



## Effects of Chemical Fertilizers and Vermicompost on Morphological and Chemical Characteristics of Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

Afsaneh Soltanzadeh<sup>1</sup> | Esmael Seyedabadi<sup>2</sup> | Ahmad Ghanbari<sup>3</sup> |  
Mahdi Dahmardeh<sup>4</sup>

1. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: [soltanzade92@uoz.ac.ir](mailto:soltanzade92@uoz.ac.ir)
2. Corresponding Author, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: [E.seyedabadi@uoz.ac.ir](mailto:E.seyedabadi@uoz.ac.ir)
3. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: [ghanbari@uoz.ac.ir](mailto:ghanbari@uoz.ac.ir)
4. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: [dr.dahmardeh@uoz.ac.ir](mailto:dr.dahmardeh@uoz.ac.ir)

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Article	In order to evaluate some morphological and chemical characteristics of quinoa, a split plot experiment has been conducted in a randomized complete block design with three replications during 2019-2020 cropping season, at the Agricultural Research Station of University of Zabol, Iran. Vermicompost at three levels (0, 5 and 10 ton/ha) has been considered the main factor and chemical fertilizer at four levels (25, 50, 75 and 100%), the sub-factor. The main effect of vermicompost is significant on morphological traits such as plant height, 1000-seed weight, biological yield, grain yield, and harvest index. Interaction of vermicompost and chemical fertilizer is significant on chemical properties, including proteins and photosynthetic pigments. Application of 10 tons of vermicompost per hectare leads to the maximum level of plant height, 1000-seed weight, biological yield, grain yield, and harvest index. Also, the highest amount of photosynthetic proteins and pigments are achieved from combined application of 10 tons/ha of vermicompost and 50% chemical fertilizer (25 kg/ha Urea+ 50 kg/ha triple superphosphate + 50 kg/ha potassium sulfate). Totally, results show the positive effects of vermicompost on the morphological and chemical properties of quinoa. It can be concluded that the combined use of chemical fertilizers and vermicompost can increase the yield of quinoa, while reducing the use of chemical fertilizers and thus reduce the environmental impacts caused by them..
<b>Article history:</b> Received: May 01, 2021 Received in revised form: December 12, 2021 Accepted: December 12, 2021 Published online: April 16, 2023	
<b>Keywords:</b> Grain yield, organic fertilizer, plant height, photosynthetic pigments, protein.	

**Cite this article:** Soltanzadeh, A., Seyedabadi, E., Ghanbari, A., & Dahmardeh, M. (2023). Effects of Chemical Fertilizers and Vermicompost on Morphological and Chemical Characteristics of Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Crops Improvement*, 25 (1), 209-220. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2021.323005.2546>





## تأثیر کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی کینوا

افسانه سلطان‌زاده<sup>۱</sup> | اسماعیل سیدآبادی<sup>۲</sup> ✉ | احمد قنبری<sup>۳</sup> | مهدی دهمرده<sup>۴</sup>

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: [soltanzade92@uoz.ac.ir](mailto:soltanzade92@uoz.ac.ir)

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: [E.seyedabadi@uoz.ac.ir](mailto:E.seyedabadi@uoz.ac.ir)

۳. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: [ghanbari@uoz.ac.ir](mailto:ghanbari@uoz.ac.ir)

۴. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: [dr.dahmardeh@uoz.ac.ir](mailto:dr.dahmardeh@uoz.ac.ir)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷

### کلیدواژه‌ها:

ارتفاع بوته،

پروتئین،

رنگدانه‌های فتوستتزی،

عملکرد دانه،

کود آلی.

به‌منظور ارزیابی بعضی ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa*)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه پژوهشی دانشگاه زابل اجرا شد. در این آزمایش عامل اصلی ورمی کمپوست در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و عامل فرعی کود شیمیایی در چهار سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثر ساده ورمی کمپوست بر صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار می‌باشد. همچنین اثر متقابل ورمی کمپوست و کود شیمیایی بر ویژگی‌های شیمیایی شامل پروتئین و رنگدانه‌های فتوستتزی معنی‌دار بود. بیش‌ترین ارتفاع بوته (۴۷/۷۵ سانتی‌متر)، وزن هزاردانه (۲/۵۶ گرم)، عملکرد دانه (۱۵۰۰/۶۴ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۳۹۵۳/۲ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۳۸ درصد) از کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار و بالاترین میزان پروتئین و رنگدانه‌های فتوستتزی از کاربرد تلفیقی ۱۰ تن ورمی کمپوست و ۵۰ درصد کود شیمیایی (۲۵ کیلوگرم در هکتار اوره، ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) در هکتار حاصل شد. نتایج کلی این آزمایش تأثیر مثبت مصرف هم‌زمان کود ورمی کمپوست و کود شیمیایی را بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و شیمیایی کینوا نشان داد. به‌طوربه‌طوری که بیش‌ترین میزان پروتئین و رنگدانه‌های فتوستتزی از تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از مصرف ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار حاصل شد. می‌توان نتیجه گرفت که استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست می‌تواند ضمن افزایش عملکرد کینوا باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی و در نتیجه کاهش آثار زیست‌محیطی ناشی از آن‌ها شود.

**استناد:** سلطان‌زاده، ا.، سیدآبادی، ا.، قنبری، ا. و دهمرده، م. (۱۴۰۲). تأثیر کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی کینوا.

به‌زراعی کشاورزی، ۲۵ (۱)، ۲۰۹-۲۲۰. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2021.323005.2546>



## ۱. مقدمه

بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی کشور ما در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند که به‌طور کلی از نظر مواد آلی فقیر هستند (Monaghash *et al.*, 2015). بنابراین مدیریت مصرف کودهای شیمیایی و آلی در این مناطق از نظر آثار زیست‌محیطی و عملکرد گیاهان، مهم می‌باشد (Amiryousefi *et al.*, 2020). از طرفی ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه یک ضرورت اساسی در برنامه‌ریزی زراعی به‌منظور حصول عملکرد بالا و کیفیت مطلوب در گیاهان محسوب می‌شود. بنابراین با روش‌های صحیح تغذیه خاک و گیاه ضمن حفاظت از محیط‌زیست، کاهش فرسایش و بهینه‌کردن مصرف آب، می‌توان کارایی مصرف نهاده‌ها را افزایش داد (Varnaseri Ghandali *et al.*, 2019).

کودهای آلی فرآورده‌های طبیعی و بی‌خطری هستند که مناسب کشاورزی پایدار می‌باشند، زیرا اثرات مفید آن‌ها بر رشد گیاهان برای مدت طولانی (حدود سه تا چهار سال) در خاک باقی می‌ماند. این کودها می‌توانند باعث تغذیه و رشدونمو موجودات زنده خاک، بهبود ساختمان فیزیکی خاک و همچنین جلوگیری از فرسایش آن شوند. ورمی کمپوست یکی از انواع کودهای آلی است که در واقع یک راه مؤثر برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک است (Aksakal *et al.*, 2016). همچنین به‌عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان نیز مؤثر است و دارای ویژگی‌های مفیدی مانند تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری رطوبت، تهویه و زهکشی مناسب و سطح جذب زیاد برای آب و مواد غذایی می‌باشد (Claudio *et al.*, 2009; Raja Sekar & Karmegam, 2010).

نتایج پژوهش‌های مختلف بیان‌کننده تأثیر مثبت و اهمیت کودهای آلی از قبیل ورمی کمپوست بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌باشند (Mousavi *et al.*, 2009). در این رابطه، تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست بر ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی و شاخص‌های رشد دو اکوتیپ ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان‌دهنده بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکردی گیاه ریحان تحت تأثیر مصرف ورمی کمپوست بود، طوری که با افزایش میزان ورمی کمپوست شاخص‌های رشدی و عملکردی نیز افزایش یافت (Goldani *et al.*, 2016). اما کودهای شیمیایی ترکیبات غیرآلی هستند که به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک لازم به‌نظر می‌رسد، اما هزینه‌های زیاد کودهای شیمیایی در مقادیر پیشنهادی و آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی ساخت بشر، ضرورت توجه بیشتر به کودهای آلی را نشان می‌دهد (Brussard & Ferrera Cenato, 1997). در عین حال، مصرف کودهای شیمیایی در بوم‌نظام‌های زراعی را نباید به یک‌باره حذف کرد. کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی، یکی از راهکارهای مؤثر برای اصلاح ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک، تولید محصول و حفظ عملکرد در سطح مطلوب می‌باشد (Sharma, 2006). کاربرد منابع کودی مختلف نیتروژن و فسفر به‌صورت شیمیایی و آلی، به‌دلیل نقش اساسی که این عناصر در فرایندهای فتوسنتزی، ساخت پروتئین‌ها و تولید کربوهیدرات‌ها ایفا می‌کنند، موجب افزایش عملکرد در گیاه کینوا شده است (Fawy *et al.*, 2017). تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن بر ویژگی‌های رشدی و کیفیت دانه کینوا مثبت گزارش شده است (Thanapornpoonpong, 2004). Abugoch (2017) نیز در پژوهشی تأثیر کودهای شیمیایی بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه گیاه کینوا را مثبت گزارش کرد. بنا به گزارش Amiryousefi *et al.* (2020) تلفیق کودهای شیمیایی و کودهای زیستی موجب افزایش عملکرد گیاه کینوا نسبت به تیمار شاهد شده است. نتایج تأثیر مصرف یکساله ورمی کمپوست بر عملکرد و کیفیت چغندر قند نشان داد که مصرف ترکیبی ورمی کمپوست و کود شیمیایی باعث رسیدن به بیش‌ترین عملکرد و کیفیت در چغندر قند می‌شود (Jalilian *et al.*, 2017). در پژوهش دیگری، اثر کودهای آلی در ترکیب با کودهای شیمیایی بر عملکرد غده و برخی صفات کیفی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) بررسی شد، نتایج نشان‌دهنده اثرات مثبت و معنی‌دار تیمار کودی بر صفات تعداد ساقه فرعی، اجزای عملکرد، عملکرد غده و غلظت نیترات در غده سیب‌زمینی بود (Amini *et al.*, 2017).

کینوا (*Chenopodium quinoa*) گیاهی دولپه‌ای، از خانواده *Amaranthaceae* و جزء شبه غلات دسته‌بندی می‌شود. تحمل بالای این گیاه به تنش شوری و خشکی موجب شده است که این گیاه سازگاری وسیعی به شرایط مختلف اقلیمی داشته باشد (Bhargava et al., 2007). بیش‌ترین سطح زیر کشت این گیاه در بولیوی به مساحت ۱۰۰ هزار هکتار در نزدیک نمک‌زارهاست (FAO, 2011). در ایران نیز ژنوتیپ‌های روز کوتاه کینوا در چهار منطقه سیستان و بلوچستان، جنوب استان کرمان، خوزستان و کرج سازگاری نشان داده است (Jamali, 2016). کینوا تنها گیاهی است که کل آمینواسیدهای ضروری بدن را تأمین می‌کند. دانه‌های کینوا منبع غنی از پروتئین، آنتی‌اکسیدان و مواد غذایی مفید هستند و می‌توانند در تغذیه انسان مورد استفاده قرار گیرند. برای افراد مبتلا به دیابت این گیاه می‌تواند جایگزین غلات معمول در رژیم غذایی شود. کینوا با وجود برخورداری از ارزش غذایی بالا در شرایطی که اراضی دارای حاصلخیزی کم و محدودیت باشد، به‌خوبی قابل کشت بوده و قادر است محصول مناسب تولید کند. بنابراین می‌توان از کینوا به‌عنوان گیاهی مناسب برای تغذیه مناسب و تولید صنعتی و نیل به کشاورزی پایدار، استفاده کرد (Jamali et al., 2016). همچنین کشت کینوا به‌عنوان گیاهی که قابلیت رشد در ایران به‌ویژه در مناطق جنوبی را دارد، سبب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار، افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی در این مناطق می‌شود.

با توجه به اهمیت بالای این گیاه، این پژوهش با هدف دستیابی به اطلاعاتی در مورد واکنش برخی از صفات مورفولوژیکی و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه کینوا به کودهای شیمیایی و ورمی‌کمپوست انجام شد. از اهداف اصلی این پژوهش انتخاب سطوح مناسب ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی جهت افزایش عملکرد گیاه کینوا رقم رد (Red quinoa) در منطقه سیستان می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه پژوهشی دانشگاه زابل واقع اجرا شد. طول و عرض جغرافیایی این منطقه به ترتیب ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا ۴۸۳ متر می‌باشد. بر اساس آمار هواشناسی، این منطقه جزو اقلیم‌های خشک و بسیار گرم، با میانگین بارندگی سالانه ۶۳ میلی‌متر و دمای متوسط ۲۳ درجه سانتی‌گراد (حداکثر ۴۹ درجه سانتی‌گراد و حداقل ۷- درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (سازمان هواشناسی کشور).

این پژوهش به‌صورت آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. عامل اصلی کود ورمی‌کمپوست در سه سطح شامل صفر، پنج و ۱۰ تن در هکتار و عامل فرعی، کود شیمیایی (اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) در چهار سطح ۲۵ درصد میزان توصیه شده در هکتار (۱۲/۵ کیلوگرم اوره، ۲۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۲۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم)، ۵۰ درصد در هکتار (۲۵ کیلوگرم اوره، ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم)، ۷۵ درصد در هکتار (۳۷/۵ کیلوگرم اوره، ۷۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم) و ۱۰۰ درصد در هکتار (۵۰ کیلوگرم اوره، ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم) بود. قبل از انجام عملیات خاک‌ورزی، برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۱) نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	هدایت الکتریکی (ds/m)	pH	ماده آلی (%)	کربن آلی (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
لومی-شنی	۱/۳۶	۷/۷۳	۶/۰۵	۲/۵۱	۰/۰۵	۲/۵۸	۴۶/۱۴

پس از انجام عملیات شخم و دیسک، کود فسفره از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم قبل از کاشت به زمین اضافه شد. کود نیتروژن هم از منبع اوره به صورت سرک در سه مرحله: قبل از کاشت، در مرحله ۶-۸ برگی و قبل از گلدهی استفاده شد.

ابعاد کرت‌های اصلی در این پژوهش ۵/۵×۲ مترمربع و ابعاد هر کرت فرعی ۱×۲ مترمربع در نظر گرفته شد. به طور به طوری که فاصله بین دو بوته از هم ۱۰ سانتی‌متر، فاصله بین دو ردیف از هم ۲۵ سانتی‌متر و طول خطوط کاشت دو متر بود و مساحت زمین ۲۵۰ مترمربع در نظر گرفته شد. عملیات کاشت بذر کینوا در تاریخ ۲۰ آبان‌ماه ۱۳۹۸ به روش خشکه کاری و به صورت دستی انجام شد. پس از اطمینان از سبز شدن و استقرار کامل گیاهچه اقدام به تنک کردن بوته‌ها شد. در دو نوبت، عملیات تنک و وجین علف‌های هرز در مراحل ۴-۶ و ۸-۶ برگی به صورت دستی انجام شد. در طول اجرای طرح، آفت یا بیماری در مزرعه مشاهده نشد. عملیات برداشت در نیمه دوم فروردین‌ماه سال ۱۳۹۹ انجام شد.

به منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته و وزن هزاردانه، چهار بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، بوته‌ها پس از حذف اثر حاشیه‌ای از دو ردیف وسط هر کرت برداشت شد. با توزین کل نمونه در هر کرت، عملکرد بیولوژیک به دست آمد. سپس دانه از کاه و کلش جدا شد و عملکرد دانه در مساحت برداشت شده محاسبه شد. شاخص برداشت، نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک می‌باشد (Farhad et al., 2009). جهت سنجش میزان پروتئین از روش Bradford (1976) استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل از روش Arnon (1967) استفاده شد. بدین منظور، پس از قرائت جذب محلول‌ها در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100 (Unico)، غلظت کلروفیل a، b و کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه توسط معادله‌های (۱) و (۲) به دست آمد. تجزیه آماری داده‌های حاصل از آزمایش و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد به کمک نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت.

رابطه ۱) 
$$\text{Chlorophyll a} = [12.7 (A663) - 2.69 (A645)] \times V/W$$

رابطه ۲) 
$$\text{Chlorophyll b} = [22.9 (A645) - 4.68 (A663)] \times V/W$$

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. ارتفاع بوته

اثر کود ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و اثر بلوک و عامل فرعی نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، اما این صفت تحت تأثیر اثرات ساده کودهای شیمیایی و اثرات دوگانه کود ورمی کمپوست همراه با کودهای شیمیایی قرار نگرفت و اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (جدول ۴). با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳)، بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار ورمی کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار به ارتفاع ۴۷/۷۵ سانتی‌متر و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد به ارتفاع ۴۲/۲۵ سانتی‌متر می‌باشد. با افزایش مقادیر ورمی کمپوست، ارتفاع گیاه افزایش یافته است. به نظر می‌رسد با توجه به بالابودن میزان کربن‌آلی، قابلیت دسترسی به عناصر غذایی افزایش یافته و به دلیل فراهمی نیتروژن موجود در ورمی کمپوست برای ریشه گیاه ارتفاع بوته افزایش یافته است. تأثیر کودهای آلی و کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن، بر افزایش ارتفاع بوته و عملکرد کینوا مثبت گزارش شده است (Fawy et al., 2017). افزایش ارتفاع بوته با کاربرد کود ورمی کمپوست در گیاهان بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L. توسط Azizi et al. (2008)، سیر توسط Suthar (2009) و زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) توسط Yousefzadeh (2019) نیز گزارش شده است.

### ۲.۳. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود ورمی کمپوست بر وزن هزاردانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد، اما این صفت تحت تأثیر کودهای شیمیایی و کود ورمی کمپوست هم‌زمان با کودهای شیمیایی قرار نگرفت و اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (جدول ۲). با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳)، بیش‌ترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار ورمی کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار با وزن ۲/۵۶ گرم و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد با وزن ۲/۲۹ گرم می‌باشد. کود آلی ورمی کمپوست با دارابودن تخلخل بالا، سبب افزایش ظرفیت هوادهی و نگهداری آب خاک، سبب تسهیل در جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود و از این طریق سبب افزایش رشد گیاه شده و در نتیجه افزایش وزن هزاردانه را در پی خواهد داشت (Habibi & Majidian, 2014). گزارش‌های (Nasiri et al., 2019) بر روی گیاه بادرشبو و Habibi & Majidian (2014) بر روی گیاه ذرت، حاکی از افزایش وزن هزاردانه با کاربرد کود ورمی کمپوست می‌باشد.

### ۳.۳. عملکرد بیولوژیک

طبق نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها می‌توان بیان کرد که کود ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری را نشان می‌دهد، این صفت تحت تأثیر کودهای شیمیایی و کود ورمی کمپوست توأم با کودهای شیمیایی در سطح احتمال ۵ درصد نیز اثر معنی‌داری را نشان می‌دهد (جدول ۴). با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳)، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار ورمی کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار با ۳۹۵۳/۲ و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد با ۳۴۳۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد مصرف کودهای آلی به‌واسطه فراهمی فسفر و بیش‌تر عناصر کم‌مصرف سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. هم‌چنین کاربرد کود آلی موجب تقویت محیط رشد گیاه، حاصلخیزی خاک و تغییرات مفید و چشم‌گیر در فعالیت‌های تنفسی و آنزیمی توده زیستی جمعیت میکروبی خاک در گیاهان مختلف شده و عملکرد بیولوژیک را افزایش می‌دهد (Behera et al., 2007). در یافته‌های سایر پژوهش‌گران نیز گزارش شده است که کودهای شیمیایی و آلی موجب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کینوا نسبت به تیمار شاهد شده است (Gomaa, 2013). در پژوهشی که به بررسی کاربرد کودهای دامی، ورمی کمپوست و محلول‌پاشی با اسیدآسکوربیک و مواد هیومیکی بر تولید گیاه دارویی بادرشبو انجام گرفت، نتایج حاکی از آن بود که عملکرد بیولوژیک با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست بیش‌ترین مقدار را داشت (Nasiri et al., 2019).

### ۴.۳. عملکرد دانه

کود ورمی کمپوست بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌دار داشت، اما این صفت تحت تأثیر کودهای شیمیایی و کود ورمی کمپوست همراه با کودهای شیمیایی قرار نگرفت و اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (جدول ۲). با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ورمی کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار به میزان ۱۵۰۰/۶۴ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد با ۱۲۰۰/۶۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ورمی کمپوست در عملکرد آنزیم‌ها، میکروارگانیزم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است (Goldani et al., 2016). ورمی کمپوست دارای آنزیم‌هایی نظیر پروتئاز، سلولاز، کتیناز، آمیلاز و لیپاز است که باعث تجزیه مواد آلی خاک شده و مواد مغذی مورد استفاده گیاهان را در دسترس گیاه قرار می‌دهد، بنابراین با فراهم شدن محیط رشد مناسب باعث افزایش عملکرد می‌شود (Goldani et al., 2016). گزارش شده است که نیتروژن و فسفر به‌دلیل وظایفی که در فرایندهای حیاتی گیاه دارند، نقش اساسی در دستیابی به عملکرد مناسب دارند، به

همین دلیل مصرف کودهای فسفره و نیتروژنه و همچنین کودهای آلی سبب افزایش در عملکرد دانه کینوا خواهد شد (Gomaa, 2013). سایر پژوهش‌گران نیز افزایش عملکرد دانه با کاربرد ورمی کمپوست را بر روی گیاهانی مانند نخود (Jat & Ahlawat, 2006) و گیاه دارویی رازیانه (Moradi, 2009) گزارش کرده‌اند.

### ۳.۵. شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کود ورمی کمپوست بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌دار دارد، اما این صفت تحت تأثیر کودهای شیمیایی و کود ورمی کمپوست هم‌زمان با کودهای شیمیایی قرار ندارد و اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری بین آن‌ها وجود ندارد (جدول ۲). با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳)، می‌توان بیان نمود که بیش‌ترین شاخص برداشت مربوط به تیمار ورمی کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. شاخص برداشت یکی از شاخص‌های مهم در تعیین رشد رویشی و عملکرد گیاه زراعی است که بیان‌کننده کارایی فیزیولوژیکی گیاه زراعی برای اختصاص ماده خشک به اندام اقتصادی گیاه است (Farhad *et al.*, 2009). هرچه این نسبت بالاتر باشد، نشان‌دهنده کارایی بیش‌تر اندام تولیدکننده در حصول عملکرد بالا است (Rakshit *et al.*, 2015). نتایج پژوهش اثر کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد علوفه، دانه و غلظت برخی از عناصر غذایی در دانه جو (*Hordeum vulgare* L.) نیز نشان داد کاربرد کود دامی و یا در ترکیب با کودهای شیمیایی منجر به حصول بهترین شاخص برداشت نسبت به تیمار عدم مصرف کود شدند (Ghanbari *et al.*, 2013).

### ۳.۶. پروتئین دانه

کودهای مختلف بر پروتئین دانه اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشته‌اند (جدول ۲). هم‌چنین با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵)، می‌توان نتیجه گرفت که بیش‌ترین میزان پروتئین مربوط به تیمار کود ورمی کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار و کودهای شیمیایی در سطح ۵۰ درصد در هکتار با میزان ۱۳۲/۰۲ میلی‌گرم بر گرم و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد و کودهای شیمیایی در سطح ۲۵ درصد در هکتار با میزان ۸۸/۰۲ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد. در واقع آزادسازی تدریجی ترکیبات نیتروژنه موجود در ورمی کمپوست در طول فصل رشد گیاه، باعث افزایش محتوای پروتئین می‌شود (Mahmud *et al.*, 2018). بنابراین با افزایش مقادیر و ترکیبات مختلف نیتروژن به‌صورت شیمیایی، تلفیقی و ورمی کمپوست میزان پروتئین دانه افزایش می‌یابد (Habibi & Majidian, 2014). در پژوهشی بررسی راهبرد مدیریتی سیستم تلفیقی نهاده‌های آلی و زیستی بر ویژگی‌های رشدی و عملکردی در کشت ذرت دانه‌ای نشان داد که اثرات تیمار کود آلی و کود بیولوژیک بر پروتئین دانه از لحاظ آماری معنی‌دار بود (Fathi *et al.*, 2017).

جدول ۲. تجزیه واریانس وزن هزاردانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و ...

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	پروتئین	کلروفیل b	کاروتنوئید
تکرار	۲	۰/۶۷	۲۰۰/۸۶	۰/۰۱۶	۸۹/۵۸	۰/۰۰۰۲	۲۶۵/۷۴
ورمی کمپوست (a)	۲	۰/۲۴*	۱۷۶/۷۷**	۰/۰۰۶**	۴۴۱/۰۰۴**	۰/۰۰۰۱ns	۹۶۳/۵۸**
خطای اصلی	۴	۰/۰۵	۱۱/۰۶	۰/۰۰۲	۵۶/۹۰	۰/۰۰۰۰۳	۶۶/۰۷
کود شیمیایی (b)	۳	۰/۰۲ns	۱۸/۸۵ns	۰/۰۰۱ns	۲۴۴/۲۴**	۰/۰۰۷**	۱۶۱/۷۵**
axb	۶	۰/۱۰ns	۲۰/۵۱ns	۰/۰۰۱ns	۴۳۷/۱۲**	۰/۰۰۷**	۳۷۸/۲۰**
خطای فرعی	۱۸	۰/۰۴	۹/۲۹	۰/۰۰۰۶	۳۳/۳۱	۰/۰۰۰۰۸	۲۰/۷۶
ضریب تغییرات (%)	-	۸/۷۷	۸/۸۶	۸/۱۷	۵/۸۸	۲/۸۵	۶/۰۶

ns و \*\* و \*\*\* به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۳. مقایسات میانگین صفات مورفولوژیکی کینوا تحت تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست

سطوح ورمی کمپوست	ارتفاع بوته (cm)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (%)
شاهد	۴۲/۲۵c	۲/۲۹b	۳۴۳۰c	۱۲۰۰/۶۴c	۳۵c
۵ تن در هکتار	۴۵/۵۰b	۲/۳۴ab	۳۷۴۶/۴b	۱۴۱۰/۳۲b	۳۷b
۱۰ تن در هکتار	۴۷/۷۵a	۲/۵۶a	۳۹۵۳/۲a	۱۵۰۰/۶۴a	۳۸a

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.

جدول ۴. تجزیه واریانس ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، کلروفیل a و کلروفیل کل

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	عملکرد بیولوژیک	کلروفیل a	کلروفیل کل
تکرار	۲	۲۰/۵۸*	۳۳۰/۳۳**	۰/۰۰۰۲۸ ns	۰/۰۰۰۳**
ورمی کمپوست (a)	۲	۶۴/۷۵**	۵۲۱/۰۸**	۰/۰۱۱۳**	۰/۱۵۹**
خطای اصلی	۴	۲/۰۸	۲/۶۶	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۱۵
کود شیمیایی (b)	۳	۲/۷۷ ns	۱۸/۸۴ ns	۰/۰۳۱۴**	۰/۰۱۶۸**
a×b	۶	۲/۱۹ ns	۳۶/۵۶*	۰/۱۹۵**	۰/۰۳۳۶**
b×b	۶	۳/۵۸*	۲۵/۱۴*	۰/۰۰۰۰۲۱*	۰/۰۰۰۰۱۶*
خطای فرعی	۱۲	۱/۹۵	۱/۳۷	۰/۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۱۱
ضریب تغییرات (%)	-	۳/۴۳	۱/۲۶	۰/۴۷	۰/۵۷

ns، \*\* و \*\*\* به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۵. مقایسات میانگین پروتئین و رنگدانه‌های فتوسنتزی

سطوح ورمی کمپوست	سطوح کود شیمیایی (NPK)	پروتئین (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)
شاهد	۲۵ درصد	۸۸/۰۲c	۰/۲۴h	۰/۲۹ef	۰/۵۳j	۶۰/۹۶gh
	۵۰ درصد	۹۱/۹۵bc	۰/۳۳g	۰/۲۷f	۰/۶۰i	۶۵/۲۹fgh
	۷۵ درصد	۹۳/۸۵bc	۰/۴۳f	۰/۲۵e	۰/۶۸h	۶۱/۱۳gh
	۱۰۰ درصد	۹۴/۲۹bc	۰/۷۵e	۰/۲۹ef	۱/۰۴g	۶۷/۹۰efg
	۲۵ درصد	۹۵/۶۵bc	۰/۸۰bc	۰/۳۳d	۱/۱۳e	۷۵/۲۷de
	۵۰ درصد	۹۰/۲۰bc	۰/۷۹d	۰/۳۰e	۱/۰۹f	۶۱/۱gh
۵ تن در هکتار	۷۵ درصد	۹۶/۳۳bc	۰/۸۱bc	۰/۳۵c	۱/۱۶c	۷۳/۳۹def
	۱۰۰ درصد	۹۵/۶۲bc	۰/۸۲b	۰/۳۵c	۱/۱۷c	۷۹/۶۲cd
	۲۵ درصد	۱۰۲/۲۵b	۰/۸۰bc	۰/۳۶bc	۱/۱۵d	۸۳/۷۸abc
	۵۰ درصد	۱۳۲/۰۲a	۰/۹۳a	۰/۳۹a	۱/۳۲a	۹۲/۴۴a
۱۰ تن در هکتار	۷۵ درصد	۹۹/۵۹b	۰/۸۳b	۰/۳۸a	۱/۲۱b	۹۱/۸۳ab
	۱۰۰ درصد	۹۶/۶۵bc	۰/۸۱bc	۰/۳۷ab	۱/۱۸c	۸۶/۹۰abc

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.

### ۷.۳. رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید)

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کودهای مختلف بر میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئید اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشته‌اند. در مورد کلروفیل b، اثر ورمی کمپوست معنی‌دار نشد، اما اثر کودهای شیمیایی و تأثیر هم‌زمان ورمی کمپوست و کودهای شیمیایی معنی‌دار شد (جدول‌های ۲ و ۴).

بیش‌ترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار ورمی کمپوست ۱۰ تن در هکتار و کودهای شیمیایی در سطح ۵۰ درصد در هکتار و کم‌ترین مربوط به تیمار شاهد و کودهای شیمیایی ۲۵ درصد در هکتار می‌باشد (جدول ۵). هم‌چنین بیش‌ترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمار ورمی کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار و کودهای شیمیایی در سطح ۵۰ درصد و ۷۵ درصد در هکتار، کم‌ترین میزان مربوط به تیمار شاهد و کودهای شیمیایی در سطح ۲۵ درصد می‌باشد.



بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار ورمی کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار و کودهای شیمیایی در سطح ۵۰ درصد در هکتار، کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد و کودهای شیمیایی در سطح ۲۵ درصد در هکتار می‌باشد. در ضمن بیشترین میزان کاروتنوئید مربوط به تیمار ورمی کمپوست در سطح ۱۰ تن در هکتار و کودهای شیمیایی در سطح ۵۰ درصد در هکتار و کمترین مربوط به تیمار شاهد و کودهای شیمیایی در سطح ۲۵ درصد در هکتار می‌باشد. در واقع نیتروژن یکی از اجزای اصلی سازنده کلروفیل، ناقلان زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن می‌باشد، بنابراین با افزایش سطوح نیتروژن میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی نیز افزایش می‌یابد (Ghafari Rahbar *et al.*, 2019). همچنین کاربرد کودهایی با نیتروژن بالا می‌تواند تا حد زیادی منجر به افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه شود (Zgallai *et al.*, 2006). به نظر می‌رسد اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر افزایش کلروفیل برگ، به‌طور اساسی از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن برگ صورت گرفته باشد که از یک طرف باعث فراهم‌شدن پیش‌سازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر ممکن است باعث افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به‌عنوان پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست شده باشد. جذب ترکیبات نیتراژن در گیاهان تحت تیمار ورمی کمپوست، نیز دلیلی بر افزایش میزان کلروفیل برگ در گیاه می‌باشد (Atiyeh *et al.*, 2000). افزایش در مقدار کاروتنوئید به دلیل افزایش تأثیر نیتروژن و سایر عناصر آلی موجود در ورمی کمپوست و کود شیمیایی می‌باشد. Iqbal *et al.* (2014) در بیان علت افزایش معنی‌دار میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی کینوا در اثر کاربرد کودهای حاوی نیتروژن (شیمیایی و آلی) نسبت به تیمار شاهد، گزارش کردند که نیتروژن برگ تحت تأثیر این کودها افزایش می‌یابد و این موضوع افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی را به همراه دارد. پژوهش‌های مشابه، تأثیر ورمی کمپوست بر افزایش مقدار کاروتنوئید در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) و نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) را تأیید می‌کند (Ayyobi *et al.*, 2013). همچنین تأثیر مثبت کودهای شیمیایی بر افزایش میزان کلروفیل گیاه کینوا توسط Lichtenthder (1987) و تأثیر مثبت سطوح مختلف ورمی کمپوست بر افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گل سوسن (*Lilium longiflorum* LA hybrid cv.) توسط Ghafari Rahbar *et al.* (2019) نیز گزارش شده است. نتایج پژوهش Ghimire *et al.* (2015) بر روی ارقام مختلف ذرت نشان داد کود شیمیایی باعث افزایش غلظت کلروفیل ذرت شده است.

#### ۴. نتیجه‌گیری

کودهای آلی به محض ورود به خاک مورد تجزیه میکروبی قرار گرفته و عناصر موجود در آن‌ها وارد خاک شده و به تدریج مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت که تأثیر کود ورمی کمپوست به دلیل قابلیت تحریک‌کنندگی فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و همچنین بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد که سبب رشد بهتر گیاه و افزایش جذب عناصر غذایی از خاک شده است. نتایج کلی این آزمایش تأثیر مثبت مصرف هم‌زمان ورمی کمپوست و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی کینوا را نشان داد. به‌طوربه‌طوری که بیشترین میزان پروتئین و رنگدانه‌های فتوسنتزی از تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار به‌دست آمد. همچنین بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از مصرف ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار حاصل شد. می‌توان نتیجه گرفت که استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست می‌تواند ضمن افزایش عملکرد کینوا باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی و در نتیجه کاهش خطرات زیست‌محیطی ناشی از آن‌ها گردد. همچنین می‌تواند برای تولید پایدار این محصول در نظام‌های کشت اکولوژیک مناسب باشد.

## ۵. تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه زابل (گرت شماره ۹۷۱۸۵۳)، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۷. منابع

- Abugoch, L. E. (2017). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Food and Nutrition Research*, 58, 1-31.
- Aksakal, E. L., Serdar, S., & Angin, I. (2016). Effects of vermicompost application on soil aggregation and certain physical properties. *Land Degradation and Development*, 27(2), 983-995.
- Amini, R., Dabbagh Mohammadi-asab, A., & Mahdavi, S. (2017). Effect of organic fertilizers in combination with chemical fertilizer on tuber yield and some qualitative characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agroecology*, 9(3), 734-748.
- Amiryousefi, M., Tadayon, R., & Ebrahimi, R. (2020). Effect of Chemical and Biological Fertilizers on Some Physiological Traits, Yield Components and Yield of Quinoa Plant. *Journal of Crop Production and Processing*, 10(2), 1-17. (In Persian).
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A., & Metzger, J. D. (2000). Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*, 75(3), 175-180.
- Ayyobi, H., Peyvast, G.A., & Olfati, J.A. (2013). Effect of vermicompost and vermicompost extract on oil yield and quality of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 58(1), 51-60.
- Azizi, F., Rezvani, F., Hasanzadeh Khayat, M., Lakzian, A., & Nemati, N. (2008). The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological characters and the amount of essence of German figure (*Marticaria recutita* Goral cultivar). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research*, 24(1), 82-93.
- Behera, U. K., Sharma, A. R., & Pandey, H. N. (2007). Sustaining productivity of wheat-soybean cropping system through integrated nutrient management practices on the Vertisols of central India. *Plant Soil*, 297(1), 185-199.
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*- An India perspective. *Industrial Crops and Products*, 23, 73-78.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72, 248-254.
- Brussard, L., & Ferrera-Cenato, R. (1997). *Soil Ecology in Sustainable Agricultural System*. New York: Lewis publishers, USA.
- Claudio, P. J., Raphael B., Alves, F., Kamiila, L. R., Brunade, S.N., & Priscila, M. B. (2009). Zn (II) adsorption from synthetic solution and kaolin wastewater on vermicompost. *Science of the Total Environment*, 162, 804-811.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2011). FAOSTAT: Production, Crops, Sugar beet, 2010 data. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), available at: [www.fao.org](http://www.fao.org).
- Farhad, W., Saleem, M. F., Cheema, M. A., & Hammad, H. M. (2009). Effect of poultry manure levels on the productivity of spring maize (*Zea mays* L.). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 19(3), 122-125.

- Fathi, A., Kardoni, F., Bahamin, S., Khalil Tahmasebi, B., & Naseri, R. (2017). Investigating the management strategy of the integrated system of organic and biological inputs on growth and yield characteristics in corn cultivation. *Applied Research of Plant Ecophysiology*, 4(1), 137-156. (In Persian).
- Fawy, H. A., Attia, M. F., & Hagab, R. H. (2017). Effect of nitrogen fertilization and organic acids on grains productivity and biochemical contents of Quinoa plant grown under soil conditions of Ras Sader-Sinai. *Egyptian Journal of Desert Research*, 67(1), 171-185.
- Ghanbari, A., Esmaeilian, Y., & Babaeian, M. (2013). Effect of livestock and chemical fertilizers on forage yield, grain and concentration of some nutrients in barley grain (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 31(3), 23-36. (In Persian).
- Ghimire, B., Timsina, D., & Nepal, J. (2015). Analysis of chlorophyll content its correlation with yield attributing traits on early varieties of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Maize Research and Development*, 1(1), 134-145.
- Goldani, M., Kamali, M., Mohtashami, S., & Ghani, A. (2016). The effect of vermicompost and biological fertilizer application on seed yield and yield components of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Soil Research*, 30(3), 257-269. (In Persian).
- Gomaa, E. F. (2013). Effect of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on quinoa plant. *Journal of applied sciences research*, 9(8), 5210-5222.
- Habibi, S., & Majidian, M. (2014). Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermicompost on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* Hybrid Chase). *Journal of Crop Production and Processing*, 4(11), 15-25.
- Iqbal, S. M. B. S., & Afzal, I. (2014). Evaluating the response of nitrogen application on growth development and yield of quinoa genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16(5).
- Jalilian, A., Hamedi, F., Neamati, A., Sheikholaslami, M., Sabeti, P., & Zandian, F. (2017). The effect of one-year application of vermicompost on yield and quality of sugar beet and its economic assessment *Applied Research in Field Crops*, 30(3), 10-12: 53-65.
- Jamali, S., Sharifan, H., Hezarjaribi, A., & Sepahvand, N.A. (2016). The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of two cultivars of Quinoa. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 6(1), 87-98. (In Persian).
- Jat, R. S., & Ahlawat, I. P. S. (2006). Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28(1), 41-54.
- Lichtenthder, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Enzymology*, 148, 350-382.
- Mahmud, M., Abdullah, R., & Syafawati Yaacob, J. (2018). Effect of vermicompost amendment on nutritional status of sandy loam soil, growth performance, and yield of pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field conditions. *Agronomy*, 8(183), 1-17.
- Monaghash, F., Maleki, A., & Zolnorian, H. (2015). Effect of Application Methods of Vermicompost and Chemical Fertilizers on Tuber Yield and Some Morphological Traits of Potato (*Solanum tuberosum*). *Journal of crop Ecophysiology*, 9(3). (In Persian).
- Moradi, R. (2009). Evaluation of biologic and organic fertilizers effects on grain yield, yield components and essence of fennel (*Foeniculum vulgare*). M.Sc. dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Mousavi S.M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H.A., Gillani, S.S., Firouzi, F.A., & Ghasempour, O. A. (2009). Investigation the influence of vermicompost alone and enriched on some agronomic properties of rice at flowering stage. In: Proceeding of the 11th National Soil Sciences Congress, Gorgan, Iran, 12-14 July 2009, Pp: 1359-1361. Padmavathiamma P.K., Li L.Y., & Kumari, U.R. (2008). An experimental study of vermi- biowaste composting for agriculture soil improvement. *Bioresource Technology*, 99, 1672-1681.

- Nasiri, Y., Baghban Akbari, p., Nouraein, M., & Amini, R. (2019). Evaluation of Farmyard and Vermicompost Application and Spray of Ascorbic Acid and Humic Substances on Dragonhead Production (*Dracocephalum moldavica* L.). *Journal of agricultural science and sustainable production*, 29(4). (In Persian).
- Qafari Rahbar, F., Hassanpour Asil, M., Vaziri, A., Talesh Sasani, S., & Olfati, J. (2019). Effects of Different Levels of Vermicompost on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Lilium LA Hybrid. *Journal of Crops Improvement*, 22(3), 475-486. (In Persian).
- Raja Sekar, K., & Karmegan, N. (2010). Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. *Scientia Horticulturae*, 124, 286-289.
- Rakshit, R. A. K., Patra, T. J., Purakayastha, R. D., Singh, H., & Dhar, S. (2015). Effect of Superoptimal Dose of NPK Fertilizers on Nutrient Harvest Index, Uptake and Soil Fertility Levels in Wheat Crop under a Maize (*Zea mays*)-Wheat (*Triticum aestivum*) Cropping System. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 6(1), 15-23.
- Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. M. (2006). Heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater irrigated areas of Varanasi, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77, 312-318.
- Suthar, S. (2009). Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium stivum* L.) field crop. *International Journal of Plant Production*, 3(1), 128-132.
- Thanapornpoonpong, S. N. (2004). *Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality of amaranth and quinoa* (Doctoral dissertation, Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek Göttingen).
- Varnaseri Ghandali, V., Rezvani Moghadam, P., & Khorramdel, S. (2019). Investigation of Growth Indices, Grain yield and Yield Components of Canary seed (*Phalaris canariensis*) in Response to the Different Levels of Irrigation, Organic and Chemical Fertilizers. *Journal of Agroecology*, 11(1), 123-135. (In Persian).
- Yousefzadeh, S. (2019). The effect of application of Vermicompost levels and Nitrogen on some of Agro-morphological traits, Photosynthetic Pigments and Essential oil content of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Crop Production*, 11(3), 131-137. (In Persian).
- Zgallai, H., Steppe, K., & Lemeur, R. (2006). Effects of different levels of water stress on leaf water potential, stomatal resistance, protein and chlorophyll content and certain anti oxidative enzymes in tomato plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 48(6), 679-685.