

پاسخ گندم به باقیمانده ورمی کمپوست و کود شیمیایی در خاک

عبدالله جوانمرد^{1*}، بهزاد نظری²، علی جلیلیان³، شهریار دشتی¹

تاریخ دریافت: 94/6/5 تاریخ پذیرش: 94/10/15

- 1- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
 - 2- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
 - 3- عضو هیأت علمی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه
- *مسئول مکاتبه: A.javanmard@maragheh.ac.ir

چکیده

استفاده و مدیریت بهینه ماده آلی یک جنبه مهم تولید پایدار در سیستم‌های زراعی است. با توجه به مقدار نسبتاً کم ماده آلی در خاکهای زارعی ایران و اثرات زیست محیطی مصرف مداوم کودهای شیمیایی، مصرف توأم کود شیمیایی و مواد آلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در همین راستا به منظور بررسی اثر باقیمانده ورمی کمپوست و کود شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم بهار، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 11 تیمار و چهار تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه در سال 1393 اجرا شد. تیمارها شامل 1- مصرف 50 درصد NPK، 2- 50 درصد NPK + 3 تن ورمی کمپوست در هکتار، 3- 50 درصد NPK + 5 تن ورمی کمپوست در هکتار، 4- 50 درصد NPK + 7 تن ورمی کمپوست در هکتار، 5- 100 درصد NPK، 6- 3 تن ورمی کمپوست در هکتار، 7- 5 تن ورمی کمپوست در هکتار، 8- 7 تن ورمی کمپوست در هکتار، 9- 3 تن ورمی کمپوست در هکتار + (100 درصد NPK منهای عناصر غذایی موجود در 3 تن ورمی کمپوست)، 10- 5 تن ورمی کمپوست + (100 درصد NPK منهای عناصر غذایی موجود در 5 تن ورمی کمپوست) و 11- 7 تن ورمی کمپوست در هکتار + (100 درصد NPK منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست) بود. نتایج نشان داد بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمارهای 11 و 4 و کمترین میزان آن هم در تیمارهای مصرف 50 درصد NPK و 3 تن ورمی کمپوست مشاهده شد. بیشترین وزن هزار دانه با کاربرد 7 تن ورمی کمپوست + (100 درصد NPK منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست) حاصل شد که در مقایسه با تیمارهای 50 و 100 درصد NPK به ترتیب 15/88 و 6/31 درصد افزایش نشان داد. همچنین بالاترین عملکرد بیولوژیک و دانه گندم در تیمار 11 مشاهده شد. بیشترین (998/6 کیلوگرم در هکتار) و کمترین (403/4 کیلوگرم در هکتار) عملکرد پروتئین به ترتیب به تیمارهای 11 و 6 تعلق داشتند. میزان فسفر، آهن، روی و منگنز دانه نیز با مصرف ورمی کمپوست در تلفیق با کود شیمیایی بهبود یافت. براساس نتایج این پژوهش، باقیمانده تیمار 7 تن ورمی کمپوست بعلاوه 100 درصد NPK منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست کمیت و کیفیت دانه گندم را نسبت به سایر تیمارها بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: آهن دانه، باقیمانده کود، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد پروتئین

Response of Wheat to Vermicompost and Chemical Fertilizers Residual in Soil

Abdollah Javanmard^{1*}, Behzad Nazari², Ali Jalilian³, Shahryar Dashti¹

Received: February 15, 2015 Accepted: December 23, 2015

1-Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.

2-MSc student of Agroecology, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.

3-Academic Member of Kermanshah Agriculture and Natural Resources Research Station, Iran.

*Corresponding Author: A.javanmard@maragheh.ac.ir

Abstract

Efficient use and management of organic matter are important aspects of sustainable agricultural. Organic matter is relatively low in majority of soils in Iran, and continuous use of chemical fertilizer would create environmental hazards. Therefore, the combined use of chemical fertilizer and organic matter is an effective strategy. In order to study the effect of vermicompost and chemical fertilizer residual on yield, yield component and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.), a field experiment based on randomized complete block design (with 11 treatment and 4 replications) was conducted in Kermanshah Agricultural Research center during 2014. Treatments included: 1- application of 50% of NPK fertilizers, 2- 50% NPK+ 3 ton of vermicompost, 3- 50% NPK+ 5 ton of vermicompost, 4- 50% NPK+ 7 ton of vermicompost, 5- 100% NPK, 6- 3 ton vermicompost, 7- 5 ton vermicompost, 8- 7 ton vermicompost, 9- 3 ton vermicompost+ (100% NPK- equivalent amount of nutrients in 3 ton vermicompost), 10- 5 ton vermicompost+ (100% NPK- equivalent amount of nutrients in 5 ton vermicompost), 11- 7 ton vermicompost+ (100% NPK- equivalent amount of nutrients in 7 ton vermicompost). Results showed the highest and lowest seed number per spike were observed after the application of 11, 4 and 1, 6 treatments, respectively. The greatest 1000-seed weight was achieved by application of 11 treatment that increased 15.88 and 6.31 percent in comparison with 50% and 100% of NPK treatments, respectively. Also, the greatest biological and grain yield were observed in 11 treatment. The highest (998.6 kg.ha⁻¹) and lowest (403.4 kg.ha⁻¹) protein yield were belonged to 11 and 6 treatments, respectively. Grain P, Fe, Zn and Mn concentration were improved by integrated application of vermicompost and chemical fertilizer. On the basis of results, the integrated nutrition 7 ton vermicompost with 100% NPK minus equivalent amount of nutrients in 7 ton vermicompost residual improved wheat quantity and quality properties in comparison other treatments.

Keywords: Fertilizer Residual, Protein Yield, Seed Iron, Seed per Spike, Grain Yield

کشت و تولید سالیانه نسبت به سایر غلات در درجه اول می‌باشد. سطح زیرکشت جهانی گندم در سال 2013 بالغ بر 219 میلیون هکتار و تولید جهانی گندم

مقدمه

گندم گیاهی است که به مقدار زیاد و در مساحت وسیعی از زمین‌های دنیا کشت شده و از نظر سطح زیر

اعظم شاه و همکاران 2013). ورمی کمپوست موادی یکنواخت و شبیه پیت هستند که بوسیله فرآیندی غیر وابسته به گرما و در نتیجه تعامل بین کرم‌ها و ریزجانداران (دان و همکاران 2015) منجر به اکسیداسیون زیستی و تثبیت مواد آلی می‌شوند. ورمی-کمپوست می‌تواند کیفیت مواد غذایی را بدون به خطر انداختن ایمنی آنها بهبود بخشد (هانس و همکاران 2008). مطالعات متنوع گلخانه‌ای و مزرعه‌ای اثر ورمی-کمپوست بر روی طیف گسترده‌ای از گیاهان زراعی شامل غلات و بقولات، سبزیجات، گیاهان زینتی و گیاهان گلدار (آتیه و همکاران 2001) و گیاهان زراعی (روی و سینگ 2006) را نشان داده است. در تحقیقی کاربرد کمپوست و کود شیمیایی در مزرعه گندم نشان داد که وزن خشک، عملکرد دانه و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم جذب شده توسط گیاه افزایش می‌یابد. همچنین میزان جذب فسفر و پتاسیم در گیاهان تیمار شده با کمپوست بیشتر از گیاهان تیمار شده با کود شیمیایی بود (بارتال و همکاران 2004). ادواردز و نیوهاوسر (1998) تأثیر کرم‌های خاکی و فضولات آنها را بر رشد گیاهان مورد مطالعه قرار داده و مشاهده کردند که مقادیر عناصر غذایی N، P، K، Ca، Mn و فراهمی آنها برای گیاهان در ورمی کمپوست در مقایسه با سایر بسترهای کشت بسیار بالاتر است. آنها همچنین اظهار داشتند که جوانه‌زنی اکثر گیاهان مورد مطالعه در تیمارهای ورمی کمپوست بسیار بالا می‌باشد. مطالعات مانا و همکاران (2003) در خصوص ورمی کمپوست نشان داد که فعالیت‌های بیولوژیکی خاک شامل تنفس، زیست توده کربن میکروبی و فعالیت‌های دی‌هیدروژناز در تیمارهای ورمی کمپوست بسیار بیشتر از تیمارهای حاوی کودهای شیمیایی است. مطالعه تری پاتی و بهاردواج (2003) در مقایسه زیست توده تولیدی، چرخه زندگی و تأثیر کمپوست بین دو گونه کرم خاکی *Eisenia fetida* و *Lampito mauritii* نشان داد که برای هر دو گونه کرم خاکی مقدار کربن آلی در بستر کشت

در سال مذکور بالغ بر 715 میلیون تن گندم بود. سطح زیرکشت گندم ایران در سال 2013، بالغ بر 7 میلیون هکتار و تولید گندم نیز در حدود 14 میلیون تن بود (فائو 2013). از این مقدار سطح زیر کشت، 440000 هکتار با تولید حدود 886000 هزار تن گندم به استان کرمانشاه اختصاص داشت. برای تأمین غذای مورد نیاز جمعیت روزافزون کشور لازم است عملکرد و سطح زیرکشت گندم به عنوان یک محصول استراتژیک افزایش یابد ولی افزایش سطح زیرکشت گندم به دلیل محدودیت منابع آب و خاک امکان‌پذیر نیست. لذا امروزه افزایش عملکرد گندم و بهبود کیفیت آن به ویژه از نظر پروتئین بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر، برای حفظ محیط زیست و منابع طبیعی، لازم است افزایش تولید گندم با مدیریت صحیح کوددهی انجام شود. از طرف دیگر خاک‌های زراعی در اغلب مناطق کشور به‌ویژه غرب ایران به دلیل عدم اجرای تناوب مناسب گیاهان زراعی، استفاده از تکنیک‌های کشاورزی فشرده، بارندگی سالانه کم و درجه حرارت بالا، با کمبود مواد آلی مواجه هستند که این امر باعث ایجاد ساختمان ضعیف خاک و نهایتاً بستر نامطلوب برای رشد گیاه می‌گردد. در نتیجه استفاده از مواد اصلاحی که دارای عناصر غذایی مورد نیاز بوده و یا شرایط را برای جذب عناصر غذایی موجود در خاک فراهم می‌کنند ضروری می‌باشد (گرامی و همکاران 1392). از جمله مهمترین اصلاح‌کننده‌ها ورمی کمپوست هستند که به دلیل دارا بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش فعالیت زیستی و بهبود شرایط فیزیکی خاک از چند دهه پیش مورد استفاده قرار گرفته اند (دان و همکاران 2015).

نتایج سیستم‌های مختلف کشت و بررسی بوم‌شناختی مرتبط با استفاده از کودهای آلی نشان دهنده نتایج مثبت کاربرد مشترک کودهای شیمیایی و منابع آلی و بیولوژیک تغذیه گیاهی در چارچوب سیستم‌های تلفیقی تغذیه گیاهی است (آنجلوا و همکاران 2013 و

درجهت رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار به شمار آید. از این رو پژوهشی با هدف ارزیابی اثر ورمی‌کمپوست در ترکیب با کودهای شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گندم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در طی سال زراعی 1392-1393 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی ماهیدشت با طول جغرافیایی 46 درجه و 50 دقیقه و 37 ثانیه و عرض جغرافیایی 34 درجه و 16 دقیقه و 37 ثانیه، ارتفاع از سطح دریا 1365 متر و متوسط بارندگی سالیانه 397 میلیمتر در 20 کیلومتری جنوب غرب کرمانشاه اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش یک نمونه خاک مرکب از محل اجرای آزمایش (جدول 1) و ورمی‌کمپوست (جدول 2) تهیه و نسبت به اندازه‌گیری عناصر غذایی ماکرو و میکرو در آن‌ها اقدام گردید. غلظت نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف آهن، روی، منگنز و مس خاک به ترتیب با روش‌های کج‌دال (نیلسن و سومرس 1972)، اولسن (1954) با استفاده از دستگاه رنگ سنجی با طول موج 890 نانومتر، عصاره‌گیری با استات آمونیم و دستگاه جذب اتمی (مدل Shimadzu, AA-670) در آزمایشگاه علوم خاک دانشگاه مراغه اندازه‌گیری شدند. براساس تجزیه خاک، توصیه کودی شامل 200 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، 350 کیلوگرم در هکتار اوره و 100 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در زراعت چغندر قند بود.

کاهش و درصد N، P و K به عنوان تابعی از دوره تولید ورمی‌کمپوست افزایش داشت. آن‌ها همچنین مشاهده کردند که نسبت کربن به نیتروژن به تدریج کاهش و تجزیه و معدنی شدن عناصر در بسترهای آزمایشی به طور فعال ادامه یافت. سینها و همکاران (2010) رشد قابل توجه ذرت و گندم در شرایط گلخانه‌ای را به علت مصرف ورمی‌کمپوست در مقایسه با کمپوست‌های متعارف و کودهای شیمیایی دانستند. همچنین کاربرد کودهای آلی می‌تواند گام موثری در جهت کاهش اثرات سوء استفاده از کودهای شیمیایی و بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و تأمین برخی عناصر کم‌مصرف مانند روی، بر و مس باشد، درحالی‌که در نظامهای زراعی فشرده، مواد آلی و عناصر غذایی خاک به سرعت تخلیه می‌شوند و استفاده متمرکز از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را تقلیل می‌دهد و این کاهش عملکرد ناشی از کاهش فعالیت بیولوژیک و نامساعد شدن خصوصیات فیزیکی خاک و عاری بودن کودهای پرمصرف از عناصر کم مصرف می‌باشد (آدیدیران و همکاران 2004). کودهای شیمیایی یا آلی به تنهایی پایداری تولید را تضمین نمی‌کنند، بلکه استفاده تلفیقی از آنها راه حل مناسبی برای افزایش پایداری تولید در نظام‌های زراعی است.

با توجه به اهمیت گیاه گندم در تأمین امنیت غذایی کشور و همچنین رویکرد جوامع بین‌المللی به حفاظت از منابع طبیعی در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست می‌تواند به عنوان ابزاری مفید و کارآمد

جدول 1- نتیجه آزمون خاک قبل از اجرای آزمایش

مس	روی	آهن	منگنز	کربن آلی	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	نیتروژن (%)	pH	بافت خاک
(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)		رسی سیلتی
1/14	1/20	7/46	7/76	0/84	330	4/6	0/084	8/11	

جدول 2- نتایج آنالیز کود ورمی کمپوست

نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	pH	EC (dS/m)	کربن آلی (%)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	روی (mg/kg)	مس (mg/kg)
0/94	0/79	1/33	8/51	2/65	14/76	2141/5	396	180	11/5

تاریخ 25 آبان ماه 1392 به صورت بارانی اجرا شد. ارتفاع بوته، طول سنبله، طول پدانکل، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله به صورت نمونه‌گیری تصادفی در 20 بوته انتخابی بصورت تصادفی از هر کرت انجام شد. ارتفاع بوته از سطح خاک تا انتهای ریشک با متر پارچه‌ای اندازه‌گیری شد. بعد از حذف حاشیه شامل یک متر از ابتدا و انتهای هر خط و 2 خط از طرفین، برداشت نهایی از خطوط وسط با مساحت 4 مترمربع انجام پذیرفت و عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هزار دانه تعیین شد. جهت اندازه‌گیری نیتروژن دانه گندم از روش کج‌دال استفاده شد و برای تعیین فسفر و پتاسیم ابتدا نمونه‌ها را از طریق اکسیداسیون تر هضم کرده و سپس با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل WAP) و فلیم فوتومتر (مدل Jeneway) قرائت شدند و میزان عناصر کم‌مصرف آهن، روی، منگنز و مس دانه نیز با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. همچنین درصد پروتئین دانه (درصد نیتروژن دانه $\times 5/83$) و عملکرد پروتئین در واحد سطح (درصد پروتئین \times عملکرد دانه) محاسبه شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌های آزمایش، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم

ارتفاع بوته

جدول 3 بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از لحاظ ارتفاع بوته گندم در سطح احتمال یک درصد

20 روز قبل از کشت چغندرقدن تیمارهای مختلف ورمی کمپوست با خاک مخلوط شد و بعد از برداشت چغندرقدن در محل اعمال هر تیمار نسبت به کشت گندم اقدام گردید. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 11 تیمار و در 4 تکرار انجام شد. تیمارها عبارت بودند از 1- مصرف 50 درصد کود شیمیایی NPK توصیه شده براساس تجزیه خاک، 2- مصرف 50 درصد NPK بعلاوه‌ی مصرف 3 تن ورمی کمپوست در هکتار، 3- مصرف 50 درصد کود NPK بعلاوه‌ی مصرف 5 تن ورمی کمپوست در هکتار، 4- مصرف 50 درصد کود NPK بعلاوه‌ی 7 تن ورمی کمپوست در هکتار، 5- مصرف 100 درصد کود NPK توصیه شده، 6- مصرف 3 تن ورمی کمپوست در هکتار، 7- مصرف 5 تن ورمی کمپوست در هکتار، 8- مصرف 7 تن ورمی کمپوست در هکتار، 9- مصرف 3 تن ورمی کمپوست در هکتار بعلاوه‌ی (مصرف 100 درصد NPK منهای مقدار معادل عناصرغذایی موجود در 3 تن ورمی کمپوست)، 10- مصرف 5 تن ورمی کمپوست در هکتار بعلاوه‌ی (مصرف 100 درصد NPK منهای مقدار معادل عناصرغذایی موجود در 5 تن ورمی کمپوست) و 11- مصرف 7 تن ورمی کمپوست در هکتار بعلاوه‌ی (مصرف 100 درصد NPK منهای مقدار معادل عناصرغذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست). در این آزمایش تراکم 450 عدد بذر در متر مربع مد نظر قرار گرفت که وزن این تعداد بذر با توجه به وزن هزار دانه برای هر کرت محاسبه گردید، قبل از کشت بذور، از قارچ کش کاربوکسین تیرام به میزان 2 دو در هزار استفاده شد. در هر کرت، گندم در 14 خط به فواصل 20 سانتی‌متر توسط دستگاه کمبینات به طول چهار متر در تاریخ 20 آبان‌ماه 1392 کشت گردید. اولین آبیاری در

ارتفاع گیاه می‌شود و در بین تیمارهای مورد بررسی نیز، تیمار تلفیقی ارتفاع بالاتری داشتند که به دلیل بیش‌تر بودن قابلیت دسترسی ریشه‌های گیاه به عناصر غذایی نسبت به سایر تیمارها است.

تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله بطور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول 3). بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله با کاربرد 7 تن ورمی‌کمپوست + (100 درصد کود شیمیایی NPK منهای مقدار عناصر موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست) و مصرف 50 درصد کود شیمیایی + 7 تن ورمی‌کمپوست در هکتار و کم‌ترین میزان آن هم در تیمارهای شاهد و مصرف به‌تنهایی 3 تن ورمی‌کمپوست در هکتار مشاهده شد (جدول 4). مصرف 100 درصد کود شیمیایی در حد وسط واقع شد که با تیمار مصرف 50 درصد کود شیمیایی + 5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. بالا بودن تعداد دانه در سنبله، ناشی از تأثیر مثبت اثر این تیمارها بر تولید گلچه‌های بارور بیش‌تر و دانه‌بندی بهتر آن‌ها در سنبله بوده است. حبیبی و مجیدیان (1393) مشاهده کردند در روش تلفیقی وجود عناصر غذایی به ویژه در مراحل اولیه رشد، موجب افزایش رشد رویشی و شاخص سطح برگ می‌شود و در مراحل بعدی آزادسازی عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست در طی دوره تشکیل دانه که حساس‌ترین مرحله در جذب نیتروژن و تشکیل مواد فتوسنتزی است، موجب افزایش تعداد دانه‌های بیش‌تر می‌گردد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول 3) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد از لحاظ وزن هزاردانه می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها (جدول 4) نشان داد بیش‌ترین وزن هزاردانه با مصرف تلفیقی 7 تن ورمی‌کمپوست + (100 درصد کود شیمیایی منهای

می‌باشد. بیش‌ترین ارتفاع بوته گندم با مصرف تلفیقی 7 تن ورمی‌کمپوست + (مصرف 100 درصد کود شیمیایی NPK منهای مقدار عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست) حاصل شد که در مقایسه با تیمار 50 درصد مصرف کود شیمیایی، 40/5 درصد افزایش نشان داد. البته کاربرد 7 تن ورمی‌کمپوست + (مصرف 100 درصد کود شیمیایی منهای مقدار عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست) نسبت به تیمارهای 50 درصد کود شیمیایی + 7 تن ورمی‌کمپوست در هکتار، 5 تن ورمی‌کمپوست + (مصرف 100 درصد کود شیمیایی منهای مقدار عناصر غذایی موجود در 5 تن ورمی‌کمپوست) و 3 تن ورمی‌کمپوست + (مصرف 100 درصد کود شیمیایی منهای مقدار عناصر غذایی موجود در 3 تن ورمی‌کمپوست) تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد (جدول 4). احتمالاً مصرف توأم ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بواسطه آزادسازی نیتروژن و سایر عناصر غذایی توانسته باعث تحریک رشد رویشی و افزایش ارتفاع بوته‌های گندم از طریق افزایش رشد طولی میانگره‌های ساقه گردد (گرامی و همکاران 1392). همچنین تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست را می‌توان به علت تعادل عناصر غذایی و همچنین تأمین رطوبت مناسب برای گیاه در نتیجه افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک دانست. در شرایط مصرف ورمی‌کمپوست به تنهایی آن هم به میزان 3 تن در هکتار، ارتفاع بوته گندم کاهش شدیدی پیدا کرد، زیرا در شرایط عدم مصرف کود به ویژه نیتروژن ممکن است نسبت کربن به نیتروژن در خاک افزایش یابد که این امر باعث رقابت بین ریزجانداران خاک و گیاه در استفاده از نیتروژن قابل دسترس و در نتیجه کمبود عنصر نیتروژن برای گیاه خواهد شد (گرامی و همکاران 1392). احمدی نژاد و همکاران (1392) گزارش کردند با مصرف تلفیقی کود آلی + 50 درصد کود شیمیایی اوره ارتفاع بوته گندم رقم الوند 10 درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. به طور کلی بالا بودن فراهمی عناصر غذایی از طریق افزایش طول میانگره‌ها باعث افزایش

موجود در خاک، در پیکره موجودات زنده به دنبال افزایش جمعیت این موجودات است. افزایش تراکم جمعیت به خاطر افزایش کربن خاک رخ داده و در نتیجه گیاه نمی‌تواند به رشد مطلوب و تولید اندام‌های فتوسنتز کننده لازم برای تغذیه دانه‌ها دست یابد. این شرایط سبب می‌گردد، رشد گیاه و اندام‌های فتوسنتز کننده کاهش یافته و در دوره پر شدن دانه با کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره شده، موجبات کاهش وزن هزار دانه فراهم آید (افتمیادو و همکاران 2010). در مقابل گزارش شده، وزن هزار دانه گندم در تغذیه تلفیقی به دلیل افزایش اندازه و چگالی دانه نسبت به تیمار شاهد، تا 45 درصد افزایش می‌یابد (کاظم‌زاده و همکاران 1392).

تعداد سنبله در متر مربع

جدول 3 بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از لحاظ تعداد سنبله در متر مربع است. مقایسه میانگین‌ها (جدول 4) نشان داد با مصرف تلفیقی کود شیمیایی و ورمی کمپوست، تعداد سنبله در واحد سطح افزایش می‌یابد، به طوری که بیش‌ترین میزان این صفت به مصرف 7 تن ورمی کمپوست در هکتار + (100 درصد کود شیمیایی NPK منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست) و بعد از آن به مصرف 5 تن ورمی کمپوست در هکتار + (100 درصد کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 5 تن ورمی کمپوست) و 3 تن ورمی کمپوست در هکتار + (100 درصد کود شیمیایی NPK منهای عناصر غذایی موجود در 3 تن ورمی کمپوست) تعلق داشت. کم‌ترین میزان این صفت هم به تیمارهای شاهد و مصرف 3 تن ورمی کمپوست در هکتار مربوط بود. بالا بودن تعداد سنبله بارور در واحد سطح در این تیمارها نشانگر آن است که اثر مثبت ورمی کمپوست بر خصوصیات خاک موجب تقویت پنجه‌دهی بوته‌ها شده است. دان و همکاران (2015) دریافتند که استفاده از ورمی کمپوست از طریق تحریک میکروارگانیزم‌های مفید خاک و عرضه مداوم و پایدار

مقدار عناصر موجود در 7 تن ورمی کمپوست) حاصل شد که در مقایسه با تیمار 50 درصد و 100 درصد کود شیمیایی به ترتیب 15/88 و 6/31 درصد افزایش نشان داد. بالا بودن وزن هزاردانه، نشانگر اثر مثبت این تیمار بر تولید و اختصاص مواد پرورده بیش‌تر به دانه است. وزن هزاردانه در سیستم تغذیه تلفیقی نسبت به سیستم‌های تغذیه آلی و شیمیایی به ترتیب 40 و 6 درصد بیش‌تر می‌باشد. وزن هزار دانه نشان‌دهنده وضعیت و طول دور رشد زایشی هر گیاه است و با آغاز گلدهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت و ذخیره مقداری از مواد فتوسنتزی می‌نمایند. افزایش وزن هزار دانه با توجه به افزایش طول پرشدن دانه قابل توجیه بوده و می‌تواند بیانگر تأثیر مثبت تغذیه تلفیقی بر عملکرد دانه از طریق افزایش مقدار مواد فتوسنتزی ذخیره شده در طول مدت بیش‌تر پرشدن دانه باشد (دان و همکاران 2015). همچنین افزایش وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمار تلفیقی نیز به علت فراهمی مناسب عناصر غذائی در طول زمان می‌باشد به نحوی که گیاه در سراسر فصل رشد نه دچار محدودیت از حیث عناصر مورد نیاز می‌گردد (فراهم بودن سایر عناصر غذائی به غیر از نیتروژن) و نه دچار سمیت ناشی از غلظت بالای عناصر غذائی، که علت آن خواص منحصر به فرد و مطلوب ورمی کمپوست است. در کنار این مزیت می‌توان مزایایی چون بهبود شرایط بیولوژیک خاک توسط مواد آلی و همچنین اضافه نمودن میزان مناسبی از نیتروژن محلول به خاک در مراحل حساس رشد گیاه را نیز ذکر نمود (ال‌تابت 2006 و منصورفر و همکاران 2010). همچنین علت عدم برتری وزن هزار دانه در سیستم تغذیه شیمیایی را عدم فراهمی مناسب نیتروژن در سراسر فصل رشد به علت آبشویی و همچنین عدم فراهم بودن سایر عناصر به میزان مطلوب دانسته‌اند. سیستم تغذیه‌ای متشکل از فقط مواد آلی نیز وزن هزار دانه کم‌تری داشت. علت آن کمبود نیتروژن در ابتدای فصل رشد و تثبیت همان اندک نیتروژن معدنی

می‌توان به فراهمی بیش‌تر عناصر غذایی بویژه نیتروژن در طول فصل به دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی از کود آلی و بهبود خصوصیات فیزیکی و بیولوژیک خاک نسبت داد. علاوه بر این موارد که بر سیستم تغذیه آلی نیز مترتب می‌باشد، اضافه نمودن نیتروژن معدنی به گیاه در شرایط حساس رشد مانند ورود به فاز زایشی به عنوان عامل برتری تیمار تلفیقی در نظر گرفته می‌شود (دان و همکاران 2015). چون هوا و همکاران (2010) اعلام کردند که عملکرد دانه ارتباط مستقیمی با ذخیره مواد فتوسنتزی در بافت‌های رویشی گیاه و انتقال مجدد آن به دانه‌ها دارد. با توجه به مناسب‌تر بودن فتوسنتز در طول فصل رشد به دلایل ذکر شده در سیستم تلفیقی و ذخیره آن در بافت‌های گیاه، این عامل از دلایل افزایش عملکرد در سیستم تلفیقی محسوب می‌شود. کاهش عملکرد در سیستم آلی را نیز می‌توان به افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک به واسطه افزایش کربن خاک و افزایش نسبت کربن به نیتروژن و در نتیجه مصرف نیتروژن معدنی موجود و آزادسازی آهسته نیتروژن نسبت داد. کم‌تر بودن عملکرد در سیستم شیمیایی نسبت به تلفیقی نیز به دلیل شستشوی نیتروژن معدنی از خاک و عدم کافی بودن عناصر است که توسط سایر محققین نیز تایید گردیده است (چاپوی و همکاران 2003، بهاتاچاریا و همکاران 2008 و مینگ‌گنگ و همکاران 2008). سالواگیوتی و همکاران (2008) در ارتباط با عملکرد بیولوژیک بیان کردند که گیاهان برای تولید بیوماس و عملکرد نیاز به ذخیره مناسب عناصر در بافت‌های خود دارند (به‌نظر می‌رسد در سیستم تغذیه تلفیقی تأمین بخشی از نیتروژن مصرفی از منبع آلی سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک و فراهمی عناصر در طول رشد گردیده است). با توجه به این نکته بدیهی است هر عاملی از جمله ورمی‌کمپوست که سبب فراهمی بیش‌تر نیتروژن برای گیاه گردد، عملکرد بیولوژیک را افزایش خواهد داد. رفیعی و همکاران (1393) نتیجه گرفتند که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و دانه تحت سیستم تغذیه

عناصر معدنی به گیاه، موجب افزایش تعداد پنجه‌ها و به تبع آن افزایش تعداد سنبله می‌گردد. در یک مطالعه که توسط روی و سینگ (2006) انجام شد کاربرد 10 تن ورمی‌کمپوست در هکتار در مقایسه با عدم کاربرد آن باعث افزایش تعداد سنبله در گیاه جو شد، که علت این افزایش را تحریک میکروارگانیسم‌های خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر غذایی به گیاه از طریق ورمی‌کمپوست عنوان کردند. همچنین بکارگیری ورمی‌کمپوست از طریق کنترل آفات و بیماری‌های خاکزی و بهبود واکنش‌های حیاتی مفید در خاک و نیز جذب آب و عناصر غذایی، باعث افزایش رشد، نمو و گلدهی گیاهان می‌گردد.

عملکرد بیولوژیک و دانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها از لحاظ عملکرد بیولوژیک و دانه است (جدول 3). بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک و دانه با کاربرد تیمار 7 تن ورمی‌کمپوست + (100 درصد کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست) و بعد از آن در تیمار 5 تن ورمی‌کمپوست + (100 درصد کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 5 تن ورمی‌کمپوست) و کم‌ترین میزان این صفات هم در تیمار 50 درصد مصرف کود شیمیایی حاصل شد (جدول 4). افزایش عملکرد دانه در مصرف تلفیقی 7 تن ورمی‌کمپوست + (مصرف کامل کود شیمیایی منهای مقدار معادل عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست) نسبت به تیمار 100 درصد کود شیمیایی 73/34 درصد بود. ورمی‌کمپوست به دلیل وجود قارچ، باکتری، مخمر و اکتینومیسیت‌ها فعالیت میکروبی داشته که این ریزموجودات می‌توانند علاوه بر بهبود جذب عناصر غذایی از طریق تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نظیر اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، اتیلن و اسید آبسازیک تأثیر مثبتی روی رشد و عملکرد گیاه داشته باشند (دان و همکاران 2015). افزایش عملکرد در سیستم تغذیه تلفیقی را

مفید خاک توسط ورمی کمپوست و توانایی آن در بهبود جذب عناصر معدنی پرمصرف و کم مصرف نسبت دادند. آنها اظهار داشتند که فضولات کرم های خاکی حاوی عناصر معدنی پرمصرف و کم مصرف قابل استفاده فراوانی بوده که موجب تغذیه مستقیم گیاهان مذکور شده و از طریق بهبود رشد و نمو، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. لازم به توضیح است که در تفسیر نتایج چنین آزمایشاتی بایستی دو مفهوم دیدگاه صرفاً زراعی و دیدگاه آگرواکولوژیکی در بعد کوتاه مدت و میان مدت در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر ممکن است به لحاظ کمیت در برخی موارد کاربرد ورمی کمپوست و سایر کودهای آلی و سطوح زیاد کود شیمیایی نتایج بهتری را در مقایسه با کاربرد کودهای آلی به تنهایی نشان دهد. اما از دیدگاه آگرواکولوژیکی صرفاً کمیت نهایی ملاک نبوده و نباید تک بعدی به نتایج نگاه کرد. بعبارت دیگر کاهش اندکی در یک صفت به واسطه کاربرد ورمی کمپوست در مقادیر کم تر کود شیمیایی ممکن است اثرات مثبت میان مدت و بلند مدت بسیار بیش تری در مقایسه با نتایج کوتاه مدت کاربرد سایر روش ها داشته باشد (گرامی و همکاران 1392).

تلفیقی و کمترین عملکرد بیولوژیک و دانه در سیستم تغذیه آلی حاصل می شود. در بررسی ایشان تیمار تلفیقی نسبت به روش تغذیه شیمیایی و سیستم تغذیه آلی به ترتیب 16 و 50 درصد افزایش در عملکرد دانه ایجاد کرد. بوشام به نقل از دان و همکاران (2015) معتقد است به دلایل متعدد اضافه کردن مواد آلی به خاک ممکن است موجب کاهش عملکرد محصول شود که یکی از علل آن محبوس بودن نیتروژن در ساختار مولکول های آلی است.

انور و همکاران (2005) نشان دادند که مصرف پنج تن در هکتار ورمی کمپوست همراه با کود شیمیایی (NPK به میزان 25، 50 و 25 کیلوگرم در هکتار) برتری محسوسی از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد داشت. آنها اظهار داشتند که افزودن ورمی کمپوست به خاک با بهبود بخشیدن شرایط بیولوژیکی خاک، ضمن فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجبات افزایش رشد پیکره رویشی و تولید بیوماس را نیز فراهم آورده است. یافته های کوماوات و همکاران (2006) نیز مؤید آن بود که استفاده از ورمی کمپوست در گیاه جو، موجب بهبود چشمگیر عملکرد بیولوژیک گردید، آنها این تأثیر مثبت را به قابلیت تحریک کنندگی فعالیت میکروب های

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	میانگین مربعات			عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
					تعداد سنبله در متر مربع	سنبله	سنبله			
تکرار	3	45/248*	9/26 ^{ns}	1/941*	3522/3**	0/014	225313/6*	6902315/5**	305/49**	
تیمار	10	159/6**	121/4**	11/08**	17083/9**	3/683 ^{ns}	5769274/8**	18163684/8**	54/932 ^{ns}	
خطای آزمایشی	30	11/827	4/037	0/622	452/99	1/504	70346/3	760542/5	51/291	
ضریب تغییرات (درصد)		5/25	6/52	2/01	6/26	9/60	6/18	10/95	13/15	

*, ** و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5، 1 درصد و عدم معنی دار میباشد.

جدول 4- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد گندم در تیمارهای مختلف

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد سنبله در مترمربع	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)
مصرف 50 درصد کود شیمیایی	57/2 f	23/21 f	36/33 f	253/4 f	2634 i	5605 f
50 درصد کود شیمیایی + 3 تن ورمی‌کمپوست در هکتار	65/07 cde	27/49 de	37/58 e	289/5 e	3504 gh	7044 de
50 درصد کود شیمیایی + 5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار	68/28 bcd	30/98 c	39/24 d	321/7 d	3864 fg	7301 de
50 درصد کود شیمیایی + 7 تن ورمی‌کمپوست در هکتار	71/22 ab	38/17 a	40/57bc	359/1 c	4405 d	8069 cd
100 درصد کود شیمیایی	63/78 de	30/68 c	39/6 bcd	352/3 cd	3928 ef	7644 de
مصرف 3 تن ورمی‌کمپوست	52/53 f	24/54 f	37/20ef	267/8 ef	3217 h	5671 f
مصرف 5 تن ورمی‌کمپوست	62/6 e	25/82 ef	38/72 d	290/6 e	3733 fg	6542 ef
مصرف 7 تن ورمی‌کمپوست	66/28 bcde	29/10 cd	39/44 cd	324/5 d	4286 de	7257 de
مصرف 3 تن ورمی‌کمپوست + (100 درصد کود شیمیایی منهای معادل عناصر غذایی موجود در 3 تن ورمی‌کمپوست)	69/53 abc	34/35 b	39/41 d	402/7 b	4995c	9310 bc
مصرف 5 تن ورمی‌کمپوست + (100 درصد کود شیمیایی منهای معادل عناصر غذایی موجود در 5 تن ورمی‌کمپوست)	70/32 ab	34/67 b	40/62 b	422/4 b	5849 b	10410 b
مصرف 7 تن ورمی‌کمپوست + (100 درصد کود شیمیایی منهای معادل عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست)	73/85 a	40/09 a	42/1 a	454/9 a	6809 a	12750 a

در هر ستون حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد بر اساس آزمون LSD است.

صفات کیفی گندم

نیترژن دانه

نیترژن و فسفر ورمی‌کمپوست، 5 تا 11 برابر بیش از خاک بوده و سایر عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف نیز در آن بیش از خاک معمولی می‌باشد که به تدریج آن‌ها را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (دان و همکاران 2015). ورمی‌کمپوست ظرفیت تبادل بیش‌تر و پتانسیل اکسیداسیون بالا (شارما و همکاران 2005) و در برگیرنده عناصری است که به راحتی در دسترس گیاه قرار می‌گیرند. از جمله این عناصر نیترات‌هاست (مانیوانان و همکاران 2009) و بیش‌ترین فرم نیترژن نیز نیترات می‌باشد. زمانی که بیش‌تر نیترژن معدنی در ورمی‌کمپوست به فرم نیترات است (آتیه و همکاران 2001)، احتمال دارد با مصرف ورمی‌کمپوست، میزان جذب نیترات به دلیل وجود محرک‌های رشد بالا رود (نگو و همکاران 2014). همچنین در تناوب ذرت با گیاه باقلا، بقایای کودهای آلی مصرف شده در باقلا سبب افزایش نیترژن در علوفه و دانه ذرت گردید (هلال و

نتایج تجزیه واریانس (جدول 5) بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال 1 درصد از لحاظ نیترژن دانه می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان نیترژن دانه در تیمار مصرف 7 تن ورمی‌کمپوست در هکتار بعلاوه‌ی مصرف 100 درصد کود شیمیایی - مقدار معادل عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد و کم‌ترین میزان نیترژن دانه به مصرف 50 درصد کود شیمیایی و بعد از آن به تیمار 100 درصد مصرف کود شیمیایی اختصاص داشت. میزان افزایش نیترژن دانه با کاربرد 7 تن ورمی‌کمپوست + (100 درصد کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست) در مقایسه با تیمار شاهد 34/24 درصد بود (جدول 6).

معنی‌دار نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب تا سومین، پنجمین و دومین کشت در محصول مشاهده شده است.

پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول 5) بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد از لحاظ پتاسیم می‌باشد. بیش‌ترین میزان پتاسیم دانه با مصرف 7 تن ورمی‌کمپوست در هکتار بعلاوه‌ی مصرف 100 درصد کود شیمیایی NPK منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد 24/87 درصد افزایش نشان داد. کم‌ترین میزان پتاسیم هم به مصرف 50 درصد کود شیمیایی بدون تفاوت معنی‌دار با تیمار مصرف 3 تن ورمی‌کمپوست اختصاص داشت (جدول 6). افزایش جذب عناصر غذایی ممکن به دلیل عرضه بیش‌تر عناصر غذایی، گسترش مناسب سیستم ریشه برای جذب آب و عناصر به دلیل بهبود ساختار فیزیکی خاک باشد (دان و همکاران 2015). مانیوانان و همکاران (2009) وجود پتاسیم محلول در ورمی‌کمپوست که به آسانی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد را گزارش کرده‌اند. زالر و همکاران (2007) افزایش فعالیت‌های میکروبی، وجود تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و افزایش جذب عناصر غذایی نظیر پتاسیم در تیمار حاوی ورمی‌کمپوست را به عنوان دلایل عمده افزایش غلظت این عنصر در مقایسه با تیمار شاهد بیان کردند. راپنگی (1993) اثر باقیمانده مصرف کمپوست بر غلظت پتاسیم گیاه را تا دومین کشت و سومین کشت معنی‌دار گزارش نمودند.

آهن، منگنز و روی دانه

جدول 5 بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد برای عناصر آهن، منگنز و روی دانه می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها (جدول 6) نشان داد بیش‌ترین میزان آهن به مصرف 7 تن ورمی‌کمپوست بعلاوه‌ی مصرف 50 درصد کود شیمیایی NPK بدون تفاوت معنی‌دار با کاربرد تیمارهای 7 تن ورمی-

همکاران 2014). محققان گزارش کرده‌اند که با بهبود ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک، فعالیت بیولوژیک آن افزایش یافته و این امر سبب افزایش رهاسازی و غلظت عناصر غذایی قابل جذب خاک می‌شود (لیوپوای و همکاران 2004). همچنین راپنگی (1993) مشاهده کرد که تأثیر باقیمانده کمپوست بر جذب نیتروژن تا سه کشت متوالی ادامه داشته است.

فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول 5) بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال 5 درصد برای فسفر دانه بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول 6) نشان داد با مصرف 50 درصد کود شیمیایی بعلاوه‌ی 7 تن ورمی-کمپوست در هکتار بیش‌ترین میزان فسفر دانه مشاهده شد، البته این تیمار فقط با تیمار مصرف 3 تن ورمی-کمپوست در هکتار تفاوت معنی‌دار داشت و با بقیه تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. هلال و همکاران (2014) گزارش کردند کودهای آلی سبب افزایش فسفر جذب شده توسط باقلا می‌شود. ورمی‌کمپوست حاوی فسفر قابل تبادل است که به سهولت در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (مانیوانان و همکاران 2009). نتایج بدست آمده بیانگر این است که با کاربرد ورمی‌کمپوست فراهمی عناصر غذایی و به ویژه حل‌پذیری فسفر در منطقه ریزوسفر ریشه بیشتر خواهد شد و در نتیجه سبب جذب عناصر غذایی توسط ریشه و در نهایت افزایش فسفر دانه می‌گردد (هانس و همکاران 2008). همچنین با افزودن کود آلی در یک سیستم کشت، هوموس موجود در خاک باعث پوشاندن سطح ذرات رس شده و مانع تثبیت فسفر می‌گردد. اعظم شاه و همکاران (2013) نتیجه گرفتند که فسفر قابل دسترس بعد از برداشت گندم با کاربرد تلفیقی کود آلی و شیمیایی افزایش یافت. راپنگی (1993) از خاکی که با 20 تن کمپوست در هکتار تیمار شده بوده نمونه‌برداری کرد و در یک آزمایش شش ساله اثرات باقیمانده کمپوست را بررسی نمود. او ملاحظه کرد که تا پایان دوره، قابلیت استفاده نیتروژن بالا بوده و اثرات

می‌شوند. به این ترتیب بهبود ماده آلی خاک منجر به جذب بهینه عناصر غذایی ماکرو و میکرو خواهد شد (دان و همکاران 2015). مواد آلی نقش مهمی در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله عناصر کم-مصرف ایفا می‌کنند، بدین صورت که اسید هومیک و فالویک موجود در مواد آلی با کاتیونهای عناصر ریز مغذی کمپلکس ایجاد کرده و موجب افزایش قابلیت استفاده آنها توسط گیاهان می‌شود. همچنین تجزیه مواد آلی موجب افزایش غلظت گاز کربنیک و دنبال آن موجب کاهش pH (به دلیل تولید آمینواسید، گلیسین، سیستئین، اسید هومیک در طی معدنی شدن) خاک شده و بدین ترتیب غلظت عناصر غذایی ریز مغذی در خاک افزایش می‌یابد (فرناندز لوکیونو و همکاران 2010). رسولی و مفتون (1389) نتیجه گرفتند غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز گندم در خاک تیمار شده با هر یک از مواد آلی (کمپوست و کود دامی) بیشتر از شاهد است، و دلیل آن را افزایش کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر، آهن، روی، مس و منگنز قابل استفاده در خاک تیمار شده با دو ماده آلی ذکر کردند.

درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از لحاظ پروتئین دانه گندم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد وجود دارد (جدول 5). بیشترین میزان درصد پروتئین به تیمارهای مصرف 7 تن ورمی‌کمپوست در هکتار+ (مصرف کامل کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست) و مصرف 5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار+ (مصرف کامل کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 5 تن ورمی‌کمپوست) مربوط بود که نسبت به تیمار مصرف 50 درصد کود شیمیایی 32/15 درصد و نسبت به تیمار 3 تن ورمی‌کمپوست در هکتار 11/52 درصد افزایش نشان دادند. کمترین میزان درصد پروتئین به تیمارهای 50 درصد مصرف کود شیمیایی و مصرف 3 تن ورمی‌کمپوست در هکتار تعلق داشت (جدول 6). کاظم‌زاده و همکاران (1392) نتیجه گرفتند که مصرف

کمپوست در هکتار+ (100 درصد کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست) و 50 درصد کود شیمیایی + 5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار مربوط بود. کمترین میزان غلظت آهن در تیمار شاهد بدون تفاوت معنی‌دار با کاربرد 3 تن ورمی‌کمپوست + (100 درصد کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 3 تن ورمی‌کمپوست) مشاهده شد. همچنین بیشترین غلظت منگنز در تیمارهای 50 درصد کود شیمیایی + 7 تن ورمی‌کمپوست در هکتار و 7 تن ورمی‌کمپوست+ (100 درصد کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست) حاصل شد.

بیشترین غلظت روی دانه نیز با کاربرد 7 تن ورمی‌کمپوست در هکتار+ (100 درصد کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی‌کمپوست در هکتار) به دست آمد. جوردائو و همکاران (2006) بیان کردند که با کاربرد کودهای آلی به دلیل انحلال رسوبات منگنز (کربنات‌ها، فسفات و هیدروکسیدها) توسط فعالیت میکروبی و به دنبال آن تعدیل pH، منگنز قابل دسترس و سایر عناصر ریزمغذی افزایش می‌یابد. مصرف ورمی‌کمپوست باعث افزایش مقدار آهن، منگنز و روی در دانه گندم می‌گردد که می‌تواند به دلیل دسترسی بهتر به عناصر غذایی موجود در مواد آلی باشد (فرناندز لوکیونو و همکاران 2010). در کنار اثرات مثبت کودهای آلی در ساختار خاک که سبب توسعه‌ی بهتر سیستم ریشه‌ای برای جذب عناصر غذایی می‌شود، کودهای آلی می‌توانند علاوه بر آزادسازی عناصر غذایی خود، با اتصال به عناصر غذایی موجود در کودهای شیمیایی از دنیتریفیکاسیون، تبخیر و آبشویی نیز جلوگیری کرده و مواد غذایی را به مرور آزاد سازند. از طرفی ماده آلی و کربن آلی خاک با مصرف تلفیقی ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی افزایش می‌یابد و از سوی دیگر مواد آلی خاک به عنوان یک انبار ذخیره عناصر غذایی با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا عمل کرده و مانع از دست رفتن عناصر غذایی بواسطه کلاته کردن (نگهداری عناصر برای یک دوره بلند مدت)

پروتئین دانه گندم قابل توجهی است (کازم زاده و همکاران 1392).

عملکرد پروتئین دانه

جدول تجزیه واریانس (جدول 5) بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال 1 درصد از لحاظ عملکرد پروتئین دانه گندم است. بالاترین عملکرد پروتئین (998/6 کیلوگرم در هکتار) با کاربرد 7 تن ورمی کمپوست در هکتار+ (مصرف کامل کود شیمیایی NPK منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست) و کمترین عملکرد پروتئین (403/4 کیلوگرم در هکتار) هم با مصرف 3 تن ورمی کمپوست در هکتار مشاهده شد (جدول 6). این شاخص حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه است، در نتیجه، کاربرد 7 تن ورمی کمپوست+ (مصرف کامل کود شیمیایی منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست در هکتار) درصد بالای پروتئین و عملکرد بالایی دارد که از مهمترین دلایل آن فراهمی عناصر غذایی است. بدیهی است که، بیشترین میزان عملکرد پروتئین هم مربوط به این تیمار می باشد. رفیعی و همکاران (1393) نیز بالاترین عملکرد پروتئین سویا را در روش تغذیه تلفیقی گزارش نمودند.

60 تن کمپوست زباله شهری به همراه 50 درصد نیتروژن مقدار پروتئین خام بیشتری نسبت به سایر تیمارها دارد. این تیمار مقدار پروتئین خام گندم رقم لوند را در مقایسه با تیمار شاهد، 83 درصد افزایش داد. آن‌ها دلیل این نتیجه را به کاهش هدررفت نیتروژن در نظام تغذیه تلفیقی و افزایش قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن نسبت دادند. یکی دیگر از دلایل افزایش درصد پروتئین گندم با کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی به بهبود تغذیه گیاه به ویژه از نظر روی و آهن نسبت داده می شود، زیرا روی عامل انتقال بهتر پروتئین به دانه گندم می باشد. بر اثر کمبود روی، فعالیت آنزیم RNA پلیمرز و انتقال اسیدهای آمینه با کاهش مواجه شده و از طرف دیگر، تجزیه RNA شدت می یابد و در نتیجه میزان تشکیل پروتئین کاهش می یابد (آنجلوا و همکاران 2013). بکستروم و همکاران (2004) گزارش دادند در نظام های ارگانیک که در آنها فقط کود آلی مصرف می شود، کمبود نیتروژن محدود کننده ترین عامل تولید محصول می باشد. به نظر می رسد افزایش غلظت پروتئین گندم بر اثر تلفیق کودهای آلی با شیمیایی به بهبود تغذیه گیاه و برطرف شدن کمبود نیتروژن کودهای آلی مربوط است. همچنین با توجه به همبستگی مثبت و معنی دار غلظت پروتئین خام با غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس و افزایش جذب این عناصر در سیستم تغذیه تلفیقی، افزایش غلظت

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کمی و کیفی دانه گندم

میانگین مربعات		درجه				
منگنز	آهن	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	آزادی	منابع تغییر
0/058 **	399/34 **	0/001 ^{ns}	0/001*	0/018 *	3	تکرار
67/538 **	2999/2 **	0/002 *	0/003 **	0/118**	10	تیمار
19/338	194/608	0/001	0/001	0/004	30	خطای آزمایش
8/16	8/61	6/49	6/48	2/7		ضریب تغییرات (درصد)

*, ** و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5، 1 درصد و عدم معنی دار می باشد.

ادامه جدول 5

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		روی	مس	پروتئین	عملکرد پروتئین	درصد نشاسته
تکرار	3	325/73 *	1/644 ns	0/601**	30282814 ns	1/975 ^{ns}
تیمار	10	62/51 **	1/097 ns	3/725 **	1602270501**	0/285 ns
خطای آزمایشی	30	25/093	0/536	0/127	1108779/05	0/726
ضریب تغییرات (درصد)		16/87	11/56	2/7	5/8	1/19

*, ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5، 1 درصد و عدم معنی دار می باشد.

جدول 6- مقایسه میانگین صفات کیفی گندم تحت تأثیر تیمارهای مختلف

تیمار	نیترژن دانه (درصد)	پتاسیم دانه (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفردانه (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن دانه (میلی گرم بر کیلوگرم)	منگنز دانه (میلی گرم بر کیلوگرم)	روی دانه (میلی گرم بر کیلوگرم)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
مصرف 50 درصد کود NPK	1/875f	0/39c	0/37ab	121/83d	47d	26/33c	10/93 g	287/5 h
50 درصد کود NPK + 3 تن ورمی کمپوست در هکتار	2/195de	0/41bc	0/40ab	147/3bc	54/8abc	25c	12/8 ef	448/3 fg
50 درصد کود NPK + 5 تن ورمی کمپوست در هکتار	2/215de	0/44abc	0/42ab	195/16a	56abc	28/8bc	12/91 def	499/1 e
50 درصد کود NPK + 7 تن ورمی کمپوست در هکتار	2/28bcd	0/45abc	0/427a	209/33 a	60/3a	31/8abc	13/32 bcd	586/3 d
100 درصد کود شیمیایی NPK	2/23cde	0/44abc	0/39ab	147/6bc	52/5bcd	25/6c	13/04 cdef	513/1 e
مصرف 3 تن ورمی کمپوست در هکتار	2/153e	0/39c	0/35b	135cd	49/83cd	30/6abc	12/53 f	403/4 g
مصرف 5 تن ورمی کمپوست در هکتار	2/25bcd	0/42abc	0/38 ab	161/66b	53/5abcd	32/5abc	13/12 bcde	489/5 ef
مصرف 7 تن ورمی کمپوست در هکتار	2/31bc	0/42abc	0/39 ab	188/33a	54/66abc	36/83ab	13/5 bc	577/5d
3 تن ورمی کمپوست در هکتار + (100 درصد NPK منهای مقدار معادل عناصر غذایی موجود در 3 تن ورمی کمپوست)	2/33b	0/43abc	0/36ab	123/16d	46/33d	24/83c	13/61 b	679/7 c
5 تن ورمی کمپوست در هکتار + (100 درصد NPK منهای مقدار معادل عناصر غذایی موجود در 5 تن ورمی کمپوست)	2/43a	0/47ab	0/37ab	150/5bc	57/5ab	26/66c	14/21 a	829/9 b
7 تن ورمی کمپوست در هکتار + (100 درصد NPK منهای مقدار معادل عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست)	2/51a	0/48a	0/41ab	201/5a	60/33a	37/5a	14/68 a	998/6 a

در هر ستون حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال 5 درصد بر اساس آزمون LSD است.

نتیجه گیری کلی

بهبود کیفیت دانه گندم شد. با توجه به نتایج مشخص می‌شود که کودهای آلی به ویژه ورمی کمپوست توانایی جبران بخشی از نیاز کودی گیاه گندم را دارند. بر این اساس می‌توان در برخی شرایط میزان کود شیمیایی مصرفی را کاهش داده و با کودهای آلی این کاهش را جبران نمود. بنظر می‌رسد در کوتاه مدت، کودهای آلی به تنهایی قادر به حفظ عملکرد بالای گندم و قابل رقابت با کشاورزی مرسوم نیستند. همچنین در روش مصرف ورمی کمپوست به تنهایی آن هم با مقادیر کم، عملکرد پروتئین دانه نیز کمتر از شرایط تلفیقی بود. بنابراین از دیدگاه اکولوژی زراعی می‌توان چنین استنباط نمود با توجه به شرایط فعلی اکوسیستم‌های زراعی گندم در کشور، حذف کامل کودهای شیمیایی در کوتاه مدت مناسب نبوده بلکه راهکار بهینه، حذف درصدی از کود شیمیایی و جایگزینی آن با کودهای آلی از جمله ورمی کمپوست است.

نتایج نشان داد بیشترین تعداد دانه در سنبله با کاربرد 7 تن ورمی کمپوست + (100 درصد NPK منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست) و 50 درصد کود شیمیایی بعلاوه 7 تن ورمی کمپوست و کمترین میزان آن هم در تیمارهای شاهد و مصرف 3 تن ورمی کمپوست در هکتار مشاهده شد. بیشترین وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین (998/6 کیلوگرم در هکتار) هم به تیمار 7 تن ورمی کمپوست + (100 درصد NPK منهای عناصر غذایی موجود در 7 تن ورمی کمپوست) تعلق داشت. در حالی که کمترین عملکرد پروتئین (403/4 کیلوگرم در هکتار) در تیمار مصرف 3 تن ورمی کمپوست حاصل شد. همچنین اثرات مثبت جایگزینی ورمی کمپوست با بخشی از کودهای شیمیایی باعث افزایش دسترسی عناصر غذایی موجود در خاک (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی و منگنز) و در نتیجه سهولت جذب این عناصر و در نتیجه

منابع مورد استفاده

- احمدی نژاد ر، نجفی ن، علی اصغر زاد ن و اوستان ش، 1392. اثر کودهای آلی و نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و ویژگی‌های رشد گندم (رقم الوند). نشریه دانش آب و خاک، 23 (2): 177-194.
- حبیبی ص، مجیدیان م، 1393. تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن و ورمی کمپوست بر عملکرد و کیفیت ذرت شیرین. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، سال چهارم، 11: 25-15.
- کاظم زاده م، پیغمبر دوست س ه و نجفی ن، 1392. اثر کودهای آلی و نیتروژن بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و کیفیت نانوائی گندم رقم الوند. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، 32 (3): 179-196.
- گرامی ف، آینه بند ا و فاتح ا، 1392. اثر کودهای سبز و کود شیمیایی نیتروژنی بر رشد اولیه، عملکرد و اجزای عملکرد گندم. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد 23 (1): 1-17.
- رفیعی ام، آقاعلیخانی م و مدرس ثانوی س ع م، 1393. بازتاب سویا به مقدار کاربرد نیتروژن در سیستم‌های تغذیه‌ای متداول، آلی و تلفیقی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، 24 (2): 1-18.
- رسولی ف و مفتون م، 1389. اثر باقیمانده دو ماده آلی با و یا بدون نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی گندم و برخی خصوصیات شیمیایی خاک، نشریه آب و خاک، 4 (2): 262-273.

- Anwar M, Patra DD, Chand S, Alpesh K, Naqvi AA and Khanuja SPS, 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1737-1746.
- Adediran JA, Taiwo LB, Akande MO, Sobulo RA and Idowu OJ, 2004. Application of organic fertilizer for sustainable maize and cowpea yield in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 1163-1181.
- Angelova VR, Akova VI, Artinova NS and Ivanov KI, 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (5): 958-971.
- Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S and Metzger JD, 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78, 11-20.
- Azam Shah A, Mohammad W, Shah SM, 2013. Effect of organic and chemical nitrogen fertilizers on grain yield and yield components of wheat and soil fertility. *Scientific Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 1(2): 37-48.
- Baekstrom LG, Hanell U and Svensson G, 2004. Baking quality of winter wheat grown in different cultivating systems, 1992-2001: A holistic approach. *Journal of Sustainable Agriculture*, 24: 53-79.
- Bhattacharyya R, Kundu S, Prakash V and Gupta HS, 2008. Sustainability under combine application of mineral and organic fertilizers in a rainfed soybean-wheat system of the Indian Himalayas. *European Journal Agronomy*, 28: 33-46.
- Bar-Tal A, Yermiyahu U, Beraud J, Keinan M, Rosenberg R, Zohar D, Rosen V and Fine P, 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. *Journal of Environment Quality*, 33:1855-1865.
- Chaoui HI, Zibilske LM and Ohno T, 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 295-302.
- Efthimiadou A, Bilalis D, Karkanis A and Williams BF, 2010. Combined organic/inorganic fertilization enhance soil quality and increased yield, photosynthesis and sustainability of sweet maize crop. *Australian Journal of Crop Science*, 4(9): 722-729.
- FAO, 2013. <http://faostat.fao.org>.
- Fernandez-Luqueno F, Reyes-Varela V, Martinez-Suarez C, Salomon-Hernandez G, Yanez-Meneses J, Ceballos-Ramirez JM and Dendooven L, 2010. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioresource Technology*, 101: 396-403.
- Hanč A, Tlustoš P, Száková J and Balík J, 2008. The influence of organic fertilizers application on phosphorus and potassium bioavailability. *Plant, Soil and Environment*, 54 (6): 247-254
- Hellal FA, Zewainy RM, Khalil AA and Ragab AAM, 2014. Effect of organic and bio-fertilizer management practices on nutrient availability and uptake by Faba bean- Maize sequence. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 8 (5): 35-42.
- Jordao CP, Nascentes CC, Cecon PR, Fontes RLF and Pereira JL, 2006. Heavy metal availability in soil amended with composted urban solid wastes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 112: 309-326.
- Jun-Hua Z, Jian-Li L, Jia-Bao Z, Fu-Tao Z, Ya-Nan C and Wei-Peng, W. 2010. Effects of nitrogen application rates on translocation of dry matter and nitrogen utilization in rice and wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 36(10): 1736-1742.
- Kumawat PD, Jat NL and Yadavi SS, 2006. Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barley (*Hordeum vulgare*). *Indian Journal of Agricultural Scienc*, 76: 226-229.
- Manna MC, Jha S, Ghosh PK and Acharya CL, 2003. Comparative efficacy of three epigic earthworms under different deciduous forest litters decomposition. *Bioresource Technology*, 88: 197-206.

- Manivannan S, Balamurugan M, Parthasarathi K, Gunasekaran G and Ranganathan LS, 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity –beans (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Environmental Biology, 30: 275–281.
- Mansouri-Far C, Modarres Sanavy SAM and Saberli S, 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agricultural Water Management, 97:12–22.
- Ming-gang X, Dong-chu L, Ju-mei L, Dao-zhu Q, Yagi K and Hosen Y, 2008. Effects of organic manure application with chemical fertilizers on nutrient absorption and yield of rice in Hunan of southern china. Agricultural Sciences in China, 7 (10): 1245-1252.
- Nelson DW and Sommers LE, 1972. Determination of total nitrogen in plant material. Agronomy Journal, 65: 109-111.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS and Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Roy DK and Singh BP, 2006. Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). Indian Journal of Agronomy, 51: 40-42.
- Roppongi K, 1993. Residual effects of rice straw compost after continuous application to upland alluvial soil. Japanese Soil Science and Plant Nutrition, 64: 417-422.
- Salvagiotti F, Cassman KG, Specht JE, Walters DT, Weiss A and Dobermann A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Field Crops Research, 108: 1–13.
- Sharma S, Pradhan K, Satya S and Vasudevan P, 2005. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses: a review. The Journal of American Science, 1: 4–16.
- Sinha RK, Dalsukh V, Krunal C and Sunita A, 2010. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable, 2 (7): 113-128.
- Tripathi G and Bhardwaj P, 2003. Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (kinberg). Bioresource Technology, 92: 275-283.
- Zaller JG, 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Scientia Horticulturae, 112: 191-199.