



University of Tehran Press

The Effect of Rice Residue and Vermicompost Fertilizer on Bean Yield in Rice- Bean Double Cropping

Elieh Abyat¹ | Amir Aynehband² | Esfandiar Fateh³ ✉

1. Department of Plant Production and Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2. Department of Plant Production and Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: ayneband@scu.ac.ir

3. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: e.fateh@scu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: June 04, 2024

Revised: August 19, 2025

Accepted: August 24, 2025

Keywords:

Biological yield,
harvest index,
plant height,
pod,
pod weight,
seed yield.

Extended Abstract

Introduction. Legume production systems increasingly require sustainable soil amendments to balance productivity and ecological resilience. While vermicompost enhances soil fertility and rice residues improve organic matter, their synergistic effects on bean remain underexplored in arid agroecosystems. This study quantifies how graded vermicompost (0–10 t ha⁻¹) and rice residue incorporation (0–30%) optimize yield architecture in bean cultivation under Khuzestan's semi-arid conditions.

Materials and Methods. This experiment was conducted as a split plot experiment in a randomized complete block design (RCBD) with three replications in the crop year 2022–2023. The main factor was vermicompost consumption at three levels including zero (without vermicompost fertilizer), five and 10 tons per hectare and the secondary factor was rice residue at four levels including zero (no residue), 10%, 20%, and 30%. The rice field was located in Dasht-e Azadegan area. Najafi rice was cultivated in this field in the summer of 2022. Plant height, seed number per square meter, number of pods per square meter, plant weight without pods per square meter, pod shell weight per square meter, seeds number per square meter, 100 seed weight, seed yield per hectare and biological yield per hectare were measured.

Results and Discussion. Results showed that the effect of vermicompost on plant height, plant weight, number of pods per square meter, 100 seed weight, seed weight, seed yield per hectare and biological yield per hectare was significant at the one percentage probability level. Also, effect of rice residue on plant height and seed yield per hectare at the five percentage probability level and on biological yield per hectare, was significant at the one percentage probability level. The interaction effect of vermicompost and rice residue on number of pods per square meter, plant weight, 100 seed weight, seed weight, biological yield per hectare was significant at the one percentage probability level but on seed yield per hectare was significant at the five percentage probability level. The results of mean comparison showed that the highest of bean plant height under the conditions of application of 20% of rice residues was observed with an amount of 85 cm and the lowest amount was observed under the conditions of application of 30% of rice residues with an amount of 72 cm. Also, the results of this study showed that the highest seed number per square meter was obtained by five tons per hectare of vermicompost and using 20% of rice residues (768 seeds) and the lowest seed number per square meter was belonged to the treatment of not using vermicompost and not using rice residues by 378 seeds. Based on the results of average comparing of traits, the highest amount of seed yield belonged to the treatment of using five tons per hectare of vermicompost and 20% of rice residues (8660 kg ha⁻¹). The lowest amount of seed yield was observed in the treatment of not using vermicompost and rice residues (2307 kg ha⁻¹). Also, the highest and the lowest amount of biological yield was observed in the treatment of five t ha⁻¹ of vermicompost and 20% of rice residues (19480 kg ha⁻¹) and the treatment of not using vermicompost and rice residues (7597 kg ha⁻¹), respectively.

The highest of pod number of per square meter, pod weight per square meter, plant weight without pods per square meter, pod shell weight per square meter, seeds number per square meter, 100 seed weight, seed yield per hectare and biological yield per hectare were observed by five t ha⁻¹ of vermicompost and the use of 20% of rice residues.

Conclusion. According to the results of the present experiment and the importance of achieving a high seed yield in the bean plant, it seems that the treatment of using five tons per hectare of vermicompost and the use of 20% of rice residues is a suitable treatment to achieve the high yield of this plant was used in the same weather conditions as the experimental site (Shadgan city) in Khuzestan province and other regions of the country is recommended.

Cite this article: Abyat, E., Aynehband, A., & Fateh, E. (2025). The effect of rice residue and vermicompost fertilizer on bean yield in rice- bean double cropping. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 56(4), 1–15. DOI: 10.22059/ijfcs.2025.396682.655146.



© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: [10.22059/ijfcs.2025.396682.655146](https://doi.org/10.22059/ijfcs.2025.396682.655146)



انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شماره الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

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

اثر کمیت بقایای برنج و کود ورمی کمپوست بر عملکرد باقلا در کشت دوگانه برنج- باقلا

علیه عیبات^۱ | امیر آینه‌بند^۲ | اسفندیار فاتح^{۳✉}

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

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۲ کلیدواژه‌ها: ارتفاع بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، غلاف، وزن غلاف.	این آزمایش به منظور بررسی اثر کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا، به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه سوسنگرد استان خوزستان در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا شد. فاکتور اصلی مصرف ورمی کمپوست در سه سطح (صفر، پنج و ۱۰ تن در هکتار) و فاکتور فرعی میزان برگشت بقایای برنج در چهار سطح صفر (بدون بقایا)، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ بود. بیشترین ارتفاع بوته در شرایط کاربرد ۲۰ درصد بقایای برنج با میانگین ۸۵ سانتی‌متر و کمترین آن در شرایط کاربرد ۳۰ درصد بقایای برنج با میانگین ۷۲ سانتی‌متر مشاهده شد. همچنین بیشترین عملکرد دانه به تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و ۲۰ درصد برگشت بقایای برنج (۸۶۶۰ کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت. کمترین عملکرد دانه نیز در تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج (۲۳۰۷ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان عملکرد زیستی به ترتیب از پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و ۲۰ درصد برگشت بقایای برنج (۱۹۴۸۰ کیلوگرم در هکتار) و عدم استفاده از ورمی کمپوست و بقایای برنج (۷۵۹۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. همچنین اثر تیمار ورمی کمپوست، بقایای برنج و اثر متقابل آن‌ها بر درصد پروتئین دانه، در سطح یک درصد معنی‌دار نبود. نتایج این تحقیق نشان داد که جهت دستیابی به بالاترین عملکرد دانه باقلا در شهرستان شادگان، کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و برگشت ۲۰ درصد بقایای برنج مناسب است.

استناد: عیبات، ع، آینه‌بند، ا، و فاتح، ا. (۱۴۰۴). اثر بقایای برنج و کود ورمی کمپوست بر عملکرد باقلا در کشت دوگانه برنج-باقلا. علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۶(۴).

DOI: 10.22059/ijfcs.2025.396682.655146 ۱-۱۵



© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

کشت دوگانه (مضاعف) از جمله راهکارهای اکولوژی زراعی است که امکان کشت دو گیاه در سال را فراهم می‌کند. در این شرایط حضور گیاه اول معمولاً اثرات متفاوتی بر خصوصیات زراعی و عملکرد گیاه دوم خواهد داشت. حضور گیاهان خانواده بقولات در این سیستم کشت دوگانه و یا کاربرد نهاده‌های غیرشیمیایی مانند کودهای بیولوژیکی باعث بهبود خصوصیات محیط زراعی خواهد شد (Ainehband *et al.*, 2019). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، به‌ویژه کود نیتروژن، علاوه بر افزایش هزینه‌ها، آسیب‌های جدی به محیط‌زیست، سلامت انسان و ساختار خاک وارد می‌کند. این مواد باعث تغییر اسیدیته، کاهش کیفیت خاک و آلودگی منابع آب می‌شوند (Liu *et al.*, 2010). یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش این آسیب‌ها و رسیدن به کشاورزی پایدار، جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی با کودهای زیستی است (Gullap *et al.*, 2018). ورمی کمپوست حاوی تعداد زیادی از جوامع میکروارگانیسم است که می‌تواند تحمل بیماری گیاهان را با تشکیل یک اثر بازدارنده در برابر بسیاری از عوامل بیماری‌زای خاک بهبود بخشد. در فرآیند تولید این کود انواع مواد آلی به‌طور مؤثری توسط کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها تجزیه و به کودهای مغذی و سرشار از عناصر غذایی برای رشد گیاهان تبدیل می‌شوند (Amouei *et al.*, 2017; Hassan *et al.*, 2024). ورمی کمپوست علاوه بر تأمین عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف، باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاکری (باکتری‌ها، آنزیم‌ها، و پیله‌های کرم‌خاکی)، کربن آلی، تخلخل و ظرفیت نگهداری آب، تولید هورمون‌های رشد گیاهی و تولید اسیدهای آلی در خاک شده که در نهایت منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (Mahmud *et al.*, 2020; Ravindran *et al.*, 2008; Arancon *et al.*, 2004). نتایج تحقیقی نشان داد که استفاده از باکتری *Rhizobium leguminosarum* به همراه ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار ورمی کمپوست موجب افزایش عملکرد باقلا شد (Ugar, 2021). نتایج حاکی از آن است که استفاده از ورمی کمپوست به‌طور قابل توجهی باعث افزایش میزان پروتئین در ریشه و ساقه گیاه شده، جذب عناصر غذایی مهمی مانند کلسیم و پتاسیم را بهبود بخشیده و به‌طور کلی عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (El-Dakak *et al.*, 2021).

مدیریت بقایای زراعی نقش مهمی در کشاورزی پایدار دارد. استفاده از بقایای گیاهی نه تنها باعث افزایش مواد آلی خاک می‌شود، بلکه از طریق تثبیت کربن، می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن کمک کند. این فرآیند با افزایش ذخیره کربن آلی در خاک، در کاهش اثرات تغییرات اقلیمی مؤثر است (Gullap *et al.*, 2018). اهمیت کلیدی بقایا در حفظ کربن و ساختار خاک در مطالعات تأیید شده است (Blanco-Canqui & Lal, 2009). همچنین در این زمینه گزارش شده کاربرد بقایای گیاهی منجر به بهبود ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک، افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه، بهبود رشد ریشه، افزایش میزان رشد و عملکرد گیاهان می‌گردد (Khamadi *et al.*, 2015; Vial *et al.*, 2015). در مطالعه‌ای مشخص شد بازگرداندن بقایای برنج مؤثرترین روش برای افزایش نیتروژن خاک است (Dong *et al.*, 2019). در آزمایشی اثر کاربرد برگشت بقایای گیاهی گندم شامل صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد بر عملکرد لوبیا مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه در اثر برگرداندن ۲۵ درصد بقایای گیاهی به‌دست آمد (Salehi *et al.*, 2013). در تحقیقی با هدف بررسی اثر بقایای گیاهی بر رشد و عملکرد سویا، نتایج آزمایش نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار Sulphur + ZnSO4 + NPK + سه تن در هکتار بقایای گیاهی به‌دست آمد (Ravi *et al.*, 2019). کاربرد بقایای گیاهی گندم در افزایش عملکرد دانه لوبیا اثر مثبت داشت که به دلیل اثر مثبت بقایای گیاهی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه عنوان شد (Akbari *et al.*, 2018).

برنج یکی از محصولات استراتژیک بوده و هر ساله در استان خوزستان بقایای گیاهی زیادی از مزارع برنج به‌دست می‌آید که از آن‌ها می‌توان به عنوان مالچ در مزارع استفاده کرد. سوزاندن بقایا، هدرروی مواد مغذی نظیر نیتروژن و گوگرد و همچنین آلودگی هوا و مشکلات سلامتی را برای انسان‌ها به دنبال دارد (Tipayarom & Oanh, 2007). بقایای برنج می‌تواند به صورت کمپوست و یا کاربرد مستقیم در خاک بازیافت شوند (Zibaei *et al.*, 2019). افزودن بقایای گیاهی به خاک، باعث کاهش جمعیت علف‌های هرز به‌ویژه در مراحل ابتدایی رشد (Ghorbani Jirsarayi *et al.*, 2019) شده و تجزیه سریع و آزادسازی عناصر غذایی و افزودن مقدار زیادی مواد آلی به خاک‌ها برای حفظ باروری خاک را به دنبال دارد (Zibaei *et al.*, 2019).

باقلا با نام علمی *Vicia faba* (L.) گیاهی یک‌ساله، علفی و متعلق به خانواده بقولات است (Parsa & Bagheri, 2008). باقلا، علاوه بر تثبیت نیتروژن، حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد؛ به‌طوری‌که با کشت آن ۶۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به خاک اضافه خواهد شد و باعث صرفه‌جویی در مصرف کودهای نیتروژن‌دار برای محصولات همراه و بعدی در تناوب می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008). باقلا از جمله گیاهان مهم زراعی است که می‌تواند در تناوب با گیاه برنج که در استان خوزستان کشت می‌شود، قرار گیرد. از مزایای محیطی و اکولوژیکی باقلا در سیستم‌های زراعی، توانایی این گیاه در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در محدوده وسیعی از شرایط محیطی و فراهم‌سازی آن برای استفاده توسط سایر گیاهان موجود در تناوب زراعی می‌باشد. باقلا نسبت به بسیاری از گیاهان زراعی، مصرف آب کم‌تری دارد. کاهش مصرف انرژی برای تولید و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از مزایای کشت باقلا در سیستم‌های زراعی است (Eskandari & Kazemi, 2016).

باتوجه به موارد مطرح‌شده فوق و اهمیت جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی به منظور کاهش اثرات مخرب زیست-محیطی و اثرات منفی سوزاندن بقایای برنج بر محیط، همچنین نقش مهم منابع آلی در پایداری تولید و بهبود کیفیت محصولات زراعی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر میزان بقایای برنج و ورمی‌کمپوست بر عملکرد و درصد پروتئین باقلا در منطقه سوسنگرد استان خوزستان اجرا شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دشت‌آزادگان استان خوزستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و ۱۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. دشت‌آزادگان با ۲۳۶ میلی‌متر بارندگی و میانگین سالانه دما ۲۴/۴ درجه سانتی‌گراد (دما حداقل ۱۵/۷ درجه سانتی‌گراد و دمای حداکثر ۳۳/۲ درجه سانتی‌گراد) بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه در گروه اقلیمی بیابانی گرم میانه قرار دارد. آمار هواشناسی در محدوده زمانی انجام آزمایش به‌صورت میانگین ماهانه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. میانگین ماهانه شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱.

ماه	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
دمای حداکثر (°C)	۳۲/۳	۲۶/۵	۲۵	۲۶	۲۹/۷	۳۶/۱	۴۶/۹	۴۹/۹
دمای حداقل (°C)	۱۱/۱	۵/۶	۲/۹	۶/۱	۷/۱	۱۰/۷	۱۹/۴	۲۵/۸
میانگین دمای روزانه (°C)	۱۹/۴	۱۵/۳	۱۴/۲	۱۵/۵	۱۸/۳	۲۴/۳	۳۳/۵	۳۹
بارندگی (mm)	۱۵/۹	۲۰/۵	۴۵/۱	۱۳/۸	۱۷/۲	۲۰	۲	۰

به منظور تعیین ویژگی‌های خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد که نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش.

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
لومی رسی سیلتی	۴/۴۶	۷/۵۶	۰/۵۶	۰/۰۳۹	۸/۱۲	۱۴۸

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ورمی‌کمپوست در سه سطح صفر (بدون کود ورمی‌کمپوست)، پنج و ۱۰ تن در هکتار، به عنوان فاکتور اصلی و میزان بقایای برنج در چهار سطح صفر (بدون بقایا)، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ بقایای برنج به عنوان فاکتور فرعی بودند. فاصله کرت‌های اصلی دو متر و فاصله کرت‌های فرعی اندازه یک پشته، اندازه هر کرت شش مترمربع (دو متر در سه متر) در نظر گرفته شد و در هر

کرت، چهار ردیف بذر باقلا به صورت ردیفی کاشت شد. پس از برداشت برنج و خارج کردن بقایا از سطح مزرعه، یک مرحله دیسک زده شد. مزرعه بر اساس نقشه طرح و تیمارهای آزمایش تفکیک شد. ورمی کمپوست (مارک پارسا تولید ایران) بر اساس تیمار پنج و ۱۰ تن در هکتار به میزان ۰/۵ و یک کیلوگرم در مترمربع (هر کرت شش متری به ترتیب حدود سه و شش کیلوگرم) با خاک مخلوط شد. بقایا نیز به ازای هر کرت در شرایط کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد بقایا به ترتیب ۳۹۰، ۷۸۰ و ۱۱۷۰ گرم مصرف شد. بذور باقلا رقم عراقی (دارای ویژگی‌هایی مانند زودرسی، عملکرد بالا و تحمل به شرایط نامساعد محیطی و بیماری‌ها است) با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در تاریخ ۲۰ آبان‌ماه ۱۴۰۱ کشت شد. میزان کودهای مصرفی شامل نیتروژن به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود اوره، ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) به صورت کود پایه مورد استفاده قرار گرفت. در این آزمایش تنک به صورت دستی پس از استقرار کامل گیاه و آبیاری به صورت نشتی و هر هفته یک بار و وجین علف‌های هرز در دوره رشد گیاه به صورت دستی و با کارگر انجام شد. نمونه برداری و اندازه گیری‌های مختلف در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از مساحت یک مترمربع در تاریخ ۲۲ فروردین ۱۴۰۲ صورت گرفت. در این آزمایش صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در مترمربع، وزن بوته بدون غلاف در مترمربع، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه به روش Bremner & Mulvaney (1982) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ۹٫۱ انجام شد و رسم نمودار با نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

۳. یافته‌های پژوهشی و بحث

۳-۱. ارتفاع بوته

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر ورمی کمپوست در سطح آماری یک درصد و بقایای برنج در سطح پنج درصد بر ارتفاع بوته، معنی‌دار بودند؛ اما اثر متقابل ورمی کمپوست و بقایای برنج اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد با میانگین ۸۵ سانتی‌متر مشاهده شد که با تیمارهای کاربرد ۱۰ و ۲۰ درصد بقایای برنج اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان آن در شرایط کاربرد ۳۰ درصد بقایای برنج با میزان ۷۲ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۱).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته در شرایط کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست و مقادیر مختلف بقایای برنج.

منابع تغییرات		درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)	
			ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته
تکرار	۲	۳۹۵ ^{ns}	۱/۰۳ ^{ns}	
ورمی کمپوست (A)	۲	۳۳۶۹ ^{**}	۳/۹ ^{ns}	
خطای اصلی	۴	۱۱۷	۱/۳	
بقایای برنج (B)	۳	۳۰۲ [*]	۱/۰۸ ^{ns}	
B × A	۶	۶۴ ^{ns}	۱/۸ ^{ns}	
خطای فرعی	۱۸	۸۶	۲/۲	

^{*}، ^{**} و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر کاربرد بقایای برنج بر ارتفاع بوته باقلا. ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

۲-۳. تعداد شاخه فرعی در بوته

اثر کاربرد ورمی کمپوست، بقایای برنج و اثر متقابل آن‌ها بر صفت تعداد شاخه فرعی در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۳).

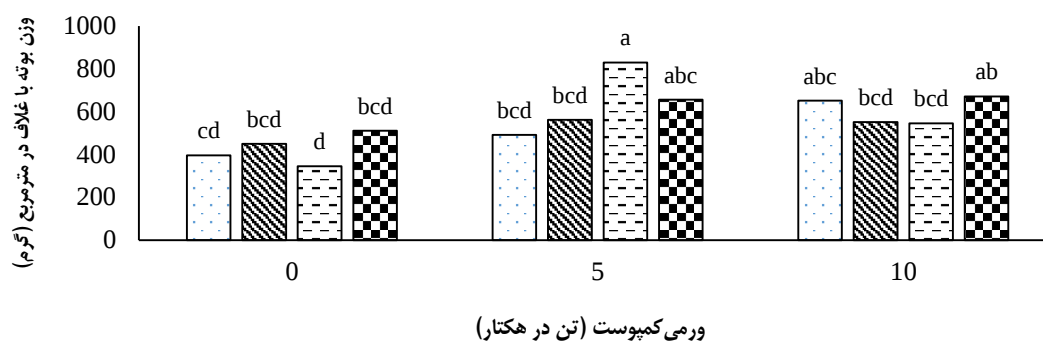
۳-۳. وزن بوته با غلاف

بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات، اثر کاربرد ورمی کمپوست و اثر متقابل ورمی کمپوست و بقایای برنج بر وزن بوته با غلاف در مترمربع در سطح یک درصد معنی‌دار بودند؛ اما اثر کاربرد بقایای برنج اختلاف آماری معنی‌دار نشان نداد (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین صفات، بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب در تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و ۲۰ درصد بقایای برنج با متوسط ۸۳۰ گرم در مترمربع و تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست و ۲۰ درصد بقایای برنج با میانگین ۳۴۵ گرم در مترمربع به دست آمد (شکل ۲).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن بوته با غلاف باقلا در شرایط کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست و مقادیر مختلف بقایای برنج.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS) وزن بوته با غلاف (مترمربع)
تکرار	۲	۱۱۷۴۹۶**
ورمی کمپوست (A)	۲	۱۵۳۴۴۳**
خطای اصلی	۴	۶۲۰۸
بقایای برنج (B)	۳	۱۹۷۴۴ ^{ns}
B × A	۶	۹۶۴۲۱**
خطای فرعی	۱۸	۱۷۹۷۲
درصد تغییرات	-	۱۹

*, ** و ^{ns} به ترتیب به مفهوم معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و عدم اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج بر وزن بوته با غلاف در مترمربع باقلا. ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

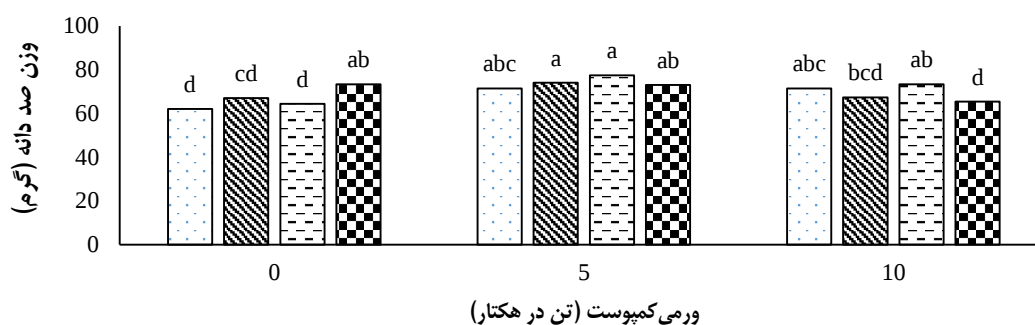
۳-۴. وزن ۱۰۰ دانه

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر کاربرد ورمی کمپوست و اثر متقابل کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند؛ درحالی‌که اثر کاربرد بقایای برنج بر صفت فوق، اختلاف آماری معنی‌دار نشان نداد (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات، بیشترین وزن ۱۰۰ دانه به تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و کاربرد ۱۰ درصد بقایای برنج (۷۷ گرم) تعلق داشت. تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و ۲۰ درصد بقایای برنج (۷۶ گرم) بدون تفاوت معنی‌دار به لحاظ آماری در مرتبه بعد قرار گرفت. کمترین وزن ۱۰۰ دانه نیز در تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست و بدون بقایای برنج و ۲۰ درصد بقایای برنج (۶۲ گرم) و همچنین تیمار کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست و ۳۰ درصد بقایا (۶۱ گرم) مشاهده شد که این دو تیمار به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند (شکل ۳).

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه باقلا در شرایط کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست و مقادیر مختلف بقایای برنج.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن ۱۰۰ دانه	میانگین مربعات			
			تعداد غلاف در مترمربع	عملکرد دانه در هکتار	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۲۲۵ ns	۶۹۱ ns	۲۸۸۶۱**	۲۰۷۲۴۴*	۰/۸ ns
ورمی کمپوست (A)	۲	۱۱۵۳**	۳۳۶۳**	۱۴۴۸**	۱۲۱۷۰۸۵**	۰/۶ ns
خطای اصلی	۴	۲۴۴	۲۰۱	۱۲۵	۱۳۰۸۴	۰/۱
بقایای برنج (B)	۳	۵۱۴ ns	۳۸۷ns	۴۸۷۲۵*	۲۶۵۷۸۲**	۰/۷ ns
A × B	۶	۱۵۵۲**	۳۸۳۷**	۵۸۸۹۹*	۲۵۵۷۰۱**	۰/۶ ns
خطای فرعی	۱۸	۲۰۰	۷۲۹	۱۵۳۵۹	۵۶۰۴۹	۰/۴
درصد تغییرات	—	۱۵	۲۰	۱۸	۱۳	۱۶

ns و ** به ترتیب به مفهوم معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و عدم اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

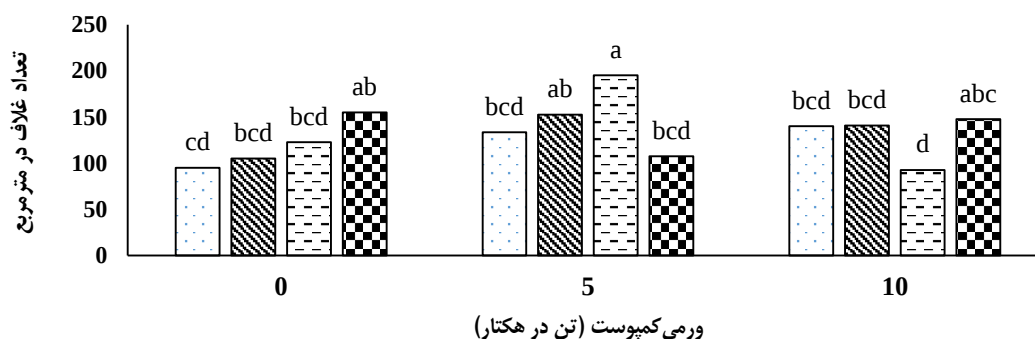


□ بدون بقایای برنج ▨ ۱۰ درصد بقایای برنج ▤ ۲۰ درصد بقایای برنج ▩ ۳۰ درصد بقایای برنج

شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج بر وزن ۱۰۰ دانه باقلا. ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

۳-۵. تعداد غلاف در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کاربرد ورمی کمپوست و اثر متقابل کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج بر تعداد غلاف در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر کاربرد بقایای برنج تأثیر معنی‌داری بر صفت فوق نداشت (جدول ۵). بیشترین تعداد غلاف در مترمربع در تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و کاربرد ۲۰ درصد بقایای برنج (۱۹۵ غلاف در مترمربع) مشاهده شد و کمترین تعداد غلاف در مترمربع نیز به تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و کاربرد ۲۰ درصد بقایای برنج (۹۳ غلاف در مترمربع) تعلق داشت (شکل ۴).

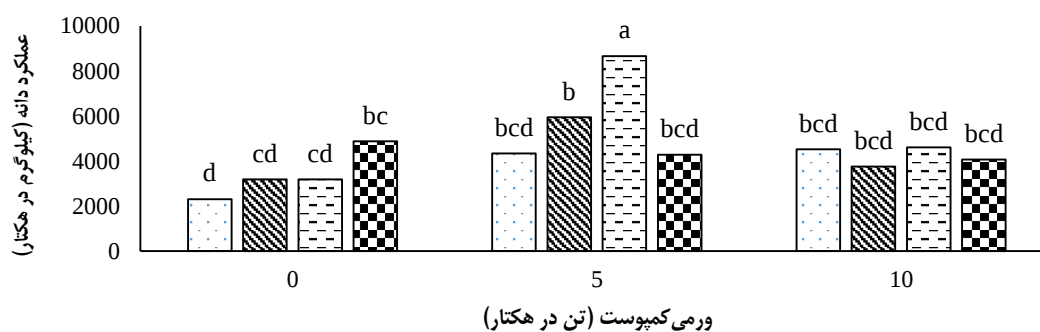


□ بدون بقایای برنج ▨ ۱۰ درصد بقایای برنج ▤ ۲۰ درصد بقایای برنج ▩ ۳۰ درصد بقایای برنج

شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج بر تعداد غلاف در مترمربع باقلا. ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

۳-۶. عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات، اثر کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد بقایای برنج و اثر متقابل کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین عملکرد دانه به تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و ۲۰ درصد بقایای برنج (۸۶۶۰ کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت. همچنین کمترین عملکرد دانه نیز در تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج (۲۳۰۷ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل ۵).

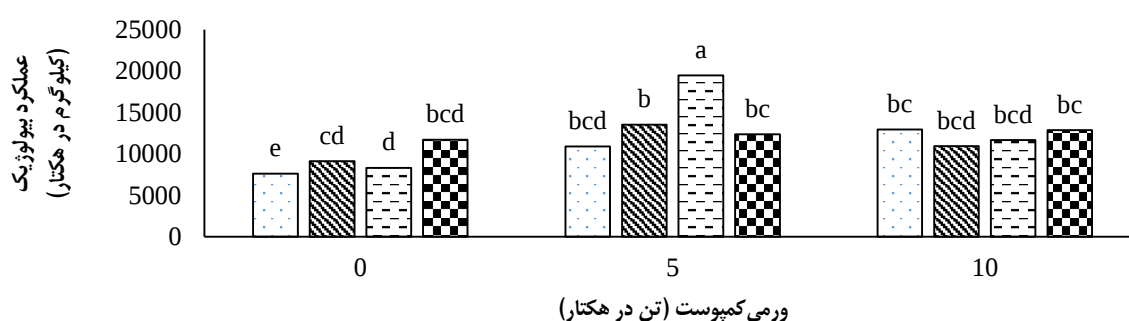


□ بدون بقایای برنج ▨ ۱۰ درصد بقایای برنج ▤ ۲۰ درصد بقایای برنج ▩ ۳۰ درصد بقایای برنج

شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج بر عملکرد دانه باقلا. ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

۳-۷. عملکرد بیولوژیک

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد ورمی کمپوست، بقایای برنج و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب به تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و ۲۰ درصد بقایای برنج با میانگین ۱۹۴۸۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج با میانگین ۷۵۹۷ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (شکل ۶).



□ بدون بقایای برنج ▨ ۱۰ درصد بقایای برنج ▤ ۲۰ درصد بقایای برنج ▩ ۳۰ درصد بقایای برنج

شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج بر عملکرد بیولوژیک باقلا. ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

۳-۸. شاخص برداشت

اثر کاربرد ورمی کمپوست، بقایای برنج و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۵).

۳-۹. درصد پروتئین دانه

اثر کاربرد ورمی کمپوست، بقایای برنج و اثر متقابل آن‌ها بر درصد پروتئین دانه، معنی‌دار نبود (جدول ۵). باتوجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد نیتروژن حاصل از پوسیدن تدریجی بقایا در خاک سبب افزایش دست‌یابی گیاه باقلا به این عنصر ضروری و افزایش ارتفاع بوته شده است. محققان بیان کرده‌اند که کیفیت و نوع مدیریت بقایای گیاهی تأثیر چشمگیری در فرآیندهای تجزیه بقایا، معدنی‌شدن عناصر و دسترسی گیاه به عنصر غذایی خاک برای رشد دارد و حفظ بقایا تأثیر قابل توجهی بر نفوذ آب به داخل خاک داشته و ساختمان فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشد (Saeedipour, 2016; Mousavi Boogar, 2017). لذا دست‌یابی بهتر به منابع

محیطی از جمله آب و عناصر غذایی و بهبود ساختمان خاک (تخلخل بیشتر و فشردگی کمتر) سبب افزایش رشد و توسعه سلول‌ها و در نتیجه افزایش ارتفاع بوته می‌شود. Amanipor & Marashi (2023) نیز بیان کردند که اثر مدیریت بقایای برنج بر ارتفاع بوته کلزا (*Brassica napus*) معنی‌دار بود. دانه‌های غلاف‌هایی که در گره‌های انتهایی گیاه تشکیل می‌شوند یا دانه‌هایی که در انتهای غلاف به وجود می‌آیند دارای وزن کمتری هستند (Hasanvand et al., 2015) و به علت رقابت فتوسنتز در انتهای ساقه‌های در حال رشد و نیز در شرایط تراکم شدید بوته‌ها، گل‌های کمتری در گره‌های بالایی گیاه تشکیل می‌شوند (Hasanvand et al., 2015). به نظر می‌رسد افزایش ارتفاع در گیاهان در تیمار ورمی‌کمپوست به علت افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک و تحریک تولید مواد تنظیم‌کننده رشد از قبیل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها و در نتیجه فراهمی مواد غذایی مورد نیاز گیاهان باشد (Roy et al., 2010). Roy et al. (2010) نیز دلیل افزایش شاخص‌های رشدی در شرایط کاربرد ورمی‌کمپوست را آزاد شدن تدریجی مواد مغذی مانند نیتروژن و نگهداری آب دانستند. احتمالاً کاهش وزن مخصوص خاک و بیشتر بودن خلل و فرج و تراکم کمتر خاک در تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۲۰ درصد بقایای برنج موجب افزایش انتشار اکسیژن در منافذ خاک و بهبود تنفس ریشه‌ها، افزایش توسعه و نفوذ ریشه‌ها و افزایش نفوذپذیری آب به خاک و دسترسی بیشتر به عناصر غذایی شده است. در نتیجه افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی، آب و دی‌اکسید کربن موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه شده است (Reintam et al., 2005; Mousavi Boogar, 2017; Adhikary, 2012). با افزایش در تولیدات فتوسنتزی نیاز به مخازن دریافت‌کننده آن‌ها افزایش می‌یابد، لذا گیاه توان تولید و حفظ تعداد غلاف بیشتری را دارا است. Komeili et al. (2016) بیان کردند که افزایش جذب مواد غذایی و در نتیجه، افزایش منابع محیطی اختصاص یافته به جوانه‌های رویشی جانبی در حضور بقایای گیاه از دلایل بیشتر بودن تعداد شاخه‌های فرعی و در نتیجه تعداد غلاف در بوته می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد بهبود ساختمان خاک و تهویه بهتر آن، آزادسازی تدریجی عناصر غذایی به خاک و توان حفظ رطوبت بیشتر در خاک در شرایط حفظ ۲۰ درصد بقایای گیاه برنج در خاک، افزایش تولید مواد فتوسنتزی و رشد گیاه را به دنبال داشته است. از سوی دیگر، تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست، فعالیت‌های میکروبی و متابولیسم گیاه را تحریک نموده است؛ در نتیجه، مواد مغذی و متابولیت‌های بیشتری در خاک آزاد شده است. زیرا فعالیت کرم‌های خاکی موجب تسریع فرآیند کانی‌سازی مواد آلی، تجزیه پلی‌ساکاریدها، افزایش هوموس در خاک و برعکس کاهش دسترسی عناصر سنگین سمی به گیاهان می‌شود (Joshi & Vig, 2010). در نتیجه این عوامل افزایش در تولید اسیمیلات‌های فتوسنتزی، تجمع ماده خشک در بخش‌های مختلف گیاه به ویژه غلاف‌ها را در پی داشته است. در مقایسه با سایر کودهای آلی، ورمی‌کمپوست از مقادیر بالایی از مواد مغذی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و همچنین عناصر ریزمغذی مانند آهن، روی، مس و منگنز تشکیل شده است (Hosseinzadeh et al., 2016). نتایج بررسی اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر خصوصیات فتوسنتزی گیاه نخود حاکی از آن بود که ورمی‌کمپوست بسیار متخلخل بوده، امکان تهویه بالا، زهکشی خوب و ظرفیت ذخیره آب بالایی دارد (Hosseinzadeh et al., 2016). Suhag (2016) نیز با بررسی مقایسه کودهای شیمیایی و کودهای زیستی گزارش کردند که ورمی‌کمپوست با تثبیت نیتروژن و تجزیه ترکیبات آلی در خاک می‌تواند به جذب بهتر مواد مغذی توسط گیاه کمک نماید (Suhag, 2016). نتایج بررسی اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی بر عملکرد گیاه ذرت و سلامت خاک نشان داد که استفاده از این کود می‌تواند نیتروژن خاک را حدود ۴۲ درصد، فسفر را حدود ۲۹ درصد و پتاسیم را تا ۵۷ درصد افزایش دهد (Sharma & Banik, 2014). از سوی دیگر عناصر رهاسازی شده از بقایای برنج سبب افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی و بالارفتن کارایی جذب عناصر توسط گیاه شده است. توان حفظ رطوبت بالا توسط ورمی‌کمپوست و بقایای موجود در خاک و تهویه و تخلخل ایجاد شده توسط آن‌ها به طور کلی سبب افزایش در کارایی فرآیند فتوسنتز و تجمع ماده خشک در گیاه و در نتیجه افزایش وزن بوته بدون غلاف شده است.

گزارش محققان حاکی از آن است که اگر زمان آزادسازی عناصر غذایی از بقایای گیاهی در حال تجزیه، همزمان با نیاز گیاه زراعی باشد، در چنین شرایطی شکاف زمانی بین آزادسازی عناصر از بقایای گیاهی و جذب عناصر توسط گیاه از محیط کم شده و با کاهش تلفات عناصر، راندمان جذب را افزایش خواهد داد (Shahpari et al., 2016). اما اگر این همزمانی صورت نگیرد گیاه

مجبور است از منابع کودی برای تأمین عناصر مورد نیاز خود استفاده کند. در این حالت فرم معدنی نیتروژن تبدیل به فرم آلی می‌شود که در این حالت این نیتروژن اگرچه زیاد هم باشد اما برای گیاه قابل استفاده نیست (Mousavi Boogar, 2017; Saeedipour, 2016)؛ بنابراین در صورت استفاده از مقادیر اضافی کود نیتروژن، گیاه می‌تواند این کاهش را جبران کند. نگهداری بقایای گیاهی در مزرعه ممکن است باعث غیرمتحرک شدن نیتروژن در مدت کوتاهی شود. تعداد دانه از جمله صفات مهم موثر بر عملکرد گیاه است و تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. کمبود آب و مواد غذایی و یا توسعه کم سیستم ریشه‌ای و جذب کم رطوبت و عناصر از طریق کاهش تولیدات فتوسنتزی جهت حفظ گل‌های تولیدشده توسط گیاه و ریزش آن‌ها و یا کاهش درصد باروری دانه‌ها به دلیل عدم تلقیح مناسب و کمبود مواد فتوسنتزی کافی و رقابت میان دانه‌ها برای جذب مواد غذایی سبب کاهش تعداد دانه در بوته و در مترمربع می‌شود. از سوی دیگر، کمبود مواد فتوسنتزی در زمان پر شدن دانه‌های باقلا نیز متوسط وزن دانه را به دلیل اختلال در انتقال مواد به دانه‌ها کاهش می‌دهد. درحالی‌که بهبود رطوبت خاک، شرایط فیزیکی و شیمیایی آن، بهبود دستیابی گیاه به عناصر غذایی در شرایط کاربرد کود ورمی کمپوست و حفظ بقایای برنج با افزایش تولید مواد فتوسنتزی و کاهش ریزش گل‌ها و افزایش گسیل مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌های تشکیل شده سبب افزایش تعداد دانه در بوته و در نتیجه در مترمربع شده است. به نظر می‌رسد در شرایط کاربرد ورمی کمپوست (پنج تن در هکتار) سهم مواد فتوسنتزی برای پر شدن دانه‌های باقلا بیشتر شده و موجب افزایش وزن دانه در این تیمارها شده است. تأمین عناصر غذایی و بهبود شرایط خاک در شرایط کاربرد ورمی کمپوست از طریق افزایش جهت‌گیری مواد غذایی از تمام بخش‌های گیاه به سمت دانه موجب افزایش وزن دانه شد. افزایش وزن دانه در شرایط کاربرد ورمی کمپوست نشان از اثر این کود بر فعالیت میکروبی خاک و افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه و برقراری تعادل این کودها در خاک داشته که موجب افزایش وزن دانه شد. زیرا این عوامل می‌توانند با بهبود ویژگی‌های خاک و افزایش جذب مواد غذایی موجب افزایش تولید اسمیلات‌های فتوسنتزی در گیاه و افزایش وزن دانه شوند. باتوجه به نتایج مشاهده شده به نظر می‌رسد کاربرد ۲۰ درصد بقایای برنج، افزایش در تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک در دانه و افزایش وزن ۱۰۰ دانه را در پی داشته است.

وجود بقایا در زمین سبب رهاسازی تدریجی نیتروژن نیز می‌شود. بنابراین، در روش شخم همراه با بقایای برنج به نظر می‌رسد آزادسازی تدریجی نیتروژن در زمان پر شدن دانه‌ها باعث بهبود شرایط فتوسنتزی و در نتیجه، افزایش وزن دانه‌ها شده باشد (Fallah & Yadavi, 2013). یافته‌های مشابهی در گیاه لوبیا نیز گزارش شده است؛ به گونه‌ای که افزایش معنی‌داری در وزن هزار دانه تحت اثر متقابل ورمی کمپوست و نیتروژن از طریق حفظ رطوبت و بهبود رشد ریشه مشاهده شد (Fatahi Najadet *et al.*, 2023). بررسی اثر بقایای گیاه گندم بر رشد و عملکرد گیاه لوبیا نشان داد که کاربرد بقایای گیاهی گندم در افزایش عملکرد دانه لوبیا مثبت بوده و دلیل آن را اثر مثبت بقایای گیاهی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه عنوان کردند (Akbari *et al.*, 2019). همچنین توسعه بیشتر ریشه در بوته‌های مربوط به سیستم شخم همراه با بقایای گیاهی، سبب افزایش شدت تنفس ریشه‌ها و افزایش دسترسی آن‌ها به عناصر غذایی شده که نتیجه آن، منجر به تأثیر مثبت بر رشد و افزایش عملکرد زیست‌توده و دانه گیاهان می‌شود (Mousavi Boogar, 2017).

به نظر می‌رسد کاربرد ورمی کمپوست با اثر تشدیدکنندگی روی فعالیت میکروبی خاک و در پی آن با افزایش دسترسی به عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و احتمالاً گوگرد برای گیاه و همچنین برقراری تعادل این کودها با بخش فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد دانه را بهبود بخشیده است. همچنین افزایش عملکرد دانه در شرایط کاربرد ورمی کمپوست ممکن است به دلیل حضور اسیدهیومیک در این کود باشد که می‌تواند با افزایش سطح برگ و افزایش جذب پتاسیم و دیگر عناصر مورد نیاز گیاه، افزایش تولیدات فتوسنتزی و تجمع ماده خشک در دانه را در پی داشته باشد. ورمی کمپوست یک کود بیولوژیک با ظرفیت جذب آب بالا است و می‌تواند تقاضای آب را به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش داده و دسترسی به مواد مغذی را افزایش دهد (Keshavarz Afshar *et al.*, 2014).

ورمی کمپوست به دلیل آزاد شدن تدریجی مواد مغذی مانند نیتروژن و نگهداری آب می‌تواند باعث افزایش شاخص سطح برگ، افزایش فتوسنتز گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه شود. ممکن است دلیل کاهش عملکرد دانه در شرایط کاربرد ۱۰ تن در هکتار

ورمی کمپوست، اثر افزایشی کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج باشد. احتمالاً کاربرد سطح بالای ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) نتوانسته سبب افزایش جذب عناصر توسط گیاه و بهبود بیشتر خصوصیات خاک شود و کاربرد پنج تن در هکتار تامین کننده نیاز گیاه بوده است (Roy et al., 2010). نتایج بررسی اثر روش های مختلف خاکورزی و کاشت بر رطوبت خاک و عملکرد نخود در شرایط دیم نشان داد که کشت در بقایای گندم سبب دستیابی به عملکرد بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها شده است (Eskandari, 2003). (Amanipor & Marashi (2023) نیز دریافتند که بیشترین عملکرد دانه کلزا در تیمار کشت در زمین شخم-خورده همراه با بقایای برنج مشاهده شد. نتایج بررسی اثر کاربرد بقایای گیاهی کلزا و گندم بر عملکرد گندم نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه در اثر مصرف ۳۰ درصد بقایای گیاه کلزا و سوزاندن بقایای کلزا به دست آمد (Shahpari et al., 2016). درحالی که نتایج بررسی تأثیر سیستم های خاکورزی و مدیریت بقایای برنج بر صفات مرفولوژیک و عملکرد کلزای پاییزه به عنوان کشت دوم پس از برنج در رشت نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه به تیمار خاکورزی متداول و خارج نمودن بقایا مربوط بوده و کمترین مقدار نیز به تیمار بدون خاکورزی و باقی گذاشتن بقایا اختصاص داشت. بر اساس نتایج به دست آمده به نظر می رسد که کاربرد ورمی کمپوست و بقایای برنج از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش تخلخل در خاک، توسعه بیشتر ریشه، جذب بیشتر دی اکسید کربن، حفظ رطوبت در خاک و افزایش در دسترس قرار دادن تدریجی مواد غذایی برای گیاه، افزایش فتوسنتز، تولید مواد فتوسنتزی، تجمع ماده خشک و عملکرد بیولوژیک می شود (Rabiee et al., 2011). نتایج مشابهی توسط در گیاه باقلا نیز گزارش شده است؛ به طوری که کاربرد ورمی کمپوست همراه با باکتری های همزیست، موجب بهبود ویژگی های فیزیکی خاک و عملکرد دانه شد (Mekonnen & Tamiru, 2025).

علاوه بر این، یکی از اثرات مهم بقایا، رهاسازی تدریجی نیتروژن در طی فصل رشد است که به ویژه در مراحل پرشدن دانه ها، باعث بهبود وضعیت تغذیه ای گیاه و افزایش وزن دانه می شود. این موضوع در مطالعه ای روی سویا نیز تأیید شده، جایی که کاربرد ورمی کمپوست در کنار کودهای زیستی، افزایش معنی دار در عملکرد دانه را به دنبال داشت (Mohammed & Alkobaisy, 2024). با این حال، در برخی صفات، اثر ساده ورمی کمپوست یا بقایا به تنهایی معنی دار نبود که نشان می دهد تأثیر این تیمارها بیشتر در برهمکنش با یکدیگر و تحت تأثیر عوامل همزمان اتفاق می افتد. در پژوهشی روی لوبیا مشخص شد که کاربرد ورمی کمپوست به تنهایی تأثیر معنی داری بر پروتئین دانه نداشت، اما در ترکیب با تیمارهای دیگر ممکن است اثرگذار باشد (Pouraryae et al., 2022). نتایج بررسی مقایسه ورمی کمپوست و کودهای شیمیایی نشان داد که ورمی کمپوست معمولاً حاوی عناصر مغذی بیشتری نسبت به کودهای شیمیایی هستند و مواد مغذی را به تدریج به شکل های موجود آزاد می کنند که به آسانی توسط گیاهان جذب می شوند و پاسخ متفاوت گیاهان به مقادیر مختلف ورمی کمپوست ممکن است به دلیل آزاد شدن مقادیر متغیر مواد مغذی موجود و مواد محرک رشد باشد (Timsina, 2018; Bachman & Metzger, 2008). نتایج بررسی اثر بقایای برنج بر خاک و رشد گیاه نشان داد که حفظ بقایای برنج در کشت در زمین شخم خورده همراه با بقایای برنج، منجر به بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری آب و در نتیجه باعث بهبود رشد و توسعه گیاه و در نهایت افزایش عملکرد زیست توده می شود (Saeedipour, 2016).

نتایج بررسی اثر کاربرد کودهای شیمیایی، دامی و ورمی کمپوست بر پروتئین دانه لوبیا نشان داد که ورمی کمپوست بر این صفت تأثیر معنی داری نداشت (Pouraryae et al., 1400). بنابراین، آنچه از یافته ها استنباط می شود آن است که تأثیر متقابل ورمی کمپوست و بقایای برنج در بهبود صفاتی مانند وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و تجمع ماده خشک، نقش کلیدی تری نسبت به اثرات ساده دارد. از این رو، در تحلیل نتایج، تمرکز باید بر بررسی دقیق اثر متقابل تیمارها و سازوکارهای آنها باشد.

۴. نتیجه گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در شرایط کاربرد ۲۰٪ بقایا مشاهده شد. بیشترین تعداد غلاف در مترمربع، وزن غلاف در مترمربع، وزن بوته بدون غلاف در مترمربع، و تعداد دانه در مترمربع، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و کاربرد ۲۰ درصد بقایای برنج تعلق داشت؛ درحالی که کاربرد ۱۰ تن در هکتار

ورمی کمپوست و ۳۰ درصد بقایا نتوانست به دلیل کاربرد بیشتر کود و بقایا سبب افزایش تولید شود. با توجه به نتایج این آزمایش جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه باقلا، می‌توان از تیمار کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و کاربرد ۲۰ درصد بقایای برنج در شهرستان شادگان استفاده کرد.

۵. منابع

- Adhikary, S. (2012). Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Science*, 37, 905–917.
- Ainehband, A., Shohani, M., & Fateh, A. (2019). Agronomic and chemical characteristics of wheat ecosystem under the influence of double cropping patterns and bio-chemical fertilizer management. *Journal of Plant Production Research*, 26(2), 71-84. (In Persian).
- Akbari, F., Dahmardeh, M., Morshdi, A., Ghanbari, A., & Khoramdel, S. (2019). Effects of tillage system and plant residue on nitrogen uptake and use efficiency in corn and bean intercropping systems. *Journal of Crops Improvement*, 20(4), 798-785. (In Persian).
- Amanipor, H., & Marashi, S.K. (2023). Effect of rice residue management on growth and quantitative and qualitative yield of rapeseed (*Brassica napus*) cultivars. *Journal of Agroecology*, 14(4), 782-769. (In Persian).
- Amouei, A., Yousefi, Z., & Khosravi, T. (2017). Comparison of vermicompost characteristics produced from sewage sludge of wood and paper industry and household solid wastes. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 15, 5-15. (In Persian).
- Arancon, N.C.A., Edwards, P., Bierman, C.W., & Metzger, J.D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93(2), 145-153.
- Bachman, G.R., & Metzger, J.D. (2008). Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*, 99, 3155–3161.
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2009). Crop residue management and soil carbon dynamics. Soil carbon sequestration and the greenhouse effect. *Applied Statistics in Biology*, 57, 291-309.
- Bremner, J., & Mulvaney, C. (1982). *Nitrogen total. Methods of soil analysis*, Part 2. Chemical and microbiological properties. 595-624.
- Claudio, P.J.B., Raphael, F., Alves, L.R., Kamiila, S.N.B., & Priscila, M.B. (2009). Zn(II) adsorption from synthetic solution and kaolin wastewater on vermicompost. *Science of the Total Environment*, 162, 804-811.
- Dong, L.L., Wang, H.H., Lu, C.Y., Jin, M.J., Zhu, X.L., Shen, Y., & Shen, M.X. (2019). Effects of straw returning amount and type on soil nitrogen and its composition. *The Journal of Applied Ecology*, 30(4), 1143-1150.
- El-Dakak, R., El-Agga, W., Badr, G., Helaly, A., & Tammam, A. (2021). positive salt tolerance modulation via vermicompost regulation of *SOS1* gene expression and antioxidant homeostasis in *Vicia faba* Plant. *Plants*, 10(11), 2477.
- Eskandari, A. (2003). The effect of different tillage and planting methods on soil moisture and seed yield of chickpea in dryland conditions. *Journal of Seed and Plant*, 19(4), 497-511. (In Persian).
- Eskandari, H., & Kazemi, K. (2016). The ranking ecological and importance of broad bean (*Vicia faba*) in cropping systems. *Third Conference on New Findings in Environment and Agricultural Ecosystems*, Tehran. (In Persian).
- Fallah, S., & Yadavi, A. (2013). Interaction of residues of maize cropping and fertilizer on seed and oil yield of rapeseed. *Journal of Crop Production and Processing*, 3(7), 25-36. (In Persian).
- Ghorbani Jirsarayi, R., & Safarzadeh Vishkaei, M.N. (2019). The effect of planting dates and rice residue application (mulch) on growth and yield of cranberry bean. *Plant Ecophysiology*, 10(35), 267-279. (In Persian).
- Gullpa, M.K., Erkovan, S., Erkovan, H.I., & Koc, A. (2018). Water and low temperature applications affects germination and seedling properties of fenugreek. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(1), 22–27.
- Hasanvand, H., Siadat, S.A.S., Moradi-Telavat, M.R., Mussavi, S.H., & Karaminejad, A.H. (2015). Yield and some morphological characteristics of two faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars to different sowing dates in the Ahvaz region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(2), 79-89. (In Persian).
- Hasan, A.K., Islam, S.S., Jahan, M., Kheya, S.A., Uddin, M.R., Islam, M.S., & Khomphet, T. (2024). Synergistic effects of vermicompost and biochar amendments on soil fertility and wheat productivity in Bangladesh Floodplain soils. *Scientifica*, 1, 6624984.
- Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54(1), 87-92. (In Persian).
- Joshi, R., & Vig, A.P. (2010). Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *African Journal of Basic Applied Sciences*, 2, 117-123.

- Kadkhodiei, A., Kalbasi, M., Solhi, M., Nadian, H., & Gholami, A. (2014). Study of plant residues and zinc sulfate on yield and quality of wheat. *Crop Physiology Journal*, 6(21), 61-72. (In Persian).
- Keshavarz Afshar, R., Chaichi, M.R., Assareh, M.H., Hashemi, M., & Liaghat, A. (2014). Interactive effect of deficit irrigation and soil organic amendments on seed yield and flavonolignan production of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.). *Industry Crops Production*, 58, 166-172. (In Persian).
- Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hosaibi, M., Enaiat, N., & Farzaneh, M. (2015). The effect of crop residue and nitrogen fertilizer levels on soil biological properties and nitrogen indices and redistribution of dry matter in wheat (*Triticum aestivum*). *Applied Field Crops Research*, 1(109), 149-157. (In Persian).
- Komeili, H.R., Rezvani Moghaddam, P., Ghodsi, M., Nassiri Mahallati, M., & Jalal Kamali, M.R. (2016). Effect of different tillage methods and the rate of crop residues on yield, yield components and economic efficiency of wheat. *Cereal Research*, 6(3), 323-337. (In Persian).
- Li, B., Chen, X., Shi, X., Liu, J., Wei, Y., & Xiong, F. (2021). Effects of ridge tillage and straw mulching on cultivation the fresh faba beans. *Agronomy*, 11(6), 1054.
- Lakshmi, V., Sreedhar, M., Gireesh, C., & Vanisri, S. (2020). Genetic variability, correlation and path analysis studies for yield and yield attributes in African rice (*Oryza glaberrima*) germplasm. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 11, 399-404.
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S., Ding, L., Liu, Q., Liu, S., & Fan, T. (2010). Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in Northwest China. *Geoderma*, 158(3-4), 173-180.
- Mahmoud, S., & Gad, D. (2020). Effect of vermicompost as fertilizer on growth, yield and quality of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Middle East Journal of Agriculture Research*, 9(1), 220-226.
- Mousavi Boogar, A. (2017). *Investigating the effect of tillage methods in different rotations on crop yield and physical and chemical properties of soil in Karaj climatic conditions*. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Lorestan University. (In Persian).
- Mohammed, I.Q., & Alkobaisy, J.S. (2024, April). Effect of bio, vermicompost and mineral fertilizers on some soil properties and soybean (*Glycine max* L.) growth and productivity. In AIP Conference Proceedings. 3079(1), 020003.
- Mekonnen, M., & Tamiru, G. (2025). The effects of organic fertilizers on soil, biology, and economic outputs of faba beans (*Vicia faba* L.) in Kersa Malima District, Central Highlands of Ethiopia.
- Parsa, M., & Bagheri, A. (2008). *Pulses*. Mashhad Jadahe Daneshgahi Press, Iran, 522 p. (In Persian).
- Pouraryae, S., Mohsenabadi, G.R., & Majidian, M. (2022). Effect of integrated use of manure, fertilizer and vermicompost on quantitative and qualitative characteristics of local beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Guilan province. *Applied Crop Filed Research*, 34(4), 15-30.
- Rabiee, M., Alizadeh, M.R., & Rajabian, M. (2011). Effect of tillage system and rice residue management on grain yield and its components of rapeseed (*Brassica napus* L.) as second crop in paddy fields. *Journal of Seed and Plant Production*, 27(2), 147-164. (In Persian).
- Ravi, S., Jadhav, R., Bhat, S., & Kamble, A. (2019). Effect of plant residues on growth and seed yield of soybean. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(4), 490-495.
- Ravindran, B., Dinesh, S.L., Kennedy, L.J., & Sekaran, G. (2008). Vermicomposting of solid waste generated from leather industries using epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 151, 480-488.
- Reintam, E., Kuht, J., Loogus, H., Nugis, E., & Trukmann, K. (2005). Soil compaction and fertilisation effects on nutrient content and cellular fluid pH of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy Research*, 3(2), 189-202.
- Roy, S., Arunachalam, K., Kumar Dutta, B., & Arunachalam, A. (2010). Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. *Applied Soil Ecology*, 7, 39-46.
- Saeedipour, S. (2016). *The effect of different tillage operations and different irrigation regimes on growth indices, yield and yield components of corn plant in Izeh climatic conditions*. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Ahvaz Branch. (In Persian).
- Salehi, F., Bahrani, M., Kazemini, A., Pak-Niat, H., & Karimian, N. (2013). The effect of wheat residue incorporation into soil on agronomic and physiological characteristics of red bean. *Plant Productions*, 36(1), 89-101. (In Persian).
- Fatahi Najad, M., Ghasemzadeganjaei, A., & Mahmoudi, R. (2023). Effect of chemical nitrogen, vermi-compost biofertilizer, and *Rhizobium leguminosarum* inoculation on the yielding components of *Flava beans*. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 48(2), 37723-37729.
- Shahpari, Z., Fateh, A., & Aineband, A. (2016). Different residue type and management and nitrogen on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum* L.). *Crop Production (Electronic Journal of Crop Production)*, 9(3), 87-104. (In Persian).

- Sharma, A.K. (2003). *Biofertilizers for Sustainable Agriculture*. Updesh Purohit for Agrobios, Jodhpur, 41-46.
- Sharma, R.C., & Banik, P. (2014). Vermicompost and fertilizer application: Effect on productivity and profitability of baby corn (*Zea Mays* L.) and soil health. *Compost Science and Utilization*, 22, 83-92.
- Suhag, M. (2016). Potential of biofertilizers to replace chemical fertilizers. *International Journal of Advanced Research*, 3, 163–167.
- Timsina, J. (2018). Can organic sources of nutrients increase crop yields to meet global food demand? *Agronomy*, 8(10), 1-20.
- Tipayarom, D., & Oanh, N.T.K. (2007). Effects from open rice straw burning emission on air quality in the Bangkok metropolitan region. *Journal of the Science Society of Thailand*, 33, 339-345.
- Ugar, O. (2021). Effects of microbial fertilizer and vermicompost applications on the yield and yield related parameters of broad bean (*Vicia Faba* L.) under Eastern Mediterranean highland agroclimatic conditions. *Legume Research-An International Journal*, 44(7), 838-841.
- Vial, L.K., Lefroy, R.D.B., & Fukai, S. (2015). Application of mulch under reduced water input to increase yield and water productivity of sweet corn in a lowland rice system. *Field Crops Research*, 171, 120-129.
- Zibaei, Z., Ghasemi-Fasaei, R., & Ostovar, P. (2019). Effects of crop residues, rice husk biochar, and urea application on growth, chemical composition, and nitrogen use efficiency of spinach in a calcareous soil. *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 33(1), 75-88. (In Persian).