

EXTENDED ABSTRACT

Investigating the effects of compost and biochar on Maize in different irrigation regimes and drip irrigation system in Khoramabad region

M. Saeidinia^{1*}, S. H. Mousavi² and S. Rahimi Moghadam³

1* - Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. (saeidinia.m@lu.ac.ir).

2- Master's student, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 31 May 2023

Revised: 03 January 2024

Accepted: 06 January 2024

Keywords:

Organic fertilizers, water management, fodder crops, irrigation systems.

TO CITE THIS ARTICLE :

Saeidinia, M., Mousavi, S. H., rahimi moghadam, S. (2024). 'Investigating the effect of compost and biochar on Maize under the condition of water stress and drip irrigation in Khoramabad region.', *Irrigation Sciences and Engineering*, 47(3), pp. 69-85. doi: 10.22055/jise.2024.43920.2081.

Abstract

Water shortage is one of the most important threats to the survival and development of agriculture in the country, so it is necessary to use different methods of farm water management to improve the water productivity and water efficiency. In order to investigate the effect of vermicompost and biochar on the yield and water productivity of corn, a factorial research was conducted in Khorramabad city with a completely random basic design in three replications, the first factor was irrigation water treatment at 4 levels including irrigation based on supplying 100% of Water requirements (I1), providing 80% of Water requirements (I2), providing 60% of Water requirements (I3), providing 40% of Water requirements (I4) and the second factor including organic fertilizer, vermicompost (C), biochar (B) and control treatment (I). The results of the research showed that maximum wet yield, dry yield and plant height were observed in the I1-C treatment, which were 126.71 tons per hectare, 46.27 tons per hectare and 2.35 meters, respectively, and the maximum amount of wet productivity and dry productivity was obtained in I2-C treatment was 16.79 kg/m³ and 5.9 kg/m³, respectively. Although the use of vermicompost had better results than biochar, the use of biochar also increased the yield compared to the control treatment, so that in the treatment without water stress and using biochar, the dry yield was 27.06%, the wet yield was 29.78%, and the biological productivity 36.41% and more productive 46.01% increase in control treatment ratio was observed. Therefore, the use of these two organic fertilizers was significantly effective in increasing the yield and water productivity of corn.

Introduction

Corn is a one-year plant that belongs to the cereal family and has a higher yield compared to other cereals (Warman, 2003). Using deficit irrigation is one of the effective methods to increase water

productivity and increase production per water usage (Howell *et al.*, 2004). The use of renewable resources is one of the principles of sustainable agriculture, which leads to maximum agricultural productivity and minimum environmental risks. The excessive use of chemical fertilizers has caused an decrease in organic matter in soils, as a result of which the yield of the crop decreases. Therefore, in order to maintain soil fertility, improve its physical and chemical properties, and maintain balance in environmental factors, the use of organic and biological fertilizers in agricultural soils is inevitable (Zhang *et al.*, 2014). One of the organic fertilizers is biochar, which has become popular in recent years (Leng *et al.*, 2019). Biochar is charcoal prepared from plant biomass and agricultural waste, which are burned in the presence of little or no oxygen (Ashoori *et al.*, 2019). Another famous organict fertilizers is vermicompost. The use of biofertilizers, including vermicompost, can improve soil fertility in addition to meeting the plant's fertilizer needs (Ravindran *et al.*, 2008).

Research Methodology

The current research was carried out under the climatic conditions of Khorram Abad with the geographic coordinates of the region 48 degrees 15 minutes east and 33 degrees 26 minutes north and an altitude of 1147 meters above sea level. Considering that the corn plant can be cultivated in the temperature conditions of Khorram Abad, for this purpose this plant (variety SC-704) was selected. In this research, biochar (burnt wood of fruit trees at 400 degrees Celsius and a small amount of oxygen) and vermicompost were used. The irrigation system was also set based on tape drip irrigation system with 15 cm intervals for each dripper. This research was conducted in the form of a factorial design in three replications. The first factor is irrigation water treatment in 4 levels including irrigation based on 100% of soil moisture deficiency (I₀), 80% of soil moisture deficiency (I₁), 60% of soil moisture deficiency (I₂), 40% of soil moisture deficiency (I₃), compared to FC (Table 1).

Table 1- Irrigation treatment

Total irrigation water (mm)	Irrigation treatment
787.2	I ₁₀₀
662.8	I ₈₀
538.3	I ₆₀
413.9	I ₄₀

The second factor is management of water stress by using biochar (2.5 tons per hectare) (B), compost (12.5 tons per hectare) (C) and control treatment (without using any substance) (I) . (Table 2).

Table 2- Treatment of corrective substances

The amount of correction material in each treatment (ton/hect)	Treatments
0	I
12.5	C
2.5	B

The average irrigation cycle is 3 days (common irrigation cycle for strip irrigation). A Class evaporation pan installed in the field was also used to determine the irrigation depth. Irrigation efficiency (E_a) was calculated at 95% and considering 5% losses. To calculate the water requirement of corn, evapotranspiration of corn plant was done as the net depth of irrigation and Gross depth was calculated as the amount of water given to achieve 100% water requirement treatment. After

calculating the irrigation depth to calculate the water volume, the depth was multiplied by the area of the plots and the obtained volume was controlled by a volumetric meter with a maximum output of 10 cubic meters per hour. At the end of the season, the crop was harvested by removing two planting lines from around each plot from a surface equivalent to one square meter of internal planting lines. During the harvest, it was done by removing two planting lines from around harvest to one square meter of internal planting lines. The height of the plant was measured at the time of harvesting in the field and before removing the plant. Then, by transferring the plants to the laboratory wet yield, biological yield and leaf area index were measured. Finally, to investigate the effect of different treatments on water productivity, the water productivity index was calculated using equation (1).

$$WPI=Y/I \quad (1)$$

In the above equation: (Y) is biological yield (kilogram per hectare), (I) is amount of irrigation water (cubic meter per hectare) and (WPI) is irrigation water productivity (kilogram per cubic meter).

Results and Discussion

It was observed that The amount of wet yield in compost treatment (I100-C) by 126.71 tons per hectare is more than biochar treatments (I100-B) by 103.09 tons per hectare and control treatment (I100) by 76.85 tons per hectare. It should be mentioned that at this level of irrigation, the difference between wet yield in different treatments was significant. It was the same reason in The 80% of water supply. These results indicate that under irrigation of 100 and 80% of water requirement, the application of compost and biochar has increased the wet yield and it also seems that the performance of compost was better than biochar in increasing production. The trend of changes in dry yield under different treatments is almost similar to wet yield. In the compost and biochar treatments with 100 and 80% of water requirement, the application of these two substances had a significant effect on the dry yield compared to the control treatment. The increase in dry yield in compost and biochar treatments compared to the control treatment, in the irrigation level of supplying 100% of the water requirement was 75.4% and 27%, respectively, and in the irrigation level of 80% of the water requirement about 52.2% and 17.8% increase Found. In general, at 100% and 80% irrigation levels of water requirement, no significant difference was observed between the amount of height in different levels of biochar and compost. According to the results of the research, a significant difference between the productivity in different treatments was observed at the levels of 100 and 80% of water requirement. The highest amount of productivity was related to I80- C with 16.74 kg per cubic meter of water and the lowest productivity related to I100 with 10.01 kg per cubic meter of water. According to the observations and data of this research, the compost amendment material had a considerable superiority over other materials at all irrigation levels. Therefore, the use of compost increases the crop yield per hectare. So that at the levels of 100% and 80% of water requirement, the highest performance was specific to biochar treatments after compost.

Conclusion

By investigating the effect of deficit irrigation, compost and biochar on the yield of fodder corn under strip drip irrigation in Khorramabad region, the results showed that different irrigation and compost treatments, yield (wet and dry), plant height, and corn water efficiency. Increasing the use of compost even in the conditions of high drought stress is cause increases the yield and water productivity and in the treatment of 80% of water requirement and adding 12.5 tons per hectare of compost we increase the yield and water productivity while saving 20% of water. Substituting organic fertilizers instead of chemical fertilizers not only does not reduce plant performance, but also reduces environmental pollution caused by them.

Reference

- 1- Ashoori, N., Teixido, M. and Spahr, S., 2019. Evaluation of pilot- scale biochar – amended woodchip bioreactors to remove nitrate, metals, and trace organic contaminants from urban storm water runoff. *Water Research*, 154 (1), pp. 1-11. doi: 10.1016/j.waters.2019.01.040.
- 2- Howell, T.A., Evett, S.R., Tolk, J.A. and Schneider, A.D., 2004. Evapotranspiration of full-, deficit-irrigated, and dryland cotton on the Northern Texas High Plains. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 130(4), pp.277-285.. doi:10.1061/(ASCE)0733-9437(2004)130:4(277).
- 3- Leng, I., Huang, H., Li, H., Li, J. and Zhou, W., 2019. Biochar stability assessment methods, review. *Science of The Total Environment*, 647,pp. 210-222. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.402.
- 4- Ravindran, B., Dinesh, S. L., Kennedy, L. and Sekaran, G., 2008. Vermicomposting of solid waste generated from Leather Industries using epigeic earth worm *eiseniafetida*. *AppliedBiochemical Biotechnology*, 151, pp. 480-488. doi: 10.1007/s12010-008-8222-3.
- 5- Warman, A., 2003. *Corn and capitalism: How a botanical bustard grew to global dominance*. The University of North Carolina Press, USA, pp . 1-273.
- 6- Zhang, L., Sun, X., Tian, Y. and Gong, X., 2014. Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea insignis*. *Scientia Horticulturae*, 176, pp. doi: 10.1016/j.scienta.2014.06.021.





بررسی اثرات ورمی کمپوست و بیوجار بر ذرت علوفه‌ای در رژیم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای در منطقه خرم‌آباد

مهری سعیدی نیا^{۱*}، سید حسین موسوی^۲ و سجاد رحیمی مقدم^۳

^۱ - نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران saeedinia.m@lu.ac.ir
^۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
^۳ - استادیار، گروه و مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶

بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱۳

دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

چکیده

کمبود آب یکی از مهمترین تهدیدها برای ادامه حیات و توسعه کشاورزی در کشور است لذا استفاده از روش‌های مختلف مدیریت آب در مزرعه برای بهبود میزان بهره‌وری و راندمان مصرف آب ضروری است. به منظور بررسی اثر ورمی کمپوست و بیوجار بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت، پژوهشی در شهر خرم‌آباد به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد که فاکتور اول تیمار آب آبیاری در چهار سطح شامل آبیاری بر اساس تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I1)، تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی (I2)، تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی (I3)، تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی (I4) و فاکتور دوم شامل کود آلی ورمی کمپوست (C)، بیوجار (B) و تیمار شاهد (بدون ماده اصلاحی) (I) بودند. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین میزان عملکرد تر، عملکرد خشک و ارتفاع بوته در تیمار I1-C مشاهده گردید که به ترتیب برابر ۱۲۶/۷۱ تن در هکتار، ۴۶/۲۷ تن در هکتار و ۲/۳۵ متر به دست آمد و بیشترین مقدار بهره‌وری تر و بهره‌وری خشک در تیمار I2-C بود که به ترتیب برابر ۱۶/۷۹ کیلوگرم بر متر مکعب و ۵/۹ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. اگرچه استفاده از ورمی کمپوست نتایج بهتری نسبت به بیوجار داشت اما کاربرد بیوجار نیز سبب افزایش عملکرد محصول نسبت به تیمار شاهد گردید به طوری که در تیمار بدون تنش آبی و مصرف بیوجار عملکرد خشک ۲۷/۰۶ درصد، عملکرد تر ۲۹/۷۸ درصد، بهره‌وری بیولوژیک ۳۶/۴۱ درصد و بهره‌وری تر ۴۶/۰۱ درصد افزایش نسبت تیمار شاهد مشاهده گردید. لذا استفاده از این دو کود آلی در افزایش عملکرد و بهره‌وری آب ذرت به طرز قابل توجهی مؤثر واقع شد.

کلیدواژه‌ها: کودهای آلی، مدیریت آب در مزرعه، محصولات علوفه‌ای، روش آبیاری.

مقدمه

محصولات زراعی می‌باشد (Aslam et al., 2015). استفاده از کم‌آبیاری یکی از روش‌های مؤثر برای بالابردن بهره‌وری آب و افزایش تولید به ازای آب مصرفی است. زمانی که با کمبود بارش مواجه باشیم و منابع آبی محدود باشند، کم‌آبیاری در اراضی پهناور نسبت به بسیاری از روش‌های مدیریت آب در مزرعه مؤثرتر است و باعث افزایش بهره‌وری آب می‌شود (Howell et al., 2004). در چند دهه گذشته استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای گسترش یافته و پس از استفاده در محصولات مختلف زراعی مشخص شد که آبیاری قطره‌ای قادر به کاهش آب مصرفی و افزایش کارایی آب در محصولات مختلف است (Bronson et al., 2006). کاربرد منابع و نهادهای تجدیدپذیر، یکی از اصول کشاورزی پایدار است که موجب حداکثر بهره‌وری زراعی و کم‌ترین خطرات زیست‌محیطی

کمبود آب یکی از مهم‌ترین تهدیدهای کشاورزی، امنیت غذایی، بهداشت، صنعت و بقای جوامع انسانی است (Chartzoulakis and Bertaki, 2015). بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته متوسط میزان بارش در ایران ۲۵۰ میلی‌متر است که این میزان یک‌سوم میانگین جهانی است. از طرف دیگر، بخش کشاورزی قسمت عمده‌ای از منابع آبی را به خود اختصاص داده است در حالی که متوسط جهان حدود ۷۰ درصد است (Masomi et al., 2015). ذرت گیاهی یک‌ساله است که از خانواده غلات به‌شمار می‌رود و در مقایسه با سایر غلات عملکرد بالاتری را به خود اختصاص داده است (Warman, 2003). پس از گندم و برنج بیشترین سطح زیر کشت به ذرت تعلق گرفته است اما از لحاظ میزان تولید بیشتر از سایر

انجام آزمایشی نشان دادند استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و زیستی (ورمی کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت) بهترین گزینه در زراعت جو و در شرایط کم‌آبایی می‌باشد. Zafar et al., (2018) تأثیر دو نوع بیوپچار کلش گندم و باگاس نیشکر را روی اجزای عملکرد ذرت در شرایط دیم بررسی نمودند. مقادیر متفاوت مصرف بیوپچار نشان داد که مقدار بالاتر بیوپچار منجر به افزایش عملکرد دانه و زیست توده گیاه ذرت خواهد شد. بیوپچار کلش گندم و باگاس نیشکر به مقدار ۱۰ تن در هکتار به ترتیب افزایش ۲۸/۹ و ۲۷/۶ درصدی در زیست توده را نشان دادند. همچنین Moradi et al (2017) در تحقیقی تأثیر کاربرد بیوپچارهای حاصل از هرس سیب، هرس انگور و کاه کلش گندم در سطوح یک، دو، چهار و هشت درصد کاربرد در یک خاک آهکی پرداختند، که نتایج آنها نشان داد کاربرد این بیوپچارها به‌ویژه سطح هشت درصد موجب افزایش معنی‌دار مقدار PH، درصد کربن آلی و مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مقایسه با تیمارهای شاهد شد، اما تنها بیوپچار کاه و کلش گندم به‌طور معنی‌دار موجب افزایش نسبی قابلیت هدایت الکتریکی شده بود و دو بیوپچار دیگر در این زمینه اثر معنی‌داری نداشتند. با توجه به نتایج تحقیق‌های انجام شده و کمبود منابع آب، به‌نظر می‌رسد بررسی میزان عملکرد محصولات تحت شرایط مدیریت‌های مختلف مانند استفاده از ورمی کمپوست، بیوپچار، آبیاری قطره‌ای نواری، کم‌آبایی و... به‌صورت منطقه‌ای ضروری می‌باشد. سطح زیر کشت ذرت در استان لرستان حدود ۳۷۷۳ هکتار (رتبه شانزدهم از نظر تولید ذرت در بین ۳۲ استان تولید کننده ذرت) و میزان عملکرد آن حدود ۴۶۹۶۷ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. با توجه به اهمیت گیاه ذرت به‌عنوان یکی از کشت‌های آبی مهم در استان لرستان، این تحقیق با هدف بررسی میزان عملکرد ذرت علوفه‌ای (رقم SC-704)، تحت آبیاری قطره‌ای نواری (TAPE)، مدیریت کم‌آبایی توام با استفاده از بیوپچار و ورمی کمپوست برای مدیریت بهتر آب مزرعه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر تحت شرایط اقلیمی خرم‌آباد با مختصات جغرافیایی منطقه ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۴۷ متری از سطح دریا انجام گرفت. در این تحقیق ذرت با رقم SC-704 مورد استفاده قرار گرفت. مواد اصلاحی به‌کاربرده شده نیز شامل بیوپچار (چوب سوخته درختان میوه در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تحت شرایط کبود اکسیژن) به میزان ۱/۵ تن در هکتار و کود ورمی کمپوست به میزان ۶ تن در هکتار بود. سیستم آبیاری نیز از نوع قطره‌ای نواری (TAPE) با فواصل روزانه ۱۵ سانتی‌متر و آبدهی ۱/۶ لیتر در ساعت انتخاب گردید.

می‌شود. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی موجب کاهش روزافزون ماده آلی در خاک‌های کشاورزی شده که به‌دنبال آن عملکرد محصول کاهش می‌یابد؛ بنابراین برای حفظ حاصل‌خیزی خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن و حفظ تعادل در عوامل زیست‌محیطی، مصرف کودهای آلی و زیستی در خاک‌های کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است (Zhang et al., 2014). یکی از کودهای آلی، بیوپچار است که در سال‌های اخیر استفاده از آن رواج پیدا کرده است (Leng et al., 2019). بیوپچار، ذغال تهیه شده از زیست توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آن‌ها در حضور کم و یا عدم حضور اکسیژن انجام می‌شود (Ashoori et al., 2019). مصرف کودهای زیستی از جمله ورمی کمپوست می‌تواند علاوه بر تأمین نیاز کودی گیاه باعث بهبود حاصل‌خیزی خاک نیز شود (Ravindran et al., 2008). میزان بیش‌تر نیتروژن، فسفر و پتاس در ورمی کمپوست نسبت به سایر کودهای آلی در بیش‌تر منابع تأیید شده است (Srivastava and Beohar, 2004)؛ Mahajan et al., (Arancon and Edwards, 2009). طی یک تحقیق، نشان دادند که میزان تلفات آب، تحت آبیاری قطره‌ای برای کشت ذرت، ۵۰ درصد کل آب مصرفی بوده است. Amini Najafabadi et al., (2021) پژوهشی با هدف مطالعه‌ی اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت تنش رطوبتی در اصفهان انجام دادند. نتایج نشان داد تیمار تأمین ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبتی با عملکرد محصول ۶۶۵۰۷ کیلوگرم بر هکتار و بهره‌وری آب ۱۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب بهترین تیمار بود. به‌منظور بررسی تأثیر کم‌آبایی بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته، تحقیقی در سال ۱۳۹۸ در منطقه ورامین اجرا شد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین و مقادیر بهره‌وری آب به‌دست آمده در این پژوهش، در نهایت در مناطقی با اقلیم مشابه، که با کمبود منابع آبی مواجه هستند، برای استفاده بهینه از منابع آب، اعمال تنش کم‌آبی در سطح ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه با مدیریت پالسی در زراعت ذرت علوفه‌ای توصیه گردید (Hajirad et al., 2021). برای بررسی اثرات کم‌آبایی بر روند رشد، خصوصیات کمی، کیفی و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در کرمانشاه مطالعه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد مقدار بیشینه کارایی مصرف آب نسبت به عملکرد دانه، زیست‌توده و چربی در تیمار بیش‌آبایی به‌ترتیب معادل ۱/۱۵، ۲/۷۴ و ۰/۰۵۴۸ کیلوگرم بر هکتار به‌دست آمدند. لذا، کم‌آبایی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۶ در کرمانشاه توصیه نمی‌شود (Palash et al., 2022). Doan et al., (2015) در پژوهشی بیان کردند که استفاده از کمپوست و ورمی کمپوست در مزارع ذرت سبب افزایش عملکرد گیاه به‌ویژه در شرایط کمبود رطوبت و تنش آبی می‌شود. Maleki Frahani و Chaichi (2012) نیز با

ایجاد گردید و سپس مواد اصلاحی به خاک اضافه و کاملاً مخلوط شدند

در مرحله بعد، در تمام تیمارها، بذر ذرت در عمق پنج سانتی‌متر در حدود پنج سانتی‌متر پایین پشته کشت شد و تراکم بوته در آن ۱۳ بوته در هر مترمربع به دست آمد. برخی خصوصیات کیفی آب مورد استفاده برای آبیاری نیز سنجیده شد (جدول ۲).

این تحقیق در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول تیمار آب آبیاری در چهار سطح شامل آبیاری بر اساس وجود تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I1)، تأمین ۸۰ نیاز آبی (I2)، تأمین ۶۰ نیاز آبی (I3)، تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی (I4) بود. (جدول ۳).

فاکتور دوم شامل مدیریت کاهش تنش آبی با استفاده از بیوپار (۱/۵ تن در هکتار) (B)، ورمی‌کمپوست (شیش تن در هکتار) (C) و تیمار شاهد (بدون استفاده از هیچ ماده‌ای) (I) در نظر گرفته شد (جدول ۴).

آزمایش در مجموع شامل ۱۲ تیمار و ۳۶ کرت (شکل ۱) بود.

مراحل انجام طرح به این صورت بود که ابتدا برای تعیین خصوصیات خاک مزرعه تحقیقاتی، در ابتدای کار و قبل از کشت ذرت، از نقاط مختلف مزرعه نمونه‌برداری صورت گرفت که نتایج آنالیز آن در جدول (۱) ارائه شده است. بر اساس توصیه‌های کودی، میزان کود داده شده به زمین به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (یک سوم پایه و دو سوم سرک) بود که نیمی از آن در مرحله سه برگی شدن نیمی دیگر در مرحله رشد ساقه به ذرت داده شد. همچنین ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار سوپر فسفات تریپل بود که در ابتدا زمین شخم زده شد و دیسک خورد و پس از آن به صورت یکنواخت مجدداً با دیسک در سطح زمین پخش گردید. پس از مرحله شخم، دیسک، ماله‌کشی و تسطیح، فاروها ایجاد و کرت‌های آزمایشی به مساحت ۴×۴ متر ایجاد گردید. برای کنترل اثرات تیمارهای آزمایش روی یکدیگر فاصله‌ی کرت‌های آزمایشی از هم یک متر در نظر گرفته شد. در هر کرت آزمایش به صورت دستی پشته‌هایی به فواصل ۷۵ سانتی‌متر ایجاد گردید.

پس از مرحله شخم و دیسک و تنظیم کرت‌ها، شیارهایی به عمق پنج تا ۱۰ سانتی‌متر بر روی دیواره و کف جویچه‌ها در کرت‌های مربوط به تیمارهای مواد اصلاحی بیوپار و ورمی‌کمپوست

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Physical and chemical properties of farm soil

soil depth	soil texture	PWP	FC (Volume %)	ρ_b (gr/cm ³)	K (ppm)	P (ppm)	N (ppm)
		Volume) (%)					
0-30	Silty loam	16.19	30.76	1.56	360	6.02	0.131
30-60	Silty loam	18.56	35.73	1.86	321	5.75	0.091
60-90	Silty loam	18.81	35.87	1.88	298	5.64	0.024

جدول ۲- خصوصیات کیفی آب آبیاری در طول فصل

Table 2- Quality characteristics of irrigation water during the season

SAR	Na ⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Ca ²⁺ (meq/l)	TDS (mg/l)	EC (ds/m)	PH
0.73	1.28	1.6	4.6	397	0.6	7

جدول ۳- تیمار آبیاری

Table 3- Irrigation treatment

Irrigation treatment	Total irrigation water (mm)
I ₁₀₀	706.5
I ₈₀	590
I ₆₀	473.5
I ₄₀	357

جدول ۴- تیمار مواد اصلاحی

Table 4- Treatment of corrective substances

Treatments	The amount of correction material in each treatment (ton/hect)
I	0
C	6
B	1.5

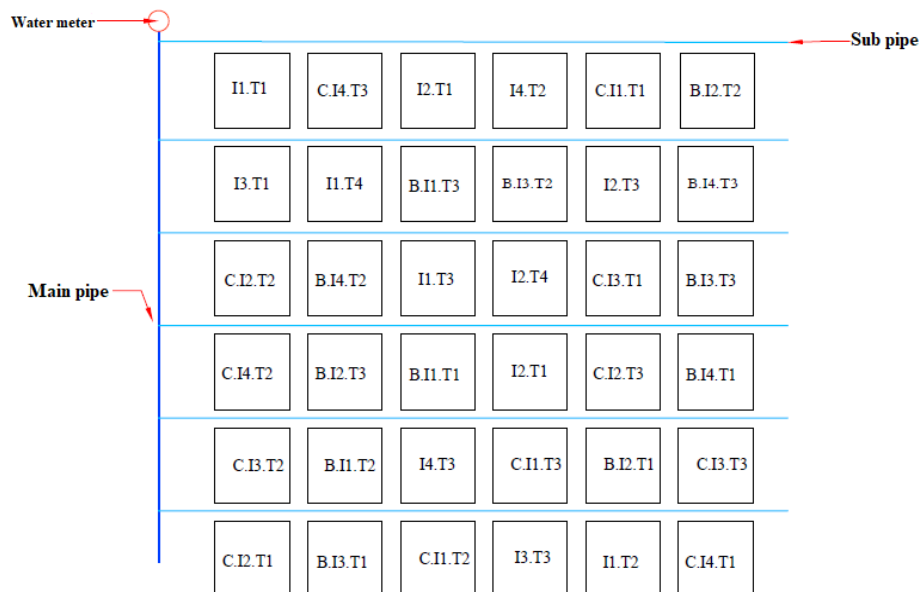


Fig. 1- General placement of the research project

شکل ۱- جانمایی کلی طرح

که در این رابطه، ET_0 : تبخیر - تعرق مرجع، K_{pan} : ضریب تشتت که ۰/۷ در نظر گرفته شد (Alizadeh, 2004). E_{pan} : میزان عمق آب بخار شده از تشتت است. حال برای محاسبه تبخیر - تعرق گیاه ذرت فرمول زیر مورد استفاده قرار گرفت.

$$ET_C = ET_0 \cdot K_C \quad (2)$$

که در این فرمول، ET_C : تبخیر - تعرق گیاه ذرت، ET_0 : تبخیر - تعرق مرجع و K_C ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای است که در ابتدا از ترجمه مجله فائو ۵۶ استخراج شد و سپس برای مراحل مختلف رشد برای اقلیم خرم‌آباد بر اساس روابط ارائه شده اصلاح شدند (Vaziri et al., 2009). میزان ضریب گیاهی در مراحل اولیه طبق اندازه موجود در مجله فائو در نظر گرفته شد. اما

دور آبیاری به‌طور متوسط سه روز (دور آبیاری رایج برای آبیاری نواری قطره‌ای) در نظر گرفته شده است. برای تعیین عمق آبیاری نیز از تشتت تبخیر کلاس A تعبیه شده در مزرعه استفاده شد. راندمان آبیاری (Ea) ۹۵ درصد و با در نظر گرفتن پنج درصد تلفات محاسبه شد. برای محاسبه‌ی آب مورد نیاز ذرت، تبخیر - تعرق گیاه ذرت به‌عنوان عمق خالص آبیاری و عمق ناخالص به‌عنوان میزان آب داده شده برای دستیابی به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی انجام شد. سایر تیمارها درصدی از نیاز کامل آبیاری بود. همچنین کم‌آبیاری از مرحله هشت‌برگی شدن و یک ماه پس از کشت اعمال گردید (Amerian et al., 2021). در ابتدا میزان آب بخار شده در هر دوره آبیاری محاسبه و میزان ET_0 به صورت رابطه (۱) به دست آمد.

$$ET_0 = K_{pan} \cdot (E_{pan}) \quad (1)$$

پس از محاسبه عمق آبیاری برای محاسبه حجم آب، میزان عمق در مساحت کرت‌ها ضرب شد و حجم به‌دست آمده توسط کنتور حجمی با حداکثر دبی خروجی ۱۰ متر مکعب در ساعت کنترل شد. در پایان فصل در تاریخ ۱۴۰۱/۰۷/۰۸، برداشت محصول صورت گرفت. ارتفاع بوته در زمان برداشت در مزرعه و قبل از قطع بوته از زمین اندازه‌گیری شد، سپس با انتقال بوته‌ها به آزمایشگاه عملکرد تر و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شد. در نهایت برای بررسی اثر تیمارهای مختلف روی بهره‌وری آب شاخص بهره‌وری آب با استفاده از رابطه (۶) محاسبه گردید:

$$WP_1 = Y/I \quad (۶)$$

در رابطه (۶): Y: عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)، I: میزان آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) و WP_1 : بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم در متر مکعب) می‌باشد. در این تحقیق برای آنالیز آماری نرم‌افزار SAS و برای رسم نمودارها، نرم‌افزار EXCEL مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف آبیاری و مواد اصلاحی در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج نشان داد، اثرات تیمارهای آبیاری و مواد بیوجار و ورمی کمپوست هر کدام جداگانه بر صفات عملکرد خشک، عملکرد تر، ارتفاع بوته، بهره‌وری ماده تر و بهره‌وری ماده خشک در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد. علاوه بر این، اثر متقابل تیمارهای آبیاری مالچ و ورمی کمپوست بر فاکتورهای فوق نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). از این رو مقایسه‌ی میانگین صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون دانکن انجام شد (جدول ۷). نتایج مربوط به هریک از صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده به‌صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفته شد.

برای مرحله میانی و پایانی رشد برای اقلیم خرم‌آباد بر اساس روابط (۳) و (۴) اصلاح گردیدند.

$$K_{c \text{ mid}} = K_{c \text{ mid(tab)}} + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{\min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad (۳)$$

که $K_{c \text{ mid(tab)}}$: مقدار ضریب گیاهی در مجله فائو در مرحله میانی رشد، u_2 : میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری بالای سطح چمن در مرحله میانی رشد (بین یک تا شیش متر بر ثانیه)، RH_{\min} : میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله میانی رشد (درصد)، بین ۲۰ تا ۸۰ درصد، و h : میانگین ارتفاع گیاه در مرحله میانی رشد (بین ۰/۱ تا ۱۰ متر).

$$K_{c \text{ end}} = K_{c \text{ end(tab)}} + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{\min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad (۴)$$

$K_{c \text{ end(tab)}}$: مقدار ضریب گیاهی در ترجمه مجله فائو ۵۶ توسط Vaziri et al (2009) در مرحله پایانی رشد، u_2 : میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری بالای سطح چمن در مرحله پایانی رشد (بین یک تا شیش متر بر ثانیه)، RH_{\min} : میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله پایانی رشد (درصد)، بین ۲۰ تا ۸۰ درصد و h : میانگین ارتفاع گیاه در مرحله پایانی رشد (بین ۰/۱ تا ۱۰ متر). ضرایب گیاهی اصلاح شده بر اساس متغیرهای آب و هوایی منطقه و روابط (۳) و (۴)، در جدول (۵) نمایش داده شده است.

با توجه به عدم بارش در تابستان و همچنین ناچیز بودن میزان آب خارج شده از منطقه گیاه، ET_c برابر عمق خالص آبیاری (d_n) در نظر گرفته شد. عمق ناخالص آبیاری برابر تقسیم عمق خالص بر راندمان است.

$$d_g = d_n/Ea \quad (۵)$$

جدول ۵- ضرایب گیاهی و میانگین عمق آبیاری در طول دوره رشد

Table 5- Plant coefficients and average irrigation depth during the growth period

growing steps	Measured KC coefficient	KC of FAO magazine	Average irrigation volume (m ³ hec -1)
Initial	0.3	0.3	113
Middle	1.16	1.2	321
Final	0.7	0.55	168

جدول ۶- تجزیه واریانس تاثیر تیمارهای کم آبیاری و مواد اصلاحی بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت

Table 6- Variance analysis of the effect deficit irrigation treatments and corrective materials on corn yield and water productivity

Sources of changes	Degrees of freedom(Df)	average of squares				
		biological productivity	wet productivity	plant height	Wet yield	Dry yield
Irrigation	3	0.458*	5.73*	0.5737*	4423*	518.6*
Corrective materials	2	4.796*	34.42*	0.0062*	1581*	241.2*
..Irrigation	6	1.141*	6.59*	0.0207*	387*	68.6*
Corrective material						
Error	24	0.032	0.14	0.006	5	1.6
Coefficient of variation		3.94	2.77	4.02	2.87	4.6

* ,** and ns Significant at the probability level of one and five percent and non-significant respectively

Table 7- comparison table of average physiological characteristics of fodder corn plant

جدول ۷- جدول مقایسه میانگین خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه ذرت علوفه‌ای

treatment	Biological productivity (Kg/M ³)	Bush height (Meter)	Wet yeild (tons per hectare)	Dry yeild (tons per hectare)	Wet productivity (Kg/M ³)
I1- C	5.88 ^a	2.35 ^a	126.71 ^a	46.27 ^a	16.09 ^b
I2- C	5.91 ^a	2.17 ^{bcd}	110.95 ^b	39.13 ^b	16.74 ^a
I1- B	4.26 ^{cd}	2.19 ^{bc}	103.09 ^c	33.52 ^c	13.09 ^d
I2- B	4.57 ^{bc}	2.09 ^{cde}	97.76 ^d	30.26 ^d	14.75 ^c
I1	3.35 ^f	2.25 ^{ab}	79.43 ^e	26.38 ^e	10.01 ^g
I2	3.88 ^e	2.096 ^{cde}	75.19 ^f	26.69 ^e	11.34 ^f
I3- C	4.34 ^{cd}	1.99 ^{ef}	67.75 ^g	23.36 ^f	12.61 ^{de}
I3- B	4.25 ^{cd}	2.04 ^{def}	66.28 ^{gh}	22.89 ^f	12.31 ^e
I3	4.14 ^{de}	1.91 ^{fg}	67.90 ^g	22.26 ^f	12.61 ^{de}
I4- C	4.77 ^b	1.61 ^h	63.57 ^h	19.76 ^g	15.36 ^c
I4	4.58 ^{bc}	1.79 ^g	54.76 ⁱ	18.97 ^g	13.23 ^d
I4- B	4.45 ^{cd}	1.62 ^h	54.42 ⁱ	18.40 ^g	13.15 ^d

عملکرد تر ذرت علوفه‌ای

نیاز آبی، کاربرد ورمی کمپوست و بیوجار باعث افزایش میزان عملکرد تر شده است و همچنین به نظر می‌رسد عملکرد ورمی کمپوست نسبت به بیوجار در جهت افزایش تولید بهتر بوده است. در سطح ۶۰ درصد تأمین نیاز آبی، میزان عملکرد هیچکدام از مواد اصلاحی با تیمار ۶۰ درصد و بدون ماده افزودنی تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. در این سطح، بیشترین میزان عملکرد تر در تیمار I3 یعنی تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی و بدون مواد اصلاحی (۶۷/۹ تن در هکتار) و I60- C (۶۹/۸۶ تن در هکتار) حاصل شد و کمترین میزان عملکرد تر نیز متعلق به I3- B (۶۶/۲۸ تن در هکتار) بود. نتایج عملکرد تر در تیمارهایی که تحت آبیاری ۴۰ درصد نیاز آبی قرار گرفته‌اند نیز نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست یعنی تیمار I4 - C (۶۳/۵۷ تن در هکتار) باعث تغییر معنی‌داری در سطح پنج درصد در عملکرد تر در

باتوجه به نمودار عملکرد تر در شکل (۲)، در سطح تأمین نیاز آبی ۱۰۰ درصد، میزان عملکرد تر در تیمار ورمی کمپوست (I1- C) به میزان ۱۲۶/۷۱ تن در هکتار و بیشتر از تیمارهای بیوجار (I1- B) به میزان ۱۰۳/۰۹ تن در هکتار و تیمار شاهد (I1) به میزان ۷۶/۸۵ تن در هکتار مشاهده گردید. قابل ذکر است که در این سطح آبیاری، تفاوت بین عملکرد در تیمارهای مختلف معنی‌دار بود. همین روند در تیمارهای تحت آبیاری ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی نیز برقرار بود، به‌گونه‌ای که عملکرد تر در I2- C با سطح اصمینان ۹۵ درصد، بیشتر از سایر تیمارهای ۸۰ درصد نیاز آبی اندازه‌گیری شد و عملکرد تر در I2- B نیز با سطح اصمینان ۹۵ درصد، بیشتر از I2 به دست آمد. این نتایج مشخص می‌کند که تحت آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد

۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری یافتند (Fakhrabadi and Khossima Chenar, 2021). Doan et al., (2015) در پژوهشی بیان کردند که استفاده از کمپوست و ورمی کمپوست در مزارع ذرت سبب افزایش عملکرد گیاه به‌ویژه در شرایط کمبود رطوبت و تنش آبی می‌شود که تحقیق حاضر نیز بر این موضوع تاکید دارد. (Behrouri et al., (2022) بیان کردند که کاربرد کود زیستی ورمی کمپوست توانست عملکرد کمی و کیفی ذرت را در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی افزایش دهد.

مقایسه با تیمار بدون مالچ یعنی I4 (۵۴/۷۶ تن در هکتار) شد، اما تیمار بیوجار تفاوت چندانی با تیمار شاهد نداشت. Yadav et al., (2016) هم عنوان کردند که بیشترین عملکرد ذرت با مصرف همزمان پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و ۷۵ درصد کود شیمیایی به میزان توصیه شده به دست آمد. با مقایسه سه سطح کاربرد بیوجار در سطوح کم‌آبیاری یکسان، مشاهده شد که بیشترین وزن ساقه مربوط به تیمارهایی است که در آن‌ها ۱۰ درصد حجمی بیوجار استفاده شده است و نقش بیوجار را در افزایش وزن تر ساقه را نشان می‌دهد. به‌طور کلی وزن تر و خشک ساقه در هر دو سطح کم‌آبیاری

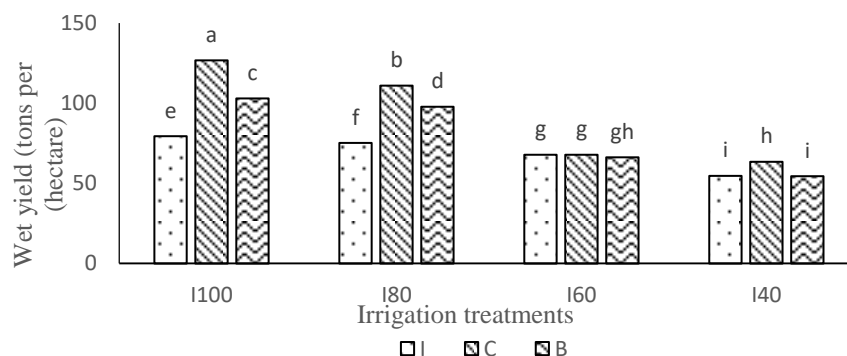


Fig. 2- Comparison graph of the average yield of fodder corn

شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین عملکرد تر ذرت علوفه‌ای

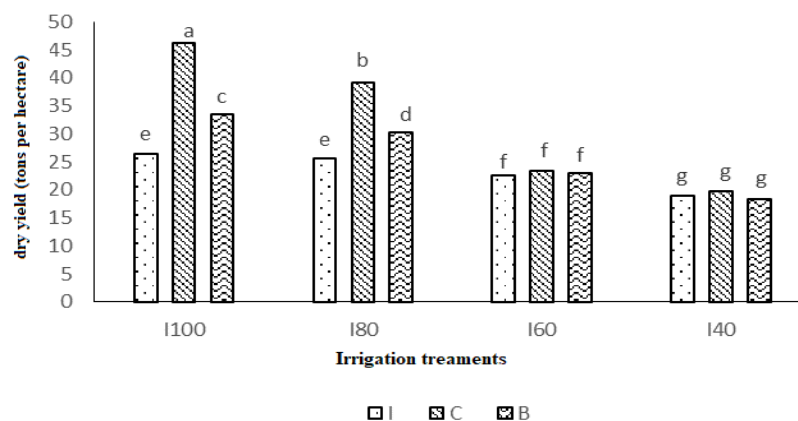


Fig. 3- Comparison chart of average dry yield of fodder corn

شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین عملکرد خشک ذرت علوفه‌ای

ورمی کمپوست و بیوجار نسبت به تیمار شاهد در سطح آبی تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، به ترتیب ۷۵/۴ درصد و ۲۷ درصد و در سطح آبیاری ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی، ۵۲/۲ درصد و ۱۷/۸ درصد افزایش یافت. علاوه بر این در این سطوح آبی، میزان عملکرد خشک در تیمار ورمی کمپوست نسبت به تیمار بیوجار به‌صورت معنی‌داری بیشتر شده است به عبارت دیگر در سطوح آبی ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، عملکرد ماده ورمی کمپوست از ماده بیوجار بهتر بوده است. به این

عملکرد خشک ذرت علوفه‌ای

روند تغییرات در میزان عملکرد خشک تحت تیمارهای مختلف، تقریباً مشابه عملکرد تر می‌باشد. همان‌طور که نمودار مربوط به عملکرد خشک در شکل (۳) نشان می‌دهد، در تیمارهای ورمی کمپوست و بیوجار با تأمین ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، کاربرد این دو ماده نسبت به تیمار شاهد، اثر معنی‌داری روی میزان عملکرد خشک داشته است. افزایش عملکرد خشک در تیمارهای

C (۲/۳۵ متر) اندازه‌گیری شد که با تیمار شاهد اختلاف قابل توجهی نداشت، اما اختلاف آن با تیمار B-II (تیمار صد درصد نیاز آبی با کاربرد ماده اصلاحی بیوجار در خاک) معنی‌دار شد. اگرچه بیشترین مقدار ارتفاع در تیمار C-II (۲/۳۵ متر) حاصل شد، اما تفاوت معنی‌داری با میزان ارتفاع در تیمار C-I80 نداشت. به‌طور کلی در سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، تفاوت معنی‌داری بین میزان ارتفاع در سطوح مختلف بیوجار و ورمی کمپوست مشاهده نگردد. در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی، نیز تفاوت معنی‌داری بین میزان ارتفاع ذرت در تیمارهای مختلف مواد اصلاحی با یکدیگر مشاهده نگردد هرچند که در این سطح آبیاری، میزان ارتفاع در تیمار شاهد یعنی تیمار I3 (۱/۹۱ متر) کمتر از سایر تیمارها بود. در سطح آبیاری ۴۰ درصد نیاز آبی، هرچند تفاوت بین میزان ارتفاع ذرت در تیمار بیوجار و ورمی کمپوست معنی‌دار نبود ولی قابل ذکر است که میزان ارتفاع گیاه در هر دو این تیمارها به‌صورت معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد محاسبه شد. به‌طور کلی استفاده از کودهای آلی سبب بیشتر شدن ارتفاع بوته گیاه گردید. Rafiei و Konani (2019) نیز گزارش دادند که ورمی کمپوست با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و ارتفاع ذرت می‌شود. نتایج سایر پژوهشگران نیز افزایش ارتفاع بوته ناشی از مصرف کودهای آلی را تأیید کردند (Faizabadi et al., 2021). Mohkami et al., (2022) نیز گزارش دادند که کاربرد ترکیب بیوجار و ورمی کمپوست منجر به افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار شاهد شد. کاربرد ۴۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی نیز باعث افزایش ۲۲ درصدی ارتفاع بوته گیاه ذرت نسبت به تیمار شاهد گردید (Ismailian and Amiri, 2022).

صورت که میزان عملکرد خشک در ۱۰۰ درصد نیاز آبی برای ورمی کمپوست و بیوجار به‌ترتیب برابر C-II (۴۶/۲۷ تن در هکتار) و B-II (۳۳/۵۲ تن در هکتار) و در ۸۰ درصد نیاز آبی برابر C-II (۳۹/۱۳ تن در هکتار) و B-II (۳۰/۲۸ تن در هکتار) شد. در سطوح آبی ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، تفاوت عملکرد خشک، بین هیچ‌کدام از تیمارهای مواد اصلاحی و تیمار شاهد معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد در تیمارهای با تنش بالا، اثرات این مواد اصلاحی در خاک برای افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد محسوس نیست. ورمی کمپوست با تولید هیومیک اسید باعث افزایش مقاومت به تنش خشکی می‌شود. در واقع اسیدهای هیومیک طبیعی می‌توانند یک جایگزین زیست محیطی برای افزایش تحمل به تنش آبی به دلیل سنتز پروتئین در اندام‌های مختلف گیاهی و سنتز آنزیم و یا افزایش فعالیت‌های آنزیم‌ها باشند (Hussain Shah et al., 2018). Doan et al., (2015) نیز استفاده از کمپوست و ورمی کمپوست را عامل افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه ذرت دانستند که در شرایط تنش خشکی این افزایش نیز مشهود است. Nasimi et al., (2022) بیان کردند که اضافه کردن ۴/۵ درصد وزنی بیوجار سبب بهبود عملکرد خشک در اندام‌های و اغلب اجزای آن در گیاه ذرت علوفه‌ای شده است. Biglouei et al., (2013) در تحقیقی نشان دادند که با اعمال کم‌آبیاری، می‌توان ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد ماده خشک، کشت ذرت علوفه‌ای را توسعه داد. Mohkami et al., (2022) نیز بیان کردند استفاده توامان کمپوست و بیوجار سبب افزایش ماده خشک در گیاه کینوا می‌گردد.

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه‌ی میانگین مربوط به ارتفاع بوته شکل (۴) نشان داد، در تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیشترین مقدار مربوط به B-II

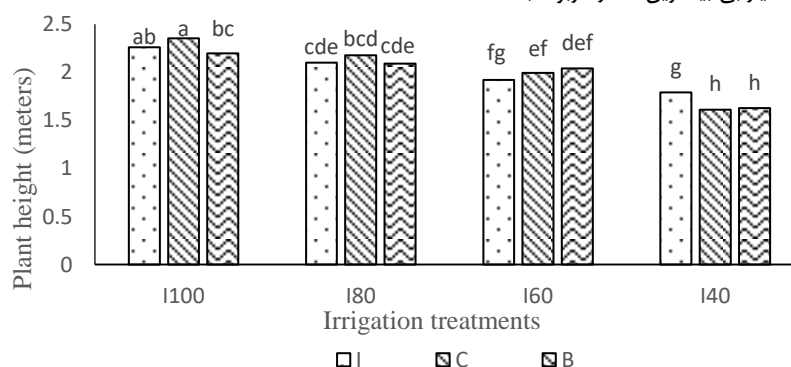


Fig. 4- Comparison chart of the average height of fodder corn plant

شکل ۴- نمودار مقایسه میانگین ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای

عملکرد تر رقم خورده است. اما در بهره‌وری ماده خشک اگرچه میزان I2- C (۵/۹۱) کیلوگرم ماده خشک به ازای یک مترمکعب (آب) بیشترین مقدار را دارد اما با تیمار II- C تفاوت معنی‌داری نداشت. وضعیت تغییرات میزان بهره‌وری خشک تیمارهای مختلف ماده اصلاحی در سطوح ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی نیز مشابه بهره‌وری ماده تر بود. در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی، تفاوت معنی‌داری بین میزان بهره‌وری در تیمارهای مختلف مشاهده نگردید. اما در سطح ۴۰ درصد نیاز آبی میزان بهره‌وری عملکرد خشک مربوط به تیمار ورمی‌کمپوست از سایر تیمارها بیشتر به دست آمد. Piroozfar et al., (2019) نیز گزارش کردند که بهترین میزان بهره‌وری آب برای ذرت تحت آبیاری قطره‌ای با کاربرد پوشش پلاستیکی و تامین ۸۰ درصد نیاز آبی، به‌دست آمد.

بهره‌وری ماده تر و خشک

با توجه به شکل (۵) که مربوط به بهره‌وری عملکرد ماده تر می‌باشد، تفاوت معنی‌داری بین میزان بهره‌وری در تیمارهای مختلف، در سطوح ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی مشاهده گردید. بیشترین میزان بهره‌وری ماده تر مربوط به I2- C با مقدار ۱۶/۷۴ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب و کمترین میزان بهره‌وری مربوط به II با مقدار ۱۰/۰۱ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب حاصل شد. در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین میزان بهره‌وری در تیمارهای مختلف وجود نداشت. اما در سطح ۴۰ درصد نیاز آبی میزان بهره‌وری عملکرد تر مربوط به تیمار ورمی‌کمپوست از سایر تیمارها بیشتر به‌دست آمد. پس از بررسی و تحلیل نمودار بهره‌وری ماده خشک مشاهده شد که تقریباً تغییرات آن مشابه به تغییرات بهره‌وری

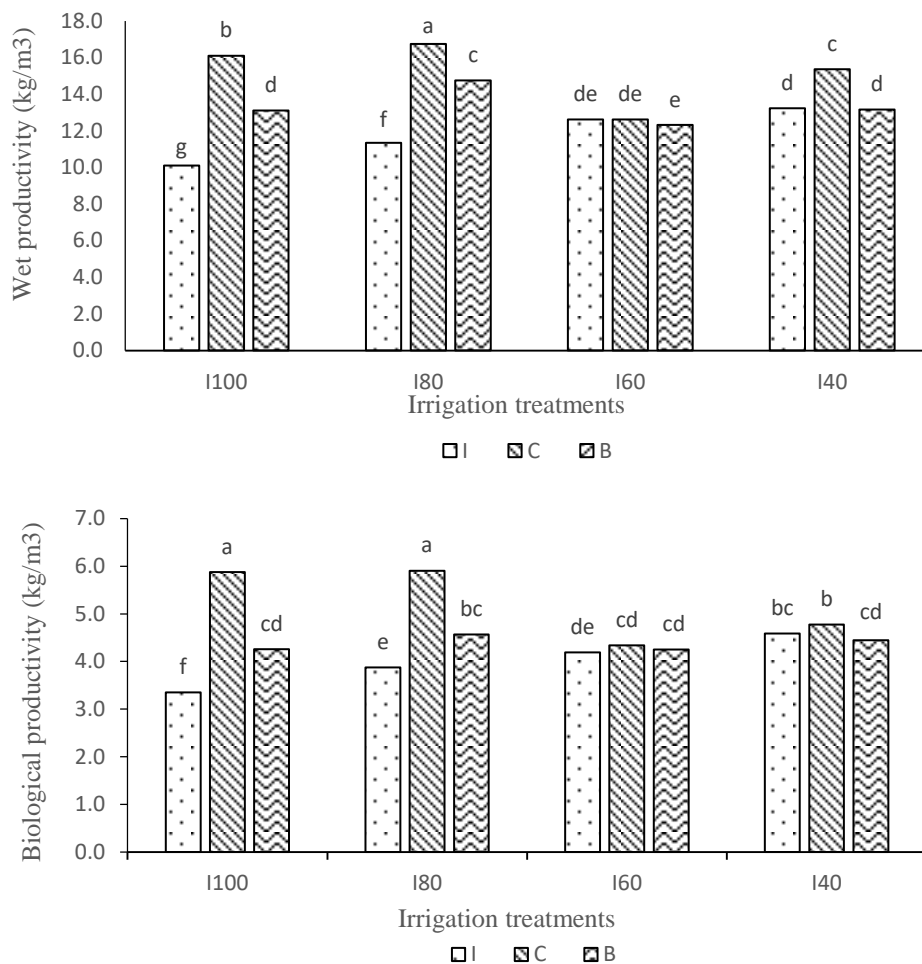


Fig. 5- Comparison chart of average biological productivity and fodder corn moisture

شکل ۵- نمودار مقایسه میانگین بهره‌وری بیولوژیک و تر ذرت علوفه‌ای

آب گیاه بگذارد که نتیجه تحقیق حاضر نیز بیان گر این موضوع است Amiri و Ismailian (2022) نیز گزارش دادند که در شرایط آبیاری کامل، با افزایش مقادیر ورمی کمپوست مصرف شده چارچ خوراکی بهره‌وری آب گیاه ماش بهبود یافت.

نتیجه گیری

با بررسی اثر کم آبیاری، ورمی کمپوست و بیوچار بر عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت آبیاری قطره‌ای نواری در منطقه خرم‌آباد، نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف آبیاری و ورمی کمپوست، میزان عملکرد (تر و خشک)، ارتفاع بوته، و بهره‌وری آب ذرت را تحت تأثیر قرار داد. در این بررسی‌ها نتایج نشان داد، افزایش مصرف ورمی کمپوست حتی در شرایط تنش خشکی زیاد، سبب بالا رفتن عملکرد می‌شود و در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی و افزودن ۶/۲۵ تن در هکتار ورمی کمپوست عملکرد و بهره‌وری آب را ضمن صرفه‌جویی ۲۰ درصدی آب افزایش می‌دهد. اگرچه مصرف بیوچار نسبت به ورمی کمپوست مقدار کمتری در صفات ذکر شده داشت اما به تنهایی سبب افزایش آن‌ها شد. استفاده از کودهای آلی در کنار کودهای شیمیایی نه تنها عملکرد گیاه را کاهش نمی‌دهد بلکه سبب کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آن‌ها می‌گردد. لذا با بررسی این پژوهش و استفاده بهینه از آب و کودهای آلی می‌توان تأثیرات مهم و کاربردی در توسعه کشاورزی پایدار و سلامت محیط زیست ایجاد کرد.

طبق بررسی مشاهدات و داده‌های این پژوهش، ماده اصلاحی ورمی کمپوست در تمام سطوح آبیاری نسبت به سایر مواد دارای برتری قابل ملاحظه بود. لذا مصرف ورمی کمپوست باعث بالاتر بردن عملکرد محصول در هکتار می‌شود. با اعمال کم آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی و نیز استفاده از ورمی کمپوست می‌توان به میزان عملکردی بالاتر از آبیاری کامل رسید. در این صورت با ۲۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب عملکرد ذرت به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. استفاده از بیوچار نیز در تمامی سطوح به غیر از تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی عملکرد قابل قبولی را ثبت نمود. به‌طوری‌که در سطوح ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی، بیشترین عملکرد، بعد از ورمی کمپوست مختص به تیمارهای بیوچار بود. در تحقیقی روی ذرت داده‌ها حاکی از آن بودند که تفاوت بین تیمارهای مختلف معنی‌دار بود. به عنوان مثال عملکرد علوفه در تیمار آبی صد در صد نسبت به تیمار ۷۵ درصد و ۵۰ درصد به ترتیب ۹/۰۹ و ۲۴/۸۳ درصد برتری داشت. Nasimi et al., (2022) نیز بیان کردند که مصرف بیوچار نتایج مثبتی برای افزایش بهره‌وری آب در گیاه ذرت علوفه‌ای داشته است و در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران که با بحران آب مواجه هستند، بیوچار با اثر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌تواند باعث افزایش تولید و کاهش مصرف آب شود. در این پژوهش نتایج نشان داد با افزودن بیوچار برگ خرما به خاک، عملکرد تر گیاه در تیمارهای مختلف ۲۰، ۳۵/۷، ۸/۸، ۱۴/۱۶، و ۳۴/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین Joseph et al., (2021) نیز بیان کردند که بیوچار می‌تواند اثرات مثبتی روی کارایی مصرف

References

- 1- Alizadeh, A., 2004. Soil water-plant relation ship. Mashhad: beh nashr. (In persian).
- 2- Amerian, M., Hashemi Garmdareh, S.E. and Karami, A., 2021. Effect of Deficit Drip Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Single Cross Corn 704. *Journal of Water Research in Agriculture*, 35(3), pp.247-258. (In persian). doi: 10.22092/jwra.2021.352290.832.
- 3- Amini Najafabadi, M., Fatahi, R. A., Ghorbani, B. 2020. 'Effect of different types of drip irrigation tapes and different levels of irrigation on yield components of forage maize. *Iranian Water Researches Journal*, 14(4), pp. 179-187. (In persian).
- 4- Arancon, Q. N. and Edwards, C. A., 2009. The utilization of vermicompost in Horticulture and Agriculture. In: Edwards CA, Jeyaraaj R, Indira AJ (Eds.) Vermitechnology in Human welfare. Rohini Achagam, Coimbatore, Tamil Nadu, India, 98-108.
- 5- Ashoori, N., Teixido, M. and Spahr, S.. 2019. Evaluation of pilot- scale biochar – amended woodchip bioreactors to remove nitrate, metals, and trace organic contaminants from urban storm water runoff. *Water Research*, 154 (1), pp. 1-11. doi: 10.1016/j.waters.2019.01.040.
- 6- Aslam, M., Cengiz, R. and Maqbool, M.A., 2015. Drought stress in maize (*Zea mays* L.). Springer. Switzerland, 2 p. doi:10.1007/978-3-319-25442-5.

- 7- Biglouei, M., Kafi Ghasemi, A., Javaherdashti, M. and Isfahani, M., 2013. Effect of irrigation regimes on yield and quality of forage maize (KSC 704) in Rasht region in Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 15(3), pp. 196-206. (In persian).
- 8- Behrouri, D., Diyanat, M., Majidi, E., Mirhadi, J.M. and Shirkhani, A., 2022. Effect of Deficit Irrigation, Fertilizers and Vermicompost on Forage Maize (*Zea mays* L.). *Journal of Crops Improvement*, 24(4), pp. 1069-1084. (In persian). doi:10.22059/jci.2021.328509.2594.
- 9- Bronson, K. F., Onken, A. B., Keeling, J. W., Booker, J. D. & Torbert, H.A., 2006 Nitrogen response in cotton as affected by tillage system and irrigation level. *Soil Science Society American Journal*, 65, pp. 1153-1163. doi:10.2136/sssaj2001.6541153x.
- 10-Chartzoulakis, K., and Bertaki, M. 2015. Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 88- 98. doi: 10.1016/j.aaspro.2015.03.011.
- 11-Doan, T. T., Henry-des-Tureaux, T., Rumpel, C., Janeau, J. L. and Jouquet, P., 2015. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Science of the Total Environment*, 514, pp. 147-154. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.02.005.
- 12-Faizabadi, A., Nurmohammadi, Q. and Fatehi, F., 2021. Study of some Morphophysiological Characteristics of Several Rapeseed Cultivars Using Vermicompost Fertilizer in Drought Tension Conditions. *Scientific Journal of Crop Physiology*, 12(4), pp. 133-153. (In persian). doi: 20.1001.1.2008403.1399.12.48.8.4.
- 13- Fakhrabadi, H. and Khossima Chenar, M., 2021. The effect of deficit irrigation and biochar on the quantitative and qualitative characteristics of basil medicinal plant. *Iran Irrigation and Drainage Journal*, 15(3), pp. 941-954. (In persian). doi: 20.1001.1.20087942.2021.15.4.17.7
- 14- Hajirad, I., Mirlatifi, S. M., Dehaghani Sanich, H., Mohammadi, S. 2021. Investigating the effect of deficit irrigation on yield and water productivity of silage maize under pulsed and continuous drip irrigation management', *Iranian Water Researches Journal*, 15(3), pp. 15-23.. (In persian).
- 15- Howell, T.A., Evett, S.R., Tolk, J.A. and Schneider, A.D., 2004. Evapotranspiration of full-, deficit-irrigated, and dryland cotton on the Northern Texas High Plains. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 130(4), pp.277-285.. doi:10.1061/(ASCE)0733-9437(2004)130:4(277).
- 16- Hussain Shah, Z., Rehman, H., Akhtar, T., Alsamandany, H., Hamooh, B., Mujtaba, T., Daur, I., Zahrani, Y., Alzahrani, H., Ali, Sh., Yang, S., and Chung, G. 2018. Humic substances: determining potential molecular regulatory processes in plants. *Frontiers in Plant Science*, 9, pp. 1-12. doi:10.3389/fpls.2018.00263.
- 17- Ismailian, Y. and Amiri, B. M., 2022. Effect of Spent Mushroom (*Agaricus bisporus* Imbach.) Compost on Growth, Yield, and Water Use Efficiency of Mungbean (*Vigna radiata* L.) in Conditions of Cut Irrigation in the Pod Formation Stage. *Journal of Agroecology*, 2(14), pp. 235-249. (In persian). doi: 10.22067/agry.2021.20272.0.
- 18- Joseph, S., Cowie, A.L., Van Zwieten, L., Bolan, N., Budai, A., Buss, W., Luz Cayuela, M., Graber, E.R., Ippolito, J. A., Kuzyakov, Y., Luo, Y., Sik Ok, Y., Palansooriya, K.N., Shepherd, J., Stephens, S., Weng, Z. and Lehmann, J., 2021. How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar. *GCB Bioenergy*, doi: 10.1111/gcbb.12885
- 19- Leng, L., Huang, H., Li, H., Li, J. and Zhou, W., 2019. Biochar stability assessment methods, review. *Science of The Total Environment*, 647, pp. 210-222. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.402

- 20- Mahajan, G., Sharda, R., Kumar, A. and Singh, K., 2007. Effect of plastic mulch on economizing irrigation water and weed control in baby corn sown by different methods. *African Journal of Agricultural Research*, 2(1), pp. 19-26.
- 21- Maleki Farahani, S. and Chaichi. M., 2012. Application of biological and integrated fertilizers mitigates the adverse effects of drought stress on barley. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (7), Pp. 1508-1519.
- 22- Masomi, T., Rahimikhoob, A., Ghorbanijavid, M. and Nazarifar, M.H. 2015. The effect of intermittent deficit irrigation on yield, yield components and water productivity of maize Se-704. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 4(8), 810 – 816. (In Persian).
- 23- Mohkami, A., Yazdan-Panah, N. and Saeednejad, A.M., 2022. The Effect of Vermicompost and Biochar Application on Morphophysiological Characteristics of Quinoa under Drought Stress Conditions. *Iran Water and Soil Research*, 53(1), pp. 129-140.. (In persian). doi: 10.22059/ijswr.2021.329540.669058.
- 24- Moradi, N., Rasouli Sedghiani, M.H. and Sepehr, A., 2017. Effect of Biochar Types and Rates on Some Soil properties and Nutrients Availability in a Calcareous Soil. *Journal of Water and Soil*, 31(4), pp. 1232-1246. (In persian). doi: 10.22067/jsw.v31i4.61298.
- 25- Nasimi, P., Karimi, A. and Garami, Z., 2022. Investigation the Effects of Date Palm Leaves and It's Biochar on Yield and Water Use Efficiency of Forage Corn. *Iran Water and Soil Research*, 53(1), pp. 97-85. (In persian). doi: 10.22059/ijswr.2022.335796.669162.
- 26- Palash, M., Bafkar, A., Farhadie bansoule, B. and Ghobadi, M., 2022. Investigating the effects of deficit irrigation on the quantitative, qualitative and water productivity characteristics of Single Cross 706 seed corn in Kermanshah. *Advanced technologies in water efficiency*, (1)2, pp. 16-37. (In persian). doi: 10.22126/atwe.2021.6686.1003.
- 27- Piroozfar, R., Borumandnesb, S. and Salehi, F., 2019. Effect of Drip Irrigation on Grain Yield and Water Use Efficiency of Corn (*Zea mays* L.) with Winged and Non- Winged Tape Under Ahwaz Climatic. *Water and Soil Science Journal*, 30(4), pp. 29-41. doi:10.22034/ws.2020.11644
- 28- Rafiei, M. and Konani, A.R., 2019. Effect of vermicompost and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative yield of corn (*Zea Mays* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 50(1), pp. 151-159. (In persian). doi: 10.22059/ijfcs.2018.249682.654431.
- 29- Ravindran, B., Dinesh, S. L., Kennedy, L. and Sekaran, G., 2008. Vermicomposting of solid waste generated from Leather Industries using epigeic earth worm *eiseniafetida*. *Applied Biochemical Biotechnology*, 151, pp. 480-488. doi: 10.1007/s12010-008-8222-3.
- 30- Srivastava, R.K. and Beohar, P.A., 2004. Vermicompost as an organic manure. A good substitute of fertilizers. *International Journal of Current Science*, 5, pp. 141-143.
- 31- Vaziri, J., Salamat, A.L., Meschi, M., Dehghanisanij, H., Heydari, N., and Entisari, M.R., 2009. Evapotranspiration of plants (instructions for calculating the plants water requirement). *Tehran. Iranian National Irrigation and Drainage Committee*. (In persian).
- 32- Warman, A., 2003. Corn and capitalism: How a botanical bustard grew to global dominance. *The University of North Carolina Press*, USA, pp . 1-273.
- 33- Yadav, A.K., Chand. S. and Thenua. O., 2016. Effect of integrated nutrition management on productivity of Maize with Mungbean intercropping. *Global Journal of Bio-Science and Biotechnology*, 5(1), pp. 115-118.

-
- 34- Zafar, U., Akmal, M., Ali. M., Zaib, A. and Zaid, T., 2018. Effect of biochar on maize yield and yield components in rainfed conditions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*,12(3), pp. 46-51.
- 35- Zhang, L., Sun, X., Tian, Y. and Gong, X., 2014. Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea insignis*. *Scientia Horticulturae*, 176, pp. doi: 10.1016/j.scienta.2014.06.021