تأثیر برخی از مواد آلی افزودنی بر جمعیت میکروبی خاک و غلظت عناصر غذایی در گیاه ذرت (*Zea mays L.*)

سارا ملا علی عباسیان[1*]، آرش همتی[2]، علی اسکندر نسل[3]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۸)

چکیده

در این پژوهش تأثیر پنج نوع ماده آلی مختلف بر میزان ماده آلی خاک، جمعیت قارچی و باکتریایی ریزوسفر و غیر ریزوسفر در خاک و بر غلظت عناصر غذائی در قسمت هوایی ذرت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. قبل از کشت ذرت ماده آلی خاک، قبل و بعد از اضافه کردن پنج نوع ماده آلی مختلف در طول یک سال اندازه‌گیری شد. سپس، ذرت کشت و قبل از اینکه به تولید دانه برسد برداشت شد و غلظت برخی عناصر غذایی در بخش هوایی ذرت تعیین گردید. همچنین، جمعیت باکتریایی و قارچی در قسمت ریزوسفر و غیر ریزوسفر تعیین گردید. نتایج نشان داد بیشترین جمعیت باکتری‌های ریزوسفری در تیمارهای لئوناردیت (۲۳۱×۱۰^{۴} cfu.g^{-1} soil)، اسید فولویک (۲۲۹×۱۰^{۴} cfu.g^{-1} soil) و لیگنوسولفانات کلسیم کلسیم (۲۱۸×۱۰^{۴} cfu.g^{-1} soil) و بیشترین جمعیت قارچ‌های ریزوسفری در تیمار لیگنوسولفانات کلسیم (۲۶۳×۱۰^{۳} cfu.g^{-1} soil) مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد (جمعیت باکتری و قارچی در تیمار شاهد به ترتیب برابر است با ۱۸۲×۱۰^{۴} cfu.g^{-1} soil و ۲۳۰×۱۰^{۳} cfu.g^{-1} soil) افزایش معنی‌داری نشان داد. بیشترین نیتروژن برگ ذرت در تیمار اسید فولویک (۳۵/۷۸ g kg^{-1}) و لیگنوسولفانات کلسیم (۳۳/۹ g kg^{-1}) و بیشترین فسفر برگ در تیمار اسید فولویک (۴/۲۷ g kg^{-1}) مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب افزایش ۲۳/۲، ۱۶/۷ و ۲۰/۲۸ درصدی را نشان دادند. در تیمارهای اسید فولویک، لیگنوسولفانات کلسیم و لئوناردیت بیشترین مقدار پتاسیم و در تیمار لیگنوسولفانات کلسیم بیشترین مقدار کلسیم و منیزیم برگ اندازه‌گیری شد. گوگرد برگ در تیمار لئوناردیت بیشترین مقدار را داشت ولی با تیمارهای لیگنوسولفانات کلسیم و اسید فولویک اختلاف معنی‌داری نداشت. مقادیر عناصر ریزمغذی برگ در تیمار اسید فولویک بیشترین بود ولی آهن و مس برگ علاوه بر این در تیمار لیگنوسولفانات کلسیم نیز بیشترین مقدار بود.

واژه‌های کلیدی: کربن آلی، ذرت، عناصر غذایی، لیگنوسولفانات کلسیم، کود دامی

ملا علی عباسیان س.، همتی آ.، اسکندر نسل ع . ۱۴۰۳. تأثیر برخی از مواد آلی افزودنی بر جمعیت میکروبی خاک و غلظت عناصر غذایی در گیاه ذرت (*Zea mays L.*). تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۲، شماره ۱. صفحه: ۱-۱۴.

۱- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

۲- دانش آموخته دکترا گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز -مدیر عامل شرکت قزل تپراق

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد شیمی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک- دانشکده کشاورزی- دانشگاه مراغه

پست الکترونیک: s.abasiyan@gmail.com

مقدمه

گیاه ذرت (*Zea mays* L.) از جمله غلات مهم و با ارزش مناطق گرمسیری و معتدل جهان است، که از نظر تولید در جهان پس از گندم و برنج سومین غلهٔ مهم به شمار می‌آید (Beiragi *et al.* 2011). این محصول زراعی دو منظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) نقش مهمی در تغذیهٔ انسان و دام دارد (Dahmardeh *et al.*, 2009).

امروزه به منظور ایجاد یک سیستم تولیدی سالم و دوستدار محیط زیست، تغییر بینش در تولید کشاورزی از افزایش عملکرد به بهبود کیفیت و کمیت، امری ضروری است. در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک گردیده است (Sharma, 2002). میزان ماده آلی خاک‌ها معمولاً کمتر از یک درصد برای برخی از خاک‌های شنی و تا صد درصد برای خاک‌های پیت متغیر است. ترویج استفاده از کودهای آلی می‌تواند بعنوان یک روش در ایجاد کشاورزی پایدار دوستدار محیط زیست معرفی شود (Lu *et al.*, 2019; Yazdanpanah & Motalebifard, 2016). در ایران، خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی را شامل می‌شوند که از نظر مواد آلی فقیر می‌باشند، لذا برای بهبود باروری این خاک‌ها، افزودن مواد آلی به آنها ضروری است. مطالعات متعددی که اثرات کوددهی طولانی مدت روی خصوصیات خاک و عملکرد گیاهان را بررسی نموده‌اند، نشان دهنده اهمیت ویژه کاربرد کود به عنوان یکی از عملیات کشاورزی برای افزایش حاصلخیزی خاک و تولید محصول است (Gu *et al.*, 2019).

به منظور ماندگاری مواد آلی در خاک، معمولاً توصیه به مصرف مواد هیومیک می‌شود. مواد هیومیک (اسید هیومیک و اسید فولویک) ترکیبات مهم مواد آلی خاک هستند که تأثیر مستقیم و غیر مستقیم بر رشد گیاه دارند (Lotfi *et al.*, 2017). مواد هیومیک علاوه بر این که خود ذخیره خوبی از عناصر غذایی را در بر دارد، به آزادسازی و جذب بهتر عناصر تثبیت شده نیز کمک می‌کند. در ضمن، مواد هیومیک در تغییرات شدید pH نقش بافر را ایفا می‌نماید و از تغییر سریع اسیدیته و یا قلیائیت خاک جلوگیری می‌کند (Hemati *et al.*, 2022). کود دامی یکی دیگر از منابع ماده‌آلی است که استفاده از آن در نظام‌های مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد. در منابع مختلف به کرات، اثرات مثبت کودهای دامی بر باروری خاک، غنی سازی و افزایش ماده آلی خاک و همچنین رشد و نمو گیاه گزارش شده است (Kaur *et al.*, 2008). یکی از کودهای آلی مفید در اکوسیستم‌های پایدار، ورمی‌کمپوست می‌باشد این ماده آلی، سرشار از عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاه، هورمون‌های محرک رشد و آنزیم‌های مختلف است (Hemati *et al.*, 2022). لئوناردیت[1] شکل غلیظی از مواد هیومیک (اسیدهای هیومیک، فولویک و هیومین) است و ظاهری شبیه زغال دارد اما به فشردگی زغال نمی‌رسد (Erkoc, 2009). لئوناردیت غنی از مواد آلی (۵۰ تا ۷۰ درصد) است و محتوای اسید هیومیک آن می‌تواند بین ۳۰ تا ۸۰ درصد تغییر کند (Akinremi *et al.*, 2000). تاثیر کودهای حاوی اسید هیومیک بر عملکرد گیاه و جذب مواد غذایی توسط آنها بستگی به نوع اسید هیومیک، غلظت، نوع استفاده، نوع گیاه و عملیات کشت و زرع دارد (Chen & Aviad, 1990). لیگنوسولفانات کلسیم دومین ماده آلی فراوان گیاهی بعد از سلولز است که نسبت به سایر مواد ارگانیک مشتق شده گیاهی نسبتاً مقاوم به تجزیه بیولوژیکی در خاک است و استفاده از آن باعث پایداری مواد آلی در خاک شده و درنتیجه، به تشکیل هوموس در خاک کمک می‌کند (Gul *et al.*, 2014). طبق نظریه‌های تشکیل مواد هیومیک، لیگنوسولفانات کلسیم به عنوان پیش‌ساز مواد هیومیک عنوان شده است. در تحقیقی که توسط نجفی و محمدنژاد (سال) بر اثرگذاری کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری در دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار بر رشد ذرت انجام شد، دریافتند که مصرف کودهای آلی در خاک، غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز علوفه ذرت را افزایش داده ولی بر غلظت سدیم آن تاثیر معنی‌داری نداشت. آنها همچنین برای افزایش رشد و بهبود تغذیه ذرت علوفه‌ای در خاک‌های سبک بافت مصرف ۳۰ یا ۶۰ تن بر هکتار کمپوست لجن فاضلاب یا کود دامی یا

1 .*Leonardite*

کمپوست پسماند شهری را توصیه نمودند (Najafi & Mohammadnejad, 2016).

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت، نیاز بیشتر به تولید غذا و تأمین مواد غذایی در واحد سطح بیش از پیش احساس می‌شود. از طرفی نیز بحث فقر مواد آلی در خاک و بحث عدم پایداری مواد آلی اضافه شده در خاک یکی از معضلات کشور می‌باشد. لذا، این پژوهش با هدف مقایسه اثر بخشی انواع مواد آلی و مواد هیومیک (اسید هیومیک و اسید فولویک) در بهبود میزان ماده آلی خاک مورد مطالعه و همچنین بررسی اثر نوع و مقدار مواد آلی مختلف بر وضعیت تغذیه‌ای گیاه ذرت و جمعیت میکروبی ریزوسفر در راستای کشاورزی پایدار انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قطعه زمینی به مساحت ۱۰۸ متر مربع با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۶ درجه، ۲۷ دقیقه، ۳۱/۷ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه، ۳۷ دقیقه، ۳۹/۶ ثانیه عرض شمالی در مزرعه پژوهشی دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۹ اجرا گردید. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee & Or, 2002)، کربن آلی به روش والکی و بلک (Nelson & Sommers, 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی و pH با روش های مرسوم آزمایشگاهی اندازه‌گیری گردید (Thomas, 1996). برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است. پنج ماده آلی مورد استفاده از شرکت جهان سبز ایساتیس یزد تهیه گردید. مقدار اسید هیومیک و اسید فولویک تیمارها با روش پیشنهادی انجمن بین المللی مواد هیومیک (Swift, 1996)، کربن آلی، EC، pH، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و گوگرد در این تیمارها مطابق با روش‌های موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تعیین گردید (Laos *et al*., 2002) (جدول ۲). پنج تیمار اسید فولویک، ورمی‌کمپوست (گاوی)، کود حیوانی (نوع گاوی)، لیگنوسولفانات کلسیم (۹۹ درصد لیگنوسولفانات کلسیم) و لئوناردیت به همراه یک تیمار شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ۱۸ کرت (مساحت هر کرت ۶ متر مربع) اجرا شد. برای افزودن مواد آلی به خاک دو فاکتور در نظر گرفته شد: حداکثر صرفه اقتصادی و مقدار کربن آلی. در تیمارهای کود دامی، ورمی کمپوست و لئوناردیت مقدار درصد یکسان کربن آلی در نظر گرفته شد ولی در لیگنوسولفانات کلسیم و اسید فولویک صرفه اقتصادی کود اجازه استفاده در مقدار کربن یکسان نمی‌داد و به همین علت حداکثر مقداری که دارای صرفه اقتصادی و قیمت برابر با سایر کودهای آلی بود، استفاده شد. یعنی در کرت‌های مربوط به کود دامی، ورمی-کمپوست، اسید فولویک، لئوناردیت و لیگنوسولفانات کلسیم به ترتیب ۴۰، ۶۶/۶، ۰/۱۸۳، ۲۱/۶ و ۰/۲۷۵ تن در هکتار از ماده آلی مربوطه اضافه گردید. به منظور مخلوط شدن مناسب مواد آلی افزوده شده، کرت‌ها هر سه ماه یک-بار خاکورزی سطحی داشته اند. حدود یک سال کرت‌ها بدون کشت به حال خود رها شدند. بعد از یکسال به منظور بررسی تاثیر تیمارها بر خصوصیات رشدی، از گیاه ذرت رقم سیمون نوع هیبرید سینگل گراس (دانه‌ای- علوفه‌ای) استفاده گردید. در ادامه، عملیات کشت با تراکم ۱۶×۶۰ سانتی متر انجام شد. در این پژوهش، عملیات آبیاری از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای با دور آبیاری هفت روزه انجام شد. پس از حدود چهار ماه رشد، شاخساره گیاه از محل طوقه برداشت و پس از شستشو در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های خشک شده آسیاب و تمام آن‌ها از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شدند. برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، روی، منگنز و مس از روش هضم خشک استفاده شد. در این روش، خاکستر تهیه شده در مخلوط دو اسید (اسید کلریدریک و اسید نیتریک) حل و صاف شد (Westerman, 1991). سپس در عصاره‌های تهیه شده غلظت کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز، مس و گوگرد به‌وسیله دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670 (Waling *et al*., 1989)، پتاسیم به‌وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر (Jones, 2001) و فسفر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

به منظور بررسی جمعیت ریزوسفری و غیر ریزوسفری و تعیین نسبت R/S، کل باکتری‌های ریزوسفری و غیر ریزوسفری در کرت‌های ذرت با تیمارهای معین مواد آلی با استفاده از روش سری رقت ابتدا رقیق و سپس با روش شمارش کلنی ($CFU.g^{-1}$) شمارش شدند (Ben-David & Davidson, 2014). برای تعیین نسبت R/S، مقدار جمعیت باکتریایی در ریزوسفر بر مقدار جمعیت باکتریایی در خاک غیر ریزوسفر تقسیم شد (Ben-David & Davidson,

2014). همچنین برای تعیین کل قارچ‌های ریزوسفری و غیر ریزوسفری و تعیین نسبت R/S قارچی نیز از همین روش استفاده شد. محیط کشت مورد استفاده در شمارش باکتری‌ها و قارچ‌ها به ترتیب محیط کشت تریپتیک سوی آگار[1] (TSA) و محیط کشت دکستروز آگار سیب زمینی[2] (PDA) می‌باشد. توده خاک چسبیده به ریشه به عنوان خاک ریزوسفر و خاک کنار این توده به عنوان خاک غیر ریزوسفری انتخاب شد.

تحلیل آماری داده‌ها شامل آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتـــمال پنج درصـد) با نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

Table 1. Some physico-chemical properties of the studied field soil

Texture	Soil particle-size fraction (%)			OM (٪)	EC (1:1) (dSm^{-1})	pH (1:1)	Available P ($mg.kg^{-1}$)	Available K ($mg.kg^{-1}$)
	sand	silt	clay					
Sandy clay loam	58	16	26	0.88	0.64	7.6	7.56	342

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های شیمیایی مواد آلی مورد استفاده

Table 2. Some physico- chemical properties of the used organic matter components

Treatments	OM	HA	FA	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	Cu	C/N	EC	pH
	(%)									$mg\ kg^{-1}$						dSm^{-1}	(1:1)
Manure	23.8	8.4	2.9	1.1	0.3	0.9	1.3	0.1	0.7	300	200	300	1300	50	23.36	2.3	7.8
Vermicompost	23.8	12.3	1.6	2.2	1.3	1.8	2.9	0.2	0.8	200	100	270	2800	20	10.33	3.7	7.9
Leonardite	63.4	30.6	2.8	0.8	0.1	0.6	1.5	0.2	3.4	200	1200	200	2100	60	62.64	1.9	3.2
Lignosulfonate Calcium	82.3	1.9	6.4	1.9	0.1	0.2	7.1	0.3	1.9	400	900	270	1900	50	27.57	6.8	7.1
Fulvic acid	40.8	2.1	35.9	9.9	0.1	2.3	0.1	0.1	1.3	500	1000	330	2400	70	4.50	11.8	2.9

نتایج و بحث

مقایسه اثر بخشی کودهای آلی در افزایش درصد ماده آلی خاک

در این پژوهش، بعد از یک سال که از افزودن تیمارهای مختلف ماده آلی به کرت‌ها با ابعاد و شرایط یکسان می‌گذشت، ماده آلی در دو عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری و ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد (جدول ۳) که مقدار ماده آلی در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری، در کرت‌هایی که لئوناردیت در آنها استفاده شده بود بیشترین (۱۰۰ درصد افزایش) و در کرت‌های شاهد در هر دو عمق کمترین مقدار (صفر درصد) بود. از لحاظ اثر بخشی اصلاح کننده‌های مختلف، تیمارهای لئوناردیت، ورمی‌کمپوست و لیگنوسولفانات کلسیم به ترتیب بیشترین تاثیر مثبت در افزایش درصد ماده آلی را دارا می‌باشند. با وجود تمام تفاسیر در بحث ماندگاری ماده آلی در خاک، تیمار لئوناردیت بسیار پایدارتر از بقیه تیمارها بود که می‌تواند به علت وجود اسید هیومیک و ترکیبات پایدار هوموسی در این تیمار باشد (Amir *et al*., 2008; Bustamante *et al*., 2008).

1- Tryptic Soy Agar (TSA)

2- Potato Dextrose Agar (PDA)

جدول ۳- درصد افزایش ماده آلی در تیمارهای مختلف

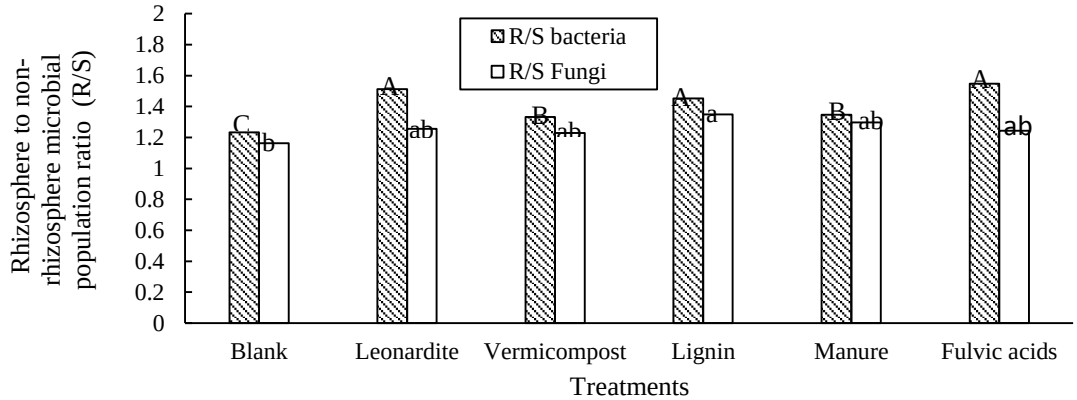
Table 3. Increase in soil organic matter in different treatments

Treatment	Depth 10cm	Depth 30 cm
Blank	0	0
Manure	11.8	0
Vermicompost	50	31.4
Fulvic acid	5.3	0
Leonardite	100	43.4
Lignosulfonate	5.58	1.45

بررسی جمعیت باکتری و قارچ‌های ریزوسفری

نتایج نشان داد همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد دارای جامعه باکتری ریزوسفری بالاتری بودند. تیمارهای لئوناردیت، لیگنوسولفانات کلسیم و اسید فولویک بیشترین و تیمار شاهد کمترین مقدار این شاخص را داشتند. تیمارها شرایط فعالیت ریشه و گیاه (از لحاظ تغذیه) را تحت تاثیر قرار داده و محیط را برای فعالیت باکتری ها بهتر تامین نموده‌اند و افزایش جامعه میکروبی در این تیمارها مشاهده شده است. همچنین، همه تیمارها نسبت به شاهد دارای جامعه ریزوسفری قارچی بیشتر از تیمار شاهد بودند ولی در بین تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد قلیایی بودن خاک منجر به کاهش رشد جمعیت قارچی می‌گردد (منبع). تیمار لیگنوسولفانات کلسیم با فراهم نمودن شرایط تغذیه‌ی و بهبود وضعیت خاک تاحدودی جامعه قارچی را افزایش داده است. همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد در همه تیمارهای مورد مطالعه نسبت باکتری‌های ریزوسفری به غیر ریزوسفری و همچنین نسبت قارچ‌های ریزوسفری به غیر ریزوسفری بزرگتر از یک است. یعنی افزودن کودهای آلی می‌تواند جمعیت میکروبی ریزوسفری را افزایش دهد که این خود اثر مفیدی در فراهمی زیستی عناصر غذایی دارد.

خاک کشاورزی محیطی غنی شده از میکروب‌هایی است که در برابر تغییرات محیطی حساس هستند (Lu *et al*., 2015). تغییرات عناصر غذایی، فلزهای سنگین و pH خاک بعد از کوددهی قویاً بر زیست توده، ترکیب و تنوع زیستی میکروب‌های خاک تاثیر می‌گذارد. بعنوان مثال، نیتروژن و کربن کافی که توسط مکمل‌های کود حیوانی فراهم می‌شود، رشد و تکثیر میکروب‌های خاک را تقویت می‌کند (Ren *et al*., 2018) درحالیکه فسفر اضافی موجود در اثر کوددهی، تنوع جمعیت میکروبی خاک را کاهش می‌دهد (Giacometti *et al*., 2014).

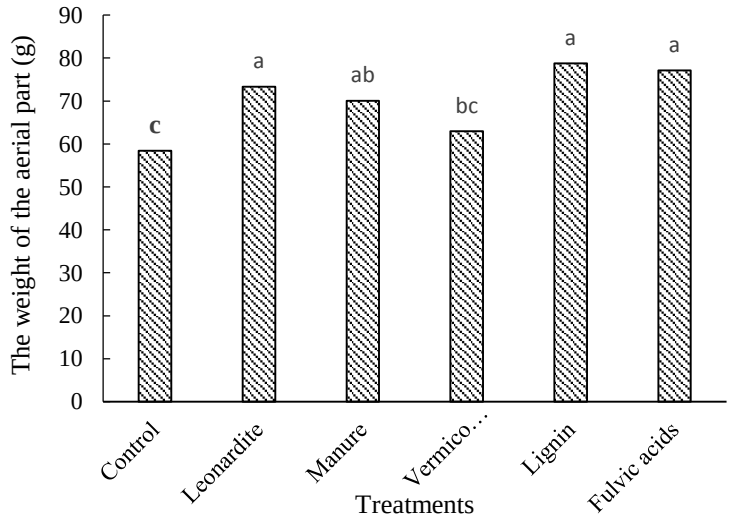


شکل ۱- مقایسه R/S جمعیت باکتریایی و قارچی در تیمارهای مختلف (مقایسه میانگین بطور مجزا برای R/S جمعیت باکتریایی و قارچی صورت گرفته لذا، به منظور سهولت معنی‌دار یا غیرمعنی‌دار بودن برای R/S جمعیت باکتریایی از حروف انگلیسی بزرگ و برای R/S جمعیت قارچی از حروف انگلیسی کوچک استفاده شده است).

Figure 1. Comparison of bacterial and fungal population in terms of R/S treatments (comparison of the mean R/S in bacterial and fungal population separately, therefore, in order to facilitate significance or no significance for R/S in the bacterial population and in the fungal population indicated by capital letters and lowercase, respectively).

اثر تیمارها بر شاخص‌های رشد گیاه

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن تر بخش هوایی گیاه ذرت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که وزن بخش هوایی در تیمار لیگنوسولفانات کلسیم بیشترین مقدار بود. وزن بخش هوایی در تیمار لیگنوسولفانات کلسیم نسبت به شاهد ۳۴/۵ درصد افزایش یافت. تیمارهای فولویک اسید، لئوناردیت و کود گاوی از نظر وزن بخش هوایی تفاوت غیرمعنی‌داری با تیمار لیگنوسولفانات کلسیم داشتند. در تیمار ورمی‌کمپوست میزان افزایش وزن بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد، ۸/۶ درصد بود (شکل). زیست فراهمی عناصر در این تیمارها و همچنین بهبود شرایط فیزیکی خاک در این تیمارها می‌تواند عامل اصلی این افزایش در این تیمارها باشد. از نتایج مشابه بدست آمده در این زمینه می‌توان به اثر مثبت کود دامی بر افزایش وزن نهال زیتون (Chatzistathis *et al*., 2020)، زعفران (Yarami & Sepaskhah, 2015)، اثر مثبت لئوناردیت در افزایش وزن غده های سیب زمینی (Kaya *et al*., 2020)، اثر لیگنین در افزایش زیست توده گندم زمستانه (Wang *et al*., 2005)، اثر مثبت هیومیک اسید و فولویک اسید به ترتیب بر افزایش وزن بنه زعفران (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷) و افزایش عملکرد کلاله زعفران (امینی فرد و احمدی، ۱۳۹۷) اشاره کرد. رشد گیاه عمدتاً از نیتروژن تاثیر می‌پذیرد و با توجه به زیست فراهمی زیاد این عنصر در اسید فولویک و همچنین جذب بیشتر و یا تثبیت نیتروژن بیشتر در تیمار لیگنوسولفانات کلسیم، این تیمارها رشد بیشتر و ارتفاع بیشتری داشته اند. افزایش طول بخش هوایی گیاه سیر در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست (Suthar, 2009)، افزایش ارتفاع بوته گیاه نعناع فلفلی بر اثر استفاده ورمی‌کمپوست (Ayyobi *et al*., 2014) و افزایش ارتفاع بوته گیاه ذرت بر اثر کاربرد کود دامی (Eghball *et al*., 2004) گزارش شده است.



شکل ۲- میانگین وزن بخش هوایی در تیمارهای مختلف افزودنی‌های آلی

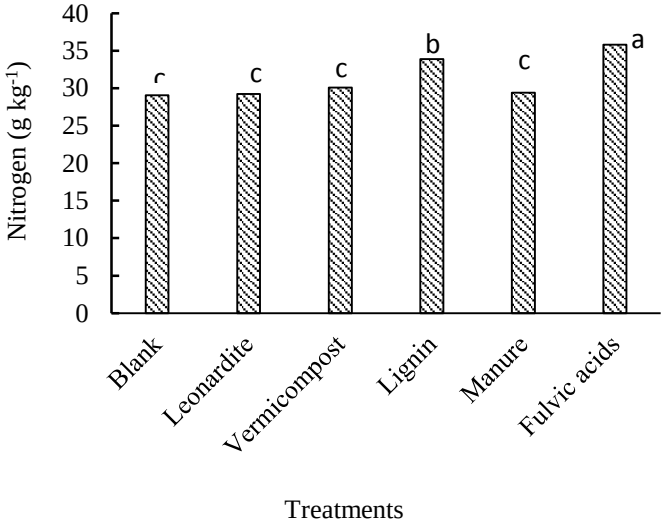
Figure 2. The average weight of the aerial part in different treatments

اثر تیمار ها بر غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی ذرت

نیتروژن

نتایج اندازه‌گیری نیتروژن اندام هوایی گیاه ذرت نشان داد که اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در سطح یک درصد وجود دارد. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که بیشترین غلظت نیتروژن در تیمار اسید فولویک مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۲۳ درصد افزایش نشان داد و کمترین غلظت نیتروژن در تیمار لئوناردیت مشاهده شد که تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد نداشت. بعد از اسید فولویک تیمار لیگنوسولفانات کلسیم دارای بیشترین نیتروژن اندام هوایی بود. این یافته‌ها با نتایج ارائه شده در جدول ۲ نیز مطابقت دارد. کود دامی دارای نیتروژن آلی می‌باشد و برای آزادسازی باید معدنی شود ولی در لیگنوسولفانات کلسیم، نیتروژن به صورت معدنی

اســـت. از لحاظ آماری بین تیمارهای شـــاهد، لئوناردیت، ورمی‌کمپوست و کود دامی در مقدار نیتروژن برگ اختلاف معنی‌داری مشـــاهده نشـــد (شـــکل ۳). اثر رقت می‌تواند از دلایل عدم اختلاف معنی‌دار تیمارهای ذکر شـــده با شـــاهد باشـــد. نیتروژن موجود در ســـاختار اســـید فولویک مورد اســـتفاده می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار نیتروژن در این تیمار باشـــد. همچنین اســـید فولویک و لیگنوســـولفانات کلسیم می‌تواند به دلیل کلات کردن عناصر، موجب جذب بیشـــتر این عنصـــر در برگ شده باشد. اسید فولویک جذب عناصـــر را افزایش و باروری خاک با عناصـــر ضـــروری کلات‌شـــده را افزایش می‌دهد در حالی‌که به محیط زیست آسیب نمی‌رساند (Nardi *et al.*, 2002). افزایش عملکرد و کارآیی با ماده‌ی آلی لیگنوسولفانات کلسیم می‌تواند به این دلیل باشـــد که مواد آلی قادرند رفتاری شـــبیه مواد محرک رشد، خصوصاً هورمون‌های اکسینی، از خود بروز دهند و از این طریق موجـب بهبود شـــاخص‌هـای رشـــد و عملکرد گیـــاهـــان گردنـــد (Nardi *et al.*, 2002). مواد آلی برای حاصـــلخیزی و حفظ ویژگی‌های زیســـتی، شـــیمیایی و فیزیکی خاک ضروری هستند. اخیراً توجه زیادی به امکان اســـتفاده از مواد آلی برای بهبود رشد گیاهان صورت گرفته است.



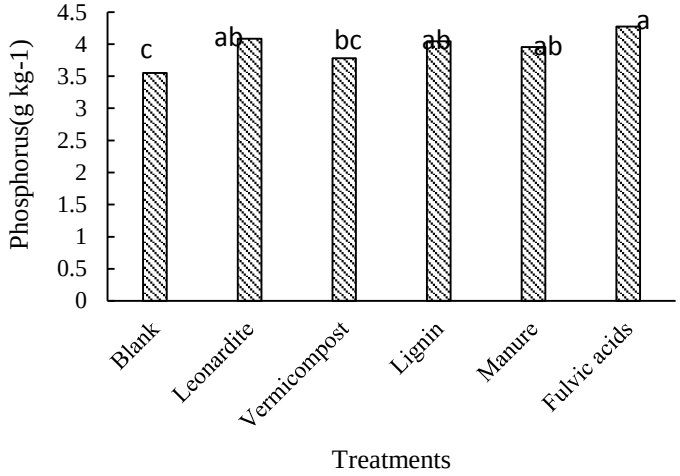
شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف برغلظت نیتروژن بخش هوایی

Figure 3. The effects of different treatments on Nitrogen concentration in aerial parts.

فسفر

مقایسه میانگین‌های غلظت فسفر شاخساره ذرت برای مواد آلی مورد پژوهش نشان داد که با مصرف هر ۵ نوع ماده آلی مختلف در خاک، غلظت فسفر شاخساره ذرت نسبت به شاهد با سطح احتمال ۵ درصد به طور معنی‌دار افزایش یافت که این افزایش در تیمار اسید فولویک بیشترین بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای لئوناردیت، کود دامی و لیگنوسولفانات کلسیم کلسیم نداشت. کمترین میزان غلظت فسفر در تیمار ورمی‌کمپوست مشاهده شد که تفاوت آماری معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۴). یکی از دلایل پایین بودن مقدار فسفر در تیمار ورمی‌کمپوست می‌تواند به دلیل ترشح کربنات کلسیم از سیستم مری کرم‌های ایزینیا فتیدا در طول تولید ورمی‌کمپوست باشد که با تشکیل رسوب فسفات کلسیم، موجب کاهش قابلیت جذب این عنصر شده است (Gupta, 2005). اسید فولویک با افزایش حلالیت فسفر موجود در خاک می‌تواند موجب افزایش مقدار این عنصر در گیاه شود. لئوناردیت نیز دارای عملکرد مناسبی بود که باز می‌تواند به دلیل اسید هیومیک بالای این کود باشد که موجب افزایش قابلیت جذب این عنصر شده است. کاظم‌زاده و همکاران (Kazemzadeh *et al.*, 2013) مشاهده کردند که با مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب، غلظت فسفر گندم افزایش می‌یابد. از آنجایی‌که مصرف کودهای آلی باعث تشدید جمعیت میکروبی خاک بخصوص در منطقه ریزوسفر می‌شود لذا، فعالیت میکروبی باعث حل شدن ترکیب‌های مختلف فسفر مانند فسفات آهن، آلومینیوم و کلسیم شده و قابلیت دسترسی فسفر افزایش می‌یابد (Marschner 1995; Pinton

et al., 2007). در پژوهشی افزایش میزان فسفر در اثر افزودن کودهای دامی را به تولید اسیدهای آلی متعدد که مانع از تثبیت فسفر می‌شوند نسبت داده‌اند که این اسیدها قادر به جایگزینی فسفر پیوند شده با سطوح تثبیت کننده بوده و باعث آزادسازی آنها می‌شوند (Kafkafi *et al.*, 1988). همچنین، اکو و همکاران (Eco *et al.*, 2007) دریافتند میزان ماده آلی و فسفر خاک با کاربرد لئوناردیت نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت. نتایج آن‌ها نشان داد که لئوناردیت می‌تواند بعنوان یک اصلاح کننده در خاک‌هایی با ماده آلی کم و بعنوان کود آلی برای افزایش عملکرد استفاده شود.

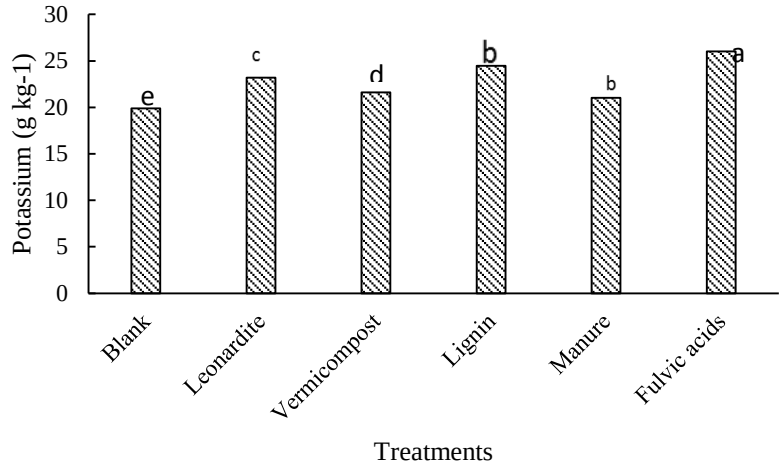


شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف بر غلظت فسفر بخش هوایی

Figure 4. The effects of different treatments on Phosphorus concentration in aerial parts.

پتاسیم

مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که اسید فولویک بیشترین و شاهد کمترین مقدار پتاسیم برگ را داشتند. بعد از اسید فولویک، لیگنوسولفانات کلسیم و لئوناردیت دارای بیشترین مقدار پتاسیم در برگ بودند (شکل ۵). اسید فولویک، لئوناردیت و لیگنوسولفانات کلسیم با افزایش قابلیت جذب پتاسیم موجود در خاک موجب افزایش قابلیت این عنصر شده‌اند که در این بین اسید فولویک عملکرد بهتری داشته است. البته طبق منابع موجود، نیتروژن بیشتر موجب جذب بیشتر پتاسیم در گیاه می‌شود. چند و همکارانش (سال ۲۰۱۱) افزایش غلظت پتاسیم بخش هوایی گیاه گل رز را با کاربرد مقدار ۲/۵ و ۵ گرم ورمی‌کمپوست بر کیلوگرم خاک به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار گزارش کردند (Chand *et al.*, 2011). رضایی‌نژاد و افیونی (Rezanejad & Afyuni, 2001) مشاهده کردند که با مصرف کود دامی از نوع گاوی میزان پتاسیم قابل جذب و غلظت پتاسیم شاخساره ذرت در مقایسه با شاهد بطور معنی‌داری افزایش یافت و آنها پیشنهاد نمودند برای تامین پتاسیم گیاه ذرت می‌توان از این کود استفاده کرد. قدرت تبادل یونی فولویک اسید بیش از دو برابر هیومیک اسید می‌باشد. این قدرت تبادل یونی بالا به دلیل حضور گروه کربوکسیل موجود در فولویک اسید می‌باشد، همچنین اسید هیومیک در pHهای پایین رسوب می‌کند در حالی که فولویک اسید محلول می‌باشد (Lee *et al.*, 2014). فولویک اسید اثرات سودمند زیادی از جمله افزایش مقاومت گیاهان به خشکی، بهبود جذب عناصر در گیاهان، مقاومت به pH خاک و کاهش آبشویی عناصر از خاک را دارد (Aiken *et al.*, 1986).

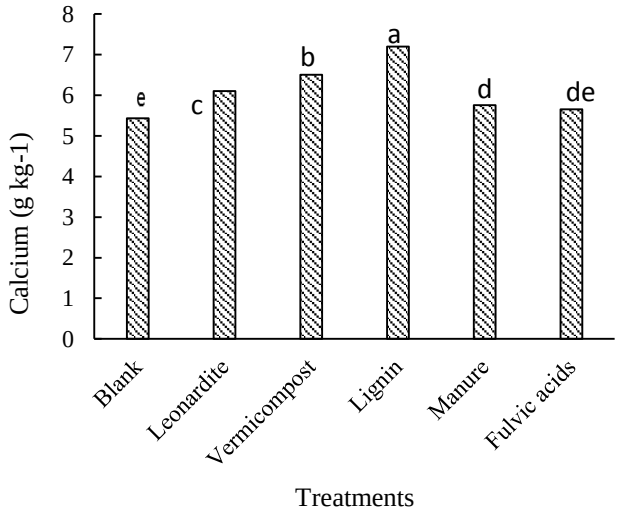


شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف بر غلظت پتاسیم بخش هوایی

Figure 5. The effects of different treatments on Potassium concentration in aerial parts.

کلسیم

مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که بیشترین میزان غلظت کلسیم در تیمار لیگنوسولفانات کلسیم مشاهده شد. کمترین میزان کلسیم در تیمارهای لئوناردیت و کود دامی مشاهده شد که غلظت کلسیم در این تیمارها به طور معنی‌داری از تیمار شاهد بیشتر بود. غلظت کلسیم در تیمارهای لیگنوسولفانات کلسیم و ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری از تیمارهای کود دامی، اسید فولویک و لئوناردیت بیشتر بود (شکل ۶). وجود هفت درصد کلسیم در ساختار لیگنوسولفانات کلسیم عامل اصلی افزایش این عنصر در این تیمار می‌تواند باشد. همچنین وجود ترشحات کربنات کلسیم در تیمار ورمی‌کمپوست می‌تواند عامل اصلی افزایش غلظت کلسیم در این تیمار باشد. مواد آلی با کمپلکس کردن کلسیم محلول و کاهش غلظت آن در محلول خاک از تشکیل فسفات کلسیم جلوگیری می‌نماید (Khadem *et al.*, 2014). لذا، انتظار می‌رود در تیمارهایی که مواد آلی استفاده می‌شود غلظت کلسیم در گیاه تاحدودی کاهش یابد.

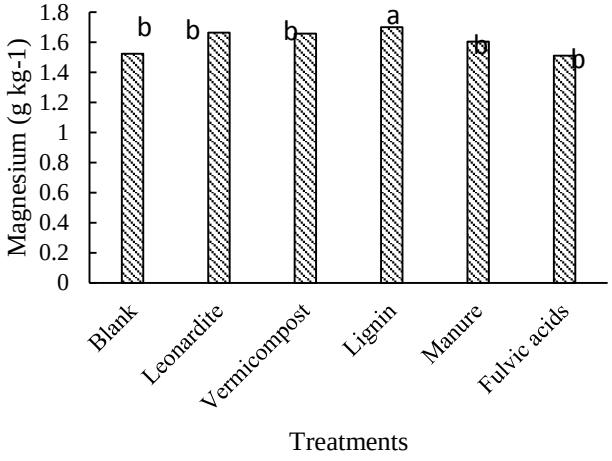


شکل ۶- اثر تیمارهای مختلف بر غلظت کلسیم بخش هوایی

Figure 6. The effects of different treatments on Calcium concentration in aerial parts.

منیزیم

طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها تیمار لیگنوسولفانات کلسیم دارای بیشترین مقدار منیزیم اندام هوایی بود ولی بقیه تیمارها اختلاف معنی داری نداشتند (شکل ۷). در تیمارهای لئوناردیت و ورمی‌کمپوست نیز مقدار منیزیم بیشتر از بقیه تیمارها بود ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نشد. منیزیم یکی از عناصر پرمصرف و ضروری گیاه می‌باشد که نقش اساسی در متابولیسم‌های ضروری گیاه دارد. عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها می‌تواند به دلیل پایین بودن مقدار منیزیم در ترکیبات به کار رفته باشد که در نتیجه، جذب کمی را نیز به همراه داشته است.

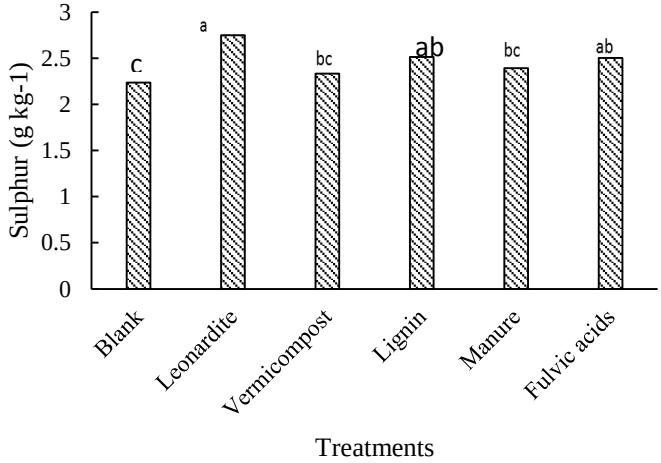


شکل ۷- اثر تیمارهای مختلف بر غلظت منیزیم بخش هوایی

Figure7. The effects of different treatments on Magnesium concentration in aerial parts.

گوگرد

مقایسه میانگین‌های غلظت گوگرد نشان داد بیشترین مقدار گوگرد اندام هوایی ذرت در تیمار لئوناردیت و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۸). بین تیمارهای لئوناردیت، لیگنوسولفانات کلسیم و اسید فولویک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. وجود ترکیبات گوگردی در تیمار لئوناردیت و همچنین افزایش قابلیت جذب این عنصر توسط تیمارهای اسید فولویک و لیگنوسولفانات کلسیم می‌تواند عامل اصلی این افزایش باشد. گوگرد از عناصر پر مصرف گیاه می‌باشد و در گیاه گوگرد عمدتاً در تولید اسیدهای آمینه و پروتئین در گیاهان نقش بسزائی دارد (Kayani rad, 2009).

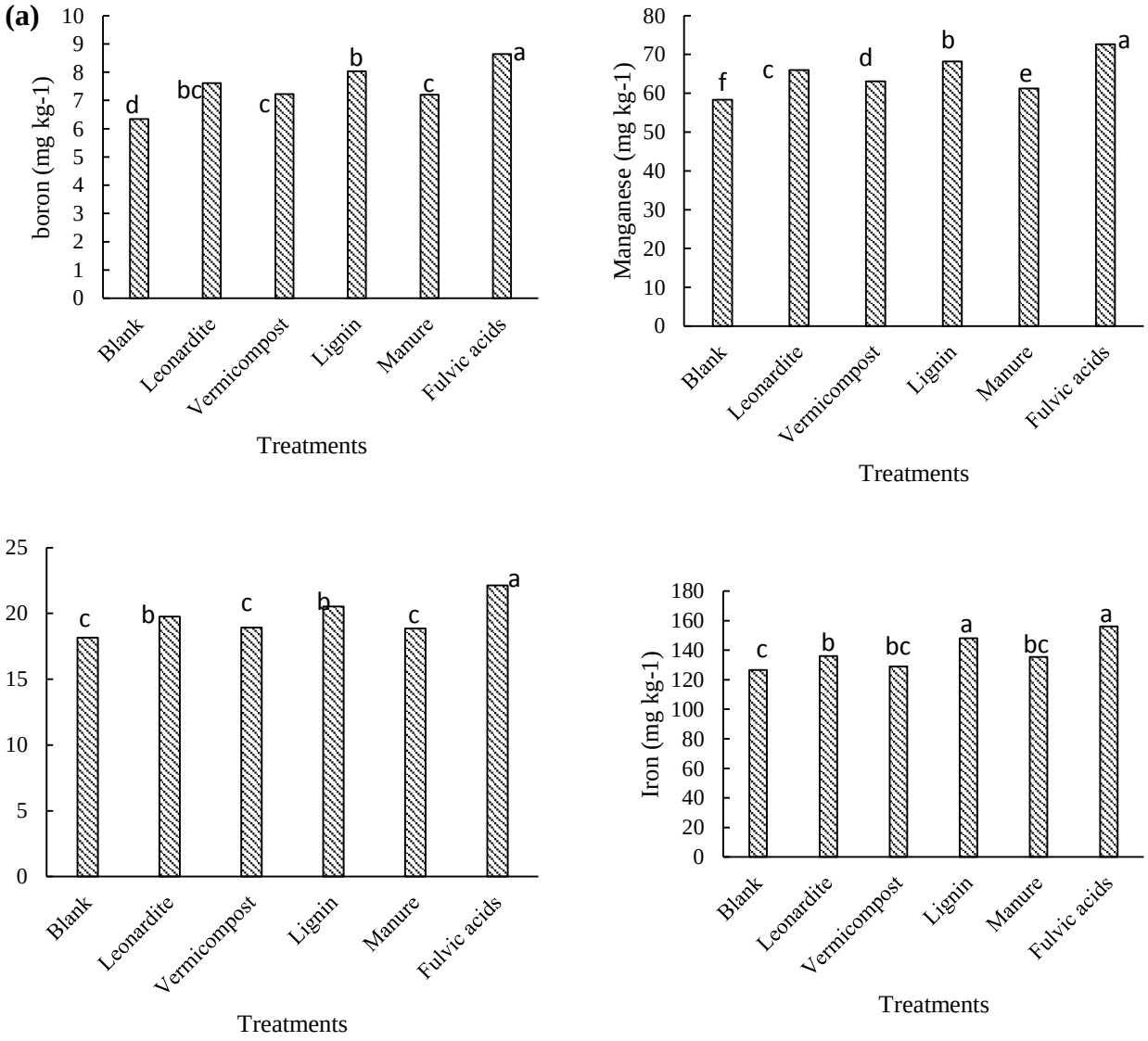


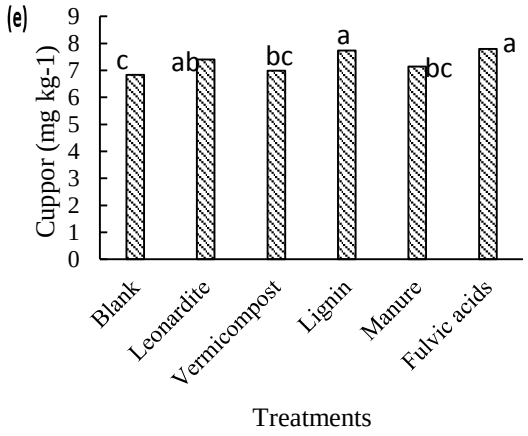
شکل ۸- اثر تیمارهای مختلف بر غلظت گوگرد بخش هوایی

Figure 8. The effects of different treatments on Sulphur concentration in aerial parts.

عناصر کم مصرف

در این پژوهش، نوع کود اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر غلظت عناصر کم مصرف بخش هوایی گیاه ذرت داشت. بیشترین میزان عناصر کم مصرف بخش هوایی گیاه ذرت در تیمارهایی اندازه‌گیری شد که اسید فولویک دریافت کرده بودند (شکل ۹). مواد آلی میزان عناصر کم مصرف خاک را از طریق کلات‌سازی، تحت تأثیر قرار می‌دهد. اسید فولویک دارای عناصر کم مصرف بیشتری نسبت به سایر تیمارهای مورد آزمایش بود و به همین دلیل افزودن این کود به خاک باعث افزایش بیشتر سطح عناصر کم مصرف قابل جذب خاک شد. اثرات مواد هیومیکی در تسهیل جذب عناصر غذایی توسط گیاهان به غلظت مواد هیومیکی بکار برده شده و شرایط محیط کشت از جمله pH مرتبط است. بعنوان مثال، نتایج پژوهشی درخصوص بررسی جذب سدیم، باریم، کلسیم و روی توسط چغندرقند در مجاورت اسید هیومیک نشان داد حضور اسید هیومیک منجر به افزایش جذب سدیم و باریم توسط چغندرقند گردید درحالیکه در جذب کلسیم و روی بی‌تاثیر بود (Vaughan & MacDonald, 1976).





شکل ۹- اثر تیمارهای مختلف بر غلظت‌های a) بور، b) روی، c) منگنز، d) آهن و e) مس بخش هوایی

Figure 9. The effects of different treatments on a) Boron, b) Zinc, c) Manganese, d) Iron, and e) Copper concentration in aerial parts.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین ماندگاری ماده آلی در خاک بعد از گذشت یکسال در تیمار لئوناردیت مشاهده شد. تیمار اسید فولویک، لیگنوسولفانات کلسیم و لئوناردیت دارای جمعیت میکروبی ریزوسفری بالایی بودند. تیمار اسید فولویک بیشترین عناصر غذایی را داشت و بعد از آن، تیمارهای لیگنوسولفانات کلسیم و لئوناردیت نتایج مناسبی در جذب عناصر داشتند. نسبت به تیمارهای برتر تیمار کود دامی و ورمی کمپوست با وجود افزایش نسبی شاخص‌های مورد اندازه‌گیری، نتایج قابل قبولی را نداشتند. نتایج نشان داد تیمار لئوناردیت برای افزایش درصد ماده آلی خاک با توجه به پایداری بسیار خوبی که در خاک دارد، بسیار مناسب است. افزودن کودهای آلی می‌تواند جمعیت میکروبی ریزوسفری را افزایش دهد که این خود اثر مفیدی در فراهمی زیستی عناصر غذایی دارد. همچنین، نتایج نشان داد اسید فولویک بعنوان بهترین کود از لحاظ بهبود عناصر غذایی در اندام‌هایی هوایی ذرت می‌باشد. این نتایج موید امکان جایگزینی کودهای دامی و ورمی کمپوست با لئوناردیت به منظور پایداری بیشتر ماده آلی در خاک بود.

سپاسگزاری

این مقاله با حمایت مالی شرکت جهان سبز ایساتیس انجام شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از شرکت مربوطه اعلام کنند.

References

Alef K., and Nannipieri P. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London, 453p.

Anderson J.P.E. 1982. Soil respiration. *In*: Page A.L. and Mille R.H. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Micro Biological Properties, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 831-871.

Ahmad S., Swindale L.D., and El-swaify S.A. 2006. Effects of adsorbed cations on physical properties of tropical red earths and tropical black earths. *Journal of Soil Science,* 20(2): 255–268.

Amarkh I., and Mamdov A.I. 2014. Soil water retention and structure stability as affected by water quality. *Eurasian Journal of Soil Science,* 3: 89-94.

Arienzo M., Christen E.W., Quayle W., and Kumar A. 2009. A review of the fate of potassium in the soil-plant system after land application of wastewaters. *Journal of Hazardous Materials,* 164: 415-422.

Astaraei A.R. 1990. Effect of Ca/Mg ratio in irrigation water at varying level of salinity and SAR on soil characteristics and plant growth. Ph.D Thesis, Agra University. India, 200p.

Baybordi M. 2005. Engineering principles of drainage and soil remediation. 7th Ed, Tehran University Press. 641p. (In Persian)

Carter M.R. and Gregorich E.G. 2008. Soil Sampling and Methods of Analysis (2nd Ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida, 1204p.

Chen Y., Banin A., and Borochovitch A. 1993. Effect of potassium on soil structure in relation to hydraulic conductivity. *Geoderma,* 30: 135-147.

Da Silva A.P., Kay B.D., and Perfect E. 1994. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Science Society of America Journal,* 58: 1775–1781.

Dontsova K.M., and Norton L.D. 2002. Clay dispersion, infiltration, and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg. *Soil Science,* 167 (3): 84-193.

Emerson W.W. and Smith B.H. 1970. Magnesium, organic matter and soil structure. *Nature,* 228: 453–454.

Jayawardane N.S., Christen E.W., Arienzo M., and Quayle W.C. 2011. Evaluation of the effects of cation combinations on soil hydraulic conductivity. *Soil Research,* 49: 56–64.

Keren R. 1991. Specific effect of magnesium on soil erosion and water infiltration. *Soil Science Society of America Journal,* 55: 783–787.

Knudsen D., Peterson G.A., and Pratt P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. *In*: Page A.L., Miller R.H. and Keeney D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, 2nd ed., Chemical and Micro Biological Properties, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 225-246.

Laurenson S. and Houlbrook D. 2011. The effect of sodium and potassium on soil structure. New Zealand agresearch, farming food and health, Winery wastewater Irrigation, 1:25.

Laurenson S., Bolan N.S., Smith E., and McCarthy M. 2012. Review: Use of recycled wastewater for irrigating grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research,* 18: 1–10.

Levy G.J., and Torrento J.R. 1995. Clay dispersion and macroaggregate stability as affected by exchangeable potassium and sodium. *Soil Science,* 160: 352–358.

Levy G.J., Mamedov A.I., and oldstein D. 2003. Sodicity and water quality effects on slaking of aggregates from semi- arid soils. *Soil Science,* 168: 552-562.

Marchuk A., and Rengasamy P. 2012. Threshold electrolyte concentration and dispersive potential in relation to CROSS in dispersive soils. *Soil Research,* 50: 473–481.

Quirk J.P. 2001. The significance of the threshold and turbidity concentrations in relation to sodicity and microstructure. *Australian Journal of Soil Research,* 39: 1185–1217.

Rengasamy P. and Marchuk A. 2011. Cation ratio of soil structural stability (CROSS). *Soil Research,* 49: 280–285.

Shainberg I., and Letey J. 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia,* 52(2): 1-57.

Shainberg I., Rhoades J.D., and Prather R.J. 1981. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soil. *Soil Science Society of America Journal,* 45: 273–277.

Smiles D.E. 2006. Sodium and potassium in soils of the Murray–Darling Basin. *Australian Journal of Soil Research,* 44: 727–730.

Suguru P.M. 2014. Effects of Magnesium on Cation Selectivity and Structural Stability in prominent Vertisols of Karnataka. *Fungal Genome and Biology,* 5(1): 1-5.

Yazdanpanah, A.R. and Motalebifard, R. 2016. The Effects of Poultry Manure and Potassium Fertilizer on Yield and Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Zinc and Copper Uptake of Potato. *Applied Soil Research,* 4(2): 60-71.

Effect of Some Addictive Organic Compounds on Soil Microbial Population and Nutrients Concentration in Maize (*Zea mays* L.)

Sara Molla Ali Abbasian[1*], Arash Hemmati[2], Ali Eskandar Nasl[3]

(Received: October 2022 Accepted:July 2023)

Abstract

In this research, the effectiveness of five organic matter treatments were investigated to determine the amount of soil organic matter, rhizosphere fungal and bacterial population. Microbial population in rhizosphere and nutrients concentration in the aerial part of corn were carried out in the form of a randomized complete block design in three replications. Before planting maize, soil organic matter was measured before and after adding five organic matter treatments for one year. Then, maize was planted and harvested before it reached seed production, and the concentration of some nutrients in the aerial part of maize was determined. Also, the bacterial and fungal populations were determined in the rhizosphere and non-rhizosphere soils. The results showed that the largest population of rhizospheric bacteria in the treatments of Leonardite (231×10^4 cfu g^{-1} soil), fulvic acid (229×10^4 cfu g^{-1} soil) and calcium lignosulfonate (218×10^4 cfu g^{-1} soil) and the largest population of rhizospheric fungi in the treatment of calcium lignosulfonate (263×10^3 cfu g^{-1} soil) was observed to show a significant increase compared to the control treatment. The highest maize leaf nitrogen was observed in the treatment of fulvic acid (35.78 g kg^{-1}) and calcium lignosulfonate (33.9 g kg^{-1}), and the highest leaf phosphorus was observed in the treatment of fulvic acid (4.27 g kg^{-1}) compared to the control treatment. In the treatments of fulvic acid, calcium lignosulfonate, and Leonardite, the highest amount of potassium was measured, and in the treatment of calcium lignosulfonate, the highest amount of calcium and magnesium was measured. Leaf sulfur was the highest in Leonardite treatment, but there was no significant difference with calcium lignosulfonate and fulvic acid treatments. The amounts of leaf micronutrients were the highest in the fulvic acid treatment, but iron and copper in the leaves were also the highest in the calcium lignosulfonate treatment.

Keywords: Organic carbon, Maize, Nutrient, Calcium ligninosulfonate, Manure.

Molla Ali Abbasian S., Hemmati A., Eskandar Nasl A.2024. Effect of Some Addictive Organic Compounds on Soil Microbial Population and Nutrients Concentration in Maize (*Zea mays L.*). *Applied Soil Research*. 12(1) : 1-14.

1- Associate Professor, Soil and Water Research Dept., West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran.
2- Ph.D. graduate of the Department of Soil Science and Engineering, University of Tabriz - Managing Director of Qezal Tapraq Company
3- Master's degree in soil chemistry, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Maragheh University
Email: s.abasiyan@gmail.com