اثر باقی‌مانده شیرابه زباله بر ویژگی‌های خاک و رشد و عملکرد گندم

امیرحسین خوشگفتارمنش و محمود کلباسی[۱]

چکیده

اثر باقی‌مانده شیرابه زباله بر گندم (Triticum aestivum)، پس از کشت برنج، در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار بررسی گردید. تیمارها عبارت بودند از باقی‌مانده مقادیر صفر، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه زباله، و نیز یک تیمار کودی شامل اثر باقی‌مانده کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی. برای اجرای طرح کرت‌هایی به ابعاد ۴×۴ متر با فواصل سه متر ایجاد، و اواخر خردادماه ۱۳۷۶، نشاهای برنج داخل کرت‌ها کاشته شد. کلیه مقادیر شیرابه و کودهای شیمیایی در کشت برنج به کرت‌ها افزوده، و اواخر مهرماه همان سال، پس از برداشت برنج، داخل همان کرت‌ها بذر گندم رقم روشن کاشته شد. در پایان دوره رشد گندم، عملکرد کاه و دانه و غلظت عناصر غذایی (پرمصرف و کم‌مصرف)، و نیز عناصر سنگین در کاه و دانه اندازه‌گیری گردید.

باقی‌مانده شیرابه زباله، با افزایش مقادیر قابل جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در خاک، موجب افزایش معنی‌دار 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 باقی‌مانده شیرابه زباله در خاک متناسب با میزان شیرابه مصرفی بود. ولی برای شناخت کامل آثار عناصر سنگین بر خاک، گیاه و محیط، پژوهش‌های بیشتری توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: *شیرابه زباله، اثر باقی‌مانده، عملکرد گندم*

مقدمه

با توجه به محدودیت‌های 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 برای جمعیت در حال رشد کشور، افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد. یکی از راه‌های اساسی رسیدن به این هدف، بالا بردن سطح باروری اراضی زیر کشت و استفاده کامل از توان بالقوه آنها است.

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.11.7]

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 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 هاپلارجید با بافت رسی‌سیلتی (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، بذرهای گندم رقم روشن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.11.7]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پیش از آزمایش

عمق خاک (cm)	بافت	آهک (٪)	پ–هاش	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)
۰–۳۰	رسی‌سیلتی	۲۵	۷/٦	۲/۵
۳۰–٦۰	رسی سیلتی	۲۷	۷/٤	۲/۷

به صورت یک‌نواخت و با تراکم ۲۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار کاشته شد. پس از کاشت، و در طول دوره رشد و نمو بوته‌ها، کلیه مراقبت‌های زراعی لازم مانند وجین علف‌های هرز، آبیاری و مبارزه با آفات انجام شد. در همین مدت مشاهدات مزرعه‌ای از وضعیت رشد بوته‌ها ثبت گردید. در پایان دوره رشد، از چهار متر مربع وسط هر کرت، بوته‌های گندم از سطح خاک بریده و توزین شد، و بدین ترتیب عملکرد کاه و دانه گندم اندازه‌گیری گردید. هم‌چنین، برای تجزیه‌های آزمایشگاهی، نمونه‌هایی از کاه و دانه گندم تهیه و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. نمونه‌های خشک شده به وسیله آسیاب پودر شده، سپس با استفاده از روش ترسوزانی (٤) عصاره‌گیری 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 اندازه‌گیری شد.

به منظور مطالعه اثر باقی‌مانده شیرابه بر ویژگی‌های خاک، پیش از کاشت و پس از برداشت گندم، از هر یک از کرت‌ها، از اعماق ۰–۳۰ و ۳۰–٦۰ سانتی‌متری نمونه خاک تهیه شد. سپس نمونه‌ها هواخشک، کوبیده و از الک دو میلی‌متری گذرانده شدند. پ–هاش نمونه‌های خاک در گل اشباع با پ–هاش متر، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع به وسیله دستگاه هدایت‌سنج، نیتروژن کل به روش کلدال، فسفر قابل جذب به روش السن، پتاسیم قابل جذب با جای‌گزینی پتاسیم تبادلی به وسیله استات آمونیوم یک مولار و سپس تعیین مقدار پتاسیم جای‌گزین شده توسط دستگاه شعله‌سنج اندازه‌گیری شد (٤). مقدار قابل جذب عناصر غذایی کم‌مصرف و عناصر سنگین خاک به وسیله عصاره‌گیری با محلول ۰/۰٤ مولار EDTA در پ–هاش ۷، با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. ترکیب شیمیایی شیرابه نیز با استفاده از روش‌های 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 می‌دهد. واکنش شیرابه به دلیل وجود اسیدهای آلی و معدنی، اسیدی و برابر با ٤/٦ بود.

اثر باقی‌مانده شیرابه زباله بر گندم

اثر باقی‌مانده شیرابه زباله در خاک، از دو جنبه قابل ذکر است: نخست این که باقی‌مانده ماده آلی افزوده شده به خاک توسط تیمارهای شیرابه باعث بهبود وضعیت فیزیکی خاک شده، و در نتیجه شرایط مساعدی برای جوانه‌زنی بذر گندم فراهم کرده است. به دلیل بافت سنگین خاک (جدول ۱) و خشک و کوبیده شدن آن پس از کشت برنج، سله‌های بسیار سختی در سطح خاک کرت‌های شاهد و تیمار کودی تشکیل شد، ولی در کرت‌هایی که در کشت برنج شیرابه دریافت کرده بودند، سله بسیار کمتر بود. وجود این سله‌ها مانع از جوانه‌زنی یک‌نواخت بذر گندم شده و درصد جوانه‌های سبز شده در این کرت‌ها به شدت کاهش یافت (۱). دوم این که اثر باقی‌مانده شیرابه باعث

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.11.7]

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی شیرابه زباله

ویژگی	واحد	مقدار	ویژگی	واحد	مقدار
پ–هاش	–	٤/٦	آهن	mg/L	٦٢/٥
قابلیت هدایت الکتریکی	dS/m	٢٩/٠	مس	mg/L	٣/٧
ماده آلی	درصد	٣٨/٥	روی	mg/L	١٨/١
نیتروژن کل	g/L	٠/٦	منگنز	mg/L	٥/٠
فسفر	g/L	٠/١٣	سرب	mg/L	١/٥
پتاسیم	g/L	١/٤	نیکل	mg/L	٠/٨

افزایش مقدار قابل جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و بهبود سطح حاصل‌خیزی خاک شد.

در مجموع، باقی‌مانده شیرابه زباله با فراهم ساختن بستر مناسب برای جوانه‌زنی 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 ۱/٦ تن در هکتار در تیمار شاهد به ۱۲/۸ و ۳/۹ تن در هکتار در تیمار ٦۰۰ 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).

باقی‌مانده شیرابه زباله در خاک موجب افزایش معنی‌دار میزان جذب نیتروژن و پتاسیم به وسیله کاه و دانه گندم شد (شکل‌های ۳ و ٤). در مجموع، باقی‌مانده شیرابه با افزایش مقدار قابل جذب این عناصر در خاک، و نیز افزایش عملکرد گندم، موجب افزایش جذب آنها به وسیله گیاه گردید.

هم‌چنین، باقی‌مانده شیرابه باعث افزایش غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف 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 باقی‌مانده 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 باقی‌مانده شیرابه زباله بر غلظت عناصر سنگین در کاه و دانه گندم معنی‌دار نبود (جدول ۳).

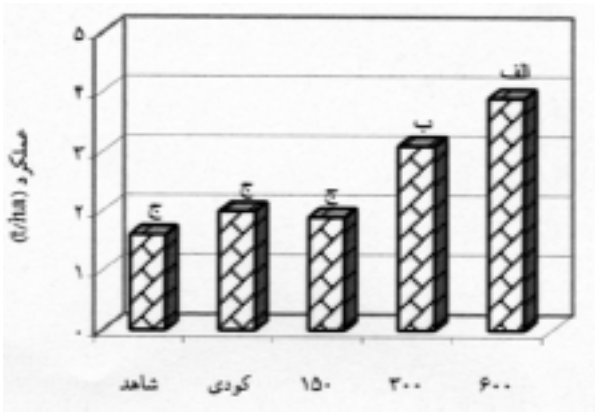
اثر باقی‌مانده شیرابه زباله بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

باقی‌مانده 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 ٤). این امر ممکن است به دلیل آبشویی بخشی از نمک‌های موجود در شیرابه به بخش‌های زیرسطحی باشد. در مجموع، باید گفت به سبب آبشویی بخش عمده‌ای از نمک‌های شیرابه به زیر منطقه ریشه در کشت‌های قبلی، اثر باقی‌مانده شیرابه زباله بر شوری خاک محدود بود. محمدی‌نیا (۲) و گندمکار (۱) نیز گزارش کردند که با گذشت زمان، به دلیل آبشویی، شوری حاصل از افزودن شیرابه به خاک کاهش یافته است. افزایش شوری خاک بر اثر مصرف هرساله کمپوست‌های با شوری زیاد ممکن است منجر به شور شدن خاک و کاهش محصول شود. بر اثر آبشویی نمک‌های محلول کمپوست، شوری خاک سطحی کاهش می‌یابد (۱۰).

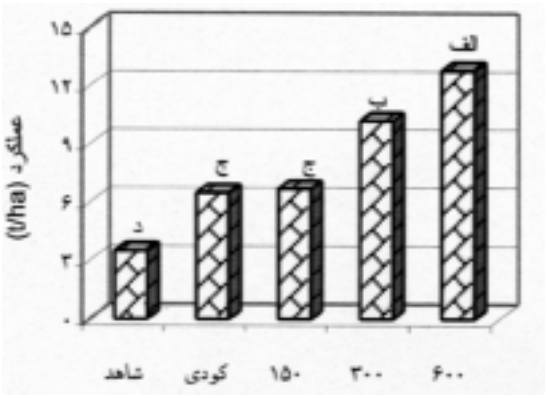
با این که شیرابه زباله باعث کاهش پ–هاش خاک در طول کشت برنج شد، ولی به دلیل وجود آهک زیاد، و در نتیجه قدرت زیاد بافری خاک، کاهش پ–هاش پایدار نبوده (۸) و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

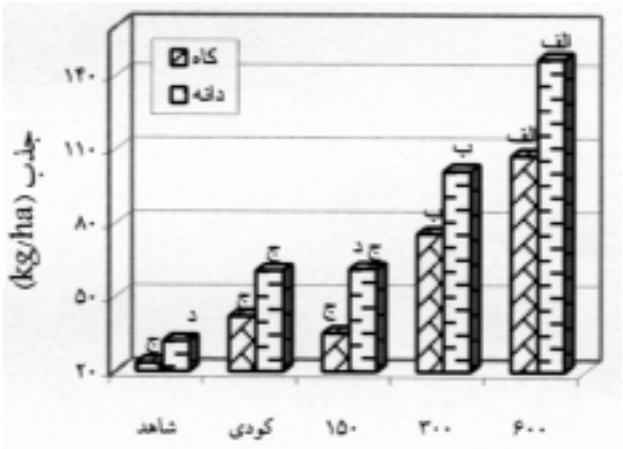
[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.11.7]



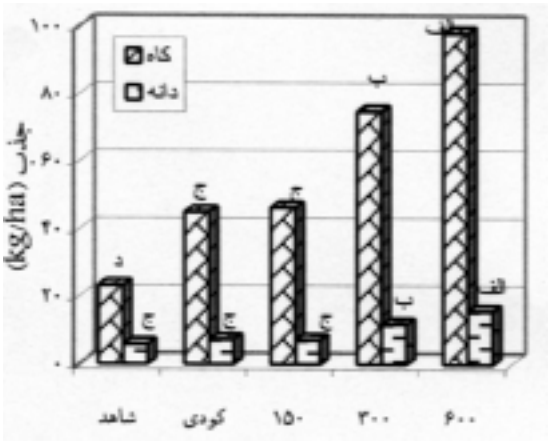
شکل ۱. اثر باقی‌مانده شیرابه بر عملکرد دانه گندم



شکل ۲. اثر باقی‌مانده شیرابه بر عملکرد کاه گندم



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



شکل ٤. اثر باقی‌مانده شیرابه بر جذب پتاسیم به وسیله کاه و دانه گندم

در شکل‌های ۱ تا ٤، اختلاف میانگین‌ها در بین تیمارهای با حروف یکسان از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست.

جدول ۳. اثر باقی‌مانده شیرابه زباله بر غلظت عناصر غذایی کم‌نیاز و عناصر سنگین در کاه و دانه گندم (mg/kg)

	آهن	روی	مس	منگنز	سرب	نیکل	کروم	کبالت
تیمار				کاه				
شاهد	۷٦/٥^{ab}	۳۰/۷^{a}	۱۲/۱^{a}	۲۸/٦^{b}	٤/۰^{b}	۳/٤ ^{c}	۲/۳^{a}	۳/۲^{a}
کودی	٦۷/۹^{b}	۱۹/٦^{b}	۱۱/۲^{a}	۲٥/۸^{b}	۳/۹^{b}	۳/۱ ^{c}	۲/٤^{a}	۲/۰^{a}
۱٥۰ شیرابه	٦۹/۹^{b}	۲۳/۳ ^{ab}	۱۰/۹^{a}	۲۷/٦^{b}	٤/۰^{b}	۳/۱ ^{c}	۲/۳^{a}	۲/۹^{a}
۳۰۰ شیرابه	۷۰/۲^{b}	۲۳/٤ ^{ab}	۱۰/۹^{a}	۳۸/۹^{a}	٤/۰^{b}	٤/۰^{b}	۲/۳^{a}	۳/۱^{a}
٦۰۰ شیرابه	۹٤/۸^{a}	۲۸/۷ ^{ab}	۱۲/۲^{a}	٤٤/۲^{a}	٦/۰^{a}	٥/٥^{a}	۲/۳^{a}	۳/۰^{a}
تیمار				دانه				
شاهد	۳۹/۳^{c}	۳۲/۷^{b}	۱۲/۰ ^{c}	۳۱/۸^{b}	۳/۰ ^{c}	۳/۳^{b}	۲/۱^{a}	۳/۰^{a}
کودی	۳۷/۸ ^{c}	۳۷/٥^{b}	۱۱/٥ ^{c}	۳۳/۲ ^{ab}	۲/۹ ^{c}	۳/۲^{b}	۲/۲^{a}	۳/۰^{a}
۱٥۰ شیرابه	٤٤/۲ ^{c}	۳٤/٤^{b}	۱۲/٥ ^{c}	۳٥/۸ ^{ab}	۳/۰ ^{c}	۳/۲^{b}	۲/۲^{a}	۳/۰^{a}
۳۰۰ شیرابه	٥٦/۸^{b}	٥۹/۷^{a}	۲٤/۷^{b}	۳٦/۹ ^{ab}	٤/۳^{a}	۳/٥^{a}	۲/۲^{a}	۳/۰^{a}
٦۰۰ شیرابه	٦۹/۰^{a}	٦۱/۷^{a}	۳۲/۸^{a}	٤۰/۹^{a}	٥/٤^{a}	٤/٥^{a}	۲/۱^{a}	۳/۰^{a}

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.11.7]

جدول ٤. اثر باقی‌مانده شیرابه زباله پس از کشت گندم بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

	پ–هاش	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	ماده آلی (درصد)	نیتروژن معدنی (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
تیمار			۳۰–۰ سانتی‌متری			
شاهد	۷/۸[a]	۲/۲[a]	۰/٦۱[b]	۲٤/۲[b]	۹/۹[b]	۲۰۹[b]
کود	۷/۸[a]	۲/۲[a]	۰/٦۸[b]	۲٤/۱[b]	۱۰/۲[b]	۲۱٤[b]
۱۵۰ شیرابه	۷/۸[a]	۲/۷[a]	۰/٦۲[b]	۲۷/۵[b]	۱۲/٤[b]	۲۲٤[b]
۳۰۰ شیرابه	۷/۸[a]	۲/۰[a]	۰/۷۲[a]	۳٦/۰[ab]	۲۱/۰[a]	۲۷۹[ab]
٦۰۰ شیرابه	۷/۷[a]	۲/۱[a]	۰/۷۵[a]	۳۷/٤[a]	۲٤/۵[a]	۲۹۱[a]
تیمار			٦۰–۳۰ سانتی‌متری			
شاهد	۷/۸[a]	۲/۱[b]	۰/۵۵[b]	۱۵/۷[b]	۱۰/۱[b]	۱۹۱[b]
کود	۷/۹[a]	۲/۱[b]	۰/۵٦[b]	۱۸/۵[b]	۱۰/٤[b]	۲۰٦[b]
۱۵۰ شیرابه	۷/۹[a]	۲/۲[b]	۰/٦۰[b]	۱۸/۵[b]	۱۰/٦[b]	۲٤۱[b]
۳۰۰ شیرابه	۷/۹[a]	۳/۵[a]	۰/۷۰[a]	۲۵/۷[a]	۱۱/۵[b]	۲٦۳[ab]
٦۰۰ شیرابه	۷/۹[a]	۳/٦[a]	۰/۷۲[a]	۲٦/۵[a]	۱۷/۰[a]	۲۸٤[a]

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

پس از دوره کشت گندم، پ–هاش کلیه تیمارها یکسان و حدود ۷/۸ بود (جدول ٤). 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 ٤). 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 (٦).

باقی‌مانده شیرابه زباله باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک سطحی و زیرسطحی، در مقایسه با شاهد گردید (جدول ٤). بیشترین مقدار نیتروژن و پتاسیم قابل جذب در خاک سطحی به ترتیب برابر با ۳۷/٤ و ۲۹۱/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار ٦۰۰ 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 ٦/۳، ٤/۵، ۱/۰ و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.11.7]

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

	آهن	روی	مس	منگنز	سرب	نیکل	کروم	کبالت
تیمار	۳۰-۰ سانتی‌متری							
شاهد	٦/۳^{d}	۱/۰ ^{b}	۰/۹ ^{c}	٤/٥ ^{b}	۲/۰ ^{a}	۱/۱ ^{ab}	۰/٥۳ ^{a}	۰/۸۷ ^{c}
کودی	٦/۳ ^{d}	۱/۳ ^{a}	۰/۸ ^{c}	٥/۱ ^{a}	۱/۷ ^{a}	۱/۰ ^{b}	۱/٥۰ ^{a}	۰/۹۳^{bc}
۱٥۰ شیرابه	۱۲/۱ ^{c}	۱/۷ ^{a}	۱/۰^{bc}	٤/۹ ^{a}	۱/۸ ^{a}	۱/۰ ^{b}	۰/٥۷ ^{a}	۰/۹۷ ^{b}
۳۰۰ شیرابه	۱٦/۲^{b}	۱/۷ ^{a}	۱/۸ ^{ab}	٥/۷ ^{a}	۱/۹ ^{a}	۱/۲ ^{a}	۰/٦۰ ^{a}	۱/۱۰ ^{a}
٦۰۰ شیرابه	۱۸/۹ ^{a}	۲/۱ ^{a}	۲/۱ ^{a}	۳/۱ ^{a}	۱/۹ ^{a}	۱/۳ ^{a}	۰/٦۷ ^{a}	۱/۱۷ ^{a}
تیمار	٦۰-۳۰ سانتی‌متری							
شاهد	٦/۷ ^{c}	۱/۱ ^{b}	۰/۸ ^{b}	٦/۲ ^{b}	۱/۹ ^{c}	۱/۰ ^{b}	۰/٦۰ ^{a}	۰/۸۷ ^{b}
کودی	٦/۹ ^{c}	۰/۹ ^{b}	۰/۸ ^{b}	٥/۱ ^{b}	۱/۷ ^{d}	۱/۰ ^{b}	۰/٦۰ ^{a}	۰/۹۰ ^{b}
۱٥۰ شیرابه	۱۲/۰ ^{b}	۱/۱ ^{b}	۰/۸ ^{b}	٥/٥ ^{b}	۱/۸^{cd}	۱/۰ ^{b}	۰/٦ ^{a}	۰/۸۳ ^{b}
۳۰۰ شیرابه	۱٦/٥ ^{a}	۱/۲ ^{ab}	۱/۱ ^{a}	۷/٥ ^{ab}	۲/۲ ^{b}	۱/٤ ^{a}	۰/۷ ^{a}	۰/۸۷ ^{b}
٦۰۰ شیرابه	۱۸/٦ ^{a}	۱/۹ ^{a}	۲/۲ ^{a}	۹/۹ ^{a}	۲/۳ ^{a}	۱/٤ ^{a}	۰/۷ ^{a}	۱/۰۷^{a}

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

۰/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد، به ۸/۹، ٦/۲، ۲/۱ و ۲/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار ٦۰۰ تن در هکتار شیرابه افزایش یافت.

مقدار آهن قابل استخراج به وسیله EDTA، در کلیه تیمارها بیش از حد بحرانی آن برای گندم (٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (۳)، که علت آن احتمالاً وضعیت کاهش ایجاد شده در کشت قبلی (برنج) و افزایش انحلال‌پذیری ترکیبات آهن موجود در خاک می‌باشد (۸).

غلظت روی قابل جذب خاک سطحی در کلیه تیمارها، بجز تیمار ٦۰۰ تن در هکتار شیرابه، پایین‌تر از حد بحرانی آن (۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (۳). در تیمار ٦۰۰ 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.

باقی‌مانده شیرابه هم‌چنین، غلظت مس قابل استخراج به وسیله EDTA خاک را در کلیه تیمارهای شیرابه، بالاتر از حد بحرانی آن در خاک (یک میلی‌گرم 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 آزمایش‌های مشابه با لجن فاضلاب، کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش معنی‌دار مقدار قابل استفاده تعدادی از عناصر کم‌مصرف در خاک گردید (٥ و ۷).

باقی‌مانده شیرابه زباله باعث افزایش معنی‌دار غلظت کبالت قابل جذب خاک سطحی در مقایسه با شاهد گردید، ولی تأثیری بر غلظت عناصر سنگین دیگر (سرب، کروم و نیکل) نداشت (جدول ٥). در خاک زیرسطحی، باقی‌مانده شیرابه تأثیری بر غلظت کروم قابل جذب خاک نداشت، ولی موجب افزایش معنی‌دار غلظت سرب، نیکل و کبالت گردید. با کاربرد ٦۰۰ تن در هکتار شیرابه زباله، حدود ۰/۹۰ کیلوگرم در هکتار سرب، ۰/٤۹ کیلوگرم در هکتار نیکل، ۰/٦۰ کیلوگرم در هکتار کروم و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.11.7]

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، 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 هرساله، 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.

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. ۱۳۷٤. 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.11.7]