

Study of the Effectiveness of Different Organic Materials on Soil Properties and Wheat Yield in Southern Khuzestan Province

Mohiaddin Goosheh* and Abolfazl Azadi¹

(Received: February 3-2025 ; Revised: May 15-2025 ; Accepted: July 20-2025)

1. Department of Soil and Water Research, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

*: Corresponding author, Email: magoosheh@yahoo.com

Abstract

Soil organic carbon provides conditions for better plant growth by increasing soil quality by improving physical, chemical, and biological properties of the soil. Therefore, an experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the Shavour Agricultural Research Station in Khuzestan Province to investigate the effect of different sources of organic matter on some soil properties and wheat yield. The main plots included cow manure, poultry manure, wheat straw, bagasse, and sugarcane filter cake, and the subplots included three fertilizer levels of 2.5, 5, and 10 tons per hectare. Also, one plot was considered as a control (without organic fertilizer) in each replication. The results showed that the best sources of organic fertilizer available in the province that have had a favorable result in increasing wheat yield and improving soil physical properties are filter cake, cow manure, and sugarcane bagasse fertilizers (with a yield of 4772, 4467, and 4452 kg/ha, respectively). Wheat straw also has the least effect on yield (4019 kg/ha) and plays a major role only in improving soil physical and chemical properties. It is worth noting that since no significant difference was observed between the fertilizer consumption amounts in the overall results, the consumption of 2.5 tons per hectare of each fertilizer source is more economical and is recommended. It also seems that the combined application of filter cake with sugarcane bagasse or cow or chicken manure with wheat straw and stubble, in a total amount of 2.5 tons per hectare, has a more favorable result in increasing wheat yield and improving soil physical properties.

Keywords: Soil, Khuzestan, Organic fertilizers, Wheat

How to cite this article: Rezazadeh, H., Alamdari, P., Rezapour, S. and Askari, M. S. 2025. Spatial Distribution of Soil Quality Index in Saline and Sodic Soils of Urmia Lake Using Kriging and IDW Methods. *J. Water and Soil Sci.* 29(3): 97-111. DOI: [10.47176/jwss.29.3.27032](https://doi.org/10.47176/jwss.29.3.27032)

Copyright © 2025 Goosheh and Azadi. Published by Isfahan University of Technology.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

بررسی کارایی مواد آلی مختلف بر ویژگی‌های خاک و عملکرد گندم در جنوب استان خوزستان

محی‌الدین گوشه*  و ابوالفضل آزادی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۲/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۲۹)

۱. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: magoosheh@yahoo.com

چکیده

کربن آلی خاک با افزایش کیفیت خاک از راه بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شرایط را برای رشد بهتر گیاه فراهم می‌کند؛ بنابراین به منظور بررسی کارایی منابع مختلف مواد آلی بر برخی ویژگی‌های خاک و عملکرد گندم، آزمایشی در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت کرت‌های یکبار خرد شده با سه تکرار به مدت پنج سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور استان خوزستان انجام شد. کرت‌های اصلی شامل کود گاوی، کود مرغی، کاه و کلش گندم، باگاس و فیلتریک نیشکر و کرت‌های فرعی شامل سه سطح کودی ۲/۵، ۵ و ۱۰ تن در هکتار بودند. همچنین در هر تکرار یک کرت به عنوان شاهد (بدون مصرف کود آلی) در نظر گرفته شد. بررسی نتایج نشان داد که از بهترین منابع کود آلی موجود در استان که نتیجه مطلوبی در افزایش عملکرد گندم و بهبود خواص فیزیکی خاک داشته‌اند، کودهای فیلتریک، گاوی و باگاس نیشکر (به ترتیب با میزان عملکرد ۴۴۶۷، ۴۷۷۲ و ۴۴۵۲ کیلوگرم در هکتار) هستند. کاه و کلش گندم نیز با کمترین تأثیر بر عملکرد (۴۰۱۹ کیلوگرم در هکتار) تنها در بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک نقش عمده‌ای ایفا می‌نماید. گفتنی است که از آنجایی که در مجموع نتایج حاصل، بین مقادیر مصرف کود اختلاف معنی‌داری دیده نشده است، مصرف ۲/۵ تن در هکتار از هر منبع کودی مقرون به صرفه‌تر بوده و توصیه می‌شود. همچنین به نظر می‌رسد کاربرد تلفیقی از فیلتریک با باگاس نیشکر و یا کود گاوی و یا مرغی با کاه و کلش گندم، در مجموع به میزان ۲/۵ تن در هکتار نتیجه مطلوب‌تری در افزایش عملکرد گندم و بهبود خواص فیزیکی خاک داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: خاک، خوزستان، کودهای آلی، گندم

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط به استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است: (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



مقدمه

کشاورزی پایدار توجه به کیفیت خاک و مواد آلی خاک دارد. مواد آلی سهم مهمی در حاصلخیزی خاک دارند؛ بنابراین اهمیت کیفیت خاک باعث ایجاد تحول در نگرش نسبت به مدیریت کربن در خاک شده؛ به‌طوری که راهکارهای مدیریتی را به سوی افزایش ذخایر کربن سوق داده است (۸ و ۹). مواد آلی به علت اثرهای سازنده‌ای که بر ویژگی‌های شیمیایی (افزایش ظرفیت نگهداری عنصری)، ویژگی‌های فیزیکی (پایداری خاکدانه‌ها) و بیولوژیکی دارند، به‌عنوان رکن باروری خاک شناخته شده‌اند و کربن آلی خاک به‌عنوان عامل کلیدی در پایداری حاصلخیزی، باروری و خدمات‌رسانی زیست بوم خاک محسوب می‌شود (۱۶). توازن پایداری این فرایندها به همراه مدیریت مناسب بهره‌برداری از خاک موجب تداوم حاصلخیزی می‌شود؛ بنابراین فعالیت‌هایی که سبب هر گونه اقدام به‌منظور برهم‌زدن تعادل خاک می‌شوند، اثرهای جبران‌ناپذیر را ایجاد خواهند کرد. ژاتو و همکاران (۳۴) و جعفرنژادی و همکاران (۱۴) گزارش کردند که دستیابی به عملکرد بالقوه در خاک‌های تحت کشت، بدون تأمین مواد آلی کافی در خاک امکان‌پذیر نیست؛ ازاین‌رو استفاده عملی از کلیه راه‌هایی که بتواند مواد آلی خاک را افزایش دهد یا کمترین مواد موجود در خاک را در حد قابل قبولی حفظ نماید، از اولویت خاصی برخوردار است. جلوگیری از سوزاندن کاه کلش پس از برداشت محصول، قرار دادن کود سبز در گردش زراعی، حفظ مواد آلی با اعمال مدیریت‌های زراعی و استفاده از کمپوست به‌دست‌آمده از زباله‌های خانگی و فاضلاب‌های شهری بایستی مورد توجه قرار گیرد. فعالیت‌های کشاورزی مرسوم در بسیاری از نقاط جهان باعث کاهش ماده آلی، حاصلخیزی خاک و عملکرد کمی و کیفی محصول می‌شود. ازاین‌رو، توجه به حفظ ماده آلی خاک لازم و ضروری است. در گذشته تأمین نیاز عناصر حاصلخیزی خاک فقط پرمصرف بود که استفاده از کودهای معدنی ظاهراً سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک بود؛ اما هزینه‌های زیاد مصرف کود، آلودگی و تخریب محیط‌زیست و

خاک نگران‌کننده است؛ بنابراین، استفاده کامل از منابع غذایی گیاهی تجدد شونده به‌همراه کاربرد بهینه مواد معدنی نقش مهمی در حفظ باروری، ساختمان و فعالیت حیاتی خاک ایفا می‌کنند. در واقع یکی از عوامل تهدید کننده سلامت محصولات زراعی استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی است که باعث ناپایداری کیفیت خاک و تولید محصولات زراعی و افزایش ترکیبات مضر و خطرناک برای سلامت افراد جامعه می‌شود. کودهای شیمیایی فقط یک یا چند عنصر مورد نیاز شیمیایی برای رشد گیاه را فراهم می‌کنند؛ درحالی‌که کودهای آلی علاوه بر در دسترس قرار دادن بسیاری از عناصر کم مصرف و پرمصرف، باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و ایجاد محیطی مناسب برای رشد و کیفیت بهتر گیاهان می‌شود؛ بنابراین مصرف کودهای آلی نسبت به کودهای شیمیایی دارای اهمیت است (۲۱)؛ به‌طوری که بهشتی و همکاران (۷)، در مطالعه خود در برخی اراضی استان البرز (با کربن کم) نشان دادند که کاربرد تیمارهای مواد آلی باعث بهبود خصوصیات فیزیکی مانند ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم، هدایت هیدرولیکی اشباع (Ks)، چگالی ظاهری و پایداری خاکدانه خشک و تر شده است و بیان کردند که مصرف کودهای آلی اثرهای مثبت و مفیدی بر خصوصیات فیزیکی خاک داشته که خود منجر به حفظ سلامت و تولید پایدار در درازمدت خواهد شد.

وضعیت ماده آلی خاک در بیشتر اراضی کشاورزی استان خوزستان در حد بحرانی است و توجه به این امر می‌تواند در افزایش پتانسیل تولید در اراضی کشاورزی سهم بسزایی داشته باشد. مواد آلی نقش بسزایی در افزایش تولید و حاصلخیزی خاک دارند؛ ولی میزان آن در اراضی کشاورزی استان بسیار کمتر از حد مطلوب است. بنابراین افزایش میزان مواد آلی خاک از هر طریق ممکن به خاک‌های مورد اشاره بسیار ضروری است؛ به‌طوری که بر اساس مطالعات مشیری و همکاران (۲۲) که درصد فراوانی اراضی کشاورزی در استان‌های مختلف با مقادیر کربن آلی کمتر از یک درصد را بررسی کرده بودند، در خاک‌های خوزستان حدود ۸۳/۳ درصد از اراضی کشاورزی

کمتر از یک درصد گزارش شد؛ بنابراین بر اساس مطالعات انجام‌شده در برخی شهرستان‌های استان این رقم حتی افزایش پیدا کرده است که یک زنگ خطر محسوب می‌شود؛ زیرا با کاهش کربن آلی در خاک، جمعیت میکروبی نیز کم شده و در این حالت تجزیه و تبدیل کودهای مصرفی از جمله اوره به خوبی صورت نمی‌گیرد؛ بنابراین وضعیت کربن آلی در استان خوزستان مطلوب نیست و با افزایش میزان کربن آلی به میزان ۱ درصد در خاک‌ها، طبق مطالعات انجام‌شده، ۳۰۰ کیلوگرم بر عملکرد گندم افزوده می‌شود (۱۷). خاک‌ورزی شدید، عدم استفاده از کودهای سبز و کودهای آلی، وجود درجه حرارت زیاد و اکسیداسیون سریع این مواد، سوزاندن کاه و کلش بقایای محصولات کشاورزی از مهم‌ترین دلایل کمبود ماده آلی در خاک‌های استان خوزستان است؛ بنابراین برای حفظ و یا افزایش کربن آلی در خاک راهکارهای مختلفی از جمله اعمال روش‌های مناسب خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی، رعایت تناوب زراعی صحیح و کاربرد کودها و مواد آلی در خاک به تنهایی یا توأمان می‌بایست به کار گرفته شود. شیوه مدیریت زراعی شامل عملیات خاک‌ورزی، کوددهی، آبیاری و تناوب زراعی بر میزان کربن آلی خاک تأثیرگذار است (۴، ۱۷ و ۲۳).

یکی از راه‌های ممکن و آسان برای رفع این معضل، افزودن تدریجی ولی مداوم کودهای آلی از منابع قابل دسترس موجود در استان است. از زمان‌های قدیم افزایش فضولات دامی به مقدار زیاد به باغات و مزارع کوچک مرسوم بوده است. اما کاربرد این قبیل کودها در سطح وسیع و در مزارع گندم استان مرسوم نیست. جعفرنژادی (۱۳) به این مطلب اشاره می‌کند که به‌طور کلی، افزایش کودهای آلی به خاک باعث بهبود وضعیت حاصلخیزی و تهویه خاک شده که این پدیده نیز افزایش فعالیت بیولوژیکی میکروارگانیسم‌ها را سبب می‌شود و مجموع این عوامل، افزایش عملکرد را در پی خواهد داشت. از طرفی به‌دلیل در نظر نگرفتن اهمیت و تأثیرات مثبت مواد آلی در اراضی کشاورزی، بیشتر خاک‌های کشور از این لحاظ دچار کمبود گشته و باعث کاهش چشمگیری در حاصلخیزی خاک شده است. بدین سبب اراضی

وسیع از مناطق حاصلخیز، امروزه به‌صورت متروکه، از سکنه‌های محلی خالی گشته و خاک به‌صورت نامتناسب به‌دست طبیعت سپرده شده است. پژوهش‌های بسیاری برای مطالعه تأثیر مواد آلی بر خواص گوناگون خاک توسط پژوهشگران کشورهای متعدد صورت گرفته است (۱۰ و ۲۴). امروزه با وجود تأکید پژوهشگران حوزه کشاورزی، مصرف کودهای آلی به علل مختلفی از رواج چندان بر خوردار نیست و نیاز غذایی گیاهان دائمی بیشتر از طریق کودهای شیمیایی تأمین می‌شود. عده‌ای از پژوهشگران بر این باورند که حاصلخیزی خاک را می‌توان با عرصه مواد آلی مانند کودهای کمپوست حفظ و تجدید کرد. می‌توان با مصرف کودهای آلی فراهمی فسفر و بیشتر عناصر کم‌مصرف را به‌وسیله مکانیسم‌های مختلف افزایش داد. ریخی و همکاران (۲۷)، گزارش کردند که کاربرد ۴۰ تن در هکتار کود دامی به تنهایی توانسته است به همان میزان عملکرد گندم را افزایش دهد که مصرف ۳۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار انجام داده است. پراساد (۲۵) نیز در بررسی خود اعلام کردند که مصرف همزمان کود دامی به میزان ۱۰ تن در هکتار به همراه ۵۰٪ از کودهای NPK می‌تواند افزایش معنی‌داری در عملکرد گندم حتی در صورت مصرف ۱۰۰٪ NPK به تنهایی ایجاد کند. در مجموع میزان عملکرد در تیمارهایی که کاه و کلش مصرف کرده‌اند در مقایسه با تیمارهای کود دامی به‌طور معنی‌داری کمتر بوده است. پژوهشگران یادشده تأکید می‌کنند که دامنه واکنش گیاه به عواملی از قبیل نوع کود، کیفیت آن، زمان مصرف، مقدار آن، ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک و رطوبت خاک در طول فصل رشد گیاه بستگی دارد. به‌طور کلی افزایش کودهای آلی به خاک باعث بهبود وضعیت حاصلخیزی و تهویه خاک شده که این پدیده نیز افزایش فعالیت بیولوژیکی موجودات زنده ریز را سبب می‌شود و مجموع این عوامل افزایش عملکرد را در پی خواهد داشت (۱۹). بای و همکاران (۶) در پژوهش خود گزارش کردند که افزایش ۱۲ تن کود مرغی به خاک، اختلاف معنی‌داری بین عملکرد محصولات مختلف با تیمار کود شیمیایی به تنهایی نشان داد. افزودن کودهای آلی به خاک به‌عنوان یک راهکار مدیریتی می‌تواند با افزایش ماده آلی و در نتیجه بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از قبیل

ساختمان و پایداری خاکدانه‌ها (۵)، نفوذپذیری و افزایش قابلیت جذب و نگهداری آب در خاک (۳۲ و ۳۳)، افزایش فعالیت میکروبی (۱۹) و آزادسازی عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد گیاه، حاصلخیزی خاک را افزایش دهد. از آنجایی که تنها بخشی از عناصر غذایی موجود در کودهای آلی در سال اول پس از مصرف آزاد می‌شود و مابقی در طول سال‌های بعد رهاسازی و در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، استفاده از این کودها می‌تواند تا چند سال پس از مصرف، عملکرد گیاه را در سطح مناسبی حفظ کند (۱۱). با توجه به مطالب یادشده، هدف از این پژوهش که مبتنی بر دیدگاه‌های کشاورزی ارگانیک بوده، مقایسه اثر چند نوع کود دامی رایج در منطقه بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است. بنابراین، پژوهش حاضر سعی دارد قدمی به‌منظور تأکید اهمیت افزایش مواد آلی به خاک‌های استان خوزستان و مزارع گندم بردارد و در بین منابع آلی موجود در استان مناسب‌ترین را با در نظر گرفتن تمام جوانب آن برای توصیه به کشاورزان پیشنهاد کند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر منابع مختلف مواد آلی بر برخی ویژگی‌های خاک و عملکرد گندم، آزمایشی در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت کرت‌های یکبار خرد شده با سه تکرار به مدت پنج سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور در ۷۰ کیلومتری جاده اهواز - شوش با طول شرقی ۴۸°۲۷' و عرض شمالی ۳۱°۵۰' که دارای بافت خاک سطحی از نوع لوم رسی سیلتی بود، انجام شد. کرت‌های اصلی شامل کود گاوی، کود مرغی، کاه و کلش گندم، باگاس و فیلتریک نیشکر و کرت‌های فرعی شامل سه سطح کودی ۲/۵، ۵ و ۱۰ تن در هکتار بودند. همچنین در هر تکرار یک کرت به‌عنوان شاهد (بدون مصرف کود آلی) در نظر گرفته شد. در واقع یکی از اهداف عمده انتخاب مقادیر کم کودهای آلی به‌جای مقادیر زیاد آنها (بنا به فرض ۳۰ یا ۴۰ تن در هکتار)، بعد اقتصادی مسئله و توان مالی غالب کشاورز منطقه بوده است.

کودهای مد نظر پس از تعیین درصد رطوبت و ماده خشک آن، مطابق مقادیر مد نظر در تیمارها، وزن شده و سپس توسط دیسک با خاک مخلوط شد. سطح هر کرت فرعی ۱۸ مترمربع (۳×۶ متر)، فاصله کرت‌های فرعی از هم ۱ متر و کرت‌های اصلی ۲ متر و تکرارها از هم ۵ متر هستند. کلیه عملیات کاشت، داشت و برداشت گندم (رقم چمران) مطابق توصیه بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر رعایت شد. کودهای ماکرو و میکرو بر اساس آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب در مرحله کاشت به خاک اضافه شد (فقط کود اوره در دو تا سه نوبت تقسیم مصرف شد). بعد از برداشت محصول، در نهایت عملکرد دانه و اجزاء آن و با نمونه‌برداری از خاک برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (۱۸ و ۳۱). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله واکنش گل اشباع و هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (۲۹)، وزن مخصوص ظاهری خاک به روش نمونه‌برداری دست‌نخورده با استفاده از استوانه نمونه‌برداری از نمونه‌های خاک و توزین پس از خشک‌شدن در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تعیین شد و میزان نفوذ پایه آب به روش استوانه مضاعف میزان نفوذ تجمعی، سرعت نفوذ لحظه‌ای و زمان رسیدن به نفوذ پایه برای هر کرت آزمایش تعیین شد. در نهایت پس از برداشت، از خاک برای تعیین پایداری خاکدانه‌ها نمونه‌برداری شد و روش الک تر برای تعیین MWD (میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها) استفاده شد. بدین ترتیب که نمونه‌های خاک از مجموعه‌ای از الک‌ها با اندازه‌های ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۱۲، ۰/۱۰۶ و ۰/۰۷۵ میلی‌متر عبور داده شد. سپس وزن خاک باقی‌مانده روی هر الک تعیین گردید. از معادله (۱) برای تعیین MWD استفاده شد:

$$MWD = \sum \ln(X_i \cdot W_i) \quad (1)$$

که در این معادله:

X_i میانگین قطر خاکدانه‌هایی که روی هر الک باقی می‌ماند (میانگین قطر ذرات بین دو الک)، W_i نسبت وزن خاکدانه‌ها روی هر الک به وزن کل خاک و n تعداد الک‌ها است. پس از تجزیه آماری نتایج، میانگین‌های حاصل توسط آزمون چند

دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر مقایسه شدند. قبل از اجرای آزمایش به منظور بررسی وضعیت حاصلخیزی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه مرکب خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد که نتایج آن در جدول ۱ درج شده است. برخی از خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده و ویژگی‌های منابع مختلف ماده آلی مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است، بیشترین میزان ازت در بین کودهای آلی به کود مرغی (حداقل دو برابر سایر کودها) تعلق دارد و بیشترین میزان فسفر و همچنین میزان مس در فیلترکیک نیشکر بود. بیشترین میزان پتاسیم، آهن و منگنز مربوط به کود گاوی بوده و در سایر موارد منابع آلی اختلاف چندانی نداشتند.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک
از خواص فیزیکی خاک سه پارامتر وزن مخصوص ظاهری خاک، سرعت نفوذ آب در خاک (نفوذ پایه) و پایداری خاکدانه‌ها (MWD) اندازه‌گیری شد که نتایج مربوط به جدول تجزیه واریانس مرکب ۵ سال آزمایش مربوط به فاکتورهای اندازه‌گیری شده در جدول ۳ درج شده است. در رابطه با وزن مخصوص ظاهری خاک و سرعت نفوذ آب، اثر سال تابع نظم خاصی نبوده و تفاوت‌ها کاملاً تصادفی هستند؛ اما پایداری خاکدانه‌ها اختلاف معنی‌دار در اثر سال مربوط به سایر عوامل بوده و به اثر تیمارها ارتباطی ندارد. یکی از دلایل ایجاد اختلاف در نتایج، می‌تواند به میزان بارندگی و ایجاد شرایط مطلوب در افزایش فعالیت میکروبی خاک و در نهایت افزایش پایداری خاکدانه مربوط باشد؛ به‌طوری که در سال دوم اجرای طرح میزان بارندگی در فصل کشت به ۲۵۶ میلی‌متر رسید؛ در حالی که در سال‌های دیگر میزان بارندگی بسیار کمتر بوده و بیشینه بارندگی ۹۷ میلی‌متر بود (جدول ۴). اما در مورد اثر فاکتور نوع کود (جدول ۶)، نتایج نشان می‌دهد که کمترین وزن مخصوص ظاهری خاک مربوط به تیمار کود گاوی بوده

و بیشترین آن (با به عبارتی کمترین تأثیر کود بر این پارامتر) به تیمار فیلترکیک تعلق دارد. بقیه تیمارها در بین دو گروه قرار دارند. جلیلی (۱۵) در مطالعه خود نشان داد مصرف کود دامی باعث افزایش عملکرد دانه و همچنین بهبود ویژگی‌های خاک از جمله کاهش اسیدیته، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش کربن آلی خاک شد. بررسی اثر نوع کود بر شاخص پایداری خاکدانه‌ها نیز حکایت از این دارد که بیشترین تأثیر بر شاخص MWD مربوط به تیمار باگاس نیشکر (با مقدار ۱/۱۸۶۰) و بعد از آن تیمار شاهد (به میزان ۱/۱۶۶۰) و سپس تیمار بقایای گندم (به میزان ۱/۱۲۱۰) است. سایر تیمارها به ترتیب کود گاوی، کود سبز و کود مرغی و در نهایت کمترین تأثیر بر شاخص MWD به تیمار فیلترکیک نیشکر (به میزان ۰/۹۴۰۴) است.

نقش مؤثر مواد آلی در افزایش پایداری خاکدانه‌ها و به دنبال آن ایجاد خاکدانه‌های بزرگ‌تر و افزایش مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها را با افزایش نیروی پیوستگی بین خاکدانه‌ها به‌وسیله ترکیبات موجود در مواد آلی مرتبط می‌دانند (۳ و ۲۸).

به‌طور کلی افزایش مواد آلی به خاک سبب افزایش پایداری ساختمان خاک می‌شود؛ زیرا مواد آلی از یک طرف سبب اتصال ذرات خاک به یکدیگر و از طرف دیگر سبب افزایش سریع جمعیت میکروبی خاک می‌شود (۵).

در مورد اثر نوع کود بر سرعت نفوذ پایه آب در خاک نیز می‌توان گفت، به‌طور کلی بین تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشته و فقط بین تیمارهای باگاس و بقایای گندم که بیشترین تأثیر را داشته‌اند با تیمار فیلترکیک (که کمترین تأثیر را داشته) اختلاف معنی‌داری وجود دارد. مقدار کود نیز در هر سه متغیر اختلاف معنی‌داری نداشت. پژوهش‌های مختلفی به نقش مواد آلی در بهبود خصوصیات بیولوژیکی پرداخته است؛ به‌طوری که ماریناری و همکاران (۲۰) در ارزیابی تأثیر مقادیر مختلف کودهای آلی و معدنی بر ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک به این نتیجه رسیدند که کودهای آلی باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک می‌شود که به افزایش ماکروپورها و

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

EC	pH	P _b	OC	P	K	Fe	Cu	Mn	بافت خاک	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
		(g.cm ⁻³)	(%)			(mg.kg ⁻¹)				(%)	(%)	cm
۲/۸	۷/۸	۱/۳۵	۰/۷	۸/۲	۲۳۹	۹/۶	۱/۳	۸/۵	لوم رس سیلتی	۱۴	۴۸	۳۸

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های منابع مختلف آلی مورد استفاده

ردیف	مشخصات نمونه	نسبت کربن به ازت	رطوبت	ماده خشک	ازت	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	آهن	مس	منگنز
		%							ppm		
۱	کاه گندم	۶۵	۹	۹۱	۰/۷۴	۴۸	۸۸۷	۱/۷۴	۸۷۲	۱۴/۴	۶۲
۲	کود مرغی	۱۴	۷	۹۳	۲/۷۲	۳۸	۶۰۴۰	۱/۰	۵۳۷۴	۳۰/۵	۳۰۰
۳	کود گاوی	۲۱	۶/۸	۹۳/۲	۱/۴۷	۳۱	۸۰۹۶	۲/۹۷	۷۰۹۲	۳۱/۵	۴۱۶
۴	باگاس نیشکر	۳۲/۵	۴۴	۵۶	۱/۵۹	۵۲	۳۶۸	۰/۱۷	۴۰۸	۴/۳	۲۴
۵	فیلتریک	۴۹/۵	۵۴	۴۶	۰/۹۹	۴۹	۱۱۱۰۲	۰/۲۸	۴۴۰۰	۵۸/۰	۵۴

منافذ بهم پیوسته مربوط می‌شود. راین و آلو (۲۶)، در بررسی خود گزارش کردند که کودهای آلی علاوه بر بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک از قبیل میزان و قابلیت جذب عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیک خاک نظیر ظرفیت نگهداری آب خاک، پایداری خاکدانه‌ها، تخلخل خاک، جمعیت و میزان فعالیت موجودات زنده مفید خاک که همگی بر رشد و عملکرد گیاه تأثیر مثبت دارند نیز می‌شود.

بررسی اثرهای تداخلی نوع و مقدار کود (شکل ۱) نیز نشان می‌دهد که تیمار ۱۰ تن در هکتار باگاس بیشترین تأثیر را بر MWD داشته و به تنهایی در گروه A قرار می‌گیرد. بعد از آن تیمارهای ۵ تن کاه و کلش گندم و شاهد در گروه AB واقع می‌شوند. در گروه سوم (ABC) نیز سه تیمار ۲/۵ و ۵ تن باگاس و ۱۰ تن در هکتار بقایای گندم قرار می‌گیرند. کمترین مقدار نیز به تیمار ۲/۵ تن در هکتار کود سبز تعلق دارد (گروه D).

اثر نوع کود بر تشکیل و پایداری خاکدانه به نوع کود وابسته است (۴). تیمارهای به کار رفته در این پژوهش نیز از سه گروه ماده آلی بوده که عبارت‌اند از: فیلتریک یا گل صافی نیشکر (از ضایعات مرحله نهایی عصاره‌گیری از نی و حاوی ترکیبات قندی)

از گروه پلی‌ساکاریدهای زود تجزیه‌شونده (گروه اول)، کود سبز و کودهای گاوی و مرغی از گروه دوم یا پلی‌ساکاریدهای با سرعت تجزیه متوسط و گروه سوم یا پلی‌ساکاریدهای دیرتجزیه‌شونده و سلولزی شامل باگاس نیشکر (از ضایعات مراحل ابتدایی عصاره‌گیری از نی) و کاه و کلش گندم. بنابراین می‌توان گفت، پس از افزودن این کودها به خاک در مهرماه هر سال، ابتدا در تیمار فیلتریک، خاکدانه‌ها در همان چند هفته اول به بیشترین پایداری خود رسیده و به علت تجزیه این مواد، به سرعت از پایداری خاکدانه‌ها کاسته شده است. اما در تیمارهای کود مرغی، کود گاوی و کود سبز بیشینه پایداری خاکدانه‌ها پس از چند ماه (احتمالاً ۴ تا ۵ ماه) حاصل آمده و بعد از آن به تدریج کاهش یافته است. در تیمارهای باگاس و بقایای گندم نیز از پس از چند هفته از مصرف کود خاکدانه‌ها تشکیل و به تدریج روند پایداری خود را طی کرده‌اند؛ از این رو به نظر می‌رسد که به‌منظور ایجاد خاکدانه‌های پایدار به زمانی بیشتری نیاز است. شواهد حکایت از این دارد که افزایش فعالیت میکروبی خاک و تشکیل هوموس از مواد آلی اولیه در خاک محل آزمایش بعد از حداقل چهار سال پدید می‌آید.

K	منبع	درجه آزادی				عملکرد	وزن هزار دانه	وزن مخصوص ظاهری خاک	پایداری خاکدانه‌ها (MWD)	ارتفاع گیاه	سرعت نفوذ پایه	طول سنبله	تعداد سنبله در متر مربع
		گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴								
۱	سال	۴	۳	۲	۱	۵۳۳۹۶۰۹۸۸۴۹**	۷۷/۱۵۰**	۰/۱۱۲**	۱/۰۱۷**	۱۰۲/۴۶۶**	۷/۱۸۵**	۹/۰۳۷**	۲۰۴۲۹۳/۹۸۹ ^{US}
۳	سال * تکرار	۱۰	۸	۶	۳	۶۶۵۵۳۰/۶۷۹ ^{US}	۳/۰۷۸ ^{US}	۰/۰۲۰*	۰/۱۶۱ ^{US}	۱۵/۴۷۳ ^{US}	۰/۶۷۷ ^{US}	۲/۸۸۴*	۱۳۱۰۹۹/۸۷۳ ^{US}
۴	فاکتور اصلی	۶	۶	۶	۶	۳۱۸۸۲۱۰/۳۹۶**	۳۱/۴۹۴**	۰/۰۳۳**	۰/۲۷۵*	۱۸۹/۵۰۸**	۱/۰۶۳*	۵/۱۲۹**	۱۵۷۷۴۷/۲۵۶ ^{US}
۵	سال * فاکتور اصلی	۲۴	۱۸	۱۲	۱۲	۲۰۵۴۵۸۷/۰۵۸**	۸/۹۰۳**	۰/۰۲۶**	۰/۱۱۹ ^{US}	۷۷/۰۸۳**	۰/۵۷۵ ^{US}	۱/۹۲۰ ^{US}	۱۲۰۵۴۵/۹۶۵ ^{US}
۷	خطا	۶۰	۴۸	۳۶	۳۶	۵۳۳۶۴۵/۸۷۲	۲/۱۴۴	۰/۰۰۹	۰/۰۹۵	۱۱/۷۶۹	۰/۴۴۱	۰/۹۹۵	۱۱۲۷۱۱/۱۵۷
۸	فاکتور فرعی	۲	۲	۲	۲	۳۴۲۷۷۳/۶۸۶ ^{US}	۷/۷۷۹**	۰/۰۰۰	۰/۰۴۰ ^{US}	۱۱/۹۸۰ ^{US}	۰/۳۴۹ ^{US}	۲/۷۰۴**	۱۰۳۷۰۵/۴۸۱
۹	سال * فاکتور فرعی	۸	۶	۴	۴	۴۸۶۷۰۲/۹۶۳ ^{US}	۱/۸۲۰ ^{US}	۰/۰۰۳	۰/۰۳۸ ^{US}	۹/۸۷۴*	۰/۲۹۸ ^{US}	۲/۸۷۸**	۱۰۶۲۱۶/۸۸۳
۱۲	اثرات تداخلی	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۳۱۴۲۵۷/۱۴۵	۱/۴۹۰ ^{US}	۰/۰۰۵ ^{US}	۰/۰۴۰ ^{US}	۵/۶۱۹ ^{US}	۰/۲۶۲ ^{US}	۰/۵۶۸ ^{US}	۱۱۰۹۲۷/۷۹۰
۱۳	سال * اثرات تداخلی	۴۸	۳۶	۲۴	۲۴	۳۴۱۷۱۸/۲۸۴ ^{US}	۱/۸۹۳**	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷	۶/۰۱۹ ^{US}	۰/۱۷۲	۰/۴۷۴ ^{US}	۱۱۳۴۳۶/۶۳۸
۱۵	خطا	۱۴۰	۱۱۲	۸۴	۸۴	۳۴۱۶۲۸/۴۸۳	۰/۹۴۷	۰/۰۰۵	۰/۰۳۷	۴/۳۱۵	۰/۲۲۰	۰/۴۶۳	۱۱۵۰۷۷/۹۹۷
ضرب تغییرات						٪۱۳/۴۳	٪۲/۶۰	٪۵/۳۱	٪۱۸/۲۵	٪۲/۱۲	٪۷۳/۷۸	٪۸/۲۱	۶۵/۷۰

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب منابع تغییر

میانگین مربعات

جدول ۴. مقایسه میانگین های اثر سال

پایداری	سرعت نفوذ پایه	تعداد سنبله	طول سنبله	ارتفاع بوته	وزن مخصوص	وزن هزار	عملکرد
سال	خاکدانه ها	در مترمربع	سانتی متر	سانتی متر	ظاهری خاک	دانه	کیلوگرم
(MWD*)	سانتی متر بر ساعت				گرم بر سانتی متر مکعب	گرم	بر هکتار
۱	۰/۹۶۸۴ ^b	۱/۰۱ ^a	۵۳۳/۰ ^a	۸/۴۶۰ ^a	۹۹/۶۵ ^a	۱/۳۴۱ ^{ab}	۳۷/۹۸ ^b
۲	۱/۱۹۹۰ ^a	۰/۵۵ ^b	۴۵۲/۹ ^a	۸/۵۵۶ ^a	۹۷/۷۰ ^b	۱/۳۵۳ ^{bd}	۳۷/۹۰ ^b
۳	۰/۹۹۱۷ ^b	۰/۳۵ ^b	۵۶۳/۱ ^a	۷/۸۵۷ ^b	۹۸/۷۶ ^a	۱/۴۱۱ ^d	۳۶/۷۰ ^c
۴	-	-	-	-	۹۶/۷۱ ^c	۱/۳۸۳ ^c	۳۵/۹۴ ^d
۵	-	-	-	-	-	۱/۳۰۰ ^a	۳۸/۷۰ ^a

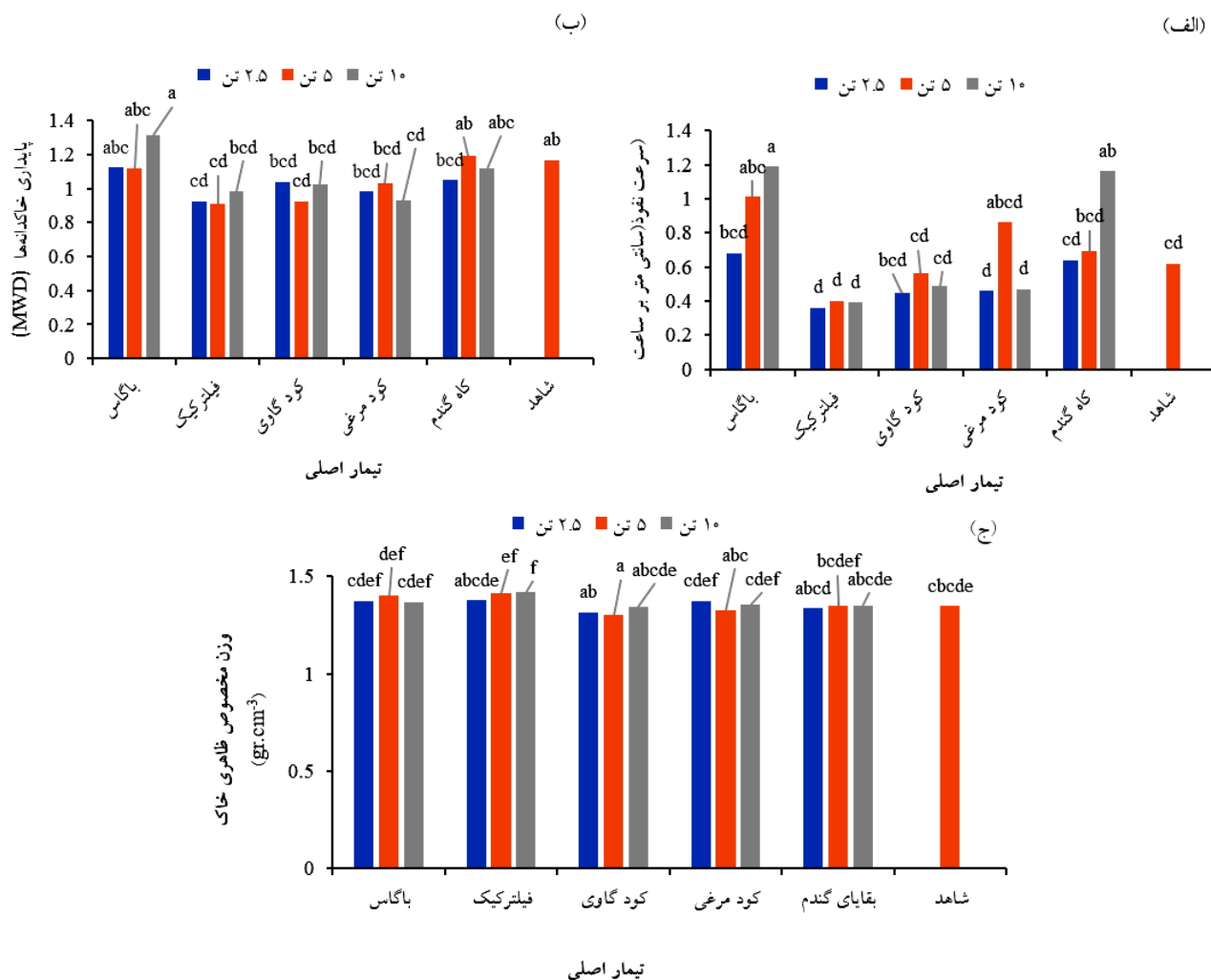
* میانگین وزنی قطر خاکدانه ها

جدول ۵. مقایسه میانگین های فاکتور فرعی (مقدار کود)

مقدار کود	عملکرد	پایداری	سرعت نفوذ پایه	تعداد سنبله	طول سنبله	ارتفاع بوته	وزن مخصوص	وزن هزار
تن در هکتار	کیلوگرم بر هکتار	خاکدانه ها	سانتی متر بر ساعت	در مترمربع	سانتی متر	ظاهری خاک	گرم بر سانتی متر مکعب	دانه
	(MWD)					گرم		
۲/۵	۴۴۱۱ ^a	۱/۰۲۶ ^a	۰/۵۴ ^a	۵۶۳/۰ ^a	۸/۵۰۸ ^a	۹۸/۶۱ ^a	۱/۳۶۰ ^a	۳۷/۱۹ ^b
۵	۴۳۴۹ ^a	۱/۰۵۶ ^a	۰/۶۸ ^a	۴۹۷/۰ ^a	۸/۲۷۰ ^{ab}	۹۸/۱۵ ^{ab}	۱/۳۵۶ ^a	۳۷/۴۰ ^b
۱۰	۴۲۹۷ ^a	۱/۰۷۷ ^a	۰/۶۷ ^a	۴۸۹/۱ ^a	۸/۰۹۵ ^b	۹۷/۸۶ ^b	۱/۳۵۶ ^a	۳۷/۷۳ ^a

جدول ۶. مقایسه میانگین های فاکتور اصلی (نوع کود)

تیمار	عملکرد	پایداری	سرعت نفوذ پایه	تعداد سنبله در	طول سنبله	ارتفاع بوته	وزن مخصوص	وزن هزار
کیلوگرم بر هکتار	خاکدانه ها	سانتی متر بر ساعت	مترمربع	سانتی متر	ظاهری خاک	گرم بر سانتی متر مکعب	دانه	گرم
(MWD)					گرم			
گاوی	۴۴۵۲ ^{ab}	۰/۹۹۶۷ ^{bc}	۰/۵۰ ^{bc}	۵۰۸/۰ ^{ab}	۸/۲۵۹ ^b	۹۹/۱۴ ^b	۱/۳۲۰ ^a	۳۸/۶۷ ^a
مرغی	۴۴۱۵ ^b	۰/۹۸۰۰ ^{bc}	۰/۶۰ ^{abc}	۵۷۲/۲ ^{ab}	۸/۹۶۳ ^a	۱۰۰/۲۰ ^{ab}	۱/۳۵۱ ^{bc}	۳۷/۵۵ ^{bc}
باگاس	۴۴۶۷ ^{ab}	۱/۱۸۶۰ ^a	۰/۹۶ ^a	۶۵۲/۵ ^a	۸/۴۸۱ ^{ab}	۹۸/۳۶ ^c	۱/۳۸۱ ^{bc}	۳۷/۲۵ ^{bc}
فیلتریک	۴۷۷۲ ^a	۰/۹۴۰۴ ^c	۰/۳۸ ^c	۴۶۷/۰ ^{ab}	۸/۵۱۹ ^{ab}	۱۰۰/۹۰ ^a	۱/۴۰۳ ^c	۳۷/۸۰ ^b
بقایای گندم	۴۰۱۹ ^c	۱/۱۲۱۰ ^{abc}	۰/۸۳ ^b	۴۵۸/۹ ^{ab}	۸/۰۷۴ ^{bc}	۹۶/۳۱ ^d	۱/۳۴۵ ^b	۳۷/۹۰ ^b
شاهد	۴۳۲۱ ^{bc}	۱/۱۶۶۰ ^{ab}	۰/۶۲ ^{abc}	۴۲۹/۸ ^b	۷/۵۵۶ ^c	۹۸/۳۳ ^c	۱/۳۴۷ ^{bc}	۳۶/۰۱ ^d



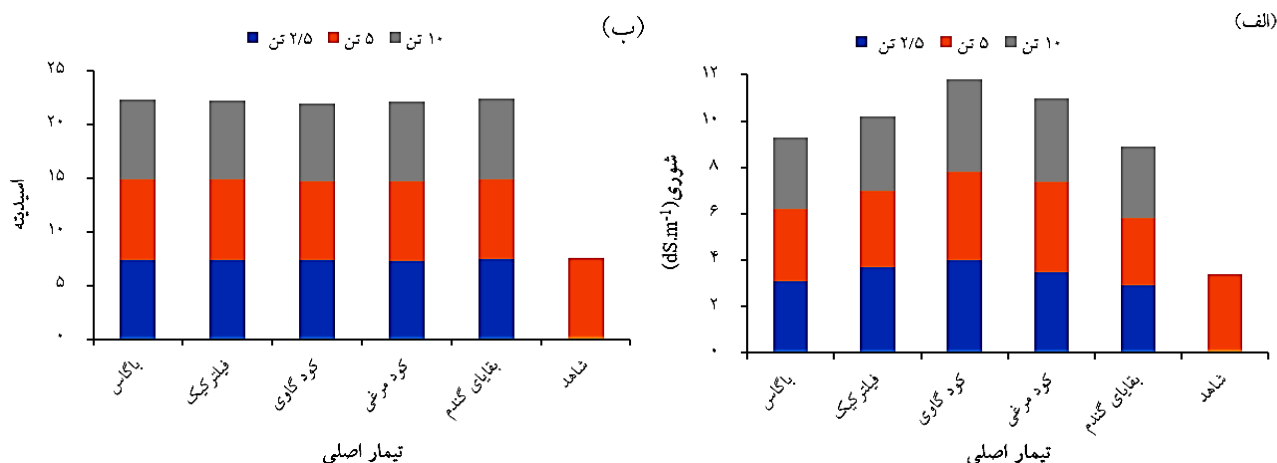
شکل ۱. مقایسه میانگین‌های اثر تداخلی فاکتور اصلی و فرعی خصوصیات فیزیکی خاک

تیمارها) ۷/۰ و بیشترین آن ۷/۹ و میانگین آنها نیز بین ۷/۳ تا ۷/۶ (تیمار شاهد) است که نشان‌دهنده این مطلب است که اثر افزایش کود آلی بر این عامل خاک به دلیل خاصیت تامپونی آن ناچیز است (۲۹).

اثر مواد آلی بر عملکرد محصول

بررسی نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین‌های اثر سال بر عملکرد محصول (جدول ۴) نشان می‌دهد که در مجموع ۵ سال آزمایش سال‌های چهارم و پنجم بهترین نتایج را در عملکرد دانه داشته‌اند و با سایر سال‌ها اختلاف معنی‌داری دارد و بعد از آن به ترتیب سال‌های اول، سوم و دوم قرار می‌گیرند. این نتایج نشان می‌دهد که کمترین زمان لازم برای حصول نتیجه مطلوب

شوری و اسیدیته نیز از خواص شیمیایی خاک بوده که مورد سنجش قرار گرفتند. میانگین نتایج پنج سال تجزیه خاک در مورد شوری و اسیدیته (شکل ۲) نشان می‌دهد که کمترین شوری خاک ۲/۹ دسی‌زیمنس بر متر بوده که متعلق به تیمارهای کاه و کلش گندم در سطوح ۲/۵ و ۵ تن در هکتار است و بیشترین آن ۴ دسی‌زیمنس بر متر بوده که به تیمارهای ۲/۵ و ۱۰ تن در هکتار کود گاوی تعلق دارد. پوزش و همکاران (۲۴) در بررسی‌های خود افزایش شوری خاک در تیمار حاوی کودهای دامی را گزارش کرده‌اند. بنابراین بیشترین اختلاف میانگین ۵ ساله شوری خاک بین تیمارها ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر است که قابل توجه نیست. در مورد اسیدیته نیز کمترین مقدار (در کل داده‌های ۵ سال برای همه



شکل ۲. میانگین تغییرات شوری (الف) و اسیدیته خاک (ب) در مدت ۵ سال آزمایش

به شرایط اقلیمی، نوع خاک و کاربری اراضی به سمت یک تعادل جدید سوق داده می‌شود. در این ارتباط آزمایش‌های بلندمدت در انگلستان انجام شده است که مشخص می‌کند نیمی از تجمع کربن آلی خاک در دوره بلندمدت (۱۰۰ ساله)، در ۲۰ سال اول اتفاق می‌افتد و پس از آن میزان تغییر به‌طور آهسته ادامه خواهد داشت؛ بنابراین، روند تجمع کربن آلی در خاک بسیار آهسته صورت می‌گیرد و به این منظور عملیات مدیریتی نیازمند استمرار است. علاوه بر اینکه تغییر مدیریتی از شرایط بهینه باعث برگشت ماده آلی به وضعیت اولیه می‌شود (۱۲).

نتایج مقایسه میانگین‌های نوع کود به‌عنوان فاکتور اصلی که در جدول ۶ ارائه شده است، نشان می‌دهد که بهترین تأثیر بر عملکرد دانه مربوط به تیمار فیلتریک نیشکر است که با تیمارهای کودهای گاوی و باگاس در یک گروه مشترک هستند. شهزادی و همکاران (۳۰)، در پژوهشی منابع مختلف ماده آلی از قبیل بقایای گیاهی، ضایعات صنعتی حاصل از تولید نیشکر و کود گاوی را به خاک افزوده و دو سال پس از آن اقدام به کشت گندم کرده و عنوان کردند که افزودن کودهای آلی به خاک، عملکرد گندم را به میزان ۲۲ تا ۴۲ درصد افزایش داد.

کمترین تأثیر بر عملکرد مربوط به تیمارهای کاه و کلش گندم و شاهد است. تیمار کود مرغی نیز با شاهد مشترک است. مشاهدات مزرعه‌ای، نتایج تجزیه آماری مربوط به بقایای گندم و کود سبز و کود مرغی را تأیید می‌کند. در خصوص تیمار

از مصرف کودهای آلی (از هر منبعی) به‌منظور افزایش عملکرد گندم، ۴ سال مداوم است و البته در سال‌های بعد انتظار افزایش بیشتری در عملکرد گندم می‌رود. همان‌طور که جدول ۴ مشخص است، کمترین عملکرد مربوط به سال‌های دوم و سوم است؛ زیرا در این سال‌ها فعالیت ریزجانداران خاک به بیشترین مقدار خود (بر اثر افزایش منبع غذایی) رسیده و از آنجایی که هنوز میزان ذخیره غذایی خاک به حدی نرسیده است که برای تغذیه این موجودات کافی باشد، ذخیره موجود خاک مصرف شده که نتیجه آن به‌صورت کاهش عملکرد ظاهر می‌شود. اما در سال اول به دلیل آنکه هنوز فعالیت میکروبی خاک به اپتیمم خود نرسیده است، کودهای آلی به‌عنوان یک منبع غذایی برای گیاه باعث افزایش عملکرد می‌شود. علیزاده و همکاران (۲)، در مطالعه خود گزارش کردند که آزمایش‌های مربوط به تأثیر کودهای آلی در خاک بایستی درازمدت بوده و برای چندین سال متوالی انجام شوند. ادلک (۱)، گزارش کرد که مصرف ۱۱ تن در هکتار کمپوست (بر اساس وزن ماده خشک) تنها بعد از سه سال کربن آلی و نیتروژن کل خاک، فعالیت میکروبی خاک و عملکرد دانه گندم را در مقایسه با شرایط عدم مصرف کود و تیمار مصرف کود شیمیایی افزایش داد؛ ولی تا ۲۲ سال بعد از مصرف دارای اثر باقیمانده و مفید بر ویژگی‌های خاک بود. لازم به ذکر است که مطابق با گزارش کولمن و همکاران (۸)، به محض تغییر در عملیات مدیریتی، کربن آلی خاک بسته

اجزاء عملکرد

به نظر می‌رسد که اختلافات موجود در اثر سال بر اجزاء عملکرد (جدول ۲) از یک روند معنی‌داری پیروی نکرده و تفاوت‌های موجود بیشتر به اختلاف در نحوه اجرای طرح در سال‌های مختلف مرتبط باشد. بر اساس نتایج موجود در جدول ۶، بیشترین تأثیر بر وزن هزار دانه مربوط به تیمار کود گاوی بوده و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد و کمترین تأثیر مربوط به شاهد است که سایر تیمارها با آن اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهند. دویی و همکاران (۱۱) در مطالعه خود گزارش کردند که محتوای زیاد عناصر غذایی رهاسازی‌شده از کودهای آلی باعث رشد بهتر برگ‌ها و سطوح سبز گیاه شده که با بهبود فتوسنتز، تولید مواد پرورده را افزایش می‌دهد که در نتیجه میانگین وزن دانه و وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. همچنین بیشترین تأثیر وزن هزار دانه مربوط به تیمار ۱۰ تن در هکتار بوده که با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۷). در مورد ارتفاع بوته، بیشترین تأثیر را تیمارهای فیلترکیک و کود مرغی داشته (جدول ۶) و بعد از آنها تیمار کود گاوی است که در گروه دوم قرار دارد و کمترین اثر بر ارتفاع بوته مربوط به تیمارهای بقایای گندم و کود سبز است که علت آن، همان‌طور که قبلاً گفته شد، نسبت کربن به ازت زیاد در این تیمارها و زردی و کاهش رشد در اثر فعالیت زیاد میکروبی است. تیمارهای باگاس و شاهد نیز در گروه سوم قرار دارند. بیشترین طول سنبله به تیمارهای کود مرغی، فیلترکیک و باگاس تعلق داشته که با تیمارهای شاهد اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهند. سایر تیمارها نیز بین این دو گروه مشترک هستند. سطح ۵ تن در هکتار کود بیشترین تأثیر را بر هر دو عامل ارتفاع بوته و سنبله داشته و با سطح ۲/۵ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد. سطح ۱۰ تن در هکتار نیز بین دو گروه مشترک است. در مورد تأثیر نوع کود بر تعداد سنبله در مترمربع که در جدول ۶ ارائه شده است، می‌توان گفت که بیشترین مقدار به تیمار باگاس تعلق داشته و اختلاف معنی‌داری با شاهد که کمترین تأثیر را داشته است، دارد و سایر تیمارها بین دو گروه مشترک هستند. میزان کاربرد کود آلی هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بر این متغیر نداشته است (جدول ۷).

بقایای گندم می‌توان گفت، علت افت عملکرد دو دلیل دارد: دلیل اول زیاد بودن نسبت کربن به ازت در این تیمار است که باعث ایجاد فقر ازت در خاک بر اثر فعالیت شدید ریزجانداران و مصرف زیاد ازت خاک حاصل می‌شود. این مسئله باعث زرد شدن بوته‌های گندم از زمان پنجه‌دهی تا انتهای ساقه‌دهی می‌شود. به همین دلیل است که این نوع کودهای آلی نسبت به سایرین نیاز به زمان بیشتری برای پوسیده شدن دارند. دلیل دوم آن است که هرچه میزان خرد شدن ذرات بیشتر باشد، سرعت تجزیه و عمل پوسیدن سریع‌تر خواهد بود. اما در خصوص کود مرغی که با وجود انتظاری که از آن می‌رفت (به علت ارزش غذایی زیادی که دارد) از عملکرد خوبی برخوردار نبوده است، علت آن ورس شدید (نسبت به سایر تیمارها) و خوابیدگی بوته‌ها در زمان پرکردن دانه است. این مسئله در تمام سال‌ها دیده شد و با وجود قطع کود سرک اوره در سال‌های چهارم و پنجم، بازهم این پدیده دیده شد.

مطابق با نتایج ارائه شده در جدول ۴، دیده می‌شود که بیشترین میزان ازت در بین کودهای آلی به کود مرغی (حداقل دو برابر سایر کودها) تعلق دارد. همچنین بیشترین ارتفاع بوته و سنبله مربوط به این تیمار است. بنابراین، به دلایل یادشده خوابیدگی بوته‌ها انتظار می‌رود. پدیده ورس باعث می‌شود تا عملیات برداشت با مشکل مواجه شده؛ به‌طوری که ریزش دانه از یک طرف و عدم امکان تعیین دقیق سطح برداشت از طرف دیگر، در مقدار واقعی سطح برداشت خطا ایجاد می‌کند. البته پدیده ورس، در تیمارهای فیلترکیک و کود گاوی نیز به خصوص در سطوح ۵ و ۱۰ تن در هکتار دیده شد.

گفتنی است که با توجه اطلاعات موجود در جدول ۵، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین اثر مقادیر کودهای مصرفی بر عملکرد دانه دیده نمی‌شود. جدول ۷ نیز تأییدی بر مطالب گفته‌شده دارد؛ به‌طوری که مقایسه اثر تداخلی نوع و مقدار کود نیز نشان داد که بیشترین تأثیر بر عملکرد، مربوط به تیمار فیلترکیک در سطح ۲/۵ تن در هکتار بوده و بعد از آن سطوح ۱۰ و ۵ تن در هکتار این کود قرار دارند.

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های اثر تداخلی فاکتور اصلی و فرعی عملکرد و اجزای آن

تیمار	تعداد سنبله در مترمربع	طول سنبله	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه		عملکرد
				گرام	کیلوگرم بر هکتار	
کود گاوی	۲/۵	۵۰۵/۷ ^a	۸/۰۰۰ ^{def}	۹۸/۳۳ ^{cd}	۳۸/۴۵ ^{bc}	۴۳۰۱ ^{bcde}
	۵	۵۱۳/۰ ^a	۸/۶۶۷ ^{bcd}	۹۹/۵۰ ^{abc}	۳۸/۳۵ ^{bc}	۴۵۶۸ ^{abc}
	۱۰	۵۰۵/۳ ^a	۸/۱۱۱ ^{def}	۹۹/۵۸ ^{abc}	۳۹/۲۱ ^a	۴۴۸۸ ^{bcd}
	۲/۵	۵۶۷/۸ ^a	۸/۳۳۳ ^{cd}	۹۹/۰۰ ^{bc}	۳۷/۱۳ ^{fghi}	۴۵۶۷ ^{abc}
کود مرغی	۵	۵۷۷/۶ ^a	۹/۴۴۴ ^a	۱۰۰/۸۰ ^{ab}	۳۷/۵۱ ^{fghi}	۴۳۹۴ ^{bcde}
	۱۰	۵۷۱/۲ ^a	۹/۱۱۱ ^{ab}	۱۰۰/۸۰ ^{ab}	۳۸/۰۱ ^{bcde}	۴۲۸۴ ^{bcde}
	۲/۵	۴۷۲/۹ ^a	۸/۶۶۷ ^{bcd}	۹۹/۰۰ ^{bc}	۳۶/۹۲ ^{hi}	۴۴۵۹ ^{bcde}
	۵	۴۹۵/۲ ^a	۸/۳۳۳ ^{cde}	۹۹/۱۷ ^{bc}	۳۷/۲۰ ^{defghi}	۴۴۳۷ ^{bcde}
باگاس	۱۰	۴۸۹/۴ ^a	۸/۴۴۴ ^{bcde}	۹۶/۹۲ ^{de}	۳۷/۶۳ ^{defghi}	۴۵۰۶ ^{bcd}
	۲/۵	۴۵۸/۸ ^a	۸/۲۲۲ ^{cdef}	۱۰۰/۳۰ ^{ab}	۳۷/۱۱ ^{ghi}	۵۰۱۵ ^a
	۵	۴۶۹/۹ ^a	۸/۸۸۹ ^{abc}	۱۰۱/۲۰ ^a	۳۷/۸۲ ^{cdefg}	۴۵۸۸ ^{abc}
	۱۰	۴۷۲/۳ ^a	۸/۴۴۴ ^{bcde}	۱۰۱/۳۰ ^a	۳۸/۴۶ ^b	۴۷۱۴ ^{ab}
فیلتریک	۲/۵	۴۶۱/۶ ^a	۷/۸۸۹ ^{ef}	۹۶/۴۲ ^{def}	۳۷/۹۵ ^{bcdef}	۴۲۴۸ ^{bcdef}
	۵	۴۵۷/۶ ^a	۸/۳۳۳ ^{cde}	۹۶/۵۸ ^{de}	۳۷/۶۹ ^{defgh}	۳۷۸۰ ^f
	۱۰	۴۵۷/۶ ^a	۸/۰۰۰ ^{def}	۹۵/۹۲ ^{efg}	۳۸/۰۷ ^{bcd}	۴۰۲۷ ^{def}
	شاهد	۴۲۹/۸ ^a	۷/۵۵۶ ^f	۹۸/۳۳ ^{cd}	۳۶/۰۱ ^{ij}	۴۳۲۱ ^{bcde}

نتیجه‌گیری

با استناد به نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان گفت که از بهترین منابع کود آلی موجود در استان که نتیجه مطلوبی در افزایش عملکرد گندم و اجزای آن و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه خاک داشته‌اند، کودهای فیلتریک، گاوی و باگاس نیشکر هستند. کاه و کلش گندم نیز تنها در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک نقش عمده‌ای ایفا می‌کند؛ از این رو به‌منظور افزایش پایداری خاکدانه‌ها، لازم است سالانه به میزان حداقل ۲/۵ تن در هکتار از کودهای آلی سلولزدار مانند بقایای غلات و یا باگاس نیشکر قبل از کشت گندم استفاده شود. با رعایت این توصیه انتظار می‌رود بعد از حداقل ۴ تا ۵ سال، تأثیر افزایش کودهای آلی در ایجاد خاکدانه‌های پایدار متجلی شود. گفتنی است که این نتیجه‌گیری

فقط بر اساس نتایج پژوهش بوده و جنبه‌های اقتصادی و یا میزان فراوانی یک کود نسبت به دیگری در نظر گرفته نشده است. همچنین از آنجایی که در مجموع نتایج حاصل، بین مقادیر مصرف کود اختلاف معنی‌داری دیده نشده است، مصرف ۲/۵ تن در هکتار از هر منبع کودی مقرون‌به‌صرفه‌تر بوده و توصیه می‌شود؛ بنابراین به‌منظور افزایش عملکرد گندم در جنوب استان خوزستان، مصرف حداقل ۲/۵ تن در هکتار از فیلتریک یا باگاس نیشکر و یا کود گاوی (دسترسی به هر کدام که آسان‌تر و عملی‌تر باشد) به مدت ۴ سال یا بیشتر توصیه می‌شود. علاوه‌بر این با توجه به اینکه رویکرد اصلی این پژوهش مصرف مقادیر کم و تدریجی مواد آلی هر ساله و در شروع فصل زراعی بوده است، این روند برای کشاورزان کم درآمد بسیار مفید و حائز اهمیت خواهد بود؛ چرا که

برای بیشتر کشاورزان (قشر کم‌درآمد) مصرف مقادیر زیاد کودهای آلی (۴۰ و ۵۰ تن در هکتار) به یکباره میسر نیست و در نهایت پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده روی اثرهای بلندمدت مواد آلی بر باروری خاک و تولید محصول متمرکز شوند.

منابع مورد استفاده

References

1. Adeleke, K.A. 2020. Assessment of compost on dryland wheat yield and quality, soil fertility and water availability in Utah. Master thesis, Utah State University, Logan, USA.
2. Alizadeh, A., H. Siadat., A. Asadi Kangarshahi. and A. Tavasoli. 2005. Studying the effect of different sources and amounts of organic fertilizer on soybean yield and quality. *In: 9th Iranian Soil Science Congress, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran* (in Farsi).
3. Annabi, M., H. Houot ., F. Francou ., M. Poitrenaud . and Y. Le Bissonnais . 2007. Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Science Society America Journal* 71(2): 413-423.
4. Asadi, H. and M. Gorji. 2022. Challenges and Limitations of Soil and Land Resources in Iran. *Land Management Journal* 10(1): 111-134. doi: 10.22092/lmj.2022.358760.309
5. Azadi, A., S. Shakeri and H. Azadi. 2024. Impact of different land uses on potassium forms and soil properties: the case of southwestern Iran. *Environment, Development and Sustainability* 1-26.
6. Bai, Z., T. Caspari, M. R. Gonzalez, N. H. Batjes, P. Mäder, E. K. Bünemann, ... and Z. Tóth. 2018. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 265: 1-7.
7. Beheshti, M., K. Shahbazi and M. Marzi. 2021, Long-term effect of different organic matter on soil physical properties under field conditions. *In: 17th Iranian Soil Science Congress and 4th National Conference on Farm Water Management, Wise Soil Revitalization and Wise Water Governance, Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran.*
8. Coleman, K., D. S. Jenkinson, G. J. Crocker, P. R. Grace, J. Klir, M. Körschens, ... and D. D. Richter. 1997. Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using RothC-26.3. *Geoderma* 81(1-2): 29-44.
9. Cosentino, D. J. 2006. Organic matter contribution to aggregate stability in silty loam cultivated soils. Carbon input effects. PhD Thesis, AgroParisTech, AgroParisTech, Paris, France.
10. Dastan, S., M. Ahmadi., H. Ajam Norouzi. and N. Latifi. 2020. Effect of different organic manure and chemical fertilizer sources on quantities and qualities yield and physiological indices of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) under irrigated and rainfed conditions. *Applied Field Crops Research* 32(04): 33-58.
11. Dubey, P.K., A. Singh., R. Chaurasia., K.K. Pandey., A.K. Bundela., G.S. Singh. and P.C. Abhilash. 2022. Animal manures and plant residue-based amendments for sustainable rice-wheat production and soil fertility improvement in eastern Uttar Pradesh, North India. *Ecological Engineering* 177: 106551.
12. Haddix, M. L., E. G. Gregorich, B. L. Helgason, H. Janzen, B. H. Ellert and M. F. Cotrufo. 2020. Climate, carbon content, and soil texture control the independent formation and persistence of particulate and mineral-associated organic matter in soil. *Geoderma* 363: 114160.
13. Jafarnejadi, A.R. 2022. Wheat nutrition management in the soils of Khuzestan province. Agricultural extension coordination management. Khuzestan Agricultural Jihad Organization. Publication 492.
14. Jafarnejadi, A., F. Moshiri and F. Meskini-Vishkaee. 2024. The Effect of Long-Term and Integrated Application of Organic and Chemical Fertilizers on the Production of Wheat (*Triticum Aestivum* L.) in Fixed Plots. *Applied Soil Research* 12(3): 81-92. doi: 10.30466/asr.2024.121558
15. Jalili, F. 2017. Effects of Sulfur and Manure on Wheat Yield and Some Physical-chemical Properties of Soil. *Water and Soil Science* 27(3): 199-209 (in Farsi).
16. Jiao, S., J. Li, Y. Li, Z. Xu, B. Kong, Y. Li, and Y. Shen. 2020. Variation of soil organic carbon and physical properties in relation to land uses in the Yellow River Delta, China. *Scientific Reports* 10(1): 20317.
17. Keshavarz, P., M. Zngiabadi. and M. Abbaszadeh. 2013. Relationship between Soil Organic Carbon and Wheat Grain Yield as Affected by Soil Clay Content and Salinity. *Iranian Journal of Soil Research* 27(3): 359-371(in Farsi).
18. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42(3): 421-428.
19. Lupwayi, N.Z., T. Lea., J.L. Beaudoin, and G.W. Clayton. 2005. Soil microbial biomass, functional diversity and crop yields following application of cattle manure, hog manure and inorganic fertilizers. *Canadian Journal of Soil Science* 85(2): 193-201.

20. Marinari, S., G. Masciandaro., B. Ceccanti, and S. Grego. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technol* 72(1): 9-17.
21. Moradi, R., M. Nasiri Mahallati, P. Rezvani Moghaddam, A. Lakzian, and A. Nejad Ali. 2011. The effect of biological and organic fertilizers on quality and quantity of essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Horticultural Science* 25(1): 25-33.
22. Moshiri, F., N. Zahedifard., P. Keshavarz, and H. Safari. 2021. Soil organic matter and its place in Iranian agriculture: a review of the current situation, analysis of problems and limitations, and presentation of solutions. Soil and Water Research Institute. Technical Publication No. 608 (in Farsi).
23. Moshiri, F., S. Samavat, and M.R. Balali. 2017. Soil organic carbon: A key factor of sustainable agriculture in Iran. In: Proceedings of the global symposium on soil organic carbon. FAO, Rome, Italy.
24. Pozesh shirazi, M, S. Samavat, M. Zolfi Bavariani, F. Fakhri, and G. Moradi. 2012. Effects of Organic Matter from Different Sources on Soil Physico-Chemical Properties and Crop Yield in Boushehr Province. *Iranian Journal of Soil Research* 25(4): 285-293 (in Farsi).
25. Prasad, B. and S.K. Sinha. 2000. Long-term effects of fertilizers and organic manures on crop yields, nutrient balance and soil properties in Rice-Wheat Cropping System in Bihar. Rice-Wheat Consortium Paper Series 6. New Delhi. India. 105-119.
26. Rayne, N. and L. Aula. 2020. Livestock manure and the impacts on soil health: A review. *Soil Systems* 4(4): 64.
27. Rekhi, R.S., D.K. Bendi, and B. Singh. 2000. Effect of fertilizers and organic manures on crop yields and soil properties in Rice-Wheat Cropping System. Rice-Wheat Consortium Paper Series 6. New Delhi. India. 1-6.
28. Rezaenejad, Y. and M. Afyuni. 2001. Effect of Organic Matter on Soil Chemical Properties and Corn Yield and Elemental Uptake. *Journal of Water and Soil Science* 4(4) :19-29 (in Farsi).
29. Rowell, D. L. 2014. Soil science: Methods & applications. Routledge, London.
30. Shehzadi, S., W. Mohammad, and Z. Shah. 2017. Residual effect of organic wastes and chemical fertilizers on wheat yield under wheat-maize cropping sequence. *Soil Environment* 33(2): 88-95.
31. Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37(1):29-38.
32. Widowati, W., S. Sutoyo, H. Karamina, and W. Fikrinda. 2020. Soil amendment impact to soil organic matter and physical properties on the three soil types after second corn cultivation. *AIMS Agriculture and Food* 5(1):150-168.
33. Yang, Y., J. Wu, Y. Du, C. Gao, D.W.S. Tan, and M.V.D. Ploeg. 2022. Effect on soil properties and crop yields to long-term application of superabsorbent polymer and manure. *Frontiers in Environmental Science* 10:859434.
34. Zhu L., N. Hu, Z. Zhang, J. Xu, B. Tao and Y. Meng. 2015. Short-term responses of soil organic carbon and carbon pool management index to different annual straw return rates in a rice–wheat cropping system. *Catena* 135: 283–289.