اثر لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر ویژگی‌های خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای

جواد زمانی باب‌گهری[۱]، مجید افیونی[۱*]، امیرحسین خوشگفتارمنش[۱] و حمیدرضا عشقی زاده[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۸/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۲/۱۹)

چکیده

مدیریت و استفاده از پسماندهای آلی صنعتی، کشاورزی و شهری در زمین‌های کشاورزی ضمن کاهش خطرات زیست محیطی، افزایش بهره‌وری آنها را در پی دارد. به‌همین منظور این پژوهش با هدف ارزیابی و مقایسه تأثیر لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر ویژگی‌های خاک و رشد و عملکرد هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ ذرت دانه‌ای انجام شد. تیمارهای مورد استفاده، شامل لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، کمپوست زباله شهری، کود گاوی هر کدام در دو سطح (۱۵ و ۴۵ تن در هکتار) و تیمار شاهد (بدون کاربرد پسماند آلی) بودند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد اجرا شد. تیمارها قبل از کشت ذرت در سوم تیر ماه ۱۳۸۷ به خاک اضافه و نمونه‌برداری از خاک بعد از گذشت ۱۳۲ روز و در زمان برداشت ذرت انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد این پسماندها سبب بهبود ویژگی‌های خاک از لحاظ مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، جرم مخصوص ظاهری شد، اما لجن فاضلاب باعث کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک شد. هم‌چنین با کاربرد پسماندهای آلی، عملکرد ذرت و اجزای آن افزایش یافت، به طوری که شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به طور معنی‌داری افزایش پیدا کردند.

واژه‌های کلیدی: پسماندهای آلی، لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، ویژگی‌های خاک، عملکرد ذرت دانه‌ای، هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

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

۲. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: afyuni@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

مقدمه

تولید انبوه پسماندهای آلی در فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و شهری، فشار بسیار زیادی بر محل دفع این پسماندها آورده و پیامدهای مشکل‌ساز کوتاه و بلندمدتی را برای سلامت محیط زیست ایجاد کرده است. برای افزایش مقدار ماده آلی خاک، لازم است از همه منابع آلی مانند ضایعات کشاورزی، فاضلاب‌ها و مواد زائد شهری استفاده شود، تا ضمن افزایش تولیدات زراعی، توسعه پایدار در کشاورزی ممکن شود (۶). توجه به محیط زیست و از آن جمله مواد زائد جامد، مسأله‌ای است که در سال‌های اخیر مورد توجه جهانیان قرار گرفته است. این ترکیبات، علاوه بر مواد آلی، معمولاً سرشار از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌ویژه نیتروژن و فسفر بوده (۳۱) و باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، مانند تخلخل، پایداری خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری، اسیدیته، غلظت عناصر غذایی، مقدار ماده آلی و فعالیت موجودات زنده خاک می‌شوند (۲۰ و ۳۷).

حجتی و همکاران (۴) گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب به خاک سبب افزایش مقدار ماده آلی خاک شد و افزایش در مقدار و دفعات کاربرد لجن فاضلاب، باعث افزایش مقدار ماده آلی در مقایسه با شاهد شد. به‌طور کلی کاربرد پسماندهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک و بهبود ساختمان خاک می‌شود که این موضوع باعث بالا رفتن هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌شود. اپستین (۱۷) گزارش کرد، با افزودن ۵ درصد وزنی لجن فاضلاب به خاکی با بافت لوم سیلتی، هدایت هیدرولیکی اشباع پس از ۲۷ روز خوابانیدن (Incubation) افزایش یافت، اما پس از ۷۹ روز دوباره کاهش یافت و به مقدار شاهد رسید. پسماندهای آلی با دارا بودن عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف، می‌توانند سبب افزایش حاصل‌خیزی خاک شوند. در این رابطه ونگ و همکاران (۳۵) گزارش کردند که کاربرد لجن فاضلاب سبب افزایش غلظت عناصر نیتروژن و فسفر در خاک شد. در مطالعه‌ای دیگر تاراسون و همکاران (۳۲) نیز با بررسی کاربرد پسماندهای آلی مختلف بر قابلیت دسترسی نیتروژن در خاک، گزارش کردند که افزودن پسماندهای آلی به خاک باعث افزایش نیتروژن خاک شد. هم‌چنین آنها مشاهده کردند که بیشترین غلظت نیتروژن خاک مربوط به سه هفته اول بعد از اضافه کردن لجن فاضلاب بود.

افزایش مقدار ماده آلی و عناصر غذایی خاک تحت تأثیرکاربرد پسماندهای آلی با اثر بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، تغذیه‌ای و زیستی خاک، می‌تواند سبب افزایش رشد گیاهان نیز شود. آلزوبی و همکاران (۱۳) با بررسی اثر لجن فاضلاب بر عملکرد گندم، ذرت و نخود در یک مطالعه مزرعه‌ای، گزارش کردند که کاربرد لجن فاضلاب تأثیری بر عملکرد گندم نداشت، اما عملکرد ذرت و نخود را در مقایسه با شاهد افزایش داد. قَسیم و همکاران (۳۰) نیز تأثیرسطوح مختلف لجن فاضلاب شهری را بر عملکرد گیاه ذرت در پاکستان مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که بیشترین سطح برگ، طول گیاه و طول ریشه در تیمار ۲۰ تن در هکتار به دست آمد و افزایش سطح کاربرد لجن فاضلاب سبب کاهش این صفات شد. چیتدیشواری و همکاران (۱۵) نیز با مطالعه تأثیرسطوح مختلف لجن فاضلاب کمپوست شده بر عملکرد ذرت، تاج خروس، گل کروساندرا و لوبیا چشم بلبلی در یک آزمایش گلخانه‌ای، مشاهده کردند که مصرف لجن فاضلاب کمپوست شده باعث افزایش عملکرد در تمامی گیاهان مورد مطالعه شد.

استفاده از پسماندهای آلی در زمین‌های کشاورزی، بهترین و مناسب‌ترین روش برای دفع این مواد از محیط زیست می‌باشد (۲۸)، اما متأسفانه قیمت پایین و راحتی مصرف کودهای شیمیایی، مانع استفاده وسیع از منابع آلی در بخش کشاورزی شده است. امروزه حفظ حاصل‌خیزی خاک، عمدتاً توسط کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد (۱۱). مصرف زیاد کودهای شیمیایی به همراه روش‌های نامناسب کشت و کار، مانند آتش زدن کاه و کلش، مقدار ماده آلی خاک را کاهش داده که خطر از بین رفتن این خاک‌ها را به همراه خواهد داشت

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

(۳۷). قسمت عمده کشور ما دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و عدم وجود پوشش گیاهی کافی، سبب بازگشت مقدار کم بقایای گیاهی به خاک و در نتیجه کمبود مواد آلی آن شده است، به طوری که اغلب خاک‌های کشور دارای کمتر از یک درصد ماده آلی هستند (۳). از طرف دیگر با توجه به محدود بودن منابع دامی، تحقیق پیرامون استفاده از منابع آلی دیگر مانند لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری ضروری است (۱۹).

بنابراین با توجه به کمبود مواد آلی و شرایط نامطلوب در اکثر مناطق کشور، اگر مطالعات لازم روی پسماندهای آلی تولید شده در کشور انجام شود، می‌توان از آنها به عنوان یک اصلاح‌کننده مناسب و ارزان در زمین‌های کشاورزی استفاده کرد. مطالعات متعددی در جهان بر روی لجن فاضلاب شهری و تأثیرآن‌ها بر ویژگی‌های خاک و عملکرد گیاه انجام شده است، اما توجه کمتری به تأثیرکاربرد لجن فاضلاب صنعتی بر ویژگی‌های خاک و عملکرد گیاه و نیز مقایسه آن با پسماندهای آلی دیگر مانند کمپوست زباله شهری و کود گاوی شده است. به‌همین منظور این پژوهش با هدف بررسی تأثیر لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل بر برخی ویژگی‌های خاک و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در مقایسه با کمپوست زباله شهری و کود گاوی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد (۴۰ کیلومتری جنوب غرب اصفهان (´۳۲ °۳۲ شمالی و ´۲۳ °۵۱ شرقی) و ارتفاع ۱۶۳۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. میانگین دمای شبانه‌روزی در طول دوره رشد گیاه حدود ۲۷ درجه سلسیوس بود و بارندگی در این دوره اتفاق نیفتاد (۱). میانگین چند ساله بارش و دمای هوا در این منطقه به‌ترتیب حدود ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴/۵ درجه سلسیوس در سال است (۴) که نزولات عمدتاً در اواخر پاییز، زمستان و اوایل بهار اتفاق می‌افتد (۱).

بافت خاک در این منطقه لوم رسی سیلتی و pH خاک برابر ۸/۵ (در محدوده pH خاک‌های آهکی) است. قابلیت هدایت الکتریکی خاک ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر و درصد ماده آلی در این منطقه ۰/۰۳±۱/۲ درصد بود. خاک منطقه از لحاظ رده‌بندی جز فامیل فاین لومی، میکسد، ترمیک، تیپیک، هاپل آرجید (Fine-Loamy, Mixed, Thermic, Typic, Haplargids) و سری خاک خمینی شهر است (۳). جدول ۱ برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

در این مطالعه بافت خاک به روش پیپت (۱۸)، جرم مخصوص ظاهری در نمونه دست‌نخورده (۲۲)، هدایت هیدرولیکی اشباع به روش آزمایشگاهی بار ثابت (۸)، pH و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع (۵)، مواد آلی به‌روش اکسایش تر والکی – بلک (۲۵)، مقدار آهک خاک با تیتراسیون اسید باقی‌مانده با سود ۰/۵ نرمال (۵)، نیتروژن کل به روش کلدال (۲۱) و غلظت عناصر کم‌مصرف در خاک به‌روش عصاره‌گیری با DTPA (۲۳) و با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

پسماندهای آلی مورد مطالعه در این پژوهش شامل لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بودند. لجن فاضلاب مورد استفاده از کارخانه پلی‌اکریل اصفهان واقع در کیلومتر ۴۵ جاده اصفهان – مبارکه تهیه شد. این کارخانه بزرگترین تولیدکننده نخ، الیاف پلی استر و الیاف اکریلیک در ایران می‌باشد که در هر ساعت حدود ۱۳۰ مترمکعب فاضلاب تولید می‌کند. لجن حاصل از این پساب روزانه ۱ تن است. لجن فاضلاب این کارخانه از نوع لجن هضم شده بود و به صورت هواخشک استفاده شد. کمپوست زباله شهری از کارخانه کمپوست‌سازی اصفهان واقع در گردنه زینل و کود گاوی مورد استفاده که به‌صورت کاملاً پوسیده بود، از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه شد.

جدول ۲ برخی از ویژگی‌های کودهای آلی مورد مطالعه را

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

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

ویژگی	واحد	مقدار
شن	درصد	۱۵
سیلت	"	۴۸
رس	"	۳۷
ماده آلی	"	۱/۲
آهک معادل	"	۴۲/۵
pH	---	۸/۵
EC	$dS\ m^{-1}$	۱/۵
نیتروژن کل	درصد	۰/۰۵۷
آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱۱/۱۵
روی قابل عصاره‌گیری با DTPA	"	۱/۵۴
مس قابل عصاره‌گیری با DTPA	"	۱/۷۵
منگنز قابل عصاره‌گیری با DTPA	"	۲۳/۶۳
نسبت کربن به نیتروژن	---	۲۰/۹

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های پسماندهای آلی مورد مطالعه

ویژگی	ماده آلی	نیتروژن کل	EC	pH	غلظت کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)							نسبت کربن به نیتروژن
	درصد		$dS\ m^{-1}$		Fe	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb	Co	Cr	
لجن فاضلاب	۲۸/۸	۷/۴۵	۱۸/۳	۷/۳	۹۱۲۵	۳۸۸	۷۴	۱۰۲۴	۱/۵	۰/۴	۵/۰	۴۹/۴	۳/۹
کمپوست	۴۷/۵	۱/۷۹	۱۵/۸	۷/۵	۵۸۷۵	۳۸۱	۲۳۵	۹۰۰	۳/۰	۰/۸	۳/۱	۱۰۹/۱	۲۶/۶
کود گاوی	۳۱/۶	۱/۴۸	۱۹/۸	۷/۵	۶۸۵۰	۱۳۲	۳۴	۱۱۰۰	۰/۲	۰/۷۱	۴/۹	۳۵/۸	۲۱/۳

نشان می‌دهد. غلظت کل فلزات سنگین در کودهای آلی به‌روش خاک‌ستر خشک با اسید کلریدریک ۲ نرمال (۵) و pH در عصاره ۱:۲ (آب:کود آلی) اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه کودهای آلی و مقایسه آن با استانداردهای جهانی (۳۳) به‌نظر می‌رسد این ترکیبات از لحاظ pH و مقدار عناصر موجود، برای رشد گیاه محدودکننده نباشند. بالا بودن غلظت برخی عناصر غذایی در این ترکیبات، به‌ویژه در لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، یک عامل مهم در بررسی کاربرد این ترکیبات به‌عنوان کود در کشت ذرت و هم‌چنین ایجاد شرایط تغذیه‌ای مناسب برای این گیاه محسوب می‌شود. از دیگر ویژگی‌های مهم لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، پایین بودن نسبت کربن به نیتروژن می‌باشد.

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای مورد بررسی شامل لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی هر کدام در دو سطح ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار و تیمار شاهد بود که در مجموع ۲۱ کرت آزمایشی را شامل شد.

مساحت کرت‌های آزمایشی در این پژوهش ۳۶ متر مربع (۶×۶) بود. در سوم تیرماه سال ۱۳۸۷، کودهای هوا خشک شده، بعد از پخش شدن بر روی سطح خاک تا عمق ۲۰

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

سانتی‌متری کاملاً با خاک مخلوط شدند. به منظور یکسان بودن شرایط، در تیمار شاهد نیز، خاک تا عمق ۲۰ سانتی‌متری به طور مشابه کاملاً زیر و رو شد. قطعه زمین مورد مطالعه، پیش از کاشت در زمستان ۱۳۸۶ توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و در اوایل بهار ۱۳۸۷ نیز به‌منظور خرد کردن کلوخه‌ها از دو دیسک عمود بر هم استفاده شد. پس از تسطیح و کرت‌بندی، بذرهای ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ (*Zea Mays* L.)، که رقم رایج کشت شده در منطقه است، در عمق حدود ۳ سانتی‌متری خاک کشت شد. فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله کاشت در هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. در هر کرت تعداد هفت ردیف وجود داشت و هر کرت با فاصله یک متر از کرت کناری و با فاصله سه متر از بلوک کناری جدا شد. در مرحله ۴ برگی تعداد بوته‌ها در هر محل به یک بوته کاهش داده شد. در طی فصل رشد، عملیات آبیاری و وجین علف‌های هرز به‌طور یکسان در تمام کرت‌ها انجام گرفت. برداشت گیاهان بعد از گذشت ۱۳۲ روز در آبان ماه ۱۳۸۷ انجام شد.

برای تعیین شاخص سطح برگ (LAI) و ارتفاع گیاه در زمان ظهور گل آذین نر که بیشترین سطح برگ وجود دارد، پنج بوته در هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و و شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شد. برای تعیین ارتفاع گیاه، طول گیاه تا زیر گل تاجی اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین سطح برگ هر بوته (*LA*)، طول برگ و عرض پهن‌ترین قسمت برگ اندازه‌گیری و مساحت برگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۱۰):

$$LA = \sum_{i=1}^{n} (Length_i \times Width_i \times 0/75) \qquad [1]$$

n در این معادله تعداد برگ‌های موجود در هر بوته می‌باشد. بعد از تعیین مساحت برگ، شاخص سطح برگ از نسبت سطح برگ هر بوته (*LA*) به سطح زمینی که توسط آن اشغال شده بود (*GA*) محاسبه شد (۱۰):

$$LAI = \frac{LA}{GA} \qquad [2]$$

در پایان فصل رشد بعد از حذف دو ردیف کناری، سطحی معادل ۲ متر مربع برداشت شد. برای تعیین عملکرد دانه و شاخساره، بوته‌ها در گرم‌خانه (آون) در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا زمان رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. عملکرد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک بعد از خشک شدن کامل بوته‌ها اندازه‌گیری شد.

به‌منظور بررسی کودهای آلی به‌عنوان اصلاح‌کننده ویژگی‌های خاک، تأثیراین کودها بر اسیدیته خاک (pH)، نیتروژن کل، مقدار ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک نیز مورد مطالعه قرار گرفت. به همین منظور، پنج نمونه به‌طور تصادفی از پنج قسمت کرت‌های آزمایشی از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشت و بعد از مخلوط کردن، یک نمونه ترکیبی حدود ۲ کیلوگرم گرفته و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه، هواخشک و به‌منظور انجام آزمایش‌های شیمیایی با چکش چوبی خرد و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. هم‌چنین برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، نمونه‌هایی دست‌نخورده در سه تکرار از قسمت‌های مختلف کرت‌های آزمایشی توسط سیلندرهای مخصوص به قطر ۷/۹۵ و ارتفاع ۷/۰۲ سانتی‌متر برداشت شد.

در پایان آزمایش، تأثیراستفاده از پسماندهای آلی بر روی صفات مورد مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار «SAS» مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بعد از این‌که معنی‌دار بودن پارامترها مشخص شد، میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. هم‌بستگی بین نتایج توسط نرم‌افزار «SPSS» انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک

الف) اسیدیته خاک (pH)

برجسته‌ترین ویژگی شیمیایی خاک، pH آن می‌باشد. بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی خاک و به دنبال آن رشد گیاه و فعالیت موجودات زنده خاک و هم‌چنین قابلیت دسترسی عناصر غذایی

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

مورد نیاز گیاه، به pH خاک بستگی دارد (۹ و ۲۰). pH خاک تحت تأثیر کاربرد پسماندهای آلی کاهش یافت، اما این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار (درسطح ۵ درصد) نبود (جدول ۳). بیشترین کاهش در اسیدیته، در کرت‌هایی که ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب دریافت کرده بودند مشاهده شد. این موضوع می‌تواند از وجود اسیدهای آلی و ترکیبات اسیدزا در لجن فاضلاب حاصل شده باشد (۲۰). کاربرد ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب توانست اسیدیته خاک را ۱/۸ درصد در مقایسه با شاهد کاهش دهد اما تفاوت حاصله معنی‌دار نبود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل می‌تواند با کاهش pH خاک سبب افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی و در نتیجه افزایش حاصل‌خیزی خاک شود.

کاهش اسیدیته خاک در اثر افزودن پسماندهای آلی به زمین‌های کشاورزی توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است. در این رابطه اپستین (۱۹۷۵) با بررسی اثر لجن فاضلاب بر ویژگی‌های خاک گزارش کرد که کاربرد لجن فاضلاب سبب کاهش اسیدیته خاک شد (۱۷). همچنین نیلسون و همکاران (۱۹۹۸) کاهش pH خاک را در اثر افزودن پسماندهای آلی به خاک گزارش کردند (۲۶).

ب) نیتروژن کل

افزودن پسماندهای آلی مورد مطالعه به خاک سبب افزایش معنی‌دار نیتروژن کل خاک شده است (جدول ۳). افزایش نیتروژن کل خاک در اثر افزودن پسماندهای آلی به خاک به دلیل وجود نیتروژن زیاد در پسماندها بود. در این پژوهش بیشترین مقدار نیتروژن در کرت‌هایی که ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب دریافت کرده بود، مشاهده شد. کاربرد ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب به ترتیب سبب افزایش ۶۴ و ۱۰۷ درصدی نیتروژن کل در مقایسه با شاهد شد. وجود مقدار زیاد نیتروژن در لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل (۷/۴۵ درصد)، باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن، در کرت‌هایی که ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب دریافت کرده بودند، در مقایسه با دیگر تیمارها نیز شد (جدول ۳). کمپوست زباله شهری و کود گاوی در مقایسه با لجن فاضلاب، نیتروژن کل را به مقدار کمتری افزایش دادند. به طوری که افزایش نیتروژن کل در اثر افزودن کمپوست و کود گاوی در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود. دلیل عدم افزایش معنی‌دار مقدار نیتروژن کل در کرت‌های تیمار شده با کمپوست و کود گاوی را می‌توان ناشی از کمتر بودن مقدار نیتروژن این ترکیبات در مقایسه با لجن فاضلاب (جدول ۲) و نیز تجزیه ترکیبات آلی این مواد در طول دوره رشد گیاه دانست. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل با داشتن نیتروژن بیشتر در مقایسه با کمپوست زباله شهری و کود گاوی، می‌تواند به‌عنوان یک کود مناسب و ارزان برای تأمین نیتروژن در کشت ذرت مورد استفاده قرار گیرد.

مطالعات زیادی افزایش نیتروژن کل را در اثر کاربرد پسماندهای آلی در زمین‌های زراعی نشان داده‌اند (۲۴ و ۳۲).

ج) ماده آلی خاک

جدول ۳ تأثیرپسماندهای آلی مورد مطالعه را بر مقدار ماده آلی خاک نشان می‌دهد. افزودن پسماندهای آلی به خاک باعث افزایش معنی‌دار مقدار ماده آلی در خاک کرت‌ها در مقایسه با شاهد شد. لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل سبب افزایش معنی‌دار ماده آلی خاک در هر دو سطح ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار (به‌ترتیب برابر ۴/۸ و ۹/۵ درصد) در مقایسه با شاهد شد. اما تأثیرتیمارهای کمپوست زباله شهری و کود گاوی در افزایش ماده آلی خاک بیشتر بود و از این لحاظ بیشترین مقدار افزایش مربوط به تیمارهای ۴۵ تن در هکتار کودگاوی و کمپوست زباله شهری بود. مواد آلی به دلیل اثر سازنده‌ای که بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و حاصل‌خیزی خاک دارند، به‌عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده‌اند. تحقیقات مختلف نیز نشان می‌دهند که پسماندهای آلی به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد ترکیبات آلی می‌توانند نقش به‌سزایی در تأمین ماده آلی خاک و نیز کاهش زیان‌های ناشی از کمبود این مواد در خاک، داشته باشند (۴، ۱۶ و ۲۱).

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

جدول ۳. تأثیر پسماندهای آلی بر ویژگی‌های خاک

تیمار[†]	pH	نیتروژن کل	ماده آلی	جرم مخصوص ظاهری	هدایت هیدرولیکی اشباع
		درصد		$g\ cm^{-3}$	$cm\ h^{-1}$
شاهد	۸/۶۴±۰/۰۱^{a‡}	۰/۰۵۶±۰/۰۰۴^{c}	۱/۲۰±۰/۰۱^{c}	۱/۳۶±۰/۰۳^{a}	۱/۸۲±۰/۴۲^{cd}
PSS1	۸/۵۳±۰/۰۳^{a}	۰/۰۹۲±۰/۰۴۰^{bc}	۱/۲۶±۰/۰۱^{b}	۱/۳۴±۰/۰۱^{ab}	۱/۵۷±۰/۲۶^{de}
PSS2	۸/۴۹ ±۰/۰۹^{a}	۰/۱۱۶±۰/۰۲۰^{a}	۱/۳۱±۰/۰۴^{b}	۱/۳۰±۰/۰۱^{cd}	۱/۰۶±۰/۱۱^{e}
HC1	۸/۵۵ ±۰/۰۹^{a}	۰/۰۶۱±۰/۰۰۶^{c}	۱/۲۸±۰/۰۳^{b}	۱/۳۲±۰/۰۱^{bc}	۱/۸۷±۰/۱۵^{cd}
HC2	۸/۵۴ ±۰/۰۴^{a}	۰/۰۷۲±۰/۰۰۶^{bc}	۱/۴۰±۰/۰۵^{a}	۱/۲۶±۰/۰۲^{d}	۲/۷۱±۰/۳۱^{b}
CM1	۸/۵۷ ±۰/۰۴^{a}	۰/۰۶۱±۰/۰۰۶^{c}	۱/۳۱±۰/۰۲^{b}	۱/۳۱±۰/۰۱^{bc}	۲/۲۱±۰/۳۴^{bc}
CM2	۸/۵۴ ±۰/۰۱^{a}	۰/۰۸۰±۰/۰۱۰^{bc}	۱/۴۱±۰/۰۴^{a}	۱/۳۰±۰/۰۳^{cd}	۳/۴۸±۰/۵۴^{a}

[†] PSS1: ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، PSS2: ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، HC1: ۱۵ تن در هکتار کمپوست، HC2: ۴۵ تن در هکتار کمپوست، CM1: ۱۵ تن در هکتار کود گاوی و CM2: ۴۵ تن در هکتار کودگاوی.

‡ – مقادیر دارای حروف مشابه در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

د) جرم مخصوص ظاهری

افزودن پسماندهای آلی به خاک سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شد (جدول ۳). لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، جرم مخصوص ظاهری خاک را در هر دو سطح ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار کاهش داد. اما این کاهش تنها در تیمار ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب معنی‌دار بود. کمپوست زباله شهری و کود گاوی در مقایسه با لجن فاضلاب توانایی بیشتری در کاهش جرم مخصوص ظاهری نشان دادند. کمترین مقدار جرم مخصوص ظاهری در کرت‌هایی که ۴۵ تن در هکتار کمپوست دریافت کرده بودند، مشاهده شد. علت کاهش جرم مخصوص ظاهری در اثر کاربرد پسماندهای آلی، جرم حجمی کمتر این مواد نسبت به خاک و اثر رقیق کنندگی این ترکیبات بود (۳). این نتایج، بیانگر بهبود شرایط رشد ریشه‌های ذرت بعد از افزودن پسماندهای آلی می‌باشد (۱۲). در پژوهش‌های متعدد، کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر افزودن پسماندهای آلی به خاک گزارش شده است (۳ و ۲۰).

هـ) هدایت هیدرولیکی اشباع

از لحاظ هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود داشت (جدول ۳). نکته قابل توجه در این مورد، کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع در اثر افزودن لجن فاضلاب به خاک بود. با افزایش مقدار کاربرد لجن فاضلاب از ۱۵ تن به ۴۵ تن در هکتار این کاهش بیشتر دیده شد (جدول ۳). هدایت هیدرولیکی خاک به مقدار زیادی به اندازه خلل و فرج خاک بستگی دارد (۱۲). کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌تواند به دلیل مسدود شدن خلل و فرج ریز خاک در اثر کاربرد لجن فاضلاب، حاصل شده باشد (۲۹). این موضوع یک عامل منفی در استفاده از لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک محسوب می‌شود. کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع در اثر افزودن پسماندهای آلی توسط بهره‌مند (۲) به نقل از آلیسون و جانسون نیز گزارش شده است. در مقایسه با لجن فاضلاب، تیمارهای کمپوست و کود گاوی هدایت هیدرولیکی اشباع را افزایش دادند. بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع در کرت‌هایی که ۴۵ تن در هکتار کود گاوی دریافت کرده بودند، مشاهده شد (۹۱ درصد افزایش نسبت به شاهد). افزایش ماده آلی خاک در پی افزودن کمپوست و کود گاوی به خاک، تأثیر مثبتی بر خاکدانه‌سازی خاک دارد و باعث افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌شود (۲۷). پژوهشگران زیادی افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع را بعد از کاربرد پسماندهای آلی گزارش کردند (۳ و ۱۷).

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

الف) شاخص سطح برگ

کاربرد ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب باعث افزایش معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) شاخص سطح برگ شد و افزایش سطح کاربرد لجن فاضلاب از ۱۵ تن به ۴۵ تن در هکتار، شاخص سطح برگ را به مقدار کمتری افزایش داد که این افزایش در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود. تأثیرکاربرد ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب بر افزایش سطح برگ ذرت بیش از کمپوست در هر دو سطح ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار بود. بیشترین سطح برگ در کرت‌هایی که با ۱۵ تن در هکتار کود گاوی تیمار شده بودند دیده شد.

به نظر می‌رسد که مقدار زیاد نیتروژن در لجن فاضلاب (جدول ۲) باعث افزایش دسترسی گیاه به این عنصر و در نتیجه افزایش فتوسنتز و به دنبال آن افزایش سطح برگ شده است (۱۴). افزایش کمتر سطح برگ در تیمار ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب ممکن است به دلیل اختلال در هدایت هیدرولیکی اشباع خاک باشد (جدول ۳).

با توجه به هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص سطح برگ با عملکرد دانه ($r=0/48^{*}$) و وزن هزار دانه ($r=0/51^{*}$)، این طور استنباط می‌شود که بخش قابل ملاحظه‌ای از تغییرات عملکرد دانه و وزن هزار دانه ذرت، ناشی از تغییرات سطح برگ گیاه می‌باشد (جدول ۵).

ب) ارتفاع گیاه

لجن فاضلاب سبب افزایش ارتفاع گیاه در هر دو تیمار ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار شد، ولی این افزایش تنها در تیمار ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب معنی‌دار بود (جدول ۴). لجن فاضلاب در مقایسه با کمپوست و کود گاوی ارتفاع گیاه را به مقدار کمتری افزایش داد. بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به کرت‌هایی بود که ۴۵ تن در هکتار کمپوست دریافت کرده بودند. کمپوست زباله شهری با بهبود شرایط فیزیکی خاک (جدول ۳) و هم‌چنین دارا بودن شرایط تغذیه‌ای مناسب برای گیاه ذرت (جدول ۲)، ارتفاع گیاه را در مقایسه با دیگر تیمارها بیشتر افزایش داد. کاربرد ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست به ترتیب ارتفاع گیاه را ۳/۸ و ۸/۴ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد.

نتایج هم‌بستگی بین اجزای عملکرد ذرت نشان داد که ارتفاع گیاه، هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه ($r=0/46^{*}$) داشت (جدول ۵). مشاهدات مزرعه‌ای نیز نشان داد که بوته‌های ذرت در کرت‌هایی که کمپوست دریافت کرده بودند در مقایسه با دیگر کرت‌ها بلندتر و قوی‌تر و دارای بلال‌هایی با طول بلندتر و دانه‌های درشت‌تر بودند. به‌نظر می‌رسد بوته‌های بلند با رشد سریع، مواد فتوسنتزی بیشتری تولید نموده و از این رو، اندازه بلال و دانه افزایش یافته و در نتیجه عملکرد دانه بیشتر شده است (۷).

هم‌چنین نتایج هم‌بستگی بین ویژگی‌های خاک و ارتفاع گیاه نشان داد که ارتفاع گیاه با جرم مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی اشباع و ماده آلی خاک هم‌بستگی معنی‌دار داشت (جدول ۵). کاربرد پسماندهای آلی در این پژوهش با افزایش ماده آلی خاک، شرایط فیزیکی خاک را از لحاظ نفوذ ریشه گیاه بهبود داده و سبب افزایش ارتفاع گیاه شده است (۱۲).

ج) عملکرد بیولوژیک

کاربرد لجن فاضلاب عملکرد بیولوژیک را افزایش داد، اما افزایش مقدار کاربرد لجن فاضلاب از ۱۵ تن در هکتار به ۴۵ تن در هکتار سبب کاهش عملکرد بیولوژیک شد، ولی این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه لجن فاضلاب با کمپوست و کود گاوی نشان داد که توانایی لجن فاضلاب در افزایش عملکرد بیولوژیک کمتر از کمپوست و کود گاوی بود. بیشترین عملکرد بیولوژیک با کاربرد ۴۵ تن در هکتار کود گاوی حاصل شد. افزودن ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار کود گاوی به کرت‌های آزمایشی، عملکرد بیولوژیک را به ترتیب بیش از ۵/۸ و ۱۰ تن در هکتار در مقایسه با شاهد افزایش داد. کمپوست

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیرتیمارهای مختلف

تیمار†	شاخص سطح برگ	ارتفاع گیاه (cm)	عملکرد بیولوژیک ($kg\ ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)
شاهد	۵/۵۸±۰/۲۱ ^{b‡}	۲۳۷ ±۳^{d}	۲۳۸۹۶ ±۴۶۳۲^{c}	۲۵۸ ±۹^{b}	۹۸۱۹ ±۴۴۰^{b}
PSS1	۶/۲۳ ±۰/۰۹^{a}	۲۳۸ ±۳^{d}	۳۰۵۴۵ ±۱۰۹۸^{ab}	۲۹۲ ±۲۲^{a}	۱۵۴۹۸ ±۱۰۱۱^{a}
PSS2	۵/۸۷ ±۰/۲۲^{ab}	۲۴۸ ±۱^{c}	۲۸۶۱۰ ±۲۳۲۵^{abc}	۲۹۸ ±۲۶^{a}	۱۴۳۲۷ ±۱۱۷۸^{ab}
HC1	۶/۱۵ ±۰/۱۷^{a}	۲۴۶ ±۲^{c}	۳۳۰۳۴ ±۲۵۲۴^{a}	۳۰۶ ±۲۲^{a}	۱۶۴۱۸ ±۴۷۳^{a}
HC2	۶/۰۹ ±۰/۳۳^{a}	۲۵۷ ±۱^{a}	۳۱۳۷۸ ±۷۷۰۷^{ab}	۲۹۴ ±۱۸^{a}	۱۶۴۲۱ ±۱۱۸۴^{a}
CM1	۶/۲۷ ±۰/۱۴^{a}	۲۴۷ ±۲^{c}	۲۶۴۹۴ ±۶۴۰۷^{bc}	۲۹۴ ±۱۸^{a}	۱۵۰۴۵ ±۲۲۰۵^{a}
CM2	۶/۱۸ ±۰/۱۴^{a}	۲۵۲ ±۱^{b}	۳۴۰۹۶ ±۲۸۰۴^{a}	۳۰۳ ±۱۴^{a}	۱۵۶۸۲ ±۱۴۴۲^{a}

†PSS1: ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، PSS2: ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، HC1: ۱۵ تن در هکتار کمپوست، HC2: ۴۵ تن در هکتار کمپوست، CM1: ۱۵ تن در هکتار کود گاوی و CM2: ۴۵ تن در هکتار کودگاوی.

‡مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۵. نتایج هم‌بستگی بین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارها

	BD ۱	K_s ۲	pH ۳	TN ۴	SOM ۵	SY ۶	PL ۷	LAI ۸	BY ۹	1000SW ۱۰
۱	۱									
۲	-۰/۳۴	۱								
۳	۰/۳۵	۰/۰۵	۱							
۴	-۰/۲۰	-۰/۲۶	-۰/۴۶*	۱						
۵	-۰/۷۲**	-۰/۶۳**	-۰/۵۲*	۰/۱۲	۱					
۶	-۰/۴۶*	۰/۱۷	-۰/۳۱	۰/۰۵	۰/۴۰	۱				
۷	-۰/۸۴**	۰/۵۳*	-۰/۳۰	۰/۰۲	۰/۸۶**	۰/۴۶*	۱			
۸	-۰/۲۹	۰/۲۵	-۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۳۴	۰/۴۸*	۰/۳۰	۱		
۹	-۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۰۴	-۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۸۰**	۰/۲۹	۰/۳۳	۱	
۱۰	-۰/۴۲	۰/۱۲	-۰/۳۳	-۰/۰۶	۰/۴۳*	۰/۷۲**	۰/۴۲	۰/۵۱*	۰/۵۸**	۱

BD: جرم مخصوص ظاهری خاک، K_s: هدایت هیدرولیکی اشباع، pH: اسیدیته خاک، TN: نیتروژن کل، SOM: ماده آلی خاک، SY: عمکرد دانه، PL: طول گیاه، LAI: شاخص سطح برگ، BY: عملکرد بیولوژیک و 1000SW: وزن هزار دانه

*و **: به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد و موارد بدون علامت بدون هم‌بستگی معنی‌دار می‌باشند.

زباله شهری نیز عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با شاهد افزایش داد، اما تیمار ۴۵ تن در هکتار کمپوست مانند لجن فاضلاب عملکرد بیولوژیک را به مقدار کمتری در مقایسه با تیمار ۱۵ تن در هکتار کمپوست افزایش داد. قسیم و همکاران (۳۰) نیز با مطالعه تأثیرلجن فاضلاب بر عملکرد ذرت مشاهده کرد که بیشترین عملکرد در تیمار ۲۰ تن در هکتار وجود داشت و با افزایش سطح کاربرد لجن فاضلاب عملکرد گیاه کاهش یافت.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه و وزن هزار دانه (جدول ۵) نشان‌دهنده آن است که با افزایش رشد رویشی و زایشی، مقدار ماده خشک گیاه افزایش می‌یابد، اما تأثیراجزای زایشی در افزایش ماده خشک نسبت به اجزای رویشی بیشتر بوده است. در این مورد فلاح و همکاران نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (۷).

د) وزن هزار دانه

نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که کاربرد پسماندهای آلی سبب افزایش وزن هزار دانه ذرت در مقایسه با شاهد شد و از این لحاظ تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آلی وجود نداشت (جدول ۴). کاربرد ۱۵ و ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب وزن هزار دانه ذرت را به ترتیب ۱۳/۲ و ۱۵/۵ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. بیشترین مقدار این صفت (۳۰۶ گرم) در کرت‌هایی که ۱۵ تن در هکتار کمپوست به آنها اضافه شده بود، دیده شد. کود گاوی نیز وزن هزار دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد و افزایش سطح کاربرد این تیمار از ۱۵ تن در هکتار به ۴۵ تن در هکتار مانند لجن فاضلاب سبب افزایش وزن هزار دانه ذرت شد، اگر چه این افزایش معنی‌دار نبود. این نتایج نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی نقش مثبتی در پرشدگی دانه‌های ذرت داشته و با آزاد سازی عناصر غذایی در طی دوره رشد، باعث افزایش وزن هزار دانه و در نتیجه عملکرد دانه ذرت شده است (۷).

وزن هزار دانه هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک ($r=0/58^{**}$)، عملکرد دانه ($r=0/72^{**}$) و شاخص سطح برگ ($r=0/51^{*}$) داشت (جدول ۵). افزایش سطح برگ گیاه باعث افزایش تولید مواد فتوسنتری و در نتیجه پرشدگی بیشتر دانه‌ها شده است (۷). هم‌چنین نتایج هم‌بستگی بین ویژگی‌های خاک و وزن هزار دانه نشان داد که هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن هزار دانه و مقدار ماده آلی خاک ($r=0/43^{*}$) وجود داشت.

هـ) عملکرد دانه

تمامی تیمارهای کودی به‌جز تیمار ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کمپوست بود. افزودن ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب نسبت به تیمار ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، عملکرد دانه را به مقدار بیشتری افزایش داد. کاربرد ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، به‌دلیل تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نظیر نیتروژن، آهن، روی، مس و منگنز (جدول ۲) توانست عملکرد دانه ذرت را افزایش دهد. ولی کاربرد سطوح بالاتر لجن فاضلاب احتمالاً به‌دلیل اختلال در هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و در نتیجه اختلال در حرکت آب درون خاک، باعث کاهش عملکرد دانه ذرت در مقایسه با تیمار ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب شد. مطالعات زیادی افزایش عملکرد دانه را در اثر افزودن پسماندهای آلی گزارش کرده است (۱۶ و ۳۶). مقایسه‌های گروهی میانگین عملکرد دانه تحت تأثیرکاربرد پسماندهای آلی نشان داد که بین سه گروه پسماند آلی شامل لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و کود گاوی و نیز سطوح مصرف این پسماندها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶).

نتایج هم‌بستگی بین اجزای عملکرد ذرت نشان داد که عملکرد دانه هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار با شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه داشت (جدول ۵). این موضوع بیانگر آن است که عوامل تأثیرگذار بر این صفات یکسان بوده است و تغییر این عوامل، سبب تغییر این صفات در ذرت خواهد شد. مطالعات زیادی هم‌بستگی مثبت بین عملکرد دانه ذرت و اجزای عملکرد آن را گزارش کرده است (۷ و ۳۴). هم‌چنین عملکرد دانه هم‌بستگی منفی و معنی‌داری با جرم مخصوص ظاهری خاک نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که بخشی از تغییرات عملکرد دانه، ناشی از تغییر در جرم مخصوص ظاهری خاک می‌باشد و کاربرد پسماندهای آلی با کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش حاصل‌خیزی فیزیکی خاک، سبب افزایش عملکرد دانه ذرت شده است.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

جدول ۶. مقایسه‌های گروهی عملکرد دانه و مقادیر SS و احتمال معنی‌دار بودن آنها در بین تیمارهای مختلف

مقایسه	تیمار*							SS مقایسه	احتمال معنی‌داری
	شاهد	PSS1	PSS2	HC1	HC2	CM1	CM2		
۱	+۶	−۱	−۱	−۱	−۱	−۱	−۱	۸۴۸۸۹۷۶۲	۰/۰۰۳۵
۲	+۲	−۱	−۱	۰	۰	۰	۰	۵۱۸۷۷۲۹۸	۰/۰۱۵۸
۳	+۲	۰	۰	−۱	−۱	۰	۰	۸۷۱۲۰۰۰۰	۰/۰۰۳۲
۴	+۲	۰	۰	۰	۰	−۱	−۱	۶۱۴۷۱۸۷۲	۰/۰۰۹۸
۵	۰	−۱	−۱	+۱	+۱	۰	۰	۶۸۱۳۱۴۷	۰/۳۳۶۷
۶	۰	−۱	−۱	۰	۰	+۱	+۱	۶۱۰۲۰۳	۰/۷۷۰۳
۷	۰	۰	۰	+۱	+۱	−۱	−۱	۳۳۴۵۴۰۸	۰/۴۹۷۱
۸	۰	−۱	+۱	۰	۰	۰	۰	۲۰۵۵۶۹۱	۰/۵۹۳۳
۹	۰	۰	۰	−۱	+۱	۰	۰	۲۴	۰/۹۹۸۵
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	−۱	+۱	۶۰۹۲۹۱	۰/۷۷۰۴

PSS1: ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، PSS2: ۴۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، HC1: ۱۵ تن در هکتار کمپوست، HC2: ۴۵ تن در هکتار کمپوست، CM1: ۱۵ تن در هکتار کود گاوی و CM2: ۴۵ تن در هکتار کودگاوی.

نتیجه‌گیری

پسماندهای آلی مورد مطالعه حاوی مقادیر قابل توجه‌ای از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بودند که کاربرد این مواد در زمین‌های کشاورزی می‌تواند در تأمین نیاز گیاهان زراعی مفید باشد. مقایسه پسماندهای آلی مورد مطالعه با استانداردهای موجود نشان داد که این ترکیبات از لحاظ pH و مقدار عناصر موجود، برای رشد گیاه محدودکننده نبودند. کاربرد پسماندهای آلی سبب افزایش معنی‌دار مقدار ماده آلی و نیتروژن کل و نیز کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک شد اما کاهش pH خاک در پی افزودن پسماندهای آلی معنی‌دار نبود. افزودن کمپوست زباله شهری و کود گاوی باعث افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک نیز شد، اما به نظر می‌رسد که کاربرد لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل با مسدود کردن خلل و فرج خاک سبب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک شد.

پسماندهای آلی با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و حاصل‌خیزی خاک توانستند سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه ذرت شوند. کاربرد این مواد سبب افزایش معنی‌دار در شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار داده و عملکرد دانه ذرت شد. مقایسه لجن فاضلاب با کمپوست و کود گاوی نشان داد که توانایی لجن فاضلاب در افزایش رشد و عملکرد گیاه ذرت کمتر بود و تنها کاربرد ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب، توانست شاخص سطح برگ ذرت را در مقایسه با دیگر تیمارها به مقدار بیشتری افزایش دهد که دلیل آن می‌تواند وجود مقدار بیشتر نیتروژن در لجن فاضلاب باشد.

هر چند کاربرد پسماندهای آلی مورد مطالعه سبب بهبود ویژگی‌های خاک و نیز افزایش رشد و عملکرد گیاه ذرت شده است اما با توجه به مراحل تولید این پسماندها، ممکن است کاربرد این مواد در زمین‌های کشاورزی دارای پتانسیل آلودگی‌های زیست محیطی نیز باشد و اضافه کردن مقادیر زیاد از این مواد ممکن است خطر آلودگی زنجیره غذایی انسان را در پی داشته باشد. از این رو با توجه به فواید کاربرد این مواد در زمین‌های کشاورزی، توصیه می‌شود که مطالعات زیست محیطی و بررسی امکان آلودگی این مواد از لحاظ، عناصر سنگین، آلودگی‌های میکروبی و جنبه شوری خاک نیز به‌صورت

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

جداگانه انجام شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله برخود لازم می‌دانیم که از کمک‌های مالی کارخانه پلی‌اکریل در اجرای این پژوهش و هم‌چنین زحمات مسئولین آزمایشگاه گروه خاکشناسی به ویژه جناب آقای مهندس صدر و مسئول بخش کشاورزی مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان جناب آقای مهندس عراقی صمیمانه قدردانی نماییم.

منابع مورد استفاده

۱. آمار هواشناسی شهرستان نجف آباد. استان اصفهان. ۱۳۸۸. پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی کشور. http://www.irimo.ir.

۲. بهرمند، م. ر. ۱۳۷۸. اثرات کوتاه مدت و میان مدت کودهای آلی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی.

۳. بهرمند، م. ر.، م. افیونی، م. ع. حاج‌عباسی و ی. رضایی نژاد. ۱۳۸۱. اثر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶(۴): ۱-۸.

۴. حجتی، س.، ف. نوربخش و ک. خاوازی. ۱۳۸۵. تأثیرلجن فاضلاب بر شاخص بایومس میکروبی خاک، فعالیت آنزیمی و عملکرد گیاه ذرت. مجله علوم خاک و آب ۲۰(۱): ۸۴-۹۳.

۵. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۶. *ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مدیریت بهینه کودی*. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶. زائری، ع. ۱۳۸۰. بررسی اثرات تجمعی و باقیمانده لجن فاضلاب بر حرکت املاح، رطوبت خاک و برخی خواص فیزیکی خاک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۷. فلاح، س.، ا. قلاوند و م. ر. خواجه پور. ۱۳۸۶. تأثیرنحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه (*Zea Mays* L.) در خرم آباد لرستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۰(الف): ۲۳۳-۲۴۳.

۸. کلباسی، م. ۱۳۷۰. *دستورالعمل آزمایشات خاک‌شناسی عمومی*. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۹. مجللی، ح. (مترجم). ۱۳۶۶. *شیمی خاک* (تالیف بوهن. مک نیل و اوکانر). مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۱۰. مجیدیان، م. و ح. غدیری. ۱۳۸۱. تأثیرتنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، بازده استفاده از آب و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۳(۳):۵۲۱-۵۳۳.

۱۱. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۸۳. *حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک "مشکلات و راه حل‌ها"*. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۱۲. نجمائی، م. ۱۳۶۹. *هیدرولوژی مهندسی*. جلد دوم، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

13. Al Zoubi, M. M., A. Arslan, G. Abdelgawad, N. Pejon, M. Tabba and O. Jouzdan. 2008. The effect of sewage sludge on productivity of a crop rotation of wheat, maize and vetch and heavy metals accumulation in soil and plant in Aleppo Governorate. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 3(4):618-625.
14. Bouma, D. 1970. Effects of nitrogen nutrition on leaf expansion and photosynthesis of *Trifolium subterraneum* L. 1. Comparison between different levels of nitrogen supply. Ann. Bot. 34: 1131-1142.
15. Chitdeshwari, T., P. Savithri and S. Mahimairaja. 2002. Effect of sewage biosolid composts on the yield of crops. Ind. J. Environ. Protect. 21(10): 911-912
16. Delgado, M., M. Porcel, R. Miralles de Imperial, M. Beltran, L. Beringola and J. Martin Sanchez. 2002. Sewage sludge compost fertilizer effect on maize yield and soil heavy metal concentration. Rev. Intl. Contam. Ambient. 18(3): 147-150.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]

17. Epstein, E. 1975. Effects of sewage sludge on soil physical properties, J. Environ. Qual. 4: 139-142.
18. Gee. G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. PP.383-412. *In*: Klute, A. (Ed), Method of Soil Analysis. Part 1, 2nd ed., Agron. Monogr., Vol. 9. Agronomy Society of America and Soil Science of America. Madison. WI.
19. Giusquiani, P. L., M. Pagliai, D. Businelli and A. Benetti. 1995. Urban waste compost: Effect on physical, chemical and biological soil properties. J. Environ. Qual. 24: 172-184.
20. Guidi, G., M. Pagliai and M. Giachetti. 1983. Modifications of some physical and chemical soil properties following sludge and compost application. Dordrecht, Netherlands.
21. Kladivko, E. J. and D. W. Nelson. 1979. Changes in soil properties from application on anaerobic sludge. J. Water Pollut. Control Fed. 51: 325-332.
22. Klute, A. 1986. Method of soil analysis. Part 1, Physical and mineralogical methods. Madison, Wisconson, USA.
23. Liang, J. and R. E. Karamanos. 1993. DTPA extractable Fe, Mn, Cu, and Zn. *In*: M. R. Carter (Ed.), Soil Sampling and Methods of Analysis. Lewis Pub., Canadian Society of Soil Science.
24. Martinez, F., C. Cuevas, Teresa, Walter, Iglesias Ingrid. 2002. Urban organic wastes effects on soil chemical properties in degraded ecosystem. In: Seventeenth WCSS, Symposium No. 20. Thailand.
25. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Particle-size analysis. PP.539-577. *In*: Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. (Eds.), Method of Soil Analysis. Part 2, 2nd Ed., Agron. Monograph, Vol. 9. Agronomy Society of America and Soil Science Society of America, Madison, WI.
26. Nielson, G.H., E.J. Hogue, D. Nielson, B.J. Zebarth, 1998. Evaluation of organic wastes as soil amendments for cultivation of carrot and chard on irrigated sandy soils. Can. J. Soil Sci. 78, 217–225.
27. Ojeda, G., J.M. Alcaniz and O. Ortiz. 2003. Runoff and losses by erosion in soils amended with sewage sludge. Land. Degrad. Dev. 14: 563– 573.
28. Ojeda, G., J. M. Alcaniz and Y. L. Bissonnais. 2008. Differences in aggregate stability due to various sewage sludge treatments on a Mediterranean calcareous soil. Agric. Ecosys. and Environ. 125: 48-56.
29. Pidwirny, M. 2006. "Infiltration and soil water storage"/ Fundamentals of Physical Geography, 2nd ed. Date Viewed. http://www.physicalgeography.net/fundamentals/81.html.
30. Qasim, M., J. Naheeda, Himayatullah and M. Subhan. 2001. Effect of sewage sludge on the growth of maize crop. J. of Biol. Sci. 1(2): 52-54.
31. Singh, R. P. and M. Agrawal. 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. Waste Manag. 28: 347-358.
32. Tarrason, D., G. Ojeda, O. Ortiz and J. M. Alcaniz. 2008. Differences on nitrogen availability in soil amended with fresh, composted and thermally - dried sewage aludge. Bioresour. Technol. 99: 252-259.
33. USEPA. 1994. Land Application of sewage sludge: A Guide for land appliers on the requirements of the federal standards for the use or disposal of sewage sludge. EPA/831-B-93-002b. Office of Enforcement and Compliance Assurance. US Environmental Protection Agency. Washington, DC.
34. Willman, M. R., F. E. Below, R. J. Lambert, A. E. Howey and D. W. Mies. 1987. Plant triats related to productivity of maize. I. Genetic variability, environmental variation, and correlation with grain yield stalk lodging. Crop Sci. 27: 1116-1121.
35. Wong, J. W. C., K. M. Lai, M. Fang and K. K. Ma. 1998. Effect of sewage sludge amendment on soil microbial activity and nutrient mineralization. Environ. Intl. 24(8): 935-943.
36. Yagmur, M., D. Kaydan and O. Arvas. 2005. Effects of Sewage Biosolid Application on Seed Protein Ratios, Seed NP Contents, Some Morphological and Yield Characters in Lentil (*Lens culinaris* Medic.). Res. J. Agric. & Biol. Sci. 1(4): 308-314.
37. Yongjie, W. and L. Yangsheng. 2005. Effect of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year fields study. Chemosphere 59: 1257-1265.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.11.0]