



Effects of Compost and Sheep Manure on Yield and Yield Components of Wheat

Abolfath Moradi^{1✉} | Karim Shahbazi²

1. Corresponding author, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran. Email: ab.moradi@areeo.ac.ir
2. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Karaj, Iran. Email: kshahbazi@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: January 19, 2023

Received in revised form: July 14, 2023

Accepted: July 18, 2023

Published online: December 22, 2023

Keywords:

Municipal compost,
organic matter,
sheep manure,
wheat,
yield.

ABSTRACT

Adding organic amendments to the soil increases permeability, water-holding capacity, biological activity, and nutrient content, and consequently increases the soil fertility and the yield of plants. In order to evaluate the effects of municipal waste compost and sheep manure on yield and yield components of wheat, a three-year field experiment was conducted as a randomized complete block design with three treatments, including the application of sheep manure (17.3 kg m⁻²), compost (15.6 kg m⁻²), and control (no organic amendment) in three replications in Agricultural Research Station of Zarghan, Fars province, during 2015-2018. The results showed that organic amendments had a significant effect on the number of fertile tillers per area, plant height, ear length, grain number per ear, thousand-grain weight, grain yield, biological yield, and harvest index; however, straw weight was not significantly affected by organic amendments. In all three years of the experiment, sheep manure and compost significantly increased wheat grain yield compared to the control treatment. On average, compost and sheep manure increased wheat grain yield by 63.9% and 46.1% in the first year, 29.3 and 53.7% in the second year, and 37.4 and 26.9% in the third year, respectively, compared to the no-amendment treatment. However, in the most cases, no significant difference was observed between sheep manure and compost. Therefore, farmers can use any of the sheep manure or solid-waste compost to increase wheat yield, the amount of which should be determined based on the amount of organic carbon in the farm soil.

Cite this article: Moradi, A., & Shahbazi, K. (2023). Effects of compost and sheep manure on yield and yield components of wheat. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(4), 105-117. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.353778.654971.



© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/ijfcs.2023.353778.654971>



اثرات کمپوست و کود گوسفندی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

ابوالفتح مرادی^۱، کریم شهبازی^۲

۱- نویسنده مسئول، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. رایانامه: ab.moradi@areeo.ac.ir

۲- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: ksahbazi@areeo.ac.ir

| اطلاعات مقاله | چکیده |
|---|---|
| <p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۲۳</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۷</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱</p> | <p>افزودن کودهای آلی به خاک باعث افزایش قابلیت جذب، توان نگهداری آب، فعالیت بیولوژیک و محتوای عناصر غذایی خاک و در نتیجه بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد گیاهان می‌شود. به منظور بررسی اثر کمپوست زباله شهری و کود گوسفندی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار مصرف کود گوسفندی (۱۷/۳ کیلوگرم در متر مربع)، کمپوست (۱۵/۶ کیلوگرم در متر مربع) و شاهد (عدم مصرف کود) در سه تکرار طی سه سال زراعی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان در استان فارس اجرا شد. نتایج نشان داد که کودهای آلی تاثیر معنی‌داری بر تعداد پنجه بارور در واحد سطح، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت داشت، ولی وزن کاه و کلش تحت تاثیر کودهای آلی قرار نگرفت. در هر سه سال آزمایش، کود گوسفندی و کمپوست عملکرد دانه گندم را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند. به طور میانگین، عملکرد دانه در تیمارهای کمپوست و کود گوسفندی به ترتیب ۶۳/۹ و ۴۶/۱ درصد در سال اول، ۲۹/۲ و ۵۳/۷ درصد در سال دوم و ۳۷/۴ و ۲۶/۹ درصد در سال سوم نسبت به تیمار عدم مصرف کود آلی بیشتر بود. با این وجود، در اغلب موارد تفاوت معنی‌داری بین کود گوسفندی و کمپوست مشاهده نشد. بنابراین، کشاورزان می‌توانند برای افزایش عملکرد گندم از کودهای گوسفندی یا کمپوست حاصل از زباله شهری که بایستی مقدار آن بر اساس میزان کربن آلی خاک مزرعه تعیین شود، استفاده کنند.</p> |
| <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>عملکرد، کمپوست زباله، کود گوسفندی، گندم، مواد آلی.</p> | |

استناد: مرادی، ا.، و شهبازی، ک. (۱۴۰۲). اثرات کمپوست و کود گوسفندی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. *علوم گیاهان زراعی ایران*.

DOI: 10.22059/ijfcs.2023.353778.654971. ۱۱۷-۱۰۵، (۴) ۵۴



۱. مقدمه

ماده آلی خاک نقش کلیدی و مهمی در حفظ و بهبود وضعیت حاصلخیزی و قدرت باروری خاک داشته و به دلیل تاثیر مثبت آن بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک به عنوان شاخص باروری و کیفیت خاک شناخته می‌شود (Lal *et al.*, 1997; Huang *et al.*, 2007; Tarkalson *et al.*, 2009; Jiao *et al.*, 2020). کاهش ماده آلی خاک منجر به تخریب ساختمان و پایداری خاکدانه‌ها، کاهش تخلخل و ظرفیت نگهداری آب خاک، کاهش عرضه عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک می‌شود (Huang *et al.*, 2007; Gregory *et al.*, 2015). یکی از راهکارهای بهبود وضعیت ماده آلی خاک، استفاده از کودهای آلی از قبیل کمپوست و کودهای دامی است. افزودن کودهای آلی به خاک به عنوان یک راهکار مدیریتی می‌تواند با افزایش ماده آلی و در نتیجه بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از قبیل ساختمان و پایداری خاکدانه‌ها (Cosentino, 2006)، نفوذپذیری و افزایش قابلیت جذب و نگهداری آب در خاک (Miller *et al.*, 2002; Widowati *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2022)، افزایش فعالیت میکروبی (Lupwayi *et al.*, 2005) و آزادسازی عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد گیاه (Eghball *et al.*, 2004)، 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. بر اساس گزارش Montemuro *et al.* (2006)، کاربرد کمپوست حاصل از زباله‌های شهری و کمپوست حاصل از تفاله زیتون یک سال بعد از مصرف، میزان کربن آلی خاک را به ترتیب ۲۴ و ۴۳ درصد افزایش دادند.

گندم با سطح زیر کشت ۶/۲۷ میلیون هکتار و تولید ۱۱/۱۳۸ میلیون تن در سال مهمترین محصول استراتژیک کشور است (Anonymous *et al.*, 2022) و سهم بسزایی در امرار معاش و تامین درآمد کشاورزان دارد. دستیابی به تولید پایدار گندم مستلزم حفظ و تقویت حاصلخیزی خاک و تامین به موقع نهاده‌های مورد نیاز است. براساس گزارش Keshavarz *et al.* (2013) به‌ازای افزایش هر یک گرم کربن آلی در کیلوگرم خاک در نتیجه کاربرد کودهای آلی، عملکرد دانه گندم به‌طور میانگین ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد. Shehzadi *et al.* (2017) در تحقیقی 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 نموده و عنوان کردند که افزودن کودهای آلی به خاک، عملکرد گندم را به میزان ۲۹ تا ۴۲ درصد افزایش داد. Eghball *et al.* (2004) افزایش عملکرد دانه گندم و ذرت در نتیجه افزایش حاصلخیزی خاک به‌علت افزودن کودهای حیوانی به خاک را گزارش کردند. Gyapong & Ayisi (2015) در آزمایشی نتیجه گرفتند که افزودن کودهای مرغی و گاوی هر یک به میزان ۴ تن در هکتار منجر به افزایش ارتفاع گیاه ذرت شد؛ اما تاثیر معنی‌داری بر فسفر قابل جذب، کربن آلی و نیتروژن کل خاک نداشت. Ibrahim *et al.* (2008) در آزمایشی نتیجه گرفتند که استفاده از کود دامی و کمپوست به ترتیب عملکرد دانه گندم را به میزان ۲۸ و ۳۳ درصد افزایش داد؛ اما بر طول سنبله تاثیر معنی‌داری نداشت.

کود دامی و کمپوست عملکرد بیولوژیک را به ترتیب به میزان ۲۷ و ۴۲ درصد افزایش دادند. هرچند کمپوست تاثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه نداشت؛ اما کود دامی وزن هزار دانه گندم را به میزان ۱۲ درصد افزایش داد. کاربرد کمپوست ارتفاع گیاه را به میزان ۱۶ درصد افزایش داد؛ اما اثر کود دامی بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود. Helgason *et al.* (2007) در آزمایشی نتیجه گرفتند که تنها پنج درصد از نیتروژن آلی موجود در کمپوست حاصل از کود گاوی در ۴۲۵ روز اول بعد از مصرف معدنی شده و به داخل خاک رهاسازی می‌شود. Adeleke (2020) گزارش کرد که مصرف ۵۰ 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.

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 ضمن پیشگیری از زوال قدرت تولیدی خاک و پایداری تولید، تا چند سال پس از مصرف عملکرد گیاه را در سطح مناسبی حفظ کند (Dubey *et al.*, 2022). این موضوع و همچنین نگرانی‌های زیست‌محیطی از بابت آلودگی منابع آبی زیرزمینی و شورشدن خاک‌ها در اثر مصرف بالای کودهای شیمیایی،

اهمیت استفاده از کودهای آلی را دوچندان کرده است. تاثیر کودهای دامی و کمپوست بر عملکرد گیاهان گوناگون در مناطق مختلف بسته به مقدار، نحوه و زمان مصرف، روش تهیه، ترکیب شیمیایی و شدت پوسیدگی کود، و همچنین ویژگی‌های خاک مانند میزان ماده آلی، حاصلخیزی، بافت و شوری متفاوت است. بنابراین، برای تصمیم‌گیری درست در مورد کارایی کاربرد کودهای آلی بایستی حداقل تحقیقات دو تا سه ساله در هر منطقه و برای هر گیاهی به‌طور مستقل انجام و نتیجه‌گیری شود. همه این مسائل باعث شد تا این تحقیق با هدف بررسی اثر کود گوسفندی و کمپوست حاصل از زباله شهری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در زرقان فارس در طول سه سال اجرا شود.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار مصرف کود دامی، کمپوست و شاهد (عدم مصرف کود) در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ به مدت سه سال زراعی در اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان به طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۵۹۶ متر بالاتر از سطح دریا در شهر زرقان، استان فارس اجرا شد. شهرستان زرقان دارای میانگین سالانه بارندگی ۳۰۸/۲ میلی‌متر، میانگین سالانه دمای هوا ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالانه رطوبت نسبی هوا ۴۳ درصد می‌باشد. بافت خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری لوم رسی‌سیلتی می‌باشد. قبل از آزمایش، یک نمونه مرکب از خاک مزرعه در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری برداشته و خصوصیات آن از قبیل درصد رس، شن و سیلت، هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس قابل استفاده، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، و جرم مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شد (جدول ۱). همچنین از کودهای آلی مورد استفاده نمونه‌برداری و ویژگی‌های شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۲). در شروع آزمایش از آب مورد استفاده برای آبیاری گیاه نیز نمونه‌برداری و خصوصیات شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۳). اطلاعات پارامترهای اقلیمی نیز از ایستگاه کلیماتولوژی موجود در محل آزمایش به‌دست آمد (جدول ۴).

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

| Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) | BD (g cm ⁻³) | EC _e (dS m ⁻¹) | pH | TNV (%) | CEC (cmol ⁺ kg ⁻¹) | OC (%) |
|------------------------|----------|----------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|---|-----------|
| 18.8 | 42.6 | 38.6 | 1.51 | 0.68 | 7.8 | 32 | 29.5 | 0.68 |
| Total N (%) | Avail. P | Avail. K | Ca | Mg | Avail. Fe | Avail. Mn | Avail. Zn | Avail. Cu |
| (mg kg ⁻¹) | | | | | | | | |
| 0.06 | 17 | 872 | 4 | 2 | 5.4 | 3.46 | 1.22 | 0.9 |

BD: جرم مخصوص ظاهری؛ TNV: کل مواد خنثی‌شونده (درصد آهک خاک)؛ EC_e: هدایت الکتریکی عصاره اشباع؛ CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی؛ و OC: کربن آلی.

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد آلی مورد استفاده در کرت‌های آزمایشی.

| Organic amendment | Mn | Cu | Zn | Fe | pH | EC (dS m ⁻¹) | K ₂ O | P ₂ O ₅ | N | OC |
|-------------------|-----|------|------|------|-----|--------------------------|------------------|-------------------------------|-----|------|
| | | | | | | | | | | |
| Sheep manure | 229 | - | 61.4 | 9857 | 8.0 | 16.2 | 2.40 | 0.3 | 1.1 | 25.8 |
| Municipal compost | 398 | 42.9 | 378 | 8910 | 7.6 | 15.0 | 2.14 | 1.08 | 1.1 | 30.5 |

EC: هدایت الکتریکی؛ OC: کربن آلی.

در مهر ماه و پیش از کاشت، زمین شخم و دیسک زده شد و کرت‌هایی به مساحت نه متر مربع (ابعاد ۳×۳ متر مربع) تهیه شد. بر اساس مقدار ماده آلی لازم برای افزایش کربن آلی خاک به میزان یک درصد، مقدار کود گوسفندی و کمپوست برای هر متر مربع محاسبه شد. کمپوست زباله شهری از شهرداری شیراز تهیه و مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. این مقادیر به ترتیب ۱۷/۳ کیلوگرم در متر مربع کود گوسفندی و ۱۵/۶ کیلوگرم در متر مربع کمپوست بودند. پیش از کشت بذرها و در نیمه دوم آبان‌ماه، کودهای گوسفندی و کمپوست شهری پس از عبور از الک دو میلی‌متری به هر کرت اضافه و به‌صورت دستی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. در سال اول و سوم آزمایش به ترتیب در تاریخ‌های ۲۷ و ۲۸ آبان‌ماه و در سال

دوم در سوم آذرماه برای کاشت گندم رقم سیروان در داخل کرت‌ها اقدام شد. کشت به صورت دستی و ردیفی و بر اساس تراکم ۲۵۰ بذر در متر مربع انجام و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. در طول فصل رشد ۱۰ مرتبه آبیاری انجام گرفت. در طول آزمایش مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام شد، و بیماری و آفت خاصی در حد بحرانی و نیازمند کنترل در طول فصل رشد مشاهده نشد. شایان ذکر است که هیچ‌گونه کود شیمیایی در کرت‌های تحقیقاتی مصرف نشد.

جدول ۳. خصوصیات آب مورد استفاده برای آبیاری گیاه.

| EC (dS m ⁻¹) | pH | SAR | CO ₃ ²⁻ | Cl ⁻ | BO ₅ ⁻ |
|-------------------------------|--------|------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|
| 0.48 | 8.0 | 0.62 | 2.3 | 1.1 | N/A |
| SO ₄ ²⁻ | Anions | Ca | Mg | Na | Cations |
| (meq L ⁻¹) | | | | | |
| 1.1 | 4.5 | 2.2 | 1.0 | 1.8 | 5.0 |

جدول ۴. پارامترهای اقلیمی در طول سال‌های آزمایش.

| Year | Rainfall (mm) | Relative Humidity (%) | Sunshine hr | Temperature (°C) | Evaporation (mm) |
|-----------|------------------|--------------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 2015-2016 | 224.2 | 53.4 | 2100.3 | 13.06 | 1118.4 |
| 2016-2017 | 302.3 | 51.3 | 2065.7 | 14.11 | 1220.1 |
| 2017-2018 | 128.2 | 49.4 | 2128.6 | 13.79 | 1354.6 |
| Average | 218.2 | 51.4 | 2098.2 | 13.65 | 1231.1 |

در سال اول و سوم آزمایش، برداشت گیاه به ترتیب در تاریخ‌های ۲۹ و ۲۷ خرداد و در سال دوم در تاریخ یکم تیرماه مصادف با رسیدگی محصول انجام و اجزای عملکرد و میزان عملکرد دانه و بیولوژیک اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت رطوبت دانه بین ۱۲ تا ۱۴ درصد بود. در مرحله پرشدن دانه، از هر کرت پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و تعداد سنبله‌ها (به عنوان صفت تعداد پنجه بارور) و ارتفاع بوته‌ها اندازه‌گیری شد. برداشت گیاه به صورت کف‌بر از مساحت دو متر مربع در وسط هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام شد. تعداد سنبله‌های موجود در هر نمونه شمارش و برای یک متر مربع تعیین شد. برای تعیین وزن هزار دانه پنج نمونه صدتایی بذر به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و توزین شدند. تعداد دانه‌های پرشده در ۱۰ سنبله گندم شمارش و میانگین آن‌ها به عنوان صفت تعداد دانه در سنبله در نظر گرفته شد. وزن کل نمونه‌ها به عنوان عملکرد بیولوژیک و وزن دانه‌ها به عنوان عملکرد دانه اندازه‌گیری و تفاوت آن‌ها به عنوان وزن کاه و کلس محاسبه شد.

قبل از انجام تجزیه آماری داده‌ها، به منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده شد. بر اساس نتایج آزمون بارتلت (جدول ۵)، متجانس بودن واریانس خطاها در سه سال آزمایش مورد تایید قرار گرفت، و بنابراین تجزیه مرکب داده‌های سه سال با فرض تصادفی بودن اثر سال و ثابت بودن اثر تیمارهای آزمایشی صورت گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و برآورد خطای استاندارد (±SE) مقایسه شدند. در مواردی که اثر متقابل سال و تیمار معنی‌دار شد، مقایسه میانگین هر سال برای بررسی بهتر به صورت جداگانه و به روش برش‌دهی (Slicing) انجام شد. همچنین ارتباط بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده از طریق برآورد ضرایب همبستگی به دست آمد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و Minitab انجام گرفت.

جدول ۵. نتایج آزمون بارتلت برای تست یکنواختی واریانس سه سال آزمایش (P-value).

| Plant height | Ear length | Fertile tiller m ² | Grain number ear ⁻¹ | 1000 grain weight |
|---------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 0.405 ^{ns} | 0.577 ^{ns} | 0.248 ^{ns} | 0.457 ^{ns} | 0.341 ^{ns} |
| Grain yield | Straw weight | Biological yield | Harvest Index | |
| 0.314 ^{ns} | 0.281 ^{ns} | 0.571 ^{ns} | 0.357 ^{ns} | |

ns: غیر معنی‌دار

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال و اثر متقابل سال و تیمار بر ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد پنجه بارور در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله معنی‌دار نبود، ولی بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۶). همچنین تیمار کودهای آلی بر همه صفات مذکور تاثیر معنی‌داری داشت.

بین این تیمارهای مختلف از نظر ویژگی‌های مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته و طول سنبله گندم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). گیاهان رشد کرده در تیمارهای کمپوست و کود گوسفندی ضمن اینکه تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع با یکدیگر نداشتند، از ارتفاع بیشتری در مقایسه با تیمار شاهد برخوردار بودند. به‌طور میانگین، بوته‌های گندم در تیمارهای کود آلی به مقدار هفت درصد ارتفاع بوته بیشتری نسبت به تیمار شاهد بدون کود داشتند (جدول ۷). طول سنبله نیز در تیمارهای کود آلی شامل کود گوسفندی و کمپوست به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود، ولی تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار کود آلی مشاهده نشد (جدول ۷). بوته‌های گندم در تیمارهای کود کمپوست و گوسفندی به‌ترتیب دارای ۱۴/۲ و ۱۰/۰ درصد طول سنبله بیشتری نسبت به تیمار شاهد بودند. کودهای آلی تاثیر مثبتی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارند که باعث بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. علاوه بر این، کودهای آلی با قابلیت جذب و آزادسازی تدریجی رطوبت دارای نقش مثبت و موثری در جلوگیری از هدررفت و آبشویی عناصر غذایی به لایه‌های زیرین خاک هستند و با افزایش تجمع و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در لایه سطحی خاک موجب کاهش اسیدیته و افزایش حلالیت فسفر تثبیت شده در سطح کلئیدهای رس می‌شوند (Shahdikumleh *et al.*, 2021).

جدول ۶. تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای مختلف مواد آلی بر صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گندم.

| Source of variation | df | Mean squares | | | | |
|---------------------|----|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| | | Plant height | Ear length | Fertile tiller number | Grain number | Thousand-grain weight |
| Year | 2 | 11.1 ^{ns} | 0.21 ^{ns} | 4951.3 ^{ns} | 17.4 ^{ns} | 25.54 ^{**} |
| Block (Year) | 6 | 13.5 | 0.36 | 1538.9 | 9.10 | 3.65 |
| Treatment | 2 | 102.1 [*] | 2.23 [*] | 9986.0 [*] | 96.8 [*] | 85.39 ^{**} |
| Treatment × Year | 4 | 1.9 ^{ns} | 1.11 ^{ns} | 1339.4 ^{ns} | 6.2 ^{ns} | 8.99 [*] |
| Error | 12 | 9.7 | 0.39 | 1791.4 | 21.1 | 2.47 |

^{ns}: غیر معنی‌دار؛ * و **: معنی‌دار به‌ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

تفاوت‌های معنی‌دار و قابل توجهی در اجزای عملکرد دانه گندم بین دو تیمار کود آلی مشاهده نشد؛ اما این کودها اجزای عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند (جدول ۷). بیشترین تعداد پنجه بارور از تیمار کود گوسفندی حاصل شد که البته تفاوت معنی‌داری با تیمار کمپوست حاصل از زباله شهری نداشت؛ اما به‌طور معنی‌داری بیشتر از تعداد پنجه بارور در تیمار شاهد بود (جدول ۷). تعداد دانه در سنبله نیز روند تقریباً مشابهی داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمار کودهای آلی گوسفندی و کمپوست به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از تعداد دانه در تیمار شاهد بدون کود آلی بود (جدول ۷). تعداد دانه در سنبله در تیمارهای کود کمپوست و گوسفندی به‌ترتیب به مقدار ۱۴/۵ و ۱۳/۴ درصد بیشتر از تعداد دانه در سنبله در تیمار بدون کود آلی بود.

جدول ۷. اثر کودهای آلی بر صفات مورفولوژیک و تعداد دانه در خوشه گندم.

| | Plant height (cm) | Ear length (cm) | Fertile tiller number (m ⁻²) | Grain number (ear ⁻¹) |
|---------|--------------------|-------------------|--|-----------------------------------|
| Compost | 85.61 ^a | 7.97 ^a | 796 ^a | 46.56 ^a |
| Manure | 85.17 ^a | 7.65 ^a | 805 ^a | 46.11 ^a |
| Control | 79.56 ^b | 6.98 ^b | 743 ^b | 40.67 ^b |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

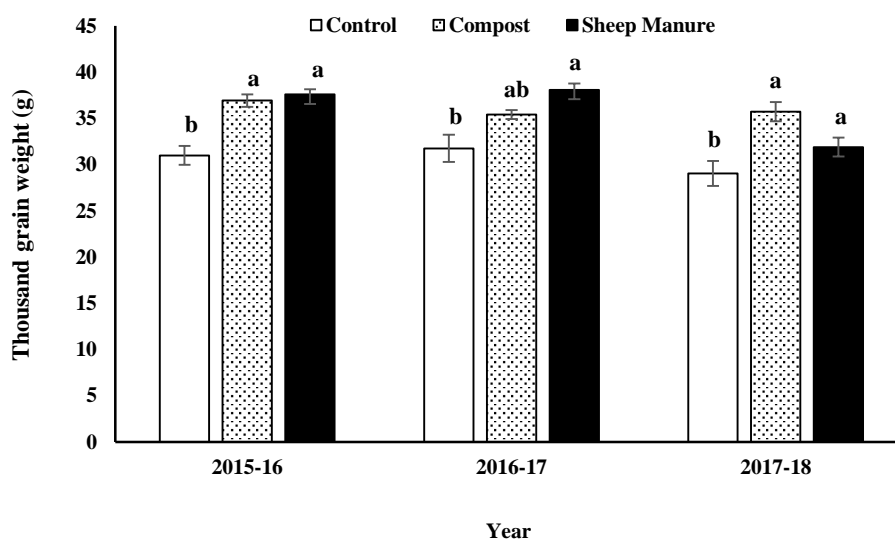
وزن هزار دانه پاسخ مثبتی به تیمارهای کود دامی در سه سال با اندکی تفاوت نشان داد (شکل ۱). بیشترین میانگین وزن هزار دانه (۳۸/۱ گرم) از تیمار کود گوسفندی در سال دوم آزمایش به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با وزن هزار دانه تیمار کمپوست

(۳۵/۴ گرم) نداشت؛ اما به طور معنی داری از میانگین وزن هزار دانه تیمار شاهد (۳۱/۸ گرم) بیشتر بود. در هر سه سال، وزن هزار دانه در تیمار کودهای آلی بیشتر از تیمار بدون کود بود؛ با این تفاوت که در سال دوم تفاوت معنی داری بین تیمارهای کمپوست و شاهد (بدون کاربرد کود) مشاهده نشد (شکل ۱). همچنین در هر سه سال، دو تیمار کود گوسفندی و کمپوست تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. وزن هزار دانه در تیمار کود گوسفندی به میزان ۲۱/۳، ۱۹/۹ و ۹/۷ درصد بیشتر از تیمار شاهد به ترتیب در سال های اول تا سوم بود. این افزایش ها برای تیمار کمپوست زباله شهری به ترتیب ۱۹/۱، ۱۱/۵ و ۲۲/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد بود (شکل ۱). محتوای بالای عناصر غذایی رهاسازی شده از کودهای آلی باعث رشد بهتر برگ ها و سطوح سبز گیاه شده که با بهبود فتوسنتز، تولید مواد پرورده را افزایش می دهد (Dubey et al., 2022) که در نتیجه میانگین وزن دانه و وزن هزار دانه افزایش می یابد. در پژوهش حاضر مشخص شد که کودهای آلی استفاده شده دارای سطوح بالایی از عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، روی، مس و آهن بودند. باتوجه به میزان عناصر غذایی موجود در کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری مورد استفاده در این تحقیق (جدول ۲) در نتیجه افزودن ۱۷/۳ کیلوگرم کود گوسفندی به هر متر مربع زمین، ۴/۵ کیلوگرم کربن، ۱۹۰ گرم نیتروژن، ۲۲ گرم فسفر، ۳۴۵ گرم پتاسیم، ۱۷۱ گرم آهن، چهار گرم منگنز و ۱/۱ گرم روی به خاک اضافه می شود. به طور مشابهی افزودن ۱۵/۶ کیلوگرم کمپوست زباله شهری به هر متر مربع زمین نیز منجر به افزایش ۴/۸ کیلوگرم کربن، ۱۷۲ گرم نیتروژن، ۷۲ گرم فسفر، ۲۷۷ گرم پتاسیم، ۱۳۹ گرم آهن، ۶/۲ گرم منگنز و ۵/۹ گرم روی و ۰/۷ گرم مس به خاک می شود. افزایش عناصر یادشده به خاک تدریجی و در طی فرآیند تجزیه کودهای آلی در طول چند سال اتفاق می افتد. علاوه بر این، کاربرد مقادیر مناسب کودهای دامی با افزایش تجمع و فعالیت موجودات میکروبی خاک در لایه های سطحی موجب تسریع و تشدید انجام فرآیند معدنی شدن و تبدیل فرم آلی نیتروژن به فرم های قابل جذب نیترات و آمونیوم گیاه می شود (Shahdikumleh et al., 2021). بخش قابل توجهی از این نیتروژن به طور تدریجی در طی فرآیندهای مختلف رشد و نمو در اختیار گیاه قرار گرفته و در افزایش عملکرد نهایی گیاه مورد استفاده قرار می گیرد.

افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم در نتیجه مصرف کود گوسفندی و کمپوست می تواند ناشی از افزایش ماده آلی و بهبود شرایط فیزیکی از قبیل ساختمان و تهویه خاک و در نتیجه توسعه بیشتر ریشه در خاک، افزایش حاصلخیزی و ظرفیت نگهداری آب خاک، آزادسازی تدریجی عناصر غذایی از این کودها و جذب آنها توسط گیاه به منظور استفاده در فرآیندهای گیاهی باشد (Zemikhael & Dechassa, 2018). این نتایج با یافته های پژوهش های پیشین (Pozesh Shirazi, 2011; Majidi & Shahbazi, 2020) مطابقت دارد. در این پژوهش ها نشان داده شد که استفاده از کودهای آلی در صورتی که از هیچگونه کود شیمیایی استفاده نشود تا سه سال پس از مصرف، عملکرد پیاز، باقلا، اسفناج، کلزا و گندم را به طور معنی داری افزایش می دهد. همچنان که در جدول ۲ نشان داده شده است، کمپوست و کود گوسفندی مورد استفاده در این آزمایش به ترتیب حاوی ۲۵/۸ و ۳۰/۵ درصد کربن آلی (به ترتیب معادل ۴۴/۵ و ۵۲/۶ درصد ماده آلی) بودند که می تواند پس از افزودن کمپوست یا کود گوسفندی به خاک ماده آلی خاک را افزایش داده و بر ویژگی های فیزیکی خاک از قبیل ساختمان و پایداری خاکدانه ها اثر گذارد. همچنین این کودها حاوی عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه بوده که به تدریج در خاک آزاد شده و پس از جذب توسط گیاه در فرآیندهای فیزیولوژیک مورد نیاز برای رشد گیاه مورد استفاده قرار می گیرند (Wan et al., 2021).

عملکرد دانه تحت تاثیر اثرات سال، تیمار کود آلی و برهمکنش سال با کود آلی قرار گرفت (جدول ۸). در حالی که تنها اثر سال بر وزن کاه و کلش معنی دار بود، اثر سال و تیمار کود آلی بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی دار بود (جدول ۸). میانگین عملکرد دانه، وزن کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در دو سال اول آزمایش (۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵) از نظر آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند؛ اما به طور معنی داری بیشتر از میانگین این صفات در سال سوم بودند (شکل ۲ تا ۵). کاهش معنی دار صفات یادشده در سال سوم آزمایش را می توان به شرایط اقلیمی بهتر در سال های اول و دوم نسبت داد. در سال سوم نسبت به سال های اول و دوم، میزان بارندگی کمتر، رطوبت نسبی هوا پایین تر و تبخیر بالاتر بود (جدول ۴). میزان بارندگی در سال سوم آزمایش به میزان ۴۲/۸ درصد در مقایسه با سال اول و ۵۷/۶ درصد نسبت به سال دوم کاهش یافت. کاهش بارندگی علاوه بر کاهش رطوبت قابل دسترس خاک برای گیاه می تواند منجر به کاهش شدت تجزیه و آزادسازی عناصر غذایی از کودهای

آلی و در نتیجه کاهش فراهمی عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه و دستیابی به عملکرد مطلوب آن شود (Aliakbari et al., 2013; Karaman et al., 2020).



شکل ۱. اثر کودهای آلی بر وزن هزار دانه گندم. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در هر سال بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

در هر سه سال آزمایش، کود گوسفندی و در سال‌های اول و سوم کمپوست عملکرد دانه گندم را نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف کود به‌طور معنی‌داری افزایش داده‌اند (شکل ۲). با این حال، در هر سه سال تفاوت معنی‌داری بین این دو نوع کود آلی از نظر تاثیر بر عملکرد دانه گندم مشاهده نشد. عملکرد دانه در تیمارهای کمپوست و کود گوسفندی به ترتیب ۶۳/۹ و ۴۶/۱ درصد در سال اول، ۲۹/۲ و ۵۳/۷ درصد در سال دوم و ۳۷/۴ و ۲۶/۹ درصد در سال سوم نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود آلی) بیشتر بود. از آنجایی که کود گوسفندی و کمپوست به‌طور معنی‌داری باعث افزایش هر سه جزء عملکرد دانه از جمله تعداد پنجه بارور در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شده است (جدول ۷)، می‌توان گفت که این کودهای آلی با تاثیر مثبت بر صفات یادشده عملکرد دانه گندم را به‌طور معنی‌داری افزایش داده‌اند (شکل ۲). این فرضیه توسط نتایج تجربه همبستگی نیز تایید شد؛ به‌طوری که عملکرد دانه با هر سه جزء عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۹) و بیشترین همبستگی مربوط به وزن هزار دانه (+۰/۷۷۶**) بود.

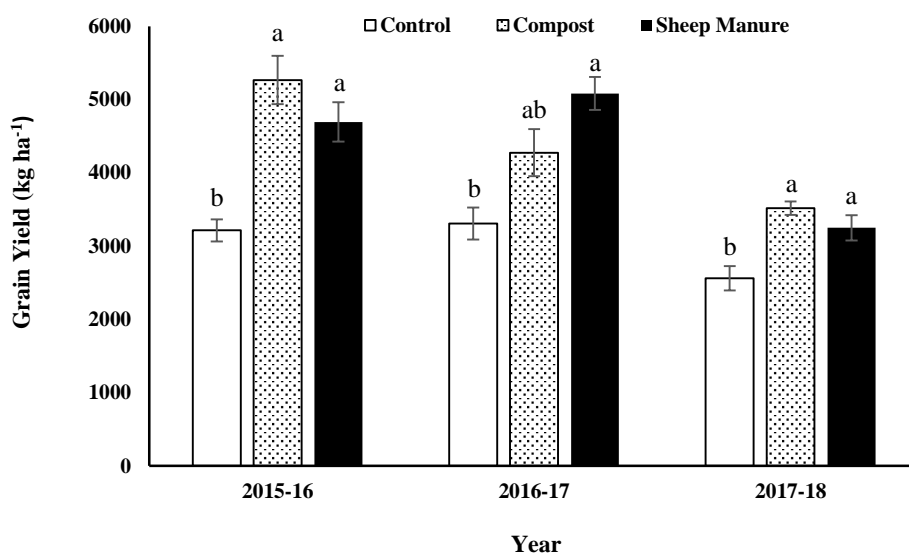
جدول ۸. تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای مختلف مواد آلی بر عملکرد و شاخص برداشت محصول گندم.

| Source of variation | df | Mean squares | | | |
|---------------------|----|--------------|------------------------|--------------------------|----------------------|
| | | Grain yield | Straw weight | Biological yield | Harvest Index |
| Year | 2 | 4372548.93** | 954148.2* | 25568559.26** | 0.0037* |
| Block (Year) | 6 | 98064.44 | 112547 | 1037833.81 | 0.0007 |
| Treatment | 2 | 5230976.59** | 47102.91 ^{ns} | 9093737.04** | 0.0122** |
| Treatment × Year | 4 | 619126.87* | 47845.07 ^{ns} | 1411703.70 ^{ns} | 0.0009 ^{ns} |
| Error | 12 | 186578.50 | 824575.5 | 494880.48 | 0.0007 |

^{ns}: غیر معنی‌دار؛ * و **: معنی‌دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

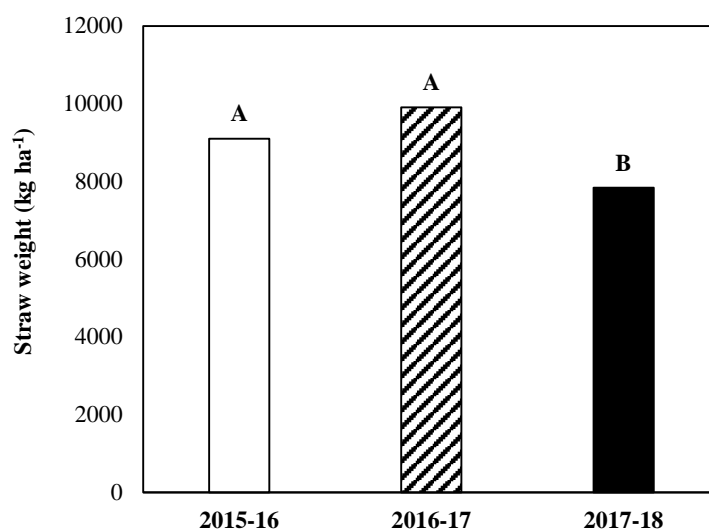
در هر سه سال آزمایش، کود گوسفندی و در سال‌های اول و سوم کمپوست عملکرد دانه گندم را نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف کود به‌طور معنی‌داری افزایش داده‌اند (شکل ۲). با این حال، در هر سه سال تفاوت معنی‌داری بین این دو نوع کود آلی از نظر تاثیر بر عملکرد دانه گندم مشاهده نشد. عملکرد دانه در تیمارهای کمپوست و کود گوسفندی به ترتیب ۶۳/۹ و ۴۶/۱ درصد در سال اول، ۲۹/۲ و ۵۳/۷ درصد در سال دوم و ۳۷/۴ و ۲۶/۹ درصد در سال سوم نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود آلی) بیشتر

بود. از آنجایی که کود گوسفندی و کمپوست به طور معنی داری باعث افزایش هر سه جزء عملکرد دانه از جمله تعداد پنجه بارور در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شده است (جدول ۷)، می توان گفت که این کودهای آلی با تاثیر مثبت بر صفات یادشده عملکرد دانه گندم را به طور معنی داری افزایش داده اند (شکل ۲). این فرضیه توسط نتایج تجزیه همبستگی نیز تایید شد؛ به طوری که عملکرد دانه با هر سه جزء عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری داشت (جدول ۹) و بیشترین همبستگی مربوط به وزن هزار دانه ($+0.776^{**}$) بود.



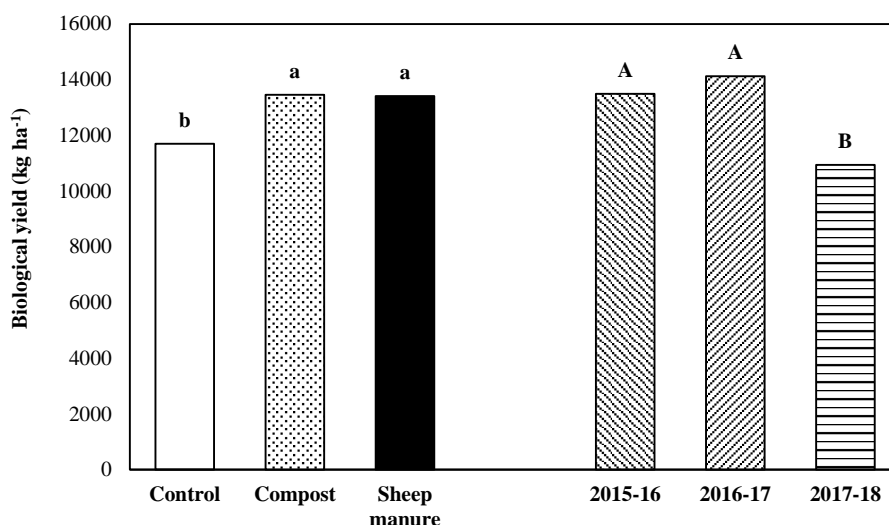
شکل ۲. اثر کودهای آلی بر عملکرد دانه گندم. میانگین های با حداقل یک حرف مشترک در هر سال بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

اثر کودهای آلی بر وزن کاه و کلش معنی دار نبود، ولی به دلیل شرایط اقلیمی بهتر در سال های اول و دوم، وزن کاه و کلش در این دو سال به طور معنی داری نسبت به سال سوم بیشتر بود (شکل ۳). وزن کاه و کلش در سال اول و دوم به ترتیب به مقدار $16/2$ و $26/4$ درصد بیشتر از سال سوم بود. وزن کاه و کلش از 7835 کیلوگرم در هکتار در سال سوم تا 9906 کیلوگرم در هکتار در سال دوم متغیر بود (شکل ۳). سال و کودهای آلی تاثیر معنی داری بر عملکرد بیولوژیک داشتند (شکل ۴). عملکرد بیولوژیک گندم در سال های اول و دوم آزمایش تفاوت معنی داری بایکدیگر نداشتند؛ ولی به طور معنی داری بیشتر از عملکرد بیولوژیک در سال سوم بودند. میزان بارندگی بیشتر و شرایط اقلیمی مساعدتر برای تولید گندم در سال های اول و دوم نسبت به سال سوم دلیل این امر بوده است. گرچه بین کمپوست و کود گوسفندی تفاوت آماری معنی داری از نظر تاثیر بر عملکرد بیولوژیک وجود نداشت، ولی هر دو نوع کود عملکرد بیولوژیک گندم را به طور معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش دادند (شکل ۴). میزان افزایش عملکرد بیولوژیک در نتیجه استفاده از کودهای آلی کمپوست و گوسفندی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود آلی) به ترتیب $14/7$ و $15/1$ درصد بود. علت افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک در نتیجه مصرف کودهای آلی اثرات مفید آنها بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک است. در مطالعه ای با بررسی تحقیقات انجام شده در خصوص تاثیر کودهای آلی بر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک این نتیجه حاصل شد که کودهای آلی علاوه بر بهبود ویژگی های شیمیایی خاک از قبیل میزان و قابلیت جذب عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه باعث بهبود ویژگی های فیزیکی و بیولوژیک خاک نظیر ظرفیت نگهداری آب خاک، پایداری خاکدانه ها، تخلخل خاک، جمعیت و میزان فعالیت موجودات زنده مفید خاک که همگی بر رشد و عملکرد گیاه تاثیر مثبت دارند نیز می شوند (Rayne & Aula, 2020).



شکل ۳. وزن کاه و کلش گندم در سال‌های مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

میزان تأثیرپذیری عملکرد دانه و بیولوژیک از کودهای آلی به مراتب بیشتر از تأثیر آن‌ها بر کاه و کلش بوده است (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک گندم تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی می‌تواند احتمالاً به دلیل افزایش اکسایش بیولوژیک گوگرد در خاک‌های آهکی توسط میکروارگانیسم‌های دگرپرور و محتوای بالای عناصر غذایی در کودهای آلی باشد که به تدریج آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Dubey et al., 2022). باتوجه به غلظت عناصر غذایی در کودهای آلی (جدول ۲)، کود گوسفندی و کمپوست در مقادیر مورد استفاده در تحقیق حاضر به ترتیب منجر به آزادسازی تدریجی ۴۱۳۰ و ۳۷۳۹ کیلوگرم نیتروژن، ۲۲۳ و ۷۲۴ کیلوگرم فسفر و ۳۴۴۶ و ۲۷۷۱ کیلوگرم پتاسیم در هر هکتار خاک می‌شوند. به عبارت دیگر، کود گوسفندی و کمپوست در مقادیر استفاده شده به ترتیب معادل ۸۳ و ۷۵ کیسه پنجاه کیلوگرمی کود اوره، ۲۱ و ۶۹ کیسه پنجاه کیلوگرمی سوپرفسفات تریپل و ۱۶۰ و ۱۲۹ کیسه پنجاه کیلوگرمی سولفات پتاسیم می‌باشد. این کودها علاوه بر عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم حاوی عناصر ریزمغذی از قبیل آهن، منگنز، مس و روی نیز می‌باشند که می‌تواند به تدریج در طول چند سال آزاد شده و در دسترس گیاه قرار گیرد. علاوه بر رهاسازی عناصر غذایی، مصرف کودهای آلی با بهبود ویژگی‌های فیزیکی مانند ساختمان خاک و پایداری خاکدانه‌ها، چگالی ظاهری، تخلخل و ظرفیت نگهداری آب خاک موجب افزایش رشد، اجزای عملکرد و عملکرد اقتصادی محصول می‌شود (Shahdikumleh et al., 2021). نتایج یک مطالعه نشان داد مصرف کود دامی باعث افزایش عملکرد دانه و همچنین بهبود ویژگی‌های خاک از جمله کاهش pH، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش کربن آلی خاک شد (Jalili, 2017). شاخص برداشت گندم در سال‌های اول و دوم آزمایش تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند؛ اما به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاخص برداشت در سال سوم آزمایش بود (شکل ۵). علت این امر افزایش بیشتر عملکرد دانه در مقایسه با وزن کاه و کلش در سال‌های اول و دوم آزمایش بوده است. افزایش میانگین عملکرد کاه و کلش در سال اول نسبت به سال سوم آزمایش ۱۶/۲ درصد بوده (شکل ۳)؛ درحالی‌که افزایش میانگین عملکرد دانه ۲۳/۲ درصد بوده است (شکل ۲). در سال دوم میانگین وزن کاه و کلش نسبت به سال سوم ۲۶/۴ درصد افزایش یافت (شکل ۳)، درحالی‌که میانگین عملکرد دانه ۲۹/۱ درصد افزایش نشان داد (شکل ۲). تفاوت معنی‌داری بین تأثیر کود گوسفندی و کمپوست بر شاخص برداشت مشاهده نشد (شکل ۵)، اما هر دو نوع کود آلی موجب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد شدند. افزایش شاخص برداشت توسط این کودها در نتیجه تأثیر بیشتر آنها بر افزایش وزن دانه‌ها در مقایسه با وزن کاه و کلش گندم بوده است. بنابراین، عدم تغییر معنی‌دار وزن کاه و کلش به‌عنوان بخشی از عملکرد بیولوژیک و افزایش معنی‌دار عملکرد دانه تحت تأثیر کودهای آلی موجب شد تا شاخص برداشت در تیمارهای کاربرد کودهای آلی در مقایسه با شاهد افزایش یابد (جدول ۸).



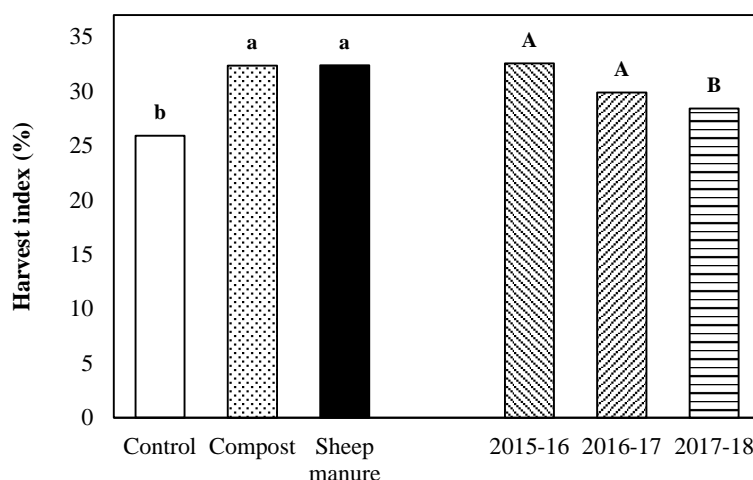
شکل ۴. عملکرد بیولوژیک گندم در تیمارهای مختلف کودی و در سال‌های مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۹. نتایج تجزیه همبستگی ویژگی‌های رشدی، اجرای عملکرد و عملکرد گندم با یکدیگر (میانگین سه سال).

| | Plant height | Ear length | Fertile tiller number | Grain number | Thousand-grain weight | Grain yield | Biological yield | Harvest index | Straw weight |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| Plant height | 1.000 | | | | | | | | |
| Ear length | 0.197 ^{ns} | 1.000 | | | | | | | |
| Fertile tiller number | 0.247 ^{ns} | 0.324 ^{ns} | 1.000 | | | | | | |
| Grain number | 0.336 ^{ns} | 0.421 ^{ns} | 0.368 ^{ns} | 1.000 | | | | | |
| Thousand-grain weight | 0.769 ^{**} | 0.211 ^{ns} | 0.541 [*] | 0.340 ^{ns} | 1.000 | | | | |
| Grain yield | 0.554 [*] | 0.353 [*] | 0.585 [*] | 0.485 [*] | 0.776 ^{**} | 1.000 | | | |
| Biological yield | 0.378 ^{ns} | 0.303 ^{ns} | 0.570 [*] | 0.290 ^{ns} | 0.661 [*] | 0.869 ^{**} | 1.000 | | |
| Harvest index | 0.606 [*] | 0.317 ^{ns} | 0.442 ^{ns} | 0.593 [*] | 0.722 ^{**} | 0.878 ^{**} | 0.534 [*] | 1.000 | |
| Straw weight | 0.141 ^{ns} | 0.193 ^{ns} | 0.433 ^{ns} | 0.056 ^{ns} | 0.416 ^{ns} | 0.566 [*] | 0.899 ^{**} | 0.114 ^{ns} | 1.000 |

^{ns}: غیر معنی‌دار؛ * و **: معنی‌دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

باتوجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌توان گفت که اگرچه هدایت الکتریکی کودهای آلی مورد استفاده به علت فراهمی عناصر غذایی در آنها بالا بود (جدول ۲)، ولی هیچگونه تاثیر منفی بر رشد و عملکرد گندم نداشتند. باتوجه به اینکه کودهای دامی سرشار از عناصر کاتیونی و املاح می‌باشند، با تجزیه آنها این املاح به محلول خاک اضافه شده و باعث افزایش میزان املاح خاک و در نتیجه هدایت الکتریکی خاک می‌شوند (Jalili, 2017)؛ ولی به علت آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و املاح موجود در این کودها، میزان افزایش هدایت الکتریکی خاک به اندازه‌ای نیست که خاک را شور کند. در یک پژوهش مشخص شد که کاربرد ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار کود دامی به ترتیب باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک از ۰/۹۲ به ۱/۰۲ و ۱/۲۰ دسی‌زیمنس بر متر شد (Jalili, 2017) که همچنان خاک غیر شور به حساب می‌آید. بنابراین، برای استفاده از کودهای آلی یادشده، نه تنها نگرانی از بابت افزایش شوری خاک وجود ندارد، بلکه به علت اثرات مثبت آن بر عملکرد گندم (شکل ۲) استفاده از آنها توصیه می‌شود.



شکل ۵. شاخص برداشت گندم در تیمارهای مختلف کودی و در سال‌های مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاربرد کودهای آلی گوسفندی و کمپوست زباله شهری با افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم همراه بود و این نتیجه در هر سه سال مشاهده شد. با توجه به افزایش رشد، اجزای عملکرد و عملکرد گندم در تیمارهای کاربرد کودهای آلی نسبت به شرایط عدم مصرف کود، کاربرد هر یک از کودهای گوسفندی یا کمپوست حاصل از زباله شهری برای افزایش عملکرد گندم توصیه می‌شود که البته مقدار آن باید بر اساس نیاز گیاه، سابقه کشت زمین (تناوب) و ویژگی‌های خاک به‌ویژه میزان کربن آلی خاک تعیین شود.

۵. منابع

- Adeleke, K.A. (2020). *Assessment of compost on dryland wheat yield and quality, soil fertility and water availability in Utah*. MSc Thesis. 7954. Utah State University. <https://doi.org/10.26076/1a3d-b335>.
- Aliakbari, M., Saed-Moucheshi, A., Hasheminasab, H., Pirasteh-Anosheh, H., Asad, M.T., & Emam, Y. (2013). Suitable stress indices for screening resistant wheat genotypes under water deficit conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(10), 2665-2672.
- Anonymous (2022). *Agricultural statistics*, Volume 1. Field Crops. The Ministry of Jihad-e- Agriculture. 100 pp. (In Persian).
- Cosentino, D.J. (2006). Organic matter contribution to aggregate stability in silty loam cultivated soils. Carbon input effects. *Sciences of the Universe. AgroParisTech*, English. NNT: 2006INAP0041. Pastel-00004754f.
- Dubey, P.K., Singh, A., Chaurasia, R., Pandey, K.K., Bundela, A.K., Singh, G.S., & Abhilash, P.C. (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.
- Eghball, B., Ginting, D., & Gilley, J.E. (2004). Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*, 96, 442-447.
- Gregory, A.S., Ritz, K., McGrath, S.P., Quinton, J.N., Goulding, K.W.T., Jones, R.J.A., Harris, J.A., Bol, R., Wallace, P., Pilgrim, E.S., & Whitmore, A.P. (2015). A review of the impacts of degradation threats on soil properties in the UK. *Soil Use and Management*, 31(Suppl. 1), 1-15.
- Gyapong, K.A.B., & Ayisi, C.T. (2015). The effect of organic manures on soil fertility and microbial biomass, carbon and nitrogen and phosphorous under maize-cowpea intercropping system. *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(4), 65-77.
- Helgason, B.L., Larney, F.J., Janzen, H.H., & Olson, B.M. (2007). Nitrogen dynamics in soil amended with composted cattle manure. *Canadian Journal of Soil Science*, 87, 43-50.
- Huang, B., Sun, W.X., Zhao, Y.C., Zhu, J., Yang, R.Q., Zou, Z., Ding, F., & Su, J.P. (2007). Temporal and spatial of soil organic matter and total nitrogen in an agricultural ecosystem as affected by farming practices. *Geoderma*, 139, 336-345.
- Ibrahim, M., Ul-Hasan, A., & Valeem, E.E. (2008). Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. *Pakistan Journal of Botany*, 40(5), 2135-2141.

- 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 Persian).
- Jiao, S., Li, J., Li, Y., Xu, Z., Kong, B., Li, Y., & Shen, Y. (2020). Variation of soil organic carbon and physical properties in relation to land uses in the Yellow River Delta, China. *Scientific Reports*, 10, 20317
- Karaman, M. (2020). Evaluation of yield and quality performance of some spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under rainfall conditions. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 4(1), 19-26.
- Keshavarz, P., Zangiabadi, M., & Abbaszadeh, M. (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 Persian).
- Lal, R., Kimble, J., & Follett, R. (1997). Soil quality management for carbon sequestration. Pp. 1-8. In R. Lal *et al.* (ed.) *Soil properties and their management for carbon sequestration*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Services, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Lupwayi, N.Z., Lea, T., Beaudoin, J.L., & Clayton, G.W. (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, 193-201.
- Majidi, A., & Shahbazi, K. (2020). Comparison of sheep and cow manures residual effects on some quantitative and qualitative traits of winter wheat. *Iranian Journal of Soil Research*, 34(2), 155-168. (In Persian).
- Miller, J.J., Sweetland, N.J., & Chang, C. (2002). Hydrological properties of a clay loam soil after long-term cattle manure application. *Journal of Environmental Quality*, 31, 989-996.
- Montemuro, F., Maiorana, M., Ferri, D., & Convertini, G. (2006). Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. *Field Crops Research*, 99, 114-124.
- Pozesh Shirazi, M., Samavat, S., Zolfi Bavariani, M., Fakhri, F., & Moradi, G. (2011). 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 Persian).
- Rayne, N., & Aula, L. (2020). Livestock manure and the impacts on soil health: A review. *Soil Systems*, 4(4), 64.
- Shahdikumleh, A., Seyedi S.R., & Haghighi, A. (2021). Effect of organic fertilizer use on the yield of Hashemi and Gilaneh rice cultivars. *Shalzar*, 4, 34-39. (In Persian).
- Shehzadi, S., Mohammad, W., & Shah, Z. (2017). Residual effect of organic wastes and chemical fertilizers on wheat yield under wheat-maize cropping sequence. *Soil Environment*, 33(2), 88-95.
- Tarkalson, D.D., Brown, B., Kok, H., & Bjorneberg, D.L. (2009). Irrigated small-grain residue management effects on soil chemical and physical properties and nutrient cycling. *Soil Science*, 174, 303-311.
- Wan, J., Wang, X., Yang, T., Wei, Z., Banerjee, S., Friman, V.P., Mei, X., Xu, Y., & Shen, Q. (2021). Livestock manure type affects microbial community composition and assembly during composting. *Frontiers in Microbiology*, 12, 621126.
- Widowati, W., Sutoyo, S., Karamina, H., & Fikrinda, W. (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, 150-168.
- Yang, Y., Wu, J., Du, Y., Gao, C., Tang, D.W.S., & Ploeg, M.V.D. (2022). Effect on soil properties and crop yields to long-term application of superabsorbent polymer and manure. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 859434.
- Zemikhael, B., & Dechassa, N. (2018). Effect of mineral fertilizer, farmyard manure, and compost on yield of bread wheat and selected soil chemical properties in Enderta district, Tigray regional state, Northern Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 12, 29-40.