از نیتروژن و آهن بودند (جدول‌های ۱ تا ۳)؛ به‌نظر می‌رسد که مصرف کودهای آلی باعث افزایش غلظت این عناصر در گیاه و بهبود تغذیه گیاه از نظر آهن، نیتروژن، فسفر، منیزیم، منگنز، و غیره شده و در نتیجه شاخص کلروفیل برگ‌ها افزایش یافته است (۲، ۲۵). مقایسه میانگین‌های شاخص کلروفیل برگ ذرت برای اثر اصلی فشردگی خاک نشان داد که فشردگی خاک تأثیر زیادی بر شاخص کلروفیل برگ‌ها داشت به‌طوری‌که باعث کاهش ۱۵ درصدی این شاخص شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های شاخص کلروفیل برگ ذرت برای اثر متقابل فشردگی خاک و کودهای آلی نشان داد که بین دو سطح کودهای آلی تفاوت معناداری در هر دو سطح فشردگی خاک مشاهده نشد. بین دو سطح فشردگی خاک در هر دو سطح کودهای آلی فقط در تیمار ۳۰ گرم کمپوست لجن فاضلاب تفاوت

www.SID.ir

Archive of SID

معناداری وجود داشت. مصرف کودهای آلی باعث کاهش اثرهای مضر فشردگی خاک شده و شاخص کلروفیل را افزایش داد که کود دامی و کمپوست پسماند شهری در سطح ۳۰ گرم بر کیلوگرم خاک، تفاوت معناداری را با شاهد ایجاد کرد. بیش‌ترین میزان شاخص کلروفیل برگ مربوط به تیمار ۳۰ گرم کمپوست لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک در سطح اول فشردگی بود (شکل ٤). در سطح دوم فشردگی نیز بیش‌ترین شاخص کلروفیل برگ‌ها مربوط به ۳۰ گرم کود دامی و کمپوست پسماند شهری بر کیلوگرم خاک بود (شکل ٤). به‌نظر می‌رسد که افزایش غلظت کلروفیل برگ سبب افزایش شدت فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه، قطر ساقه، طول و عرض برگ و وزن خشک بخش هوایی می‌شود (جدول ۸). تحلیل رگرسیون چندگانه با روش گام به گام (شاخص کلروفیل برگ به‌عنوان متغیر وابسته و غلظت عناصر غذایی مورد مطالعه به‌عنوان متغیرهای مستقل) نشان داد که فقط غلظت فسفر بخش هوایی در مدل وارد شد و معادله رگرسیونی به‌صورت $Chl_{indx}=2/4+0/277P_{con}$ با $r=0/86^{**}$ بود. این معادله نشان می‌دهد که ۷٤ درصد تغییرات شاخص کلروفیل برگ ذرت به تغییرات غلظت فسفر بخش هوایی مربوط می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود شاخص کلروفیل برگ‌ها با وزن خشک علوفه ذرت همبستگی مثبت معنادار داشت. با توجه به نقش کلروفیل در فتوسنتز گیاه و تولید کربوهیدرات‌ها این نتیجه قابل انتظار بود.



شکل ٤- تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخص کلروفیل برگ ذرت.

Figure 4. The effects of different treatments on leaf chlorophyll content of corn.

ارتفاع گیاه: تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کودهای آلی و فشردگی خاک بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود ولی اثر متقابل آن‌ها معنادار نبود (جدول ٦). مقایسه میانگین‌های ارتفاع ذرت برای اثر اصلی کودهای آلی نشان داد که مصرف هر سه نوع کود آلی به‌میزان ۱۵ گرم بر کیلوگرم خاک ارتفاع گیاه را نسبت به شاهد به‌طور معناداری افزایش داد ولی افزایش سطح کودهای آلی از ۱۵ به ۳۰ گرم بر کیلوگرم خاک، اثر معناداری بر ارتفاع گیاه نداشت که با نتایج احمدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۲) در مورد

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه گندم مطابقت داشت (۲). نیتروژن، گوگرد، فسفر و روی در افزایش ارتفاع گیاه نقش بسیار مهمی دارند (۲۵) و کودهای آلی مورد استفاده به‌دلیل داشتن مقادیر کافی از این عناصر باعث افزایش رشد و ارتفاع گیاه شده‌اند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های ارتفاع ذرت برای اثر اصلی فشردگی خاک نشان داد که افزایش چگالی ظاهری و فشردگی خاک باعث کاهش ارتفاع گیاه شد (حدود ٦ درصد) و بین دو سطح فشردگی خاک تفاوت معناداری وجود داشت (جدول ۷)؛ این نتایج با گزارش بایهان و همکاران (۲۰۰۲) در مورد گیاه آفتابگردان مطابقت داشت (۷). فشردگی خاک باعث کاهش رشد و توسعه ریشه شده و باعث کاهش جذب آب و عناصر غذایی کافی به‌وسیله گیاهان شده و کاهش رشد بخش هوایی گیاه را در پی دارد (۳). فشردگی خاک ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را تغییر می‌دهد و باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز، اوره‌آز، آمیداز و دهیدروژناز می‌شود (٤٤) که ممکن است بر فراهمی عناصر غذایی برای گیاهان اثر داشته باشد. مقایسه میانگین‌های ارتفاع ذرت برای اثر متقابل فشردگی خاک و کودهای آلی نشان داد که ارتفاع گیاه در تیمارهای با سطح اول فشردگی (۱/۲ g/cm^3) نسبت به تیمارهای با سطح دوم فشردگی (۱/۷ g/cm^3) بیش‌تر بود؛ به‌طوری‌که این تفاوت در هر دو سطح کمپوست لجن فاضلاب معنادار بود. افزودن ۱۵ و ۳۰ گرم ازکودهای آلی به هر کیلوگرم خاک در هر دو سطح فشردگی خاک ارتفاع گیاه را نسبت به شاهد به‌طور معناداری افزایش داد. البته در سطح دوم فشردگی خاک (۱/۷ g/cm^3) مصرف ۱۵ گرم کمپوست لجن فاضلاب به هر کیلوگرم خاک با شاهد تفاوت معنادار نداشت. بیش‌ترین ارتفاع گیاه با مصرف ۳۰ گرم بر کیلوگرم خاک کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب در سطح اول فشردگی خاک به‌دست آمد. در سطح دوم فشردگی خاک نیز بیش‌ترین ارتفاع گیاه مربوط به هر دو سطح کمپوست پسماند شهری و کود دامی بود (شکل ۵). همبستگی مثبت و معناداری بین ارتفاع گیاه و سایر ویژگی‌های رشد ذرت به‌غیر از مقدار نسبی آب برگ مشاهده شد (جدول ۸). اکبرنژاد (۲۰۱۰) نشان داد که اثر کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب بر ارتفاع بوته سیاه‌دانه معنی‌دار بود و ارتفاع بوته در سطح ۱۵ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در سطح ۳۰ تن در هکتار نسبت به شاهد و ۱۵ تن در هکتار ارتفاع گیاه کاهش معنی‌داری داشت و دو سطح کمپوست لجن فاضلاب نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشتند، اما نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (٤). عباسی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد ۲۰ و ٤۰ گرم کمپوست لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک ارتفاع گیاه برنج را افزایش داد که نسبت به شاهد تفاوت معناداری داشت ولی بین دو سطح ۲۰ و ٤۰ گرم، این تفاوت معنادار نبود (۱). همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود ارتفاع گیاه با شاخص کلروفیل برگ‌ها همبستگی مثبت معنادار داشت. با توجه به نقش کلروفیل در فتوسنتز گیاه و تولید کربوهیدرات‌ها این نتیجه قابل انتظار بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر فشردگی خاک، منبع و مقدار کود آلی بر ویژگی‌های رشد ذرت.

Table 6. Variance analysis of the effects of soil compaction and the source and amount of organic fertilizer on corn growth characteristics.

منبع تغییر Variation source	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean squares				
		ارتفاع گیاه Plant height	قطر ساقه Stem diameter	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	تعداد برگ Leaves numbers
تکرار Replication	2	214.8**	0.019^{ns}	2.08^{ns}	0.052^{ns}	0.310^{ns}
فشردگی Compaction (C)	1	257.5**	0.043*	6.5^{ns}	0.181**	0.381^{ns}
کود آلی Organic fertilizer (OF)	6	149.1**	0.055*	9.35*	0.192**	0.492^{ns}
کود آلی × فشردگی OF × C	6	53.4^{ns}	0.013^{ns}	2.19^{ns}	0.018^{ns}	0.048^{ns}
خطای آزمایش Error	26	25.4	0.010	3.05	0.019	0.361
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		6.06	5.3	4.48	2.05	4.32

^{ns} Non-significant, * Significant at P≤0.05, ** Significant at P≤0.01.

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های رشد ذرت تحت‌تأثیر فشردگی خاک، منبع و مقدار کود آلی.

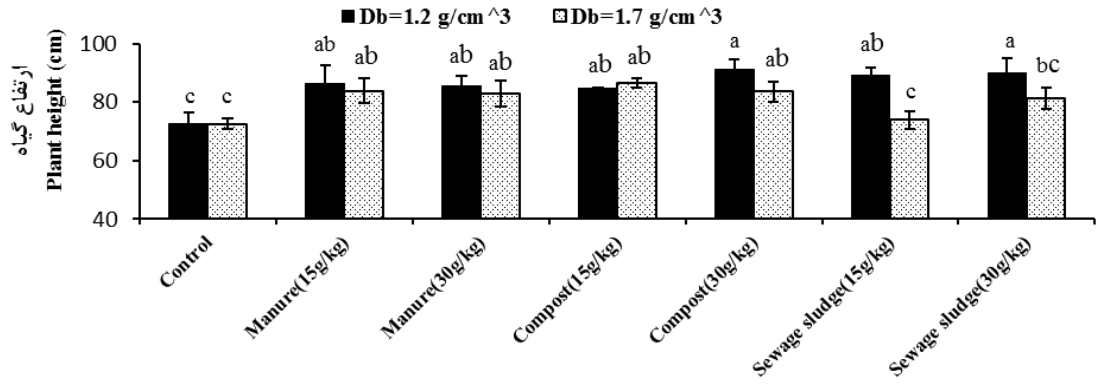
Table 7. Means comparison of the maize growth characteristics as affected by soil compaction and the source and amount of organic fertilizer.

عامل Factor	سطوح Levels	ارتفاع گیاه Plant height	قطر ساقه Stem diameter	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	تعداد برگ Leaves numbers
منبع و مقدار کود آلی Source and amount of organic fertilizer	شاهد Control	72.7^{b}	1.7^{c}	37.2^{c}	6.4^{d}	13.3^{b}
	کود دامی (۱۵ گرم برکیلوگرم) 15 g farmyard manure/kg soil	85.2^{a}	1.8^{bc}	39^{abc}	6.7^{c}	13.8^{ab}
	کود دامی (۳۰ گرم بر کیلوگرم) 30 g farmyard manure/kg soil	84.3^{a}	1.9^{ab}	39.4^{ab}	6.9^{ab}	14.2^{a}
	کمپوست پسماند (۱۵ گرم بر کیلوگرم) 15 g municipal waste compost/kg soil	85.7^{a}	1.9^{ab}	39.8^{a}	6.7^{bc}	14^{ab}
	کمپوست پسماند (۳۰ گرم بر کیلوگرم) 30 g municipal waste compost/kg soil	87.5^{a}	1.97^{a}	40.7^{a}	6.8^{bc}	14^{ab}
	کمپوست لجن فاضلاب (۱۵ گرم بر کیلوگرم) 15 g sewage sludge compost/kg soil	81.7^{a}	1.9^{a}	37.5^{bc}	6.8^{bc}	13.8^{ab}
	کمپوست لجن فاضلاب (۳۰ گرم بر کیلوگرم) 30 g sewage sludge compost/kg soil	85.7^{a}	1.9^{a}	39.3^{ab}	7.0^{a}	14.2^{a}
چگالی ظاهری Bulk density	1.2 g cm^{-3}	85.7^{a}	1.9^{a}	39.4^{a}	6.8^{a}	14^{a}
	1.7 g cm^{-3}	80.8^{b}	1.8^{b}	38.6^{ab}	6.7^{b}	13.8^{ab}

Means at each column and factor followed by the same letters are not significantly different by Duncan multiple range test (P≤0.05).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- تأثیر تیمارهای مختلف بر ارتفاع ذرت.

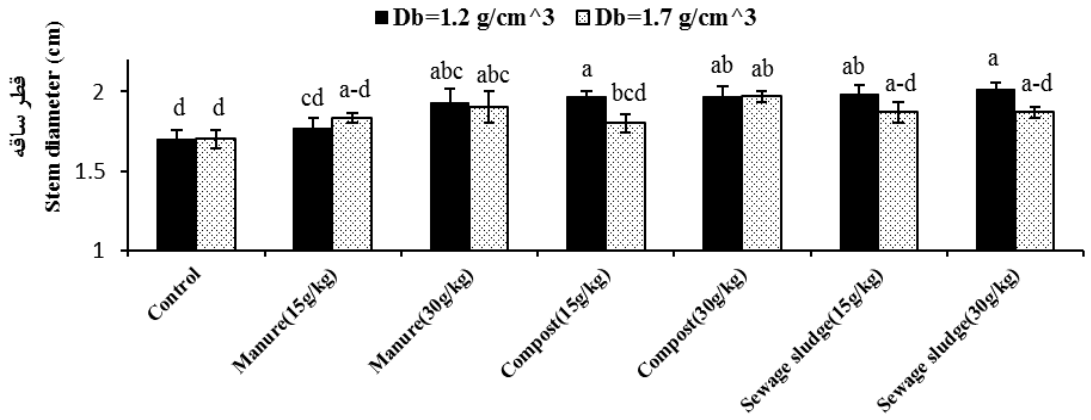
Figure 5. The effects of different treatments on corn height.

قطر ساقه در محل طوقه: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کودهای آلی و فشردگی خاک بر قطر ساقه ذرت معنادار بودند ولی اثر متقابل کودهای آلی و فشردگی خاک معنادار نبود (جدول ٦). مقایسه میانگین‌های قطر ساقه ذرت برای اثر اصلی کودهای آلی نشان داد که مصرف کودهای آلی باعث افزایش قطر ساقه شد به‌طوری‌که همه تیمارها به‌جز ۱۵ گرم کود دامی، تفاوت معناداری با شاهد داشتند. بیش‌ترین قطر ساقه با مصرف ۳۰ گرم کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری به هر کیلوگرم خاک به‌دست. به‌نظر می‌رسد کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب به‌دلیل داشتن غلظت بالای عناصر غذایی نسبت به کود دامی دارای عملکرد بهتری بوده و قطر ساقه را بیش‌تر افزایش دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های قطر ساقه ذرت برای اثر اصلی فشردگی خاک نشان داد که افزایش چگالی ظاهری و فشردگی خاک باعث کاهش قطر ساقه در محل طوقه شد که این کاهش حدود ٦ درصد بود و بین دو سطح فشردگی تفاوت معناداری مشاهده شد (جدول ۷). بایهان و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که قطر ساقه آفتابگردان در تیمارهایی که خاک آن به‌وسیله عبور و مرور چرخ‌های تراکتور فشرده شده بود، نسبت به تیمار شاهد (غیرفشرده) کاهش یافت و این تفاوت از نظر آماری معنادار بود (۷). کاهش رشد ریشه و سطح آن در خاک فشرده، حجم خاک اشغال شده به‌وسیله ریشه را کاهش داده و باعث کاهش جذب آب و مواد غذایی و در نتیجه باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (۳). مقایسه میانگین‌های قطر ساقه ذرت برای اثر متقابل فشردگی خاک و کودهای آلی نشان داد که در سطح اول فشردگی خاک با مصرف کودهای آلی قطر ساقه افزایش یافت به‌طوری‌که همه تیمارها به‌جز ۱۵ گرم کود دامی نسبت به شاهد تفاوت معناداری داشتند. در سطح دوم فشردگی نیز مصرف ۳۰ گرم کمپوست پسماند شهری و کود دامی بر کیلوگرم خاک باعث ایجاد تفاوت معنادار نسبت به شاهد شد. بین دو سطح ۱۵ و ۳۰ گرم کودهای آلی تفاوت معناداری در قطر ساقه در هر دو سطح فشردگی خاک مشاهده نشد. بین دو سطح فشردگی خاک نیز در هر یک از تیمارهای کودی فقط در ۱۵ گرم کمپوست پسماند شهری بر کیلوگرم خاک تفاوت معناداری وجود داشت. در سطح اول فشردگی بیش‌ترین قطر ساقه مربوط به تیمارهای هر دو سطح کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب شهری بود. در سطح دوم فشردگی نیز بیش‌ترین قطر ساقه مربوط به تیمار ۳۰ گرم کمپوست

www.SID.ir

Archive of SID

پسماند شهری بر کیلوگرم خـاک بـود کـه حـدود ۱٦ درصد بیش‌تر از تیمار شاهد بود (شکل ٦). کودهـای آلی به‌دلیل داشتن منابع غنی غذایی (جـدول ۳) بـرای ریزجانداران، خاک را از نظر بیولوژیکی فعال کـرده و عناصر غذایی قابل‌جذب را در خاک برای ریشه حتی در شـرایط نامناسـب فیزیکـی فـراهم مـی‌کنـد (٦). براساس گزارش متولی و همکاران (۲۰۰۳) کودهـای آلی با افزایش منافذ و خلل و فرج در خاک، محیط را برای رشد ریشه فراهم کرده و باعث جذب بهتـر آب و مواد غذایی شدند. آنان همچنین گزارش کردند کـه اثر متقابل بین فشردگی خاک و کود آلی برای عملکرد دانه و سیلو برای ذرت معنادار نشد ولی برای هریـک به‌صورت مجزا معنادار شد (۲٦).



شکل ٦- تأثیر تیمارهای مختلف بر قطر ساقه در محل طوقه ذرت.

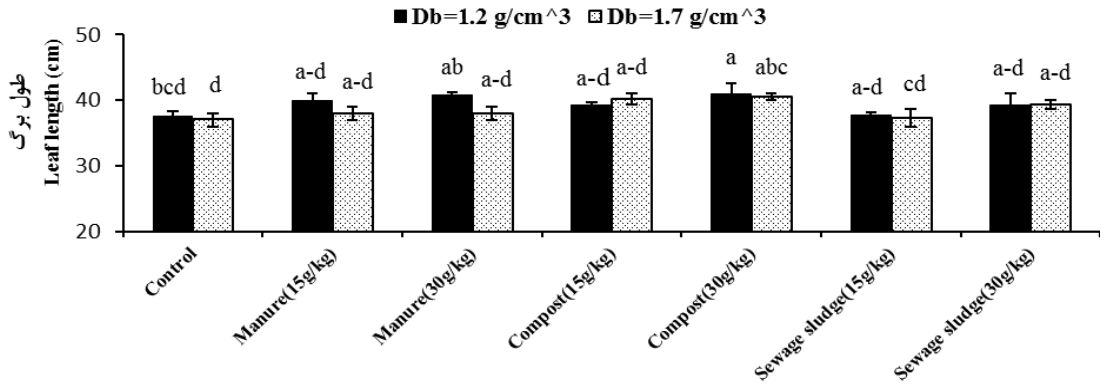
Figure 6. The effects of different treatments on stem diameter of corn.

طول برگ: تجزیه واریانس نـشان داد کـه اثـر اصـلی کودهای آلی بر طول برگ ذرت معنادار بود ولـی اثـر اصلی فشردگی خـاک و اثـر متقابـل کودهـای آلـی و فـشردگی خـاک معنـادار نبـود (جـدول ٦). مقایـسه میانگین‌های طول برگ ذرت برای اثر اصلی کودهـای آلی نشان داد که با مصرف کودهای آلـی طـول بـرگ گیاه افزایش یافت به‌طوری‌کـه بـا مـصرف کمپوسـت پسماند شهری در هر دو سطح و همچنین با مـصرف ۳۰ گرم کمپوسـت لجـن فاضـلاب و کـود دامـی بـر کیلوگرم خاک، طول برگ گیاه نسبت به تیمـار شـاهد به‌طـور معنـاداری افـزایش یافـت. بـا افـزایش سـطح کودهای آلی نیز طول برگ در سطح ۳۰ گرم به نسبت بیش‌تری در مقایسه با سطح ۱۵ گرم بر کیلوگرم خاک افزایش یافت ولی این تفاوت معنـادار نبـود کـه ایـن نتایج با گـزارش نجفـی و مردمـی (۲۰۱۲) در مـورد سطح برگ آفتابگردان مطابقت داشت (۲۹). عناصـری مثل نیتروژن و روی در توسعه بـرگ‌هـا بـسیار مـؤثر هستند (۲۵) و کودهـای آلـی مـورد اسـتفاده بـه‌دلیـل داشتن غلظت بالایی از این عناصر باعث افزایش طول و عرض برگ‌ها شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌هـای طول برگ ذرت برای اثر اصلی فشردگی خاک نـشان داد که فشردگی خاک باعث کاهش طـول بـرگ ذرت شد (حـدود ۲ درصـد) ولـی تفـاوت بـین دو سـطح فـشردگی خـاک معنـادار نبـود (جـدول ۷). تـان و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که فشردگی خاک بـا کاهش ۱۳ تا ۳٦ درصـدی منافـذ پـر از هـوا، باعـث

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش تهویه خاک و کاهش زیست‌توده میکروبی در خاک شد. به‌نظر آنان، این پدیده بر میزان کربن و نیتروژن خاک اثر گذاشته و باعث کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (٤٤). مقایسه میانگین‌های طول برگ ذرت برای اثر متقابل فشردگی خاک و کودهای آلی نشان داد که بیش‌ترین طول برگ مربوط به تیمار ۳۰ گرم کمپوست پسماند شهری در کیلوگرم خاک در هر دو سطح فشردگی خاک بود که ۹ درصد بیش‌تر از تیمار شاهد بود (شکل ۷). خلیلیان و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کرد که تهویه ضعیف خاک‌های فشرده، معدنی شدن ماده آلی را کاهش داده و باعث کاهش معدنی‌شدن نیتروژن، فسفر و عناصر دیگر و در نتیجه جذب آن‌ها به‌وسیله گیاه می‌شود؛ در نتیجه رشد گیاه کاهش می‌یابد (۲۰).



شکل ۷- تأثیر تیمارهای مختلف بر طول برگ ذرت.

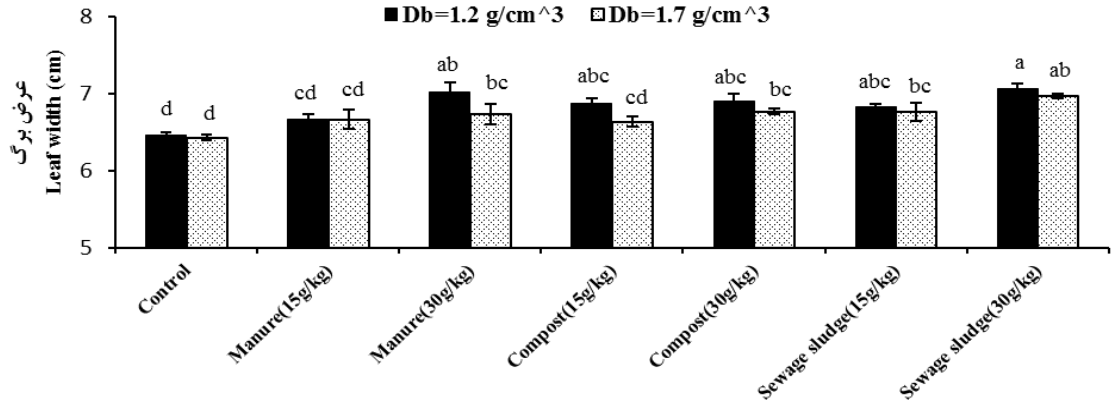
Figure 7. The effects of different treatments on corn leaf length.

عرض برگ: تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کودهای آلی و فشردگی خاک بر عرض برگ گیاه ذرت در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود ولی اثر متقابل کودهای آلی و فشردگی خاک معنادار نبود (جدول ٦). مقایسه میانگین‌های عرض برگ ذرت برای اثر اصلی کودهای آلی نشان داد که با مصرف کودهای آلی عرض برگ گیاه ذرت نسبت به تیمار شاهد به‌طور معناداری افزایش یافت. با افزایش سطح کودهای آلی از ۱۵ گرم به ۳۰ گرم بر کیلوگرم خاک نیز عرض برگ ذرت به‌طور معناداری افزایش یافت. مقایسه میانگین‌های عرض برگ ذرت برای اثر اصلی فشردگی خاک نشان داد که فشردگی خاک باعث کاهش عرض برگ ذرت شد (حدود ۱/۵ درصد) به‌طوری‌که بین دو سطح فشردگی تفاوت معنادار مشاهده شد (جدول ۷). برگ‌ها و ریشه گیاهان بیش‌ترین حساسیت را به تنش‌ها در بین بقیه اندام‌های گیاهان دارند (۲۵)؛ بنابراین، افزایش فشردگی خاک باعث کاهش توسعه برگ‌های ذرت شد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های عرض برگ ذرت برای اثر متقابل فشردگی خاک و کودهای آلی نشان داد که با مصرف کودهای آلی در سطح اول فشردگی خاک عرض برگ افزایش یافت به‌طوری‌که به‌جز ۱۵ گرم کود دامی بر کیلوگرم خاک همه تیمارها نسبت به شاهد تفاوت معناداری داشتند. در سطح دوم فشردگی خاک نیز به

www.SID.ir

Archive of SID

غیر از ۱۵ گرم کمپوست پسماند شهری بر کیلوگرم خاک، بقیه تیمارها با شاهد تفاوت معنادار داشتند. بیش‌ترین عرض برگ مربوط به تیمار ۳۰ گرم کمپوست لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک در هر دو سطح فشردگی خاک بود (شکل ۸). شیرانی و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای که روی گیاه ذرت در شرایط مزرعه‌ای انجام دادند، مشاهده کردند که با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کود دامی در هکتار، چگالی ظاهری خاک نسبت به شاهد به‌طور معناداری کاهش یافت و افزایش رشد و عملکرد ذرت را در پی داشت (۳۸). چن و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که غلظت نیتروژن گیاه در تولید هورمون سیتوکینین مؤثر است (۹). با توجه به نقش این هورمون در رشد و توسعه سلولی، به‌نظر می‌رسد افزایش شاخص‌های رشد گیاه از جمله سطح برگ گیاه مربوط به غنی بودن کودهای آلی به‌ویژه لجن فاضلاب از عناصر پرمصرف مانند نیتروژن و فسفر (نسبت به خاک) می‌باشد. مصرف کودهای آلی در خاک‌های فشرده جمعیت ریزجانداران مفید را در خاک افزایش داده و باعث افزایش فعالیت‌های آنزیمی مختلف در خاک می‌شود که موجب بهبود فراهمی عناصر غذایی در خاک و افزایش جذب آن‌ها به‌وسیله گیاه می‌شود (۳۲).



شکل ۸- تأثیر تیمارهای مختلف بر عرض برگ ذرت.

Figure 8. The effects of different treatments on corn leaf width.

تعداد برگ در بوته: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کودهای آلی و فشردگی خاک و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد برگ در بوته ذرت معنادار نبودند (جدول ٤). این نتایج با گزارش سینگ و آگراوال (۲۰۱۰) در مورد گیاه لوبیا مطابقت داشت (۳۹). این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط مورد مطالعه تعداد برگ در بوته ذرت تحت‌تأثیر منبع و مقدار کودهای آلی و فشردگی خاک قرار نگرفته است شاید این صفت بیش‌تر تحت‌تأثیر ژنتیک گیاه می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- ضرایب همبستگی میان ویژگی‌های مورد مطالعه.

Table 8. Correlation coefficients between the studied characteristics.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
۱- تعداد برگ در بوته 1-Number of leaves per plant	1								
۲- عرض برگ 2-Leaf width	0.860**	1							
۳- طول برگ 3-Leaf length	0.717**	0.538*	1						
٤- مقدار نسبی آب برگ 4-Leaf relative water content	0.422^{ns}	0.297^{ns}	0.631*	1					
٥- ارتفاع گیاه 5-Plant height	0.821**	0.645*	0.668**	0.406^{ns}	1				
٦- قطر ساقه 6-Stem diameter	0.770**	0.854**	0.427^{ns}	0.378^{ns}	0.70**	1			
۷- وزن خشک 7-Dry Weight	0.728**	0.813**	0.558*	0.199^{ns}	0.659*	0.761**	1		
۸- شاخص کلروفیل برگ‌ها 8-Leaf chlorophyll index	0.792**	0.696**	0.380^{ns}	0.177^{ns}	0.650*	0.685**	0.628*	1	
۹- کارایی مصرف آب 9-Water use efficiency	0.766**	0.846**	0.595*	0.240^{ns}	0.665**	0.770**	0.994**	0.646*	1

^{ns} Non-significant, * Significant at P≤0.05, ** Significant at P≤0.01.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که مصرف کودهای آلی وزن خشک بوته، شاخص کلروفیل برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه در محل بوته، طول و عرض برگ‌ها، مقدار نسبی آب برگ و کارایی مصرف آب ذرت را افزایش داد ولی بر تعداد برگ‌های آن تأثیر معناداری نداشت. افزایش چگالی ظاهری خاک (فشرده شدن خاک) سبب کاهش تمام ویژگی‌های ذکر شده شد. همچنین با مصرف کودهای آلی در خاک فشرده شده، تأثیر تراکم خاک بر رشد گیاه کاهش یافته و افزایش رشد و توسعه گیاه مشاهده گردید. بیش‌ترین میزان افزایش رشد مربوط به سطح ۳۰ g/kg کودهای آلی در هر دو سطح فشردگی خاک بود. گیاهان با کاربرد مقادیر بیش‌تر کودهای آلی وضعیت رشدی بهتری داشته و اندام‌های هوایی بزرگ‌تری ایجاد کردند. به‌طورکلی، برای افزایش رشد ذرت علوفه‌ای در خاک‌های فشرده و غیرفشرده، مصرف ۳۰ گرم (معادل ٦۰ تن در هکتار) کمپوست لجن فاضلاب یا کود دامی یا کمپوست پسماند شهری بر کیلوگرم خاک در شرایط مشابه می‌تواند توصیه شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1.Abbasi, M., Najafi, N., Aliasgharzad, N., and Oustan, S. 2012. Effects of soil water conditions and organic and chemical fertilizers on growth characteristics and water use efficiency of rice in an alkaline non-calcareous soil. J. Sci. Technol. Greenhouse Cul. 3: 11. 1-17. (In Persian)

2.Ahmadinezhad, R., Najafi, N., Aliasgharzad, N., and Oustan, S. 2013. Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). Water and Soil Science. 23: 2. 177-194. (In Persian)

3.Akanni, D.I., and Ojeniyi, S.O. 2007. Effect of different levels of poultry manure on soil physical properties, nutrients status, growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Res. J. Agron. 1: 1. 1-4.

4.Akbarnejad, F., Astaraei, A., Fotovat, A., and Nasiri Mahalati, M. 2010. The effect of municipal compost waste and sewage sludge on the yield and component yield in medicinal plant black cumin (*Nigella sativa* L.). J. Field Crops Res. 8: 5. 767-771. (In Persian)

5.Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guideline for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 300p.

6.Baran, A., Cayci, G., Kutuk, C., and Hartmann, R. 2001. The effect of grape marc as growing medium on growth of hypostases plant. Bioresource Technology. 78: 103-106.

7.Bayhan, Y., Kayisoglu, B., and Gonulol, E. 2002. Effect of soil compaction on sunflower growth. Soil and Tillage Research. 68: 31-38.

8.Bazzof, P., Pellegrini, S., Rocchini, A., Morandi, M., and Grasselli, O. 1998. The effect of urban refuses compost and different tractors tyres on soil physical properties, soil erosion and maize yield. Soil and Tillage Research. 48: 275-286.

9.Chen, J.G., Cheng, S.H., Cao, W.X., and Zhou, X. 1998. Involvement of endogenous plant hormones in the effect of mixed nitrogen source on growth and tillering of wheat. J. Plant Nutr. 21: 87-97.

10.Coker, E.J., and Matthews, P.J. 1983. Metals in sewage sludge and their potential effects in agriculture. Water Science, complexing of zinc and copper in displaced solution from calcareous soils. Soil Science Society of American Proceedings. 30: 723-726.

11.Eghball, B., Ginting, D., and Gilley, J.E. 2004. Residual effect of manure and compost application on maize production and soil properties. Agron. J. 96: 442-447.

12.Emam, Y. 2004. Cereal cultivation. Third Edition, Shiraz University Press, Iran. 194p. (In Persian)

13.Fageria, N.K., Balingar, V.C., and Clark, R.B. 2006. Physiology of crop production. The Haworth Press Inc., New York/London, Oxford, Pp: 23-60.

14.Gee, G.W., and Or, D. 2002. Particle-size analysis, P 255-295. In: J.H. Dane and G.C. Topp (Eds.), Methods of Soil Analysis Part 4. Physical Methods. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. USA.

15.Grzesiak, M.T. 2009. Impact of soil compaction on root architecture, leaf water status, gas exchange and growth of maize and triticale seedlings. Plant Root. 3: 10-16.

16.Gupta, P.K. 2000. Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Agrobios, New Delhi, India. 438p.

17.Hamza, M.A., and Anderson, W.K. 2005. Soil compaction in cropping system. A review of the nature, cause and possible solution. Soil and Tillage Research. 82: 121-145.

18.Hazelton, P.A., and Murphy, B.W. 2007. Interpreting soil test results: what do all the numbers mean? CSIRO Publishing, Collingwood, Australia. 160p.

19.Khaleel, R., Reddy, K.R., and Overcash, M.R. 1991. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: a review. Journal of Environmental Quality. 10: 133-141.

www.SID.ir

Archive of SID

20.Khalilian, A., Hood, C.E., Palmer, J.H., Garner, T.H., and Bathke, G.R. 1991. Soil compaction and crop response to wheat/soybean inter seeding. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 34: 6. 2299-2303.
21.Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium, P 225-246. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeny (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. USA.
22.Kramer, P.J. 1983. Water relations of plants. Academic Press, Inc. Florida, USA.
23.Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 421-428.
24.McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement, P 199-224. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeny (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. USA.
25.Marschener, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, New York, 890p.
26.Motavalli, P.P., Kelling, K.A., and Converse, J.C. 2003. First-year nutrient availability from injected dairy manure. J. Environ. Qual. 18: 180-185.
27.Moullart, J. 1998. Factors influencing soil and subsoil compaction and impact of compaction on yield of different plants. Proceedings of the first workshop of the concerted action on subsoil compaction. DLO-Staring Centre, Wageningen, the Netherlands, May 28-30, Pp: 145-154.
28.Najafi, N., Mardomi, S., and Oustan, S. 2012. Changes in DTPA extractable Copper, Iron, Manganese and Zinc following waterlogging and application of sewage sludge and animal manure in two different types of soil. Iran. J. Soil Water Res. 43: 1. 9-22. (In Persian)
29.Najafi, N., and Mardomi, S. 2012. The Effects of waterlogging, sewage sludge and manure on the growth characteristics of sunflower in a sandy loam soil. J. Water Soil. 25: 6. 1264-1276. (In Persian)
30.Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, P 539-579. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeny (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. USA.
31.Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus, P 403-430. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeny (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. USA.
32.Parham, J.A., Deng, S.P., Raun, W.R., and Johnson, G.V. 2002. Long-term cattle manure application in soil. I. Effect on soil phosphorus levels, microbial biomass C and dehydrogenase and phosphatase activities. Biology and Fertility of Soils. 35: 328-337.
33.Pavlista, A.D., and Blumental, J.M. 2000. Potatoes in nutrient management of agronomy crops in Nebraska, P 151-156. In: R.B. Ferguson and K.M. Dee Groot (Eds.), Publication of Nebraska University Cooperative Extension (EC00-155), Lincol.
34.Peters, J. 2003. Recommended Methods of Manure Analysis. Cooperative Extension Publishing, University of Wisconsin, USA. 58p.
35.Richards, L.A. 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Laboratory Staff, Agricultural Handbook No. 60, USDA. 159p.
36.Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30: 105-111.
37.Sharifi, M., Afyuni, M.A., and Khoshgoftarmanesh, H. 2011. Effects of sewage sludge, compost and cow manure on availability of soil Fe and Zn and their uptake by corn, alfalfa and tagetes flower. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 15: 56. 141-154. (In Persian)
38.Shirani, H., Hajabbasi, M.A., Afyuni, M., and Hemmat, A. 2010. Impact of tillage systems and farmyard manure on soil penetration resistance under corn cropping. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 14: 51. 141-155. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

39.Singh, R.P., and Agrawal, M. 2010. Effect of different sewage sludge applications on growth and yield of *Vigna radiata* L. field crop: Metal uptake by plant. Ecological Engineering. 36: 969-972.
40.Smith, S.R. 1992. Sewage sludge and refuse composts as peat alternative for conditioning impoverished soils. J. Hort. Sci. 67: 703-716.
41.Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compatibility: A review of some practical aspects. Soil and Tillage Research. 16: 179-202.
42.Sullivan, M.F. 1992. Uniaxial compaction effects on soil physical properties in relation to soil type and cultivation. Soil and Tillage Research. 24: 257-269.
43.Sumner, M.E. 2000. Beneficial use of effluents, wastes and biosolids. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 31: 1701-1715.
44.Tan, X., Chang, S., and Kabzems, R. 2008. Soil compaction and forest floor removal reduced microbial biomass and enzyme activities in a boreal aspen forest soil. Biology and Fertility of Soils. 44: 471-479.

www.SID.ir

Archive of SID

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 5(2), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effects of three types of organic fertilizers on the growth characteristics and water use efficiency of corn at different levels of soil compaction

A. Mohammadnejad[1], *N. Najafi[2] and M.R. Nishabouri[3]
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz,
[2]Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz,
[3]Professor, Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz
Received: 05/25/2014; Accepted: 12/28/2014

Abstract

Background and Objectives: Soil compaction is one of the most prevailed limitations for crop growth and yield. The use of organic matters as fertilizer on agricultural soils can reduce the effects of soil compaction and provide the nutrients for the plants. On the other hand, organic matter and water deficits are common in most soils of Iran. Increasing organic matter of soils by application of farmyard manure (FYM), sewage sludge compost (SSC) and municipal solid waste compost (MSWC) can improve physical, chemical and biological properties of soil and increase water use efficiency (WUE) and plant growth. Therefore, this study was done to evaluate the effects of FYM, SSC and MSWC on the growth characteristics and WUE of corn at different levels of soil compaction.

Materials and Methods: A factorial experiment was carried out in a randomized complete blocks design with three replications at Agricultural Research Station of University of Tabriz in 2012. The first factor was the source and amount of organic fertilizer (FYM, SSC and MSWC and each of organic fertilizers at three levels of 0, 15, 30 g/kg soil) and the second factor was two levels of soil compaction (1.2 and 1.7 g/cm^3). Ten kilograms of dry soil were poured into special PVC pots with internal diameter of 15.2 cm and corn (*Zea mays* cv. Single cross 704) seeds were cultivated. During growth period leaf relative water content (RWC), amount of water used and leaf chlorophyll index and at the end of growth period WUE, plant dry matter, leaf length and width, stem diameter and plant height were measured.

Results: The results showed that application of all three types of organic fertilizers at both levels of soil compaction caused an increase in plant dry matter, leaf length and width, stem diameter, leaf chlorophyll index, RWC and WUE and the maximum of these characteristics was obtained by application of 30 g organic fertilizers/kg soil. Soil compaction caused a decrease in WUE, plant growth and above mentioned characteristics except number of leaves per plant. Application of organic fertilizers and increasing their levels reduced the negative effects of soil compaction on corn growth characteristics and WUE; so that at the soil compaction level of 1.7 g/cm^3, the corn growth in the 30 g of each fertilizer/kg soil was greater than the 15 g of them/kg soil.

Conclusion: Soil compaction reduced corn plant growth and WUE. The negative effects of soil compaction on corn growth characteristics can be reduced by application of FYM, SSC and MSWC. In general, in order to increase WUE and corn growth, application of 30 g of FYM or SSC or MSWC per kg soil can be recommended at similar (compacted and non-compacted) conditions.

Keywords: Corn, Manure, Municipal solid waste compost, Sewage sludge, Soil compaction

* Corresponding Authors; Email: n-najafi@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir