Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 2, May-June 2023, p. 237-259

The Effect of Combined Use of Vermicompost and Poultry Manure on the Growth and Yield of Cucumber Plants in Different Conditions of Deficit Irrigation

M. Behdarnejad[1], H. Piri[2*], M. Delbari[3]

Received: 23-10-2022
Revised: 02-02-2023
Accepted: 12-02-2023
Available Online: 12-02-2023

How to cite this article:
Behdarnejad, M., Piri, H., & Delbari, M. (2023). The effect of combined use of vermicompost and poultry manure on the growth and yield of cucumber plants in different conditions of deficit irrigation. *Journal of Water and Soil*, *37*(2), 237-259. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jsw.2023.79296.1215

Introduction

In sustainable farming systems, the use of organic fertilizers is of particular importance in increasing crop production and maintaining sustainable soil fertility. Nowadays, the consumption of organic foods is introduced to consumers as an alternative. The result of the application of chemical products is the crisis of environmental pollution, soil and water resources, and the health risk to human society. Nowadays, in order to reduce the effects of misuse of chemical inputs, chemical fertilizers can be replaced with organic biological fertilizers, including animal manure, compost, and green manure. In this regard, chicken manure has a positive effect on the physical, chemical, and biological characteristics of the soil, and due to its richness in uric acid, the nitrogen contained in it is used by the plant much faster than the nitrogen of other organic fertilizers. Vermicompost is considered a good source of soil fertility due to its organic materials. Organic matter in the soil improves the permeability and drainage of the soil and also prevents excessive dryness of the soil by maintaining sufficient moisture. Despite the fact that vermicompost can be used as a fertilizer in organic farming, high levels of this fertilizer may cause salinity effects in the plant, which affects the growth and development of the plant and even it can cause the death of cucumber as one of the crops sensitive to soil and water salinity. The cucumber (*Cucumis sativus* L.) is one of the important vegetables that can be produced in a greenhouse all year round. Fresh consumption of cucumber throughout the year has increased its production. The development of technology and the short growth period of this product has made it possible to grow it in most climate zones. Therefore, in this research, the effects of different levels of water deficit with the simultaneous application of vermicompost and chicken manure on cucumber plants in the Behbahan region have been investigated.

Materials and Methods

In this study, different levels of irrigation water, vermicompost, and poultry manure on ground cucumber were investigated. The experiment was performed in the form of split plots based on completely randomized design and the form of stacks. Treatments included three levels of poultry manure (2, 4 and 8 ton ha^{-1}), three levels of vermicompost (3, 6 and 9 ton ha^{-1}) and three levels of water stress (100, 75 and 50% of plant water requirement). Both vermicompost and poultry manure were applied to the soil before planting. Harvest was done every three days. Fruit weight, diameter and length, plant length, the protein of the dry matter of the fruit percentage, and leaf chlorophyll in each plot were carefully measured. Also, the yield and water productivity at the end of the season were calculated.

Water productivity

Referring to the yield to irrigation water ratio, is obtained by the following relation (Payero *et al.*, 2009):

$$WP=Y/IR \quad (1)$$

In this equation, WP represents water productivity (kg/m^3), Y denotes the yield (kg/ha), and IR shows the amount of irrigation water (m^3/ha).

1, 2 and 3- Master Student and Associate Professors, Department of Water Engineering, College of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: h_piri2880@uoz.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.2023.79296.1215

Statistical analysis

The analysis of variance for the results obtained from different treatments was conducted using SAS software (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA). The mean values of the main factors and interactive effects were compared using the Duncan method at the 1% and 5% levels of significance.

Results and Discussion

The results showed that irrigation, poultry manure and vermicompost had a significant effect on the measured parameters at the level of one and five percent probability. Reduction of water consumption reduced yield and yield components, but in this regard, no significant difference was observed between 100% and 75% of water requirement. The highest yield was obtained in the treatment of 100% of plant water requirement and consumption of 4 ton ha^{-1} of poultry manure and 6 ton ha^{-1} of vermicompost, in this regard, no significant difference was observed with the treatment of 75% of water requirement. According to the results obtained from this study, it can be said that there is no significant difference in terms of yield between treatments of 75 and 100% of plant water requirement. Therefore, the amount of water given to the plant can be reduced to 75% of the plant water requirement, and with proper management, less water can be consumed without a significant reduction in crop yield. Examining the effects of irrigation water on the amount of the protein of the dry matter of the fruit showed that the highest amount of the protein of the dry matter of the fruit (56.31%) was obtained in the treatment of 75% of the water requirement and the protein of the dry matter of the fruit was less in other treatments. The interaction effect of vermicompost and poultry manure resulted in the highest percentage of cucumber protein at a treatment of 4 tons ha^{-1} of poultry manure and 6 tons ha-1 of vermicompost (58.42%). However, when the simultaneous use of 8 tons ha^{-1} of poultry manure and different levels of vermicompost was employed, the percentage of protein in the fruit's dry matter decreased. The combination of drought stress, poultry manure, and vermicompost, along with their interaction effects, significantly influenced the chlorophyll a and b values at both the 1% and 5% probability levels. As the depth of irrigation water decreased, the amounts of chlorophyll a and b also decreased. The treatment with 100% water requirement of the plant showed the highest amounts of chlorophyll a (0.63 mg/g fresh weight) and chlorophyll b (0.36 mg/g fresh weight). However, no significant difference was observed compared to the 75% treatment. Regarding the interactions between vermicompost and poultry manure, it was found that when using 6 tons ha^{-1} of vermicompost to reduce yield and its components, the use of poultry manure should be reduced to 4 tons ha^{-1}. On the other hand, when higher levels of vermicompost (9 tons ha^{-1}) are used, the application of poultry manure should be reduced to 2 tons ha^{-1}.

Result

According to the results obtained from this research, it can be said that there is no significant difference in performance between the treatments of providing 75% and 100% of the water requirement of the plant, therefore, the amount of water given to the plant can be reduced to the amount of 75% of the water requirement of the plant. With proper management, less water can be consumed without significantly reducing the yield of the product.

Keywords: Chlorophyll, Fertilizer management, Protein, Water productivity, Yield

نشریه آب و خاک
https://jsw.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۲، ص. ۲۵۹-۲۳۷

تأثیر مصرف تلفیقی ورمی‌کمپوست و کود مرغی در شرایط مختلف کم‌آبیاری بر رشد و عملکرد گیاه خیار

مجید بهدارنژاد[۱]- حلیمه پیری[۲*]- معصومه دلبری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳

چکیده

در این تحقیق به بررسی سطوح مختلف آب آبیاری، ورمی‌کمپوست و کود مرغی بر خیار پرداخته شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح کامل تصادفی انجام گرفت. تیمارها شامل ۳ سطح کود مرغی (۲، ۴ و ۸ تن در هکتار)، ۳ سطح ورمی‌کمپوست (۳، ۶ و ۹ تن در هکتار) و ۳ سطح عمق آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. ورمی‌کمپوست و کود مرغی هر دو قبل از کاشت به خاک داده شد. برداشت محصول هر ۳ روز یک‌بار انجام شد. وزن، قطر و طول میوه، طول بوته، درصد پروتئین و کلروفیل برگ در هر کرت به‌دقت اندازه‌گیری شد. همچنین عملکرد و بهره‌وری مصرف آب آبیاری در پایان فصل محاسبه شدند. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری، کود مرغی و ورمی‌کمپوست بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد تأثیر معنی‌داری داشت. کاهش مصرف آب باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گردید اما از این نظر بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. بیشترین مقدار عملکرد در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد که از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. بررسی اثرات میزان آب آبیاری بر مقدار پروتئین ماده خشک میوه نشان داد بیشترین مقدار پروتئین ماده خشک میوه (۵۶/۳۱ درصد) در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی به دست‌آمد و پروتئین ماده خشک در سایر تیمارها کمتر بود. در بررسی اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود مرغی بیشترین درصد پروتئین ماده خشک خیار در تیمار ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۵۸/۴۲ درصد) حاصل شد. استفاده هم‌زمان ۸ تن در هکتار کود مرغی و مصرف سطوح مختلف ورمی‌کمپوست درصد پروتئین ماده خشک را کاهش داد. اثر عمق آب آبیاری، کود مرغی و ورمی‌کمپوست و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر مقادیر کلروفیل a و b تأثیرگذار بود. با کاهش عمق آب آبیاری مقادیر کلروفیل a و b کاهش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل a (۰/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل b (۰/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد اما از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار نداشت. اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود مرغی نشان داد استفاده ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیشترین تأثیر را بر مقادیر کلروفیل داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان مقدار آب داده شده به گیاه را به مقدار ۷۵ درصد نیازآبی‌گیاه کاهش داد و با مدیریت مناسب می‌توان بدون کاهش معنی‌دار عملکرد محصول، مقدار آب کمتری مصرف نمود. اثرات متقابل ورمی‌کمپوست و کود مرغی نشان داد در استفاده ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست برای جلوگیری از کاهش عملکرد و اجزای آن بایستی مصرف کود مرغی تا ۴ تن در هکتار کاهش یابد؛ اما زمانی‌که سطوح بیشتر ورمی‌کمپوست (۹ تن در هکتار) استفاده شود، مصرف کود مرغی باید تا ۲ تن در هکتار کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری مصرف آب، پروتئین ماده خشک، عملکرد، کلروفیل، مدیریت کود دهی

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: h_piri2880@uoz.ac.ir)

DOI: 10.22067/jsw.2023.79296.1215

مقدمه

در نظام‌های کشاورزی پایدار، کاربرد کودهای آلی اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک دارد (Rezvani Moghaddam *et al*., 2019).

کشاورزی ارگانیک یک نظام پایدار اقتصادی، اجتماعی و دوستدار محیط‌زیست است که به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش پیامدهای منفی کشاورزی صنعتی متداول در بسیاری از کشورها مورد توجه قرار گرفته است.

نتیجه مصرف فرآورده‌های شیمیایی بحران آلودگی محیط‌زیست، منابع خاک و آب و مخاطره سلامت جامعه بشری است. به این منظور تلاش‌های گسترده‌ای برای یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها انجام شده است. کاهش مخاطرات زیست‌محیطی همگام با افزایش عملکرد گیاهان زراعی نیازمند به‌کارگیری روش‌های نوین زراعی نیز می‌باشد (Maleksaidi *et al*., 2010). امروزه به‌منظور کاهش اثرات سوء مصرف نهاده‌های شیمیایی می‌توان کودهای شیمیایی را با مصرف کودهای آلی از جمله کودهای حیوانی، کمپوست و کود سبز جایگزین کرد (Norozi *et al*., 2010). کودهای آلی دارای عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به فرم قابل جذب بوده و تأثیر مثبت بر متابولیسم گیاه دارند (Theunissen *et al*., 2010). کاربرد کود آلی در خاک باعث پوک شدن، افزایش ظرفیت نگه‌داری رطوبت و دانه‌بندی خاک شده و ویژگی‌های فیزیکی آن را بهبود می‌بخشد، ضمن این‌که با افزایش قدرت حاصلخیزی خاک رشد محصول را زیاد و در نتیجه کارایی مصرف آب را ارتقا می‌دهد (Eghball *et al*.,2001). در این راستا کودهای مرغی تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی خاک دارند و به لحاظ غنی بودن از اسیداوریک، نیتروژن موجود در آن بسیار سریع‌تر از نیتروژن سایر کودهای آلی مورد استفاده گیاه قرارمی‌گیرد (Anwar *et al*., 2005). در مورد تأثیر منابع مختلف کود آلی بر پاسخ‌های گیاهی و ویژگی‌های خاک، تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته است. قربانی و همکاران (Ghorbani *et al*., 2008) نشان دادند که کاربرد کودهای مرغی، گاوی و کمپوست، عملکرد گوجه‌فرنگی را نسبت به شاهد و کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر افزایش داد و سبب زودرسی محصول شد. ژائو و همکاران (Zhao *et al*., 2010) نشان دادند که کم کردن کود نیتروژن و اضافه کردن کود دامی، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گوجه‌فرنگی و خیار گلخانه‌ای نداشت، اما منجر به کاهش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی گردید. ظفری و همکاران (Zafari *et al*., 2019) اثر کودهای شیمیایی و آلی را بر رشد و عملکرد ارقام نخود تحت شرایط دیم مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد رشد و عملکرد نخود در تیمارهای حاوی کودهای آلی در بیشتر موارد نتایجی بهتر از کود شیمیایی داشت؛ بنابراین می‌توان کودهای آلی را به‌عنوان جایگزین‌های مناسبی برای کودهای شیمیایی معمول در زراعت نخود دیم مدنظر قرار داد.

ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن مواد آلی، منبع خوبی برای حاصلخیزی خاک محسوب می‌شود. مواد آلی در خاک موجب اصلاح نفوذپذیری و بهبود زهکشی خاک گردیده و همچنین با حفظ رطوبت کافی، از خشکی بیش از اندازه خاک جلوگیری می‌کند (Ghaderi *et al*., 2010). ورمی‌کمپوست دارای ارزش تغذیه‌ای فراوانی برای محصولات زراعی بوده و مصرف آن‌ها گامی مؤثر در روند توسعه کشاورزی پایدار و حفظ محیط‌زیست می‌باشد. آذرمی و همکاران (Azarmi *et al*., 2009) در بررسی اثر ورمی‌کمپوست تهیه شده از کود گوسفند بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم خیار گلخانه‌ای به این نتیجه رسیدند که کاربرد ۳۰ تن از این کود سبب افزایش عملکرد به میزان ۲۵ درصد نسبت به شاهد در این ارقام شد، اما اجزای عملکرد فقط تا سطح ۲۰ تن در هکتار بهبود یافت. پیری و راشکی (Piri and Rashki, 2019) به بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری، ورمی کمپوست و چای کمپوست بر رشد و عملکرد گیاه خیار گلخانه‌ای پرداختند و نتیجه گرفتند که تیمارها بر صفات رشد و عملکرد میوه در سطح ۵ و ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین بیان داشتند در شرایط کم‌آبی استفاده از سطح ۷۵ درصد چای کمپوست و ورمی کمپوست باعث از بین رفتن تنش آبی می‌شود و در زمان استفاده از سطح ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست باید از سطح ۵۰ درصد چای کمپوست استفاده کرد؛ بنابراین اثرات ورمی‌کمپوست و عصاره آن بر رشد گیاه به غلظت آن‌ها بستگی دارد.

با وجود همه مزایایی که در افزایش عملکرد برای ورمی‌کمپوست گزارش شده است؛ اما استفاده بیش از اندازه آن به دلیل بیش بودن مقدار مواد مغذی نسبت به نیاز گیاه (Hussain *et al*., 2015)، افزایش شوری خاک، به‌ویژه در مراحل اولیه رشد گیاه (Atiyeh *et al*., 2001)، زیادبودن مواد با طبیعت هیومیک و فنولی (Ievinsh, 2011) در محیط ریشه، مانع رشد گیاه می‌شود. اگرچه برخی مطالعات نشان داده‌است که افزایش ورمی‌کمپوست نسبت به افزایش برخی کمپوست‌های دیگر شوری کمتر و در نتیجه کاهش محصول کمتری حاصل می‌کند (Ebrahimi *et al*., 2019).

همان‌طور که از تحقیقات مشاهده شد، علی‌رغم این‌که ورمی کمپوست می‌تواند به‌عنوان یک کود آلی در کشاورزی ارگانیک مورد استفاده قرار گیرد، اما سطوح بالای این کود ممکن است سبب ایجاد اثرات شوری در گیاه شود که بر روی رشد و نمو گیاه تأثیر داشته و حتی می‌تواند باعث مرگ خیار به‌عنوان یکی از محصولات حساس به شوری خاک و آب شود (Terakado *et al*., 2006).

خیار (*Cucumis sativus* L.) یکی از سبزی‌های مهمی است که

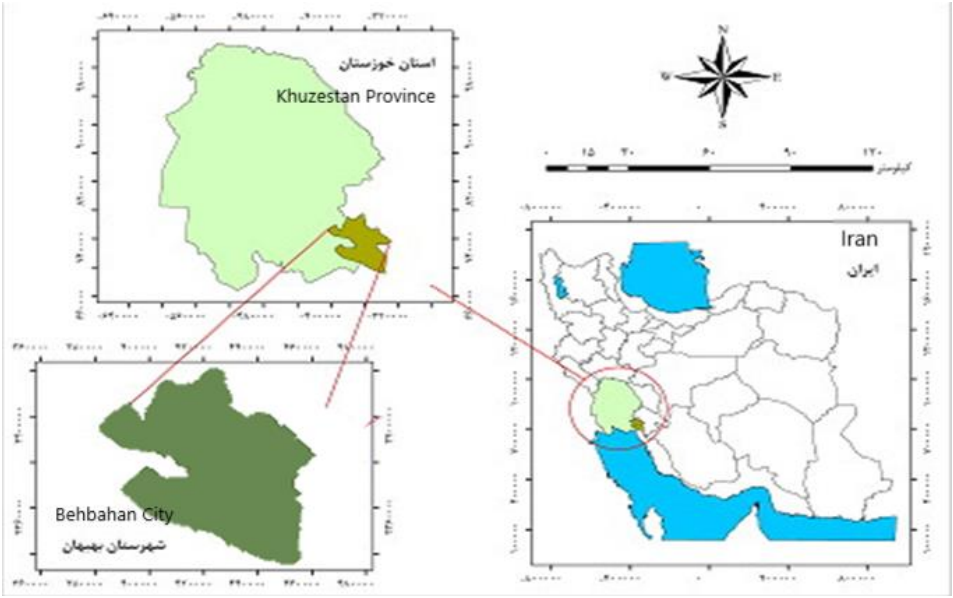
در تمام طول سال امکان تولید گلخانه‌ای آن وجود دارد. مصرف تازه خوری خیار در تمام طول سال بر اهمیت تولید آن افزوده است. توسعه تکنولوژی و دوره رشد کوتاه این محصول، امکان کشت آن‌را در اکثر مناطق آب و هوایی فراهم کرده است. نیاز آبی خیار بیش از سایر گیاهان مثل غلات بوده و حجم آب آبیاری در مراحل مختلف رشد خیار تاثیر زیادی بر رشد گیاه و محصول دارد (Wang *et al*., 2019). بنابراین، افزایش راندمان مصرف آب در تولید خیار منجر به صرفه‌جویی قابل توجه آب می‌شود. با این‌وجود، به‌دلیل حساسیت خیار به خشکی (Mao *et al*., 2003) اقدام برای افزایش راندمان صرفا از طریق کاهش آب مورداستفاده، راهکار مناسبی به‌نظر نمی‌رسند. گرچه، نتایج برخی تحقیقات گذشته (Yang *et al*., 2015) نشان می‌دهد که استفاده از مواد افزودنی می‌تواند به کاهش تنش خشکی حاصل از کم‌آبیاری یا شرایط محیطی در گیاه کمک کند. اما، این پژوهش‌ها در مورد خیار معدود می‌باشد. الماگید و سمیدا (El-Mageed and Semida, 2015) کاهش تأثیر تنش آبی با استفاده از کود آلی معدنی بر روی محصول خیار را بررسی کردند. نتایج نشان داد استفاده از کودهای آلی معدنی خسارت‌های وارده بر اثر تنش آبی را می‌توان کاهش داد. همچنین، انجام کم آبیاری همراه با استفاده از کودهای آلی- معدنی بهره‌وری مصرف آب را به حداکثر مقدار خود می‌رساند.

استفاده از کم‌آبیاری و ورمی‌کمپوست دو اقدام رایج درجهت پایداری تولیدات کشاورزی می‌باشند. با وجود انجام تحقیقات بسیار در مورد تأثیر میزان آب آبیاری و ورمی‌کمپوست بر گیاهان مختلف، اما در مورد تأثیر متقابل این پارامترها بر خیار گزارشی وجود ندارد. لذا در این تحقیق به بررسی سطوح مختلف کم‌آبی همراه با کاربرد هم‌زمان ورمی کمپوست و کود مرغی بر گیاه خیار در منطقه بهبهان پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شهریور ماه ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی در شهرستان بهبهان انجام شد. طول جغرافیایی آن ۵۰ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع آن ۳۱۳ متر از سطح دریا می‌باشد. حداکثر دمای آن ۵۰ درجه در ماه‌های تیر و مرداد و حداقل آن صفر درجه در ماه‌های آذر و دی است (Movahedi *et al*., 2012). شکل ۱ منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

به‌منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست و کود مرغی در سطوح مختلف آب آبیاری بر خیار، آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح کامل تصادفی انجام گرفت. تیمارها شامل ۳ سطح کود مرغی (۲، ۴ و ۸ تن در هکتار)، ۳ سطح ورمی‌کمپوست (۳، ۶ و ۹ تن در هکتار) و ۳ سطح عمق آب آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. ورمی کمپوست استفاده شده در تحقیق، محصول شرکت کرم و کمپوست سبز خوزستان است که با استفاده از کود دامی و گونه کرم خاکی بنام *Eisenia foetida* تولید شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران و استان خوزستان

Figure 1- Location of the study area in Iran and Khuzestan province

کرت‌ها به ابعاد ۴ ×۳ (متر در متر) و فاصله ۱ متر از یکدیگر در نظر گرفته شد. در هر کرت تعداد پنج جوی و پشته احداث و بذرهای رقم *F1clause officer* در عمق ۳ سانتی‌متری از خاک و به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر روی ردیف‌ها کشت شدند. فاصله بین ردیف‌های گیاهی ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ورمی‌کمپوست و کود مرغی هر کدام در ۳ سطح و قبل از کاشت به هر یک از کرت‌ها اضافه شدند. تمامی کرت‌ها تا زمان ۴ برگی‌شدن خیارها به‌صورت یکسان آبیاری شدند. سپس تیمارهای مقادیر مختلف عمق آب ابیاری اعمال گردید.

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، آب، ورمی‌کمپوست و کود مرغی مورد استفاده در جداول ۱ تا ۳ آورده شده است.

محاسبات آبیاری

حجم آب آبیاری قبل از هر نوبت آبیاری با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد (Liue *et al.*, 2006).

$$d = \sum_{i=1}^{n} (\theta_{Fci} - \theta_i)\, \Delta z \qquad (۱)$$

در این معادله: d عمق آبیاری (متر)، θ_{Fci} و θ_i به ترتیب رطوبت حجمی خاک در حالت ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری در لایه i=1، Δz ضخامت لایه (متر) و n تعداد اعماق نمونه برداری خاک (در این تحقیق دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک) می‌باشد.

با به‌دست آوردن عمق آب آبیاری در هر نوبت با استفاده از رابطه (۱)، حجم آب مورد نیاز برای هر کرت از ضرب کردن عمق به دست آمده در مساحت کرت محاسبه شد و با استفاده از کنتورهای نصب شده بر روی هر یک از لوله‌های آبرسان اندازه‌گیری و در اختیار گیاه قرار گرفت. حجم آب سایر تیمارها بر اساس این حجم تعیین و اعمال گردید. برای آبیاری هر ردیف کشت، یک لوله تیپ آبیاری قطره‌ای با قطر ۱۶ میلی‌متر، با قطره‌چکان‌هایی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و آبدهی ۴ لیتر در ساعت در واحد متر استفاده شد. جدول ۴ حجم آب مورد استفاده در هر تیمار را نشان می‌دهد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Some physical and chemical characteristics of the soil

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	pH	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available phosphorus (mg.kg-1)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (mg.kg^{-1})
0-30	Loam-sand	0.588	7.58	0.087	48.23	425.6

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

Table 2- Some chemical characteristics of irrigation water

pH	EC (dS.m^{-1})	سختی کل TDS (mg.L^{-1})	کاتیون‌ها Cations (meq.L^{-1})				آنیون‌ها Anions (meq.L^{-1})		
			Ca	Mg	Na	K	HCO_3^-	Cl	SO_4^{2-}
7.71	1.88	1.68	4.6	5.7	8.99	0.13	1.82	9.87	6.79

جدول ۳- برخی خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست و کود مرغی مورد استفاده در تحقیق

Table 3- Some chemical characteristics of the vermicompost and poultry manure used in research

	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر Phosphorus(%)	پتاسیم Potassium (%)
ورمی‌کمپوست (Vermicompost)	5.3	6.5	1.65	1.2	1.5
کود مرغی (Poultry manure)	6.1	8.4	1.56	1.86	2.12

جدول ٤- حجم کل آب مورد استفاده در هر تیمار

Table 4- The Total volume of water used in each treatment

	I3 ۱۰۰ درصد نیاز آبی % 100 water requirement	I2 ۷۵ درصد نیاز آبی % 75 water requirement	I1 ۵۰ درصد نیاز آبی % 50 water requirement
حجم آب مصرفی Volume of water used ($m^3.ha^{-1}$)	10762.56	8071.92	5381.82

بهره‌وری مصرف آب (WP[1])

عبارت است از: نسبت محصول تولید شده به آب آبیاری و از رابطه (۴) محاسبه خواهد شد (Payero *et al*., 2009).

$$WP=Y/IR \qquad (۲)$$

در این رابطه،WP: بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)،Y: مقدار محصول برداشت شده (کیلوگرم در هکتار)، IR: مقدار آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)

نمونه‌برداری گیاهی

پس از ۵۰ روز از رشد گیاه، برداشت و نمونه‌برداری گیاهی جهت تعیین اثرات سطوح آبی و کودی، انجام شد. از هر کرت دو ردیف وسط انتخاب و برداشت از آن‌ها انجام شد. تعداد میوه، وزن، قطر و طول میوه‌ها در همه کرت‌ها اندازه‌گیری شدند. همچنین پارامترهای کیفی مقادیر کلروفیل a و b و درصد پروتئین ماده خشک میوه نیز به‌ترتیب به روش آرنون (Arnon, 1967) و استون و گیفورد (Stone and Gifford, 1997) اندازه‌گیری شدند. کلروفیل در برگ هایی که تازه و شاداب بودند، اندازه گیری شد. بلافاصله بعد از برداشت برگ، برگ‌های تازه در پاکت گذاشته و به آزمایشگاه منتقل و به روش آرنون مقادیر کلروفیل اندازه گیری شد. میانگین اندازه پارامترهای مورد بررسی جهت تجزیه‌وتحلیل استفاده شد. عملکرد و بهره‌وری مصرف آب آبیاری نیز در پایان برداشت برای هر تیمار محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در جداول ۵ و ۶ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد مقدار آب آبیاری، ورمی‌کمپوست و کود مرغی و اثرات متقابل آن‌ها در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد بر مقادیر اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌دار داشت.

وزن میوه: مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۷ نشان داده شده است. مقدار آب آبیاری تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن میوه داشت. بیشترین وزن میوه (۱۱۷/۲۷ گرم) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین آن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی (۱۰۳/۶۳ گرم) به‌دست آمد؛ اما از این نظر بین تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. مقادیر ورمی‌کمپوست بر وزن میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. بیشترین وزن میوه (۱۱۸/۱۲ گرم) با مصرف ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد. استفاده بیشتر از ورمی‌کمپوست باعث کاهش وزن میوه شد به‌طوری که وزن میوه در تیمار مصرف ۳ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیشتر از تیمار ۹ تن در هکتار مصرف ورمی‌کمپوست بود. کودهای آلی با ایجاد تغییرات مثبت بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین به‌موقع عناصر مورد نیاز گیاه در طی فصل رشد، می‌توانند شرایط بهینه‌ای را برای افزایش وزن میوه ایجاد نمایند. آرانکون و همکاران (Arancon *et al*., 2004) و فلاحی (Fallahi, 2009) در تحقیقات خود گزارش کردند استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی بادرنجبویه و توت‌فرنگی شد. با وجود همه مزایایی که در افزایش عملکرد برای ورمی‌کمپوست گزارش شده است. افزایش ورمی کمپوست، بیش از حد مشخص، مانند بسیاری از مواد افزودنی موجب ایجاد شوری در محیط ریشه شده و عدم شستشوی نمک به میزان کافی مانع رشد گیاه و کاهش قطر، طول و وزن میوه می‌شود (Atiyeh *et al*.,2001).

مقادیر کود مرغی نیز بر وزن میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. بیشترین مقدار وزن میوه با مصرف ۴ تن در هکتار کود مرغی حاصل شد. مقادیر کمتر و بیشتر از این تیمار باعث کاهش وزن میوه شد. اثرات متقابل آب آبیاری و کود مرغی (جدول ۸) نشان داد در تیمار آبیاری کامل مصرف ۴ تن در هکتار کود مرغی بیشترین وزن میوه (۱۲۵/۶۱ گرم) را داشت که از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی (۱۲۰/۴۲ گرم) تفاوت معنی‌دار نداشت. در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی با مصرف ۲ تن در هکتار کود مرغی بیشترین وزن میوه حاصل شد و استفاده از ۴ و ۸ تن در هکتار کود مرغی باعث کاهش وزن میوه شد.

1- Water Productivity

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) صفات کمی اندازه‌گیری شده

Table 5- Results of analysis of variance (mean square and degree of freedom) of measured quantitative traits

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Average of Squares				
		بهره‌وری آب Water productivity (kg. m^{-3})	عملکرد Yield (ton)	طول بوته Plant length (cm)	قطر میوه Fruit diameter (cm)	وزن میوه Fruit weight (gr)
R(تکرار) Repeat	2	4.29^{ns}	3.51^{ns}	0.26^{ns}	0.127^{ns}	18004.03^{ns}
A(آبیاری) Irrigation	2	523.29**	24573.12**	215.23**	3.08**	2534.15*
R*A	4	4.11	1.43	1.74	0.235	15675.27
B(کود مرغی) Poultry manure	2	98.76**	2571.56**	42.71**	0.75**	18735.42*
A*B	4	74.69**	1983.42**	18.72**	2.47**	16489.21*
R*B(A)	12	5.61	3.19	1.15	0.108	18531.21
C(ورمی کمپوست) Vermicompost	2	487.36**	14264.64**	173.42**	5.24**	23571.05*
A*C	4	57.23**	1754.26*	25.84**	3.02**	16235.12*
B*C	4	36.71*	375.85**	7.63**	0.75**	23184.61*
A*B*C	8	17.45**	415.52**	10.31*	0.76*	25354.21*
R*C(A)	36	5.64	4.74	1.25	0.105	22321.14
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation		5.63	7.9	5.78	6.54	8.5

*و **معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns عدم معنی‌داری.

*and **significance at the probability level of five percent and one percent, ns non-significance.

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) صفات کیفی اندازه‌گیری شده

Table 6- The results of analysis of variance (mean square and degree of freedom) of measured qualitative traits

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Average of Squares		
		کلروفیل a Chlorophyll a (mg.gr^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.gr^{-1})	پروتئین ماده خشک میوه The protein of the dry matter of the fruit (%)
R (تکرار) Repeat	2	25167.24^{ns}	0.45^{ns}	0.86^{ns}
A (آبیاری) Irrigation	2	2574.25*	6.08**	341.27**
R*A	4	31426.02	0.25	1.19
B (کود مرغی) Poultry manure	2	28627.12*	0.48**	28.53**
A*B	4	20543.28*	3.87**	26.73**
R*B(A)	12	18722.01	0.07	1.17
C (ورمی کمپوست) Vermicompost	2	32476.52*	4.34**	156.75**
A*C	4	16238.62*	3.57**	32.24**
B*C	4	26854.31*	1.05**	6.12**
A*B*C	8	25615.06*	0.56*	12.18*
R*C(A)	36	22736.03	0.33	1.08
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation		9.71	5.75	6.34

*و **معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns عدم معنی‌داری.

*and **significance at the probability level of five percent and one percent, ns non-significance.

اثرات متقابل آب آبیاری و ورمی‌کمپوست (جدول ۹) نشان داد بیشترین وزن میوه (۱۲۲/۵۱ گرم) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و مصرف ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌دار حاصل نشد. در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی که شدت تنش زیاد بود، بیشترین وزن میوه با مصرف ۳ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد و استفاده بیشتر از ورمی‌کمپوست باعث کاهش وزن میوه شد.

اثرات متقابل کود مرغی و ورمی‌کمپوست (جدول ۱۰) نشان داد بیشترین وزن میوه از تیمار ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد که از این نظر با تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی و ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌دار نداشت. همچنین از جدول مشاهده می‌گردد در تیمارهایی که مقدار کود مرغی کمتر مصرف شده است می‌توان مقادیر بیشتری ورمی‌کمپوست استفاده کرد.

قطر و طول میوه: اثرات مقدار آب آبیاری (جدول ۷) نشان داد کاهش مقدار آب باعث کاهش قطر و طول میوه شد و از این نظر بین تمامی تیمارها تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده گردید. بیشترین مقدار قطر و طول در تیمار آبیاری کامل (به ترتیب ۳/۴۲ و ۱۰/۳۵ سانتی‌متر) و کمترین مقادیر آن‌ها در تیمار۵۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۳/۱۱ و ۶/۸۱ سانتی‌متر) حاصل گردید. مقدار ورمی‌کمپوست نیز تأثیر معنی‌دار بر قطر و طول میوه داشت. بیشترین مقادیر آن‌ها در تیمار ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین آن‌ها در تیمار ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. مقادیر کود مرغی بر اندازه طول و قطر میوه در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت. بیشترین مقادیر از تیمار ۴ تن در هکتار مصرف کود مرغی حاصل شد. مقادیر بیشتر و کمتر از این مقدار باعث کاهش طول و قطر میوه شد. اثر متقابل آب آبیاری و کود مرغی (جدول ۸) نشان داد بیشترین مقدار قطر و طول میوه از تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی و مصرف ۴ تن در هکتار کود مرغی به دست آمد که با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار نداشت. در مقادیر پایین آب آبیاری (تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی) باید مصرف کود مرغی کاهش یابد. زیرا تیمارهای ۴ و ۸ تن در هکتار باعث کاهش قطر و طول میوه شد.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات کمی اندازه‌گیری شده

Table 7- Comparison of the average of measured quantitative traits

تیمار treatment		بهره‌وری آب Water productivity (kg. m^{-3})	عملکرد Yield (ton)	طول بوته Plant length (cm)	قطر میوه Fruit diameter (cm)	وزن میوه Fruit weight (gr)
مقدار آب آبیاری (مترمکعب) Amount of irrigation water (m^3)	۱۰۰٪ نیاز آبی Water %۱۰۰ requirement	3.26b	36.21a	108.12a	3.42a	117.27a
	۷۵٪ نیاز آبی Water %75 requirement	3.65a	30.53a	95.32b	3.32a	114.54a
	۵۰٪ نیاز آبی Water %50 requirement	3.12b	16..58b	74.79c	3.11b	103.63b
مقدار ورمی کمپوست (تن در هکتار) Amount of vermicompost (ton.ha^{-1})	3	2.94b	26.52b	97.43b	3.3a	105.71b
	6	3.22a	35.74a	108.87a	3.4a	118.12a
	9	2.63c	21.68c	86.25c	3.1b	95.46c
مقدار کود مرغی (تن در هکتار) Amount of poultry manure (ton ha^{-1})	2	3.15b	30.29b	88.48c	3.41b	109.67c
	4	3.54a	3767a	97.75c	3.83a	115.54a
	8	2.89c	24.38c	76.23c	3.11c	96.28c

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each culomn averages with the same letters do not have significant differences based on Duncan's test at the 5% probability level.

اثر متقابل آب آبیاری و ورمی‌کمپوست (جدول ۹) نشان داد بیشترین مقدار طول و قطر میوه (به ترتیب ۱۱/۴۳ و ۳/۵۶ سانتی‌متر) از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که ازاین نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار نداشت. با کاهش بیشتر آب آبیاری (تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی) استفاده از سطوح بالای ورمی‌کمپوست باعث کاهش طول و قطر میوه شد و بیشترین مقادیر این پارامترها در این تیمار آبی با مصرف ۳ تن در هکتار ورمی کمپوست به‌دست آمد. مطابق تحقیقات می‌توان گفت سطوح بالای ورمی‌کمپوست ممکن است سبب ایجاد اثرات شوری در گیاه شود که بر روی رشد و نمو گیاه تأثیر داشته و باعث کاهش قطر و طول میوه شده است (Terakado *et al*., 2006).

طول بوته: با کاهش مقدار آب مصرفی طول بوته کاهش یافت (جدول ۷). بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (۱۰۸/۱۲ سانتی‌متر) و کمترین آن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (۷۴/۷۹ سانتی‌متر) به دست آمد. یکی از اثرات تنش آبی بر گیاهان، کاهش ارتفاع گیاه می‌باشد. کاهش ترشح هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارنده رشد در شرایط تنش کمبود آب، به‌عنوان یکی از دلایل اصلی کاهش رشد اندام‌های هوایی می‌باشد (Bayoumi *et al*., 2008). همچنین کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش خشکی را می‌توان به کاهش در بزرگ شدن سلول و زوال برگ گیاه نسبت داد (Mirzaei Takhtagahi *et al*., 2017). اثر ورمی‌کمپوست بر طول بوته (جدول ۷) نشان داد استفاده ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار ۳ و ۹ تن در هکتار باعث افزایش طول بوته شد. بیشترین طول بوته ۱۰۸/۸۷ سانتی‌متر از تیمار ۶ تن در هکتار و کمترین آن ۸۶/۲۵ سانتی متر از تیمار ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد.

تحقیقات نشان داده است کاربرد ورمی‌کمپوست به‌صورت اختلاط با خاک سطحی تأثیر بسیار خوبی در روند رشد بوته‌های خیار دارد (Mirsohail and Gholami, 2008). ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن هیومیک، فولیک و دیگر اسیدهای آلی باعث تحریک رشد گیاهان می شود (Ahmadpour *et al*., 2016). بررسی سطوح مختلف ورمی کمپوست (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ تن در هکتار) روی گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد سطح ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع، تعداد و وزن میوه‌ها شد (Kashem *et al*., 2018).

مهم‌ترین دلیل در افزایش ارتفاع گیاهان در اثر استفاده از کودهای آلی ورمی‌کمپوست در بستر کاشت گیاه، وجود برخی تنظیم‌کننده‌های رشد مانند ایندول استیک اسید گزارش شده است (Wang *et al*., 2007). همچنین افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، تولید ترکیبات هورمونی در محیط ریزوسفر و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه از دیگر دلایل افزایش طول بوته گیاه در اثر مصرف ورمی‌کمپوست می‌باشد (Adediran *et al*., 2004). آرگلو و همکاران (Arguello *et al*., 2006) در مطالعه خود بیان کردند استفاده از ورمی‌کمپوست باعث بهبود چشم‌گیر ارتفاع بوته شده است و این تأثیر مثبت به قابلیت تحریک‌کنندگی فعالیت میکروب های مفید خاک توسط ورمی‌کمپوست و توانایی آن در افزایش جذب عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف و پیامد آن بهبود در فرایند فتوسنتز، نسبت داده شد.

تأثیر کود مرغی بر طول بوته (جدول ۷) نشان داد با مصرف ۴ تن در هکتار کود مرغی بیشترین طول بوته (۹۷/۷۵ سانتی‌متر) حاصل شد و سطوح کمتر و بیشتر از این سطح باعث کاهش طول بوته گردید. اثر متقابل آب آبیاری و کود مرغی (جدول ۸) نشان داد بیشترین طول بوته از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و مصرف ۴ تن در هکتار کود مرغی به دست آمد. با کاهش عمق آب آبیاری و افزایش سطوح مصرف کود مرغی طول بوته کاهش یافت اما در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی و مصرف ۴ تن در هکتار نسبت به مصرف ۲ تن در هکتار کود مرغی طول بوته افزایش یافت که دلیل آن شاید عدم تأثیر معنی‌دار تیمار آبیاری کامل و تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی بر پارامترهای اندازه‌گیری شده باشد. اثر متقابل آب آبیاری و ورمی‌کمپوست (جدول ۹) نشان داد بیشترین طول بوته از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و مصرف ۶ تن در هکتار ورمی کمپوست به‌دست آمد. با کاهش عمق آب آبیاری و افزایش سطوح ورمی‌کمپوست طول بوته کاهش یافت اما در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی و مصرف ۶ تن در هکتار نسبت به مصرف ۳ تن در هکتار ورمی کمپوست طول بوته افزایش یافت. بنابراین می‌توان گفت در تیمارهای تنش آبی شدید جهت کاهش اثرات منفی تنش بایستی مقدار ورمی-کمپوست مصرفی کاهش یابد. به نظر می‌رسد در تیمارهای تنش ملایم آبی ورمی‌کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهم نمودن مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر روی میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود ارتفاع بوته شده است (Tasdighi *et al*., 2014).

تحقیقات نشان‌دهنده وجود برهمکنش مثبت بین تنش‌های خشکی و مصرف ورمی‌کمپوست است. بررسی اثر متقابل آبیاری و ورمی کمپوست بر گیاه بابونه نشان داد که استفاده ۱۵ درصد ورمی‌کمپوست به همراه آبیاری در فواصل ۱۴ روز، بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته گیاه بابونه آلمانی دارد (Babaei *et al*., 2010). اثر متقابل کود مرغی و ورمی‌کمپوست (جدول ۱۰) نشان داد بیشترین طول بوته (۱۰۲/۶۷ سانتی‌متر) در تیمار ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی کمپوست مشاهده شد؛ که از این نظر با تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی و ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌دار نداشت. همچنین از جدول مشاهده می‌گردد در سطوحی که مصرف کود مرغی کاهش می یابد برای جلوگیری از کاهش طول بوته باید مصرف ورمی‌کمپوست افزایش یابد.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدار آب آبیاری و کود مرغی (A×B) بر پارامترهای کمی اندازه‌گیری شده

Table 8- Comparison of the average intraction effects of the amount of irrigation water and poultry manure (B×A) on the measured quantitative parameters

مقدار آب آبیاری Amount of irrigation water (m^{-3})	مقدار کود مرغی Amount of poultry manure (ton ha^{-1})	بهره‌وری آب Water productivity (kg. m^{-3})	عملکرد Yield (ton)	طول بوته Plant length (cm)	طول میوه Fruit length (cm)	قطر میوه Fruit diameter (cm)	وزن میوه Fruit weight (gr)
۱۰۰٪ نیاز آبی	2	3.05c	29.41b	92.45b	9.41b	3.32b	110.47b
Water %۱۰۰ requirement	4	3.16b	36.54a	100.05a	11.51a	3.56a	125.61a
	8	3.03c	28.64b	78.63c	8.65c	3.12c	97.54c
75٪ نیاز آبی	2	3.16b	28.52b	84.24c	9.12b	3.26b	108.56b
Water %75 requirement	4	3.34a	33.47a	89.87c	10.87a	3.48a	120.42a
	8	3.15b	24.35c	70.12de	8.25c	3.01c	81.12d
۵۰٪ نیاز آبی	2	2.85d	20.42cd	75.19d	7.34d	2.85d	93.45c
Water %50 requirement	4	2.64e	16.81d	69.32e	7.12de	2.68e	78.34d
	8	2.52f	14.23de	60.27f	6.73e	2.54f	62.24e

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each culomn averages with the same letters do not have significant differences based on Duncan's test at the 5% probability level.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدارآب آبیاری و ورمی‌کمپوست (A×C) بر پارامترهای کمی اندازه‌گیری شده

Table 9- Comparison of the average intraction effects of the amount of irrigation water and vermicompost (C×A) on quantitatively measured parameters.

مقدار آب آبیاری Amount of irrigation water (m^{-3})	مقدار ورمی کمپوست Amount of vermicompost (ton ha^{-1})	بهره‌وری آب Water productivity (kg. m^{-3})	عملکرد Yield (ton)	طول بوته Plant length (cm)	طول میوه Fruit length (cm)	قطر میوه Fruit diameter (cm)	وزن میوه Fruit weight (gr)
۱۰۰٪ نیاز آبی	3	2.95b	27.21b	94.35b	9.31b	3.12b	108.34b
Water %۱۰۰ requirement	6	3.16b	35.75a	100.16a	11.43a	3.56a	122.51a
	9	2.35c	21.44c	76.64c	8.84c	3.01c	94.04c
75٪ نیاز آبی	3	3.14b	25.52bc	84.13c	9.18b	3.16b	104.36b
Water %75 requirement	6	3.38a	33.51a	90.37b	10.91a	3.21a	116.22a
	9	2.85c	19.45c	71.18de	8.15c	2.89c	76.52d
۵۰٪ نیاز آبی	3	2.91b	18.62cd	75.05d	7.26d	2.42d	90.35c
Water %50 requirement	6	2.74d	16.01d	67.41e	6.54de	2.21e	75.44d
	9	2.53e	13.13e	59.87f	6.12e	2.04f	60.64e

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each culomn averages with the same letters do not have significant differences based on Duncan's test at the 5% probability level.

عملکرد: مطابق جدول ۷ کاهش مقدار آب آبیاری باعث کاهش عملکرد شد. بیشترین عملکرد از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۳۶/۲۱ تن در هکتار) به دست آمد. مقدار عملکرد در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی ۳۰/۵۳ تن در هکتار به دست آمد که از این نظر با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار نداشت. از آنجایی که خیار گیاهی است که نسبت به میزان رطوبت حساس می‌باشد، تنش آبی باعث کاهش عملکرد آن می‌گردد؛ اما با توجه به اینکه در آبیاری قطره‌ای نواری همواره ریشه گیاه مرطوب می‌باشد، کاهش عملکرد در تیمار ۷۵ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل معنی‌دار نبود. کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوزفسفات و یا افزایش حجم ریشه و غیره باشد. تأثیر خشکی بر هریک از اجزای عملکرد می‌تواند درنهایت منجر به تغییر در عملکرد شود (Sreevalli *et al.*, 2001).

بروز تنش خشکی شدید باعث چروکیده شدن سلول‌ها و سست شدن دیواره سلولی شده و مانع تقسیم سلولی می‌شود و در نتیجه منجر به کاهش سطح برگ می‌شود (Taiz and Ziger, 1991). کاهش سطح برگ منجر به کاهش منبع فتوسنتز و افت فعالیت آنزیم‌های شده و درنهایت باعث کاهش عملکرد می‌شود (Paris *et al.*, 2018).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود مرغی و ورمی‌کمپوست (B×C) بر پارامترهای کمی اندازه‌گیری شده

Table 10- Comparison of the average intraction effects of poultry manure and vermicompost (C×B) on quantitatively measured parameters

مقدار کود مرغی Amount of poultry manure (ton ha^{-1})	مقدار ورمی کمپوست Amount of vermicompost (ton ha^{-1})	بهره‌وری آب Water productivity (kg. m-3)	عملکرد Yield (ton)	طول بوته Plant length (cm)	طول میوه Fruit length (cm)	قطر میوه Fruit diameter (cm)	وزن میوه Fruit weight (gr)
2	3	2.95c	23.42c	84.34c	9.11c	3.07c	113.71c
	6	3.16b	30.75b	94.16b	10.23c	3.28b	117.72b
	9	3.65a	34.95a	100.24a	11.54a	3.54a	120.41a
4	3	3.14b	29.12b	91.53b	10.28b	3.21b	116.45b
	6	3.75a	36.63a	102.67a	11.82a	3.61a	124.52a
	9	2.85c	19.25d	70.28d	8.05d	2.82d	110.34d
8	3	2.71d	18.65d	68.25d	7.36d	2.61d	111.64d
	6	2.44e	15.41de	63.21de	6.14e	2.37e	10224e
	9	2.31e	13.43e	57.37e	6.03e	2.34ef	97.54f

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each culomn averages with the same letters do not have significant differences based on Duncan's test at the 5% probability level.

استفاده ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست باعث بیشترین عملکرد خیار شد و تیمارهای کمتر و بیشتر از این سطح باعث کاهش عملکرد شدند (جدول ۷). مطالعات نشان داده است استفاده از کود آلی ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد گیاه خیار و توت‌فرنگی می‌شود (Sahni *et al.*, 2008). ورمی‌کمپوست با تأمین عناصر غذایی و افزایش کلروفیل و در نتیجه بهبود فتوسنتز و یا به‌دلیل برخورداری از برخی هورمون‌های رشد گیاهی نظیر اکسین و سیتوکینین رشد گیاه را افزایش می‌دهد اما غلظت های زیاد آن به‌دلیل ایجاد تنش اسمزی در محیط و یا نسبت‌های زیاد هورمون‌هایی نظیر اکسین که در غلظت‌های بالا بازدارنده رشد گیاه هستند اثرات منفی بر رشد و عملکرد گیاه دارد (Amoo Aghaei and Baqaei, 2013).

عبدلی و همکاران (Abduli *et al.*, 2013) با بررسی اثر کاربرد نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان مصرف ورمی‌کمپوست، عملکرد میوه تا حدودی افزایش می‌یابد و با مصرف بیش‌ازحد این کود عملکرد کاهش پیدا می‌کند. انور و همکاران (Anwar *et al.*, 2005) بیان داشتند مصرف ورمی‌کمپوست، به دلیل بهبود شرایط فیزیکی خاک، ایجاد بستر مناسب برای رشد ریشه و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی مورد نیاز، موجب افزایش عملکرد در گیاه ریحان فرانسوی شد.

نتایج مطالعات نشان داده است که مصرف سطوح بالای کودهای آلی در ذرت و برنج موجب افزایش عملکرد کمتری نسبت به مصرف سطوح پایین آن‌ها شد که می‌تواند به‌دلیل افزایش شوری خاک در اثر افزایش مصرف کودهای مختلف آلی از جمله ورمی‌کمپوست باشد (Kim et al., 2010).

اثر سطوح مختلف کود مرغی بر عملکرد تأثیر معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۷). بیشترین مقدار عملکرد خیار (۳۷/۶۷ تن در هکتار) از تیمار ۴ تن در هکتار کود مرغی و کمترین آن (۲۴/۳۸ تن در هکتار) از تیمار ۸ تن در هکتار به دست آمد. استفاده از سطوح بالای کود مرغی باعث کاهش عملکرد شد. یزدان‌پناه و مطلبی‌فرد (Yazdan Panah and Motalabi Fard, 2016) اثر ۴ سطح کود مرغی (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) را بر روی گیاه سیب‌زمینی مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند کاربرد ۵ تن در هکتار کود مرغی بیشترین مقدار عملکرد سیب‌زمینی (۴۴/۷ تن در هکتار) را داشت. کریم و همکاران (Kareem *et al.*, 2010) در تحقیق خود راجع به بررسی اثرات کود مرغی بر گیاه ذرت بیان داشتند استفاده ۵ تن در هکتار کود مرغی نسبت به ۲/۵ تن در هکتار عملکرد بیشتری داشت. توزل و همکاران (Tuzel *et al.*, 2003) در بررسی منابع مختلف کود دامی در تولید گوجه‌فرنگی بیان داشتند که کود مرغی بهترین منبع برای تولید این محصول است و باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گوجه-فرنگی شد. آلفونس و سعد (Alfonse and Saad, 2000) در مقایسه کود دامی و مرغی به این نتیجه رسیدند که خیارهای رشد یافته در کود دامی بیشترین طول گیاه، وزن تر ساقه و برگ و وزن خشک را تولید کرده و زودتر به گُل نشسته‌اند.

اثر متقابل آب آبیاری و کود مرغی (جدول ۸) نشان داد بیشترین عملکرد از تیمار آبیاری کامل و ۴ تن در هکتار کود مرغی (۳۶/۵۴ تن در هکتار) به دست آمد که از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی (۳۳/۴۷ تن در هکتار) تفاوت معنی‌دار نداشت. در تیمار آبیاری کامل بین مصرف ۲ و ۸ تن در هکتار کود مرغی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. در سطوح

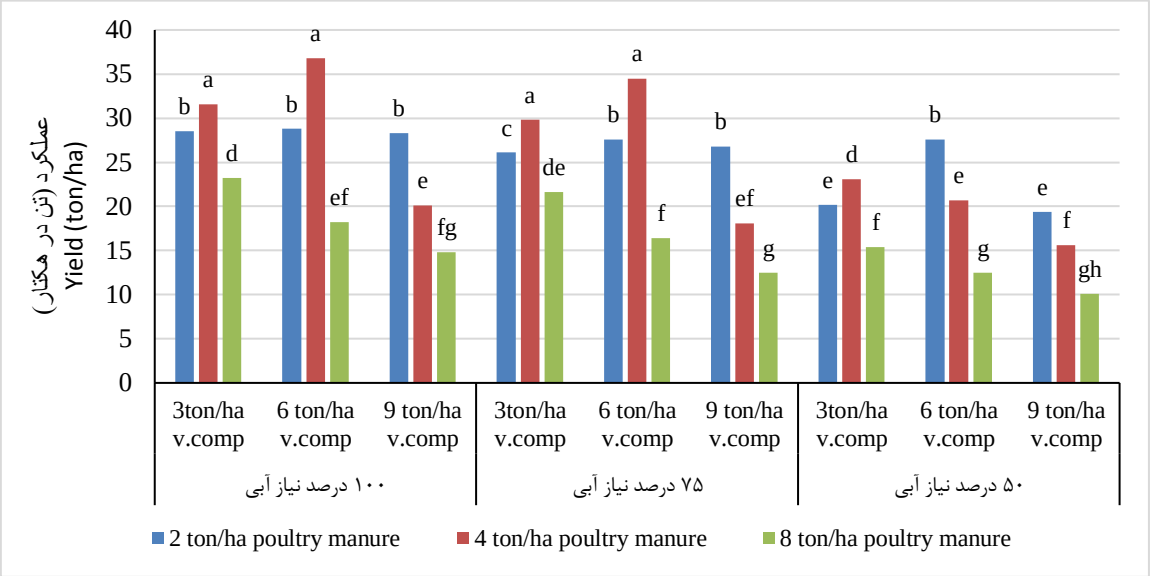
بالای تنش آبی (تیمار ۵۰ درصد) مصرف ۴ و ۸ تن در هکتار کود مرغی باعث کاهش عملکرد شد؛ بنابراین می‌توان گفت در شرایط تنش آبی شدید باید مقدار مصرف کود مرغی کاهش یابد.

اثرات متقابل آب آبیاری و ورمی‌کمپوست (جدول ۹) نشان داد با کاهش عمق آب آبیاری عملکرد کاهش یافت. بیشترین عملکرد (۳۵/۷۵ تن در هکتار) از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد (جدول ۹)؛ که از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار نداشت. در تیمارهای تنش آبی کاهش مصرف ورمی‌کمپوست (۳ تن در هکتار) باعث افزایش عملکرد شد و سطوح بیشتر ورمی‌کمپوست کاهش عملکرد را به همراه داشت.

اثرات متقابل کود مرغی و ورمی‌کمپوست (جدول ۱۰) نشان داد بیشترین عملکرد از تیمار ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۳۶/۶۳ تن در هکتار) به دست آمد اما از این نظر با تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی و ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۳۴/۹۵ تن در هکتار) تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. کودهای مرغی و ورمی‌کمپوست به علت دارا بودن عناصر مورد نیاز گیاه، رشد را ترفیع می‌بخشند و با دارا بودن عناصر پرمصرف و به مقدار کمتری ریزمغذی ها، در درازمدت باعث تعادل‌بخشی خاک می‌شوند. همچنین بهبود پارامترهای رشد و عملکرد خیار در نتیجه کاربرد کودهای مرغی و ورمی‌کمپوست را می‌توان به تغییراتی نسبت داد که پس از کاربرد این کودها در خاک ایجاد می‌شود. مواد آلی موجود در کودهای آلی موجب افزایش ظرفیت بافری خاک، تقویت ظرفیت تبادل کاتیونی، کاهش تثبیت فسفر، افزایش ذخایر غذایی خاک و بهبود جذب عناصر توسط ریشه گیاه می‌شود (Wamba *et al*., 2012; Waldrip *et al*., 2011). کود مرغی علاوه بر افزایش فراهمی عناصر غذایی خاک، موجب بهبود خواص فیزیکی خاک شده، از طریق بقایای خود موجب کاهش وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاک می‌شود (Isitekhale and Osemwota, 2014). ظفری و همکاران (Zafari *et al*. 2019) اثر کودهای آلی و شیمیایی (کود مرغی، ورمی‌کمپوست و نیتروژن) را بر رشد و عملکرد نخود مورد بررسی قرار دادند. ایشان بیان داشتند با توجه به بهبود رشد و عملکرد نخود در تیمارهای حاوی کودهای ارگانیک که در بیشتر موارد نتایجی بهتر از کود شیمیایی داشت، می‌توان این کودهای آلی را به‌عنوان جایگزین‌های مناسبی برای کودهای شیمیایی معمول در زراعت دیم نخود مدنظر قرار داد.

شکل ۲ اثرات متقابل آب آبیاری، ورمی کمپوست و کود مرغی را بر عملکرد گیاه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد در همه سطوح مختلف نیاز آبی و استفاده ۳ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، کاربرد ۴ تن در هکتار کود مرغی عملکرد بیشتری نسبت به کاربرد ۲ و ۸ تن در هکتار کود مرغی داشت. تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، ۳ و ۴ تن در هکتار به‌ترتیب ورمی‌کمپوست و کود مرغی بیشترین عملکرد (۳۱/۱ تن در هکتار) را در این گروه تیمارها داشت؛ که از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری نداشت. در استفاده سطوح بالاتر ورمی کمپوست (۶ تن در هکتار)، در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، کاربرد ۴ تن در هکتار کود مرغی عملکرد بیشتری داشت که از این نظر این دو تیمار تفاوت معنی‌دار نداشتند. به عبارت دیگر در این گروه تیمار بالاترین عملکرد (۳۶/۸ تن در هکتار) از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و ۶ و ۴ تن در هکتار به‌ترتیب ورمی‌کمپوست و کود مرغی به‌دست آمد. در همین گروه تیمارها، در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی، کاربرد ۴ و ۸ تن در هکتار کود مرغی نسبت به تیمار ۲ تن در هکتار مقدار عملکرد را کاهش داد. با مصرف ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، در همه سطوح آبی کاربرد مقادیر ۴ و ۸ تن در هکتار کود مرغی باعث کاهش عملکرد نسبت به مصرف ۲ تن در هکتار کود مرغی شد. در این گروه تیمارها، تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد ۹ و ۲ تن در هکتار به‌ترتیب ورمی‌کمپوست و کود مرغی بیشترین عملکرد (۲۸/۳ تن در هکتار) را دارا بودند. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت استفاده بیش از اندازه از ورمی‌کمپوست و کود مرغی به دلیل داشتن هدایت الکتریکی بالا، مانند بسیاری از مواد افزودنی موجب ایجاد شوری در محیط ریشه شده و در سطوح پایین آب آبیاری به علت عدم شستشوی نمک به میزان کافی، رشد گیاه کاهش یافته و قطر، طول و وزن میوه کاهش می‌یابد که درنهایت منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود. والکر و پیلار (Walker and Pilar, 2008) نیز در تحقیق خود بیان داشتند مصرف بیش از اندازه کود مرغی باعث کاهش اسیدیته و افزایش هدایت الکتریکی خاک شده و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد. بنابراین برای جلوگیری از کاهش عملکرد در شرایط کم‌آبی لازم است مصرف ورمی کمپوست و کود مرغی کاهش یابد. همچنین در همه سطوح آبیاری باید درصورت استفاده از مقادیر بالای ورمی‌کمپوست، مقدار کود مرغی مورد استفاده را کاهش داد و یا بالعکس تا از کاهش عملکرد جلوگیری شود.

بهره‌وری آب آبیاری: مقدار آب آبیاری تأثیر معنی‌دار بر مقدار بهره‌وری داشت. بیشترین بهره‌وری آب (۳/۶۵ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی و کمترین مقدار آن (۳/۰۸ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) از تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. بین تیمار ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی از این نظر تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. علت کم بودن بهره‌وری آب آبیاری در گیاه در اثر تنش خشکی شدید را می‌توان به عوامل روزنه‌ای یا عوامل متابولیکی مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن به داخل کلروپلاست و کاهش کربوکسیلاسیون در طول تنش که در این شرایط عوامل محدودکنندهٔ غیر روزنه‌ای ناشی از اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی نقش مهمی در کاهش فتوسنتز ایفا می‌کنند، نسبت داد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل آب آبیاری، ورمی‌کمپوست و کود مرغی بر عملکرد

Figure 2- Comparison of the average intraction effects of irrigation water, poultry manure and vermicompost (A× B ×C) on yield

به علت نبود ارتباط خطی بین هدایت روزنه‌ای و جذب کربن، بیشتر گیاهان تمایل دارند در شرایط تنش آبی متوسط، بهره‌وری خود را افزایش دهند (Chaves, 1999). احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 2009) و ساهین و همکاران (Sahin *et al.*, 2012) افزایش بهره‌وری مصرف آب آبیاری را در شرایط تنش آبی گزارش کردند. استفاده از ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌دار بر بهره‌وری مصرف آب داشت. بیشترین مقدار بهره‌وری (۳/۲۲ کیلوگرم بر متر مکعب) از تیمار ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد و استفاده کمتر و بیشتر از این مقدار باعث کاهش بهره‌وری گردید.

مصرف ۴ تن در هکتار کود مرغی نسبت به مصرف ۲ و ۸ تن در هکتار کود مرغی باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب شد (جدول ۷). کاربرد کود دامی در خاک باعث پوک شدن خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و دانه‌بندی خاک شده و ویژگی‌های فیزیکی آن را بهبود می‌بخشد، ضمن این‌که با افزایش قدرت حاصلخیزی خاک رشد و عملکرد محصول را بهبود بخشیده و در نتیجه بهره‌وری مصرف آب افزایش می‌یابد (Eghball *at al.*, 2001).

اثرات متقابل آب آبیاری و کود مرغی (جدول ۸) بیشترین بهره‌وری مصرف آب از تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی و ۴ تن در هکتار مصرف کود مرغی (۳/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آمد. در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی استفاده بیشتر از ۲ تن در هکتار کود مرغی باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب شد. در تیمار آبیاری کامل استفاده ۴ تن در هکتار کود مرغی بهره‌وری مصرف آب را افزایش داد اما سطوح ۲ و ۸ تن در هکتار باعث کاهش بهره‌وری شد که از این نظر این دو تیمار با هم تفاوت معنی‌دار نداشتند. اثرات متقابل آب آبیاری و ورمی‌کمپوست (جدول ۹) نشان داد بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب از تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۳/۳۸ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که از این نظر با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار نداشت. در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی استفاده از سطوح بالای ورمی‌کمپوست باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب شد و کاهش مقدار ورمی‌کمپوست (تیمار ۳ تن در هکتار) باعث افزایش بهره‌وری آب آبیاری گردید که علت آن افزایش عملکرد در این تیمار نسبت به تیمارهای ۶ و ۹ تن در هکتار می‌باشد. در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) کاهش ورمی‌کمپوست به دلیل کاهش عملکرد باعث کاهش بهره‌وری آب آبیاری شد. تحقیقات نشان داد ورمی‌کمپوست به‌دلیل داشتن ساختمان اسفنجی مصرف آب را کاهش می‌دهد و باعث افزایش راندمان و بهره‌وری می‌گردد. همچنین بیان داشتند با استفاده از این کود خطر ابتلا به انواع پاتوژن‌های مولد گندیدگی بوته از بین می‌رود و مصرف آب آبیاری نیز تا یک‌سوم کاهش می‌یابد.

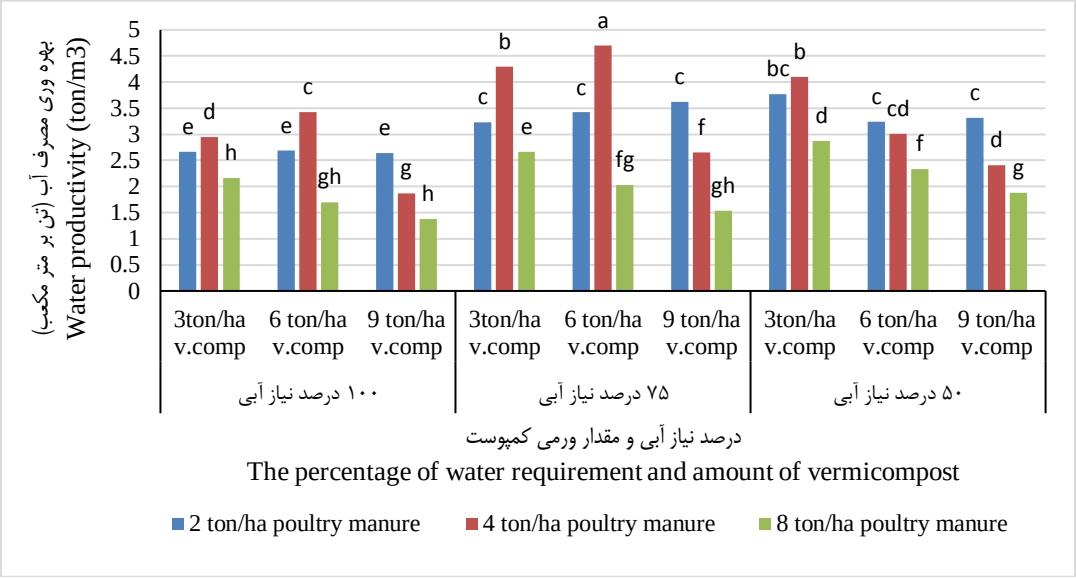
اثر متقابل کود مرغی و ورمی‌کمپوست (جدول ۱۰) نشان داد بیشترین بهره‌وری مصرف آب از تیمار ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۳/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب) به‌دست آمد که از این نظر با تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی و ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌دار نداشت. در تیمارهای پایین مصرف کود مرغی (۲ تن در هکتار) با افزایش سطح مصرف ورمی‌کمپوست بهره‌وری مصرف آب افزایش یافت. در تیمارهای بالای کود مرغی (۸ تن در هکتار) با کاهش ورمی‌کمپوست بهره‌وری مصرف آب افزایش یافت. پیری و بامری (Piri and Bameri, 2019) برهمکنش مقادیر آب و کودهای آلی و شیمیایی بر بهره‌وری آب گیاه سیر در زهک دشت

سیستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد استفاده تلفیقی از کود دامی و شیمیایی در شرایط تنش آبی باعث بهبود عملکرد و افزایش بهره‌وری مصرف آب شد.

اثرات متقابل آب آبیاری، ورمی‌کمپوست و کود مرغی بر بهره‌وری مصرف آب در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشاهده می‌شود بالاترین بهره‌وری مصرف آب (۴/۷ کیلوگرم بر متر مکعب) از تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، مصرف ۶ و ۴ تن در هکتار به‌ترتیب ورمی‌کمپوست و کود مرغی به دست آمد که نتیجه مصرف آب کمتر در این تیمار و عملکرد بالاتر آن بود. تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دلیل استفاده بیشتر از آب علی‌رغم عملکرد بالاتر، بهره‌وری مصرف آب کمتری داشتند. گامیتی و همکاران (Gamity *et al.*, 1983) بیان داشتند که بروز تنش آبی با وجودی که صورت کسر WP(بهره‌وری مصرف آب)، یعنی عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما به واسطه‌ی فعالیت ساز و کار تنظیم اسمزی گیاه مخرج کسر بیشتر کاهش یافته و بهره‌وری مصرف آب تا حدودی افزایش می‌یابد. در تیمارهای ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه می‌توان گفت با توجه به این که میزان عملکرد نیز (صورت کسر) به میزان قابل توجهی کاهش یافته باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب نسبت به تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه شده است. ابات و همکاران (Abbat *et al.*, 2004) نیز به نتایج مذکور در خصوص بهره‌وری مصرف آب دست یافتند و بیان داشتند که افزایش بهره‌وری مصرف آب در کم آبیاری بیشتر است.

همچنین می‌توان از شکل مشاهده کرد در مقادیر بالای مصرف ورمی‌کمپوست (تیمار ۹ تن در هکتار) در همه سطوح آبی مصرف زیاد کود مرغی (بیشتر از ۲ تن در هکتار) به دلیل کاهش عملکرد، باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب شد. کمترین بهره‌وری مصرف آب (۱/۳۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف ۹ و ۸ تن در هکتار به ترتیب ورمی‌کمپوست و کود مرغی به دست آمد. علت آن را می‌توان به افزایش شوری زیاد خاک در اثر مصرف بالای ورمی کمپوست و کودمرغی نسبت داد که منجر به کاهش عملکرد می‌شود.

کلروفیل a و کلروفیل b: مقدار کلروفیل و رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند زیرا به‌طور مستقیم بر سرعت و میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده مؤثر هستند. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان داد اثر تنش خشکی، کود مرغی و ورمی‌کمپوست و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک و پنج درصد بر مقادیر کلروفیل a و b تأثیرگذار بود. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۱۱) نشان داد با کاهش عمق آب آبیاری مقادیر کلروفیل a و b کاهش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل a (۰/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل b (۰/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد اما از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار نداشت. با توجه به این‌که در شرایط تنش خشکی اولین مکانیسم مقاومتی در گیاهان بسته شدن روزنه‌ها و حفظ آب موجود در برگ می‌باشد، ورود دی‌اکسیدکربن به‌منظور فرایند فتوسنتز در کلروپلاست کاهش می‌یابد (Hosseinzadeh *et al.*, 2016).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل آب آبیاری، ورمی‌کمپوست و کود مرغی بر بهره‌وری مصرف آب

Figure 3- Comparison of the average intraction effects of irrigation water, poultry manure and vermicompost (A× B ×C) on water productivity

استفاده از ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر معنی‌دار بر مقادیر کلروفیل داشت (جدول ۱۱). بیشترین مقدار کلروفیل a (۰/۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل b (۰/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد. ورمی‌کمپوست با تأمین عناصر غذایی و افزایش کلروفیل و در نتیجه بهبود فتوسنتز و یا به دلیل برخورداری از برخی هورمون‌های رشد گیاهی نظیر اکسین و سیتوکینین رشد گیاه را افزایش می‌دهد اما غلظت‌های زیاد آن به دلیل ایجاد تنش اسمزی در محیط و یا نسبت‌های زیاد هورمون‌هایی نظیر اکسین که در غلظت‌های بالا بازدارنده رشد گیاه هستند، اثرات منفی بر رشد گیاه دارد (Dionne *et al.*, 2012)؛ و چیلورو و همکاران (Chiluvuru *et al.*, 2009) در تحقیق خود بیان داشتند کاربرد ورمی کمپوست محتوای کلروفیل را در ویگنا و سنتلا افزایش داد ولی میزان کلروفیل در تیمار ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار ۲۰ درصد کمتر بود. اثرات کود مرغی بر کلروفیل نشان داد استفاده از سطح ۴ تن در هکتار کود مرغی باعث افزایش مقادیر کلروفیل a و b شد و مقادیر کمتر و بیشتر از این مقدار کلروفیل را کاهش داد. اثرات متقابل آب آبیاری و کود مرغی (جدول ۱۲) نشان داد با کاهش آب آبیاری و افزایش مصرف کود مرغی بیشتر از ۴ تن در هکتار مقادیر کلروفیل a و b کاهش یافت. بیشترین مقادیر کلروفیل a و b از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و ۴ تن در هکتار کود مرغی (به ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌دست آمد اما از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۴ تن در هکتار کود مرغی (به ترتیب ۰/۵۶ و ۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. همچنین جدول (۱۲) نشان داد در سطوحی که کم‌آبیاری شدید انجام شده بود (تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی) افزایش مصرف کود مرغی باعث کاهش مقادیر کلروفیل شد. دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت تنش از جمله شاخص‌ها فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است.

غلظت کلروفیل برگ یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک گیاه است (Ghosh *et al.*, 2004)؛ بنابراین کاهش آن در شرایط خشکی می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکننده غیرروزنه‌ای در فتوسنتز به‌حساب آید. با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد.

در شرایط تنش آبی فاکتورهای لازم برای سنتز کلروفیل کاهش و تخریب آن افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر در شرایط تنش کم‌آبی، گیاه با بسته نگه‌داشتن روزنه‌ها در طی روز، سعی در حفظ محتوای آب نسبی خود دارد، در این زمان انتقال الکترون در فتوسیستم II مختل شده و الکترون اضافی ناشی از فتولیز آب، باعث تولید اکسیژن فعال و خسارت به غشای سلولی از طریق پراکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین‌ها و کاهش محتوای کلروفیل گیاه می‌گردد. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل تخریب آن به‌وسیله گونه‌های اکسیژن فعال (پراکسید هیدروژن) می‌باشد، بنابراین بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه می شود (Hoekstra *et al.*, 2001). در گیاهان گزارش‌های متفاوتی از تأثیر تنش بر کلروفیل گزارش شده است. در آزمایشی تأثیر خشکی بر رشد گیاه آفتابگردان بررسی شد. نتیجه نشان داد غلظت کلروفیل a و b و کلروفیل کل کاهش یافت (Manivaannan *et al.*, 2007). تنش آبی در گیاه ذرت و گندم مقدار کلروفیل را به‌شدت کاهش داد (Nayyar and Gupta, 2006).

گرگینی‌شبانکاره و خراسانی‌نژاد (Gorgini Shabankareh and Khorasaninejad., 2016) اثر سدیم نیتروپروساید را بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه مرزه مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بیان داشتند تنش خشکی با تخریب سامانه فتوسنتزی، تخریب غشاء سلولی و کلروپلاست باعث کاهش مقدار رنگ‌دانه‌های کلروفیل a و b و متعاقب آن کاهش توانایی فتوسنتز می‌گردد. اثر متقابل آب آبیاری و ورمی‌کمپوست (جدول ۱۳) نشان داد در تیمارهای آبیاری کامل و ۷۵ درصد نیاز آبی بیشترین مقادیر کلروفیل a و b در سطح مصرف ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مشاهده شد که از این نظر بین این دو تیمار تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی استفاده از مقادیر ۶ و ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مقادیر کلروفیل a و b را کاهش داد. اثر متقابل ورمی کمپوست و کود مرغی (جدول ۱۴) نشان داد استفاده ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیشترین تأثیر را بر مقادیر کلروفیل داشت. استفاده از سطوح بالای ورمی‌کمپوست و کود مرغی باعث کاهش مقادیر کلروفیل شد. تحقیقات نشان داده است کودهای آلی حاوی عناصر ریزمغذی می‌باشند که باعث افزایش مواد آلی خاک می‌شوند و قابلیت جذب عناصر مانند روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن را افزایش می‌دهند. افزایش جذب عناصر غذایی خاک و جذب مواد توسط گیاه و رشد ناشی از آن موجب افزایش میزان کلروفیل می‌شود (Rezaei nejhad and Afiauni, 2000). کودهای آلی مقدار نیتروژن خاک را افزایش داده و باعث افزایش کلروفیل برگ می‌شود (Eidi *et al.*, 2004).

پروتئین ماده خشک میوه: تنش آبی تأثیر مختلفی بر میزان پروتئین گونه‌های مختلف گیاهی داشته و پاسخ آن‌ها به این تنش بسته به گونه متفاوت است. این تفاوت حتی بین ارگان‌های مختلف یک گیاه هم قابل مشاهده است (Dubey,1999). در تحقیق حاضر، میزان آب آبیاری، کود مرغی و ورمی‌کمپوست و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین ماده خشک موجود در محصول خیار داشت (جدول ۶). بررسی اثرات میزان آب آبیاری بر مقدار پروتئین ماده خشک میوه نشان داد بیشترین مقدار پروتئین ماده خشک میوه در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی به دست آمد و پروتئین ماده خشک میوه در سایر تیمارها کمتر بود (جدول ۱۱). گرچه، برخی تحقیقات مثل پلاه و همکاران (Pelah *et al.*, 1997) نتیجه گرفتند که تنش آبی موجب افزایش پروتئین می‌شود. اما؛ چون تولید پروتئین مانند سایر ترکیبات بیوشیمیایی به وجود آب کافی وابسته است. بروز تنش آبی شدید تولید آن را کاهش

می‌دهد. همچنین، طبق نتایج حاصله با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست تا سطح ۶ تن در هکتار مقدار پروتئین ماده خشک میوه افزایش یافت و مقادیر کمتر و بیشتر از این مقدار باعث کاهش مقدار پروتئین ماده خشک شد (جدول ۱۱). آزادسازی ترکیبات نیتروژنه از ورمی کمپوست در طول فصل رشد و تأمین مقدار قابل‌توجهی از عناصر پیش‌نیاز برای تولید پروتئین از کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش پروتئین گیاه شد (Muhammad and Hussain, 2010).

تحقیق زالر (Zaller, 2007) نیز مبین آن بود که استفاده از ورمی کمپوست در گیاه گوجه‌فرنگی و تحت شرایط گلخانه‌ای، موجب بهبود چشمگیر غلظت پروتئین نسبت به تیمار شاهد گردید. او مشاهده کرد که افزایش فعالیت بیولوژیک در محیط رشد حاوی ورمی‌کمپوست، از طریق تأثیر بر تولید مواد تنظیم‌کننده رشد و بهبود جذب عناصری چون نیتروژن، می‌تواند ضمن افزایش وزن میوه گوجه‌فرنگی، موجب بهبود غلظت نیتروژن نیز در آن گردد. افزایش فعالیت بیولوژیک در محیط رشد حاوی ورمی‌کمپوست و پیامد آن بهبود جذب عناصری چون نیتروژن، ضمن افزایش عملکرد گیاه موجب بهبود و افزایش پروتئین گیاه می‌گردد. مو و اکسیو (Mao and Xu, 2016) تأثیر مثبت ورمی کمپوست بر افزایش پروتئین در اسفناج را گزارش کردند.

اثر کود مرغی بر مقدار پروتئین ماده خشک میوه (جدول ۱۱) نشان داد استفاده ۴ تن در هکتار کود مرغی باعث افزایش پروتئین ماده خشک خیار شد. اثر متقابل کود مرغی و آب آبیاری (جدول ۱۲) نشان داد در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی افزایش کود مرغی تا ۴ تن در هکتار باعث افزایش پروتئین ماده خشک میوه شد و استفاده بیشتر از کود مرغی مقدار پروتئین ماده خشک میوه را کاهش داد. در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی استفاده از سطوح ۴ و ۸ تن در هکتار کود مرغی پروتئین را کاهش داد و بیشترین مقدار پروتئین ماده خشک میوه در آن تیمار آبی با مصرف ۲ تن در هکتار کود مرغی به‌دست آمد.

اثرات متقابل آب آبیاری و ورمی‌کمپوست (جدول ۱۳) نشان داد با کاهش عمق آب آبیاری تا ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و افزایش ورمی‌کمپوست تا ۶ تن در هکتار مقدار پروتئین ماده خشک میوه افزایش یافت. بیشترین مقدار پروتئین ماده خشک میوه از تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به میزان ۵۵/۳۱ درصد به دست آمد و کمترین مقدار آن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌میزان ۲۷/۵۷ حاصل شد.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین صفات کیفی اندازه‌گیری شده

Table 11- Comparison of the average of the measured qualitative traits

تیمار Treatment		پروتئین ماده خشک میوه The protein of the dry matter of the fruit (%)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.gr^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.gr^{-1}$)
مقدار آب آبیاری Amount of irrigation water (m^3)	۱۰۰٪ نیاز آبی %100 water requirement	48.41b	0.36a	0.63a
	۷۵٪ نیاز آبی %75 water requirement	56.31a	0.31a	0.58a
	۵۰٪ نیاز آبی %50 water requirement	34.21c	0.19b	0.39b
مقدار ورمی کمپوست Amount of vermicompost ($ton.ha^{-1}$)	3	44.56b	0.25b	0.46b
	6	55.78a	0.34a	0.59a
	9	31.62c	0.18c	0.35c
مقدار کود مرغی Amount of poultry manure ($ton\ ha^{-1}$)	2	34.28b	0.23b	0.42b
	4	56.87a	0.31a	0.61a
	8	37.64b	0.15c	0.38b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each culomn averages with the same letters do not have significant differences based on Duncan's test at the 5% probability level.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدار آب آبیاری و کود مرغی (A×B) بر پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده

Table 12- Comparison of the average intraction effects of the amount of irrigation water and poultry manure (B×A) on the measured quality parameters

مقدار آب آبیاری Amount of irrigation water (m^3)	مقدار کود مرغی Amount of poultry manure (ton ha^{-1})	پروتئین ماده خشک میوه The protein of the dry matter of the fruit (%)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.gr^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.gr^{-1}$)
۱۰۰٪ نیاز آبی 100% water requirement	2	42.15b	0.19b	0.46b
	4	45.18b	0.25a	0.63a
	8	39.23c	0.15d	0.35c
۷۵٪ نیاز آبی 75 %water requirement	2	45.63b	0.19b	0.41b
	4	57.85a	0.23a	0.56a
	8	36.16cd	0.13e	0.28d
۵۰٪ نیاز آبی 50 %water requirement	2	34.25d	0.16c	0.31c
	4	33.56d	0.17c	0.27d
	8	26.51e	0.12e	0.21e

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each culomn averages with the same letters do not have significant differences based on Duncan's test at the 5% probability level.

جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدارآب آبیاری و ورمی‌کمپوست (A×C) بر پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده

Table 13- Comparison of the average interaction effects of irrigation water and vermicompost (C×A) on the measured quality parameters

مقدار آب آبیاری Amount of irrigation water	مقدار ورمی کمپوست Amount of vermicompost (ton.ha^{-1})	پروتئین ماده خشک میوه The protein of the dry matter of the fruit (%)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.gr^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.gr^{-1}$)
۱۰۰٪ نیاز آبی 100 %water requirement	3	40.23c	0.17b	0.43b
	6	47.68b	0.23a	0.59a
	9	37.19dc	0.14d	0.32c
۷۵٪ نیاز آبی 75 %water requirement	3	44.53b	0.18b	0.39b
	6	55.31a	0.21a	0.55a
	9	38.26c	0.12e	0.27c
۵۰٪ نیاز آبی 50 %water requirement	3	35.75d	0.14d	03c
	6	31.41e	0.16c	0.28c
	9	27.57ef	0.11e	0.19d

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each culomn averages with the same letters do not have significant differences based on Duncan's test at the 5% probability level.

جدول ۱٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود مرغی و ورمی کمپوست (B×C) بر پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده

Table 14- Comparison of the average intraction effects of poultry manure and vermicompost (C×B) on the measured quality parameters

مقدار کود مرغی Amount of poultry manure (ton ha^{-1})	مقدار ورمی کمپوست Amount of vermicompost (ton ha^{-1})	پروتئین ماده خشک میوه The protein of the dry matter of the fruit (%)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.gr^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.gr^{-1}$)
2	3	45.24c	0.18c	0.42c
	6	51.26b	0.23b	0.55ab
	9	55.87a	0.26a	0.58a
4	3	50.36b	0.21b	0.48b
	6	58.42a	0.28a	0.62a
	9	40.12c	0.15cd	0.36d
8	3	38.56cd	0.14d	0.33d
	6	36.82d	0.13d	0.31de
	9	28.49e	0.10e	0.24e

در هرستون میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each culomn averages with the same letters do not have significant differences based on Duncan's test at the 5% probability level.

بر طبق نتایج، افزودن ورمی‌کمپوست در شرایط بروز تنش ملایم تأثیر بیشتری بر افزایش میزان پروتئین ماده خشک میوه دارد. وی و همکاران (Wei *et al*., 2009) دریافتند که بیشترین میزان پروتئین محلول در گوجه‌فرنگی در میزان متوسط آبیاری و حداکثر استفاده از کود حاصل می‌شود. همچنین افشار و همکاران (Afshar *et al*., 2014) نتیجه مشابهی در مورد گیاه خار مریم به‌دست آوردند. اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود مرغی (جدول ۱۴) بیشترین درصد پروتئین ماده خشک خیار در تیمار ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۵۸/۴۲ درصد) حاصل شد. استفاده هم‌زمان ۸ تن در هکتار کود مرغی و مصرف سطوح مختلف ورمی‌کمپوست درصد پروتئین ماده خشک را کاهش داد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی اثرات متقابل کود مرغی و ورمی کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی خیار در شرایط کم‌آبیاری انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح کامل تصادفی با تیمارهای سه سطح کود مرغی (۲، ۴ و ۸ تن در هکتار)، سه سطح ورمی‌کمپوست (۳، ۶ و ۹ تن در هکتار) و سه سطح عمق آب آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیازآبی گیاه) انجام شد. یادآور می‌شود که در این تحقیق اثر مصرف جداگانه هر یک از کودهای ورمی‌کمپوست و کود مرغی در شرایط مختلف کم‌آبیاری مورد بررسی قرار نگرفت و نتایج مربوط به اثرات مصرف تلفیقی این دو کود می‌باشد. یافته‌های تحقیق نشان داد بیشترین مقدار عملکرد (۳۶/۸ تن در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف تلفیقی ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که از این نظر با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. بالاترین بهره‌وری مصرف آب (۴/۷ کیلوگرم بر مترمکعب) نیز از تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، مصرف تلفیقی ۶ و ۴ تن در هکتار به‌ترتیب ورمی‌کمپوست و کود مرغی به دست آمد که نتیجه مصرف آب کمتر در این تیمار و عملکرد بالاتر آن بود. تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دلیل استفاده بیشتر از آب علی‌رغم عملکرد بالاتر، بهره‌وری مصرف آب کمتری داشتند. سطوح پایین‌تر نیاز آبی (تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی) نیز به‌دلیل کاهش عملکرد بیشتر، بهره وری کمتری داشت. لذا می‌توان در شرایط مشابه تحقیق مقدار آب داده شده به گیاه را به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه کاهش داد و با مدیریت مناسب مصرف توأم ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۴ تن در هکتار کود مرغی بدون کاهش معنی‌دار عملکرد محصول ضمن افزایش بهره-وری مصرف آب، مقدار آب کمتری مصرف نمود. از نظر کیفی کاربرد ورمی‌کمپوست و کود مرغی باعث افزایش پارامترهای کیفی کلروفیل و پروتئین ماده خشک گیاه شد. این نتایج کاملا کاربردی است و بر اساس هر یک از مسائل موجود در هر منطقه‌ای به‌کارگیری آن نتایج مفیدی خواهد داشت. مخصوصا در شرایطی که محدودیت منابع آب وجود دارد. البته نتایج محدود به منطقه نیست و در مناطق مشابه از نظر اقلیمی، قابل اجرا است. پیشنهاد می‌گردد با توجه به این‌که تحقیقات گذشته نشان داده است مصرف سطوح بالا از ورمی‌کمپوست و کود مرغی باعث شوری خاک و کاهش محصول می‌شود، لازم است برای گیاهان مختلف سطوح مناسب این کودها تعیین گردد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه زابل انجام شده است. کد پژوهانه: IR- UOZ-GR-1837

منابع

1. Abbat, P.E., Dardanelli, J.L., Canatarero, M.G. Melchiori, M., & Suero, E. (2004). Climate and water availability effects on water use efficiency in wheat. *Crop Scince*, *44*, 474-483.
2. Abduli, M.A., Amiri, L., Madadian, E., Gitipour, S., & Sedighian, S. (2013). Efficiency of vermicompost on quantitative and qualitative growth of tomato plants. *International Journal of Environmental Research*, *7*, 467-472. https://doi.org/10.22059/IJER.2013.625.
3. Adediran, JA., Taiwo, LB., Akande, MO., Sobulo, RA., & Idowu, OJ. (2004). Application of organic and in-ganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, *27*, 1163-1181.
4. Afshar, R.K., 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.). *Industrial Crops and Products*, *58*, 166-172.
5. Ahmadpour, R., Armand, N., & Hosseinzadeh, S.R. (2016). Effect of vermicompost extract on germination characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under salinity stress. *Seed Research*, *2*(2), 123-135.
6. Ahmed, M.E., El-Kader, N.I.A & El-Kader Derbala, A.A. (2009). Effect of irrigation frequency and potassium source on the productivity, quality and storability of garlic. *Journal of Basic and Applied Sciences*, *3*(4), 4490-4497.
7. Alfonse, M., & Saad, E.M. (2000). Growing greenhouse cucumber in farmyard and chicken manure media in combination with foliar application of zinc, manganese and boron. *Egyptian Journal of Horticulture*, *27*(3), 315-

336.
8. Amoo Aghaei, R., & Baqaei, M. (2013). Effect of concentration-dependent vermicompost and its extract on seed germination and black seed vegetative growth. *Plant Research*, *27*(4), 691-702. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.23832592.1393.27.4.16.0
9. Anwar, M., Patra, DD., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, AA., & Khanuja, SPS. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *36*(13), 1737-1746.
10. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., & Metzeger, J.D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: 1.Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, *93*, 145-153.
11. Arguello, J.A., Ledesma, A., Nunez, S.B., Rodriguez, C.H., & Goldfarb, M.D. (2006). Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield and quality of Rosado paraguayo garlic bulbs. *Horticultural Science*, *41*(3), 589-592.
12. Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, *23*, 112-121.
13. Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C., & Metzger, J.D. (2001). The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*, *81*(2), 103-108.
14. Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., & Metzger, J.D. (2002). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, *78*(1), 11-20.
15. Azarmi, R., TorabiGiglou, M,. & Hajiegharari, B. (2009).The effect of sheep-manure vermicompost on quantitativeand qualitative properties of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in the greenhouse. *African Journal of Biotechnology*, *8*(19), 4953-4957.
16. Babaei, K., Amini-Dehghi, M., Modares Sanavi, A.M., & Jabari, M. (2010). Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *26*(2), 239-251. (In Persian with English abstract)
17. Bayoumi, T.Y., Eid, M., & Metwali, E.M. (2008). Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *Biotechnology*, *7*, 2341-2352.
18. Beyk Khurmizi, A.,Ganjeali, A., Abrishamchi, P., & Parsa, M. (2010). The effect of vermicompost on salt tolerance of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agroecology* 23:474-485.
19. Chaves, MM .(1999). Effects of water deficits on carbon assimilation. *Experimental Botany* 42: 1-16.
20. Chiluvuru, N., Tartte, V., & Chandra, M. (2009). Plant bioassay for assessing the effects of vermicompost on growth and yield of and two important medicinal plants. *J. D. S. A.* 4: 160- 164.
21. Dionne, R.J., Tweddell, H.A., & Avis, T.J. (2012). Effect of non-aerated compost teas on dampingoff pathogens of tomato. *Canadian Journal Plant Pathology*, *34*(1), 51–57.
22. Dubey, R.S. (1999). Protein synthesis by plants under stressful conditions. *Handbook of Plant and Crop Stress* 2: 365-397.
23. Ebrahimi, E., Asadi, G., & Niemsdorff, P.V.F. (2019). A field study on the effect of organic soil conditioners with different placements on dry matter and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, *8*(1), 59-66. https://doi.org/10.1007/s40093-018-0228-4.
24. Eghball, B., Wienhold, B., & Gilley, J. (2001). Comprehensive manure management for improved nutrient utilization and environment quality. *Soil and Water Conservation Research*, *1*, 128-135.
25. Eidi, A., Eidi, M., Oryan, S., & Esmaeili, A. (2004). Effect of garlic (*Allium sativum*) extract on levels of urea and uric acid in normal and streptozotocin-diabetic rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, *3*, 52-52. (In Persian with English abstract)
26. El-Mageed, T.A.A., & Semida, W.M. (2015). Effect of deficit irrigation and growing seasons on plant water status, fruit yield and water use efficiency of squash under saline soil. *Scintia Horticulturae*, *186*, 89-100. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.013.
27. Fallahi, J. (2009). *Effects of biofertilizers and chemical fertilizers on quantity and quality characterize of Chamomile (Matricaria chamomilla* L.*) as a medicinal plant*. M.Sc. Thesis Fac. Agric. Ferdowsi Universuty of Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract)
28. Gamity, DP., Watts, DG., Sullivan, CY., & Gilley, JR. (1983). Moisture deficits and grain-sorghum performance vapotranspiration yield relationships. *Agronomy*, *74*, 815-820.
29. Ghaderi, M., Hosseini, M., & Keramati, L. (2010). Effect of organic compost fertilizer on growth characteristics of cucumber, tomato, cabbage and lettuce in greenhouse environment. *Iranian Agricultural Sciences*, *69*, 41-60. (In Persian with English abstract)
30. Ghorbani, R., Kouchaki, A., Asadi, Q., & Jahan, M. (2008). Investigation of the effect of application of different organic fertilizers and foliar application of their extracts on the production and shelf life of tomatoes in storage in ecological agricultural systems. *Iranian Agricultural Research*, *6*(1), 111-116. (In Persian with English abstract)
31. Ghosh, PK., Ajay, KK., Bandyopadhyay, MC., Manna, KG., Mandal, AK & Hati, KM. (2004). Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer- NPK on three cropping system in

vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bi. Tech., 95*, 85-93.
32. Gorgini Shabankareh, H., & Khorasaninejad, S. (2016). The effect of sodium nitroprusside on some physiological and biochemical characteristics of safflower under low irrigation regimes. *Crop production Research, 24*(3), 55-70. (In Persian with English abstract)
33. Hoekstra, F., Golovia, A., & Buitink, J.(2001) . Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Tr. P. Sc., 6*, 431-438.
34. 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.
35. Hussain, N., Abbasi, T., & Abbasi, S.A. (2015). Vermicomposting eliminates the toxicity of Lantana (*Lantana camara*) and turns it into a plant friendly organic fertilizer. *Journal Hazard Mater, 298*, 46-57. http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.04.073.
36. Isitekhale, H.H.E., & Osemwota, I.O. (2014). Poultry manure and nitrogen-phosphorus- potassium fertilizer application and their residual effects on soil physical properties in two distinct ecological zones of central southern Nigeria. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45*(21), 2721-2733. https://doi.org/10.1080/00103624.2013.813529.
37. Ievinsh, G. (2011). Vermicompost treatment differentially affects seed germination, seedling growth and physiological status of vegetable crop species. *Plant Growth Regulation, 65*(1), 169-181. https://doi.org/10.1007/s10725-011-9586-x.
38. Kareem, I., Jawando, O.B., Eifediyi, E.K., Bello, W.B., & Oladosu, Y. (2017). Improvement of growth and yield of maize (*Zea mays* L.) by poultry manure, maize variety and plant population. *Agronomical Research in Moldavia, 50*(4), 51-64. https://doi.org/10.1515/CERCE-2017-0035.
39. Kashem, A., Sarker, A., Hossain, I., & Islam, S. (2015). Comparison of the effect of vermicompost and inorganic fertilizer on vegetable growth and fruit production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Soil Science, 5*, 53-65. https://doi.org/10.4236/ojss.2015.52006.
40. Kim, C.Y., Ahn, Y.O., Kim, S.H., Kim, Y.H., & Lee, H.S.(2010). The sweet potato IbMYB1 gene as a potential visible marker for sweetpotato intragenic vector system. *Physiology Plant, 139*, 229-240.
41. Liue, F., Savic, S., Jensen, C.R., Shahnazari, A., Jacobsen, S. & Andersen, M N. (2006).Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticulture, 111*, 128-132. https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2006.10.006.
42. Maleksaidi, H., Rezaimoghdam, K., & Ajili, A. (2010). Knowledge of experts Jahad-e keshavarzi Fars province, in the fields of organic farming. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal, 6*(2), 49-62. (In Persian with English abstract)
43. Manivaannan, P., Abdul Jaleel, C., Sanka, B., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2007). Growth biochemical modification and proline metabolism in *Helianthus annus* L. as induced by drought stress, *Colloids and Surfaced B. Biointerfaces, 59*, 141-149.
44. Mao, X., Liu, M., Wang, X., Liu, C., Hou, Z., & Shi, J. (2003). Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. *Agriculture water Management, 61*(3), 219-228. https://doi.org/ 10.1016/S0378-3774(03)00022-2.
45. Mirsohail, M., & Gholami, M.(2008). *Vermicompost of cattle manure and how to produce it.* Olive Publications, 186 pages. (In Persian with English abstract)
46. Mirzaei Takhtagahi, H., Qamarnia, H., & Farmani Fard, M. (2017). Effect of vermicompost and irrigation with contaminated water on yield and yield components of tomato and Okra. *Water Research in Agriculture, 32*(4), 556-565. (In Persian with English abstract)
47. Movahedi, S., Heidari-Nasserabad, B., Hashemi-Ana, S.K., & Ranjbar, F. (2012). Zoning of climatic areas of Khuzestan province. *Geographical Space, 12*(30), 64-73. (In Persian with English abstract)
48. Muhammad, Z., & Hussain, F. (2010). Effect of NaCl salinity on the germination and seedling growth of some medicinal plants. *Pak Journal Botany, 42*(2), 889-897.
49. Nayyar, H., & Gupta, D .(2006). Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany*, 58, 106113. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.06.021
50. Norozi, A., Khodadadi, M., Gholchin, A., & Akbarinia, A. (2010). Effect of manure poultry different level on the quantitative and qualitative Iranian musk melon. *Journal of Horticultural Science, 2*(2), 245-250.
51. Paris, P., Matteo, G.D., Tarchi, M., Tosi, L., Spaccino, L., & Lauteri, M. (2018). Precision subsurface drip irrigation increases yield while sustaining water use efficiency in Mediterranean poplar bioenergy plantations. *Forest Ecology and Management, 409*, 749–756.
52. Payero, J.O., Melvin, S.R., Irmak, S., & Tarkalson, D. (2009). Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. *Agriculture Water Management, 84*, 101–112.
53. Pelah, D., Wang, W., Altman, A., Shoseyov, O., & Bartels, D. (1997). Differential accumulation of water stress-related proteins, sucrose synthase and soluble sugars in Populus species that differ in their water stress

response. *Plant Physiology, 99*(1), 153-159.
54. Piri, H., & Bameri, A. (2019). Interaction of water and organic and chemical fertilizers on water productivity of garlic in the drain of Sistan plain. *Water Research in Agriculture, 33*(2), 250-263. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/jwra.2019.119741.
55. Piri, H., & Rashki, P. (2019). Effect of interaction of vermicompost and compost tea on greenhouse cucumber under water stress. *Water and Irrigation Management, 9*(1), 55-68. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/JWIM.2019.283562.686.
56. Rezaei nejhad, y., & Afiauni, M. (2000). The effects of organic fertilizers on some chemical soil characteristics and elemental absorption and yield of maize crop. *Agricultural and Natural Science Journal*, *4*(4), 19-29. (In Persian with English abstract).
57. Rezvani Moghaddam, P., Sabouri, A., Mohammadabadi, A.A., & Moradi, R. (2013). The effect of chemical fertilizers, cattle and municipal waste compost on yield, yield components and oil content of three sesame genotypes in Mashhad. *Iranian Agricultural Research, 11*(2), 241-250. (In Persian with English abstract)
58. Sahin, U., Ors, S., Kiziloglu, F.M., & Kuslu, Y. (2014). Evaluation of water use and yield responses of drip-irrigated sugar beet with different irrigation techniques. *Chilean Journal of Agricultural Research, 74*(3), 302-310. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000300008.
59. Sahni, S., Sarma, B., Singh, D., Singh, H., & Singh, K. 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against Sclerotium rolfsii. *Crop Protection, 27*, 369-376. http://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.07.001.
60. Shariati, S., Ali Alikhani, H., Pourbabaee, A. (2014). Effect of nanoprosil-1 (lus-1) in combination with vermicompost for production of pseudomonas fluorescents inoculants on the growth and yields of maize. *Agricultural Advances, 303*, 81-87.
61. Sreevalli, Y., Baskaran, K., chandra shekara, R., Kuikkarni, R., Sushil, H., Samresh, D., Kukre, J., Ashok, A., Sharmr Singh, K., Srikant, S., & Rakesh, T. (2001). Preliminary obserration on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science, 22*, 356-358.
62. Stone, S.L., & Gifford, D.J. (1997). Structural and biochemical changes in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seeds during germination and early seedling growth: I. Storage protein reserves. *International Journal of Plant Science, 158*, 727–737.
63. Taiz, L., & Ziger, E. (1991). *Plant Physiology*. Benjamin Publication. p. 346-356.
64. Tasdighi, H., Salehi, A., Movahedi Dehnavi, M., & Behzadi, Y. (2014). Investigating yield, yield components and the amount of German chamomile essential oil with the use of vermicompost and surfaces different irrigation. *Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 25*(3), 78-62.
65. Terakado, J., Tadakatsu, Y., & Shinsuke, F. (2006). Shoot-applied polyamines suppress nodule formation in soybean (*Glycine max*), *Plant Physiology*, *163*, 497–505. http://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.05.007.
66. Theunissen, J., Ndakidemi, A., & Laubscher, C.P. (2010). Potential of vermicompost produced from plant west on growth and nutrient statue in vegetable production. *International Journal of Physical Sciences, 5*(13), 964-973.
67. Tuzel, Y., Yagmur, B., & Gumus, M. (2003). Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Horticultura, 4*, 775-780. http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.614.114.
68. Waldrip, H.M., He, Z., & Erich, M.S. (2011). Effects of poultry manure amendment on phosphorus uptake by ryegrass, soil phosphorus fractions and phosphatase activity. *Biology and Fertility of Soils, 47*, 407-418. http://doi.org/10.1007/s00374-011-0546-4.
69. Walker, D.J., & Pilar, M. (2008). The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource Technology, 99*, 396-403. http://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.12.006.
70. Wamba, O. F., Taffouo, V. D., Youmbi, E., Ngwene, B., & Amougou, A. (2012). Effects of organic and inorganic nutrient sources on the growth, total chlorophyll and yield of three Bambara groundnut landraces in the coastal region of Cameroon. *Journal of Agronomy, 11*(2), 31-42. http://doi.org/10.3923/ja.2012.31.42.
71. Wang, X., Kang, Y., Liu, P., & Hou, Y. (2007). Effects of soil matric potential on potato growth under drip irrigation in the North China Plain. *Agricultural Water Management, 88*, 34-42.
72. Wang, H., Li, J., Cheng, M., Zhang, F., Wang, X., Fan, J., Wu, L., Fang, D., Zou, H., & Xiang, Y. (2019). Optimal drip fertigation management improves yield, quality, water and nitrogen use efficiency of greenhouse cucumber. *Scintia Horticulturae, 243*, 357-366.
73. Wei, Z., Liang, Y., Yamada, S., Zeng, X., Zhou, M., Huang, M., & Wu, Y. (2009). Relation of soil microbial diversity to tomato yield and quality under different soil water conditions and fertilizations. *Chin Journal Plant Ecology, 33*(3), 580–586. (In Chinese with English abstract). http://doi.org/10.1371/journal.pone.0245626.
74. Xu, C., & Mou, B. (2016). Vermicompost affects soil properties and spinach growth, physiology, and nutritional value. *HortScience, 51*(7), 847-855. http://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.7.847.
75. Yazdan Panah, A., & Motalabi Fard, R. (2016). Effects of poultry manure and potassium fertilizer on yield and

uptake of nitrogen, phosphorus, potassium, zinc and copper in potatoes. *Applied Soil Research, 4*(2), 60-71. (In Persian with English abstract)

76. Yang, L., Zhao, F., Chang, Q., Li, T., & Li, F. (2015). Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. *Agriculture Water Managent, 160*, 98-105. http://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.002.
77. Zafari, J., Rokhzadi, A., & Talebi, R. (2019). The effect of organic and chemical fertilizers on growth and yield of chickpea cultivars under dryland conditions. *Crop Physiology, 11*(42), 85-103. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.76712423.1395.11.42.3.8.
78. Zaller, J.G. (2007). Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae, 112*, 191-199. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.023.
79. Zhao, Y., Luo, X.Q., Chen Zhang ,X.J., & Zhang, W.L. (2010). Greenhouse tomato-cucumber yield and soil N leaching as affected by reducing N rate and adding manure: A case study in the Yellow River Irrigation Region China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 94*(2), 221-235. http://doi.org/10.1007/s10705-012-9535-8.