

## اثر باقی مانده شیرابه زباله بر ویژگی های خاک و رشد و عملکرد گندم

امیرحسین خوشگفتارمنش و محمود کلباسی<sup>۱</sup>

### چکیده

اثر باقی مانده شیرابه زباله بر گندم (*Triticum aestivum*)، پس از کشت برنج، در یک طرح بلوک های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار بررسی گردید. تیمارها عبارت بودند از باقی مانده مقادیر صفر، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه زباله، و نیز یک تیمار کودی شامل اثر باقی مانده کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی. برای اجرای طرح کرت هایی به ابعاد ۴×۴ متر با فواصل سه متر ایجاد، و اواخر خردادماه ۱۳۷۶، نشاهای برنج داخل کرت ها کاشته شد. کلیه مقادیر شیرابه و کودهای شیمیایی در کشت برنج به کرت ها افزوده، و اواخر مهرماه همان سال، پس از برداشت برنج، داخل همان کرت ها بذر گندم رقم روشن کاشته شد. در پایان دوره رشد گندم، عملکرد کاه و دانه و غلظت عناصر غذایی (پرمصرف و کم مصرف)، و نیز عناصر سنگین در کاه و دانه اندازه گیری گردید. باقی مانده شیرابه زباله، با افزایش مقادیر قابل جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در خاک، موجب افزایش معنی دار غلظت این عناصر در گیاه، و نیز افزایش عملکرد کاه و دانه گندم در مقایسه با شاهد گردید، به طوری که عملکرد دانه گندم از ۱/۶۷ تن در هکتار در تیمار شاهد به ۳/۹۳ تن در هکتار در تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه افزایش یافت. اثر باقی مانده شیرابه زباله در خاک متناسب با میزان شیرابه مصرفی بود. ولی برای شناخت کامل آثار عناصر سنگین بر خاک، گیاه و محیط، پژوهش های بیشتری توصیه می گردد.

واژه های کلیدی: شیرابه زباله، اثر باقی مانده، عملکرد گندم

### مقدمه

برای جمعیت در حال رشد کشور، افزایش عملکرد در واحد سطح می باشد. یکی از راه های اساسی رسیدن به این هدف، بالا بردن سطح باروری اراضی زیر کشت و استفاده کامل از توان بالقوه آنها است.

با توجه به محدودیت های منابع آب و خاک، گسترش سطح زیر کشت در ایران با مشکلات زیادی رو به رو بوده، و حداقل بسیار پرهزینه است. در واقع تنها راه عملی تهیه غذای کافی

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

شیرابه زباله باعث افزایش عملکرد محصول می‌شوند، ولی ممکن است شامل برخی عناصر سنگین در مقادیری باشد که برای گیاهان و زنجیره غذایی زیان‌آور است (۹). برای شناخت بیشتر اثر کاربرد شیرابه زباله بر ویژگی‌های خاک و گیاه، لازم است پژوهش‌های گسترده‌تری، به ویژه پیرامون اثر باقی‌مانده شیرابه در خاک صورت گیرد.

بنابراین، این آزمایش با هدف بررسی اثر باقی‌مانده شیرابه زباله بعد از کشت برنج، بر ویژگی‌های خاک و رشد و عملکرد گندم انجام شده است.

### مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۷۷-۱۳۷۶ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، واقع در منطقه لورک شهرستان نجف‌آباد اجرا گردید. خاک مورد بررسی هاپلارجدید با بافت رسی سیلتی (جدول ۱) بود. آزمایش در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و در سه تکرار انجام گرفت. تیمارها عبارت بودند از تیمار شاهد (بدون کاربرد کود شیمیایی و شیرابه زباله در کشت قبلی)، تیمارهای شیرابه زباله، شامل مقادیر ۱۵۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه افزوده شده در کشت قبلی، و یک تیمار کودی که در آن عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی به ترتیب به میزان ۳۶، ۷۸، ۲۸۰ و ۱۱ کیلوگرم در هکتار، معادل میزانی که در تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه وجود داشتند، به ترتیب از منبع اوره، سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی در کشت قبلی مورد استفاده قرار گرفته بود.

برای اجرای طرح، کرت‌هایی به ابعاد ۴×۴ متر و به فواصل سه متر ایجاد شده و داخل آنها نشاهای برنج کاشته شد. کودهای شیمیایی و مقادیر مختلف شیرابه زباله در طی کشت برنج به کرت‌های مربوطه اضافه گردید. پس از برداشت برنج، اواسط مهرماه ۱۳۷۷، کاه و کلش باقی‌مانده در سطح کرت‌ها جمع‌آوری و خاک داخل کرت‌ها با بیل شخم زده شد. بعد از خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح خاک، بذره‌های گندم رقم روشن

بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی در ایران را خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهند، که از نظر ماده آلی فقیر، و اغلب مقدار ماده آلی این خاک‌ها کمتر از یک درصد است (۳). ترمیم ماده آلی خاک‌های این مناطق با استفاده از کودهای آلی، موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی آنها، و نیز بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود.

گسترش شهرنشینی و صنعتی شدن، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، باعث انباشته شدن حجم عظیمی از زباله‌های شهری گردیده است. انرژی بسیار زیاد مورد نیاز برای سوزاندن زباله‌ها، محدودیت‌هایی که در مدفون کردن آنها در خاک وجود دارد، و نیز بسیاری مسائل زیست‌محیطی دیگر سبب شده تا به بازیافت زباله‌ها و به کارگیری کمپوست حاصل در اراضی کشاورزی توجه زیادی معطوف شود (۷ و ۸). در ایران نیز طی سال‌های اخیر فعالیت‌هایی در این زمینه صورت گرفته است، به طوری که در کارخانه کود آلی اصفهان و کارخانه‌های مشابه در تهران، مشهد، کرج و شیراز، روزانه حجم انبوهی زباله شهری به کمپوست تبدیل می‌شود.

متأسفانه به دلیل بالا بودن درصد رطوبت زباله‌های شهری در ایران، مقدار زیادی شیرابه در فرایند تبدیل زباله به کمپوست تولید می‌شود، که اگر به شیوه‌ای مناسب جمع‌آوری نشود، می‌تواند مشکلات زیست‌محیطی به وجود آورد. بررسی‌های انجام شده در مورد ترکیب شیرابه زباله و اثر آن بر ویژگی‌های خاک (۱ و ۲) نشان داده است که شیرابه مذکور علاوه بر مقدار زیادی ماده آلی که می‌تواند باعث بهبود ساختمان و نفوذپذیری خاک شود، دارای عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و کم‌مصرف (آهن، مس، روی و منگنز) نیز بوده که می‌تواند مورد استفاده گیاه قرار بگیرد (۱ و ۲).

مشکلی که در کنار فایده‌های شیرابه زباله به عنوان یک کود آلی مایع در کشاورزی مطرح است، وجود فلزات سنگین و نمک‌های محلول است، که کاربرد طولانی مدت شیرابه را محدود می‌کند. اگرچه برخی منابع آلی مانند لجن فاضلاب و

جدول ۱. برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک پیش از آزمایش

عمق خاک (cm)	بافت	آهک (%)	پ-هاش	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)
۰-۳۰	رسی سیلتی	۲۵	۷/۶	۲/۵
۳۰-۶۰	رسی سیلتی	۲۷	۷/۴	۲/۷

خاک به وسیله عصاره گیری با محلول ۰/۰۴ مولار EDTA در پ-هاش ۷، با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. ترکیب شیمیایی شیرابه نیز با استفاده از روش های معمولی تعیین گردید (۱ و ۲).

### نتایج و بحث

#### ترکیب شیمیایی شیرابه زباله

نتایج تجزیه شیمیایی شیرابه زباله در جدول ۲ آورده شده است. شیرابه زباله دارای ۱۰ درصد ماده خشک بوده و حدود ۳۸/۵ درصد از ماده خشک آن را ماده آلی تشکیل می دهد. واکنش شیرابه به دلیل وجود اسیدهای آلی و معدنی، اسیدی و برابر با ۴/۶ بود.

#### اثر باقی مانده شیرابه زباله بر گندم

اثر باقی مانده شیرابه زباله در خاک، از دو جنبه قابل ذکر است: نخست این که باقی مانده ماده آلی افزوده شده به خاک توسط تیمارهای شیرابه باعث بهبود وضعیت فیزیکی خاک شده، و در نتیجه شرایط مساعدی برای جوانه زنی بذر گندم فراهم کرده است. به دلیل بافت سنگین خاک (جدول ۱) و خشک و کوبیده شدن آن پس از کشت برنج، سله های بسیار سختی در سطح خاک کرت های شاهد و تیمار کودی تشکیل شد، ولی در کرت هایی که در کشت برنج شیرابه دریافت کرده بودند، سله بسیار کمتر بود. وجود این سله ها مانع از جوانه زنی یک نواخت بذر گندم شده و درصد جوانه های سبز شده در این کرت ها به شدت کاهش یافت (۱). دوم این که اثر باقی مانده شیرابه باعث

به صورت یک نواخت و با تراکم ۲۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار کاشته شد. پس از کاشت، و در طول دوره رشد و نمو بوته ها، کلیه مراقبت های زراعی لازم مانند وجین علف های هرز، آبیاری و مبارزه با آفات انجام شد. در همین مدت مشاهدات مزرعه ای از وضعیت رشد بوته ها ثبت گردید. در پایان دوره رشد، از چهار متر مربع وسط هر کرت، بوته های گندم از سطح خاک بریده و توزین شد، و بدین ترتیب عملکرد کاه و دانه گندم اندازه گیری گردید. هم چنین، برای تجزیه های آزمایشگاهی، نمونه هایی از کاه و دانه گندم تهیه و در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد خشک گردید. نمونه های خشک شده به وسیله آسیاب پودر شده، سپس با استفاده از روش ترسوزانی (۴) عصاره گیری و غلظت عناصر آهن، روی، مس، منگنز، کلسیم، سدیم، پتاسیم، و نیز عناصر سنگین شامل سرب، نیکل، کبالت، کروم و کادمیم در عصاره حاصل، با دستگاه جذب اتمی پرکین-المر مدل ۳۰۳۰ اندازه گیری شد.

به منظور مطالعه اثر باقی مانده شیرابه بر ویژگی های خاک، پیش از کاشت و پس از برداشت گندم، از هر یک از کرت ها، از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری نمونه خاک تهیه شد. سپس نمونه ها هواخشک، کوبیده و از الک دو میلی متری گذرانده شدند. پ-هاش نمونه های خاک در گل اشباع با پ-هاش متر، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع به وسیله دستگاه هدایت سنج، نیتروژن کل به روش کلدال، فسفر قابل جذب به روش السن، پتاسیم قابل جذب با جای گزینی پتاسیم تبادل به وسیله استات آمونیوم یک مولار و سپس تعیین مقدار پتاسیم جای گزین شده توسط دستگاه شعله سنج اندازه گیری شد (۴). مقدار قابل جذب عناصر غذایی کم مصرف و عناصر سنگین

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی شیرابه زباله

ویژگی	واحد	مقدار	ویژگی	واحد	مقدار
پ-هاش	-	۴/۶	آهن	mg/L	۶۲/۵
قابلیت هدایت الکتریکی	dS/m	۲۹/۰	مس	mg/L	۳/۷
ماده آلی	درصد	۳۸/۵	روی	mg/L	۱۸/۱
نیترژن کل	g/L	۰/۶	منگنز	mg/L	۵/۰
فسفر	g/L	۰/۱۳	سرب	mg/L	۱/۵
پتاسیم	g/L	۱/۴	نیکل	mg/L	۰/۸

افزایش مقدار قابل جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف و بهبود سطح حاصل خیزی خاک شد.

در مجموع، باقی مانده شیرابه زباله با فراهم ساختن بستر مناسب برای جوانه زنی و رشد و نمو بوته‌ها، و نیز تأمین برخی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، باعث افزایش عملکرد کاه و دانه گندم، در مقایسه با شاهد گردید (شکل‌های ۱ و ۲)، به طوری که عملکرد کاه و دانه گندم به ترتیب از ۳/۵ و ۱/۶ تن در هکتار در تیمار ۱۲/۸ و ۳/۹ تن در هکتار در تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه زباله افزایش یافت. گندمکار (۱) گزارش کرد که با کاربرد شیرابه در خاک، عملکرد ذرت افزایش یافت. مصرف ۲۲ تن در هکتار لجن فاضلاب در خاک نیز باعث افزایش معنی‌دار عملکرد کلم بروکسل، در مقایسه با تیمارهای کودی و شاهد گردید (۸).

باقی مانده شیرابه زباله در خاک موجب افزایش معنی‌دار میزان جذب نیترژن و پتاسیم به وسیله کاه و دانه گندم شد (شکل‌های ۳ و ۴). در مجموع، باقی مانده شیرابه با افزایش مقدار قابل جذب این عناصر در خاک، و نیز افزایش عملکرد گندم، موجب افزایش جذب آنها به وسیله گیاه گردید.

هم‌چنین، باقی مانده شیرابه باعث افزایش غلظت عناصر غذایی کم مصرف در کاه و دانه گندم شد. این اثر متناسب با میزان شیرابه مصرفی بود (جدول ۳). در واقع، با کاربرد شیرابه زباله مقدار زیادی از این عناصر به خاک اضافه شد، که اثر باقی مانده آن در کشت بعد نیز وجود داشته، و با افزایش مقدار

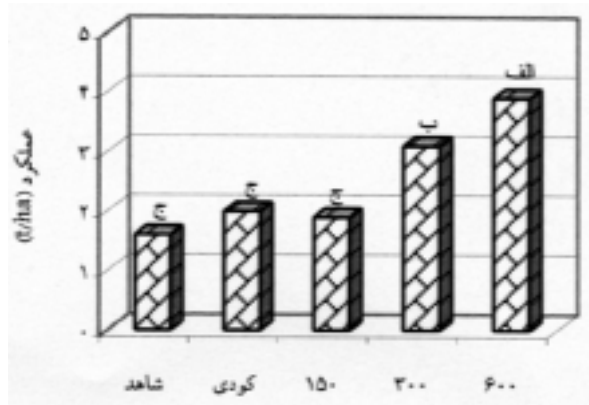
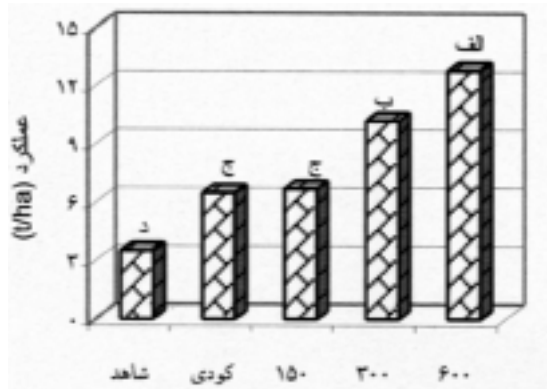
قابل جذب این عناصر در خاک موجب افزایش غلظت آنها در گیاه گردید.

اثر باقی مانده شیرابه زباله بر غلظت عناصر سنگین در کاه و دانه گندم معنی‌دار نبود (جدول ۳).

#### اثر باقی مانده شیرابه زباله بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

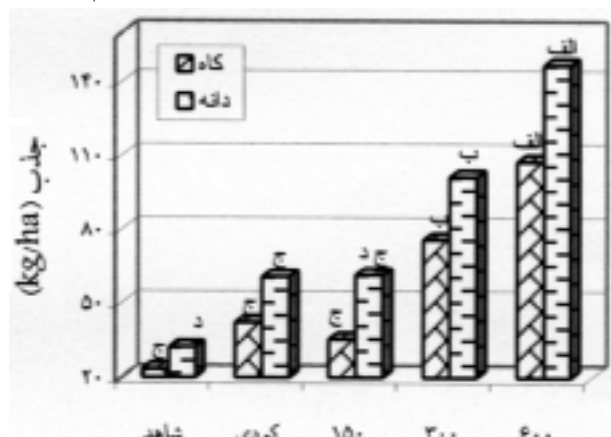
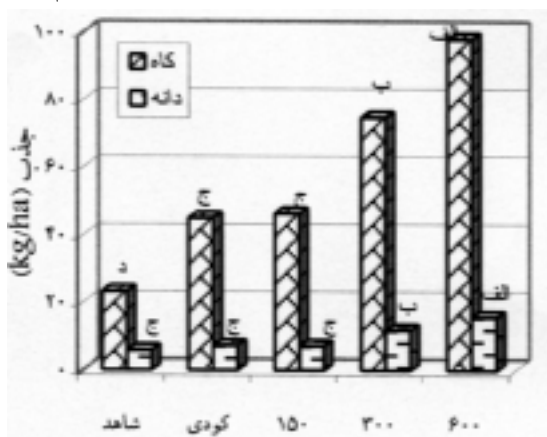
باقی مانده شیرابه زباله پس از دوره رشد گندم، باعث افزایش شوری خاک زیرسطحی در مقایسه با شاهد گردید، ولی اثر معنی‌داری بر شوری خاک سطحی نداشت (جدول ۴). این امر ممکن است به دلیل آبتشویی بخشی از نمک‌های موجود در شیرابه به بخش‌های زیرسطحی باشد. در مجموع، باید گفت به سبب آبتشویی بخش عمده‌ای از نمک‌های شیرابه به زیر منطقه ریشه در کشت‌های قبلی، اثر باقی مانده شیرابه زباله بر شوری خاک محدود بود. محمدی‌نیا (۲) و گندمکار (۱) نیز گزارش کردند که با گذشت زمان، به دلیل آبتشویی، شوری حاصل از افزودن شیرابه به خاک کاهش یافته است. افزایش شوری خاک بر اثر مصرف هر ساله کمپوست‌های با شوری زیاد ممکن است منجر به شور شدن خاک و کاهش محصول شود. بر اثر آبتشویی نمک‌های محلول کمپوست، شوری خاک سطحی کاهش می‌یابد (۱۰).

با این که شیرابه زباله باعث کاهش پ-هاش خاک در طول کشت برنج شد، ولی به دلیل وجود آهک زیاد، و در نتیجه قدرت زیاد بافری خاک، کاهش پ-هاش پایدار نبوده (۸) و



شکل ۱. اثر باقی مانده شیرابه بر عملکرد دانه گندم

شکل ۲. اثر باقی مانده شیرابه بر عملکرد کاه گندم



شکل ۳. اثر باقی مانده شیرابه بر جذب نیتروژن به وسیله کاه و دانه گندم

شکل ۴. اثر باقی مانده شیرابه بر جذب پتاسیم به وسیله کاه و دانه گندم

در شکل های ۱ تا ۴، اختلاف میانگین ها در بین تیمارهای با حروف یکسان از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی دار نیست.

جدول ۳. اثر باقی مانده شیرابه زباله بر غلظت عناصر غذایی کم نیاز و عناصر سنگین در کاه و دانه گندم (mg/kg)

کبات	کروم	نیکل	سرب	منگنز	مس	روی	آهن	تیمار
کاه								
۳/۲ <sup>a</sup>	۲/۳ <sup>a</sup>	۳/۴ <sup>c</sup>	۴/۰ <sup>b</sup>	۲۸/۶ <sup>b</sup>	۱۲/۱ <sup>a</sup>	۳۰/۷ <sup>a</sup>	۷۶/۵ <sup>ab</sup>	شاهد
۲/۰ <sup>a</sup>	۲/۴ <sup>a</sup>	۳/۱ <sup>c</sup>	۳/۹ <sup>b</sup>	۲۵/۸ <sup>b</sup>	۱۱/۲ <sup>a</sup>	۱۹/۶ <sup>b</sup>	۶۷/۹ <sup>b</sup>	کودی
۲/۹ <sup>a</sup>	۲/۳ <sup>a</sup>	۳/۱ <sup>c</sup>	۴/۰ <sup>b</sup>	۲۷/۶ <sup>b</sup>	۱۰/۹ <sup>a</sup>	۲۳/۳ <sup>ab</sup>	۶۹/۹ <sup>b</sup>	۱۵۰ شیرابه
۳/۱ <sup>a</sup>	۲/۳ <sup>a</sup>	۴/۰ <sup>b</sup>	۴/۰ <sup>b</sup>	۳۸/۹ <sup>a</sup>	۱۰/۹ <sup>a</sup>	۲۳/۴ <sup>ab</sup>	۷۰/۲ <sup>b</sup>	۳۰۰ شیرابه
۳/۰ <sup>a</sup>	۲/۳ <sup>a</sup>	۵/۵ <sup>a</sup>	۶/۰ <sup>a</sup>	۴۴/۲ <sup>a</sup>	۱۲/۲ <sup>a</sup>	۲۸/۷ <sup>ab</sup>	۹۴/۸ <sup>a</sup>	۶۰۰ شیرابه
دانه								
۳/۰ <sup>a</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۳/۳ <sup>b</sup>	۳/۰ <sup>c</sup>	۳۱/۸ <sup>b</sup>	۱۲/۰ <sup>c</sup>	۳۲/۷ <sup>b</sup>	۳۹/۳ <sup>c</sup>	شاهد
۳/۰ <sup>a</sup>	۲/۲ <sup>a</sup>	۳/۲ <sup>b</sup>	۲/۹ <sup>c</sup>	۳۳/۲ <sup>ab</sup>	۱۱/۵ <sup>c</sup>	۳۷/۵ <sup>b</sup>	۳۷/۸ <sup>c</sup>	کودی
۳/۰ <sup>a</sup>	۲/۲ <sup>a</sup>	۳/۲ <sup>b</sup>	۳/۰ <sup>c</sup>	۳۵/۸ <sup>ab</sup>	۱۲/۵ <sup>c</sup>	۳۴/۴ <sup>b</sup>	۴۴/۲ <sup>c</sup>	۱۵۰ شیرابه
۳/۰ <sup>a</sup>	۲/۲ <sup>a</sup>	۳/۵ <sup>a</sup>	۴/۳ <sup>a</sup>	۳۶/۹ <sup>ab</sup>	۲۴/۷ <sup>b</sup>	۵۹/۷ <sup>a</sup>	۵۶/۸ <sup>b</sup>	۳۰۰ شیرابه
۳/۰ <sup>a</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۴/۵ <sup>a</sup>	۵/۴ <sup>a</sup>	۴۰/۹ <sup>a</sup>	۳۲/۸ <sup>a</sup>	۶۱/۷ <sup>a</sup>	۶۹/۰ <sup>a</sup>	۶۰۰ شیرابه

میانگین های با حروف یکسان در هر ستون، از لحاظ آماری در سطح پنج درصد آزمون دانکن معنی دار نیستند.

جدول ۴. اثر باقی‌مانده شیرابه زباله پس از کشت گندم بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن معدنی (mg/kg)	ماده آلی (درصد)	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	پ-هاش	تیمار
۰-۳۰ سانتی متری						
۲۰۹ <sup>b</sup>	۹/۹ <sup>b</sup>	۲۴/۲ <sup>b</sup>	۰/۶۱ <sup>b</sup>	۲/۲ <sup>a</sup>	۷/۸ <sup>a</sup>	شاهد
۲۱۴ <sup>b</sup>	۱۰/۳ <sup>b</sup>	۲۴/۱ <sup>b</sup>	۰/۶۸ <sup>b</sup>	۲/۲ <sup>a</sup>	۷/۸ <sup>a</sup>	کود
۲۲۴ <sup>b</sup>	۱۲/۴ <sup>b</sup>	۲۷/۵ <sup>b</sup>	۰/۶۳ <sup>b</sup>	۲/۷ <sup>a</sup>	۷/۸ <sup>a</sup>	۱۵۰ شیرابه
۲۷۹ <sup>ab</sup>	۲۱/۰ <sup>a</sup>	۳۶/۰ <sup>ab</sup>	۰/۷۲ <sup>a</sup>	۲/۰ <sup>a</sup>	۷/۸ <sup>a</sup>	۳۰۰ شیرابه
۲۹۱ <sup>a</sup>	۲۴/۵ <sup>a</sup>	۳۷/۴ <sup>a</sup>	۰/۷۵ <sup>a</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۷/۷ <sup>a</sup>	۶۰۰ شیرابه
۳۰-۶۰ سانتی متری						
۱۹۱ <sup>b</sup>	۱۰/۱ <sup>b</sup>	۱۵/۷ <sup>b</sup>	۰/۵۵ <sup>b</sup>	۲/۱ <sup>b</sup>	۷/۸ <sup>a</sup>	شاهد
۲۰۶ <sup>b</sup>	۱۰/۴ <sup>b</sup>	۱۸/۵ <sup>b</sup>	۰/۵۶ <sup>b</sup>	۲/۱ <sup>b</sup>	۷/۹ <sup>a</sup>	کود
۲۴۱ <sup>b</sup>	۱۰/۶ <sup>b</sup>	۱۸/۵ <sup>b</sup>	۰/۶۰ <sup>b</sup>	۲/۳ <sup>b</sup>	۷/۹ <sup>a</sup>	۱۵۰ شیرابه
۲۶۳ <sup>ab</sup>	۱۱/۵ <sup>b</sup>	۲۵/۷ <sup>a</sup>	۰/۷۰ <sup>a</sup>	۳/۵ <sup>a</sup>	۷/۹ <sup>a</sup>	۳۰۰ شیرابه
۲۸۴ <sup>a</sup>	۱۷/۰ <sup>a</sup>	۲۶/۵ <sup>a</sup>	۰/۷۲ <sup>a</sup>	۳/۶ <sup>a</sup>	۷/۹ <sup>a</sup>	۶۰۰ شیرابه

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون، از لحاظ آماری در سطح پنج درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جذب در خاک سطحی به ترتیب برابر با ۳۷/۴ و ۲۹۱/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه بود. در مجموع اثر باقی‌مانده شیرابه بر نیتروژن و پتاسیم قابل جذب خاک، متناسب با میزان شیرابه مصرفی بود. با به کارگیری شیرابه زباله، مقدار زیادی نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول به خاک افزوده شد، که با گذشت زمان، بخش قابل توجهی از آنها به صورت قابل جذب در خاک باقی مانده بود. افزایش چشم‌گیر فسفر باقی‌مانده خاک، احتمالاً به دلیل غنی بودن از ماده آلی و اسیدی بودن شیرابه است، که قابلیت استفاده فسفر بومی خاک را افزایش می‌دهد (۱).

اثر باقی‌مانده شیرابه زباله بر غلظت قابل استخراج به وسیله EDTA عناصر کم‌مصرف (آهن، مس، روی و منگنز) در خاک معنی‌دار و متناسب با میزان شیرابه مصرفی بود (جدول ۵). غلظت قابل استخراج به وسیله EDTA عناصر آهن، منگنز، روی و مس در خاک سطحی، به ترتیب از ۶/۳، ۴/۵، ۱/۰ و

پس از دوره کشت گندم، پ-هاش کلیه تیمارها یکسان و حدود ۷/۸ بود (جدول ۴). محمدی‌نیا (۲) نیز گزارش کرد که با گذشت زمان از هنگام افزودن شیرابه، به علت قدرت بافری خاک‌های آهکی، پ-هاش خاک به حالت اولیه بر می‌گردد.

باقی‌مانده شیرابه در خاک باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی خاک در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۴). البته با گذشت زمان از درصد ماده آلی خاک کاسته شده بود. از آن جا که نسبت کربن به نیتروژن شیرابه پایین می‌باشد (جدول ۲)، بیشتر ماده آلی افزوده شده به خاک در دوره رشد نخستین محصول تجزیه می‌شود (۱). در آزمایش مشابهی با لجن فاضلاب، کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش ماده آلی خاک در یک دوره طولانی گردید (۶).

باقی‌مانده شیرابه زباله باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک سطحی و زیرسطحی، در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۴). بیشترین مقدار نیتروژن و پتاسیم قابل

جدول ۵. اثر باقی مانده شیرابه زباله پس از کشت گندم بر میانگین قابل جذب عناصر غذایی کم مصرف و عناصر سنگین در خاک (mg/kg)

کبات	کروم	نیکل	سرب	منگنز	مس	روی	آهن	تیمار
۰-۳۰ سانتی متری								
۰/۸۷ <sup>c</sup>	۰/۵۳ <sup>a</sup>	۱/۱ <sup>ab</sup>	۲/۰ <sup>a</sup>	۴/۵ <sup>b</sup>	۰/۹ <sup>c</sup>	۱/۰ <sup>b</sup>	۶/۳ <sup>d</sup>	شاهد
۰/۹۳ <sup>bc</sup>	۱/۵۰ <sup>a</sup>	۱/۰ <sup>b</sup>	۱/۷ <sup>a</sup>	۵/۱ <sup>a</sup>	۰/۸ <sup>c</sup>	۱/۳ <sup>a</sup>	۶/۳ <sup>d</sup>	کودی
۰/۹۷ <sup>b</sup>	۰/۵۷ <sup>a</sup>	۱/۰ <sup>b</sup>	۱/۸ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۱/۰ <sup>bc</sup>	۱/۷ <sup>a</sup>	۱۲/۱ <sup>c</sup>	۱۵۰ شیرابه
۱/۱۰ <sup>a</sup>	۰/۶۰ <sup>a</sup>	۱/۲ <sup>a</sup>	۱/۹ <sup>a</sup>	۵/۷ <sup>a</sup>	۱/۸ <sup>ab</sup>	۱/۷ <sup>a</sup>	۱۶/۲ <sup>b</sup>	۳۰۰ شیرابه
۱/۱۷ <sup>a</sup>	۰/۶۷ <sup>a</sup>	۱/۳ <sup>a</sup>	۱/۹ <sup>a</sup>	۳/۱ <sup>a</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۱۸/۹ <sup>a</sup>	۶۰۰ شیرابه
۳۰-۶۰ سانتی متری								
۰/۸۷ <sup>b</sup>	۰/۶۰ <sup>a</sup>	۱/۰ <sup>b</sup>	۱/۹ <sup>c</sup>	۶/۲ <sup>b</sup>	۰/۸ <sup>b</sup>	۱/۱ <sup>b</sup>	۶/۷ <sup>c</sup>	شاهد
۰/۹۰ <sup>b</sup>	۰/۶۰ <sup>a</sup>	۱/۰ <sup>b</sup>	۱/۷ <sup>d</sup>	۵/۱ <sup>b</sup>	۰/۸ <sup>b</sup>	۰/۹ <sup>b</sup>	۶/۹ <sup>c</sup>	کودی
۰/۸۳ <sup>b</sup>	۰/۶ <sup>a</sup>	۱/۰ <sup>b</sup>	۱/۸ <sup>cd</sup>	۵/۵ <sup>b</sup>	۰/۸ <sup>b</sup>	۱/۱ <sup>b</sup>	۱۲/۰ <sup>b</sup>	۱۵۰ شیرابه
۰/۸۷ <sup>b</sup>	۰/۷ <sup>a</sup>	۱/۴ <sup>a</sup>	۲/۲ <sup>b</sup>	۷/۵ <sup>ab</sup>	۱/۱ <sup>a</sup>	۱/۲ <sup>ab</sup>	۱۶/۵ <sup>a</sup>	۳۰۰ شیرابه
۱/۰۷ <sup>a</sup>	۰/۷ <sup>a</sup>	۱/۴ <sup>a</sup>	۲/۳ <sup>a</sup>	۹/۹ <sup>a</sup>	۲/۲ <sup>a</sup>	۱/۹ <sup>a</sup>	۱۸/۶ <sup>a</sup>	۶۰۰ شیرابه

میانگین های با حروف یکسان در هر ستون، از لحاظ آماری در سطح پنج درصد آزمون دانکن معنی دار نیستند.

باقی مانده شیرابه هم چنین، غلظت مس قابل استخراج به وسیله EDTA خاک را در کلیه تیمارهای شیرابه، بالاتر از حد بحرانی آن در خاک (یک میلی گرم بر کیلوگرم) نگهداشت (۳). در تیمارهای کودی و شاهد، غلظت قابل استخراج به وسیله EDAT مس در خاک کمتر از حد بحرانی آن بود. در آزمایش های مشابه با لجن فاضلاب، کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش معنی دار مقدار قابل استفاده تعدادی از عناصر کم مصرف در خاک گردید (۵ و ۷).

باقی مانده شیرابه زباله باعث افزایش معنی دار غلظت کبات قابل جذب خاک سطحی در مقایسه با شاهد گردید، ولی تأثیری بر غلظت عناصر سنگین دیگر (سرب، کروم و نیکل) نداشت (جدول ۵). در خاک زیرسطحی، باقی مانده شیرابه تأثیری بر غلظت کروم قابل جذب خاک نداشت، ولی موجب افزایش معنی دار غلظت سرب، نیکل و کبات گردید. با کاربرد ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه زباله، حدود ۰/۹۰ کیلوگرم در هکتار سرب، ۰/۴۹ کیلوگرم در هکتار نیکل، ۰/۶۰ کیلوگرم در هکتار کروم و

۰/۹ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد، به ۸/۹، ۶/۲، ۲/۱ و ۲/۱ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه افزایش یافت.

مقدار آهن قابل استخراج به وسیله EDTA، در کلیه تیمارها بیش از حد بحرانی آن برای گندم (۶ میلی گرم بر کیلوگرم) بود (۳)، که علت آن احتمالاً وضعیت کاهش ایجاد شده در کشت قبلی (برنج) و افزایش انحلال پذیری ترکیبات آهن موجود در خاک می باشد (۸).

غلظت روی قابل جذب خاک سطحی در کلیه تیمارها، بجز تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه، پایین تر از حد بحرانی آن (۲ میلی گرم بر کیلوگرم) بود (۳). در تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه زباله حدود ۱۰/۹ کیلوگرم در هکتار روی محلول به خاک افزوده شد، که بخش زیادی از آن احتمالاً در خاک باقی مانده است. ظاهراً مقدار روی افزوده شده به وسیله دیگر تیمارهای شیرابه به خاک، در حدی نبوده که بتواند در یک دوره زمانی طولانی غلظت روی قابل جذب خاک را بالا نگهدارد.

موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه می‌شود. به دلیل شوری زیاد و وجود مقادیری عناصر سنگین در شیرابه، مصرف زیاد آن و یا به طور پی در پی و هر ساله، به ویژه برای گیاهان حساس به شوری توصیه نمی‌شود. بر اساس این آزمایش و آزمایش‌های قبلی، به نظر می‌رسد نباید بیشتر از ۳۰۰ تن در هکتار شیرابه به کار برد، به خصوص این که در مقادیر بیشتر، خطر انباشتگی عناصر سنگین در خاک وجود دارد. البته باید در نظر داشت که برای بررسی انباشتگی برخی عناصر سنگین در خاک لازم است آزمایش‌ها در درازمدت پی‌گیری شود.

۰/۶۰ کیلوگرم در هکتار کبالت به خاک افزوده شد (جدول ۲). نفوذ مؤثر شیرابه به بخش‌های زیرسطحی خاک باعث شد تا اثر باقی‌مانده شیرابه بر غلظت عناصر سنگین در خاک زیرسطحی بیشتر از خاک سطحی باشد. به طور کلی، شیرابه زباله افزون بر مقدار زیاد ماده آلی و پ-هاش اسیدی که دارد، حاوی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه (پرمصرف و کم‌مصرف) نیز بوده و می‌توان از آن به عنوان یک کود آلی مایع در زمین‌های کشاورزی استفاده نمود. ضمن این که باقی‌مانده آن در خاک، حداقل تا دو سال بعد از کاربرد،

### منابع مورد استفاده

۱. گندمکار، ا. ۱۳۷۵. اثر شیرابه زباله و شیرابه کمپوست بر خصوصیات خاک و رشد و عملکرد گیاه ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. محمدی‌نیا، غ. ۱۳۷۴. ترکیب شیمیایی شیرابه زباله و کمپوست و اثر آن بر خاک و گیاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشریه آموزشی کشاورزی.
4. Cottenie, A., M. Verloo, L. Kickens, G. Velghe and R. Camerlynck. 1982. Chemical Analysis of Plants and Soils. Laboratory of Analytical and Agrochemistry. State University of Ghent. Belgium.
5. Forbes, E. A., A. M. Posner and J. P. Quirk. 1976. The adsorption of divalent Cd, Co, Pb and Zn in goethite. *J. Soil Sci.* 27: 154-166.
6. Hernandez, T., J. I. Moreno and F. Costa. 1991. Influence of sewage sludge application on crop yields and heavy metals availability. *Soil Sci. Plant Nutr.* 37: 201-210.
7. Hue, N. V. 1988. Residual effects of sewage sludge application on plant and soil profile chemical composition. *Commun. Soil Plant Anal.* 19: 1633-1643.
8. Nyamangara, J. and J. Mzezewa. 1999. The effect of long-term sewage sludge application on Zn, Cu, Ni, and Pb levels in a clay loam soil under pasture grass in Zymbabwe. *Agric. Ecos. and Environ.* 73: 199-204.
9. Reddy, M. R., D. Lamerck and M. E. Rezania. 1989. Uptake and distribution of copper and zinc by soybean and corn from soil treated with sewage sludge. *Plant Soil* 113: 271-274.
10. Smith, J. and J. W. Doran. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. PP. 169-185. *In: J. W. Doran and A. J. Jones (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publication #49, SSSA, Madison, WI.*