اثر کاربرد لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، کمپوست زباله شهری و کودگاوی بر قابلیت جذب آهن و روی در خاک و جذب آنها توسط ذرت، یونجه و گل‌جعفری در شرایط گلخانه

معصومه شریفی، مجید افیونی* و امیرحسین خوشگفتارمنش[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۹/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۲۸)

چکیده

عناصر کم مصرف مانند آهن و روی در حد کفایت برای چرخه رشد گیاه لازم است و نقش مهمی در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارند. استفاده مجدد از ضایعات آلی مانند لجن فاضلاب، کمپوست و کودگاوی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، روش مناسبی برای باز گرداندن مواد آلی و برخی عناصر غذایی کم مصرف به خاک است. هدف از این پژوهش، تعیین اثر کاربرد لجن فاضلاب پلی اکریل، کمپوست زباله و کود گاوی بر قابلیت جذب آهن و روی در خاک و جذب آنها توسط ذرت، یونجه و گل جعفری بود. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار (لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی به میزان ۲۵ تن در هکتار) و در ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تیمارهای کود آلی اثر معنی‌داری بر افزایش آهن و روی قابل جذب خاک داشتند.کاربرد این کودها باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه ذرت، یونجه و گل جعفری شد. استفاده از کودهای آلی سبب افزایش جذب آهن و روی شاخساره گیاه شد. غلظت آهن و روی شاخساره در تیمارهای مواد آلی به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. بیشترین غلظت آهن شاخساره گیاهان مورد آزمایش مربوط به تیمار کود گاوی و بیشترین غلظت روی شاخساره گیاهان مربوط به تیمار کمپوست بود. براساس نتایج این پژوهش، می‌توان از لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی برای رفع کمبود عناصر آهن و روی در خاک‌ها به ویژه خاک منطقه اصفهان که کمبود عناصر کم مصرف در آن از مهم‌ترین مشکلات تغذیه گیاهان است، با در نظر گرفتن احتیاط‌های زیست محیطی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ضایعات آلی، عناصر کم مصرف، آهن، روی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: afyuni@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

مقدمه

اغلب خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، آهکی و دارای واکنش قلیایی هستند. این شرایط همراه با فقر این خاک‌ها از نظر مواد آلی باعث می‌شود که بسیاری از گیاهان در این خاک‌ها با کمبود عناصر غذایی کم مصرف به ویژه آهن، روی و منگنز روبه‌رو شوند. از بین عناصر کم مصرف، آهن و روی دارای نقش‌های مهم و حیاتی در موجودات زنده هستند. توجه به غلظت این عناصر در خاک به دلیل اثر بر افزایش عملکرد محصولات کشاورزی اهمیت زیادی دارد (۱۲).

نزدیک به ۵۰ درصد از خاک‌های تحت کشت غلات در جهان، دارای سطوح کم روی قابل دسترس برای گیاهان هستند که سبب کاهش عملکرد و کیفیت محصولات شده است. کمبود آهن نیز در حدود ۳۰ درصد از خاک‌های تحت کشت جهان گستردگی دارد (۱۹). بلالی و همکاران با انجام آزمایش در ۷۰۰ مزرعه طی دو سال گزارش نمودند که ۳۷ درصد خاک‌های کشور دچار کمبود آهن، ۴۰ درصد دچار کمبود روی، ۲۵ درصد دچار کمبود منگنز و ۲۴ درصد دچار کمبود مس می‌باشند (۳). کمبود آهن یکی از مشکلات اصلی فضای سبز اصفهان بوده که سالانه خسارت‌های زیادی را به همراه دارد (۱۱).

کمبود آهن که باعث بروز مشکل زرد برگی (کلروز) می‌شود، در بیشتر خاک‌های ایران و در گیاهان بسیاری دیده شده است (۸). آهن در گیاه در ساخت پروتئین‌های مهمی از جمله آنزیم‌های حاوی آهن و لگ هموگلوبین و هم‌چنین در ساخته شدن کلروفیل نقش دارد. آهن هم‌چنین برای تنفس و واکنش‌های اکسایش و کاهش در گیاه ضروری است (۱۲).

روی در گیاه یا به عنوان بخشی از ساختمان آنزیم‌ها به کار می‌رود و یا به صورت کو فاکتورهای تنظیم کننده در تعداد زیادی از آنزیم ها (بیش از ۲۰۰ آنزیم) عمل می‌نماید (۱۲). با توجه به وسعت تأثیر این آنزیم‌ها در فعالیت‌های حیاتی واضح است که کمبود روی آسیب‌های زیادی به زندگی گیاه وارد می‌کند. نفوذپذیری غشای پلاسمایی در گیاهان مبتلا به کمبود روی زیاد شده و در نتیجه آن، نشت سلولی پتاسیم، نیترات و ترکیبات آلی از ریشه افزایش می‌یابد (۸). کمبود روی سبب اختلال در تولید هورمون‌های رشد شده و در نهایت، رشد رویشی و عملکرد محصول کاهش می‌یابد (۱۲). کمبود روی در غالب خاک‌های ایران، شامل خاک‌های آهکی مناطق خشک و خاک‌های خنثی و کمی اسیدی شمال ایران گزارش شده است. در ایران، کمبود روی در درختان میوه، پنبه، چغندر قند، ذرت و محصولات جالیزی دیده شده است (۸).

استفاده از کودهای شیمیایی به روش‌های خاکی و یا محلول پاشی گیاهی، یکی از روش‌های رایج در برطرف کردن کمبود عناصر کم مصرف برای گیاه است. استفاده از کودهای شیمیایی مشکلاتی را به همراه دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به کمبود کودهای حاوی عناصر کم مصرف، هزینه بالا و آلودگی محیط زیست اشاره نمود. با توجه به استفاده غیر قابل اجتناب از سموم دفع آفات و انواع کودهای شیمیایی، سالانه حجم قابل توجهی پساب کشاورزی حاوی مقادیر زیاد باقی‌مانده این مواد شیمیایی وارد منابع مهم آب شرب در نقاط مختلف کشور می‌شود که می‌تواند مشکلات زیست محیطی فراوانی را در منابع آبی ایجاد نموده و هم‌چنین سلامتی موجودات زنده از جمله انسان را تهدید کند (۱۴). به گزارش سازمان بهداشت جهانی، افزایش خطرهای ناشی از ورود انواع مواد شیمیایی آلوده به دلیل استفاده بی رویه در کشورهای در حال توسعه مخاطرات احتمالی را تشدید کرده است. این گزارش با اشاره به بررسی‌های انجام شده در این زمینه، یادآور شد که آلودگی‌های شیمیایی از طریق انتقال به منابع آب و خاک، عمدتاً از طریق استفاده از انواع کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد (۳۷).

با مدیریت صحیح حاصل‌خیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب و کاهش فرسایش، کارایی نهاده‌ها را افزایش داد و با اجتناب از کاربرد غیر ضروری و بی رویه مصرف عناصر غذایی هزینه تولید را به حداقل رساند(۴). مطالعات مختلف نشان داده است که ضایعات

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

آلی مانند لجن فاضلاب، کمپوست زباله و کودگاوی به طور طبیعی حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای از عناصر یاد شده است که به علت وجود مواد آلی زیاد به صورت کلات‌های آلی درآمده و باعث افزایش حلالیت و قابلیت جذب این عناصر در خاک می‌شوند(۳۰و۳۲). رفع کمبود عناصر غذایی کم مصرف به وسیله موادآلی به علت قدرت کمپلکس کنندگی این مواد است. بنابراین برای بهبود باروری و حاصل‌خیزی خاک‌های کشاورزی و افزایش رشد و عملکرد گیاه به ویژه در مناطق خشک، کاربرد کودهای آلی ضروری به نظر می‌رسد. ولی منابع محدود سنتی مواد آلی (کودهای حیوانی) جوابگوی نیاز روز افزون بخش کشاورزی به کود آلی نمی‌باشد (۱). اضافه کردن پس‌ماندهای صنعتی آلی به زمین‌های کشاورزی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. این امر از یک سو به دلیل افزایش انرژی مورد نیاز برای تولید کودهای شیمیایی و از سوی دیگر به علت هزینه زیاد و مشکلات محیطی در نتیجه دفن بقایای آلی است (۲۳).

ارزش کودی پسماندهای آلی در تحقیقات متعدد در کشورهای مختلف نشان داده شده است (۷، ۳۰ و ۳۲). رضایی نژاد و افیونی اظهار داشتند که کود های آلی باعث افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک شدند و قابلیت جذب روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن خاک را افزایش دادند. در این رابطه کود دامی دارای بیشترین تاثیر بر عملکرد ذرت بود (۷). نظری طی بررسی اثر پساب و لجن فاضلاب بر غلظت برخی عناصر و عملکرد گندم، جو و ذرت، گزارش کرد که استفاده از پساب و لجن فاضلاب سبب افزایش غلظت عناصر آهن، روی، منگنز و مس گیاه شد. بیشترین غلظت این عناصردر تیمار لجن مشاهده شد که احتمالا به دلیل افزایش قابلیت جذب این فلزات توسط مواد آلی موجود در لجن بود. هم‌چنین استفاده از لجن سبب افزایش معنی دار عملکرد گیاهان شد (۱۳). بر اساس گزارش وبر و همکاران،کاربرد کمپوست موجب افزایش مقدار عناصر فسفر، پتاسیم، منیزیم و روی قابل جذب توسط گیاه شد (۳۶). بر اساس گزارش بزکورت، استفاده از لجن فاضلاب سبب افزایش قابل توجه غلظت آهن، روی و منگنز در برگ‌های درخت سیب شد (۱۸). میلر و همکاران گزارش کردند با مصرف لجن فاضلاب، کمپوست زباله و کود دامی کمبود روی و آهن در خاک‌های آهکی برای گیاه ذرت برطرف شد (۲۹).

با توجه به توصیه‌های وزارت کشاورزی برای مصرف کمتر کودهای شیمیایی به منظور پیشگیری از آلودگی محیط زیست، بررسی اثر کاربرد ضایعات آلی به عنوان کود با درنظر گرفتن استانداردهای زیست محیطی از اولویت ویژه‌ای برخوردار است. تحقیقات انجام شده در این راستا بیشتر روی بحث فاضلاب‌های شهری متمرکز بوده است به ویژه در ایران به ضایعات صنعتی کمتر توجه شده بنابراین لازم است در جهت بازیافت ضایعات و پیشگیری از آلودگی محیط زیست، استفاده از لجن فاضلاب صنعتی به عنوان کودآلی در کشاورزی به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد. بنابر این، هدف از این پژوهش، تعیین تأثیر کاربرد لجن فاضلاب شرکت پلی اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر قابلیت جذب آهن و روی در خاک و جذب آنها توسط ذرت،یونجه و گل جعفری بود.

مواد و روش‌ها

یک نمونه خاک سطحی (30-0 سانتی‌متری) که از نظر رده‌بندی هاپلو آرجیدز (Fine loamy, mixed, thermic, Typic Haplargids) بود، از مزرعه لورک نجف آباد واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان تهیه شده، به گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انتقال داده شد. بخشی از نمونه‌های خاک نیز جهت تعیین تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شد. این پژوهش در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار و سه تیمار روی سه گیاه شامل ذرت شیرین (*Zea mays* L.)، یونجه رقم رهنان (*Medicago Sativa cult. rahnan*) وگل جعفری پاکوتاه (*Tagetes signata* L.) انجام گرفت. تیمارها شامل لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل اصفهان، کمپوست زباله

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

شهری اصفهان وکود گاوی پوسیده شده بود. برای اعمال تیمارها ابتدا لجن، کمپوست و کود گاوی به مدت یک هفته در دمای حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد در گلخانه هوا خشک شده و سپس هر کدام به نسبت ۲۵ تن در هکتار به خوبی با خاک مخلوط شدند. یک نمونه از خاک بدون دریافت تیمار کودی به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از اعمال تیمارها در خاک، برای هر گلدان سه کیلوگرم خاک توزین شد. به این ترتیب هر تیمار شامل ۹ گلدان خاک بود. در هرگلدان یک نوع گیاه کشت شد به صورتی که ۳ عدد بذر ذرت، حدود ۱۰ عدد بذر یونجه و۳ عدد بذر گل جعفری در هر گلدان کشت شد. با استفاده از آبیاری سطحی، رطوبت خاک گلدان‌ها در طول دوره رشد گیاه در حد ۷۵-۷۰ درصد ظرفیت مزرعه (روش وزنی) تامین شد. ظرفیت مزرعه با روش وزنی اندازه‌گیری شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی انجام شد. در طول دوره رشد گیاه، با توجه به بالا بودن غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در آزمون خاک قبل از کاشت، از کود این عناصر استفاده نشد (جدول۱).

دو ماه پس از کاشت بذور، برداشت بوته‌ها انجام شد. پس از برداشت گیاه، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شده، سپس وزن خشک شاخساره و ریشه گیاهان انداز گیری شد. نمونه‌های خشک شده به وسیله آسیاب به صورت پودر درآمده و برای تعیین غلظت آهن و روی، نمونه‌های گیاهی به روش اکسایش تر (اسید نیتریک ۷۰٪، اسید کلرید ریک غلیظ، آب اکسیژنه۳۰٪) هضم شدند (۱۷). غلظت کل فلزات در لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی نیز به همین روش عصاره‌گیری شد (۳۴). غلظت عناصر مورد نظر در عصاره‌های گیاه، لجن، کمپوست و کود گاوی به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر ۳۰۳۰ اندازه‌گیری شد (۲۸).

شکل قابل جذب آهن و روی در نمونه خاک نیز به وسیله محلول DTPA (Diethylene Triamine Pentaacetic Acid) ۰/۰۰۵ مولار در pH ۷/۲ عصاره‌گیری شد(۲۵). قابلیت هدایت الکتریکی و pH نمونه‌های خاک و کودهای آلی در عصاره اشباع اندازه‌گیری شد(۲۸). ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با روش استات سدیم اندازه‌گیری شد (۱۷). برای تعیین مقدار ماده آلی خاک و نمونه‌های کودی از روش اکسایش تر استفاده شد (۱۷). نتایج و داده‌های به دست آمده به عنوان پاسخ‌های گیاهی با نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

۱. ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد بررسی در این آزمایش

برخی ویژگی‌های شیمیایی کمپوست، لجن فاضلاب و کود گاوی در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است. مقدار pH در عصاره اشباع کودها اختلاف زیادی را نشان نمی‌دهد. pH کمتر لجن فاضلاب احتمالا ناشی از حضور اسیدهای آلی فراوان حاصل از تخمیر مواد آلی و هم‌چنین اسیدهای معدنی وارد شده به سیستم انتقال فاضلاب همراه پساب است (۱۵). کود گاوی دارای بیشترین و کمپوست دارای کمترین هدایت الکتریکی هستند. بالا بودن هدایت الکتریکی کود گاوی به عوامل مختلفی از جمله رژیم غذایی حیوان بستگی دارد. استفاده بی رویه از لجن و کود گاوی در زمین‌های کشاورزی ممکن است سبب افزایش شوری خاک شود (۵ و۶).

لجن فاضلاب و کود گاوی دارای مقادیر قابل توجهی از ماده آلی می‌باشند که این مقدار ماده آلی می‌تواند اثرهای مطلوبی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و در نهایت رشد و عملکرد گیاه داشته باشد (جدول۲). با در نظر گرفتن درصد نیتروژن کل در لجن، کمپوست و کود گاوی با اضافه کردن ۲۵ تن در هکتار از این کودها مقدار قابل توجهی نیتروژن به خاک اضافه می‌شود که سهم بسزایی در تأمین نیاز گیاه به این عنصر دارد. البته انتظار می‌رود بخش عمده نیتروژن به صورت آلی بوده که از طریق فرآیندهای زیستی به تدریج معدنی شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (۲۶).

جدول ۳ غلظت برخی از عناصر سنگین موجود در کودهای

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

جدول ۱. تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

ویژگی اندازه گیری شده	واحد	مقدار
بافت	–	لوم رسی سیلتی
pH	–	۸/۵
هدایت الکتریکی	$dS\ m^{-1}$	۲/۷
ماده آلی	%	۱/۴
ظرفیت تبادل کاتیونی	cmol+/kg خاک	۱۴/۸
نیتروژن	%	۳/۴
فسفر	%	۰/۰۳
پتاسیم	%	۰/۸
آهن قابل عصاره گیری با DTPA	$mg\ kg^{-1}$	۴/۳
روی قابل عصاره گیری با DTPA	$mg\ kg^{-1}$	۱/۷

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی کود های آلی مورد استفاده

ویژگی	واحد	لجن فاضلاب	کمپوست	کود گاوی
pH	–	۷/۳	۷/۵	۷/۷
قابلیت هدایت الکتریکی	dS/m	۱۹/۳	۱۵/۸	۱۹/۸
ماده آلی	٪	۲۸/۸*	۴۷/۵	۱۸/۸
نیتروژن کل	٪	۷/۴	۱/۸	۰/۹۴

* : درصد ماده آلی و نیتروژن کل بر اساس وزن خشک کود های آلی بیان شده است.

جدول ۳. مقایسه غلظت برخی عناصر سنگین موجود در کودهای آلی($mg\ kg^{-1}$) با استانداردهای تعیین شده توسط USEPA503

عناصر	لجن فاضلاب	کمپوست	کود گاوی	حد مجاز USEPA503
منگنز	۱۰۲۴	۹۰۰	۱۱۵۰	–
آهن	۹۱۲۵	۵۸۷۵	۱۲۱۷۵	–
روی	۳۸۸	۳۸۱	۱۹۳	۲۸۰۰
مس	۷۴	۲۳۵	۶۹	۱۵۰۰
نیکل	۳/۳	۲۲/۶	۳۵/۹	۴۲۰
کادمیوم	۱/۵	۳/۰	۲/۰	۳۹
کرم	۴۹/۴	۱۰۹/۰	۴۰/۷	۳۰۰۰
کبالت	۵/۰	۳/۱	۵/۸	–

مورد استفاده در این آزمایش را نشان می‌دهد. وجود عناصری چون روی و آهن در این کودها برای گیاه مفید است. اما حضور عناصری مانند کادمیوم در این کودها خطرناک است. در کاربرد ضایعات آلی در کشاورزی توجه به غلظت عناصر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

سنگین سمی اهمیت زیادی دارد.

زیرا استفاده زیاد و دراز مدت از این ترکیبات در کشاورزی می‌تواند موجب آلودگی خاک و انتقال این عناصر به زنجیره غذایی انسان و حیوان شود. مقایسه غلظت عناصر مذکور در لجن، کمپوست و کود گاوی مورد آزمایش با استانداردهای آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) نشان داد که غلظت این عناصر در محدوده مجاز بوده و این کودها از پتانسیل آلودگی کمی برخوردار است (۳۵). با چنین اطلاعاتی از ویژگی‌های کودهای آلی و هم‌چنین جذب تجمعی فلزات، احتیاط مداوم در اجرای مقررات حاکم بر مصرف لجن فاضلاب و کمپوست در اراضی کشاورزی را روشن می‌سازد.

۲. اثر تیمارهای کودهای آلی بر pH و ماده آلی خاک

اثر کاربرد کودهای آلی بر pH و ماده آلی خاک در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به بالا بودن خاصیت بافری در خاک‌های آهکی، مقادیر زیادی از کود آلی و مدت زمان بسیار طولانی لازم است تا کاهش قابل ملاحظه‌ای در pH خاک ایجاد شود. در بین تیمارهای کود آلی، لجن فاضلاب سبب کاهش معنی‌دار pH خاک در مقایسه با شاهد شده است. لجن فاضلاب به دلیل دارا بودن مقادیر بیشتر اسیدهای آلی و معدنی نسبت به کمپوست و کود گاوی می‌تواند اثر معنی‌داری بر کاهش pH خاک داشته باشد (۱۵). pH خاک‌های تیمار شده با کمپوست و کود گاوی تفاوت معنی‌داری در مقایسه با شاهد نداشت. پژوهشگران گزارش کردند که مصرف کمپوست در خاک با گذشت زمان، سبب کاهش pH خاک‌های قلیایی شده، دلیل این پدیده تجزیه و هوموسی شدن مواد آلی کمپوست و بالا رفتن فشار گاز کربنیک در این خاک‌ها و در نتیجه تشکیل و تولید اسیدهای آلی و اسید کربنیک ذکر شده است (۲۴).

استفاده از کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی خاک در مقایسه با شاهد شده است (جدول۴). کمپوست در مقایسه با لجن و کود گاوی دارای مقدار ماده آلی بیشتری بوده که این سبب افزایش بیشتری در ماده آلی خاک شده است. تحقیقات زیادی افزایش ماده آلی خاک را در اثر کاربرد کودهای آلی نشان داده است (۲، ۵ و۳۲). افزایش ماده آلی خاک سبب افزایش حلالیت عناصر کم مصرف در خاک و هم‌چنین بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شده و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (۲۸).

۳. اثر تیمارهای کود آلی بر غلظت روی وآهن قابل جذب خاک

تیمارهای لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی اثر معنی‌داری بر افزایش روی قابل جذب خاک داشتند (شکل۱). بیشترین افزایش مربوط به تیمار کمپوست بود به صورتی که روی قابل جذب از ۱/۶۶ در شاهد به ۳/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار کمپوست افزایش یافت. نتایج مطالعات خدیوی نیز نشان داد که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش روی قابل جذب در خاک می‌شود که علت این پدیده، تجمع زیاد روی در حضور کودهای آلی در شکل‌های محلول (یونی و کمپلکس‌های آلی محلول) و تبادلی است (۵). هم‌چنین بر اساس گزارش اسپیر و همکاران در یک چراگاه، کاربرد لجن فاضلاب به مقدار سالانه ۲۰۰ تن در هکتار در خاک لومی شنی سبب افزایش قابل توجه مقدار روی خاک شد به طوری که مقدار روی قابل جذب خاک در پایان سال چهارم تا چهار برابر شاهد افزایش یافت (۳۳). بررسی‌های کلباسی و همکاران نشان داد که در خاک‌های آهکی، روی به صورت کربنات روی رسوب کرده و از دسترس گیاه خارج می شود. به همین دلیل،کمبود روی قابل جذب نیز یکی از مشکلات اصلی تغذیه گیاه در خاک‌های اصفهان بوده و به نظر می رسد کاربرد کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک و هم‌چنین کاهش pH خاک (جدول۴)، بتواند تا حد زیادی در رفع این کمبود مؤثر باشد (۲۲).

کاربرد لجن فاضلاب و کمپوست در مقایسه با شاهد، سبب افزایش معنی‌دار آهن قابل جذب خاک شد (شکل ۱). افزایش آهن قابل جذب در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب را می‌توان به کاهش pH خاک در اثر کاربرد لجن(جدول۴) ربط داد.

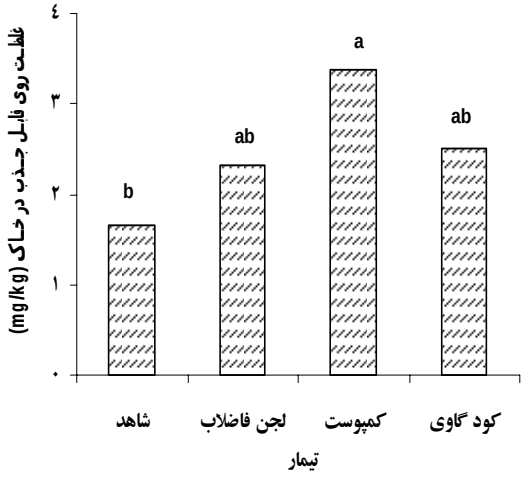
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

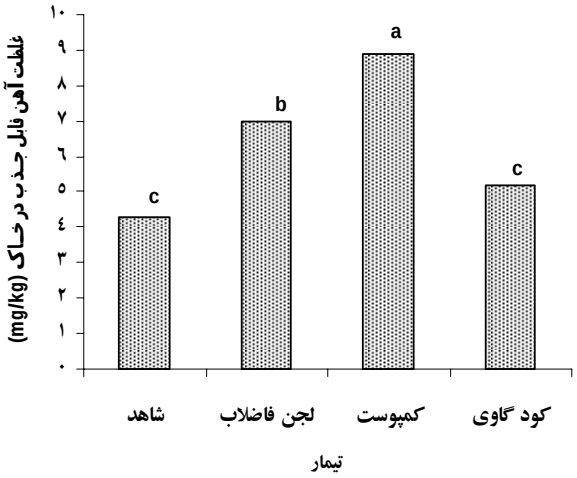
جدول ۴. اثر کاربردکودهای آلی بر pH و ماده آلی خاک

تیمار	pH	OM (%)
شاهد	۸/۰ a	۱/۴b
لجن فاضلاب	۷/۸b	۱/۹a
کمپوست	۸/۱a	۲/۱a
کود گاوی	۸/۱a	۱/۹a

در هر تیمار و در هر ستون، اعدادی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.



شکل۱. اثر کودهای آلی بر غلظت روی قابل جذب خاک



شکل۲. اثر کودهای آلی بر غلظت آهن قابل جذب خاک

غلظت آهن قابل جذب خاک در تیمار کود گاوی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بیشترین مقدار آهن قابل جذب برابر با ۸/۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم، مربوط به تیمار کمپوست بود که آهن قابل جذب خاک در این تیمار، تا حدود دو برابر شاهد افزایش یافت. به رغم کمتر بودن غلظت آهن در کمپوست و لجن فاضلاب در مقایسه با کود گاوی، غلظت آهن قابل جذب در این تیمارها بیشتر از کود گاوی بود. علت این پدیده را می‌توان به تشکیل کمپلکس های آلی نامحلول آهن با مواد آلی موجود در کود گاوی ربط داد. کود گاوی استفاده شده در این آزمایش از نوع پوسیده بود و احتمال تشکیل کمپلکس‌های نامحلول فلزات، با پیشرفت پوسیدگی مواد آلی به دلیل تشکیل مواد هوموسی بیشتر است (۱۶). دلیل احتمالی دیگر بالا بودن pHکود گاوی در مقایسه با سایر تیمارها بوده است.

از طرفی برخی مطالعات نشان داد که ماده آلی اضافه شده به خاک توسط کود آلی با تشکیل کمپلکس با آهن، از رسوب آن جلوگیری کرده و حلالیت آن را در خاک بالا می برد(۳۲). افزایش مقدار آهن قابل جذب در خاک‌های تیمار شده با لجن و کمپوست را می توان به افزایش مقدار ماده آلی خاک ربط داد (جدول۴). عباسی زاده گزارش کرد که لجن فاضلاب موجب افزایش آهن قابل جذب خاک می‌شود (۹). افزایش مقدار آهن قابل جذب خاک، به ویژه در خاک‌های آهکی، از اهمیت فوق العاده زیادی بر خوردار است، زیرا کمبود آهن از مهم‌ترین مشکلات تغذیه گیاهان در خاک های آهکی است. افزایش مقدار آهن قابل جذب با مصرف کمپوست، لجن فاضلاب و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

کود گاوی نشان‌دهنده پتانسیل این کودها در رفع این مشکل است.

افزایش مقدار آهن و روی قابل جذب خاک در اثر کاربرد کودهای آلی، علاوه بر این‌که به وجود مقدار قابل ملاحظه این فلزات در کودهای آلی مربوط می‌شود، هم‌چنین تجزیه مواد آلی کودها، تشکیل اسیدهای آلی و گاز دی اکسیدکربن که سبب افزایش اسید کربنیک خاک شده را به دنبال داشته که در نهایت با کاهش pH خاک می‌تواند بر قابلیت جذب عناصر کم مصرف مانند آهن و روی اثر بگذارد.

۴. عملکرد وزن خشک شاخساره و ریشه گیاه

اثر تیمار های مختلف بر عملکرد وزن خشک شاخساره و ریشه ذرت، یونجه و گل جعفری در جدول ۵ نشان داده شده است. کاربرد کود های آلی سبب افزایش عملکرد وزن خشک شاخساره ذرت شد که این افزایش در تیمارهای لجن فاضلاب و کود گاوی نسبت به شاهد معنی‌دار بود. عملکرد وزن خشک شاخساره ذرت در تیمار کمپوست نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین مقدار عملکرد وزن خشک شاخساره ذرت برابر با ۴/۵ گرم در گلدان، مربوط به تیمار کود گاوی بود. عملکرد وزن خشک ریشه ذرت در هر سه تیمار لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی نسبت به شاهد افزایش معنی دار داشت (جدول۵). بیشترین مقدار عملکرد وزن خشک ریشه در ذرت مربوط به تیمار کود گاوی بود.

عملکرد وزن خشک شاخساره یونجه در تیمارهای کودی افزایش یافت که این افزایش در تیمارهای لجن فاضلاب و کمپوست نسبت به شاهد معنی‌داری شد. بیشترین عملکرد وزن خشک شاخساره یونجه (۲/۲ گرم در گلدان) مربوط به تیمار لجن فاضلاب بود. عملکرد وزن خشک ریشه یونجه در هر سه تیمار لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت. نتایج این آزمایش نشان داد افزایش کمپوست و کود گاوی به خاک ، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد وزن خشک شاخساره گل جعفری در مقایسه با شاهد شد (جدول۵). عملکرد وزن خشک شاخساره گل جعفری در تیمار لجن فاضلاب با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین مقدار عملکرد اندام هوایی گل جعفری۲/۲ گرم در گلدان مربوط به تیمار کمپوست بود. عملکرد وزن خشک ریشه گل جعفری در تیمارهای کودی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان نداد.

بالا بودن سطح عملکرد در خاک‌های تیمار شده با کودهای آلی نسبت به شاهد به علت تأمین متناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و هم‌چنین بهبود شرایط فیزیکی خاک به علت اثرهای مطلوب مواد آلی بوده است (۳۶).

ابرین و همکاران گزارش کردند، کاربرد سطوح مختلف لجن کارخانه تولید کاغذ، مقدار ماده آلی را افزایش داد که این امر باعث بهبود رشد ذرت شد (۳۱). هم‌چنین در یک آزمایش مزرعه‌ای از لجن فاضلاب و کودهای تجاری برای کشت سیب‌زمینی استفاده شد. عملکرد سیب زمینی در تیمار لجن برابر و یا بیشتر از تیمار کودهای شیمیایی بود (۲۲). عموما استفاده از کودهای آلی سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود اما پاسخ گیاهان نسبت به استفاده از کودهای آلی در خاک متفاوت است. ذرت در تیمار کود گاوی، یونجه در تیمار لجن فاضلاب و گل جعفری در تیمار کمپوست رشد و عملکرد بیشتری داشتند. با توجه به این که بهترین خاک برای رشد گل جعفری، خاکی با زه‌کشی مناسب و درصد ماده آلی بالا است(۱۰)، می‌توان نتیجه گرفت استفاده ازکود کمپوست به علت تازگی و ماده آلی زیاد، تأثیر بیشتری بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک داشته است و سبب افزایش بیشتر عملکرد گل جعفری در مقایسه با شاهد و خاک‌های تیمار شده با لجن و کود گاوی شد. مقدار نیتروژن لجن به طور قابل توجهی بیشتر از کمپوست و کود گاوی بود. از آنجایی که یونجه و ذرت به نیتروژن بالایی نیاز دارند، عملکرد این گیاهان در خاک تیمار شده با لجن بالا بود.

مک اینتاش و همکاران نیزگزارش کردند کاربرد کمپوست زباله‌های شهری اثر معنی‌داری بر رشد صنوبر داشت ولی تأثیر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

جدول۵. اثر تیمارهای مختلف کود آلی بر عملکرد وزن خشک گیاهان(گرم در گلدان)

تیمار	ذرت		یونجه		گل جعفری	
	شاخساره	ریشه	شاخساره	ریشه	شاخساره	ریشه
شاهد	۳/۲^{b}	۰/۷^{b}	۱/۳^{b}	۰/۵^{c}	۰/۹^{b}	۰/۵^{a}
لجن فاضلاب	۴/۰^{a}	۰/۹^{a}	۲/۲^{a}	۰/۷^{ab}	۱/۰^{b}	۰/۵^{a}
کمپوست	۳/۴^{b}	۰/۸^{ab}	۱/۷^{ab}	۰/۶^{bc}	۲/۲^{a}	۰/۶^{a}
کود گاوی	۴/۵^{a}	۰/۹^{a}	۱/۴^{b}	۰/۸^{a}	۱/۹^{a}	۰/۶^{a}

در هر تیمار و در هر ستون، اعدادی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

معنی داری بر عملکرد سپیدار سفید نداشت (۲۷).

۵. غلظت آهن شاخساره ذرت، یونجه و گل جعفری

نتایج مقایسه میانگین غلظت آهن در شاخساره گیاهان در جدول ۶ نشان داده شد. غلظت آهن شاخساره ذرت در تیمارهای لجن فاضلاب و کود گاوی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت ولی در تیمار کمپوست اختلاف معنی‌داری با شاهد دیده نشد. بیشترین غلظت آهن شاخساره ذرت مربوط به تیمار کود گاوی بود. افزایش غلظت آهن گیاه در تیمار کود گاوی را می‌توان به غلظت بالای آهن (۱۲۱۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) در این کود در مقایسه با کمپوست و لجن فاضلاب ربط داد. عباسی‌زاده گزارش کرد که غلظت آهن در بافت گیاهی ذرت کاشته شده در خاک‌های تحت تیمار کمپوست و لجن فاضلاب به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داشت (۹). نتایج مشابهی نیز در مطالعات رضایی نژاد و افیونی در مورد استفاده از لجن فاضلاب در کاشت ذرت حاصل شد (۷). در تیمار کمپوست، غلظت آهن شاخساره ذرت نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت که این مسئله را می توان به جذب اختصاصی آهن بر روی محل‌های جذبی کمپوست ربط داد. مواد آلی تازه از قدرت کمپلکس کنندگی بالایی برای عناصر کم مصرف و از جمله آهن برخوردار هستند و در نتیجه ممکن است با گیاه برای جذب آهن رقابت کنند (۱۶).

غلظت آهن شاخساره یونجه در تیمارهای لجن و کود گاوی در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌دار داشت. غلظت آهن در تیمار کمپوست نسبت به شاهد کاهش یافت. استفاده از کودهای آلی نسبت به شاهد، سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن در شاخساره گل جعفری شد. بیشترین مقدار غلظت آهن در شاخساره گل جعفری مربوط به تیمار کود گاوی بود. براهیمی پس از بررسی اثر کودهای کمپوست، لجن فاضلاب و کودگاوی بر جذب عناصر سنگین توسط گندم نشان داد که غلظت آهن در دانه و کاه و کلش به صورت قابل توجهی افزایش یافت (۲).

۶. غلظت روی در شاخساره ذرت، یونجه و گل جعفری

غلظت روی شاخساره ذرت در تیمار کمپوست افزایش معنی‌دار داشت به صورتی که از ۳۶/۸۶ در شاهد به ۳۹/۹۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار کمپوست رسید (جدول۶). غلظت روی در تیمار کود گاوی با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت و در تیمار لجن فاضلاب نسبت به شاهد کاهش یافت. کاهش جذب روی توسط گیاه در تیمار لجن فاضلاب را می‌توان به مقدار زیاد آهن در این تیمار و رقابت این عنصر در جذب نسبت داد. هم‌چنین جذب و نگهداری روی توسط مواد آلی لجن، کمپوست و کود گاوی، اثر حفاظتی در برابر جذب آن توسط گیاه ایجاد می‌کند. بر اساس گزارش ژلجازو و همکاران درخاک های اصلاح شده با ضایعات آلی فلز روی به خوبی روی سطوح اکسیدهای آهن و منگنز جذب می‌شود که این جذب در شرایط افزایش pH خاک شدیدتر است (۳۸). نتایج نشان می‌دهد که کاربرد کمپوست، لجن

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

جدول ۶. اثر تیمارهای مختلف کود آلی بر غلظت آهن و روی ($mg\ kg^{-1}$) در شاخساره گیاه

تیمار	ذرت		یونجه		گل جعفری	
	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn
شاهد	۷۳/۷^{c}	۳۶/۹^{ab}	۲۱۸/۴^{ab}	۲۰/۰ ^{b}	۱۰۰/۷^{b}	۱۸/۰^{b}
لجن فاضلاب	۸۵/۷^{b}	۲۸/۰^{b}	۲۳۴/۰^{a}	۲۴/۵^{ab}	۱۲۳/۳^{ab}	۲۱/۵ ^{ab}
کمپوست	۶۸/۷^{c}	۳۹/۹ ^{a}	۱۷۹/۶^{b}	۲۷/۲ ^{a}	۱۳۵/۵^{a}	۲۵/۴^{a}
کود گاوی	۱۰۶/۲^{a}	۳۰/۳^{ab}	۲۴۶/۲^{a}	۲۵/۰^{ab}	۱۴۶/۸^{a}	۲۱/۹ ^{ab}

در هر تیمار و در هر ستون، اعدادی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

فاضلاب و کود گاوی نسبت به شاهد سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی شاخساره یونجه و گل جعفری شد. بیشترین غلظت روی شاخساره این دو گیاه مربوط به تیمار کمپوست بود. رحیمی در مطالعه خود نشان داد که با اضافه نمودن کمپوست به خاک، غلظت روی در ذرت افزایش یافت (۶). هم‌چنین بر اساس گزارش دلگان و همکاران استفاده از لجن فاضلاب سبب افزایش مقدار عناصر Fe، Zn و Mn در برگ‌های خیار شد (۲۰).

نتایج این آزمایش نشان داد که غلظت آهن در کل تیمارها به ترتیب در شاخساره یونجه و گل جعفری بیشتر از ذرت بود ولی غلظت روی در شاخساره ذرت بیشتر از شاخساره یونجه و گل جعفری بود. غلظت عناصر غذایی در گیاهان به ویژگی های خاک، نوع گیاه، رقم مورد نظر و شرایط رشد بستگی دارد(۲۱). با توجه با این‌که دامنه غلظت سمی روی، بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۲۱) غلظت روی بافت‌های گیاهان مورد آزمایش در هیچ یک از تیمارها به حد سمیت نرسیده است.

۷. جذب آهن توسط شاخساره ذرت، یونجه و گل جعفری

مقدار جذب آهن شاخساره گیاهان (حاصل ضرب غلظت آهن در عملکرد وزن خشک شاخساره) با کاربرد کودهای آلی افزایش معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشت (جدول۷). کاربرد کود گاوی و لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار جذب آهن شاخساره ذرت شد. بیشترین مقدار جذب آهن در شاخساره ذرت ($۳۸۸\ gr\ ha^{-1}$) مربوط به تیمار کود گاوی بود. عملکرد وزن خشک و غلظت آهن شاخساره ذرت در تیمار کود گاوی در مقایسه با تیمارهای دیگر بیشتر بود که سبب افزایش جذب آهن در این تیمار شد.

استفاده از کودهای آلی سبب افزایش معنی‌دار جذب آهن توسط شاخساره یونجه شد. بیشترین جذب آهن شاخساره یونجه مربوط به تیمار لجن فاضلاب بود به طوری که جذب آهن در این تیمار در حدود دو برابر شاهد افزایش یافت (جدول۷). جذب آهن شاخساره گل جعفری در تیمارهای کمپوست و کود گاوی در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری داشت و بیشترین جذب آهن توسط گل جعفری مربوط به تیمار کمپوست بود.

کاربرد کودهای آلی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد وزن خشک شاخساره گیاه و افزایش غلظت آهن شاخساره شده است و در نتیجه با کاربرد کودهای آلی، مقدار جذب آهن توسط گیاه افزایش یافت. مطالعات عباسی‌زاده نیز نشان داد که مصرف کمپوست و لجن فاضلاب در خاک سبب افزایش معنی‌دار جذب آهن توسط ذرت شد (۹).

۸. جذب روی توسط شاخساره ذرت، یونجه و گل جعفری

اثر تیمارهای مختلف بر جذب روی توسط شاخساره ذرت، یونجه و گل جعفری در جدول۷ آورده شده است. جذب روی توسط شاخساره ذرت و یونجه در تیمارهای کود آلی اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. بیشترین مقدار جذب روی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

جدول ۷. اثر تیمارهای مختلف کود آلی بر جذب آهن و روی ($gr\ ha^{-1}$) در شاخساره گیاه

تیمار	ذرت		یونجه		گل جعفری	
	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn
شاهد	۱۸۷^{c}	۹۶/۵^{a}	۲۴۴ ^{b}	۲۷/۸ ^{a}	۱۲۱^{b}	۱۳/۷^{b}
لجن فاضلاب	۲۷۶^{b}	۸۹/۶^{a}	۴۲۱ ^{a}	۴۴/۳ ^{a}	۸۹^{b}	۱۵/۰^{b}
کمپوست	۱۸۸ ^{c}	۱۰۹/۰ ^{a}	۲۶۰^{ab}	۴۰/۲^{a}	۲۴۹^{a}	۴۷/۷ ^{a}
کود گاوی	۳۸۸^{a}	۱۰۷/۷ ^{a}	۲۹۸^{ab}	۲۳/۹ ^{a}	۱۶۶^{ab}	۲۰/۲^{b}

در هر تیمار و در هر ستون، اعدادی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح ۵ درصد فاقد تفاوت معنی دار می باشند.

شاخساره در ذرت مربوط به تیمارکمپوست و در یونجه مربوط به تیمار لجن فاضلاب بود.کاربرد کودهای آلی سبب افزایش جذب روی توسط شاخساره گل جعفری شد و جذب روی تنها در تیمار کمپوست افزایش معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشت. استفاده از کودهای آلی سبب افزایش جذب روی شاخساره گیاه شد ولی این افزایش در بیشتر تیمارها در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود. تأثیر عامل رقت ناشی از رشد می‌تواند دلیل احتمالی این نتیجه باشد. اگر افزایش غلظت فلز در گیاه در اثر کاربرد کودهای آلی متناسب با افزایش عملکرد گیاه باشد، جذب فلز توسط گیاه نیز افزایش می‌یابد. اما اگر با افزایش عملکرد گیاه در اثر کاربرد کودهای آلی غلظت فلز در گیاه کاهش یابد (عامل رقت) جذب فلز توسط گیاه بسته به این که شدت کاهش غلظت بیشتر باشد یا شدت افزایش عملکرد تغییر می‌کند. جذب روی توسط ذرت بیشتر از یونجه و گل جعفری بود.

به طور کلی جذب فلزات از خاک توسط گیاه به عوامل متعددی از جمله حلالیت فلز، pH خاک، گونه گیاهی، نحوه کود دهی، مقدار عنصر در کود و نوع خاک بستگی دارد (۲۱و۳۸). استفاده از کودهای آلی در خاک می تواند تا حد قابل توجهی کمبود روی و آهن را جبران کند. در پژوهشی، کاربرد کود کمپوست حاصل از زباله‌های شهری در خاک موجب افزایش جذب روی توسط ذرت شد(۹).

نتیجه‌گیری

لجن فاضلاب، کمپوست وکودگاوی مورد آزمایش حاوی مقادیر زیادی از عناصر غذایی مختلف بودند. که می‌تواند در تامین نیاز گیاه مفید باشد. با کاربرد متوالی کودهای آلی به ویژه لجن فاضلاب و کمپوست به دلیل داشتن اسیدهای آلی، pH خاک کاهش می‌یابد. در این آزمایش لجن فاضلاب بیشترین اثر کاهنده بر pH را داشت. نتایج نشان داد که تیمارهای لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی اثر معنی‌داری بر افزایش آهن و روی قابل جذب خاک داشتند. به نظر می‌رسد کاربرد کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک و هم‌چنین اثر برکاهش pH خاک، توانسته تا حد زیادی در رفع کمبود آهن و روی خاک موثر باشد. بنابراین کاربرد کودهای آلی در خاک‌های آهکی و یا خاک‌هایی که به طور ذاتی مقدار آهن و روی خاک پایین باشد توصیه می‌شود. کاربرد این کودها باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه ذرت، یونجه و گل جعفری شد. که احتمالاً به دلیل وجود عناصر غذایی و هم‌چنین مواد آلی این بقایا می باشد که باعث بهبود شرایط خاک برای رشد گیاه شده است. استفاده از کودهای آلی نسبت به شاهد، سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن و روی شاخساره ذرت، یونجه و گل جعفری شد. هم‌چنین مقدار جذب آهن شاخساره گیاهان با کاربرد کودهای آلی افزایش معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشت. به طور کلی کاربرد لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی در خاک سبب افزایش عملکرد گیاه شد و بیانگر مناسب

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

بودن این مواد برای اهداف کشاورزی به عنوان یک کود کامل یا بخشی از کود های مورد نیاز برای خاک است که م توان از این کودها برای رفع کمبود عناصر آهن و روی در خاک‌ها به ویژه خاک منطقه اصفهان که کمبود عناصر کم مصرف در آن از مهم‌ترین مشکلات تغذیه گیاهان می‌باشد با در نظر گرفتن احتیاط‌های زیست محیطی استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

۱. بای بورد، ی. م.، م. ج. ملکوتی، ه . امیرمکری و م. نفیسی. ۱۳۷۹. *تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار*. نشر آموزش کشاورزی، کرج.

۲. براهیمی، ن. ۱۳۸۰. بررسی اثر کود های آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک و جذب عناصر به وسیله ذرت و گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. بلالی، م. ر.، م. ج. ملکوتی، ح. مشایخی و ز. خادمی. ۱۳۷۹. اثر عناصر ریز مغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آنها در خاک‌های تحت کشت گندم آبی ایران. تغذیه متعادل گندم. نشر کشاورزی، تهران.

۴. حسن زاده قورت تپه، ع.، م. قلاوند، ر. احمدی و خ. میرنیا. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر کودهای شیمیایی، آلی و تلفیقی به خصوصیات کمی و کیفی ارقام آفتابگردان در استان آذربایجان غربی. علوم و فنون کشاورزی ۲: ۸۵-۱۰۴.

۵. خدیوی بروجنی، ا. ۱۳۸۶. اثر کودهای آلی بر اشکال شیمیایی فلزات سنگین در خاک و جذب این عناصر توسط گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶. رحیمی، ق. ۱۳۷۱. مطالعه اثرات کود کمپوست بر شوری و آلودگی خاک و مقدار جذب عناصر سنگین توسط گیاه ذرت از خاک‌های حاوی کود کمپوست. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۷. رضایی نژاد، ی. و م. افیونی. ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به وسیله ذرت و عملکرد آن. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴(۴): ۱۹-۲۸.

۸. سالاردینی، ع. ۱۳۸۲. *حاصل‌خیزی خاک*. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۹. عباسی زاده، ا. ۱۳۸۶. اثر لجن فاضلاب و کمپوست بر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، عملکرد ذرت و آلودگی خاک به عناصر سنگین. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۰. کارگر، م. ۱۳۸۵. پرورش گل جعفری، بنیاد ایران فردا. ***http://www.iranefardafrance.ir*** .

۱۱. کلباسی، م. و م. جراح. ۱۳۷۷. *وضعیت تغذیه‌ای درختان چنار در شهر اصفهان*. چاپ اول، انتشارات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر اصفهان.

۱۲. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک «مشکلات و راه حل‌ها». چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۱۳. نظری، م. ع.، ح. شریعتمداری، م. افیونی، م. مبلی و ش. رحیلی. ۱۳۸۵. اثر کاربرد پساب و لجن فاضلاب صنعتی بر غلظت برخی عناصر و عملکرد گندم، جو و ذرت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۳: ۹۷-۱۱۰.

۱۴. هامون یک، مهندسین مشاور، ۱۳۸۰. مطالعات جامع حوزه آبخیز سد لتیان (حفاظت وجلوگیری از آلودگی آب شرب تهران). وزارت مسکن و شهرسازی.

15. Abusharer, T. M. 1996. Modification of hydraulic properties of a semiarid soil in relation to seasonal application of sewage sludge and electrolyte producing compounds. Soil Technol. 9: 1-13.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]

16. Adriano, D. C. 2001. Trace Elements in the Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Heavy Metals. 2nd ed., Springer-Verlag, New York.
17. Benton, J., J. R. Jones and V. W. Case. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue sample. PP. 389-429. *In*: R. L. Westerman (Ed.), Soil Testing and Plant Analysis. SSSA, No.3, Madison, WI.
18. Bozkurt, M. A. 2003. The Effects of Sewage Sludge Applications on the Yield, Growth, Nutrition and Heavy Metal Accumulation in Apple Trees Growing in Dry Conditions. Turk. J. Agric. 27: 285-292.
19. Cakmack, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant and Soil 247:3-24.
20. Dolgen, D., M. N. Alpaslan and N. Delen. 2007. Agricultural recycling of treatment-plant sludge: A case study for a vegetable-processing factory. J. Environ. Manag. 84: 274–281.
21. Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 2000. Trace Elements in Soil and Plants. 3rd ed., CRC Press, Bocaraton, London, New York Washington, D. C.
22. Kalbasi, M., G. J. Raez and L. A. Lewen-Rudger. 1978. Reaction products and solubility of applied zinc compounds in some Manitoba soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 125: 5-64.
23. Kumar, K., C. J. Rosen and S. C. Guta. 2002. Kinetics of nitrogen mineralization in soils amended with suger beet processing by-product. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33: 3635-3651.
24. Laboski, C. A. M. and J. A. Lamb. 2003. Change in soil test phosphorous concentration after application of manure of fertilizer. Soil. Sci. Soc. Amer. J. 67:544-554.
25. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 421-428.
26. Mahidia, U. N. 1981. Water Pollution and Disposal of Wastewater on Land. Teta – McGrowhill Pub., USA.
27. McIntosh, M. S. and J. E. Foss. 1984. Effect of composted municipal sewage sludge on growth and elemental composition on white pine and hybrid p. plar. J. Environ. Qual. 3: 60-63.
28. McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. PP. 199-224. *In*: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Biological Properties. 2nd ed., Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Pub., USA.
29. Miller, W. P., Martens, D. C. and Zalazny, W. L. 1986. Effects of sequence in extraction of trace metals from soils. Soil Sic. Soc. Amer. J. 50: 598-601.
30. Mohammadinia , G. 1994. Chemical composition of urban waste leachate and compost effects on soil and plant. MSc. Thesis, College of Agriculture, Esfahan Polytechnic University.
31. O'Brien, T., S. J. Herbert and A.V. Barker. 2002. Growth of corn in varying mixtures of paper mill sludge and soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33: 635–646.
32. Razavi Toosi , A . 2000. Interaction effects of compost, compost leachate and Mn on growth and chemical composition of spinach and rice seedling. MSc. Thesis, College of Agriculture, Shiraz University, Iran.
33. Speir, T. W., J. Horswell, A. P. van Schaik, R. G. McLaren and G. Fietje. 2004. Composted biosolids enhance fertility of a sandy loam soil under dairy pasture. Biol Fertil Soils 40: 349–58.
34. Sposito, G., L. J. Lund and A. C. Chang. 1982. Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge, I.:Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46: 260-264.
35. U.S. Environmental Protection Agency. 1993. Clean water act. section 503. Vol.58, No. 32, USEPA. Washington, DC.
36. Weber, J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, S. Licznar, E. Jamroz and A. Kocowicz. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. Soil Biol. Biochem. 39: 1294–1302.
37. WHO. 2006. Guidelines for Drinking- water Quality, 1st Addendum to the 3rd ed., Vol. 1: Recommendations, World Health Organization, Geneva.
38. Zheljazkov, V. D. and P. R. Warman. 2004b. Phytoavailability and fractionation of copper, manganese, and zinc in soil following application of two composts to four crops. Environ. Pollut. 131:187–95.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.56.11.1]