اثر ضایعات آلی مختلف و کمپوست آن‌ها بر فراهمی آهن از منبع اکسید آهن و جذب عناصر غذایی و رشد گیاه گندم

الهام خاکزار[۱]، رضا خراسانی[۲*]، اکرم حلاج‌نیا[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱۲/۱۵)

چکیده

آهن از جمله عناصر ضروری برای رشد گیاهان می‌باشد که کمبود آن یکی از مشکلات رایج در خاک‌های آهکی است. از این رو این مطالعه به منظور بررسی اثر مواد آلی مختلف و برهمکنش آن‌ها با پودر اکسید آهن، بر جذب عناصر غذایی و عملکرد گیاه گندم، در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل، با دو فاکتور نوع ماده آلی شامل تفاله‌های لیموترش، غوره، گوجه فرنگی، چای سیاه، قهوه و کمپوست هر یک از آن‌ها در سطح یک درصد وزنی و پودر اکسید آهن در دو سطح صفر و ۵۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک، به صورت کشت گلدانی، در سه تکرار و در خاک آهکی با بافت لوم انجام شد. نتایج نشان داد که وزن خشک اندام هوایی در همه تیمارها به جز تفاله‌های لیمو و قهوه و کمپوست تفاله‌های چای و قهوه به صورت معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین اکثر تیمارها سبب افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن، پتاسیم و آهن نسبت به شاهد شدند. کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی در تمامی صفات، بیشترین تأثیر را داشت؛ به طوری که در مورد جذب سه عنصر نیتروژن، پتاسیم و آهن، این تیمار توانست به طور معنی‌داری میزان جذب عناصر را به ترتیب ۳۶/۱، ۳۹/۷، ۱۴۸/۹ درصد نسبت به کاربرد پودر اکسید آهن به تنهایی افزایش دهد. همچنین مقایسه بین میانگین تفاله‌ها و کمپوست آن‌ها نشان‌دهنده تأثیر بیشتر تفاله‌ها نسبت به کمپوست ها در همه پارامترها به جز وزن خشک اندام هوایی بود. به طور کلی مشخص شد که از میان تمام تیمارهای مورد استفاده، به ترتیب کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی و تفاله غوره و در مورد برهمکنش مواد آلی با پودر اکسید آهن، به ترتیب کمپوست تفاله‌های گوجه‌فرنگی و لیمو، نسبت به سایر تیمارها بهتر عمل کردند و باعث بهبود خصوصیات مختلف خاک و گیاه گندم شدند.

واژه‌های کلیدی: تفاله‌های آلی، ضایعات آهن، کمپوست کردن، گندم، مواد اصلاحی

خاکزار ا.، خراسانی، ر.، حلاج‌نیا ا. ۱۴۰۲. اثر ضایعات آلی مختلف و کمپوست آن‌ها بر فراهمی آهن از منبع اکسید آهن و جذب عناصر غذایی و رشد گیاه گندم. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۱، شماره ۴. صفحه : ۹۵-۱۱۱.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (مکاتبه کننده)
۳- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
*پست الکترونیک: khorasani@um.ac.ir

مقدمه

آهن به عنوان چهارمین عنصر فراوان پوسته زمین، جزء مهم‌ترین عناصر کم مصرف بوده که در حدود ۵ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و برای رشد گیاهان ضروری می‌باشد. همچنین دارای وظایف مهمی در گیاه از جمله ساخت کلروفیل، تعرق، احیاء نیترات، فتوسنتز و به عنوان جزء مهم بسیاری از آنزیم‌های آهن‌دار و کوفاکتورها می‌باشد (Darreh *et al*. 2016 Tandon,1995; Ranjbar Mali). معمولا غلظت کل این عنصر در خاک‌های آهکی به مقدار کفایت وجود دارد، اما به دلیل عواملی همچون وجود آهک و یون کلسیم فراوان، pH بالا و ماده آلی کم، خشکی، کاربرد بیش از اندازه فسفر در خاک، وجود بیکربنات در خاک و آب‌های آبیاری که از خصوصیات مهم خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران محسوب می‌شوند، فقط مقدار کمی از آن برای گیاهان قابل دسترس می‌باشد، که این مسئله می‌تواند منجر به کمبود آهن در گیاهان و به دنبال آن کاهش قابل ملاحظه فعالیت چندین سیستم آنزیمی و ترکیبات گیاهی مانند کاتالاز، سیتوکروم‌اکسیداز و فردوکسین شود (Taghavi *et al*. 2005; Ghorashi *et al*. 2012; Malakouti & Tehrani, 1999). یکی از انواع گیاهانی که به کمبود این عنصر واکنش نشان می‌دهد، گندم می‌باشد. این گیاه به عنوان مهم‌ترین تولید کشاورزی جهان و جزء غلات است و جایگاه ویژه‌ای در الگوی غذایی بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران دارد (Khamadi *et al.* 2014; Evans, 1993). از آن‌جایی که ۳۰ درصد از زمین‌های زیر کشت گندم در ایران از نظر آهن قابل استفاده دارای مشکل هستند، این مسئله می‌تواند علاوه بر کاهش عملکرد این گیاهان باعث کاهش ارزش غذایی دانه و سرانجام بروز سوء تغذیه در انسان شود (Shekari & Abbasi, 2014). یکی از راهکارهای مفید برای کمک به حل مشکل کمبود آهن علاوه بر کودهای رایج آهن، استفاده از ترکیبات مختلف حاوی آهن و ارزان و قابل دسترس نظیر ضایعات و تولیدات جنبی صنایع، نمک‌های معدنی آهن، مواد اسیدی و اسیدزا، و پودر خون به تنهایی و غنی شده با سولفات آهن می‌باشد که بر روی فراهمی آهن تأثیرگذار هستند (Papan & Moezze, 2008). پودر اکسید آهن ضایعاتی یک نمونه از این ترکیبات است که می‌توان برای رفع عارضه کمبود آهن مورد استفاده قرار داد، اما به دلیل این که این ماده همچون دیگر ترکیبات معدنی آهن دارای حلالیت کمی در خاک‌های آهکی است، استفاده تنها از آن تأثیر چندانی بر رفع کمبود این عنصر ندارد، اما اگر در مجاورت ماده آلی که در حال پوسیدن و آزادسازی اسیدهای آلی است (کمپوست شدن) قرار بگیرد، بخشی از آهن و دیگر عناصر موجود در آن از حالت معدنی به آلی تبدیل می‌شود (Papan & Moezze, 2008). ماده آلی به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر فراهمی عناصر کم مصرف تلقی می‌شود، لذا با توجه به وجود کمتر از یک درصد کربن آلی در ۶۰ درصد خاک‌های کشاورزی و همچنین اراضی زیر کشت گندم و وابستگی وضعیت عناصر کم مصرف به این عامل مهم در خاک، ضروری است با انجام اقداماتی در زمینه افزایش ماده آلی خاک و به دنبال آن افزایش فراهمی عناصر کم مصرف به ویژه آهن به رفع مشکل کمبود فراهمی آهن در خاک کمک کرد (Keshavarz *et al*. 2015). از جمله این راهکارها، می‌توان به افزودن ترکیبات آلی اشاره کرد، زیرا افزودن ماده آلی خاک از طریق کاربرد کودهای آلی همچون کودهای حیوانی، کود سبز، کمپوست زباله شهری و ضایعات کشاورزی که با توجه به مسائلی چون محدودیت منابع کودی، روند صعودی رشد جمعیت و مشکلات زیست‌محیطی و بهداشتی، توجه محققین به استفاده بهینه از آن‌ها معطوف شده است (Majzoobi *et al*. 2011)، می‌تواند سبب افزایش خاکدانه‌سازی، و به دنبال آن نفوذپذیری و تهویه خاک و بهبود توسعه ریشه و بازده مصرف آب و همچنین افزایش قابلیت استفاده عناصر کم مصرف شود. در حین تجزیه بقایای گیاهی در خاک، اسیدهای آلی و سایر ترکیبات موجود در آن نظیر الکترون‌ها یا عوامل احیایی دیگر آزاد شده و اسیدهای آلی به دلیل داشتن خاصیت کلات‌کنندگی شدید و با تشکیل کلات‌های محلول و الکترون‌ها یا عوامل احیایی دیگر با کاهش پتانسیل اکسیداسیون و احیا و به دنبال آن افزایش غلظت گونه‌های Fe^{2+}نسبت به گونه‌های Fe^{3+} قابلیت جذب عناصر کم مصرف را افزایش می‌دهند (Giti, 2010; Golchin, 2016; Papan & Moezze, 2008). علاوه بر این، کمپوست ضایعات می‌تواند موجب بهبود کیفیت خاک، افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت نگهداری رطوبت در خاک و در نتیجه کاهش مقدار مصرف آب و بهبود ساختمان خاک شود و مواد غذایی را بهتر در اختیار گیاهان قرار دهد (Pakdaman Sardrood *et al*. 2019). در همین راستا محمدی و همکاران (Mohamadi *et al*. 2021) به منظور غنی‌سازی

کمپوست، از دو ماده ضایعات آهن و خاک فسفات استفاده نموده و تأثیر آن را بر روی گیاه گوجه‌فرنگی و در خاک آهکی بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه، از کاربرد بیشترین سطح به کار رفته از هر یک از مواد مورد نظر در غنی‌سازی کمپوست حاصل شد. همچنین مشخص شد که افزایش سطح غنی‌سازی منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی گردید که این افزایش در مورد ضایعات آهن بیشتر از خاک فسفات بود. اثرات متقابل غنی-سازی همزمان کمپوست نیز باعث افزایش غلظت عناصری همچون فسفر و پتاسیم و آهن در اندام هوایی گیاه شد (Mohamadi *et al.* 2021). مظاهری‌نیا و همکاران (Mazaherinia *et al.* 2010) نیز گزارش کردند که کاربرد اکسید آهن نانو و معمولی همراه با کمپوست گرانوله گوگردی در خاک آهکی، باعث افزایش معنی‌دار غلظت آهن گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد؛ به طوری که تأثیر اکسید آهن نانو نسبت به اکسید آهن معمولی بیشتر بود. در یک مطالعه دیگر، موریکاوا و سیاگوسا (Morikawa & Saigusa, 2011) گزارش کردند که غنی کردن ضایعات برگ چای و قهوه با آهن و روی و استفاده آن‌ها به صورت پخش کود، باعث افزایش مقادیر آهن و روی دانه‌های گیاه برنج شد. جواهری و همکاران (Javaheri *et al.* 2020) نیز گزارش کردند مصرف ورمی کمپوست همراه با نانو اکسید آهن و روی سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن در برگ و میوه گیاه گوجه‌فرنگی شد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر افزودن ضایعات آلی مختلف و کمپوست آن‌ها به دو شکل ساده و غنی شده با پودر اکسید آهن بر حلالیت آهن در خاک، جذب آهن و رشد و نمو گیاه گندم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر مواد آلی مختلف و برهمکنش آن‌ها با پودر اکسید آهن، بر جذب عناصر غذایی و عملکرد گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.)، رقم نودل (*Nudel*)، به صورت کشت گلدانی، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل، که فاکتور اول شامل ۱۰ نوع مواد آلی ضایعاتی شامل تفاله لیمو ترش، تفاله غوره، تفاله گوجه‌فرنگی، تفاله چای سیاه، تفاله قهوه، کمپوست تفاله لیموترش، کمپوست تفاله غوره، کمپوست تفاله گوجه فرنگی، کمپوست تفاله چای سیاه، کمپوست تفاله قهوه به مقدار یک درصد وزنی، به همراه شاهد و فاکتور دوم دارای دو سطح عدم حضور و حضور آهن (صفر و ۵۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک) با ۳ تکرار و در خاک آهکی انجام شد.

تهیه و آنالیز اولیه خاک

خاک مورد مطالعه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری، واقع در منطقه‌ای با طول جغرافیایی ″۵۲/۸ ′۳۱ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ″۲۸/۵ ′۱۸ °۳۶ شمالی در محدوده دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد جمع‌آوری و پس از هوا-خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری جهت تجزیه‌های لازم به آزمایشگاه منتقل گردید و برخی خصوصیات خاک به شرح زیر اندازه‌گیری شدند: تعیین کلاس بافتی خاک به روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986)، pH (واکنش خاک) در گل اشباع به روش توماس (Thomas, 1996) با دستگاه pH متر، مدل (METROHM 632)، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع به روش رودز (Roades,1996) توسط دستگاه EC متر، مدل (JENWAY 4310)، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال (Bremner & Mulvaney, 1982) توسط دستگاه کجلدال، فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن (Olsen & Sommers, 1982) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و پتاسیم قابل استفاده خاک به روش استات آمونیوم (Helmek & Sparks, 1996) توسط دستگاه فلیم فتومتر، کربن آلی به روش بی‌کرومات (Walkley & Black, 1934)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (Leoppert & Suares, 1996)، رطوبت ظرفیت زراعی به روش اشباع از کف و پس از خروج آب ثقلی از خاک اندازه-گیری شد (Alizadeh, 2006). غلظت آهن قابل استفاده در خاک نیز به وسیله عصاره‌گیر DTPA-TEA (0.005 DTPA نرمال، 0.1 TEA نرمال، $CaCl_2$ 0.01 نرمال) طبق روش لیندزی و نورول (Lindsay & Norvell, 1978) و به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل (Shimadzu, AA-670)، اندازه-گیری شد. ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1. Some physicochemical properties of the studied soil

Soil Texture	pH	Electrical Conductivity (EC_e)	Total Nitrogen	Available Phosphorus	Available Potassium	DTPA Extractable Iron (DTPA-Fe)	Calcium Carbonate Equivalent (CCE)	Organic Carbon (OC)	Field Capacity Moisture (FC)
-	-	$dS\ m^{-1}$	%		$mg\ kg^{-1}$			%	
Loam	7.53	0.88	0.05	7.42	136.24	2.07	15.56	0.28	18.00

تهیه و آنالیز مواد آلی مصرفی

ابتدا به منظور آماده‌سازی هر یک از ضایعات آلی مصرفی در این آزمایش، تفاله‌های غوره، لیموترش، گوجه‌فرنگی، چای، قهوه از ضایعات مصارف شهری و خانگی تهیه شد. سپس با توجه به روش سیال و همکاران (Sial *et al.* 2019) ضایعات مورد نظر به مدت یک هفته هواخشک گردید و بعد به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس تفاله‌ها پودر شدند و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. مقداری از تفاله‌ها جهت بررسی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد نظر آن‌ها جداسازی و مورد آزمایش قرار گرفتند (جدول ۲). نیتروژن کل به روش کجلدال مدل (V50 Bakhshi) اندازه‌گیری شد (Bremner & Mulvaney, 1982). برای تهیه عصاره جهت اندازه‌گیری غلظت پتاسیم، فسفر و عنصر کم مصرف آهن از روش هضم خشک استفاده شد (Waling *et al.* 1989). به طوری که پتاسیم عصاره‌ها با دستگاه فلیم‌فتومتر مدل (JENWAY-PFP7) و فسفر عصاره‌ها با روش رنگ‌سنجی (آمونیوم هپتامولیبدات - آمونیوم وانادات در اسید نیتریک) (Estefan *et al.*, 2013) و با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV/Vis Spectrophotometer WPA S2000) و عنصر آهن با دستگاه جذب اتمی مدل (Shimadzu, AA-670) اندازه‌گیری شد. همچنین اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب تفاله‌ها به روش چائو و هانگ (Chau & Huang, 2003) انجام شد که در مورد تفاله‌های غوره، لیموترش، گوجه‌فرنگی، چای و قهوه به ترتیب ۴/۵، ۵/۵، ۶، ۵، ۴/۵ گرم آب بر گرم ماده خشک به دست آمد.

نحوه آماده‌سازی کمپوست‌ها

به منظور ساخت کمپوست تفاله‌ها، مقدار ۳۰۰ گرم از هر تفاله در داخل ظروف پلاستیکی قرار گرفت و به هر یک از نمونه‌ها به میزان ۷۰ درصد ظرفیت نگهداری آن‌ها آب مقطر اضافه شد. در آزمایش مورد نظر دو نوع کمپوست معمولی و غنی شده با آهن ساخته شد که در نمونه‌های غنی شده با آهن با توجه به کاربرد ۳۰۰ گرم تفاله، مقدار ۱/۵۹۶ گرم یا (۰/۵۳ درصد وزنی) پودر اکسید آهن ضایعاتی تهیه شده از یک شرکت تبدیل ضایعات آهن به پودر اکسید آهن (شرکت Froonze stal قرقیزستان) با ۹۳/۷ درصد آهن کل و حاوی ۸۲/۸ درصد Feo و ۹/۳ درصد Fe_2o_3 و ۷/۹ درصد Fe_3o_4به عنوان منبع آهن در ابتدای مرحله کمپوست سازی مورد استفاده قرار گرفت. به منظور ایجاد شرایط هوازی در طی ساخت کمپوست از فویل آلومینیومی استفاده شد که بر روی آن تعدادی سوراخ تعبیه شده بود. سپس این ظرف‌ها پس از توزین به مدت ۹۰ روز در دمای اتاق (۲۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند و نمونه‌ها هر ۱۰ روز یک بار به منظور ایجاد تهویه و تجزیه یکنواخت هم زده می‌شدند و برای ثابت ماندن رطوبت نمونه‌ها، میزان آب مورد نیاز توسط توزین هر ظرف در هر بازدید اضافه می‌شد. سپس خصوصیات شیمیایی مواد آلی اندازه‌گیری شدند (جدول ۲).

آماده‌سازی تیمارها و انجام کاشت گیاه

مقدار پنج کیلوگرم خاک هواخشک شده در هر گلدان ریخته شد. سپس با توجه به کاربرد ۵ نوع تفاله مصرفی و با توجه به داشتن سه تکرار، تعداد ۳۰ گلدان به این ترتیب آماده شد: به ۱۵ گلدان، ۵۰ گرم (یک درصد وزنی) ماده آلی اضافه شد و به ۱۵ گلدان دیگر، علاوه بر این مقدار ماده آلی، ۰/۲۶۶ گرم پودر اکسید آهن اضافه شد. در این آزمایش دو نوع شاهد هر یک با سه تکرار تهیه شد که به هیچ یک ماده آلی اضافه نشد، اما به یک شاهد فقط پودر اکسید آهن اضافه شد. سپس به منظور برقراری تعادل، همه گلدان‌ها به مدت ۹۰ روز در شرایط کنترل شده گلخانه و در رطوبت ظرفیت زراعی نگهداری شدند که این مدت مصادف با زمان آماده سازی کمپوست‌ها (۹۰ روز) بود. همچنین به منظور اعمال تیمار کمپوست نیز ۳۰ گلدان دیگر با شرایط بالا تهیه شد که نیمی از آن‌ها مربوط به کمپوست معمولی و نیمی

دیگر، کمپوست غنی شده با پودر اکسید آهن بود. عناصر مورد نیاز نیز بر اساس آنالیز اولیه خاک، شامل نیتروژن از منبع اوره به میزان ۴۰+۴۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به صورت محلول در ۲ نوبت (ابتدای کشت و ۳۰ روز پس از کشت)، پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به میزان ۷۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک، به خاک اضافه شد. فسفر نیز از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۲۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به خاک اضافه شد و به خوبی مخلوط شدند. پس از کاشت بذر گندم و جوانه‌زنی و استقرار گیاه، تعداد گیاهچه‌ها به ۴ عدد در هر گلدان ۶ کیلوگرمی تنک شد. تمام گلدان‌ها به مدت ۶۵ روز در شرایط گلخانه (با دمای تقریبی ۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰ درصد) و رطوبت ظرفیت زراعی نگهداری شدند و در هنگام برداشت (قبل از ظهور سنبله یا خوشه دهی)، اندام هوایی گندم از محل طوقه جدا شده و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد، سپس وزن خشک اندام هوایی پس از ۴۸ ساعت که در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند نیز تعیین شد، و سپس آسیاب شدند و پودر گیاهی برای هضم نمونه‌ها به روش اکسیداسیون خشک (Waling *et al.* 1989) مورد استفاده قرار گرفت. نیتروژن گیاه توسط دستگاه کجلدال و به روش برمنر و مولوانی (Bremner & Mulvaney, 1982) اندازه‌گیری شد. فسفر کل گیاه به روش رنگ‌سنجی (آمونیوم هپتامولیبدات- آمونیوم وانادات در اسید نیتریک) (Estefan *et al.* 2013) و با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم کل گیاه با دستگاه فلیم فتومتر و مقدار کل عنصر کم مصرف آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. به منظور محاسبه جذب عناصر مورد بررسی نیز از معادله ۱ استفاده شد. در نهایت تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار JMP، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها در محیط Excel انجام شد.

$$U = C \times DW \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، U= جذب عنصر ($mg\ pot^{-1}$)، C = غلظت عنصر ($mg\ kg^{-1}$) وDW= وزن خشک اندام هوایی ($g\ pot^{-1}$) می‌باشد.

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی مواد آلی

Table 2. Some chemical properties of organic matter

		N (%)	P (%)	K (%)	Fe ($mg\ kg^{-1}$)
Pomace	Sour grape	1.48	0.13	1.86	393.70
	Lemon	1.72	0.17	1.62	128.10
	Tomato	2.88	0.22	2.42	210.60
	Tea	3.00	0.15	0.27	1001.00
	Spent coffee grounds	1.88	0.08	0.44	134.00
	Mean	2.19	0.15	1.32	373.48
Ordinary compost	Sour grape	1.47	0.18	2.35	266.80
	Lemon	2.44	0.22	2.17	329.00
	Tomato	3.52	0.41	3.07	332.20
	Tea	3.90	0.17	0.31	890.00
	Spent coffee grounds	2.18	0.07	0.48	112.50
	Mean	2.70	0.21	1.68	386.10
Enriched compost	Sour grape	1.80	0.23	2.38	966.80
	Lemon	2.31	0.15	2.45	1027.50
	Tomato	3.69	0.34	4.13	1020.10
	Tea	3.79	0.19	0.33	952.50
	Spent coffee grounds	1.95	0.09	0.52	876.30
	Mean	2.71	0.20	1.96	968.64

نتایج و بحث

بر اساس جدول (۳) اثر ماده آلی بر روی وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) معنی‌دار شد و در رابطه با کاربرد پودر اکسید آهن و برهمکنش مواد آلی با پودر اکسید آهن بر روی این صفت تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پارامترهای مورد بررسی در گیاه گندم

Table 3. Results of analysis of variance (Mean of squares) of studied parameters in wheat plant

Source of variations	Df	Shoot dry weight	Nitrogen uptake	Phosphorus uptake	Potassium uptake	Iron uptake
Organic matter	10	6.76^{**}	37768.17^{**}	66.48^{**}	61041.71^{**}	9.47^{**}
Iron oxide powder	1	1.34^{ns}	3936.49^{ns}	0.04^{ns}	11464.54^{ns}	0.01^{ns}
Organic matter × Iron oxide owder	10	1.68^{ns}	5713.84^{**}	17.89^{ns}	17259.06^{**}	1.24^{*}
Error	44	1.36	1439.70	13.73	5655.10	0.49
Total	65					
Coefficient of variation		0.13	0.24	0.17	0.21	0.29

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

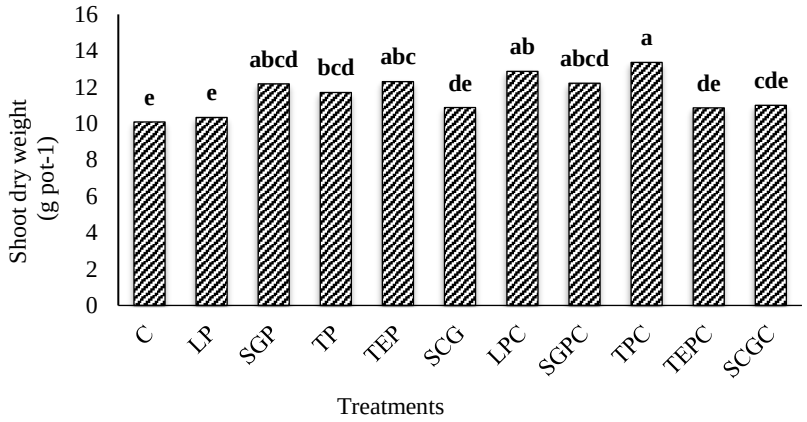
ns, ** and * non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

بررسی اثر تیمارها بر وزن خشک اندام هوایی گیاه گندم

وزن خشک اندام هوایی

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده ها نشان داد که تمامی تیمارها باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شدند که این افزایش فقط در مورد تیمارهای تفاله لیمو، تفاله قهوه و کمپوست تفاله‌های چای و قهوه معنی‌دار نبود. در بین تمام تیمارها کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی با میانگین ۱۳/۴ گرم در گلدان، بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی را به خود اختصاص داد اما با تیمارهای تفاله غوره، تفاله چای، کمپوست تفاله‌های لیمو و غوره تفاوت معنی‌داری نداشت و دارای افزایش ۳۲/۵ درصدی نسبت به شاهد بود. کمترین مقدار میانگین وزن خشک اندام هوایی (۱۰/۱ گرم در گلدان) نیز به تیمار شاهد تعلق داشت که با تیمارهای تفاله‌های لیمو و قهوه و کمپوست تفاله‌های چای و قهوه تفاوت معنی‌داری نداشت. علاوه بر این مقایسه تفاله‌ها و کمپوست آن‌ها به صورت مجزا نشان داد که تأثیر کمپوست تفاله لیمو و گوجه‌فرنگی نسبت به تفاله آن بیشتر بود ولی در مورد چای این روند برعکس بود. همچنین، تأثیر میانگین کمپوست‌ها (۱۲/۱ گرم در گلدان) نسبت به میانگین تفاله‌ها (۱۱/۵ گرم در گلدان) بیشتر بود (شکل ۱).

با توجه به نتایج می‌توان عنوان کرد که بالا بودن سطح عملکرد در خاک‌های تیمار شده با کودهای آلی نسبت به شاهد می‌تواند به علت تامین مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و همچنین بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به علت اثرهای مطلوب مواد آلی باشد (Weber *et al.*, 2007). نتایج تحقیقات حسن‌دخت و همکاران (Hasandokht *et al.*, 2009) در مورد تأثیر دو نوع از کمپوست ضایعات بر روی ویژگی‌های بستر کشت و خصوصیات گیاه کاهو نشان داد که بسترهای کشت دارای هر دو نوع کمپوست، عملکرد بیشتری نسبت به شاهد داشتند. رشد، تجمع ماده خشک و وزن هد در بسترهای اصلاح شده با کمپوست ضایعات چای بیشتر از کمپوست ضایعات پوست درختان بود. نتایج آزمایش میرعرب و همکاران (Mir Arab *et al.*, 2016) نیز نشان‌دهنده تأثیر مطلوب استفاده از کودهای آلی بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه ریحان از جمله افزایش وزن خشک گیاه بود. نتایج کاکابوکی و همکاران (Kakabouki *et al.*, 2020) بر روی گیاه ذرت نشان‌دهنده تأثیرگذاری مثبت کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی بر عملکرد گیاه می‌باشد که با نتایج حاضر مطابقت دارد.



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف بر وزن خشک اندام هوایی گیاه گندم: C **(شاهد)**، LP **(تفاله لیمو)**، SGP **(تفاله غوره)**، TP **(تفاله گوجه فرنگی)**، TEP **(تفاله چای)**، SCG **(تفاله قهوه)**، LPC **(کمپوست تفاله لیمو)**، SGPC **(کمپوست تفاله غوره)**، TPC **(کمپوست تفاله گوجه فرنگی)**، TEPC **(کمپوست تفاله چای)**، SCGC **(کمپوست تفاله قهوه)**

Figure 1. Effect of different treatments on shoot dry weight of wheat: C (Control), LP (Lemon pulp), SGP (Sour grape pomace), TP (Tomato pomace), TEP (Tea pomace), SCG (Spent coffee grounds), LPC (Lemon pomace compost), SGPC (Sour grape pomace compost), TPC (Tomato pomace compost), TEPC (Tea pomace compost), SCGC (Spent coffee grounds compost)

بررسی اثر تیمارها بر جذب عناصر غذایی در گیاه گندم

تجزیه واریانس اثر تیمارها بر جذب سه عنصر غذایی پر مصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عنصر آهن به عنوان عنصری کم مصرف در گیاه گندم نشان داد که اثر ساده مواد آلی بر جذب همه عناصر در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) معنی‌دار بود، اما در مورد کاربرد پودر اکسید آهن هیچ تأثیر معنی‌داری بر جذب عناصر مشاهده نشد. در رابطه با برهمکنش مواد آلی و پودر اکسید آهن نیز مشخص شد که از بین عناصر یاد شده جذب سه عنصر نیتروژن، پتاسیم و آهن تحت تأثیر معنی‌دار اثرات متقابل ماده آلی و پودر اکسید آهن قرار گرفتند، ولی برهمکنش این دو تیمار تأثیر معنی‌داری بر روی جذب فسفر نداشت (جدول ۳).

جذب نیتروژن

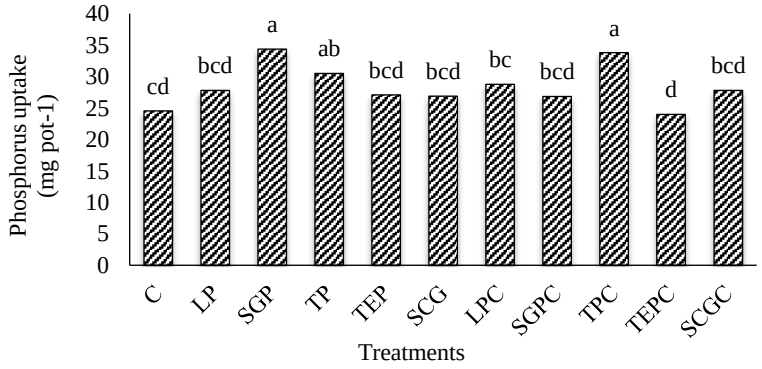
نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که همه تیمارها به جز کمپوست تفاله قهوه در هر دو سطح آهن، سبب افزایش جذب نیتروژن گیاه نسبت به شاهد در عدم حضور آهن شدند که این افزایش در مورد تیمارهای تفاله غوره در عدم حضور آهن، تفاله قهوه در هر دو سطح آهن، کمپوست تفاله غوره و چای در حضور آهن، معنی‌دار نبود و در مورد کمپوست تفاله قهوه، نیز مشخص شد که این تیمار در شرایط عدم حضور آهن دارای تفاوت معنی‌دار با شاهد و در حضور آهن دارای تفاوت غیر معنی‌دار با شاهد بود. در بین همه تیمارها کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی در عدم حضور آهن با میانگین ۵۰۷/۱ میلی‌گرم در گلدان، بیشترین مقدار جذب نیتروژن گیاه را به خود اختصاص داد اما این تیمار با تیمارهای کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی در حضور آهن، تفاله چای و کمپوست تفاله لیمو در عدم حضور آهن، تفاوت معنی‌دار نداشت، اما با سایر تیمارها از جمله شاهد تفاوت معنی‌دار داشت و دارای افزایش ۸۲/۵ درصدی نسبت به شاهد در عدم حضور آهن بود. کمترین مقدار جذب نیتروژن گیاه نیز متعلق به تیمار کمپوست تفاله قهوه در عدم حضور آهن با میانگین ۲۱۴/۹ میلی‌گرم در گلدان بود که دارای تفاوت معنی‌دار با شاهد و دیگر تیمارها به جز کمپوست تفاله قهوه در حضور آهن بود. همچنین در بین تیمارها میانگین تیمارهای شاهد، تفاله‌های غوره، گوجه-فرنگی، کمپوست تفاله‌های چای و قهوه در عدم حضور آهن نسبت به تیمارهای نظیر آن در حضور آهن کمتر بود به گونه‌ای که این تفاوت بین دو سطح آهن در رابطه با تیمار-های کمپوست تفاله‌های چای و قهوه و تفاله گوجه‌فرنگی معنی‌دار نبود. علاوه براین مشخص شد که تیمارهای تفاله در دو شرایط حضور و عدم حضور آهن به ترتیب با میانگین های ۳۷۱/۹ میلی‌گرم در گلدان و ۳۸۸/۴ میلی‌گرم در گلدان، نسبت به تیمارهای کمپوست با میانگین ۳۴۵/۹

میلی‌گرم در گلدان و ۳۸۰/۹ میلی‌گرم در گلدان، تأثیر به مراتب بیشتری داشتند (شکل ۳ – الف). گزارشات نشان می‌دهد که استفاده از کمپوست می‌تواند سبب افزایش قابلیت دسترسی عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر در بستر گیاه و در نتیجه افزایش جذب آن‌ها در گیاه شود (Ahmad *et al.*, 2007; Sarwar *et al.*, 2009; Ahmad *et al.*, 2008). نتایج محمدیان و ملکوتی (Mohammadian & Malakouti, 2002) نشان داد که مصرف کمپوست باعث افزایش میزان نیتروژن گیاه در ذرت شد. رضایی‌نژاد و افیونی (Rezaenejad & Afyuni, 2001) نیز بیان کردند که کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک گردیده و قابلیت جذب نیتروژن را افزایش می‌دهند. نتایج آزمایش هیو و بارکر (Barker, 2004& Hu) نشان داد که کمپوست ضایعات کشاورزی باعث جذب مقادیر زیادی از عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در گیاه گوجه‌فرنگی شد. مرجوی و مشایخی گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش غلظت نیتروژن در اندام هوایی گیاه پیاز شد. این نتایج با نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر مطابقت دارد به طوری که در مورد تمام تیمارهای کاربردی به جز کمپوست تفاله قهوه در هر دو سطح آهن جذب نیتروژن گیاه با افزودن ماده آلی افزایش یافت. محققان معتقدند در برخی از موارد اضافه کردن مواد آلی به خاک ممکن است با کاهش قابلیت جذب نیتروژن برای گیاه همراه باشد که دراین صورت پیشنهاد می‌شود در هنگام استفاده از پسماند-های آلی برای جلوگیری از کمبود نیتروژن از کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار نیز استفاده شود (Beauchamp, 1987)، و مخابلا و وارمن (Mkhabela & Warman, 2005) یکی از دلایل احتمالی کمبود نیتروژن در شرایط مذکور را محبوس شدن نیتروژن عنوان کردند. نسبت کربن به نیتروژن کود یکی از ویژگی‌های مهم در سرعت تجزیه کود-ها و جذب نیتروژن به وسیله گیاه است به طوری که هر چه این نسبت کمتر باشد میزان نیتروژن کود بیشتر است (Najafi and Mohammadnejad, 2016). وجود ترکیبات شیمیایی دگرآسیب همچون کافئین و ترکیبات فنلی در ضایعات چای و قهوه نیز از دلایل احتمالی کاهش جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در گیاه است (Gniazdowska and Bogatek, 2005).

جذب فسفر

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که همه تیمارها به جز کمپوست تفاله چای که جذب فسفر گیاه را نسبت به شاهد کاهش داد اما این کاهش معنی‌دار نبود، توانستند جذب فسفر گیاه را نسبت به شاهد افزایش داده به نحوی که این افزایش فقط در مورد تیمارهای تفاله غوره، تفاله گوجه‌فرنگی و کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد معنی‌دار بود. در بین همه تیمارها تفاله غوره با میانگین ۳۴/۴ میلی‌گرم در گلدان، بیشترین مقدار جذب فسفر گیاه را داشت که با تیمار تفاله گوجه‌فرنگی و کمپوست آن تفاوت معنی‌داری نداشت و دارای افزایش ۴۰/۱ درصدی نسبت به شاهد بود. کمترین مقدار جذب فسفر گیاه نسبت به شاهد نیز به تیمار کمپوست تفاله چای با میانگین ۲۴ میلی‌گرم در گلدان تعلق داشت که با همه تیمارها به جز تفاله‌های غوره و گوجه‌فرنگی و کمپوست تفاله‌های لیمو و گوجه-فرنگی تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین مشخص شد که تیمارهای تفاله با میانگین ۲۹/۳ میلی‌گرم در گلدان نسبت به تیمارهای کمپوست با میانگین ۲۸/۲ میلی‌گرم در گلدان، تأثیر بیشتری بر جذب فسفر داشتند (شکل ۲). با توجه به نتایج می‌توان گفت پسماندهای آلی به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد ترکیبات آلی می‌توانند نقش به سزایی در تامین ماده آلی خاک و نیز کاهش زیان‌های ناشی از کمبود این مواد در خاک داشته باشند (Samaras *et al.* 2008). همچنین با دارا بودن مقادیر قابل توجهی از عناصر کم مصرف و پر مصرف می‌توانند از طریق تشکیل کلات با عناصر مختلف نقش موثری در افزایش فراهمی آن‌ها داشته باشند (Najafi *et al.* 2012). به گونه‌ای که گزارش نجفی و همکاران (Najafi *et al.* 2012) نشان داد که به علت وجود مقادیر قابل ملاحظه‌ای از عناصر غذایی مانند فسفر در کود-های آلی، این کودها می‌توانند باعث افزایش غلظت عناصر در خاک و جذب آن‌ها به وسیله گیاه شده و غلظت آن‌ها در شاخساره را افزایش دهند. به طور کلی از برخی دلایل احتمالی افزایش قابلیت جذب فسفر به وسیله گیاه در حضور مواد آلی می‌توان به تولید اسید کربنیک طی تجزیه مواد آلی در خاک و کاهش پی‌اچ، تشکیل ترکیب‌های فسفر هیومیک که با سهولت بیشتری جذب گیاه می‌شوند، جایگزینی آنیون‌های آلی مثل هومات به جای فسفات جذب سطحی شده و آزادسازی یون‌های فسفات، رقابت آنیون‌های آلی با یون فسفات برای جذب در مکان‌های جذبی مانند

کربنات کلسیم، اکسیدهای آهن و آلومینیوم اشاره کرد (Havlin *et al*. 1999; Marschner, 1995). نظری و همکاران (Nazari *et al.* 2017) نیز با بررسی تأثیر مواد آلی مختلف بر جذب فسفر از خاک فسفات توسط گندم به این نتیجه رسیدند که تیمار تفاله گوجه‌فرنگی توانست منجر به بیشترین جذب فسفر در شاخساره و ریشه گندم شده و به جز تفاله گوجه‌فرنگی تفاوت معنی‌داری بین دو سطح نیم و یک درصد مواد آلی مشاهده نشد. علاوه بر این مشخص شد که کود دامی تأثیر زیادی بر جذب فسفر نداشته و تفاله سیب و زیتون نیز سبب کاهش جذب فسفر شدند. دردی‌پور و همکاران (Dordipour *et al.* 2017) علت افزایش جذب فسفر توسط تفاله گوجه‌فرنگی را داشتن پی اچ پایین و اسیدهای آلی مختلف دانستند که می‌تواند با آزادسازی فسفر از سطح خاکدانه‌ها، منجر به افزایش فسفر موجود در محلول خاک و در نهایت افزایش جذب آن به وسیله گیاه شود. در حضور اسیدهای آلی مکان‌های جذب آنیون در خاک توسط بار منفی گروه‌های کربوکسیل این اسیدها اشغال شده و جذب فسفر توسط خاک کاهش می‌یابد (Hu *et al.* 2001). در تحقیقی دیگر صفرزاده شیرازی و همکاران (Safarzadeh Shirazi *et al*. 2019) عنوان نمودند که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر بخش هوایی اسفناج نسبت به شاهد شد.



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بر جذب فسفر گیاه: C (شاهد)، LP (تفاله لیمو)، SGP (تفاله غوره)، TP (تفاله گوجه فرنگی)، TEP (تفاله چای)، SCG (تفاله قهوه)، LPC (کمپوست تفاله لیمو)، SGPC (کمپوست تفاله غوره)، TPC (کمپوست تفاله گوجه فرنگی)، TEPC (کمپوست تفاله چای)، SCGC (کمپوست تفاله قهوه).

Figure 2. Effect of different treatments on phosphorus uptake of wheat: C (Control), LP (Lemon pulp), SGP (Sour grape pomace), TP (Tomato pomace), TEP (Tea pomace), SCG (Spent coffee grounds), LPC (Lemon pomace compost), SGPC (Sour grape pomace compost), TPC (Tomato pomace compost), TEPC (Tea pomace compost), SCGC (Spent coffee grounds compost).

جذب پتاسیم

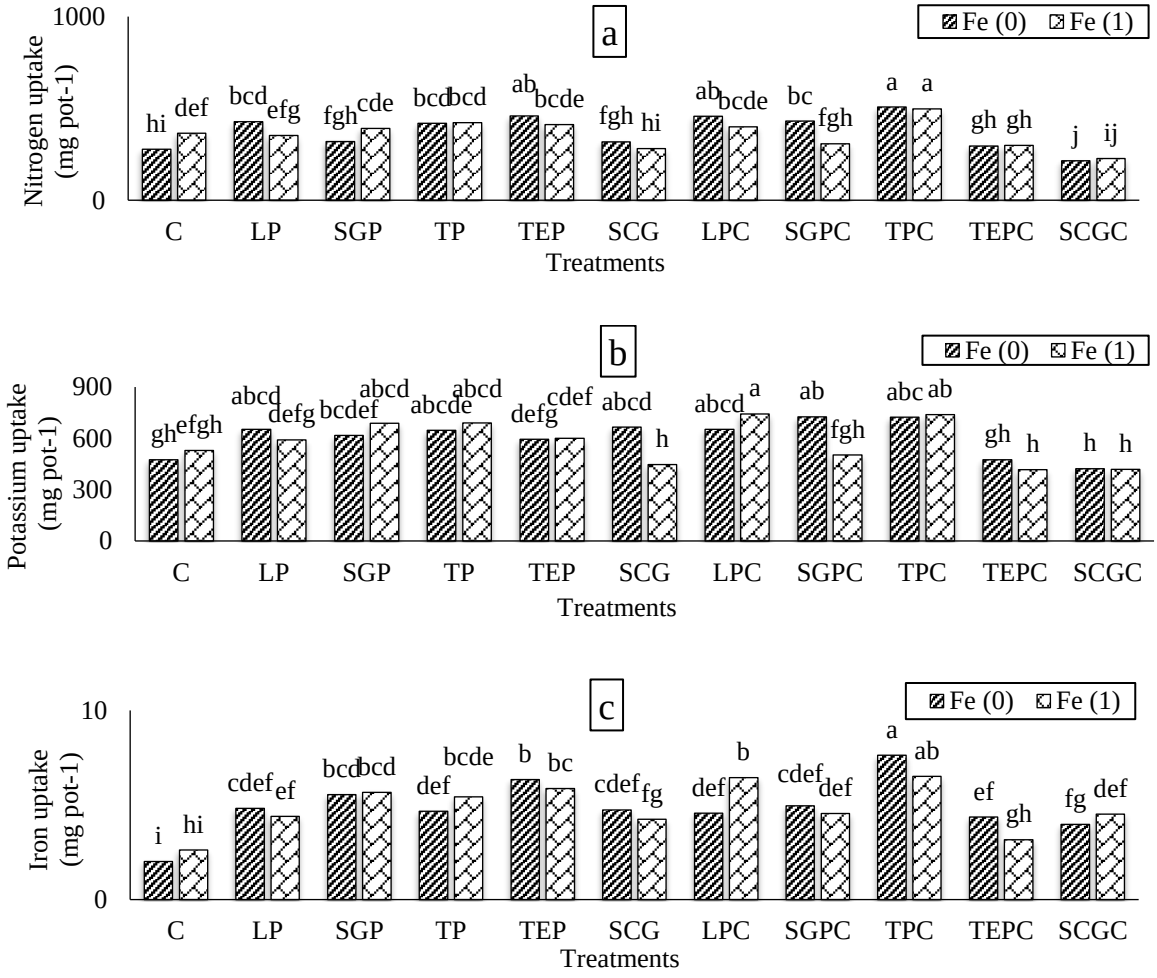
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تمام تیمارها به جز تیمارهای کمپوست تفاله قهوه در عدم حضور آهن، تفاله قهوه و کمپوست تفاله‌های چای و قهوه در حضور آهن، سبب افزایش جذب پتاسیم گیاه نسبت به شاهد در عدم حضور آهن شدند به طوری که این افزایش در مورد شاهد، تفاله لیمو و کمپوست تفاله غوره در حضور آهن، تفاله چای و کمپوست تفاله چای در عدم حضور آهن معنی‌دار نبود و در مورد تیمارهایی که نسبت به شاهد کاهش یافتند نیز مشخص شد که بین هیچ کدام با تیمار شاهد تفاوت معنی-داری وجود نداشت. در بین تمام تیمارها کمپوست تفاله لیمو در حضور آهن با میانگین ۷۴۲/۸ میلی‌گرم در گلدان، بیشترین مقدار جذب پتاسیم گیاه را نسبت به شاهد در عدم حضور آهن داشت که با تیمارهای تفاله گوجه‌فرنگی و کمپوست آن در هر دو سطح آهن، کمپوست تفاله غوره و لیمو و تفاله‌های قهوه و لیمو در عدم حضور آهن، تفاله غوره در حضور آهن، تفاوت معنی‌دار نداشت و دارای افزایش ۵۶/۵ درصدی نسبت به شاهد در عدم حضور آهن بود. کمترین مقدار جذب پتاسیم گیاه نیز با میانگین ۴۱۶/۲ میلی‌گرم در گلدان، مربوط به کمپوست تفاله چای در حضور آهن بود که با تیمارهای کمپوست تفاله قهوه و شاهد در هر دو سطح آهن و کمپوست تفاله چای در عدم حضور آهن و کمپوست تفاله غوره و قهوه در حضور آهن تفاوت معنی‌دار نداشت. همچنین در بین تیمارها، میانگین تیمارهای شاهد، تفاله‌های غوره، گوجه‌فرنگی، چای و کمپوست تفاله‌های

لیمو، گوجه‌فرنگی در عدم حضور آهن نسبت به تیمارهای نظیر آن در حضور آهن کمتر بود به گونه‌ای که این تفاوت بین دو سطح آهن در رابطه با هیچ کدام معنی‌دار نبود. علاوه براین مشخص شد که تیمارهای تفاله در دو شرایط حضور و عدم حضور آهن به ترتیب با میانگین‌های ۶۰۲/۸ میلی گرم در گلدان و ۶۳۵/۵ میلی‌گرم در گلدان، نسبت به تیمار های کمپوست با میانگین ۵۶۳/۵ میلی‌گرم در گلدان و ۵۹۹/۶ میلی‌گرم در گلدان، تأثیر به مراتب بیشتری داشتند (شکل ۳ – ب). گزارشی مطابق با این نتایج نشان داد استفاده از ماده آلی به همراه سرباره سبب افزایش عملکرد و جذب آهن، منگنز، روی و پتاسیم به وسیله گیاه در خاک‌های آهکی شد (Mohammadi Torkashvand, 2000). واحدی و رسولی صدقیانی (Vahedi & Rasouli-Sadaghiani, 2019) نیز بیان کردند که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه گندم نسبت به شاهد شد.

جذب آهن

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تمام تیمارها به جز تیمار شاهد در حضور آهن، باعث افزایش معنی‌دار جذب آهن گیاه نسبت به تیمار شاهد در عدم حضور آهن شدند. کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی در عدم حضور آهن با میانگین ۷/۶ میلی‌گرم در گلدان، بیشترین مقدار جذب آهن گیاه را به خود اختصاص داد اما با تیمار کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی در حضور آهن تفاوت معنی‌دار نداشت و دارای افزایش ۲۸۰/۳ درصدی نسبت به شاهد در عدم حضور آهن بود. کمترین جذب آهن گیاه نیز به تیمار شاهد در عدم حضور آهن با میانگین ۲ میلی‌گرم در گلدان تعلق داشت که با تیمار شاهد در حضور آهن تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین در بین تیمارها میانگین تیمارهای شاهد، تفاله‌های غوره و گوجه‌فرنگی، کمپوست تفاله‌های لیمو و قهوه در عدم حضور آهن، نسبت به تیمارهای نظیر آن در حضور آهن کمتر بود به گونه‌ای که این تفاوت بین دو سطح آهن فقط در رابطه با کمپوست تفاله لیمو معنی‌دار بود. علاوه بر این مشخص شد که تیمارهای تفاله در دو شرایط حضور و عدم حضور آهن به ترتیب با میانگین‌های ۵/۱ میلی‌گرم در گلدان و ۵/۲ میلی‌گرم در گلدان، نسبت به تیمارهای کمپوست با میانگین ۵ میلی‌گرم در گلدان و ۵/۱ میلی‌گرم در گلدان، تأثیر به مراتب بیشتری داشتند (شکل ۳ – ج). تأثیر کودهای آلی بر جذب آهن ممکن است به این دلیل باشد که کود آلی افزون بر این که خود دارای عناصر کم مصرفی مانند آهن می‌باشد به شکل یک منبع انرژی برای ریزجانداران خاک بوده و در فرآیند معدنی شدن به دلیل آزادسازی اسیدهای آلی سبب کاهش موضعی پی‌اچ خاک شده و جذب آهن را افزایش می‌دهد (Ouda & Mahadeen, 2008). همچنین لیگاندهای آلی محلول که در نتیجه تجزیه مواد آلی تشکیل می‌شوند در نگهداری آهن به شکل فراهم موثرند (USEPA, 2003). شریفی و شریفی (Sharifi & Sharifi, 2011) در مطالعه‌ای که به منظور بررسی تأثیر کود گاوی و تفاله لیمو در دو نوع خاک شور و غیر شور و درگیاه ذرت انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با کاربرد کود گاوی و تفاله لیمو، مقدار آهن در گیاه نسبت به شاهد در هر دو خاک افزایش یافت ولی میزان جذب آهن در گیاه با کاربرد کود گاوی نسبت به تفاله لیمو بیشتر بود. در مطالعه دیگری کاربرد کودهای آلی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد وزن خشک شاخساره گیاه و افزایش غلظت آهن شاخساره شد و در نتیجه با کاربرد کود‌های آلی مقدار جذب آهن توسط گیاه افزایش یافت (Sharifi *et al.* 2011). مطالعات عباسی زاده (Abbasi Zadeh, 2007) نیز نشان داد که مصرف کمپوست و لجن فاضلاب در خاک سبب افزایش معنی‌دار جذب آهن توسط ذرت شد. در مطالعه دیگر موریکاوا و سیاگوسا (Morikawa & Saigusa, 2011) گزارش کردند که غنی کردن ضایعات برگ چای و قهوه با آهن و روی و استفاده آن‌ها به صورت پخش کود باعث افزایش مقادیر آهن و روی دانه‌های گیاه برنج شد. تبرته فراهانی و همکاران (Tabarteh Farahani *et al.* 2017) در بررسی خود بر روی تأثیر مواد اصلاحی بر زیست فراهمی آهن در یک خاک آلوده به سرب به این نتیجه رسیدند که کاربرد بیشترین سطح کود گاوی به کار رفته در آزمایش (۳۰ تن در هکتار) به صورت غنی‌شده با بیشترین سطح لجن کنورتور در آزمایش مذکور (۵ درصد آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور) در خاک غیر آلوده، منجر به بیشترین مقدار آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA و غلظت آهن ریشه و شاخساره گیاه ذرت شد. هاشمی مجد و گلچین (Hashemimajd & Golchin, 2009) به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر رشد و جذب عناصر غذایی توسط گوجه‌فرنگی آزمایشی را انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد ماده خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی و همچنین جذب آهن در کاربرد ورمی‌کمپوست‌های غنی‌شده

با آهن در مقایسه با کلات آهن و سایر تیمارها بیشتر بود. نتایج تحقیقات کومار و همکاران (Kumar *et al.* 2010) نشان داد غنی‌سازی کودهای آلی همچون کمپوست باگاس نیشکر و کمپوست کود گاوی با عناصر کم‌مصرف سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن و سایر عناصر کم مصرف در برگ گیاه مرکبات شد. در تحقیقی دیگر غنی‌سازی کود آلی همچون کود گاوی با ترکیبات معدنی آهن سبب افزایش معنی‌دار جذب آهن گیاه نسبت به تیمار بدون غنی‌سازی شد که علت کاهش در میزان جذب در تیمار عدم غنی‌سازی پایین بودن غلظت آهن در کود آلی و در نتیجه ضخیم شدن نوک ریشه‌ها و تارهای کشنده به عنوان عاملی موثر در جذب عناصر عنوان گردید (Ashrafi *et al.* 2011; Mohamadi *et al.* 2021) تابنده و بخشی (Tabande & Bakhshi, 2017) گزارش کردند کاربرد آهن منجر به افزایش معنی‌دار جذب آهن در گیاه سویا گردید.



شکل ۳- اثر برهمکنش تیمارهای مختلف با پودر اکسید آهن بر (الف) جذب نیتروژن، (ب) جذب پتاسیم، (ج) جذب آهن گیاه گندم: C (شاهد)، LP (تفاله لیمو)، SGP (تفاله غوره)، TP (تفاله گوجه فرنگی)، TEP (تفاله چای)، SCG (تفاله قهوه)، LPC (کمپوست تفاله لیمو)، SGPC (کمپوست تفاله غوره)، TPC (کمپوست تفاله گوجه فرنگی)، TEPC (کمپوست تفاله چای)، SCGC (کمپوست تفاله قهوه)، $Fe_{(0)}$ (عدم حضور پودر اکسید آهن = صفر میلی‌گرم در کیلوگرم)، $Fe_{(1)}$ (حضور پودر اکسید آهن = ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم).

Figure 3. Interaction effect of different treatments with iron oxide powder on (a) nitrogen uptake, (b) potassium uptake, (c) iron uptake of wheat: C (Control), LP (Lemon pulp), SGP (Sour grape pomace), TP (Tomato pomace), TEP (Tea pomace), SCG (Spent coffee grounds), LPC (Lemon pomace compost), SGPC (Sour grape pomace compost), TPC (Tomato pomace compost), TEPC (Tea pomace compost), SCGC (Spent coffee grounds compost), $Fe_{(0)}$ (Absence of iron oxide powder = 0 (mg kg^{-1}), $Fe_{(1)}$ (Presence of iron oxide powder = 50 (mg kg^{-1}).

بنابراین به طور کلی می‌توان گفت، کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی در حضور و عدم حضور آهن، نسبت به سایر تیمارها به نحو مطلوب‌تری عمل کرد و باعث افزایش همه صفات مورد بررسی در این آزمایش نسبت به شاهد شد. البته سایر تیمارها نیز توانستند به نحو مطلوبی عمل کرده و تأثیرات مثبتی بر روی خصوصیات مورد بررسی گیاه بگذارند، اما به طور کلی اثرگذاری آن‌ها نسبت به تیمار ذکر شده کمتر بود که علت این تفاوت اثرگذاری را احتمالا می‌توان به تهیه مواد آلی مصرفی از منابع مختلف و تفاوت در نوع و مقدار مواد و عناصر شیمیایی موجود در آن‌ها و در نتیجه ایجاد تأثیرات متفاوت بر روی خواص مختلف خاک و گیاه نسبت داد. بهبود خصوصیات مورد بررسی توسط کاربرد ضایعات آلی به خصوص به شکل کمپوست شده احتمالا می‌تواند به علت افزایش مواد مغذی، ظرفیت نگهداری آب و بهبود بافت خاک از طریق تجزیه این مواد در خاک و در نتیجه ایجاد شرایط مناسب برای رشد بهتر گیاه باشد (Dordipour *et al.* 2017). همچنین کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی دارای pH پایین و همچنین مقدار قابل ملاحظه‌ای عناصر غذایی است که می‌تواند با آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجود در خود و افزایش تحرک آن‌ها باعث افزایش جذب عناصر به ویژه عناصر کم مصرف و همچنین بهبود عملکرد گیاه شود. علاوه بر این میانگین گیری درصد هر یک از عناصر موجود در جدول (۲) در بین نمونه‌های تفاله و کمپوست نشان داد که با انجام فرآیند کمپوست شدن میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، و آهن نمونه‌های کمپوست شده نسبت به تفاله‌ها افزایش یافت؛ به طوری که میانگین نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن کمپوست معمولی ضایعات به ترتیب ۲۳/۳، ۴۰/۰، ۲۷/۳، ۳/۴ درصد و کمپوست غنی شده ضایعات ۲۳/۷، ۳۳/۳، ۴۸/۵، ۱۵۹/۴ درصد نسبت به میانگین تفاله‌ها افزایش یافت. عدم تأثیرگذاری مطلوب برخی از تیمارها همچون تفاله قهوه و کمپوست تفاله‌های قهوه و چای نیز احتمالا می‌تواند به علت وجود ترکیبات شیمیایی دگرآسیبی چون کافئین به عنوان یک آلکالوئید و ترکیبات فنولیک موجود در آن‌ها باشد که دارای اثرات فیتوتوکسیسیتی (سمیت گیاهی) بر گیاهان هستند به طوری که ترکیبات فنلی موجود در این ضایعات می‌توانند با اثر بر تنفس و فتوسنتز باعث کاهش تولید ATP شوند و در نتیجه بسیاری از فرآیندهای سلولی نیازمند به انرژی را مختل کنند که جذب یون‌ها و رشد گیاه مهم‌ترین فرآیندهای نیازمند به انرژی در سلول هستند (Gniazdowska & Bogatek, 2005).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از میان همه تیمارهای مورد استفاده، کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی در حضور و عدم حضور آهن، به عنوان موثرترین تیمار در بهبود خصوصیات مورد بررسی عمل کرد. در مورد سایر تیمارهای مواد آلی نیز تفاله غوره و در مورد تیمارهای مواد آلی به همراه پودر اکسید آهن نیز کمپوست تفاله لیمو به عنوان تیمار برتر بعد از تیمار مذکور قرار گرفتند. در مورد جذب سه عنصر نیتروژن، پتاسیم و آهن، کمپوست تفاله گوجه‌فرنگی توانست به طور معنی‌داری میزان جذب این عناصر را به ترتیب ۳۶/۱، ۳۹/۷، ۱۴۸/۹ درصد نسبت به کاربرد پودر اکسید آهن به تنهایی افزایش دهد. همچنین مقایسه بین میانگین تفاله ها و کمپوست آن‌ها نشان دهنده تأثیر بیشتر تفاله‌ها نسبت به کمپوست‌ها در همه پارامترها به جز وزن خشک اندام هوایی بود که البته مقدار این تفاوت اندک بود. بنابراین استفاده از تفاله‌های مواد آلی و در مورد گوجه‌فرنگی تفاله کمپوست شده آن، علاوه بر اثرات مثبت در رشد گیاه، قابلیت استفاده آهن در گیاه را افزایش دادند که این مسئله می‌تواند هم از بعد اقتصادی و زیست‌محیطی و هم از بعد فراهمی آهن برای گیاه، ارجحیت این ترکیبات را نسبت به مصرف کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار نشان دهد.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد برای حمایت مالی از این طرح پژوهشی (۵۱۴۹۷) تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abbasi Zadeh A. 2007. Effect of sewage sludge and compost on essential nutrients of the plant, corn yield and soil pollution to heavy metals. Master Thesis in Soil Science, School of Agricultural, Isfahan University of Technology. (in Persian with English abstract)

Ahmad R., Arshad M., Zahir Z.A., Naveed M., Khalid M., and Asghar H.N. 2008. Integrating N-enriched compost with biologically active substances for improving growth and yield of cereals. *Pakistan Journal of Botany*, 40(1): 283-293.

Ahmad R., Shahzad S.M., Khalid A., Arshad M., and Mahmood M.H. 2007. Growth and yield response of wheat (Triticum aestivum L.) and maize (Zea mays L.) to nitrogen and L-tryptophan enriched compost. *Pakistan Journal of Botany*, 39(2): 541-549.

Alizadeh, A. 2006. The Relationship between Water and Soil and Plant. Sixth Edition, Imam Reza University, Mashhad, p: 470. (in Persian)

Ashrafi A., Shariatmadari H., and Rezainejad, Y. 2011. Enrichment of organic fertilizers with iron compounds. *8th Iranian Soil Science Congress, Collection of articles on soil fertility and plant nutrition*, pp: 72-78. (in Persian)

Beauchamp E.G. 1987. Corn response to residual N from urea and manures applied in previous years. *Canadian Journal of Soil Science*, 67: 931-942.

Bremner G.M., and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen total. Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. Agronomy Monograph no. 9. ASA-SSA, Madison, WI. pp: 595-624.

Chau C.F., and Huang Y.L. 2003. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of citrus sinensis L. Cv. Liucheng. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(9): 2615-2618.

Dordipour E., Bastamikojour Z., Baranimotlagh M., Gharanjiki A., and Olamaee M. 2017. Effect of low-molecular-weight organic acids on growth and phosphorus uptake via maize (Zea mays L. cv. SC704) in some soils of Golestan province. *Agricultural Engineering (Scientific Journal of Agriculture)*, 40(2): 137-152. (in Persian)

Estefan G., Sommer R., and Ryan J. 2013. Methods of soil, plant, and water analysis: A manual for the west asia and north africa region. Third Edition, *International Center for Agricaltural Research in the Dry Areas (ICARDA)*, Beirut, 84-105.

Evans L.T. 1993. Crop Evaluation, Adaptation and Yield. Cambridge University Press, Cambridge, Uk.

Gee G.w., and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. Agronomy Monograph no. 9. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, WI. pp: 383-411.

Ghorashi L.S. Haghnia Gh.H., Lakzian A., and Khorasani R. 2012. Effect of lime, phosphorus and organic matter on maize ability for iron uptake. *Journal of water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 26(4): 818-825. (in Persian with English abstract)

Giti A.R. 2010. Compost, Sustainable Management of Soil and Water, Environmental Purification. First Edition, University of Tehran publications, Tehran. (in Persian)

Gniazdowska A., and Bogatek R. 2005. Allelopathic interactions between plants. Multi-site action of allelochemicals. *Acta Physiologiae Plantarum*. 27(3B): 395-407.

Golchin A. 2016. Soil Organic Matter. First Edition, Univercity Jihad Publications. (in Persian)

Hasandokht M.R. Mastoori F., and Padasht Dehkaii M.N. 2009. Effect of tea waste and tree bark waste composts on some properties of growing media and quantity and quality of greenhouse Lettuce. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 40(1). (in Persian with English abstract)

Hashemimajd K., and Golchin A. 2009. The effect of iron-enriched vermicompost on growth and nutrition of tomato. *Quarterly Journal of Agricultural Science and Technology*, 11(5): 613-621. (in Persian)

Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., and Nelson W.L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers: an introduction to nutrient management. Sixth Edition. Prentice Hall, New Jersey. USA.

Helmek P.A., and Sparks D. 1996. Lithum, sodium, potassium, rubidum and cesium. In: spark DL. (Ed), Methods of Soil Analysis, part3, chemical methods, Soil Science Society of American. Medison, WI. pp.551-575.

Hu H.Q., He J.Z., Li X.Y., and Liu F. 2001. Effect of several organic acids on phosphate adsorption by variable charge soils of central china. *Environment International*, 26(5-6): 353-358.

Hu Y., and Barker A.V. 2004. Effects of composts and their combinations with other materials on nutrient accumulation in tomato leaves. *Communication in soil science and plant analysis*, 35(19-20): 2809-2823.

Javaheri S., Astaraei A.R., Khorassani R., Zabihi H., and Emami, H. 2020. Effect of zinc and iron nano particles and organic fertilizers on quality and quantity yields of tomato (Solanum Lycopersicum). *Journal of Applied Research in Field Crops*, 32(4): 16-32. (In Persian with English abstract)

Kakabouki I., Efthimiadou A., Folina A., and Zist Ch. 2020. Effect of different tomato pomace compost as organic fertilizer in Sweet Maize crop. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(22): 1-15.

Keshavarz P., Moshiri F., Tehrani M.M., and Balali M.R. 2015. The necessity of integrated soil fertility management for wheat production in iran. *Journal of Land Management*, 3(1): 61-72. (In Persian)

Khamadi F., Mesgarbashi M., Hasibi P., Farzaneh M., and Enayatzamir, N. 2014. Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat. *Agronomy Journal (pajouhesh & sazandegi)*, 108: 158-166. (In Persian with English abstract)

Kumar R., Verma D., Singh B.L., and Kumar U. 2010. Composting of sugar-cane waste by-products through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. *Bioresource Technology*, 101(17): 6707-6711.

Leoppert R.H., and Suares D.L. 1996. Carbonate and gypsum. Methods of soil Analysis. Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series. No.5. *Soil Science Society of America, and American society of Agronomy*, pp: 437-474.

Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42 :421-428.

Majzoobi M., Farahnaky A., Jamalian J., Sariri F., and Mesbahi, G.R. 2011. Effects of tomato pulp and sugar beet pulp powders on the farinograph properties of bread dough. *Quarterly Iranian Journal of food Science and Technology*, 8(2) (32): 1-9. (In Persian with English abstract)

Malakouti M.J., and Tehrani, M.M. 1999. Effects of Micronutrients on the Yield and Quality of Agricultural Products (micro-nutrients with macro effects). Tarbiat Modares University Publications. (In Persian)

Marjovvi A. and Mashayekhi, P. 2019. Effects of sewage sludge and municipal compost application on bio avalability of soil nutrients in onion (Allium cepa L.) cultivation. *Journal of Environmental*, 17(3): 189-208. (In Persian with English abstract)

Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. New York. 890 Pages.

Mazaherinia S., Astaraei A., Fotovat A., and Monshi A. 2010. Effect of iron oxides (Ordinary and Nano) and municipal solid waste compost (MSWC) coated sulfar on wheat (Triticum aestivum L.) plant iron concentration and growth. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(5): 855-861. (In Persian)

Mir Arab T., Piri E., Tavassoli A., and Babaeian M. 2016. The effect organic fertilizer on quantitative and qualitative characters of Basil (Ocimum basilicum) in sistan region. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(2) (38): 327-338. (In Persian with English abstract)

Mkhabela M.S., and Warman P.R. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by to vegetable crops grown in a pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 106: 57-67.

Mohamadi S., Rangzan N., and Nadian Ghomsheh H. 2021. Effect of enriched compost with Iron refuse and phosphate soil on growth parameters of tomato. *Agricultural Engineering (Scientific Journal of Agriculture)*, 43(4): 549-567. (In Persian with English abstract)

Mohammadi Torkashvand, A. 2000. Investigation of the effect of converter slag (steel making) as a amendment in acidic soils and iron fertilizer in calcareous soils. Master Thesis in Soil Science, School of Agricaltural, Isfahan University of Technology. (In Persian with English abstract)

Mohammadian M., and Malakouti M.J. 2002. Effect of Two Types of Composts on Soil Physical and Chemical Properties and Corn Yield. *Journal of Water and Soil*, 16(2): 143-150. (In Persian with English abstract)

Morikawa C.k., and Saigusa M. 2011. Recycling coffee grounds and tea leaf wastes to improve the yield and mineral content of grains of paddy rice. *Journal science Food Agriculture*, 91(11):2108-2111.

Najafi N., and Mohammadnejad A. 2016. Differential concentrations of some nutrient element in forage of corn (Zea mays L.) as affected by organic fertilizers and soil compaction. *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(4) (36): 561-582. (In Persian with English abstract)

Najafi N., Mardomi S., and Ostan Sh. 2012. The effect of waterlogging, sewage sludge and manure on selected macronutrients and sodium uptake in sunflower plant in a loamy sand soil. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 26(3): 619-636. (In Persian with English abstract)

Najafi N., Mardomi S., and Oustan Sh. 2012. Changes in DTPA extractable copper, iron, manganese and zinc following waterlogging and application of sewage sludge and animal manure in two different types of soil. *Iranian Journal of Soil and Water Reserch*. 43(1): 9-22. (In Persian)

Nazari E., Khorassani R., Astaraei A.R, and Emami H. 2017. The effect of different organic matters on P uptake by wheat in a calcareous soil with rock phosphate fertilizer. *15th Iranian Soil Science Congress*, Isfahan, Soil Science Society of Iran, Isfahan University of Technology: 1-6. (In Persian with English abstract)

Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, part 2, Chemical and microbiological Properties, 2nd ed. Agronomy Monograph no. 9. ASA-SSA. Madison, WI. pp: 403-427.

Ouda B.A., and Mahadeen A.Y. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (Brassica oleracea). *International Journal of Agricultural & Biology*, 10(6): 627-632.

Pakdaman Sardrood B., Mehrparvar M., and Mohammadi Goltapeh, I. 2019. Composting for All. First Edition, Agricultural Education and Extension Publications. (In Persian)

Papan P., and Moezze A.A. 2008. Processing of dust from arc of steel industry furnaces for use in agriculture. *Third National Congress on Rycycling and Utilization of Renewable Organic Resources in Agriculture*, Esfahan, Islamic Azad University of Khorasgan Branch, School of Agriculture: 1-11. (in Persian)

Ranjbar Mali Darreh T., Babalar M., Asgari Sarcheshmeh M.A., and Nasiri A. 2016. Effects of iron nutrition on plants. *Third Conference on New Findings in the Environment and Agricultural Ecosystems*, Tehran, *New Energy and Environment Research Institute*, University of Tehran. (In Persian)

Rezaenejad Y., and Afyuni M. 2001. Effect of Organic Matter on Soil Chemical Properties and Corn Yield and Elemental Uptake. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 4(4): 19-28. (In Persian)

Roades J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Methods of Soil Analysis, part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series no. 5. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, WI. pp: 417-435

Safarzadeh Shirazi S., Karimi Sh., and Golmakani M.T. 2019. Effect of some organic and chemical amendments on some micro and macro nutrient uptake in spinach. *Applied Soil Research*, 7(3): 122-133. (In Persian with English abstract)

Samaras V., Tsadilas C.D., and Stamatiadis S. 2008. Effects of repeated application of municipal sewage sludge on soil fertility, cotton yield, and nitrate leaching. *Agronomy Journal*, 100(3): 477-483.

Sarwar G., Schmeisky H., Hussain N., Muhammad S., Tahir M.A., and Saleem U. 2009. Variations in nutrient concentrations of wheat and paddy as affected by different levels of compost and chemical fertilizer in normal soil. *Pakistan Journal of Botany*, 41(5): 2403-2410.

Sharifi M., Afyuni M., and Khoshgoftarmanesh H. 2011. Effects of sewage sludge, compost and cow manure on availability of soil Fe and Zn and their uptake by corn, Alfalfa and tagetes flower. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 15(56): 141-153. (In Persian)

Sharifi S., and Sharifi S. 2011. The effect of amendments on the nutrients uptake (Zn, Fe and Mn) of Saline and non-saline soils in Anbarabad. *Eleventh National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction*, Kerman Shahid Bahonar University. (in Persian)

Shekari F., and Abbasi A. 2014. Biofortification of wheat with iron under drought stress and iron deficiency. *First National Conference on Agriculture, Environment and Food Security*. (In Persian)

Sial T.A., Liu J., Zhao Y., Khan M.N., Lan Z., Zhang J., Kumbhar F., Akhtar K., and Rajpar, I. 2019. Co-Application of milk tea waste and NPK fertilizers in improve sandy soil biochemical properties and wheat growth. *Journal List Molecules*, 24(3): 423: 1-17.

Tabande L., and Bakhshi M.R. 2017. Effect of Fe-EDDHA on soybean and distribution of chemical forms of iron in soils of fars province. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 31(4): 1108-1119. (In Persian with English abstract)

Tabarteh Farahani N., Baghaie A.H., and Polous A. 2017. Effect of enriched cow manure with converter sludge on Fe bio-availability in a lead polluted soil. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(1): 205-220. (In Persian with English abstract)

Taghavi T.S., Babalar M., Ebadi A., Ebrahimzadeh H., and Asgari M.A. 2005. The effect of different levels of iron and boron on the amounts of elements and yield of strawberry cultivar selva. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36(5): 1065-1073. (In Persian)

Tandon H.L.S. 1995. Micronutrients in soil, crops and fertilizers. FDCO, New Dehli.

Thomas, G.w. 1996. Soil pH and soil acidity. Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series no.5. Soil Sciences Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI. pp: 475-490.

USEPA. 2003. Ecological Soil Screening Level for iron. USEPA, Washington, DC. Available at http://www.epa.gov/ecotox/ecossl.

Vahedi R. and Rasouli-Sadaghiani M.H. 2019. The effect of application of biochar and pruning waste compost with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on availability of macronutrient in wheat rhizosphere. *Applied Soil Research*, 6(4): 16-30. (In Persian with English abstract)

Waling I., Vanvak W., Houba V.G.J., and Vanderlee J.J. 1989. Soil and Plant Analysis. *A Series of Syllabi*. *Plant Analysis Procedures*, Part 7.

Walkley A., and Black I.A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Journal of Soil science, Society of America*, 37(1): 29-38.

Weber J., Karczewska A., Drozd J., Licznar M., Licznar S., Jamroz E., and Kocowicz A. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(6): 1294-1302.

Effect of Different Types of Organic Waste and Their Composts on Iron Availability from the Source of Iron Oxide and Nutrient Uptake and Plant Growth of Wheat

Elham Khakzar[1], Reza Khorassani[2*], Akram Halajnia[3]

(Received: August, 2022 Accepted: March, 2023)

Abstract

Iron is one of the essential nutrients for plant growth that its deficiency is considered as an important problem in calcareous soils. Therefore, this experiment was conducted to investigate the effect of different organic matters and their interactions with iron oxide powder on nutrient uptake and yield of wheat in a completely randomized design with factorial arrangement. The experimental factors were organic matter type including lemon pomace, sour grape pomace, tomato pomace, black tea pomace, spent coffee grounds, and their composts (1% by weight), and iron oxide powder on two levels (zero, and 50 mg of iron per kg of soil) as potted culture with three replications. The results showed that shoot dry weight increased significantly in all treatments except (lemon pomace and spent coffee grounds and tea pomace compost and spent coffee grounds compost) compared to the control. Also, most of the treatments caused a significant increase in the uptake of nitrogen, potassium and iron compared to the control. Tomato pomace compost, in comparison to other treatments had the greatest impact on all parameters. The uptake of nitrogen, potassium and iron, were significantly increased by adding tomato pomace compost, which the amount of these increases compared to the use of iron oxide powder alone, were 36.1, 39.7, 148.9 percent, respectively. Also, the comparison between the different pomaces and their compost, showed that the pomaces were more effective than their compost in all parameters except the dry weight of the shoot. Finally, it was found that among all of the treatments, respectively, tomato pomace compost and sour grape pomace, and for the interaction effects of organic matter with iron oxide powder, respectively, tomato and lemon pomace compost, effectively, improved different soil and plant properties, compared to the other treatments.

Keywords: Amendment materials, Composting, Iron waste, Organic pomaces, Wheat

Khakzar E., Khorassani R. and Halajnia, A. 2024. Effect of different types of organic waste and their composts on iron availability from the source of iron oxide and nutrient uptake and plant growth of wheat. *Applied Soil Research*, 11(4):95-111.

1- Former MSc Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
* Corresponding Author Email: khorasani@um.ac.ir