فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد هیجدهم/ شمارهٔ اول/ بهار و تابستان ۹۷
DOI: 10.22084/ppt.2017.9993.1567

تأثیر اصلاح‌کننده‌های مختلف روی برخی خصوصیات خاک، زیست‌توده و محتوای عنصری ذرت تحت آبیاری با پساب صنعتی

The Effect of Different Amendments on some Soil Properties, Biomass and Accumulation of Elements in Corn under Industrial Wastewater Irrigation

قاسم رحیمی[۱*] و سپیده یگانی شالی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۶

چکیده

هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر اصلاح‌کننده‌های مختلف بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک، ماده خشک و محتوای عنصری گیاه ذرت (*Zea mays*) کشت شده در خاک آبیاری شده با پساب صنعتی بود. آزمایش گلدانی با کاربرد تیمارهای گچ، اسید سیتریک، کود دامی و کمپوست، جداگانه و به‌صورت ترکیبی در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار در گلخانه پردیس دانشگاه بوعلی‌سینا در سال ۱۳۹۲ انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد اصلاح‌کننده‌های مختلف در خاک تحت آبیاری با پساب، سبب تغییرات معنی‌دار pH، قابلیت هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی، کربنات کلسیم معادل و کاتیون‌های محلول خاک شد. حداکثر و حداقل وزن‌تر (به‌ترتیب ۳۵۰/۵۰ و ۴۲/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار کود دامی و این مقادیر برای وزن‌خشک ذرت (به‌ترتیب ۷۴/۸۷ و ۱۰/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار شاهد مشاهده شد. با مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین اندام هوایی ذرت با حدود معمول و بحرانی عناصر سنگین در گیاه مشخص شد که غلظت کلیه فلزات سنگین در ماده خشک اندام هوایی ذرت در حد مجاز بود. اما در ریشه ذرت غلظت همه فلزات به‌جز روی و کادمیوم بیشتر از حدمجاز این عناصر بود. به‌طورکلی بیش‌ترین غلظت مشاهده شده در گیاه ذرت (اندام هوایی + ریشه) مربوط به آهن و کم‌ترین غلظت مشاهده شده مربوط به کادمیوم بود. کاربرد توأم فاضلاب تصفیه شده و اصلاح‌کننده‌ها (به‌خصوص کود کمپوست) در خاک نه تنها از طریق تغذیه مناسب گیاه باعث افزایش وزن‌تر و خشک ذرت شد، بلکه از شور و سدیمی شدن خاک در درازمدت نیز جلوگیری می‌کند.

واژه‌های کلیدی: کمپوست، کود دامی، سیتریک اسید، گچ

۱ و ۲. به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
*: نویسنده مسئول Email: ghasemr@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهان، همگام با فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و خشکسالی‌های پی در پی در اکثر کشورهای واقع در کمربند خشک جهان، ازجمله کشور ایران، موجب شده است در سال‌های اخیر تقاضا برای مصرف آب افزایش یابد و در نتیجه فشار بیش از اندازه به منابع آب وارد گردد (ابراهیمیان و نهتانی، ۱۳۹۲)، از این‌رو استفاده از منابع جدید آب به‌طوری‌که هم از جنبه اقتصادی و هم در توسعه کشاورزی مؤثر باشد در سالیان اخیر موردتوجه قرار گرفته است (هیسم[1] و همکاران، 2011). روش‌های جایگزین رایج برای منابع آب کشاورزی شامل نمک‌زدایی از آب‌های شور و هم‌چنین استفاده مجدد از فاضلاب‌های شهری و صنعتی می‌باشد (*برنر*[2] و همکاران، 2000).

بسته به نیاز جامعه و چگونگی اقلیم هر منطقه، راه‌های به‌کارگیری پساب تصفیه شده متفاوت می‌باشد. از پساب می‌توان در کشاورزی، صنعت، افزایش توان آبدهی سفره‌های زیرزمینی و رودخانه‌ها سود جست (*جیان*[3] و همکاران، 2010). بررسی‌ها نشان داده است که مؤثرترین و بهترین گزینه استفاده از فاضلاب پس از انجام مراحل تصفیه، کاربرد آن در کشاورزی است (ناصری، ۱۳۷۸؛ پسکود[4]، 1992؛ *تیلمن* و *سارپنی*[5]، 2002).

پساب ارزان‌ترین منبع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود که بهره‌برداری از این آب می‌تواند تا حدودی کمبود آب را در این مناطق جبران کند و به علت وجود عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف موجود در آن، کاربرد آن در کشاورزی می‌تواند هزینه‌های کوددهی را کاهش داده و سبب افزایش عملکرد محصول نیز شود (*متکالف* و *ادی*[6]، 2003)، و درعین‌حال می‌تواند به‌عنوان یک روش دفع امن محیطی برای پساب‌های تصفیه شده به کار رود (*جیان* و همکاران، 2010). ترکیب فاضلاب با توجه به فصل، مقدار بارندگی، فرهنگ مصرف و نوع صنعت تغییر می‌کند ولی همواره حاوی مقادیر نسبتاً زیاد عناصر غذایی و مواد آلی مورد نیاز رشد گیاه هستند و انرژی مورد نیاز ریزجانداران خاک را فراهم می‌سازند (*فرناندز*[7]، 2005). *ملاحسینی*[8] (2003) اعلام کرد که با کاربرد آب فاضلاب در اراضی کشاورزی می‌توان از مواد همراه این آب‌ها نظیر نیتروژن، فسفر و مواد آلی خاک در جهت حاصلخیزی خاک استفاده نمود. هم‌چنین دریافت که در شرایط بدون کاربرد کود NPK کشت تحت آبیاری با فاضلاب عملکرد بالاتری نسبت به کشت تحت آبیاری با آب معمولی دارد.

ازآن‌جایی‌که استفاده از پساب‌ها و لجن فاضلاب‌های شهری و صنعتی می‌تواند منجر به تجمع تدریجی برخی از عناصر سنگین در خاک شود و با ورود بـه زنجیـره غـذایی می‌تواند سلامت موجودات زنده را نیز به خطر اندازد بنابراین کاربرد آن در کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که ضمن بهره‌گیری درست از آن، خطرهای زیست‌محیطی و بهداشتی را نیز به همراه نداشته باشد (نادی و همکاران، ۱۳۸۹). استفاده از پساب تصفیه شده در کشت گیاهان ممکن است منجر به افزایش وزن تر اندام هوایی، تأمین عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم، فسفر، کلر، آهن، مس، بور، منگنز و روی شود.

استفاده از آب‌های سدیمی و قلیایی عمدتاً از طریق تخریب خاک و فروپاشی ساختمان خاک بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (قدیر[9]، 2005)، لذا افزودن مواد اصلاح‌کننده به آب یا به خاک، هر دو می‌توانند سبب افزایش بهره‌وری آب‌ها شوند. به همین منظور برای این‌که بتوان از پساب به‌عنوان منبع آب در کشاورزی استفاده کرد، باید بار آلودگی آن را کاهش داد. تصفیه پساب و کاهش بار آلودگی آن به طرق مختلفی ازجمله تصفیه پساب با اشعه ماوراءبنفش، آهک‌دهی (*پدررو*[10] و همکاران، 2012؛ *موراتایس*[11] و همکاران، 2011) و تخلیه پساب در امتداد جوی‌های منتهی به شالیزارها که باتوجه به ظرفیت تصفیه مزارع شالی‌کاری می‌تواند به بهبود کیفیت آب کمک کند (*جانگ*[12] و همکاران، 2012)، انجام می‌شود. اما در بعضی از کشورها به‌دلیل شرایط اقلیمی و اقتصادی، استفاده از روش‌های فوق‌الذکر برای تصفیه پساب به صرفه نمی‌باشد. لذا به‌کارگیری پیش تیمارها قبل از استفاده از پساب می‌تواند باعث پایداری خاک و بهبود شرایط زیست‌محیطی شود. چنین پیش تیمارهایی باعث آسان‌تر شدن استفاده از آب شور یا پساب برای آبیاری گیاهان و حل مشکل کمبود منابع آب شیرین می‌شود (*شایما*[13] و همکاران، 2012). این پیش‌تیمارها شامل افزودن اصلاح‌کننده‌های مختلفی همچون کود دامی، گچ، اسید سیتریک و کمپوست و غیره می‌باشد. بنابراین، از آنجایی‌که تداوم آبیاری با پساب بدون هیچ پیش‌تیماری در خاک منجر به

1. Hayssam
2. Brenner
3. Jian
4. Pescod
5. Tillaman and Surapaneni
6. Metcalf and Eddy
7. Fernandes
8. Mollahoseini
9. Qadir
10. Pedrero
11. Moraetis
12. Jang
13. Shaimaa

www.SID.ir

Archive of SID

تجمع فلزات سنگین در قسمت‌های مختلف گیاه می‌شود، لذا توصیه می‌شود که یک پیش‌تیماری قبل از استفاده از پساب روی خاک انجام شود (*شایما* و همکاران، 2012).

با توجه به مطالب ذکر شده و بحران آب در سال‌های اخیر و رفع کمبودهای آن در کشور ما، استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده شهری و صنعتی به‌عنوان یکی از راهکارهای تأمین آب در کشاورزی الزامی است. بنابراین این آزمایش با هدف بررسی تأثیر پساب صنعتی تصفیه شده بر خصوصیات شیمیایی خاک، وزن‌تر و خشک ذرت و هم‌چنین میزان تجمع عناصر سنگین در ذرت بعد از استفاده از اصلاح‌کننده‌های مختلف در خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، پساب تصفیه شده در فصل تابستان از شهرک صنعتی بوعلی همدان تأمین گردید. فرایند تصفیه شامل دو لاگون هوادهی از نوع اختلاط کامل به‌صورت سری و به‌دنبال آن لاگون ته‌نشینی و فرایند کلرزنی می‌باشد. پس از تهیه فاضلاب تصفیه‌شده برخی از ویژگی‌های شیمیایی آن در طول دوره آبیاری اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

خاک مورد استفاده (بافت لومی) برای انجام این پژوهش نیز از زمین‌های پشت گلخانه پردیس دانشگاه بوعلی‌سینا و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تأمین شد. برخی از ویژگی‌های شیمیایی پساب و خاک مورد استفاده (قبل از کشت) در جدول ۱ نشان داده شده است. این پژوهش به‌صورت گلدانی و در قالب طرح کاملاً تصادفی با نه تیمار شامل: تیمار شاهد (بدون اصلاح‌کننده) (T_1)، تیمار گچ (T_2) ۳/۴۸ گرم در کیلوگرم (۳۴/۸ گرم در ۱۰ کیلوگرم خاک هر گلدان)، تیمار سیتریک اسید (T_3) ۰/۹۸ گرم در کیلوگرم (۹/۸ گرم در ۱۰ کیلوگرم خاک هر گلدان)، تیمار کود دامی (پوسیده شده) (T_4) ۲٪ (۲۰۰ گرم در ۱۰ کیلوگرم خاک هر گلدان)، تیمار کمپوست (کمپوست نرم از کارخانه کرمانشاه) (T_5) ۲٪ (۲۰۰ گرم در ۱۰ کیلوگرم خاک هر گلدان)، مخلوطی از ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کود دامی (T_6) ۱۷/۴ گرم گچ + ۱۰۰ گرم کود دامی در ۱۰ کیلوگرم خاک هر گلدان، مخلوطی از ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کمپوست (T_7) ۱۷/۴ گرم گچ + ۱۰۰ گرم کمپوست در ۱۰ کیلوگرم خاک هر گلدان، مخلوطی از ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کود دامی (T_8) ۴ گرم سیتریک اسید + ۱۰۰ گرم کود دامی در ۱۰ کیلوگرم خاک هر گلدان، مخلوطی از ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کمپوست (T_9) ۴/۹ گرم سیتریک اسید + ۱۰۰ گرم کمپوست در ۱۰ کیلوگرم خاک هر گلدان، در چهار تکرار در گلخانه پردیس دانشگاه بوعلی‌سینا در سال ۱۳۹۲ انجام شد.

بدین منظور، گلدان‌هایی با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر تهیه گردید. پس از رها کردن خاک در دمای اتاق به مدت یک روز، اصلاح‌کننده‌ها در مقادیر محاسبه شده به خاک اضافه شد و خوب مخلوط گردید و در گلدان‌ها ریخته شدند. برخی از ویژگی‌های شیمیایی اصلاح‌کننده‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. بعد از گذشت دوره انکوباسیون (۱۵ روز) گلدان‌ها، نشاء ذرت علوفه‌ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) تهیه شده از موسسه تحقیقات کشاورزی که در طی این ۱۵ روز در عمق ۰/۵ سانتی‌متری و در کوکوپیت کاشته شده بودند به گلدان‌های آزمایشی منتقل شدند. آبیاری ذرت با پساب تصفیه شده براساس نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد انجام شد، شایان ذکر است که به‌منظور کاهش اثر سوء پساب بر جوانه‌زنی، آبیاری گلدان‌ها تا قبل این مرحله با آب معمولی صورت گرفت و هنگامی‌که جوانه‌ها به مرحله ۲ تا ۴ برگی رسیدند وجین (علف‌های هرز) انجام شد. در طول دوره آزمایش، آبیاری براساس رطوبت موردنیاز با تیمارهای موردنظر انجام شد. برداشت ذرت پس از گذشت ۱۰۰ روز (در خرداد ماه ۹۳ آغاز شد و در ۱۰ شهریورماه به پایان رسید) انجام گرفت.

از خاک گلدان‌ها قبل و بعد از کشت، نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه هوا خشک گردید و جهت انجام آزمایش‌های مربوطه از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. در نهایت اسیدیته به کمک دستگاه اسیدیته‌سنج الکتریکی مترهم مدل ۸۲۷ (*توماس*[1]، 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی خاک (EC) با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی مترهم مدل ۷۱۲ (*رودس*[2]، 1996)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی با NaOH تعیین گردید (*سیمز*[3]، 1996)، درصد ماده آلی خاک به روش تیتراسیون تر اندازه‌گیری شد (*والکلی و بلک*[4]، 1934)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به روش باور (*راول*[5]، 1994) تعیین گردید. کاتیون‌های محلول شامل سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در عصاره ۱ به ۵ آب به خاک استخراج و سپس کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و سدیم و پتاسیم به کمک دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد.

1. Thomas
2. Roades
3. Sims
4. Walkley and Black
5. Rowell

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: میانگین برخی از ویژگی‌های پساب و خاک مورد آزمایش (پیش از انجام کشت)

Table 1: Mean of some characteristics of wastewater and soil (before cultivation)

خاک Soil	پساب Wastewater	پارامتر Parameters
لومی Loamy	-	بافت خاک Texture class
7.33	7.05	اسیدیته pH
0.17	5.48	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
0.12	-	کربنات کلسیم معادل (درصد) CCE (%)
1.36	-	ماده آلی (درصد) OM (%)
21.01	-	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار بر کیلوگرم) CEC ($cmol_+.kg^{-1}$)
	کاتیون‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر) Soluble Cation ($mg.L^{-1}$)	
36	240	کلسیم Ca^{2+}
33.06	72	منیزیم Mg^{2+}
476.75	899.99	سدیم Na^{+}
5.25	39	پتاسیم K^{+}
-	116	فسفر P
30.93	-	فسفر فراهم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Olsen P ($mg.kg^{-1}$)
265.63	-	فسفر کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total P ($mg.kg^{-1}$)

جدول ۲: میانگین برخی ویژگی‌های شیمیایی اصلاح‌کننده‌های مورداستفاده در آزمایش

Table 2: Mean of some chemical characteristics of amendments

گچ Gypsum	سیتریک اسید Citric acid	کود دامی Farmyard manure	کمپوست Compost	پارامتر Parameters
5.02	1.25	7.11	7.63	اسیدیته pH (۱ :۲/۵)
2.58	8.79	9.85	13.95	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($ds.m^{-1}$)
-	98	30.5	17	ماده آلی (درصد) OM (%)
		غلظت کل عناصر پرمصرف (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total content of macronutrients ($mg.kg^{-1}$)		
190	2.25	40.59	40.05	کلسیم Ca
38.5	0.75	3.25	4.01	منیزیم Mg
0.69	0.01	12.99	10.52	نیتروژن N
0.35	0.01	135.9	142	فسفر P
2.21	2.42	16.85	14.06	پتاسیم K

www.SID.ir

Archive of SID

کلیه اندام گیاه ذرت در پایان ۱۰۰ روز برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا به دو بخش ریشه و اندام هوایی تقسیم شد. سپس قسمت‌های هوایی گیاه ذرت توزین شدند. هریک از نمونه‌ها به‌خوبی با آب معمولی و اسید کلریدریک ۰/۱ مولار و سپس دوبار با آب معمولی و آب مقطر شسته شدند (عرفانی آگاه، ۱۳۷۸). سپس نمونه‌ها هوا خشک شد و به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و نهایتاً توسط آسیاب پودر گردیدند (چنگ[1] و همکاران، 2007).

جهت بررسی غلظت کل فلزات سنگین در گیاهان از روش هضم تر استفاده شد (*سامکا- سیمرمن و کمپرس*[2]، 2001). برای این منظور به ۱ گرم پودر گیاه (ریشه و بخش هوایی) ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ (۶۵ درصد) افزوده شد. نمونه به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم قرار گرفت. سپس ۲/۶ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۲۰ درصد به آن افزوده شد، پس از سرد شدن، نمونه‌ها صاف و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و سپس غلظت عناصر سنگین نمونه‌های گیاهی با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مدل واریان[3] (Varian) ۲۲۰ اندازه‌گیری گردید.

داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار SAS تجزیه آماری شدند و میانگین‌ها توسط آزمون چنددامنه دانکن مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

تجزیه شیمیایی خاک

نتایج تجزیه شیمیایی خاک‌های تیمار شده (جدول ۳) نشان داد که کاربرد اصلاح‌کننده‌های مختلف در خاک آبیاری شده با پساب صنعتی در برخی موارد، در مقایسه با خاک شاهد، به‌طور معنی‌داری سبب تغییر pH خاک شد، به‌طوری‌که محدوده پ‌هاش خاک‌ها، از ۷/۰۴ در خاک شاهد به ۶/۷۷ در تیمار گچ (T_2) و ۷/۲۴ در تیمار سیتریک اسید (T_3) تغییر یافت. این امر احتمالاً به‌دلیل فرایندهای پوسیدگی و تجزیه مواد آلی و هم‌چنین اکسیداسیون مواد معدنی خاک می‌باشد، هم‌چنین پیش‌بینی می‌شود که در دو خاک یکسان آن که شورتر است، به‌دلیل اثر غلظت تعادلی نمک، پ‌هاش کمتری داشته باشد (*بوهن*[4] و همکاران، 1985). گزارش‌های *شایما* و همکاران (2012) درباره اثر اصلاح‌کننده‌های مختلف بر خاک آبیاری شده با پساب نشان‌دهنده کاهش پ‌هاش می‌باشد که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. *مصطفی*[5] (2005) دریافت که کاربرد کود دامی و گچ پ‌هاش خاک‌های قلیایی را به‌صورت قابل توجهی کاهش می‌دهد. این محقق بیان کرد، این نتایج می‌تواند مربوط به کاهش سدیم محلول و تبادلی و افزایش اشکال کلسیم محلول و تبادلی به‌دنبال استفاده از این اصلاح‌کننده‌ها باشد. هم‌چنین اثر مثبت اصلاح‌کننده‌های آلی در بهبود خصوصیات شیمیایی خاک و به‌خصوص کاهش پ‌هاش خاک‌ها می‌تواند به علت آزاد شدن CO_2 در طول فرآیند تخریب و در نتیجه کاهش رسوب یون‌های Ca^{2+} و CO_3^{2-} به شکل $CaCO_3$ باشد (*سخون و بجاوا*[6]، 1993).

در این مطالعه هدایت الکتریکی خاک‌هایی که دریافت‌کننده اصلاح‌کننده‌ها بودند، در بیشتر موارد در مقایسه با خاک شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). کم‌ترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به تیمار کود کمپوست (T_5) و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار گچ (T_2) بود (به‌ترتیب ۲/۱۶ و ۳/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر). با توجه به نتایج به‌دست آمده، بعد از کمپوست اصلاح‌کننده‌های ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کود دامی و کود دامی بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش هدایت الکتریکی خاک داشتند. *شایما* و همکاران (2012) مشاهده نمودند که استفاده از اصلاح‌کننده‌ها هدایت الکتریکی خاک را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد. ایشان دریافتند که بیش‌ترین اثر کاهشی بر هدایت الکتریکی با اعمال تیمار ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کود دامی به‌دست آمد و گزارش کردند که لایه‌های سطحی خاک نسبت به لایه‌های زیر سطحی کاهش بیشتری را نشان دادند. این ممکن است به علت افزایش قابلیت آبشویی سدیم محلول و تبادلی از پروفیل خاک باشد. *بهیری*[7] و همکاران (2005) گزارش کردند که افزودن کودهای آلی به خاک، شوری آن را کاهش می‌دهد و این امر را به بهبود خصوصیات فیزیکی خاک نسبت دادند که به‌دنبال آن نیز آبشویی نمک‌ها به خارج از منطقه ریشه تسهیل می‌شود.

جدول ۳ نشان می‌دهد اعمال تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری روی میزان ماده آلی ایجاد نمود و باعث افزایش آن شد، بیش‌ترین میزان ماده آلی در تیمار کود دامی (T_4) و مخلوطی از ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کود دامی (T_6) و کم‌ترین آن در تیمار گچ (T_2) و شاهد (T_1) مشاهده شد (به‌ترتیب ۱/۵۹،

1. Cheng
2. Samecka-Cymerman andKempers
3. Atomic Absorption Spectrometer
4. Bohn
5. Moustafa
6. Sekhon and Bejawa
7. Beheiry

www.SID.ir

Archive of SID

۱/۵۷، ۱/۲۶ و ۱/۳۱ درصد). افزایش ماده آلی بعد از تیمار T4 (کود دامی) به‌ترتیب زیر بود:

کود دامی > گچ + کود دامی > گچ + کمپوست > کمپوست = سیتریک اسید + کود دامی > سیتریک اسید + کمپوست > سیتریک اسید > شاهد > گچ

مصطفی (2005) با سنجش اندازه مواد آلی خاک‌های اصلاح شده با کود دامی نشان داد که اصلاح‌کننده مواد آلی خاک را بیشتر افزایش داده است که این امر به‌دلیل تخریب و تجزیه مواد آلی است. عنایتی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش دادند که کاربرد اصلاح‌کننده آلی به‌همراه گچ باعث ایجاد خاکدانه‌های پایدارتر و بزرگ‌تر می‌شود. میرزایی و همکاران (۱۳۸۸) بیان کردند با مصرف کودهای آلی میزان مواد آلی خاک افزایش‌یافته به‌طوری‌که این افزایش در تیمارهای کمپوست نسبت به تیمارهای کود دامی بیشتر بوده است که نشان‌دهنده کیفیت بالاتر ماده آلی اضافه‌شده به خاک، فعالیت‌های بیولوژیکی بالاتر در این تیمارها می‌باشد.

هم‌چنین افزایش مقدار ماده آلی خاک اثرات مطلوبی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر جای می‌گذارد. باتوجه به آن‌چه که گفته شد مصرف کودهای آلی به‌خصوص کمپوست و ورمی‌کمپوست موجب افزایش ماده آلی خاک شد که خود موجب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی در خاک شده و افزایش عملکرد بیوماس را در مقایسه با تیمار بدون مصرف کود به‌دنبال داشته است.

هم‌چنین روند تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) نشان داد که استفاده از اصلاح‌کننده‌ها در خاک‌های آبیاری شده با پساب در مقایسه با نمونه شاهد سبب افزایش بسیار معنی‌دار در ظرفیت تبادل کاتیونی شد. به‌طوری‌که افزودن کمپوست به خاک سبب افزایش ۳ واحدی در مقدار CEC گردید (جدول ۳). بیش‌ترین ظرفیت تبادل کاتیونی در تیمار کود کمپوست (T_5) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار سیتریک اسید (T_3) بود (به‌ترتیب ۲۲/۷۶ و ۱۹/۶۰ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم).

جدول ۳: کاربرد اصلاح‌کننده‌های مختلف روی برخی خصوصیات شیمیایی خاک

Table 3: The effect of applied amendments on some chemical characteristics of soil

تیمار Treatment	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($ds.m^{-1}$)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار بر کیلوگرم) CEC ($cmol^{+}.kg^{-1}$)	ماده آلی (درصد) OM (%)	کربنات کلسیم معادل (درصد) CCE (%)	کاتیون‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر) Soluble cation ($mg.l^{-1}$)	
						کلسیم Ca	پتاسیم Ka
شاهد Control	7.04^{bc}	2.53^{b}	19.95^{cd}	1.31^{bc}	0.00^{c}	76^{c}	3.47^{cd}
گچ Gypsum	6.77^{d}	3.16^{a}	21.15^{bc}	1.26^{c}	1.31^{ab}	167^{a}	3.77^{c}
سیتریک اسید Citric acid	7.24^{a}	2.41^{bc}	19.60^{d}	1.36^{bc}	1.62^{a}	64^{c}	3.02^{d}
کود دامی Farmyard manure	7.15^{ab}	2.39^{bc}	21.92^{ab}	1.59^{a}	0.15^{bc}	64^{c}	5.45^{a}
کمپوست Compost	7.16^{ab}	2.16^{c}	22.76^{a}	1.53^{a}	1.87^{a}	65^{c}	3.13^{cd}
گچ + کود دامی Gypsum + Farmyard manure	7.21^{a}	2.51^{b}	21.50^{ab}	1.57^{a}	1.96^{a}	116^{b}	5.17^{ab}
گچ + کمپوست Gypsum + Compost	7.01^{bc}	2.48^{b}	22.06^{ab}	1.56^{a}	0.00^{c}	128^{b}	3.20^{cd}
سیتریک اسید+ کود دامی Citric acid + Farmyard manure	6.94^{c}	2.39^{bc}	19.68^{d}	1.53^{a}	2.15^{a}	71^{c}	4.81^{b}
سیتریک اسید + کمپوست Citric acid + Compost	6.89^{cd}	2.57^{b}	22.27^{ab}	1.41^{b}	2.03^{a}	79^{c}	3.48^{cd}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Means of each column followed by similar letters are not significantly different at the 0.01 level according to the Duncan's Multiple Range Tests

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴: تأثیر کاربرد اصلاح‌کننده‌های مختلف بر وزن‌تر و خشک بوته ذرت

Table 4: The effect of applied amendments on fresh and dry weight of corn plant

وزن‌خشک بوته (میلی‌گرم بر گلدان) Dry weight of plan (mg.pot^{-1})	وزن‌تر بوته (میلی‌گرم بر گلدان) Fresh weight of plant (mg.pot^{-1})	تیمار Treatment
10.54^{d}	42.75^{d}	شاهد Control
15.94^{cd}	42.25^{d}	گچ Gypsum
35.98^{bcd}	170^{bcd}	سیتریک اسید Citric acid
74.87^{a}	350.50^{a}	کود دامی Farmyard manure
39.53^{bcd}	184^{abcd}	کمپوست Compost
19.41^{cd}	65^{cd}	گچ + کود دامی Gypsum + Farmyard manure
62.25^{ab}	308^{ab}	گچ + کمپوست Gypsum + Compost
43.30^{cb}	220^{abc}	سیتریک اسید+ کود دامی Citric acid + Farmyard manure
21.77^{dc}	92.97^{cd}	سیتریک اسید + کمپوست Citric acid + Compost

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Means of each column followed by similar letters are not significantly different at the 0.01 level according to the Duncan's multiple range tests

جدول ۵: تأثیر کاربرد اصلاح‌کننده‌های مختلف بر غلظت فلزات سنگین در اندام هوایی ذرت

Table 5: The effect of applied amendments on heavy metals concentration in corn shoot

کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cd (mg.kg^{-1})	نیکل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Ni (mg.kg^{-1})	سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم) Pb (mg.kg^{-1})	تیمار Treatment
1.39^{bc}	4.3^{c}	34.86^{c}	شاهد Control
1.49^{abc}	5.07^{bc}	40.66^{bc}	گچ Gypsum
1.64^{abc}	6.4^{abc}	54.43^{ab}	سیتریک اسید Citric acid
1.85^{a}	7.17^{a}	55.50^{ab}	کود دامی Farmyard manure
1.32^{c}	6.80^{abc}	27.12^{c}	کمپوست Compost
1.36^{bc}	5.15^{abc}	40.66^{bc}	گچ + کود دامی Gypsum + Farmyard manure
1.83^{a}	7.32^{a}	62.17^{a}	گچ + کمپوست Gypsum + Compost
1.77^{ab}	6.92^{a}	55.24^{ab}	سیتریک اسید+ کود دامی Citric acid + Farmyard manure
1.28^{c}	4.91^{bc}	29.39^{c}	سیتریک اسید + کمپوست Citric acid + Compost

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Means of each column followed by similar letters are not significantly different at the 0.01 level according to the Duncan's Multiple Range Tests

میزان کربنات کلسیم موجود در خاک شاهد در مقایسه با تیمارها، تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). در واقع می‌توان گفت اصلاح‌کننده‌های به‌کار رفته، کربنات‌کلسیم موجود در خاک را تحت تأثیر قرار داد و سبب افزایش این پارامتر در خاک گردید. بیش‌ترین میزان کربنات‌کلسیم در تیمار ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کود دامی و کم‌ترین آن در شاهد مشاهده شد (به‌ترتیب ۲/۱۵ درصد و صفر). ذرات کلسیم موجود در خاک و نیز اصلاح‌کننده‌ها (گچ) تشکیل خاکدانه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

کوچک را می‌دهد و مواد آلی باعث اتصال این خاکدانه‌های کوچک به یکدیگر و در نتیجه تشکیل خاکدانه‌هایی با اندازه بزرگ‌تر از ۱۰۶ میکرومتر و پایدارتر می‌شود (عنایتی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج *شایما* و همکاران (2012) با این پژوهش همسو می‌باشد.

در این مطالعه به‌دنبال اعمال اصلاح‌کننده‌ها، مقادیر پتاسیم محلول در مقایسه با تیمار شاهد روند افزایشی داشت (جدول ۳). به‌طوری‌که از ۳/۴۷ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار شاهد (T_1) به ۵/۴۵ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار کود دامی (T_4) رسید؛ اما اصلاح‌کننده‌هایی چون کمپوست و سیتریک اسید سبب کاهش پتاسیم محلول شدند. کلسیم محلول نیز تحت تأثیر استفاده از اصلاح‌کننده‌ها افزایش یافت که بیش‌ترین مقدار آن در تیمار گچ احتمالاً به‌دلیل وجود ذرات کلسیم در اصلاح‌کننده گچ (عنایتی و همکاران، ۱۳۹۰) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار کود دامی بود (به‌ترتیب، ۱۶۷ و ۶۴ میلی‌گرم بر لیتر). *شایما* و همکاران (2012) گزارش کردند که کاربرد اصلاح‌کننده‌های مختلف در خاک تحت آبیاری با فاضلاب سبب اثرات متفاوتی بر کاتیون‌های محلول می‌شود. آن‌ها دریافتند که به‌دنبال کاربرد ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کود دامی و ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کمپوست مقدار کلسیم محلول افزایش یافته است. از طرف دیگر، سدیم محلول به‌طور معنی‌داری کاهش یافت اما منیزیم و پتاسیم افزایش کمی داشتند که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد.

تجزیه گیاه

آزمون مقایسه میانگین‌های وزن‌تر و خشک اندام هوایی ذرت در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که با کاربرد اصلاح‌کننده‌های مختلف، وزن‌تر و خشک ذرت به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. تیمار کود دامی (T_4)، مخلوطی از ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کمپوست (T_7) و مخلوطی از ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کود دامی (T_8) بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش وزن‌تر (به‌ترتیب ۳۵۰/۵، ۳۰۸ و ۲۲۰ گرم در هر گلدان) و وزن‌خشک (به‌ترتیب ۷۴، ۶۲/۲۵ و ۴۳/۳۰ گرم در هر گلدان) ذرت نسبت به تیمار شاهد (T_1) داشتند. بر همین مبنا می‌توان گفت که کاربرد چنین اصلاح‌کننده‌هایی در خاک‌های تحت آبیاری با پساب، نه تنها باعث بهبود خصوصیات شیمیایی خاک‌های تحت تیمار شد، بلکه به نوبه خود سبب بالا رفتن رشد گیاهان، بهبود بنیه و اجزاء عملکرد گیاه نیز شده است؛ اما اجزاء عملکرد ذرت در تیمار گچ (T_2) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. این امر ممکن است به علت افزایش شوری خاک در تیمار گچ باشد. میرزایی و همکاران (۱۳۸۸) اظهار کردند تأثیر مثبت ماده آلی بر تولید گیاه را می‌توان به بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و درنتیجه ظرفیت نگهداری آب خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی نسبت داد. مطالعات انجام شده توسط سینگ[1] و همکاران (1989) و *شایما* و همکاران (2012) با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. شایان ذکر است که ذرت به علت اینکه محصول نیمه‌حساس به شوری می‌باشد تا هدایت الکتریکی ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر تحت تأثیر شوری و املاح محلول خاک قرار نگرفته است، اما در تیمار گچ به علت افزایش هدایت الکتریکی تا ۳/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر مقدار جزئی کاهش اجزاء عملکرد داشت. *کایا*[2] و همکاران (2007) مشاهده کردند که شوری به‌طور معنی‌داری وزن خشک برگ‌ها، ریشه‌ها و کل گیاه و هم‌چنین عملکرد خربزه را کاهش می‌دهد. *ارسلان*[3] و همکاران (2007) نیز کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک کاهو را به‌وسیله شوری گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد.

با افزایش شوری خاک، گیاه برای جذب مقدار معینی از آب باید انرژی حیاتی بیشتری مصرف کند. در واقع این همان انرژی است که گیاه برای فعالیت‌های متابولیکی خود و فرایندهایی نظیر توسعه سلولی نیاز دارد، بدیهی است در چنین شرایطی به‌دلیل صرف بخشی از انرژی حیاتی در جای دیگر (برای جذب آب از فاز محلول در خاک شور) رشد و نمو گیاه محدود شده و نهایتاً از میزان محصول کاسته می‌شود (همایی، ۱۳۸۱). هم‌چنین *کاوتر* و همکاران[4] (2012) دریافتند که با شدت یافتن اثر پتانسیل اسمزی ناشی از نمک در محیط ریشه، سلول‌های ریشه قادر به جذب آب مورد نیاز نبوده و در گیاهان جذب عناصر غذایی معدنی محلول در آب محدود می‌شود. بنابراین رشد و نمو گیاهان به‌دلیل نقص در سوخت و ساز محدود می‌شود. همایی (۱۳۸۱) بیان کرده است که افزایش حاصلخیزی خاک می‌تواند اثر سوء شوری بر رشد گیاه را کاهش دهد.

بالاترین میزان کادمیوم در اندام هوایی ذرت در تیمار کود دامی و ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کمپوست و کم‌ترین میزان آن در تیمار ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کمپوست و کمپوست مشاهده شد (به‌ترتیب، ۱/۸۵، ۱/۸۳، ۱/۲۸ و ۱/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم). این در حالی است که میزان کادمیوم در اندام هوایی ذرت در تیمار شاهد ۱/۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۵). هم‌چنین تیمار ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کمپوست و ۵۰٪ سیتریک

1. Singh
2. Kaya
3. Eraslan
4. Kaouther

www.SID.ir

Archive of SID

اسید + ۵۰٪ کود دامی با میانگین ۱۸/۱۹ و ۱۷/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای بالاترین غلظت کادمیوم و تیمار کمپوست با دارا بودن میانگین ۱۲/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای کم‌ترین غلظت کادمیوم در ریشه ذرت بودند (جدول ۶). بالاترین میزان نیکل در اندام هوایی ذرت (جدول ۵) در تیمار ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کمپوست و کود دامی و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد (به‌ترتیب، ۷/۳۲، ۷/۱۷ و ۴/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم). بالاترین میزان غلظت نیکل در ریشه ذرت نیز نشان داد که در تیمار ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کود دامی و کم‌ترین آن در تیمار ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کمپوست اندازه‌گیری شد (به‌ترتیب، ۱۳۴/۴۲ و ۸۹/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (جدول ۶). افزایش روند جذب نیکل در تیمارها نیز احتمالاً به‌دلیل افزایش نیکل فراهم در خاک است (*آگاروال*[1]، 2002). بالاترین غلظت سرب در اندام هوایی ذرت (جدول ۵) در تیمار ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کمپوست و کم‌ترین میزان آن در تیمار کمپوست مشاهده شد (به‌ترتیب، ۶۲/۱۷ و ۲۷/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، هرچند که بین تیمارهای کمپوست، ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کمپوست و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در ریشه ذرت نیز تیمار ۵۰٪ گچ + ۵۰٪ کمپوست، سیتریک اسید و ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کود دامی دارای بالاترین و تیمار کمپوست دارای کم‌ترین میزان غلظت سرب بودند (به‌ترتیب، ۶۱۱/۱۰، ۵۷۰/۱۵، ۵۴۸/۸۹ و ۲۵۸/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (جدول ۶).

نتایج نشان داد غلظت عناصر سنگین در اندام هوایی و ریشه تنها در برخی از موارد تحت تأثیر تیمار اصلاح‌کننده‌ها قرار گرفت. با مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین اندام هوایی ذرت با حدود معمول و بحرانی عناصر سنگین در گیاه (جدول ۷) نتیجه‌گیری می‌شود که غلظت کلیه فلزات سنگین در ماده خشک اندام هوایی ذرت در حد مجاز بود؛ اما در ریشه ذرت غلظت همه فلزات به‌جز روی و کادمیوم بیشتر از حد مجاز این عناصر در گیاهان بود. این درحالی است که هیچ‌گونه آبشویی در ته گلدان‌ها تعبیه نشده بود و با وجود برقراری آبشویی (براساس محاسبه آبشویی موردنیاز Leaching Requirement) امکان شستشوی بخش محلول وجود دارد. بیش‌ترین غلظت مشاهده شده در گیاه ذرت (اندام هوایی + ریشه) مربوط به آهن و کم‌ترین غلظت مشاهده شده مربوط به کادمیوم بود. *کالاوروزیوتیس*[2] و همکاران (2008) در تحقیقی گلخانه‌ای افزایش معنی‌دار روی و کادمیوم را در اثر کاربرد اصلاح‌کننده‌ها در خاک تحت آبیاری پساب در دو گیاه کلم گل و کلم بروکسل گزارش کردند که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. عرفانی آگاه (۱۳۷۸) افزایش غلظت عناصر سنگین در گوجه‌فرنگی و کاهو را در کلیه تیمارهای آزمایش نسبت به شاهد گزارش نمودند.

1. Agarwal

2. Kalavrouziotis

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶: تأثیر کاربرد اصلاح‌کننده‌های مختلف بر غلظت فلزات سنگین در ریشه ذرت

Table 6: The effect of applied amendments on heavy metals concentration in corn root

تیمار Treatment	سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم) Pb ($mg.kg^{-1}$)	نیکل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Ni ($mg.kg^{-1}$)	کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cd ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)
شاهد Control	378^{bc}	110.72^{bcd}	14.96^{bcd}	384^{c}
گچ Gypsum	485.10^{ab}	110.88^{bcd}	15.83^{abc}	671.3^{abc}
سیتریک اسید Citric acid	570.15^{a}	102.06^{cd}	17.48^{ab}	417.2^{c}
کود دامی Farmyard manure	493.76^{ab}	118.44^{abc}	17.25^{ab}	373.6^{c}
کمپوست Compost	258.30^{c}	110.01^{bcd}	12.83^{d}	442.8^{c}
گچ + کود دامی Gypsum + Farmyard manure	390.60^{bc}	108.83^{bcd}	17.17^{ab}	581.8^{bc}
گچ + کمپوست Gypsum + Compost	611.10^{a}	131.12^{ab}	18.19^{a}	1005.2^{a}
سیتریک اسید+ کود دامی Citric acid + Farmyard manure	548.89^{a}	134.42^{a}	17.88^{a}	960.8^{ab}
سیتریک اسید + کمپوست Citric acid + Compost	359.10^{bc}	89.46^{d}	13.54^{cd}	693.2^{abc}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Means of each column followed by similar letters are not significantly different at the 0.01 level according to the Duncan's Multiple Range Tests

جدول ۷: حدود غلظت طبیعی و بحرانی فلزات سنگین (میلی‌گرم در کیلوگرم) در نمونه‌های گیاه (*الووی*[1]، 1990؛ *کاباتا پندیاس* و *پندیاس*[2]، 1992)

Table 7: The common and critical concentration of heave metals in plant samples (mg. kg^{-1}) (Allaway, 1990; Kabata-Pendias and Pendias, 1992)

عنصر Element	حدود غلظت معمول و بحرانی در گیاهان The common and critical concentration in plants	
	معمول Common	بحرانی Critical
نیکل Ni	-	10-100
کادمیوم Cd	0.1-2.4	5-30
سرب Pb	0.2-20	30-300
آهن Fe	-	-

1. Allaway
2. Kabata-Pendias and Pendias

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد، علی‌رغم این‌که پساب مورد استفاده با دارا بودن غلظت سدیم بالا و شوری زیاد (با میزان هدایت الکتریکی ۵/۴۸ دسی‌زیمنس بر متر قبل از اعمال تیمار) جزء آب‌های نامناسب برای آبیاری بود، اما کاربرد اصلاح‌کننده‌هایی نظیر کمپوست، کود دامی و ۵۰٪ سیتریک اسید + ۵۰٪ کود دامی در خاک تحت آبیاری با پساب، شوری خاک را کاهش داد. هم‌چنین کاربرد اصلاح‌کننده‌ها در خاک سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی، کاتیون‌های محلول کلسیم و پتاسیم شد.

نتایج افزایش وزن گیاه نشان داد که بهره‌گیری از فاضلاب تصفیه شده به‌دنبال کاربرد اصلاح‌کننده‌ها در خاک، به‌عنوان یک منبع آب آبیاری، پتانسیل تأمین عناصر مغذی موردنیاز گیاه را دارد که به‌طور قابل‌توجهی سبب افزایش وزن‌تر و خشک ذرت گردیدند. اگرچه کاربرد اصلاح‌کننده‌ها در خاک تحت آبیاری با پساب صنعتی، سبب افزایش غلظت فلزات سنگین موجود در خاک شد، اما این تغییر به همان نسبت به گیاه ذرت منتقل نشد و نتایج نشان داد که آبیاری با پساب بر روی غلظت همه عناصر سنگین در گیاه ذرت به‌طور یکسان (ریشه و اندام هوایی) مؤثر نبود. از طرفی به‌دلیل این‌که هیچ‌گونه سیستم زهکشی در گلدان‌ها طراحی نشده بود (مطالعه در سیستم بسته). امکان کاربرد توأم فاضلاب تصفیه شده و اصلاح‌کننده‌ها (به‌خصوص کود کمپوست) در خاک نه تنها از طریق تغذیه مناسب گیاه باعث افزایش زیست‌توده ذرت شد، بلکه با در نظر گرفتن زهکش برای خروج بخش محلول از شور و سدیمی شدن خاک در درازمدت نیز جلوگیری می‌کند.

منابع

ابراهیمیان، ص. و نهتانی، م. ۱۳۹۲. بررسی بحران کم‌آبی در حال حاضر ناشی از چالش عدم‌مدیریت بهینه منابع آب در بخش کشاورزی در راستای تحقق توسعه پایدار کشاورزی. اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی. بهمن ۹۴.

عرفانی آگاه، ع. ۱۳۷۸. بررسی کارآیی فاضلاب تصفیه شده خانگی در آبیاری زراعت کاهو و گوجه‌فرنگی. همایش جنبه‌های زیست‌محیطی استفاده از پساب در آبیاری، وزارت نیرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. صفحات ۷۹-۶۱.

عنایتی، ک.، روستا، م. وکیلی، آ. ۱۳۹۰. بررسی آثار جداگانه و توأم مواد آلی و معدنی بر اندازه خاکدانه‌ها در یک خاک شور و سدیمی با بافت سیلت لوم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۵ (۵۶): ۱۷۸-۱۶۹.

ملاحسینی، ح.، هراتی، م.، اکبری، غ. و حریری، ن. ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در اندام‌های ذرت علوفه‌ای تحت آبیاری با فاضلاب، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران.

میرزایی تالارپشتی، ر.، کامبوزیا، ج.، صباحی، ح. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۸۸. اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه‌فرنگی(*Lesculentum lycoper*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۷ (۱): ۲۶۸-۲۵۷.

نادی، ز.، رییسی، ف. و حسین پور، ع. ۱۳۹۱. اثر پساب‌های صنعتی خام و تصفیه شده بر فعالیت آنزیمی یک خاک رس سیلتی در شرایط آزمایشگاهی. مجله آب و فاضلاب، ۲۳ (۱): ۱۰۰-۹۳

ناصری، س.، صادقی، ط.، واعظی، ف. و ندافی، ک. ۱۳۹۱. بررسی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اردبیل به‌منظور استفاده مجدد در کشاورزی. مجله سلامت و بهداشت، ۳ (۳): ۸۰-۷۳

همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۹۷ صفحه.

Agarwal, S. K. 2002. Pollution Management: Water Pollution. A P H Publishers New Delhi, Pp. 384.

Allaway, B. J. 1990. Heavy Metals in Soils. London: Blackie and sonltd, Glassgow, Pp. 368.

Beheiry, G. and Soliman, A. A. 2005. Wheat productivity in previously organic treated calcareous soil irrigated with saline water. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 20: 363-376.

Bohn, H. L., Mcneal, R. J. and Oconner, G. A. 1985. Soil chemistry. 2nd. Ed. John Wiley and Sons, New York, Pp 118.

Brenner, A., Shandalov, S., Messalem, R., Yakirevich, A., Oron, G. and Rebhun, M. 2000. Wastewater reclamation for agricultural reuse in Israel:trends and experimental results. Water Air Soil Pollution, 123: 167-182.

Cheng, H., Xu, W., Liu, J., Zhao, Q., He, Y. and Chen, G. 2007. Application of composted sewagesludge (CSS) as a soil amendment for Turfgrassgrowth. Ecological Engineering, 29: 96-104.

Eraslan, F., Inal, A., Savasturk, O. and Gunes, A. 2007. Changes in antioxidative system and membrance damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae Journal, 114: 5-10.

Fernandes, S. A. P., Bettiol, W. and Clementi Cerri, C. 2005. Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. Applied Soil Ecology, 30: 65-77.

www.SID.ir

Archive of SID
Hayssam, M. A., Sayed, M. M., Fatma, A. H. and Mohamed, A. T. 2011. Usage of sewage effluent in irrigation of some woody tree seedlings. part3: *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. Saudi Journal of Biological Sciences, 18: 201-207.

Jang, T. I., Kim, H. K., Seong, C. H., Lee, E. J. and Park, S. W. 2012. Assessing nutrient losses of reclaimed wastewater irrigation in paddy fields for sustainable agriculture. Agricultural Water Management, 104: 235-243.

Jian, X., Laosheng, W., Andrew, C. C. and Yuan, Z. 2010. Impact of long term reclaimed wastewater irrigation on agricultural soils: A preliminary Assessment. Journal of Hazardous Materials, 183: 780-786.

Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1992. Trace Element in Soils and Plants. CRC press. Distance between Boca Raton and Ann Arbor. London.

Kalavrouziotis, I. K., Robolas, P., Koukoulakis, P. H. and Papadopoulos, A. H. 2008. Effects of municipal reclaimed wastewater on the macro- and micro- elements status of soil and of *Brassica oleracea* var. Italica, and *B. oleracea* var. Gemmifera. Agricultural Water Management, 95: 419-426.

Kaouther, Z., Mariem, B. F., Fardaous, M. and Cherif, H., 2012. Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultivars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 8 (4): 236-252.

Kaya, C., Tuna, A. L., Ashraf, M. and Altunlu, H. 2007. Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. Environmental and Experimental Botany Journal, 60: 397-403.

Metcalf, A. and Eddy, C. 2003. Wastewater Engineering, Treatment and Reuse 4th ed. McGraw-Hill International Editions, New York, Pp 250.

Moraetis, D., Stamati, F. E., Nikolaidis, N. P. and Kalogerakis, N. 2011. Olive mill wastewater irrigation of maize: impacts on soil and groundwater. Agricaltural Water Management, 98: 1125-1132.

Moustafa, F. A. F. 2005. Studies on reclamation of saline sodic soils. PhD Thesis, Faculty of Agriculture at Moshtohor, Benha University, Egypt, Pp 35-60.

Pedrero, F., Allende, A., Gil, M. I. and Alarcon, J. J. 2012. Soil chemical properties, leaf mineral status and crop production in a lemon tree orchard irrigated with two types of wastewater. Agricultural Water Management, 109: 54- 60.

Pescod, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture-FAO irrigation and drainage Paper 47. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.

Qadir, M., Noble, A. D., Oster, J. D., Schubert, S. and Ghafoor, A. 2005. Driving forces for sodium removal during phytoremediation of calcareous sodic and saline-sodic soils: A Review, Soil Use and Management, 21 (2): 173-180.

Roades, J. D. 1996. Salinity: Electrical Conductivity and and Total Dissolved Solids. Method of Soil Analysis, Parss: Chemical Methods. Madison. Wisconsin, USA, PP: 417-436.

Rowell, D. L. 1994. Soil science methods and Applications. Longman Group Harlow, Pp. 345.

Samecka-Cymerman, A. and Kempers, A. J. 2001. Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification. Science of the Total Environment Journal, 5: 56-68.

Sekhon, B. S. and Bejawa, M. S. 1993. Effect of organic matter andgypsum in controlling soil sodicity in rice- wheat-maize systemirrigated with sodic water. Indian Agricultural Water Management, 24: 15-25.

Shaimaa, H., Abd El-rahman, M. A. M., Mostafa, T. A., Taha, M. A. O. and Elsharawy, M. A. 2012. Effect of different amendments on soil chemical characteristics, grain yield and elemental content of wheat plants grown on salt affected soil irrigated with low quality water. Annals of Agricultural Science, 57 (2): 175-182.

Sims, J. T. 1996. Lime requirement method of soil analysis, parts: chemical methods. Madison, Wisconsin. USA, Pp. 491.

Singh, S. P., Takkar, P. N. and Nayyar, V. K. 1989. Effect of Cd on wheatas influenced by lime and manure and its toxic level in plant and soil. International Journal of Environmental Studies, 33: 59-66.

Thomas, G. W. 1996. Soil pH and Soil Acidity in Methods of Soil Analysis. Klute, A. (ed). Part 3. Chemical Methods. Madison, Wisconsen, USA, Pp: 475-490.

Tillaman, R. W. and Surapaneni, A. 2002. Some soil-related issues in the disposal of effluent on land. Australian Journal of Experimental Agriculture, 42: 225-235.

Walkey, A. and Black, I. A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science Journal, 37: 29-38.

www.SID.ir

Archive of SID

The Effect of Different Amendments on some Soil Properties, Biomass and Accumulation of Elements in Corn under Industrial Wastewater Irrigation

Rahimi[1*], Gh. and Yeganeh Shali[2], S.

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of different amendments on soil properties, mass and accumulation of elements in corn (*Zea mays*) grown on irrigated soil with wastewater of Bu-Ali industrial region. The green house experiment was conducted with treatments of Gypsum, Citric Acid, farmyard manure and compost separately and as complex, in a completely randomized design with four replicates in Bu-Ali Sina University at 2013. Obtained results showed that the applied different amendments under wastewater irrigated, changed significantly chemical characteristics in the studied soil i.e. pH, EC, CEC, organic matter, CCE, soluble cations. The results also showed that the applied different amendments increased significantly dry and wet mass of corn, in which the maximum and minimum (350.50 and 42.75mg/kg respectively) was in farmyard manure treatment and those amount (74.87 and 10.54mg/kg respectively) observed for control treatment. Applied amendments on irrigated soil with wastewater was effected on heavy metal concentration of shoot corn plants, however it was much less than background in which was not adverse effect on plants. But on root corn plant concentration of Zn and Cd was above background in which was adverse effect on plants. The results showed that maximum and minimum heavy metal concentration in corn plant (root + aerial part) was related to Fe and Cd, respectively. The application of amendments (particularly compost and farmyard manure) and wastewater in soil coincidently, not only increased dry and wet mass of corn via nutrition of plant but also prevented salt and sodic conditions in soil for longer time.

Keywords: Compost, Farmyard manure, Citric acid, Gypsum

1 and 2. Assistant Professor and MSc Graduated Student, Respectively, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

*: Corresponding author Email: ghasemr@gmail.com

www.SID.ir