University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

Agro-Biological Evaluation of Vermicompost Fertilizer Production from Crop Residues and its Effect on Seed Yield of Sesame

Amir Aynehband [1]✉| Mansoor Mashayekhi [2]| Esfandiar Fateh [3]

1. Corresponding author, Production Engineering and Plant Genetic Department, Agriculture Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: aynehband@scu.ac.ir
2. Production Engineering and Plant Genetic Department, Agriculture Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Production Engineering and Plant Genetic Department, Agriculture Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: e.fateh@scu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: November 29, 2022
Received in revised form: January 10, 2023
Accepted: January 23, 2023
Published online: April 28, 2023

Keywords:
C/N ratio,
proliferation ratio,
seed oil,
sugarcane,
worm

ABSTRACT

Vermicomposting fertilizer is an ecological approach that improves both yield quantity and environmental quality. This study was carried out in the field of agriculture faculty of Shahid Chamran University of Ahvaz in 2021 at two stages. In the first stage, the experimental design was a split plot with 4 crop residues (i.e. wheat, rice, sugarcane, and corn) in the main plot and 2 weight ratios (i.e. 30 & 40%) were supplot with 3 replications. In the second stage, the experimental design was a randomized complete block with 3 replications which included 8 different vermicomposting that were produced in the first stage. Results of the first stage showed that wheat 40% residue treatment produced the highest mature worm weight due to the highest mature worm population which resulted in the highest total worm weight. For all crop residue treatments, the total worm number was reduced by the increase in crop residue quantity from 30% to 40%. This reduction was affected by the reduction in the immature worm population. Despite the increase in mature worm numbers, it could not compensate for the effects of reducing the number of immature worms. Increasing the percentage of the residue of each crops from 30% to 40%, the amount of vermicompost fertilizer production was reduced, but on the other hand, the amount of non-fertilizer compounds was added. The highest sesame seed yield (1154/6 kg/h) belonged to a wheat residue with a 30% weight ratio. This superiority is influenced by the superiority of seed weight in capsule, seed number in capsule, and seed 1000 weight characters. In conclusion, the results of this research showed the importance of paying attention to the raw material in the production of vermicompost both in terms of impact on the biological and chemical properties and on the agronomic properties of the crop. A point that is perhaps less noticed now. So, it is recommended that in sustainable agriculture or organic farming it is better to produce vermicompost fertilizer suitable for each crop.

Cite this article: Aynehband, A., Mashayekhi, M., & Fateh, E. (2023). Agro-biological evaluation of vermicompost fertilizer production from crops residue and its effect on seed yield of sesame. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *54*(2), 129-139. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.351691.654958

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2023.351691.654958

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

ارزیابی زیست–زراعی تولید کود ورمی‌کمپوست از بقایای گیاهان زراعی و اثر آن بر عملکرد دانه کنجد

امیر آینه‌بند[1]✉ | منصور مشایخی[2] | اسفندیار فاتح[3]

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: aynehband@scu.ac.ir

۲. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۳. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: e.fateh@scu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۰۸

کلیدواژه‌ها:
روغن دانه،
کرم خاکی،
نسبت تکثیر،
نسبت کربن به نیتروژن،
نیشکر.

چکیده

کود ورمی‌کمپوست از جمله راهکارهای سازگار با دیدگاه کشاورزی پایدار است که هم کمّیت محصول و هم کیفیت محیط زراعی را بهبود خواهد داد. این آزمایش در سال ۱۴۰۰ در دو مرحله در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اجرا شد. مرحله اول تولید کود ورمی‌کمپوست از بقایای گیاهان گندم، برنج، نیشکر و ذرت با کاربرد ۳۰ و۴۰ درصد بقایا بود که به‌صورت طرح کرت‌های یکبار خردشده اجرا شد. مرحله دوم شامل بررسی اثر ۸ نوع کود ورمی‌کمپوست تولیدی بر عملکرد کنجد بود که به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی اجرا شد. در مرحله اول خصوصیات زیستی و شیمیایی انواع کودهای ورمی‌کمپوست و در مرحله دوم خصوصیات زراعی کنجد اندازه‌گیری شدند. نتایج مرحله اول نشان داد که تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد به‌دلیل این‌که بالاترین تعداد کرم بالغ را داشته، بیشترین وزن کرم بالغ را تولید کرده که نتیجه‌اش بیشترین وزن کل کرم بود. برای هر ۴ نوع بقایای گیاهی، با افزایش کمّیت بقایا از ۳۰ درصد به ۴۰ درصد، تعدادکل کرم‌ها کاهش یافته است. البته این کاهش به‌طور عمده تحت تأثیر کاهش تعدادکرم‌های نابالغ بود. با این‌که تعداد کرم‌های بالغ افزایش یافته ولی نتوانسته اثرات کاهنده تعداد کرم نابالغ را جبران کند. البته با افزایش درصد بقایای هر یک از گیاهان از ۳۰ به ۴۰ درصد، از مقدار تولید کود ورمی‌کمپوست کاسته شده ولی در مقابل به میزان ترکیبات غیر ورمی‌کمپوست اضافه شده است. بیشترین عملکرد دانه کنجد (۱۱۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد بود که این برتری تحت تأثیر برتری صفات وزن دانه در کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه بود. در مجموع نتایج این پژوهش نشان‌دهنده اهمیت توجه به ماده اولیه تولیدکننده کود ورمی‌کمپوست هم به لحاظ تأثیر بر خصوصیات زیستی و شیمیایی کود و هم بر خصوصیات زراعی گیاه می‌باشد. نکته‌ای که شاید کمتر در حال حاضر مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین توصیه می شود که در کشاورزی پایدار یا کشاورزی ارگانیک بهتر است کود ورمی‌کمپوست مناسب برای هر محصول تولید شود.

استناد: آینه‌بند، ا.، مشایخی، م.، و فاتح، ا. (۱۴۰۲). ارزیابی زیست–زراعی تولید کود ورمی‌کمپوست از بقایای گیاهان زراعی و اثر آن بر عملکرد دانه کنجد. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۴(۲)، ۱۲۹–۱۳۹. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.351691.654958

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

۱. مقدمه

هدف اصلی کشاورزی پایدار، کاهش آثار منفی روش‌های کشاورزی فشرده و بهبود کیفیت اجزای تولید محصولات زراعی است. در این خصوص، کود ورمی‌کمپوست از جمله راهکارهای نوین و منطبق با رویکرد کشاورزی پایدار است که به کمک استفاده از کرم‌های خاکی، مواد آلی خام را به ترکیباتی ارزشمند و غنی از عناصر غذایی تبدیل می‌کند (Aynehband *et al.*, 2017). پژوهشگران گزارش دادند که با تغییر نسبت وزنی کود گاوی در تولید ورمی‌کمپوست و جایگزینی آن با سایر مواد آلی مانند آزولا یا برگ‌های درخت قهوه، مقدار هدایت الکتریکی (EC) و فسفر افزایش، ولی در مقابل پتاسیم کل، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن در کود ورمی‌کمپوست نهایی کاهش یافت؛ اما مقدار pH و کل نیتروژن تغییر چندانی نداشت. بنابراین، نتیجه گرفتند که نسبت وزنی ماده آلی اولیه در تولید ورمی‌کمپوست بااهمیت خواهد بود (Ro *et al.*, 2022). گزارش شده که استفاده از کود ورمی‌کمپوست در تلفیق با کودهای شیمیایی یا کود گاوی باعث افزایش فراهمی عناصر میکرو، هدایت الکتریکی خاک و ظرفیت نگه‌داری آب در خاک شد. به‌علاوه، اضافه‌کردن کود ورمی‌کمپوست باعث بهبود اجزای رشد گیاه کنجد (مانند رشد ریشه، هوایی، سطح برگ و توان شاخه‌دهی) و به‌طور معنی‌داری نیز باعث افزایش اجزای عملکرد دانه کنجد (مانند تعداد کپسول، تعداد بذر در کپسول، وزن و طول کپسول و عملکرد دانه) در مقایسه با شرایط عدم اضافه‌کردن کود ورمی‌کمپوست به کودهای شیمیایی و کود گاوی شد (Pandiyana *et al.*, 2020). اظهار شده که ویژگی کودهای ورمی‌کمپوست علاوه‌بر غنی‌بودن از عناصر و برخی آنزیم‌های محرک رشد، آزادسازی تدریجی عناصر غذایی است که باعث می‌شود مقدار فسفر و نیتروژن در خاک افزایش، وزن مخصوص خاک کاهش و توان نگه‌داری آب خاک بهبود یابد. این شرایط باعث بهبود ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ها، طول ریشه، تعداد و وزن کپسول‌ها در کنجد شد. به‌طوری‌که کاربرد ۱۰ تا ۳۰ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به‌طور متوسط باعث بهبود ۲۵ تا ۵۰ درصدی وزن کپسول‌های کنجد شد (Vijayakomari & Hiranmai, 2012). نتایج پژوهشی نشان داد که کود ورمی‌کمپوست غنی از هیومیک‌اسید است که با توسعه بیشتر ریشه کنجد باعث افزایش تحریک جذب عناصر غذایی می‌شود. به‌علاوه، هیومیک‌اسید موجود در ورمی‌کمپوست نقش مفیدی در توسعه خصوصیات میکروبی خاک داشت که نتیجه آن افزایش تولید مواد آلی و بهبود کیفیت خاک شد. این پژوهشگران ترکیب ۵۰ درصد کود ورمی‌کمپوست و ۵۰ درصد کود دامی را بهترین کود ترکیبی برای عملکرد مطلوب کنجد اعلام کردند (Aliku *et al.*, 2019). گزارش شده اگرچه کاربرد کود ورمی‌کمپوست باعث بهبود عملکرد و اجزای عملکرد کنجد در مقایسه با شرایط کاربرد عناصر شیمیایی شد ولی ترکیب کود ورمی‌کمپوست و سایر مواد آلی مانند کودهای زیستی یا کود دامی در مجموع عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد بذر در کپسول و تعداد کپسول در بوته را بهتر از شرایط کاربرد صرفاً کود ورمی‌کمپوست افزایش داد. البته تأکید شده که برای به‌دست‌آمدن بهترین کمّیت و کیفیت عملکرد دانه کنجد بایستی مناسب‌ترین ترکیب کود ورمی‌کمپوست و باکتری موجود در کود زیستی را پیدا کرد که بر اساس آزمایش آن‌ها، ترکیب کود ورمی‌کمپوست و باکتری ازتوباکتر باعث بهترین عملکرد دانه کنجد شد (Mokariya *et al.*, 2020).

پژوهشگران گزارش دادند که نسبت کربن به نیتروژن بقایای گیاهی اولیه در فرآیند ورمی‌کمپوست بسیار مهم است و سطح بهینه آن در بقایای گیاهی بهتر است بین ۲۰:۱ تا ۴۰:۱ باشد. به‌علاوه، کود ورمی‌کمپوست تولیدی شامل مجموعه‌ای غنی از میکروارگانیسم‌های مفید، عناصر اصلی و میکرو همراه با برخی آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد بود (Yuvaray *et al.*, 2021). به‌علاوه، اظهار شده کاهش کربن آلی در محصول نهایی ورمی‌کمپوست در مقایسه با ماده آلی اولیه (بقایای گیاهی)، نتیجه تجزیه ماده آلی، معدنی‌شدن و فعالیت تنفسی کرم‌های خاکی و سایر جوامع میکروبی در فرآیند تولید ورمی‌کمپوست بوده که باعث می‌شود بخشی از کربن به‌صورت گاز دی‌اکسید کربن از محیط خارج شود. همچنین تغییر pH کود ورمی‌کمپوست بستگی به نوع ماده خام اولیه دارد (Wako, 2021).

همچنین استفاده مناسب از بقایای گیاهی نقش مهمی در بهبود ماده آلی خاک و مدیریت پایدار بوم نظام‌های زراعی خواهد داشت. گزارش شده افزایش عناصر غذایی به واسطه‌ی افزودن بقایای گیاهی هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت می‌تواند در بهبود حاصلخیزی خاک مؤثر باشد؛ ولی سرعت تجزیه‌ی این مواد فاکتور مهمی در استفاده مطلوب از عناصر غذایی آن‌ها است (Shahpari *et al.*, 2016). از سوی دیگر، مخلوط‌کردن بقایای گیاه کلزا باعث افزایش دسترسی گیاه به عناصر موجود در خاک

شده و به‌دنبال آن با رشد بهتر گیاه باعث اثرات مثبت بر صفات عملکردی و در نهایت عملکرد در گندم شد؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار نیتروژن و فسفر خاک از تیمار برگرداندن بقایای کلزا به‌همراه ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد (Bahari *et al.*, 2016). همچنین نتایج پژوهشی نشان داد اگر چه برخی صفات کمّی (مانند عملکرد دانه) در تیمار برگرداندن بقایا از کمّیت پایین‌تری برخوردار بودند ولی در مقابل اجرای تیمار برگرداندن بقایا به خاک در مقابل تیمار سوزاندن بقایا باعث شد که برخی صفات کیفی عملکرد (مانند پروتئین دانه) از کمّیت بیشتری برخوردار شوند (Porhossini *et al.*, 2022). در حال حاضر علاوه‌بر کاربرد مستقیم بقایای گیاهی در خاک، می‌توان با انجام فرآیندهای میکروبی یا به کمک کرم‌های خاکی، این مواد را به ترکیبات پایدارتری همچون کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست تبدیل کرد.

در طی سال‌های اخیر و با بروز مشکل کم‌آبی، کشت و توسعه گیاه کنجد در تابستان به‌عنوان گیاه روغنی مهم و نیز جایگزینی برای برنج به‌ویژه در نواحی گرمسیری مطرح شده است. بر این اساس هدف این پژوهش ارزیابی زیستی–زراعی تأثیر انواع کودهای ورمی‌کمپوست تولیدشده از بقایای گیاهان زراعی بر عملکرد کمّی و کیفی دانه کنجد است.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در بهار و تابستان سال ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی شماره یک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. شهرستان اهواز دارای اقلیم گرم و مرطوب در تابستان با میانگین دمای روزانه ۴۵ درجه سلسیوس در تابستان و بدون بارش تابستانه است. خصوصیات خاک محل اجرا در عمق ۳۰–۰ سانتی‌متری شامل بافت لومی شنی، درصد نیتروژن خاک ۰/۰۸۸، فسفر قابل جذب ۱۳/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاسیم قابل جذب ۱۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، اسیدیته ۷/۶ ، هدایت الکتریکی ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر و میزان کربن آلی خاک ۰/۴۸ درصد بود.

این آزمایش در دو مرحله اجرا شد. مرحله اول شامل تولید کود ورمی‌کمپوست بود که به‌صورت طرح کرت‌های یکبار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتور اصلی شامل چهار سطح بقایای گیاهان برنج، ذرت، گندم و نیشکر و فاکتور فرعی شامل دو سطح میزان درصد وزنی ۳۰ و ۴۰ درصد از بقایای گیاهان زراعی فوق بر حسب وزن کل بستر اولیه بود. وزن کل بستر اولیه (شامل کود گاوی و بقایای گیاهی) ۸۰۰۰ گرم بود که بسته به درصد وزنی از مقدار کود گاوی کاسته و به جای آن بقایای گیاهی اضافه شد. خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورد استفاده و بقایای گیاهی مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

در این آزمایش، ۳۰ و ۴۰ درصد بقایای هر یک از گیاهان به‌ترتیب معادل ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ گرم بود. طول دوره آزمایش مرحله اول ۹۰ روز بود. از کرم خاکی ایزینیا فتیدا برای تولید ورمی‌کمپوست استفاده شد. هر پلات آزمایش شامل سبدهایی با ابعاد ۲۰×۶۰ ×۴۵ سانتی‌متر بود که به هر پلات آزمایش تعداد ۲۰۰ عدد کرم با میانگین وزنی ۷۰ گرم تلقیح شد. مبنای انتخاب تعداد کرم‌ها و روش کار بر اساس نتایج آزمایش‌های قبلی تعیین و اجرا شد (Aynehband *et al.*, 2019). تعداد کرم‌ها در این مرحله خصوصیات زیستی کرم‌ها مانند وزن و تعداد کرم‌های بالغ و نابالغ، وزن و تعداد کل کرم‌ها، شاخص نسبت بازدهی (تقسیم وزن نهایی به وزن اولیه کرم) و شاخص نسبت تکثیر (تقسیم تعداد نهایی کرم به تعداد اولیه کرم) محاسبه شد. پس از جداسازی کرم‌ها، کل ماده آلی تولیدشده توزین و با عبور از الک ۳/۵ میلی‌متری، وزن مواد ورمی‌کمپوست (عبورکرده از الک) و غیر ورمی‌کمپوست (باقیمانده در الک) توزین شد (Murali & Neelanarayanah, 2011). محل اجرای مرحله اول طرح، آزمایشگاه اکولوژی گیاهان زراعی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی بود. در طی آزمایش، دمای محیط بین ۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس و میزان رطوبت بستر بین ۵۰ تا ۷۰ درصد تنظیم شد.

جدول ۱. برخی خصوصیات شیمیایی بقایای گیاهی و کود دامی

	C%	N%	C/N	EC	pH
Rice	62.83	1.027	61.17	7.9	7.27
Wheat	66.74	1.28	52.14	8.81	6.86
Sugarcane	63.92	1.1	58.10	7.45	7.13
Corn	65.6	1.06	61.37	6.89	6.71
Cow manure	12.55	0.53	23.67	5.14	7.21

مرحله دوم شامل بررسی تأثیر انواع کودهای ورمی‌کمپوست تولیدشده در مرحله اول بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد بود. آزمایش در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی و به‌صورت مزرعه‌ای انجام گرفت. طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود که شامل ۸ تیمار کودی (کودهای ورمی‌کمپوست تولیدشده از بقایای هر یک از گیاهان زراعی به علاوه درصد وزنی آن‌ها) به‌همراه شاهد (کود گاوی همراه با کرم ولی بدون بقایای گیاهی) بود. تاریخ کاشت کنجد ۱۵ تیرماه و تاریخ برداشت ۱۵ مهرماه بود. تراکم کنجد ۲۰ بوته در متر مربع با فاصله بین ردیف ۵۰ و روی ردیف ۱۰ سانتی‌متری و کشت به روش جوی و پشته بود. رقم کنجد داراب ۱۴ بود. عملکرد و اجزای عملکرد کمّی و کیفی کنجد اندازه‌گیری شد. برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

۳-۱. خصوصیات زیستی

۳-۱-۱. تعداد کرم‌ها

تفاوت بین نوع بقایای گیاهی به‌کاررفته در تولید کود ورمی‌کمپوست به گونه‌ای است که بقایای نیشکر بیشترین (۵۵۰۳ عدد) و بقایای گندم (۴۲۷۱ عدد) کمترین تعداد کل کرم را در کود ورمی‌کمپوست نهایی تولید کردند (جدول ۲). البته وضعیت بالغ یا نابالغ‌بودن کرم‌ها نیز تحت تأثیر نوع بقایای گیاهی قرار گرفت، به‌گونه‌ای‌که بقایای گندم بیشترین تعداد کرم بالغ (۴۱۲ عدد) و بقایای نیشکر بیشترین تعداد کرم نابالغ (۵۱۲۴ عدد) را دارا بودند. به نظر می‌رسد اهمیت صفت تعداد کرم‌های بالغ بیشتر از صفت تعداد کل کرم‌ها باشد، زیرا این گروه از کرم‌ها جزء فعال و عامل تعیین‌کننده در فرآیند تولید کود ورمی‌کمپوست محسوب می‌شوند. اثر برهمکنش تیمارهای آزمایش بر ویژگی تعداد کرم‌ها نشان می‌دهد که تیمار کاربرد بقایای نیشکر به میزان ۳۰ درصد از وزن ماده اولیه، بیشترین (۵۶۱۸ عدد) تعداد کرم و بیشترین تعداد کل کرم‌های نابالغ (۵۲۴۹ عدد) را تولید کرده است. درحالی‌که کاربرد بقایای گندم به میزان ۴۰ درصد از وزن ماده اولیه، بیشترین (۴۳۳ عدد) تعداد کل کرم‌های بالغ و فعال در تولید کود ورمی‌کمپوست را به خود اختصاص داده است (جدول ۲).

به‌هرحال، بیشترین تعداد کل کرم (تیمار بقایای نیشکر ۳۰ درصد) با بیشترین تعداد کرم نابالغ و به‌طور مشابه کمترین تعداد کل کرم (تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد) با کمترین تعداد کل کرم نابالغ همسو می‌باشند. نکته دیگر، تغییرات تعدادکرم‌ها تحت تأثیر برهمکنش بین کمّیت بقایای گیاهی با نوع بقایا است که نشان می‌دهد برای هر ۴ نوع بقایای گیاهی، با افزایش کمّیت بقایا از ۳۰ به ۴۰ درصد، تعداد کل کرم‌ها کاهش یافته است. البته این کاهش به‌طور عمده تحت تأثیر کاهش تعدادکرم‌های نابالغ بود. با این‌که تعداد کرم‌های بالغ افزایش یافته ولی نتوانسته اثرات کاهنده تعداد کرم نابالغ را جبران کند. یک دلیل احتمالی برای این مسئله می‌تواند این نکته باشد که با افزایش کمّیت بقایای گیاهی، ماده آلی زیادی برای تغذیه و رشد کرم‌های فعال بالغ فراهم شده است؛ لذا تغییرات جوامع کرم‌ها به گونه‌ای روی داده که بیشتر به سمت افزایش وزن کرم‌ها بوده تا افزایش تعداد آن‌ها. نتایج جدول ۲ دلیلی بر اثبات این شرایط است که نشان می‌دهد با افزایش درصد بقایا از ۳۰ درصد به ۴۰ درصد، صفت وزن برای تمام حالات کرم‌ها افزایش یافته است. به‌هرحال، در مورد صفت نسبت تکثیر (که از تقسیم تعداد نهایی کرم‌ها به تعداد اولیه آن‌ها محاسبه می‌شود) نتایج برهمکنش تیمارها نشان می‌دهد که مقدار این صفت در بقایای نیشکر بیشتر از سایر بقایای گیاهی است (۲۷/۵۱) که علت اصلی آن بیشتربودن تعداد کرم‌های نابالغ است. به‌عبارت دیگر، تیماری که بیشترین تعداد کل کرم‌ها را دارد (نیشکر ۳۰ درصد، ۵۶۱۸ عدد، جدول ۲)، به‌طور مشابه، بیشترین نسبت تکثیر را نیز داراست (۲۸/۰۹). این حالت برای تیمار گندم ۴۰ درصد

که کمترین تعداد کل کرم و نسبت تکثیر را دارد (به‌ترتیب ۳۹۹۶ عدد و ۱۹/۹۸، جدول ۲) نیز صادق است لذا می‌تواند بیانگر این باشد که بین دو صفت تعداد کل کرم و نسبت تکثیر رابطه‌ای همسو وجود دارد.

جدول ۲. خصوصیات زیستی (وزن، تعداد، وضعیت بلوغ، نسبت تکثیر و نسبت بازدهی) کرم‌ها در بقایای گیاهی و کود ورمی‌کمپوست

Treatments	Worm number				Worm weight (g)			
	Proliferation rate	un-mature	mature	total	Efficiency ratio	un-mature	mature	total
Crop residue type								
Corn (C)	24b	4446b	353c	4799b	3.75d	137.7b	124.8d	262.6d
Sugarcane(S)	27.51a	5124a	379b	5503a	4.03b	149.5a	133.1c	282.7b
Wheat(W)	21.35d	3859d	412a	4271d	4.18a	145.1a	147.3a	292.4a
Rice (R)	23.14c	4248c	380b	4628c	3.84c	134b	135.1b	269.3c
Crop residue weight (%)								
30% (P1)	25.26a	4690a	363b	5053a	3.86b	141.4a	128.7b	270.2b
40% (P2)	22.74b	4148b	399a	4547b	4.04a	141.8a	141.3a	283.2a
Interactions								
P1C	26.7b	5009b	333g	5342c	3.56f	132d	117.5g	249.6f
P1S	28.09a	5249a	368e	5618a	3.83e	136.4cd	131.8e	268.3e
P1W	22.73e	4155d	391c	4546e	3.98d	136.5cd	138.8c	278.4d
P1R	23.53d	4347c	359f	4706d	4.06c	157.6a	126.8f	284.4c
P2C	21.28f	3883e	373d	4257f	3.93d	143.5c	132.1e	275.6d
P2S	26.94b	4998b	389c	5387b	4.24b	162.6a	134.5d	297.1b
P2W	19.98g	3562f	433a	3996g	4.38a	150.7b	155.7a	306.4a
P2R	22.75e	4149d	401b	4551e	3.62f	110.5e	143.1b	253.6f

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح آماری پنج درصد بر اساس آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

۳-۱-۲. وزن کرم‌ها

نتایج برهمکنش تیمارهای آزمایش بر خصوصیات وزن کرم‌های تولیدکننده کود ورمی‌کمپوست نشان می‌دهد که تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد بیشترین (۳۰۶/۴ گرم) و تیمار بقایای ذرت ۳۰ درصد کمترین (۲۹۴/۶ گرم) وزن کل کرم را دارا می‌باشند (جدول ۲). باتوجه‌به وزن کرم‌های بالغ و نابالغ می‌توان چنین استنباط کرد که عامل وزن کرم‌های بالغ، نقش تعیین‌کننده‌تری در وزن کل کرم‌ها داشته است؛ زیرا تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد با بیشترین وزن کل کرم (۳۰۶/۴ گرم)، به‌طور مشابه نیز بیشترین وزن کرم‌های بالغ را نیز دارا می‌باشد (۱۵۵/۷ گرم). همین شرایط برای تیمار بقایای ذرت ۳۰ درصد با کمترین وزن کل کرم (۲۴۹/۶ گرم) نیز وجود دارد (جدول ۲). به‌طوری‌که این تیمار کمترین وزن کرم‌های بالغ را به خود اختصاص داده است (۱۱۷/۵ گرم). در مقابل چنین همسویی برای وزن کرم‌های نابالغ دیده نمی‌شود (جدول ۲). با مقایسه دو تیمار بقایای گیاهان نیشکر و گندم در جدول ۲ مشخص می‌شود که بقایای گندم بیشترین تعداد کرم بالغ (۴۱۲ عدد) را داشته که نتیجه آن بیشترین وزن کرم‌های بالغ (۱۴۷/۳ گرم) بوده است. به‌طور مشابه، بقایای نیشکر بیشترین تعداد کرم نابالغ را داشته (۵۱۲۴ عدد) که نتیجه آن بیشترین وزن کرم نابالغ (۱۴۹/۵ گرم) است. اما با مقایسه دو صفت تعداد کل کرم و وزن کل کرم‌ها مشخص می‌شود که نقش کرم‌های نابالغ به‌طور عمده در تعیین تعداد کل کرم است، ولی نقش کرم‌های بالغ به‌طور عمده در تعیین وزن کل کرم است. این تفاوت باعث شده که تیمار نیشکر، بیشترین تعداد کل کرم را داشته باشد (۵۵۰۳ عدد، جدول ۲)، ولی تیمار بقایای گندم، بیشترین وزن کل کرم را به خود اختصاص دهد (۲۹۲/۴ گرم، جدول ۲). اما به‌هرحال نتایج برهمکنش تیمارها بیانگر این است که با افزایش درصد وزنی بقایای گیاهان ذرت، نیشکر و گندم، وزن کل کرم‌ها افزایش یافته است، ولی این روند برای بقایای برنج دیده نمی‌شود که علت اصلی آن کاهش وزن کرم‌های نابالغ است. هر چند که در این تیمار، وزن کرم‌های بالغ افزایش یافته ولی این افزایش نتوانسته کاهش وزن کرم‌های نابالغ را جبران کند. نتیجه این رفتار متفاوت باعث شده که تیمار بقایای برنج ۴۰ درصد، کمترین نسبت بازدهی را داشته باشد (۳/۶۲، جدول ۲). در مقابل، تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد بالاترین نسبت بازدهی (۴/۳۸، جدول ۲) را داشته که به‌طور عمده ناشی از بالاتربودن وزن کرم‌های بالغ (۱۵۵/۷ گرم، جدول ۲) در این تیمار بوده است.

در مجموع و به‌طور خلاصه مشخص شد که تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد به‌دلیل این که بالاترین تعداد کرم بالغ را داشته، بیشترین وزن کرم بالغ را تولید کرده که نتیجه آن بیشترین وزن کل کرم بوده است (عامل کرم بالغ در این تیمار بسیار تأثیرگذار بوده است). از سوی دیگر، تیمار بقایای نیشکر ۳۰ درصد به‌واسطه بیشترین تعداد کرم نابالغ، بیشترین تعداد کل کرم را به خود اختصاص داده ولی در مقابل به لحاظ وزن کل کرم در سطح پایینی قرار دارد (عامل کرم نابالغ تأثیرگذارتر بوده است) (۲۶۸/۳ گرم، جدول ۲). لازم به ذکر است که باتوجه‌به دوره ۹۰ روزه در فرآیند تولید کود ورمی‌کمپوست، نقش و میزان تأثیرگذاری کرم‌های بالغ به‌دلیل فعالیت بیشتر آن‌ها در فرایند تولید کود ورمی‌کمپوست، بسیار بیشتر از کرم‌های نابالغی که هنوز به مرحله اوج فعالیت خود نرسیده‌اند، می‌باشد. لذا به نظر می‌رسد استفاده از بقایای گیاهانی مناسب خواهد بود که در این دوره زمانی ۹۰ روزه، تعداد و به‌ویژه وزن کرم‌های بالغ بیشتری داشته باشند که این حالت به‌طور عمده در تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد مشاهده می‌شود. تغییر در خصوصیات جمعیتی و وزن کرم‌ها در طی فرآیند ورمی‌کمپوست توسط (Doan *et al*., 2013) و (Biruntha *et al*., 2020) نیز گزارش شده است.

۳-۲. مقدار کود ورمی‌کمپوست تولیدشده

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که کل ماده آلی اولیه به دو بخش کود ورمی‌کمپوست‌شده و نشده تقسیم می‌شود. بر این اساس، ماده آلی اولیه که شامل بقایای نیشکر بوده بیشترین (۷۱۹۳/۷ گرم) و ماده آلی اولیه که شامل بقایای ذرت بوده کمترین (۶۳۵۵/۵ گرم) میزان تولید کود ورمی‌کمپوست را داشته اند. البته با افزایش درصد بقایای هر یک از گیاهان از ۳۰ به ۴۰ درصد، از مقدار تولید کود ورمی‌کمپوست کاسته شده (از ۶۹۱۰/۶ به ۶۶۷۴/۶ گرم) ولی در مقابل به میزان ترکیبات غیر ورمی‌کمپوست اضافه شده است (از ۸۷/۹ به ۹۲/۶ گرم).

به‌عبارت دیگر، یک روند معکوس وجود دارد. ازآن‌جایی‌که تولید کود ورمی‌کمپوست طی یک دوره ۹۰ روزه اساساً تحت تأثیر میزان فعالیت کرم‌های خاکی است؛ لذا به‌نظر می‌رسد هر چه تعداد جوامع کرم‌های نابالغ بیشتر باشد (جدول ۲)، میزان تبدیل ماده آلی به کود ورمی‌کمپوست نیز بیشتر خواهد بود. زیرا از آن‌جایی‌که سرعت رشد کرم‌های نابالغ بیشتر از سرعت رشد کرم‌های بالغ است؛ لذا میزان تغذیه آن‌ها نیز بیشتر خواهد بود که این روند تغذیه نقش مهمی در میزان عبور ماده آلی از سیستم گوارشی کرم و تبدیل آن به کود ورمی‌کمپوست خواهد داشت. به‌علاوه، از آن‌جایی‌که با افزایش ماده آلی اولیه از ۳۰ به ۴۰ درصد، وزن کرم-های نابالغ تفاوتی نداشته است؛ لذا به نظر می‌رسد که عامل تعداد کرم، بیشتر از عامل وزن کرم تأثیرگذار می‌باشد (جدول ۲). بر این اساس و باتوجه‌به برهمکنش تیمارهای آزمایش، تیمار بقایای نیشکر ۳۰ درصد بیشترین (۷۲۲۹/۵ گرم) و تیمار بقایای ذرت ۴۰ درصد کمترین (۶۲۶۱ گرم) کود ورمی‌کمپوست را تولید کرده‌اند. از سوی دیگر، با افزایش وزن بقایای گیاهی از ۳۰ به ۴۰ درصد، میزان ضریب تبدیل از ۰/۸۷ به ۰/۸۴ کاهش یافته که نشان می‌دهد بخشی از ماده آلی اضافه‌شده اگرچه توسط کرم‌ها مصرف شده ولی به کود ورمی‌کمپوست تبدیل نشده است (جدول ۳). یک دلیل احتمالی این وضعیت با مراجعه مجدد به جدول ۲ قابل توجیه است؛ به‌طوری‌که با افزایش کاربرد مازاد بقایای گیاهی که باعث کاهش نسبت کربن به نیتروژن از ۱۷/۹ به ۱۵/۲ شده است (جدول ۳) به جای اینکه صرف تولید کود شود، صرف تغییر جمعیت و وزن کرم‌ها از حالت نابالغ به بالغ شده است. به‌عبارت دیگر، کرم‌های موجود در محیط از این انرژی مازاد فراهم‌شده جهت تکمیل بیشتر فرآیند رشد خود از حالت نابالغ به بالغ استفاده کرده‌اند. براین‌اساس، بهترین کیفیت کود ورمی‌کمپوست بر اساس میزان نسبت کربن به نیتروژن در تیمار بقایای گندم ۳۰ درصد (۱۱/۲) و کمترین کیفیت کود ورمی‌کمپوست نیز در بقایای برنج ۳۰ درصد (۲۶/۷) وجود دارد (جدول ۳). تأثیر فعالیت کرم‌ها بر نسبت کربن به نیتروژن توسط سایر پژوهشگران نیز بیان شده است (Lv *et al*., 2018).

جدول ۳. کمیت کل ماده آلی، ضریب تبدیل و مقدار کود ورمی‌کمپوست تولیدشده و تولیدنشده توسط فعالیت کرم‌ها

Treatments	Weight (g)			Converting factor	C/N
	Total OM	Vermicomposted	Non-vermicomposted		
Crop residue type					
Rice (R)	6626.4c	6667.0c	59.48c	0.83c	26.36a
Wheat (W)	7118.2b	7054.25b	64.01b	0.88b	12.65d
Sugarcane(S)	7361.4d	7193.75a	167.75a	0.91a	17.4b
Corn (C)	6425.4b	6355.5d	69.95b	0.8d	13.98c
Crop residue weight in control (%)					
30% -P1	6998.5a	6910.63a	87.95b	0.87a	17.91a
40% -P2	6667.2b	6674.63b	92.64a	0.84 b	15.2b
Interactions					
RP1	6853.3d	6796.0c	57.27d	0.86d	26.76a
RP2	6399.7f	6338de	61.69cd	0.8ef	26.09a
WP1	7228.3b	7167a	61.26cd	0.9b	11.22f
WP2	7008.3c	6941.5b	66.77bc	0.87c	14.7c
SP1	7394.9a	7229.5a	165.4a	0.92a	24.93b
SP2	7328.1ab	7158a	170.1a	0.916a	12.19e
CP1	6517.9e	6450d	67.9bc	0.81e	15.14c
CP2	6333f	6261e	72b	0.793f	13.29d

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح آماری پنج درصد بر اساس آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

۳-۳. عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

در مرحله دوم آزمایش، گیاهان کنجد تحت تأثیر انواع کودهای ورمی‌کمپوست تولیدشده در مرحله اول قرار گرفتند و از آن‌جایی‌که کلیه روش‌های زراعی مشابه بودند، بنابراین عامل تفاوت تا حد زیادی تحت تأثیر نوع کود ورمی‌کمپوست خواهد بود. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که واکنش عملکرد دانه کنجد نسبت به نوع کود ورمی‌کمپوست متفاوت است. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه کنجد (۱۱۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد بود. درحالی‌که کمترین عملکرد دانه (بدون درنظرگرفتن تیمار شاهد)، در تیمار بقایای برنج ۳۰ درصد دیده شد (۷۴۴/۲ کیلو گرم در هکتار). در حقیقت این تفاوت در عملکرد دانه آن هم صرفاً به‌علت تفاوت در نوع کود ورمی‌کمپوست بسیار قابل توجه است؛ زیرا اختلاف بین بیشترین و کمترین عملکرد دانه حدود ۵۵ درصد است (تفاوت بین ۷۴۴/۲ با ۱۱۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار) و نشان‌دهنده اهمیت توجه به ماده اولیه تولیدکننده کود ورمی‌کمپوست می‌باشد. نکته‌ای که شاید اصلاً در حال حاضر مورد توجه قرار نمی‌گیرد. به‌علاوه، در تمامی تیمارهای کودی تولیدشده، عملکرد دانه کنجد در شرایط کاربرد ۴۰ درصد بقایا، بیشتر از کاربرد ۳۰ درصد بقایا می باشد. با افزایش درصد وزن بقایا از ۳۰ به ۴۰ درصد، بیشترین تأثیر در افزایش عملکرد دانه کنجد را ابتدا تیمار بقایای نیشکر داشته که حدود ۳۰ درصد افزایش است (از ۷۹۵/۳ به ۱۱۲۲ کیلوگرم در هکتار) و سپس، در تیمار بقایای گندم دیده می شود که حدود ۲۶ درصد بهبود در عملکرد دانه را داشته است (از ۸۵۷/۱ به ۱۱۵۴ کیلوگرم در هکتار). در ادامه، همانطور که انتظار می‌رفت، بهترین عملکرد کمّی دانه با بهترین معیار کیفیت دانه (درصد روغن) هماهنگ نبود. به‌طوری‌که بیشترین درصد روغن دانه کنجد در تیمار بقایای برنج ۳۰ درصد (۵۲ درصد) به‌دست آمد (جدول ۴).

بررسی نتایج اجزای عملکرد نشان می‌دهد که برتری عملکرد دانه کنجد در تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد (۱۱۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار) اساساً تحت تأثیر برتری صفات وزن دانه در کپسول (۰/۱ گرم)، تعداد دانه در کپسول (۵۱ عدد) و وزن هزار دانه (۲/۱۲ گرم) بوده است (جدول ۴). البته بیشترین تعداد کپسول در بوته (۶۴/۵ عدد) در تیمار بقایای نیشکر ۴۰ درصد به‌دست آمد که با بالاترین ارتفاع بوته (۱۶۰/۶ سانتی متر) در همین تیمار سازگار است؛ زیرا ارتفاع بیشتر بوته‌ها باعث افزایش تعداد بیشتر کپسول شده بود. البته از آنجایی‌که صفات وزن هزار دانه (۲/۰۷ گرم) و وزن دانه در کپسول (۰/۰۹ گرم) در این تیمار تقریباً مشابه و به

لحاظ آماری بدون تفاوت معنی‌دار با تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد بود، می‌توان چنین استنباط کرد که تفاوت کمی که بین عملکرد دانه در تیمارهای بقایای گندم و نیشکر ۴۰ درصد وجود دارد اساساً ناشی از بیشتربودن صفات تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه برای تیمار گندم ۴۰ درصد و بیشتربودن صفت تعداد کپسول در بوته برای تیمار نیشکر ۴۰ درصد روی داده است. به‌عبارت دیگر، هر صفت در یک تیمار مزیت داشته که در نهایت منجر به بهبود کمّیت عملکرد و تفاوت غیر معنی‌دار به لحاظ آماری بین عملکرد کنجد در دو تیمار بقایای گندم و نیشکر ۴۰ درصد شده است (جدول ۴).

از سوی دیگر، با بررسی نتایج جدول ۲ و جدول ۴ مشخص می شود که تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد که بالاترین عملکرد دانه کنجد را دارد (۱۱۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار) به‌طور متقابل، بیشترین تعداد کل کرم بالغ (۴۳۳ عدد)، بیشترین وزن کرم بالغ (۱۵۵/۷ گرم) و بیشترین وزن کل کرم‌ها (۳۰۶/۴ گرم) را نیز داراست. این مسئله از یک سو اهمیت جوامع کرم‌های بالغ چه به لحاظ وزنی و چه به لحاظ تعداد را در فرآیند تولید کود ورمی‌کمپوست نشان می‌دهد و از سوی دیگر تأکیدی بر تأثیرگذاری بیشتر صفت وزن کرم در مقایسه با صفت تعداد کرم در بررسی میزان تأثیرگذاری جوامع کرم‌های فعال در تولید ورمی‌کمپوست خواهد بود. به‌علاوه، مقایسه جدول‌های ۲ و ۴ دلیل بارزی بر تأثیرگذاری متقابل هر دو صفت نوع بقایا و درصد وزنی بقایا بر عملکرد نهایی دانه کنجد است. به‌طور مشابه تأثیر مثبت کود ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (Lal *et al.*, 2018)، سیب زمینی (Zewide *et al.*, 2022) و نیشکر (Djajadi *et al.*, 2020) توسط سایر پژوهشگران نیز بیان شده است.

جدول ٤. عملکرد و اجزای عملکرد کمی و کیفی کنجد

Experimental treatments	Grain weight /capsule (g)	No. seeds / capsule	1000 seed weight (g)	No. capsules / plant	Plant height (cm)	Grain yield (kg/ha)	Biological yield (kg/h)	Harvest index (%)	Oil percentage (%)
Control	0.05d	37.7c	1.37c	63.8ab	148.8cde	663.2e	5800abc	11.43d	36.3e
30% corn	0.08bc	39.5c	1.98ab	52.1cd	156.5ab	801.2cd	5330bc	15.13abcd	36.7e
40% corn	0.07bcd	39.7bc	1.79abc	63.5ab	155.5ab	902.4bc	6140ab	14.7bcd	41.0cd
30% sugarcane	0.08bc	41.5bc	1.84abc	52.5cd	142.7e	795.3d	6040ab	13.23cd	42.3c
40% sugarcane	0.09ab	42.0bc	2.07a	64.5a	160.6a	1122.3ab	5640abc	20.03a	47.7b
30%wheat	0.09ab	40.1bc	1.96ab	50.0d	145.6de	857.1cd	5140c	17.07abc	40.7cd
40%wheat	0.1a	51a	2.12a	58.0bc	152.2bcd	1154.6a	6210a	18.67ab	47.7b
30% rice	0.06cd	42.0bc	1.55bc	57.5bc	146.2de	744.2d	5960abc	12.5cd	52.0a
40% rice	0.08bc	44.9b	1.75abc	59.5ab	155.0abc	926.5abc	6240a	15.13abcd	38.7d

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح آماری پنج درصد بر اساس آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

در نهایت، جدول همبستگی صفات (جدول ۵) نشان می‌دهد که بیشترین همبستگی عملکرد دانه با اجزای عملکرد مربوط به وزن دانه در کپسول (۰/۸۵) و سپس وزن هزار دانه (۰/۶۹) است؛ در حقیقت، دو جزء از اجزای عملکردی که مزیت تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد محسوب می‌شدند (جدول ۴). به‌هرحال، عملکرد دانه با صفت درصد روغن همبستگی منفی اندک ولی به لحاظ آماری غیر معنی‌دار داشت (۰/۰۵-).

جدول ۵. ضرایب همبستگی عملکرد دانه کنجد

	1-Grain weight in capsules	2-No. of seeds per capsule	3-The weight of 1000 seeds	4-No. capsules per plant	5-Plant height	6-Grain Yield	7-Biological Yield	8-Harvest index	9-Seed oil (%)
1	1								
2	0.54**	1							
3	0.84**	0.02^{ns}	1						
4	-0.32^{ns}	-0.04^{ns}	-0.34^{ns}	1					
5	0.19^{ns}	0.05^{ns}	0.27^{ns}	0.42*	1				
6	0.85**	0.55**	0.69**	0.19^{ns}	0.47*	1			
7	-0.15^{ns}	0.16^{ns}	-0.28^{ns}	0.26^{ns}	-0.03^{ns}	-0.04^{ns}	1		
8	0.84**	0.43*	0.75**	0.05ns	0.42*	0.91**	-0.42*	1	
9	-0.16^{ns}	0.2^{ns}	-0.35^{ns}	0.42*	-0.21^{ns}	-0.05^{ns}	0.3^{ns}	-0.08^{ns}	1

^{ns}، * و ** به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد هستند.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه کنجد (۱۱۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار بقایای گندم ۴۰ درصد بود که اساساً تحت تأثیر برتری صفات وزن دانه در کپسول (۰/۱ گرم)، تعداد دانه در کپسول (۵۱ عدد) و وزن هزار دانه (۲/۱۲ گرم) بود. به‌علاوه، این تیمار همچنین بیشترین تعداد کل کرم بالغ (۴۳۳ عدد)، بیشترین وزن کرم بالغ (۱۵۵/۷ گرم) و بیشترین وزن کل کرم‌ها (۳۰۶/۴ گرم) را نیز داراست. این مسئله از یک‌سو اهمیت جوامع کرم‌های بالغ چه به لحاظ وزنی و چه به لحاظ تعداد را در فرآیند تولید کود ورمی‌کمپوست نشان می‌دهد و از سوی دیگر تأکیدی بر تأثیرگذاری بیشتر صفت وزن کرم در مقایسه با صفت تعداد کرم در بررسی میزان تأثیرگذاری جوامع کرم‌های فعال در تولید ورمی‌کمپوست خواهد بود. در مجموع توصیه می‌شود برای کسب عملکرد مطلوب در کشاورزی پایدار یا کشاورزی ارگانیک بهتر است کود ورمی‌کمپوست مناسب هر گیاه زراعی جداگانه تولید شود.

۵. سپاس‌گزاری

این پژوهش با کمک پژوهانه شماره SCU.AA1400.167 معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اجرا شده است.

۶. منابع

Aliku, O., Oshunsanya, S., & Ikoko, C. (2019). Organic farming: An agricultural waste management system for enhancing soil properties and crop yield. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, *4*, 1-5.

Aynehband, A., Gorooei, A., & Moezii, A. (2017). Vermicompost: An eco-friendly technology for crop residue management in organic agriculture. *Energy Procedia*, *141*, 667-671.

Aynehband, A., Raesee, S., & Fateh, E. (2019). Evaluation the role of different plant biomass on biological properties of vermiculture. *Journal of Soil Biology*, *7*(2), 123-134. (In Persian)

Bahari, A., Aynehband, A., & Fateh, E. (2016). Effect of different wheat residue management on forage yield and yield components of amaranth (*Amaranthus cruentus*) and mung bean (*Vigna radiate*) intercropping. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *24*(1), 1-16. (In Persian)

Biruntha, M., Karmegam, N., Archana, J., Selvi, B., Paul, J., Balamuralikrishnan, B., Chang, S., & Ravindran, B. (2020). Vermiconversion of biowastes with low-to-high C/N ratio into value added vermicompost. *Bioresource Technology*, *29*, 122398.

Djajadi, D., Syaputra, R., Hidayati, S., & Khairiyah, Y. (2020). Effect of vermicompost and nitrogen on N, K, Na uptakes and growth of sugarcane in saline soil. *Journal of Agricultural Science*, *42*(1), 110–119.

Doan, T., Ngo, P., Rumble, C., Nguyen, B., & Jouquet, P. (2013). Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment. *Sciatica Horticulture*, *160*, 148-154.

Lal, B., Yadav, L., Choudhary, S., Bijarnia, A., & Choudhary, R. (2018). Effect of vermicompost and moisture conservation practices on yield and economics of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Current Microbiology Applied Science*, *7*(4), 3454-3457.

Lv, B., Zhang, D., Cui, Y., & Yin, F. (2018). Effects of C/N ratio and earthworms on greenhouse gas emissions during vermicomposting of sewage sludge. *Bioresource Technology*, *268*, 408-414.

Mokariya, L., Vaja, R., Malam, K., & Jani, C. (2021). Effect of microbial consortia enriched vermicompost on growth, yield and quality of summer sesame (*Sesamum indicum* L.). *Pharma Innovation Journal*, *10*(12), 974-977.

Murali, M., & Neelanarayanan, P. (2011). Determination of mesh size for sieving of vermicompost without cocoons and incubation medium for cocoons produced by three species of earthworms. *Electronic Journal of Environmental Science*, *4*, 25-30.

Pandiyana, V., Balajib, K., Saravanana, S., Shylajaa, G., Ragavendra, G., Srinivasanc, P.R., Saghanad, K., & Maniveld, G. (2020). Effect of vermicompost application on soil and growth of the plant *Sesamum indicum* L. doi:10.20944/preprints202002.0080.v1.

Porhossini, Z., Aynehband, A., & Monsefi, A. (2022). Agro-ecological evaluation of influence of sesame crop residue management method and integrated chemical and biological fertilizer on wheat grain yield. *Journal of Plant Production*, *29*(2), 59-78. (In Persian)

Ro, S., Long, V., Sor, R., Pheap, S., Nget, R., & William, J. (2022). Alternative feed sources for vermicompost production. *Environment and Natural Resources Journal*, *20*(4), 393-399.

Shahpari, Z., Fateh, E., & Aynehband, A. (2016). Investigation of the effect of residue type, residue management and nitrogen on yield, wheat (*Triticum durum*) quality and nutrient-dense nutrients in the soil. *Journal of Plant Production*, *9*(3), 87-104. (In Persian)

Vijayakumari, B., & Hiranmai, Y.R. (2012). Influence of fresh, composted and vermicompost parthenium and poultry manure on the growth characters of sesame. *Journal of Organic Systems*, *7*(1), 14-19.

Wako, R. (2021). Preparation and characterization of vermicompost made from different sources of materials. *Open Journal of Plant Science*, *6*(1), 42-8.

Yuvaraj, A, Thangaraj, R, Ravindran, B, Chang, S., & Karmegam, N. (2021). Centrality of cattle solid wastes in vermicomposting technology: A cleaner resource recovery and biowaste recycling option for agricultural and environmental sustainability. *Environmental Pollution*, *268*, 115688.

Zewide, I., Singh, S., & Kassa, H. (2022). Tuber yield and economics of potato as affected by application of vermicompost, mineral nitrogen and phosphorus in southwestern Ethiopia. *Journal of Agricultural Science*, *44*(1), 65-73.