

اثر شیرابه زباله بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت و اثر باقیمانده آن بر بعضی ویژگیهای خاک

محمود کلباسی و اکبر گندمکار*

چکیده

شیرابه زباله که در فرآیند تبدیل زباله های شهری به کمپوست تولید می شود حاوی مقدار قابل ملاحظه ای مواد آلی، عناصر غذایی، املاح محلول و مقدار کمی از بعضی عناصر سنگین می باشد. اضافه کردن شیرابه زباله به خاک گرچه می تواند باعث ارتقاء سطح باروری خاک شود ولی در عین حال می تواند موجب شور و آلوده شدن خاک گردد. اثر شیرابه زباله بر عملکرد و جذب عناصر غذایی ضروری و عناصر سنگین به وسیله ذرت در یک آزمایش مزرعه ای در دو نقطه در اصفهان (زینل ولورک)، با سه تیمار اصلی (صفر، ۴۰۰ و ۸۰۰ تن شیرابه در هکتار) و دو تیمار فرعی (با آبشویی و بدون آبشویی)، در قالب طرح کرت های یکبارخرد شده مطالعه شد. اضافه کردن شیرابه باعث کاهش سله و افزایش قابل ملاحظه جوانه زدن و رشد ذرت در کلیه مراحل نمو گیاه شد. عملکرد علوفه ذرت در اثر اضافه کردن شیرابه به خاک از ۲/۴ به ۴/۱ و ۵/۳ تن در هکتار در مزرعه زینل و از ۸/۱ به ۱۳/۴ و ۱۵/۰ تن در هکتار در مزرعه لورک، به ترتیب برای تیمارهای ۴۰۰ و ۸۰۰ تن شیرابه در هکتار نسبت به شاهد، افزایش یافت. انجام یک آبیاری اضافی قبل از کاشت (آبشویی) نیز عملکرد را در مزرعه زینل (در مقایسه با کرت های آبشویی نشده) به طور معنی داری افزایش داد. کاربرد شیرابه در خاک همچنین باعث افزایش جذب ازت، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس به وسیله گیاه گردید. غلظت عناصر آهن، منگنز، روی، مس و کلردر بافت قسمت هوایی گیاه افزایش یافت ولی اثرات سمی این عناصر در ذرت مشاهده نگردید. از طرفی غلظت عناصر سرب، کادمیم، کروم، کبالت و نیکل در قسمت هوایی ذرت، در اثر اعمال تیمارهای شیرابه زباله، افزایش معنی دار نشان نداد. در این تحقیق مصرف شیرابه با کاهش پ-هاش و افزایش مواد آلی، هدایت الکتریکی و مقدار قابل جذب ازت، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس در خاک همراه بود. بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که شیرابه زباله دارای پتانسیل بالایی به عنوان کود آلی مایع بوده و می تواند جهت ارتقاء سطح باروری خاک، به ویژه در خاک های غیر شور و برای گیاهان غیر حساس به شوری، مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی - شیرابه زباله، کود مایع، اثر باقیمانده، ذرت

مقدمه

شیرابه در بهار و تابستان حدود ۲۵۰۰۰۰ لیتر و در پاییز و زمستان ناچیز است، ضمناً برای تبدیل تمامی زباله های شهری در ایران به کمپوست نیاز به ۴۰ کارخانه با ظرفیت کارخانه کرد آلی اصفهان می باشد که در این صورت روزانه حدود ۵ میلیون لیتر شیرابه در کشور تولید خواهد شد. شیرابه تولیدی در کارخانه

در فرآیند تبدیل زباله های شهری به کمپوست، به سبب رطوبت زیاد زباله های خانگی در ایران، مقدار زیادی شیرابه تولید می شود. برای مثال کارخانه کود آلی اصفهان با تبدیل روزانه ۷۰۰ تن زباله به کمپوست، به طور متوسط حدود ۱۲۵۰۰۰ لیتر شیرابه در روز تولید می کند. مقدار تولید

* به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

فاضلابهای صنعتی استفاده گردد (۷) و یا مقادیر زیادی از کودهای آلی مانند کمپوست زیاله به خاک اضافه شود (۲). اضافه کردن مقدار زیادی شیرابه زیاله (۴)، لجن فاضلاب (۱۲) و یا کمپوست (۲) می تواند باعث افزایش شوری خاک شود.

ترکیب شیرابه زیاله حاصل از تبدیل زیاله های شهری به کمپوست در کارخانه کود آلی اصفهان، در طی یک دوره یکساله مورد مطالعه قرار گرفته است (۴). شیرابه زیاله به طور متوسط (میانگین یکساله) دارای پ-هاس ۴/۸، هدایت الکتریکی ۲۰ دسی زیمنس بر متر، ماده خشک ۷ درصد، ماده آلی ۳/۵ درصد، ازت کل ۹/۰ درصد، پتاسیم و فسفر به ترتیب ۳/۴ و ۰/۱۲ گرم در لیتر و آهن، روی، منگنز، مس، کبالت، مولیبدن، سرب، نیکل و کروم به ترتیب ۶۴، ۱۲، ۳، ۳، ۲، ۳، ۱، ۹ و ۷ میلی گرم در لیتر می باشد. طیف تغییرات پارامترهای فوق در طول سال بسیار وسیع است. هدف از انجام تحقیق حاضر، مطالعه اثر شیرابه زیاله بر عملکرد و جذب عناصر غذایی و عناصر سنگین به وسیله ذرت، و همچنین اثرات باقیمانده آن بر بعضی خصوصیات خاک می باشد.

مواد و روشها

آزمایش در دو مزرعه، با شرایط متفاوت از نظر خصوصیات خاک و تا حدودی اقلیم، در اصفهان انجام گردید. مزرعه اول در لورک (۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان) و مزرعه دوم در گردنه زینل (۲۰ کیلومتری شرق اصفهان) واقع شده است. تفاوت دو خاک عمدتاً از نظر مقدار سنگریزه، عمق و ساختمان می باشد (جدول شماره ۱). سه تیمار شیرابه زیاله (صفر، ۴۰۰ و ۸۰۰ تن در هکتار) که به ترتیب معادل صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد وزن خاک سطحی (تا عمق ۳۰ سانتیمتر) بود با دو تیمار آبشویی (با و بدون یک آبیاری اضافی در موقع کاشت)، در یک طرح کراهی یکبار خرد شده با سه تکرار، به آزمایش گذارده شد. تیمار آبشویی برای بررسی اثر احتمالی شوری زیاد شیرابه بر عملکرد گیاه منظور شد.

مساحت هر کرت ۱۶ متر مربع (۴×۴ متر)، شامل ۵ ردیف کاشت به فاصله های ۷۵ سانتیمتر و فاصله بین کرت های اصلی

کود آلی اصفهان، در حال حاضر با صرف هزینه زیاد به استخرهای تبخیر هدایت می گردد که پس از تبخیر آب آن، لجن بسیار سخت و غیر قابل استفاده ای برجای می ماند.

زیاله های شهری در اغلب کشورها، به ویژه کشورهای پیشرفته، دارای رطوبت بسیار کم بوده و در نتیجه در تبدیل آنها به کود کمپوست، شیرابه چندانی تولید نمی شود. بنابراین در این کشورها تحقیقاتی در مورد شیرابه زیاله انجام نشده است. در عوض تحقیقات گسترده ای در مورد استفاده از فاضلاب یا پساب فاضلابهای شهری و صنعتی در کشاورزی انجام گرفته است. اگرچه ترکیب شیرابه نسبت به هر فاضلاب یا پساب فاضلاب، متفاوت است ولی با این وجود شباهتهایی نیز بین این دو نوع پسماند وجود دارد.

در یک مطالعه دوساله، اضافه کردن ۳۲۰ تن در هکتار پساب یک دامداری با ۲/۴ درصد ماده خشک باعث افزایش معنی دار عملکرد ذرت گردید و شوری حاصل محدودیتی برای رشد گیاه ایجاد ننمود (۲۰ و ۲۱). دیویس و همکاران (۱۱) گزارش کردند که آبیاری با پساب تصفیه ثانویه فاضلاب شهری موجب افزایش رشد و عملکرد سبزیها می گردد. عملکرد گیاهان آبیاری شده با این پساب معادل عملکرد همین گیاهان با استفاده از کودهای ازته، فسفره و پتاسه بوده است.

پسماندها علاوه بر عناصر غذایی پر مصرف، می توانند دست کم بخشی از نیاز گیاهان به آهن، منگنز، روی، مس و مولیبدن را نیز مرتفع نموده و به عنوان یک کود کامل مورد استفاده قرار گیرند (۸، ۱۱ و ۱۲). رفع کمبود عناصر غذایی کم مصرف به وسیله مواد آلی، به علت قدرت کمپلکس کنندگی این مواد است. گزارشهای متعددی از رفع کمبود عناصر غذایی کم مصرف توسط کودهای دامی (۲۰)، فضولات مرغداریها (۱۹) و لجن فاضلابها (۱۵) در دست است.

استفاده از پسماندها برای تقویت باروری خاک ممکن است باعث تجمع عناصر سنگین در خاک و انتقال این عناصر به گیاه شود. این وضعیت عموماً زمانی اتفاق می افتد که از لجن

جدول ۱- بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مزارع لورک وزینل

| سری خاک | پ-هاش گل اشباع | هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ds/m) | ماده آلی (%) | ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol/kg) | کربنات کلسیم معادل (%) | سنگریزه (%) | بافت |
|---------------------|-------------------|--|-----------------|--|---------------------------------|----------------|------------------|
| گلشهر (زینل) | ۷/۵ | ۱/۵ | ۰/۵۲ | ۱۵/۰ | ۳۵ | ۶۵ | رسی |
| خمینی شهر (لورک) | ۷/۸ | ۱/۷ | ۰/۶۲ | ۱۷/۵ | ۴۰ | ۰ | لوم سیلتی رسی |

آنیون‌ها، عناصر غذایی و عناصر سنگین در عصاره شیرابه تعیین شد (۴). همچنین هدایت الکتریکی و پ-هاش شیرابه به وسیله دستگاه هدایت سنج و پ-هاش متر مستقیماً در داخل شیرابه اندازه گیری شد. مواد آلی شیرابه با استفاده از روش اکسایش سرد (۱۷) و درصد ماده خشک با قراردادن ۱۰ گرم شیرابه در آون (دمای ۷۵ درجه سانتیگراد) به مدت ۲۴ ساعت، تعیین شد. غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس، سرب، نیکل، کروم و کادمیم در عصاره شیرابه به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل ۳۰۳۰ پرکین المر (۶)، غلظت بی کربنات باتیتراسیون به وسیله اسید سولفوریک، کلرید باتیتراسیون بانیترات نقره و فسفر باروش فسفومولیدات (۱۰)، تعیین شد. غلظت ازت کل و ازت معدنی (ازت نیتراتی + ازت آمونیاکی) شیرابه به وسیله دستگاه کلدال اندازه گیری گردید.

قبل از کاشت و پس از برداشت ذرت، از خاک سطحی (تا عمق ۳۰ سانتیمتری) کلیه کرتهانمونه برداری شد. در نمونه های خاک پ-هاش گل اشباع، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، ماده آلی (روش اکسایش سرد)، ظرفیت تبادل کاتیونی (روش استات سدیم، پ-هاش ۸/۲)، کربنات کلسیم معادل، ازت معدنی (استخراج شده به وسیله کلرید پتاسیم یک نرمال)، فسفر قابل جذب (۱۶)، پتاسیم قابل جذب (۹) و مقدار آهن، منگنز، روی و مس قابل استخراج به وسیله DTPA (۱۳) عصاره گیری و به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد.

و فرعی به ترتیب ۱/۵ و ۳ متر بود. پس از مرز بندی کرتها، حجم شیرابه هر کرت محاسبه و به صورت یکنواخت در تمامی سطح کرت پخش گردید. پس از گذشت یک ماه، هر کرت به دو قسمت مساوی تقسیم شد، یک قسمت با ۱۵ سانتیمتر آب آبیاری گردید و دیگری بدون آبیاری به حال خود گذاشته شد. پس از رسیدن به رطوبت مناسب، تمامی کرتها بیل زده شد و به جوی و پشته تبدیل گردید.

بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ که قبلاً ضد عفونی شده بود در عمق ۵ سانتیمتری یک طرف پشته ها و با فواصل ۲۰ سانتیمتر کاشته شد. آبیاری به فاصله های ۱۰-۷ روز انجام و مقدار آب آبیاری با استفاده از پارشال فلوم کنترل گردید. پس از سبز شدن بذر ها و در مرحله دو برگگی، تعداد گیاه در هر محل کاشت به یک عدد کاهش داده شد. در طول دوره رشد گیاه مراقبتهای لازم از قبیل وجین و سمپاشی انجام گردید. دو ماه پس از کاشت بخشهای هوایی گیاه از سه خط میانی هر کرت، بارعایت ۷۵ سانتیمتر حاشیه از دو سر خط، از فاصله دو سانتیمتری سطح خاک برداشت و پس از خشک شدن در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت، توزین شد. همچنین نمونه های گیاهی از قسمتهای هوایی گیاهان هر کرت، برای تعیین ترکیب عناصر در گیاه برداشت شد.

نمونه شیرابه مورد استفاده به وسیله سانتریفیوژ در ۴۵۰ دور در دقیقه و به مدت ۲۰ دقیقه صاف و غلظت کاتیون ها،

جدول ۲- ترکیب شیمیایی شیرابه مورد استفاده و مقدار عناصر و مواد اضافه شده به خاک

| خصوصیت | واحد اندازه گیری | مقدار | اضافه شده به خاک در تیمار ۴۰۰ تن در هکتار *(Kg/ha) |
|------------------|------------------|-------|---|
| pH | - | ۳/۶ | - |
| هدایت الکتریکی | dS/m | ۱۹/۴ | ##۷۲۰۰ |
| ماده خشک | % | ۵/۰ | ۲۰۰۰۰ |
| ماده آلی | % | ۲/۲ | ۹۰۰۰ |
| ازت کل | % | ۰/۱ | ۴۰۰ |
| کلسیم | % | ۰/۲۷ | ۱۰۸۰ |
| سدیم | % | ۰/۲۸ | ۱۱۲۰ |
| پتاسیم | % | ۰/۳۱ | ۱۲۴۰ |
| منیزیم | % | ۰/۰۵ | ۲۰۰ |
| سولفات | % | ۰/۲۸ | ۱۱۲۰ |
| کلر | % | ۰/۴۶ | ۱۸۴۰ |
| بی کربنات | mg/L | ۲۲۴ | ۹۰ |
| فسفر | mg/L | ۱۴۹ | ۶۰ |
| ازت معدنی | mg/L | ۳۵ | ۱۴ |
| آهن | mg/L | ۹۰ | ۳۶ |
| منگنز | mg/L | ۷ | ۳ |
| روی | mg/L | ۳۰ | ۱۲ |
| مس | mg/L | ۰/۵ | ۰/۲ |
| سرب | mg/L | ۱/۵ | ۰/۶ |
| نیکل | mg/L | ۱/۰ | ۰/۴ |
| کروم | mg/L | ۰/۷ | ۰/۳ |
| کادمیم | mg/L | ناچیز | ناچیز |
| نسبت کربن به ازت | - | ۱۳/۰ | - |

* مواد اضافه شده به خاک در تیمار ۸۰۰ تن بر هکتار، دو برابر این مقادیر می باشد.

** نمک اضافه شده

عناصر غذایی را، که در اثر افزودن ۴۰۰ تن شیرابه به یک هکتار خاک اضافه شده است را، نشان می دهد.

شیرابه دارای پ-هاش اسیدی، شوری نسبتاً بالا، مقداری ماده آلی، مقدار زیادی از اغلب عناصر غذایی ضروری گیاه و غلظت کمی از بعضی عناصر سنگین می باشد. شیرابه به ویژه از نظر ازت، پتاسیم، آهن، و روی بسیار غنی می باشد. به این ترتیب می توان شیرابه را به عنوان یک کود کامل مایع حاوی

داده ها به وسیله نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

ترکیب شیرابه مورد استفاده

جدول شماره ۲ ترکیب نمونه شیرابه زباله مورد استفاده در دو مزرعه لورک وزینل و همچنین مقدار املاح، مواد آلی و

خاک و تصاعد گاز CO₂، می‌توانند باعث کاهش تشکیل سله گردند (۴، ۵، ۱۴).

جدول ۳ اثر تیمارهای شیرابه و آبشویی خاک را بر عملکرد علوفه ذرت، جذب ازت، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس و همچنین غلظت تعدادی از عناصر سنگین نشان می‌دهد. اگرچه عملکرد ذرت و به تبع آن مقدار جذب عناصر غذایی در مزرعه لورک، به دلیل خاک بارورتر (عمق بیشتر، مواد آلی بالاتر، سنگریزه بسیار کمتر و ساختمان بهتر نسبت به خاک زینل)، به مراتب زیادتر بود، ولی اضافه کردن شیرابه به خاک در هر دو مزرعه باعث افزایش چشمگیری و معنی دار عملکرد شد، به طوری که عملکرد در تیمار ۴۰۰ تن شیرابه در هکتار دو برابر و در تیمار ۸۰۰ تن در هکتار دو تا سه برابر گردید. آبشویی خاک در تیمار ۴۰۰ تن شیرابه در هکتار اثری بر عملکرد نداشت و حتی سبب کاهش مختصری در عملکرد شد در حالی که در تیمار ۸۰۰ تن در هکتار باعث افزایش عملکرد در مزرعه زینل گردید.

افزایش قابل توجه عملکرد به دنبال اضافه کردن شیرابه، نه تنها معلول اثر مفید عناصر غذایی نسبتاً کامل شیرابه است (جدول ۲)، بلکه احتمالاً به دلیل مواد آلی شیرابه و همچنین پ- هاش اسیدی آن است (۴، ۸، ۱۸). اثر آبشویی در تیمار ۸۰۰ تن شیرابه در هکتار، احتمالاً به علت مقدار زیاد املاح محلول اضافه شده (جدول ۲) و بی‌اثر بودن آن در تیمار ۴۰۰ تن در هکتار، احتمالاً به دلیل زیانبار نبودن مقدار املاح اضافه شده می‌باشد. شوری باقیمانده از تیمار ۸۰۰ تن در هکتار، پس از برداشت ذرت در خاک لورک و زینل در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری ترتیب ۳/۲ و ۳/۶ دسی زیمنس بر متر می‌باشد که در هر دو مزرعه نسبت به شاهد افزایش معنی داری رانشان می‌دهد. حال آنکه در تیمار ۴۰۰ تن در هکتار، شوری باقیمانده در هیچ کدام از دو مزرعه افزایش معنی داری رانشان نمی‌دهد (جدول ۴).

افزودن شیرابه به خاک باعث افزایش معنی دار جذب ازت، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز و مس به وسیله ذرت در هر دو مزرعه گردید. افزایش جذب عنصر روی فقط در مزرعه لورک معنی دار

مواد آلی و معدنی به حساب آورد که تنها نقطه ضعف آن شوری زیاد و مقدار کمی عناصر سنگین در آن می‌باشد. در عوض پ- هاش اسیدی و وجود ماده آلی معلق قابل توجه در شیرابه ارزش شیرابه را به عنوان یک کود مایع در خاکهای آهکی تا حد زیادی افزایش می‌دهد چون علاوه بر اثرات موقتی که ممکن است بر کاهش پ- هاش خاک داشته باشد، به علت وجود مواد آلی، سله را در خاک کاهش می‌دهد و حداقل بخشی از عناصر غذایی کم مصرف مانند آهن، روی، مس و منگنز در آن به صورت کمپلکس با مواد آلی بوده و اضافه کردن آن به خاک باعث افزایش تحرک و قابلیت جذب این عناصر می‌شود.

افزودن ۴۰۰ تن شیرابه در هکتار باعث اضافه شدن ۹ تن ماده آلی، ۴۰۰ کیلوگرم ازت، ۶۰ کیلوگرم فسفر، ۱۲۴۰ کیلوگرم پتاسیم، ۳۶ کیلوگرم آهن، ۱۲ کیلوگرم روی و مقداری عناصر غذایی دیگری به هکتار خاک گردیده که نه تنها توانایی تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را به طور کامل دارد (جدول ۳)، بلکه می‌تواند باعث ارتقاء سطح باروری خاک شده و باقیمانده آن نیز برای کشت های بعدی مورد استفاده قرار گیرد (جدول ۴).

اثر شیرابه بر عملکرد، جذب عناصر غذایی و غلظت بعضی عناصر سنگین در گیاه ذرت

مشاهدات در طول دوره رشد نشان داد که پارامترهای رشد مانند جوانه زدن، رشد طولی، قطر ساقه و برگ، تولید گل آذین نروماده و همچنین شادابی و سرسبزی بوته‌ها در کرت‌های تیمار شده با شیرابه، به مراتب بهتر از کرت‌های شاهد بود. در حالی که در سطح کرت‌های شاهد، به ویژه در مزرعه زینل، سله زیادی ایجاد شده بود که پیامد آن تاخیری و بی‌نظمی در جوانه زنی ذرت بود، در کرت‌هایی که شیرابه دریافت کرده بودند سله بسیار کمتر بود و جوانه زدن و سبز شدن نهال‌های ذرت سریع‌تر و منظم‌تر انجام گرفت. اثر شیرابه بر کاهش تشکیل سله به دلیل مواد آلی موجود در شیرابه و همچنین واکنش اسیدی شیرابه است. مواد آلی شیرابه، با افزایش پایداری خاکدانه‌ها و جلوگیری از تخریب آنها در موقع آبیاری، و اسید موجود در شیرابه، با ترکیب با آهک

جدول ۳- اثر شیرابه و آبشویی خاک بر عملکرد قسمت هوایی، جذب عناصر غذائی و غلظت عناصر سنگین در گیاه ذرت*

| مزرعه | تیمار | عملکرد | جذب | | | | | غلظت | | | | | | |
|-------------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | | ازت | فسفر | پتاسیم | آهن | منگنز | روی | مس | سرب | کروم | کالیت | نیکل | کادمیم |
| | | Ton/ha | Ton/ha | kg/ha | kg/ha | kg/ha | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| لورک | ۰ | ۱۶۱ a | ۵۸a | ۲۰۸a | ۲/۰۵a | ۰/۷a | ۰/۳a | ۰/۲۱a | ۱۶/۳a | ۲/۷a | ۰/۳a | ۲/۶a | ۰/۳a | ۲/۶a |
| | ۴۰۰ | ۲۳۶b | ۹۹b | ۲۴۰b | ۵/۲b | ۱/۵b | ۰/۵ab | ۰/۴۵ab | ۱۵/۵a | ۲/۳a | ۰/۳a | ۲/۵a | ۰/۳a | ۲/۵a |
| | ۸۰۰ | ۴۲۳c | ۱۱۷b | ۴۹۰c | ۶/۳b | ۱/۹b | ۱/۰b | ۰/۴۱b | ۱۶/۳a | ۲/۳a | ۰/۴a | ۴/۱a | ۰/۴a | ۴/۱a |
| بدون آبشویی | ۰ | ۲۲۸A | ۹۱A | ۴۶۷A | ۴/۵A | ۱/۵A | ۰/۶A | ۰/۳A | ۱۵/۷A | ۲/۴A | ۰/۲A | ۲/۸A | ۰/۲A | ۲/۸A |
| | ۴۰۰ | ۲۸۵A | ۹۲A | ۴۶۵A | ۴/۶A | ۱/۳A | ۰/۶A | ۰/۳۰A | ۱۶/۳A | ۲/۴A | ۰/۳A | ۲/۳A | ۰/۳A | ۲/۳A |
| | ۸۰۰ | ۲۸۵A | ۹۲A | ۴۶۵A | ۴/۶A | ۱/۳A | ۰/۶A | ۰/۳۰A | ۱۶/۳A | ۲/۴A | ۰/۳A | ۲/۳A | ۰/۳A | ۲/۳A |
| زیستل | ۰ | ۲/۴a | ۲/۶a | ۱۱۳a | ۰/۳a | ۰/۲a | ۰/۱۴a | ۰/۰۴a | ۶/۶a | ۴/۲a | ۰/۳a | ۵/۷a | ۰/۳a | ۵/۷a |
| | ۴۰۰ | ۴/۱۱b | ۷/۴b | ۱۸۲b | ۰/۵b | ۰/۳b | ۰/۲۰b | ۰/۰۸b | ۵/۳a | ۴/۳a | ۰/۳a | ۶/۱a | ۰/۳a | ۶/۱a |
| | ۸۰۰ | ۵/۳c | ۱۱/۵c | ۲۳۰c | ۰/۷c | ۰/۵c | ۰/۲۴b | ۰/۱۰b | ۶/۵a | ۴/۵a | ۰/۳a | ۶/۳a | ۰/۳a | ۶/۳a |
| با آبشویی | ۰ | ۴/۶B | ۶/۲A | ۱۴۱A | ۰/۵A | ۰/۳A | ۰/۱۷A | ۰/۰۶A | ۷/۳A | ۴/۳A | ۰/۳A | ۶/۵A | ۰/۳A | ۶/۵A |
| | ۴۰۰ | ۸۰A | ۹/۱B | ۲۱۸B | ۰/۵A | ۰/۲B | ۰/۲۳A | ۰/۰۸A | ۷/۵A | ۴/۵A | ۰/۳A | ۶/۲A | ۰/۳A | ۶/۲A |
| | ۸۰۰ | ۲/۵A | ۸۰A | ۲۱۸B | ۰/۵A | ۰/۲B | ۰/۲۳A | ۰/۰۸A | ۷/۵A | ۴/۵A | ۰/۳A | ۶/۲A | ۰/۳A | ۶/۲A |

* - در هر ستون اعدادی که در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن بر سطح احتمال ۵٪ مقایسه و تفاوت را نشان می دهد.
 بزرگ تفاوت بین تیمارهای آبشویی را نشان می دهد.
 ** - کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب انمی

جدول ۴- اثر باقیمانده شیرابه و آبشویی خاک بر پ - هاش، هدایت الکتریکی، مواد آلی و مقدار قابل جذب عناصر غذایی در لورک وزینل*

| مس | روی | منگنز | آهن | پتاسیم | فسفر | ازت | مواد آلی (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | پ - هاش | تیمار (Ton/ha) | خاک |
|-------|--------|--------|---------|--------|-------|---------|--------------|-----------------------|---------|----------------|--------------|
| ۷/۰ a | ۲/۹ a | ۴۸/۳ a | ۱۱/۲ a | ۲۰۷ a | ۳۰ a | ۱۲ a | ۰/۶۶ a | ۱/۷ a | ۷/۸ a | ۰ | مقدار شیرابه |
| ۳/۲ b | ۵/۳ ab | ۹۱/۳ b | ۲۱/۳ b | ۳۹۹ b | ۴۶ b | ۲۵ ab | ۰/۶۵ a | ۲/۳ ab | ۷/۷ a | ۴۰۰ | |
| ۳/۷ c | ۶/۳ b | ۸۸/۲ b | ۲۳/۳ b | ۵۸۹ c | ۷۰ c | ۵۰ b | ۰/۷۵ b | ۳/۲ b | ۷/۶ a | ۸۰۰ | لورک |
| ۲/۵ B | ۵/۲ A | ۸۰ A | ۲۱/۲ A | ۴۰۴ A | ۵۲ A | ۴۲ B | ۰/۶۸ A | ۲/۵ A | ۷/۷ A | | با آبشویی |
| ۳/۲ A | ۵/۵ A | ۷۵ A | ۱۹/۹ A | ۳۱۳ A | ۴۵ A | ۲۰ A | ۰/۶۶ A | ۲/۳ A | ۷/۷ A | | بدون آبشویی |
| ۵/۹ a | ۲/۹ a | ۱۶/۴ a | ۱۰/۴ a | ۳۳۲ a | ۳۴ a | ۳۴/۵ a | ۰/۴۷ a | ۱/۹ a | ۷/۶ b | ۰ | |
| ۵/۹ a | ۵/۱ b | ۵۰/۷ b | ۱۲/۴ ab | ۶۰۷ b | ۶۷ b | ۶۲/۶ ab | ۰/۷۴ b | ۲/۴ ab | ۷/۴ ab | ۴۰۰ | |
| ۵/۹ a | ۵/۷ b | ۶۰/۶ c | ۱۲/۸ b | ۷۱۵ c | ۱۱۲ c | ۹۵/۰ b | ۰/۷۸ b | ۳/۶ b | ۷/۳ a | ۸۰۰ | زینل |
| ۵/۹ A | ۴/۵ A | ۴۱/۸ A | ۱۱/۳ A | ۵۵۵ A | ۸۰ A | ۷۳/۶ B | ۰/۶۲ A | ۲/۷ A | ۷/۴ A | | با آبشویی |
| ۵/۹ A | ۴/۶ A | ۴۳/۳ A | ۱۲/۴ A | ۵۴۷ A | ۱۰۸ A | ۵۴/۱ A | ۰/۷۱ A | ۲/۶ A | ۷/۴ A | | بدون آبشویی |

* در هر ستون اعدادی که در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن بر سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند. حروف کوچک، تفاوت بین تیمارهای شیرابه و حروف بزرگ تفاوت بین تیمارهای آبشویی نشان می‌دهد.

و ۴۹ درصد بود که نسبت به کودهای شیمیائی فسفردار که عموماً بازیابی بین ۲۰-۱۰ درصد در کشت اول دارند (۵) بسیار زیادتر است. علت بازده بالای فسفردر شیرابه احتمالاً وجود ماده آلی در شیرابه و همچنین پ-هاش اسیدی آن است. اثر کودهای آلی و مواد اسیدزا مانند گوگرد در افزایش بازده کودهای فسفره در خاکهای منطقه اصفهان گزارش شده است (۳ و ۱). بازیابی ظاهری پتاسیم با کاربرد شیرابه در خاک لورک حدود ۱۰ درصد می‌باشد که به علت بیش از حد نیاز بودن پتاسیم اضافه شده (۱۲۴۰ کیلوگرم در تیمار ۴۰۰ تن در هکتار) در مقایسه با مقدار مصرف گیاه (۱۳۲ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد. بدیهی است که پتاسیم اضافه شده می‌تواند برای کشت یا کشت های بعدی مورد استفاده گیاه قرار گیرد. اثرات باقیمانده شیرابه در خاک لورک (جدول ۴)، نشان می‌دهد که پتاسیم باقیمانده قابل استفاده در تیمار ۴۰۰ تن در هکتار ۱۹۲ میلی گرم در کیلوگرم (۹۳ درصد) و در تیمار ۸۰۰ تن در هکتار ۳۹۱ میلی گرم در کیلوگرم (۱۸۹ درصد) افزایش داشته است.

اگرچه بازیابی ظاهری عناصر کم مصرف، در مقایسه با عناصر پر مصرف عموماً بسیار پائین تر است، ولی بازیابی ظاهری منگنز و آهن با مصرف ۴۰۰ تن شیرابه در هکتار، در خاک لورک به ترتیب حدود ۲۷ و ۹ درصد می‌باشد که احتمالاً به دلیل ماده آلی نسبتاً زیاد و پ-هاش اسیدی شیرابه است (۴، ۸ و ۱۸).

یکی از محدودیتهای استفاده از لجن فاضلابها، کمپوست حاصل از زباله، پسابها و فاضلابهای شهری و صنعتی و همچنین شیرابه زباله به عنوان کود پایابری آبیاری، وجود بعضی عناصر سنگین در این ترکیبات است که ممکن است باعث تجمع این عناصر در خاک و جذب آنها توسط گیاهان گردد. غلظت سرب، کروم، کبالت، نیکل، و کادمیم در قسمت هوایی ذرت در جدول ۳ نشان داده شده است. افزودن شیرابه به خاک و یا آبشویی در هر دو مزرعه، سبب افزایش معنی دار غلظت این عناصر در ذرت نگردیده است. غلظت سرب در مزرعه لورک نسبت به مزرعه زینل و غلظت کروم، کبالت و نیکل در مزرعه

بود. تیمار آبشویی بر جذب عناصر غذایی در مزرعه لورک اثری نداشت، ولی در مزرعه زینل جذب فسفر، پتاسیم و منگنز را کاهش داد. برای بعضی از عناصر، به ویژه در مزرعه زینل، مقدار جذب در تیمار ۸۰۰ تن در هکتار به طور معنی داری بیشتر از تیمار ۴۰۰ تن در هکتار بود. همچنین مقدار جذب کلیه عناصر مذکور در مزرعه لورک نسبت به مزرعه زینل به مراتب بالاتر بود که عمدتاً به دلیل عملکرد بالاتر علوفه ذرت در این مزرعه می‌باشد.

افزودن ۴۰۰ تن شیرابه به یک هکتار، حدود ۴۰۰ کیلوگرم ازت راکه بخش اعظم آن به صورت آلی است به خاک اضافه می‌کند (جدول ۲). در اثر اعمال این تیمار به خاک لورک، جذب ازت به وسیله بخش هوایی گیاه از ۱۶۱ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته (جدول ۳) که در این صورت بازیابی ظاهری ازت به وسیله ذرت حدود ۴۱ درصد ($100 \times 400 / 161 - 326$) می‌باشد. البته چون تمامی ازت آلی، در طول فصل رشد ذرت معدنی نشده و مقدار قابل ملاحظه‌ای از آن برای استفاده در کشت های بعدی در خاک مانده (جدول ۴)، بازده استفاده گیاهان از ازت شیرابه در واقع به مراتب بالاتر از مقدار مذکور می‌باشد. کشت گندم پس از برداشت ذرت و بدون اضافه کردن کود شیمیائی در مزرعه لورک (کلباسی، نتایج منتشر نشده) نشان داد که عملکرد گندم و جذب ازت به حدود دو برابر افزایش یافت. محاسبه بازیابی ظاهری ازت در تیمارهای دیگر و همچنین در خاک زینل به ترتیب فوق الذکر، امکان پذیر است و نشان‌دهنده این واقعیت است که بازیابی ازت از خاک لورک به مراتب بیشتر از خاک زینل بوده و در تیمار ۴۰۰ تن شیرابه در هکتار در مقایسه با ۸۰۰ تن در هکتار، بیشتر می‌باشد. بازده بهتر استفاده ذرت از عناصر غذایی در خاک لورک، به دلیل سطح باروری بالاتر خاک در لورک و عملکرد بسیار بالاتر آن می‌باشد (جدول ۳).

بحث درباره بازده شیرابه به عنوان یک کود مایع، برای عناصر دیگر نیز قابل تعمیم است. بازیابی ظاهری فسفر در مزرعه لورک برای تیمار ۴۰۰ و ۸۰۰ تن شیرابه در هکتار به ترتیب ۶۸

ایران است. در هر حال افزودن شیرابه به مقدار زیاد و به صورت مکرر به خاک، می تواند باعث افزایش شوری خاک و احتمالا کاهش عملکرد گیاهان حساس به شوری شود.

شیرابه حاوی حدود ۲ درصد ماده آلی است و در تیمار ۴۰۰ و ۸۰۰ تن در هکتار به ترتیب ۹ و ۱۸ تن ماده آلی به یک هکتار خاک اضافه نموده است. بدیهی است بخش قابل ملاحظه ای از این ماده آلی در طول فصل رشد تجزیه می شود، به ویژه این که نسبت کربن به ازت آن پائین می باشد (جدول ۲). اثرات باقیمانده شیرابه بر مواد آلی خاک، فقط در خاک لورک و برای تیمار ۸۰۰ تن در هکتار معنی دار شده است.

افزودن ۴۰۰ تن شیرابه به یک هکتار باعث اضافه شدن ۴۰۰ کیلوگرم ازت، ۶۰ کیلوگرم فسفر و ۱۲۴۰ کیلوگرم پتاسیم به یک هکتار خاک شده است (جدول ۲)، که علاوه بر تامین نیاز گیاه و اثر قابل ملاحظه بر عملکرد ذرت (جدول ۳)، بخش مهمی از آن می تواند به وسیله گیاهان کشت شده پس از ذرت مورد استفاده قرار گیرد. مقدار ازت، فسفر و پتاسیم باقیمانده در هر دو خاک، در اثر افزودن شیرابه افزایش یافته و این افزایشها برای هر دو خاک و به ویژه تیمار ۸۰۰ تن شیرابه، معنی دار می باشد. افزایش قابل ملاحظه و معنی دار فسفر باقیمانده، با توجه به این که مقدار نسبتاً کمی فسفر در اثر کاربرد شیرابه به خاک اضافه شده (۶۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۴۰۰ تن)، قابل توجیه نیست. این افزایش، احتمالا در اثر بالارفتن قابلیت جذب فسفر بومی خاک در اثر کاهش پ-هاش و وجود مواد آلی در شیرابه است (۱، ۳ و ۴).

یکی از ویژگیهای شیرابه، پتاسیم محلول بسیار زیاد آن است (جدول ۲)، به طوری که استفاده از ۴۰۰ تن آن در هکتار سبب اضافه شدن ۱۲۴ کیلوگرم پتاسیم به هر هکتار و احتمالا تامین نیاز گیاه به این عنصر خواهد شد. پتاسیم باقیمانده در هر دو خاک، در تیمار ۴۰۰ تن بر هکتار حدود ۲ برابر در تیمار ۸۰۰ تن بین ۳-۲ برابر شده است.

اثر باقیمانده شیرابه بر مقدار آهن، منگنز، روی و مس قابل جذب در دو خاک. در جدول ۴ نشان داده شده است. به استثنای

زینل نسبت به مزرعه لورک، بیشتر بوده است. غلظت کادمیم در ذرت، در هر دو مزرعه بسیار پائین و کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بوده است.

اکثر عناصر سنگین به وسیله کلوئیدهای خاک به سرعت جذب و تثبیت می شوند و جذب آنها توسط گیاه بسیار محدود می باشد (۲۰). البته اثرات دراز مدت استفاده از شیرابه و همچنین اثرات تجمعی آن بایستی مورد مطالعه قرار گیرد.

اثر باقیمانده شیرابه بر بعضی ویژگیهای شیمیایی خاک

جدول ۴ اثر باقیمانده شیرابه و همچنین آبشویی خاک رابرپ-هاش، هدایت الکتریکی، مواد آلی و مقدار قابل جذب عناصر غذایی نشان می دهد. اثرات باقیمانده شیرابه بر پ-هاش خاک، فقط در تیمار ۸۰۰ تن در هکتار معنی دار می باشد. با توجه به این که پ-هاش پس از برداشت ذرت و با گذشت سه ماه از زمان اضافه کردن شیرابه اندازه گیری شده و همچنین با توجه به قدرت بافری بالای خاکهای آهکی، می توان نتیجه گرفت که کاهش اولیه پ-هاش در هر دو خاک بیشتر بوده است. کاهش پ-هاش در خاکهای آهکی، حتی به مقدار کم و موقت، اثرات مثبتی بر قابلیت جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر، آهن، روی و منگنز دارد (۴ و ۵).

شیرابه دارای شوری نسبتاً بالایی است (جدول ۲) و افزایش شوری خاک در نتیجه کاربرد آن دور از انتظار نیست. با این وجود و احتمالا به دلیل آبشویی انجام شده در طی فصل رشد، شوری باقیمانده در خاک زیاد نبوده است. اگرچه در تیمار ۸۰۰ تن در هکتار، در هر دو خاک افزایش شوری معنی دار شده است، ولی این امر سبب افزایش هدایت الکتریکی خاکها به حدی که بتوان آنها را شور نامید ($EC > 4 \text{ dS/m}$) نشده است (جدول ۴). این نتایج به روشنی نشان می دهد که اگرچه در تیمار ۴۰۰ تن در هکتار حدود ۷/۲ تن نمک به هر هکتار خاک اضافه می شود، با این حال در پایان فصل رشد افزایش معنی داری در شوری هیچکدام از خاکها در اثر این تیمار مشاهده نمی گردد. این امر احتمالا به دلیل بازده پائین آبیاری و برخه آبشویی بالا در مزارع

آن، کاربرد مقدار زیاد آن در خاک و یا استفاده مکرر از آن در یک خاک توصیه نمی شود.

۴- برای تعیین حداقل شیرابه مورد نیاز برای رسیدن به داکتر عملکرد اقتصادی و همچنین به حداقل رسانیدن اثرات شوری باقیمانده، نیاز به انجام تحقیقات بیشتری برای هر محصول می باشد، ولی کاربرد تا ۴۰۰ تن شیرابه در هکتار در خاکهای غیرشور و برای گیاهان غیرحساس به شوری، به صورت غیر متوالی توصیه می گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای مهندس قرآنی مدیر عامل و سایر کارکنان مؤسسه کود آلی وابسته به شهرداری اصفهان، که انجام این تحقیق بدون حمایت‌های همه جانبه آنها ممکن نبود، سپاسگزاری می شود.

منگنز در خاک لورک و مس در خاک زینل، کاربرد شیرابه در هر دو خاک، اغلب با افزایش معنی دار مقدار باقیمانده این عناصر همراه بوده است. عناصر غذایی کم مصرف در خاکهای آهکی، به ویژه آهن و روی، از جمله عوامل محدود کننده رشد بسیاری از گیاهان می باشند. شیرابه زیاله از نظر این عناصر بسیار غنی است و به علاوه به دلیل پ-هاش اسیدی و مواد آلی زیاد در آن سبب افزایش مقدار قابل جذب باقیمانده این عناصر نیز می شود.

نتیجه گیری

- ۱- باتوجه به ترکیب شیرابه از نظر عناصر غذایی، مواد آلی و پ-هاش و با توجه به نتایج به دست آمده، شیرابه زیاله را می توان به عنوان یک کود مایع کامل برای تقویت خاک به کار برد.
- ۲- عملکرد ذرت و جذب عناصر غذایی از خاک، با افزودن شیرابه، بین دو تا سه برابر افزایش می یابد.
- ۳- با توجه به شوری زیاد شیرابه و اثرات باقیمانده قابل توجه

منابع مورد استفاده

- ۱- اسکندری، ذ. و م. کلباسی. ۱۳۷۳. اثر گوگرد و کود آلی بر راندمان کودهای فسفره در گیاه ذرت رقم ۷۰۴ در شش سری خاکهای استان اصفهان. پژوهش و سازندگی. شماره ۲۴، ص ۳۶ تا ۴۱.
- ۲- رحیمی، ق. ۱۳۷۱. مطالعات اثرات کود کمپوست بر شوری و آلودگی خاک و مقدار جذب عناصر سنگین توسط گیاه ذرت از خاکهای حاوی کود کمپوست. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۱۰ صفحه.
- ۳- فکری کوهبنانی، م. ۱۳۷۱. اثرات زمان و مواد آلی بر جذب فسفر در بعضی از خاکهای منطقه اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۸۷ صفحه.
- ۴- محمدی نیا، غ. ۱۳۷۴. ترکیب شیمیایی شیرابه کمپوست و زیاله و اثر آن بر خاک و گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۸۴ صفحه.
- ۵- ملکوتی، ج. و م. همائی. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک، مشکلات و راه حلها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۴۹۴ صفحه.
- 6- Baker, D. E. and N. Suhr, 1990. Atomic Absorption and Flame Emission Spectrometry. P. 13-29 in A. L. Page et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2, 2nd ed., Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
- 7- Bradford, G. R., A. L. Page, L. J. Lund and W. Olmsted. 1975. Trace element concentration of sewage treatment plant effluents and sludges: their interactions with soils and uptake by plants. J. Environ. Qual. 4(1) : 123-127.
- 8- Bole. J. B. and R. G. Bell. 1978. Land application of municipal sewage waste water: yield and chemical composition of forage crops. J. Environ Qual. 7(2) : 222-226.

- 9- Carson, P. L. 1980. Recommended potassium test. P. 17-18. *In* Recommended chemical soil test procedures for the north central region. North Dakota Agric. Exp. Stn. Bull. 499.
- 10- Chapman, H. D. and P. F. Pratt. 1961. *Methods of Analysis for Soil, Plant and Water*. University of California. Division of Agriculture Science. P. 1188.
- 11- Davis, T. L., J. K. Greig and M. B. Kirkham. 1988. Wastewater irrigation of vegetable crops. *Biocycle*. 29(9): 60-63.
- 12- Higgins, J. A. 1984. Land application of sewage sludge with regard to cropping systems and pollution potential. *J. Environ. Qual* 13(3): 441-448.
- 13- Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1979. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
- 14- Mathers, A. C., B. A. Stewart and J. D. Thomas. 1981. Manure effects on water intake and runoff quality from irrigated grain sorghum plots. *J. Environ. Qual.* 10(3) : 782-785.
- 15- McIntosh, M. S., J. E. Foss, D. C. Wolf, K. R. Brandt and R. Darmody. 1984. Effect of composted municipal sewage sludge on growth and elemental composition on white pine and hybrid poplar. *J. Environ. Qual.* 13(1): 60-62.
- 16- Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1990. Phosphorus. P. 403-431. *In* A. L. Page et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. part2, 2nd ed., Agron. Monogr. 9, ASA. Madison, WI.
- 17- Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1990. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. p. 539-577 *in* A. L. Page et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. part2, 2nd ed., Agron. Monogr. 9, ASA. Madison, WI.
- 18- Sandra, K. L. and K. C. Ewel. 1984. Effects of wastewater disposal on growth rates of Cypress tress. *J. Environ. Qual.* 13(4) : 602-604.
- 19- Stomberg, A. L., D. D. Hemphill, JR. and V. V. Volk. 1984. Yield and elemental concentration of sweet corn grown on tannery waste amended soil. *J. Environ. Qual.* 13(1): 162-166.
- 20- Sutton, A. L., D. W. Nelson, V. B. Mayrose and J. C. Nye. 1978. Effects of liquid swine waste applications on corn yield and soil chemical composition. *J. Environ. Qual.* 7(3) :325-333.
- 21- Sutton. A. L., D. W. Nelson, V. B. Mayrose, J. C. Nye and D. T. Kelly. 1984. Effects of varying salt levels in liquid swine manure on soil composition and corn yield. *J. Environ. Qual.* 13(1): 49-59.