Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

The effect of biological and organic fertilizers on the quantitative and qualitative production of mung bean under water stress

Poorya Sadeghi Kochsafhani [1] | Seyed Amirabbas Mousavi Mirkalaei [2]✉ | Morteza Moballeghi [3] | Morteza Samdeliri [4] | Maryam Akbarpour [5]

1. Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chalous Islamic Azad University, Chalous, Iran. E-mail: poorya.sadeghi@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chalous Islamic Azad University, Chalous, Iran. E-mail: mosavi.amirabbas28@gmail.com
3. Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chalous Islamic Azad University, Chalous, Iran. E-mail: mor.moballeghi@gmail.com
4. Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chalous Islamic Azad University, Chalous, Iran. E-mail: Dr.M.Samdeliri@gmail.com
5. Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chalous Islamic Azad University, Chalous, Iran. E-mail: akbarpourm192@gmail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: March. 10, 2024

Revised: May. 28, 2024

Accepted: July. 13, 2024

Published online: Oct. 2024

Keywords:
Protein, Drought stress, Mung bean production, Legumes, Mycorrhiza.

ABSTRACT

The biological and organic fertilizers application under drought stress can reduce the adverse effects of this global issue and improve plant growth and development parameters. Therefore, this study was conducted in two crop years of 2020-2021 and 2021-2022 in the climatic conditions of Chalus city, Iran. The split-factorial experiment was conducted in the form of a basic randomized complete block design with 3 replications. The main factor included irrigation deficit at three levels (100, 80, and 60% of water requirement) and the secondary factors included biological fertilizer (control, mycorrhizal fungus, and Enterobacter) and organic fertilizer (no use, 16, and 24 tons per hectare) in a factorial manner. The results of the mean comparison showed that the highest seed yield was observed in the second year under 100% irrigation and application of 24 t/h of organic fertilizer and mycorrhiza at the rate of 126.1 g/m2; Subsequently, theco- application of 80% water requirement and 24 t/h of organic fertilizer and enterobacter treatments in the second year caused the highest amount of 124.3 g/m2. Generally, the 60% water requirement reduced grain yield compared to other water requirements levels. According to the results of this study, the organic and biological fertilization under drought stress conditions can significantly improve the quantitative and qualitative yield of mung bean. Therefore, it is recommended that the organic and biological fertilizers can be applied in drylands to mitigate drought stress conditions, and improve the growth, yield and quality of mung beans.

Cite this article: Sadeghi Khochsafhani, P., Mousavi Mirkalaei, S. A., Moballeghi, M., Samdeliri, M., & Akbarpour, M., (2024) The effect of biological and organic fertilizers on the quantitative and qualitative production of mung bean under water stress, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55 (8), 1345-1358. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.373798.669678

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.373798.669678

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Mung bean is one of the valuable crops in the sustainable agricultural system in tropical, temperate and dry regions. One of the major problems in agricultural productivity in the world is drought stress, which negatively affect the physiological traits of the crops. The long term application of chemical fertilizers can lead to the destruction of the physical and chemical characteristics of the soil. On the other hand, indiscriminate consumption without considering the soil test and the type of plant, to achieve maximum yield in the long term, causes problems such as increasing environmental pollution, input energy and reducing the yield. Today, policy makers and researchers are considering the use of organic fertilizers as alternative sources of chemical fertilizers to improve soil fertility and crop yield to achieve sustainable agriculture. They are good sources of nitrogen, phosphorus and potassium, which improve soil fertility and increase the growth and performance of plants. In general, one of the main pillars in sustainable agriculture is the use of more organic inputs, including biological and organic fertilizers, in agricultural ecosystems to eliminate or significantly reduce the chemical inputs consumption and reduce the effects of water stress. Therefore, this study was conducted to investigate the effects of organic fertilizer and biofertilizer under water stress conditions and determine the traits affecting yield on mung bean plant.

Materials and Methods

This research was conducted in two crop years of 2020-2021 and 2021-2022 in the climatic conditions of Chalus city, Iran. The study was conducted as split-factorial experiment based on randomized complete block design with 3 replications. The main factor included no irrigation at three levels (100, 80 and 60% of water requirement). Furthermore, the secondary factors included biological fertilizer (control, mycorrhizal fungus and Enterobacter) and organic fertilizer (no use and 16 and 24 t/ha) in a factorial manner. Mycorrhizal fungi species used in this experiment were obtained from Tehran Water and Soil Institute, Iran. Seeds were inoculated with mycorrhizal medium before sowing and under shade conditions. Field preparation operations, including ploughing, disking and leveling, were carried out before planting at the end of June using a chisel plow.

Results and Discussion

The mean comparison results showed that the highest seed yield was observed in the second year and under irrigation conditions of 100% plant water requirement and application of 24 t/h of organic fertilizer and mycorrhiza at the rate of 126.1 g/m^2. Subsequently irrigation of 80% of the plant's water requirement and application of 24 t/h of organic fertilizer and enterobacter in the second year achieved the highest amount of 124.3 g/m^2. In general, the 60% water reqirement reduced grain yield compared to other water requirements. Whereas, the lowest percentage of seed protein was obtained in irrigation with 60% of water requirement and mycorrhiza, with noorganic fertilization in the first year at the rate of 10.44%.

Conclusion

According to the results of this study, the organic and biological fertilization in drought stress conditions can significantly improve the quantitative and qualitative yield of mung bean. Organic fertilizer increases the absorption of water and nutrients by the plant, which increases yield. Biofertilizer also improved quantitative and qualitative performance by affecting the absorption of elements. Overall, it can be concluded that organic and biological fertilizers application in mung bean cultivation can significantly improve this crop’s production under drought stress conditions.

Author Contributions

Methodology, software, formal analysis, writing—original draft preparation, P.S.K; conceptualization, visualization, investigation, validation, resources, data curation, supervision, S.A.M.M.; writing—review and editing, M.M.; writing—review and editing, M.S; writing—review and editing, M.A.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript. All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

“Not applicable”

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants of the present study.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۵، شماره ۸ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

تأثیر کودهای زیستی و آلی بر تولید کمی و کیفی ماش تحت تنش کم‌آبی

پوریا صادقی کوچصفهانی [۱] | سید امیرعباس موسوی میرکلائی [۲]✉ | مرتضی مبلغی [۳] | مرتضی سام‌دلیری [۴] | مریم اکبرپور [۵]

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، چالوس، ایران. رایانامه: poorya.sadeghi@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، چالوس، ایران. رایانامه: mosavi.amirabbas28@gmail.com
۳. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، چالوس، ایران. رایانامه: mor.moballeghi@gmail.com
۴. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، چالوس، ایران. رایانامه: Dr.M.Samdeliri@gmail.com
۵. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، چالوس، ایران. رایانامه: akbarpourm192@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۳/۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲۳
تاریخ انتشار: آبان ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
پروتئین،
تنش خشکی،
تولید ماش،
حبوبات،
مایکوریزا.

چکیده

استفاده از کودهای زیستی و آلی در شرایط تنش خشکی سبب کاهش اثرات ناشی از تنش و بهبود پارامترهای رشد و نمو گیاه می‌شود. به همین دلیل پژوهشی در دو سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در شرایط آب و هوایی شهرستان چالوس انجام شد. آزمایش بصورت اسپلیت- فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل کم آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) و عامل‌های فرعی شامل کود زیستی (شاهد، قارچ مایکوریزا و اینتروباکتر) و کود آلی (بدون مصرف و ۱۶ و ۲۴ تن در هکتار) بصورت فاکتوریل بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد ۲۴ تن در هکتار کود آلی و مایکوریزا در سال دوم به میزان ۱۲۶/۱ گرم در مترمربع مشاهده شد و سپس شرایط آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد ۲۴ تن در هکتار کود آلی و اینتروباکتر در سال دوم به میزان ۱۲۴/۳ گرم در مترمربع بالاترین میزان را داشت. بطور کلی دور آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی عملکرد دانه را نسبت به دورهای آبیاری دیگر کاهش داد. با توجه به نتایج این مطالعه، استفاده از کود آلی و زیستی در شرایط تنش خشکی می‌تواند بهبود قابل‌توجهی در عملکرد کمی و کیفی ماش داشته باشد. بنابراین، استفاده از کود آلی و زیستی در شرایط تنش خشکی می‌تواند سبب بهبود قابل‌توجهی در رشد، عملکرد و کیفیت دانه ماش شود.

استناد: صادقی کوچصفهانی؛ پوریا، موسوی میرکلائی؛ سید امیرعباس، مبلغی؛ مرتضی، سام‌دلیری؛ مرتضی، اکبرپور؛ مریم، (۱۴۰۳) تأثیر کودهای زیستی و آلی بر تولید کمی و کیفی ماش تحت تنش کم‌آبی، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۵(۸)، ۱۳۵۸-۱۳۴۵. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.373798.669678
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.373798.669678

مقدمه

حبوبات تابستانی یکساله مانند لوبیا چشم‌بلبلی، ماش و گوار اغلب برای تغذیه انسان استفاده می‌شوند و همچنین پتانسیل خوبی برای تولید علوفه دارند (Ghotbi et al., 2022). این محصولات به دلیل عملکرد بیشتر ماده خشک، پروتئین خام، توانایی بالای تثبیت نیتروژن، رشد سریع، تحمل به خشکی، افزایش تنوع زیستی و کاهش تقاضا برای کودهای شیمیایی می‌توانند نقش مهمی در تأمین بخشی از علوفه موردنیاز داشته باشند (Ghotbi et al., 2022). ماش (*Vigna radiate*) از محصولات با ارزش در سیستم کشاورزی پایدار در مناطق گرمسیری، معتدل و خشک می‌باشد(Pouresmael et al., 2022).

تولید محصولات در سرتاسر جهان با چالش‌های متعددی مانند تغییرات آب و هوایی، شهرنشینی و تنش‌های محیطی به ویژه تنش خشکی مواجه است که از طرفی افزایش بی‌سابقه تقاضای غذا این مشکلات را بزرگ‌تر می‌کند (Ghadirnezhad Shiade et al., 2023). یکی از مشکلات عمده در بهره‌وری کشاورزی در جهان، تنش خشکی است (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۴۰۱). تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه زراعی اثر منفی می‌گذارد به همین دلیل یکی از موانع تولید عملکرد بالقوه می‌باشد (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۴۰۱). محققان در یک بررسی اظهار داشتند تنش کم‌آبی باعث کاهش ۲۲/۸ درصدی عملکرد دانه و ۱۵ درصدی وزن صد دانه گردید (نصراله زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۶).

استفاده از کودهای شیمیایی در درازمدت منجر به تخریب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. از طرف دیگر مصرف بی‌رویه و بدون توجه به آزمون خاک و نوع گیاه، جهت دستیابی به حداکثر عملکرد در بلندمدت باعث بروز مشکلاتی از قبیل افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، انرژی ورودی و کاهش محصول می‌شود (Fathi et al., 2020). در بوم‌نظام‌های زراعی استفاده از اصول کشاورزی پایدار به دنبال راهکارهایی برای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی می‌باشد و امروزه رویکرد جهانی در تولید گیاهان به‌سمت و سوی کشاورزی پایدار و به‌کارگیری روش‌های مدیریتی پایدار می‌باشد (عینی و همکاران، ۱۴۰۱).

امروزه، سیاست‌گذاران و محققان در مورد استفاده از کود آلی به عنوان منابع جایگزین کودهای شیمیایی برای بهبود حاصلخیزی خاک و عملکرد محصولات زراعی نظر دارند (Karami et al., 2018). کودهای آلی به عنوان منابع جایگزین مواد مغذی برای کودهای شیمیایی برای کشاورزی پایدار استفاده می‌شوند این کودها؛ منابع خوبی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم هستند که حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشند و رشد و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهند (Mehdiniya Afra et al., 2022). همچنین گزارش شده کودهای آلی دارای عناصر غذایی هستند که سبب افزایش نگهداری آب در خاک شده و اثرات کمبود آب را کاهش می‌دهند (یزدانپور و همکاران،۱۴۰۱) و با داشتن ویژگی‌هایی ازجمله اصلاح ساختمان خاک، تغذیه خاک، حفظ رطوبت خاک در سطوح بالای تنش می‌تواند باعث افزایش میزان کربوهیدرات‌ها، پرولین و پروتئین شده و اثرات نامناسب تنش خشکی را کاهش دهد (Kalanaki et al., 2020). استفاده از کودهای زیستی، یک استراتژی دوستدار محیط‌زیست که برای کاهش اثرات مضر تنش خشکی بر گیاهان به کار می‌رود، ممکن است به پایداری و مقرون به‌صرفه بودن شیوه‌های کشاورزی کمک کند (Danish et al., 2020; Fasusi et al., 2021). این کودها می‌توانند در محیط ریشه مواد زیستی فعال تولید و ترشح نماید که شرایط را برای توسعه سیستم ریشه و افزایش جذب مواد غذایی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و فسفر فراهم می‌کند و در نهایت باعث افزایش عملکرد می‌شود (طایفه افشاری و همکاران، ۱۴۰۲). بطور کلی، یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار، استفاده بیشتر از نهاده‌های آلی از جمله کودهای زیستی و آلی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل‌ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی و کاهش اثرات تنش کم‌آبی است. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اثرات کود آلی و کود زیستی در شرایط تنش کم‌آبی و تعیین صفات مؤثر بر عملکرد بر گیاه ماش انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، دارای عرض جغرافیایی ۱۲ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۳۱ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. جهت تعیین خصوصیات خاک و در هر دو سال آزمایش قبل از اجرا نمونه‌گیری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام و نتایج آن در جدول یک گزارش شده است.

جدول ۱: نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)	pH	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	رس درصد	سیلت درصد	شن درصد	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل‌جذب (قسمت در میلیون)	پتاسیم قابل‌جذب (قسمت در میلیون)
سال اول	۷/۳	۰/۸	۳۹	۳۱	۳۰	۰/۱	۸/۸	۳۳۶
سال دوم	۷/۱	۱/۲	۳۸	۳۲	۳۰	۰/۱۲	۸/۹	۳۴۵

آزمایش بصورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل کم آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) و عامل فرعی شامل کود آلی (بدون مصرف و ۱۶ و ۲۴ تن در هکتار کود گاوی) و عامل فرعی فرعی شامل کود زیستی (شاهد، قارچ مایکوریزا و اینتروباکتر) بود. گونه قارچ مایکوریزا مورد استفاده در این آزمایش از جنس *Glomus mosseae* حاوی ۱۰۰ اندام فعال قارچ در یک گرم بود که از موسسه آب و خاک تهران تهیه گردید. تلقیح بذور با مایه مایکوریزا قبل از کاشت و در شرایط سایه انجام گرفت. به ازای هر یک کیلوگرم دانه، ۱۰ میلی‌لیتر محلول شکر ۲۰ درصد به دانه‌ها اضافه شده و داخل کیسه پلاستیکی خوب مخلوط شدند تا دانه‌ها کاملاً مرطوب و چسبنده شوند. بر اساس هر تیمار حدود ۱۵ گرم پودر قارچ مایکوریزا و ۳۰۰ میلی‌لیتر اینتروباکتر به طور جداگانه به بذرها اضافه شد. پس از اختلاط بذر و کود زیستی حدود ۲۰ دقیقه در سایه پخش و پس از خشک شدن در مزرعه کاشته شد.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح به نحو مطلوب، قبل از کاشت صورت گرفت. پس از ایجاد شیارها نقشه در زمین اجرا شد. عملیات آماده‌سازی زمین در اواخر خرداد ماه انجام شد، بدین صورت که ابتدا پس از رسیدن میزان رطوبت خاک به حد مطلوب (گاورو شدن خاک) عملیات شخم با گاوآهن چیزل صورت گرفت، و سپس دو بار دیسک عمود برهم زده و تسطیح شد. سپس کرت هایی به ابعاد ۶×۲/۵ متر ایجاد شد و محل تیمارهای مورد نظر به‌صورت تصادفی مشخص شدند. چند روز قبل از کاشت، با استفاده از ردیف ساز جوی و پشته‌هایی به عمق ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. فاصله بین کرت‌ها در هر بلوک به اندازه ۲ ردیف نکاشت (۱متر) و فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۴ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد انجام شد. برای اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها به‌منظور ادغام داده‌ها، آزمون بارتلت انجام شد که نتایج حاکی از عدم معنی‌داری داده‌ها و فراهمی لازم برای ادغام بودند.

نتایج و بحث

تعداد شاخه اولیه و ثانویه

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر اصلی سال، آبیاری، کود آلی و زیستی بر تعداد شاخه اولیه و ثانویه معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل سال× کود آلی و بر تعداد شاخه اولیه و نیز اثر چهارگانه سال ×آبیاری× کود آلی× کود زیستی بر تعداد شاخه اولیه و ثانویه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد شاخه اولیه در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد ۱۶ تن در هکتار کود آلی و مایکوریزا در سال دوم به میزان ۴/۷۲ شاخه مشاهده شد و سپس تیمار شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد ۱۶ تن در هکتار کود آلی و بدون کود زیستی در سال دوم به میزان ۴/۷۱ شاخه بود (جدول ۳).

همچنین نتایج نشان داد که بیشترین تعداد شاخه ثانویه نیز در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و بدون کود آلی و مایکوریزا در سال دوم به میزان ۴/۶۴ شاخه و سپس شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و بدون کود آلی و مایکوریزا در سال اول به میزان ۴/۵ شاخه مشاهده شد. کمترین تعداد شاخه فرعی نیز در شرایط آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و بدون کود آلی و کاربرد اینتروباکتر در سال اول به میزان ۲/۸ شاخه مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کمبود آب منجر به کاهش تعداد شاخه ثانویه شده است. این نتیجه با گزارش محققان (جمالی و همکاران، ۱۳۹۸) که اعلام کردند کمبود آب بر تعداد شاخه گیاه تأثیر دارد مطابقت دارد. محققان اظهار داشتند که کمبود آب قابل‌دسترس برای گیاه موجب کاهش رشد شده و مشاهده‌ی چنین امری، بدلیل کاهش فتوسنتز، کاهش مواد معدنی و تغییر میزان هورمون‌های گیاهی به واسطه‌ی کمبود آب بوده است (Shiade et al., 2024). محققان (Ahmed et al., 2021) اعلام کردند تنش کم‌آبی از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضهٔ مواد پرورده را کاهش داد و موجب کاهش تعداد شاخه شد. در این مطالعه گیاه تحت تنش کم‌آبی قرار گرفته و که باعث اختلال در میزان فتوسنتز، تعرق و فرایندهای متابولیکی گیاه شد

و در نتیجه گیاه توانایی تولید شاخه‌های بیشتری به علت کاهش ماده خشک را نداشته است.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری، کود زیستی و آلی بر صفات ماش

منبع تغییر	درجه آزادی	تعداد شاخه اولیه	تعداد شاخه ثانویه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	محتوای پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه	کارایی مصرف آب
سال	۱	۰/۴۲۳	۰/۱۸	۱۴۱۶/۴۸	۳۱۶/۷۶	*۸/۲۵	۱۵/۶۰	۰/۰۰۲۹
تکرار(سال)	۴	۱/۴۳۷	۰/۸۹	۱۰۱۶۶/۴۵	۱۰۵۵/۹۵	۱/۷۹	۱۲/۳۱	۰/۰۰۶۹
آبیاری	۲	۷/۳۹۶	۵۶/۷۰	۲/۲۹	۲/۵۶	۱/۲۵	۴۲۱/۰۶	۰/۰۰۰۲
سال× آبیاری	۲	*۱۶/۰۰	**۲۰/۰۱	*۳۶۱۳۶/۹۹	**۱۶۶۶۴/۱۲	۲/۵۵	**۳۶۹/۸۰	۰/۰۰۰۲
خطای اصلی	۸	۳/۵۴۸	۲/۴۵	۱۲۷۶۷/۴۲	۱۳۷۳/۵۷	۲۶/۵۴	۵/۳۲	۰/۰۰۲۳
کود زیستی	۲	۱/۱۸۵	۷/۰۶	۱۸۵۶/۷۶	۱۲۳۵/۱۷	۳/۲۵	۱/۸۵	۰/۰۰۵۱
کود آلی	۲	۳/۹۹۲	۲/۱۷	۴۰۱۴۵/۸۷	۸۰۲۵/۰۸	۷۲/۰۱	۲۰/۰۱	۰/۱۰۰۸
سال× زیستی	۲	۲/۳۲	۶/۴۵	*۲۷۹۱/۱۹	**۱۱۵۵/۵۲	۴/۲۶	۲/۱۳	*۰/۰۰۶۹
سال× آلی	۲	**۵/۲	۲/۰۱	**۳۷۴۲۰/۹۸	**۷۱۱۷/۷۶	**۶۱/۳۸	**۱۸/۷۴	**۰/۱۱۶۵
آبیاری ×زیستی	۴	۰/۳۶۳	۱/۶۳	۶۲۰۰/۷۴	۱۵۶/۴۲	۱/۶۱	۶/۵۱	۰/۰۰۰۲
آبیاری× آلی	۴	۱/۰۸۷	۱/۶۲	۱۵۲۴۳/۹۶	۳۲۵۴/۲۹	۱/۹۱	۷۸/۳۳	۰/۰۰۰۸
سال× آبیاری× زیستی	۴	۰/۱	*۴/۲	۵۴۰۰/۵۸	۱۳۱/۸۴	۳/۴۲	۵/۱۴	۰/۰۰۱۲
سال× آبیاری×آلی	۴	*۳/۳	۳/۵	۱۵۳۰۲/۹۷	۲۶۷۰/۱۶	۲/۲۳	**۶۳/۰۹	**۰/۰۰۷۰
زیستی× آلی	۴	۰/۲۳۴	۱/۷۲	۹۶۸/۵۵	۴۲۱/۱۳	۵/۵۲	۳/۷۸	۰/۰۰۱۴
سال ×زیستی× آلی	۴	۰/۲	۱/۱	۱۸۶۳/۶۷	*۳۲۶/۶۵	۳/۰۶	۵/۰۵	۰/۰۰۰۱
آبیاری ×زیستی ×آلی	۸	۱/۶۹۲	۰/۹۸۸	۲۲۲۹/۰۹	۲۸۲/۳۶	۶/۶۲	۱۰/۳۴	۰/۰۰۳۹
سال×آبیاری×زیستی×آلی	۸	*۳/۸۹	**۵/۲	*۳۶۵۴/۲۱	**۳۲۶/۱۴	*۹/۰۲	*۹/۰۱	*۰/۰۰۶
خطای فرعی	۹۶	۰/۴۵	۱/۲۶	۱۲۴۹/۶۳	۱۳۲/۵۸	۴/۳۵	۴/۰۹	۰/۰۰۱۲
ضریب تغییرات(٪)	–	۱۸/۶۰	۱۰/۱۲	۱۴/۳۶	۱۱/۷۷	۱۵/۴۸	۱۴/۷۲	۱۴/۹۷

، * به ترتیب نشانگر اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر آبیاری، کود زیستی و آلی بر تعداد شاخه اولیه گیاه ماش

سال	دور آبیاری (نیاز آبی)	کود زیستی	کود آلی (تن در هکتار)		
			بدون کود	۱۶	۲۴
اول	٪۱۰۰	مایکوریزا	۴/۰ abcdefgh	۴/۵۸ ab	۳/۶۵ abcdefghijk
		اینتروباکتر	۴/۰۹ abcdef	۲/۹۱ ijk	۴/۱۳ abcde
		شاهد	۳/۵۶ bcdefghijk	۴/۵۳ ab	۳/۹ abcdefghij
	٪۸۰	مایکوریزا	4 abcdefgh	۳/۲ cdefghijk	۳/۶ bcdefghijk
		اینتروباکتر	۳/۶۳ abcdefghijk	۳/۶ bcdefghijk	۳/۸۵ abcdefghijk
		شاهد	۳/۷۴ abcdefghijk	۳/۲ cdefghijk	۳/۹ abcdefghij
	٪۶۰	مایکوریزا	۳/۰۳ fghijk	۲/۸ k	۳/۶۴ abcdefghijk
		اینتروباکتر	۲/۸ k	۴/۰۷ abcdefg	۳/۷۴ abcdefghijk
		شاهد	۲/۸۳ jk	۳/۱۳ defghijk	۲/۹۶ hijk
دوم	٪۱۰۰	مایکوریزا	۴/۱۲ abcde	۴/۷۲ a	۳/۷۱ abcdefghijk
		اینتروباکتر	۴/۲ abcd	۲/۹۹ ghijk	۴/۲۶ abc
		شاهد	۳/۶۶ abcdefghijk	۴/۷۱ a	۳/۹۶ abcdefghi
	٪۸۰	مایکوریزا	۴/۰۹ abcdef	۳/۳ cdefghijk	۳/۷۵ abcdefghijk
		اینتروباکتر	۳/۷۴ abcdefghijk	۳/۷۱ abcdefghijk	۳/۹۱ abcdefghij
		شاهد	۳/۸۲ abcdefghijk	۳/۲۸ cdefghijk	۴/۰۶ abcdefg
	٪۶۰	مایکوریزا	۳/۱۳ defghijk	۲/۸۹ ijk	۳/۷۵ abcdefghijk
		اینتروباکتر	۲/۸۷ jk	۴/۱۶ abcd	۳/۸۶ abcdefghijk
		شاهد	۲/۹۲ hijk	۳/۲۳ cdefghijk	۳/۰۶ efghijk

در هر تیمار، میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر آبیاری، کود زیستی و آلی بر تعداد شاخه ثانویه گیاه ماش

سال	دور آبیاری (نیاز آبی)	کود زیستی	کود آلی (تن در هکتار)		
			بدون کود	۱۶	۲۴
اول	٪۱۰۰	مایکوریزا	۴/۵ ab	۳/۹۳ abcdef	۴/۱ abcd
		اینتروباکتر	۲/۱۲ fghijklmnop	۲/۹۴ abcdefghijkl	۳/۶۷ abcdefghij
		شاهد	۳/۶۶ abcdefghij	۳/۶۱ abcdefghijk	۲/۰ ghijklmnop
	٪۸۰	مایکوریزا	۲/۴۷ cdefghijklmno	۱/۹۳ ijklmnop	۲/۳ defghijklmno
		اینتروباکتر	۱/۹ jklmnop	۱/۷۳ lmnop	۱/۳ lmnop
		شاهد	۲/۱۹ fghijklmnop	۱/۷۹ klmnop	۱/۷ lmnop
	٪۶۰	مایکوریزا	۱/۰۷ mnop	۲/۶۳ cdefghijklmn	۱/۵۲ lmnop
		اینتروباکتر	۰/۴ p	۱/۶۷ lmnop	۱/۸۸ jklmnop
		شاهد	۰/۸۱ op	۲/۲۴ efghijklmno	۱/۲۴ lmnop
دوم	٪۱۰۰	مایکوریزا	۴/۶۴ a	۴/۰۵ abcde	۴/۱۷ abc
		اینتروباکتر	۲/۱۶ fghijklmnop	۳/۰۳ abcdefghijkl	۳/۸ abcdefg
		شاهد	۳/۷۷ abcdefgh	۳/۷۵ abcdefghi	۲/۰۳ ghijklmnop
	٪۸۰	مایکوریزا	۲/۵۲ cdefghijklmno	۲/۰۰ ghijklmnop	۲/۳۹ cdefghijklmno
		اینتروباکتر	۱/۹۶ hijklmnop	۱/۷۸ lmnop	۱/۳۲ lmnop
		شاهد	۲/۲۳ efghijklmno	۱/۸۳ klmnop	۱/۷۷ lmnop
	٪۶۰	مایکوریزا	۱/۱ mnop	۲/۷۳ bcdefghijklm	۱/۵۸ lmnop
		اینتروباکتر	۰/۴۱ p	۱/۷ lmnop	۱/۹۳ ijklmnop
		شاهد	۰/۸۴ nop	۲/۳۲ defghijklmno	۱/۲۸ lmnop

در هر تیمار، میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری، کود آلی و کود زیستی بر صفات عملکرد گیاه ماش در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد اثر اصلی سال، آبیاری، کود آلی و زیستی بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود. اثر متقابل سال × آبیاری، سال ×کود زیستی و سال × کود آلی معنی‌دار بود. همچنین اثر چهارگانه سال× آبیاری× کود آلی× کود زیستی بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد ۲۴ تن در هکتار کود آلی و اینتروباکتر در سال دوم به میزان ۲۷۹/۱ گرم در مترمربع مشاهده شد و سپس شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد ۲۴ تن در هکتار کود آلی و مایکوریزا در سال دوم به میزان ۲۷۵/۳ گرم در مترمربع بالاترین میزان را داشت (جدول ۵). کمترین عملکرد بیولوژیک نیز در شرایط آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و بدون کود آلی و کاربرد اینتروباکتر در سال اول و دوم بترتیب به میزان ۱۱۰/۹ ۱۱۳/۵ گرم در مترمربع مشاهده شد (جدول ۵). افزایش دور آبیاری باعث کاهش تعداد غلاف شده است. پژوهشگران (Gupta et al., 2015) نتایج مشابهی روی گیاه ماش گزارش دادند. پژوهشگران (Alves Souza et al., 2020) بیان داشتند که تنش کمبود آب عملکرد ماش را از طریق کاهش وزن خشک کل گیاه کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد علت کاهش ماده خشک در شرایط تنش، عدم گسترش بیشتر و تداوم سطح برگ می‌باشد که موجب کاهش استفاده از نور دریافتی شده و در نتیجه تولید ماده خشک کاهش می‌یابد (Ghadirnezhad Shiade et al., 2023). تیمارهای تلقیح شده با قارچ مایکوریزا دارای عملکرد بیولوژیک بالاتری نسبت به تیمارهای بدون تلقیح بود. اختلاف در عملکرد تیمارهای میکوریزا و رژیم‌های مختلف آبیاری به مقدار جذب آب و عناصر غذایی معدنی مربوط می‌شود، به طوری که گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا تعادل آبی گیاهان را در تنش خشکی تحت تأثیر قرار می‌دهند و در نتیجه به علت جذب بیشتر آب و عناصر غذایی معدنی عملکرد محصول افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش با گزارش‌های دیگر محققان مطابقت دارد (Hashem et al., 2019; Sheteiwy et al., 2021). در دور آبیاری با فواصل بیشتر استفاده از کود آلی نسبت به عدم مصرف آن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد. محققان (Bashir et al., 2020) عنوان کردند که کود آلی از طریق جذب انتخابی و آزادسازی کنترل‌شده عناصر غذایی باعث فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی شده در نتیجه به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند. در این مطالعه نیز به نظر می‌رسد استفاده از کود آلی در فواصل آبیاری بیشتر در ماش به دلیل جذب بهتر عناصر غذایی توسط گیاه، رشد گیاه بهتر شده است.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر آبیاری، کود زیستی و آلی بر عملکرد بیولوژیک

سال	دور آبیاری (نیاز آبی)	کود زیستی	کود آلی (تن در هکتار)		
			بدون کود	۱۶	۲۴
اول	٪۱۰۰	مایکوریزا	۲۰۴/۵۷ defghijklm	۱۹۸/۷۷ efghijklmno	۲۷۰/۹۳ ab
		اینتروباکتر	۲۳۲/۳۷ abcdefgh	۱۸۴/۴۱ ghijklmnopq	۲۷۰/۱۳ ab
		شاهد	۲۱۵/۴ bcdefghij	۱۷۶/۳۹ hijklmnopq	۲۵۴/۴۶ abcde
	٪۸۰	مایکوریزا	۲۴۶/۱۹ abcdef	۲۴۲/۳۱ abcdef	۲۵۲/۸۷ abcde
		اینتروباکتر	۱۵۴/۰۴ lmnopqr	۲۱۵/۶ bcdefghij	۲۰۰/۵ efghijklmno
		شاهد	۲۰۶/۸۵ cdefghijkl	۲۲۴/۵۱ abcdefgh	۲۲۷/۷۳ abcdefgh
	٪۶۰	مایکوریزا	۱۴۶/۸۴ nopqr	۱۶۲/۰۹ jklmnopqr	۱۹۷/۸۶ efghijklmno
		اینتروباکتر	۱۱۰/۹۳ r	۱۴۴/۰۴ opqr	۲۴۲/۱۲ abcdef
		شاهد	۱۲۹/۰۲ qr	۱۵۱/۳۲ lmnopqr	۲۲۴/۲۶ abcdefghi
دوم	٪۱۰۰	مایکوریزا	۲۱۱/۴۵ cdefghijk	۲۰۳/۳۹ defghijklmn	۲۷۵/۳۵ a
		اینتروباکتر	۲۳۷/۸۸ abcdefg	۱۸۹/۸۶ fghijklmnop	۲۷۹/۱ a
		شاهد	۲۲۲/۶۳ abcdefghi	۱۸۳/۴۹ ghijklmnopq	۲۵۸/۶۱ abcd
	٪۸۰	مایکوریزا	۲۵۱/۷۲ abcde	۲۴۹/۶۹ abcde	۲۶۳/۰۶ abc
		اینتروباکتر	۱۵۹/۴ jklmnopqr	۲۲۲/۹ abcdefghi	۲۰۳/۷۶ defghijklmn
		شاهد	۲۱۱/۵۲ cdefghijk	۲۲۹/۶ abcdefgh	۲۳۶/۹۱ abcdefg
	٪۶۰	مایکوریزا	۱۵۱/۲۹ lmnopqr	۱۶۷/۱۴ ijklmnopqr	۲۰۴/۴۳ defghijklm
		اینتروباکتر	۱۱۳/۵۸ r	۱۴۷/۳۴ mnopqr	۲۴۹/۶۵ abcde
		شاهد	۱۳۳/۰۵ pqr	۱۵۶/۱۴ klmnopqr	۲۳۱/۴۱ abcdefgh

در هر تیمار، میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSDتفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی سال، آبیاری، کود آلی و زیستی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. اثر متقابل سال × آبیاری، سال ×کود زیستی و سال × کود آلی معنی‌دار بود. همچنین اثر سه‌گانه سال کود زیستی و کود آلی در سطح احتمال پنج درصد و نیز اثر چهارگانه سال× آبیاری× کود آلی× کود زیستی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد ۲۴ تن در هکتار کود آلی و مایکوریزا در سال دوم به میزان ۱۲۶/۱ گرم در مترمربع مشاهده شد و سپس شرایط آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد ۲۴ تن در هکتار کود آلی و اینتروباکتر در سال دوم به میزان ۱۲۴/۳ گرم در مترمربع بالاترین میزان را داشت (جدول ۶). بطور کلی دور آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی عملکرد دانه را نسبت به دورهای آبیاری دیگر کاهش داد. علت کاهش عملکرد دانه در شرایط آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی را به عدم دسترسی گیاهان به آب آبیاری می‌توان نسبت داد، که در نتیجه‌ی آن افزایش رقابت بین گیاهان برای آب، کاهش در تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و افزایش درصد پوکی غلاف اتفاق می‌افتد. کمبود آب از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آنها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی و افت فعالیت آنزیم‌ها شده که در نتیجه کاهش عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت. پژوهشگران(Nawaz et al., 2021) در گزارشی عنوان کرد که کمبود آب باعث کاهش عملکرد دانه ماش شده است. زمانی و همکاران (زمانی و همکاران، ۱۴۰۲) نیز نتایج مشابهی گزارش دادند. در هر دو دور آبیاری ۸۰ و ۶۰ درصد تیمارهای تلقیح شده با قارچ مایکوریزا نسبت به عدم تلقیح برتری داشت. همچنین در صورت افزایش فاصله آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰ درصد می‌توان با استفاده از قارچ مایکوریزا از کاهش عملکرد دانه جلوگیری کرد. محققان (عینی و همکاران، ۱۴۰۱) عنوان کردند تیمارهای تلقیح شده با مایکوریزا میزان عملکرد دانه را افزایش داد. در این آزمایش به نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه تیمارهای مایکوریزا نسبت به شاهد به علت افزایش ماده خشک و جریان مواد فتوسنتزی به اندام‌های مولد عملکرد اقتصادی باشد که نتایج با گزارش دیگر محققان (Karami et al., 2018) مطابقت دارد.

در رابطه با اثر مثبت مایکوریزا بر روی ارتفاع گیاه می‌توان چنین اظهار داشت که قارچ مایکوریزا از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید اسیمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه شود. استفاده از کود آلی به دلیل نگهداری رطوبت خاک و جذب عناصر غذایی و در اختیار قرار دادن آنها به گیاه در طی دوره رشد باعث افزایش عملکرد دانه شد. کود آلی باعث نگهداشت نمک‌های مضر خاک و نگهداشت آب در خاک می‌گردد و از این طریق جذب آب توسط گیاه راحت‌تر و عملکرد دانه در فواصل

آبیاری بیشتر می‌شود (Mehdiniya Afra et al., 2022; Gondek et al., 2020). پژوهشگران (پورکاشفی و همکاران، ۱۳۹۶) اعلام کرد بیشترین عملکرد دانه لوبیا در شرایط نرمال آبیاری (بدون تنش) با میانگین ۴۲۸/۶۰ گرم در مترمربع و کمترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش شدید خشکی با میانگین ۱۹۱/۱۲ گرم در مترمربع بدست آمد.

جدول ٦: مقایسه میانگین اثر آبیاری، کود زیستی و آلی بر عملکرد دانه

سال	دور آبیاری (نیاز آبی)	کود زیستی	کود آلی (تن در هکتار)		
			بدون کود	١٦	٢٤
	٪١٠٠	مایکوریزا	abcdefgh١٠٩/٥٦	abcdef١١۴/٢٧	abcd١١٩/٩
		اینتروباکتر	abcdefgh١٠٩/٨١	abcdefgh١٠٨/٨۶	abc١٢٢/٠٩
		شاهد	bcdefgh١٠۶/٨٢	cdefgh١٠۴/٠٧	abcdefgh١٠٩/٣
	٪٨٠	مایکوریزا	abcdefg١١٢/١٢	abcdef١١۵/۵	abcdefgh١٠٨/٣٩
		اینتروباکتر	jkl٨٠/۵۶	bcdefgh١٠۵/۶٧	abc١٢٢/١۵
		شاهد	fghij٩٧/٧٧	abcdefgh١٠٧/٨٣	cdefgh١٠۵/١
	٪۶٠	مایکوریزا	lm۶۴/۴٨	lm۶٢/٨٣	abcdefg١١٠/٢۶
		اینتروباکتر	m۵۵/۶۶	lm۶٢/٨	efghij٩٨/٧
		شاهد	m۵٨/٩٢	m۶٠/٩۴	hij٩١/٢٢
	٪١٠٠	مایکوریزا	abcdef١١٣/٢۴	abcde١١۶/٩٧	a١٢۶/٠۵
		اینتروباکتر	abcdefg١١٢/٣٩	abcdefg١١٢/٠٠	abc١٢١/٨۵
		شاهد	abcdefg١١٠/٣٩	abcdefgh١٠٨/٢۶	abcdefg١١١/٠٨
	٪٨٠	مایکوریزا	abcdef١١۴/٧۵	abcd١١٩/١	abcdef١١٢/٧۶
دوم		اینتروباکتر	ijk٨٣/٣	abcdefgh١٠٩/١١	ab١٢۴/١۴
		شاهد	efghi١٠٠/٠٧	abcdefg١١٠/٣۶	abcdefgh١٠٩/٣۴
	٪۶٠	مایکوریزا	klm۶۶/۵۵	klm۶۴/٧۶	abcdef١١٣/۴
		اینتروباکتر	m۵۶/٩٨	lm۶۴/٣٢	defghi١٠١/٧٨
		شاهد	m۶٠/٨۴	lm۶٢/٨۴	ghij٩۴/١

در هر تیمار، میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

درصد و عملکرد پروتئین دانه

نتایج نشان داد اثر اصلی سال بر میزان پروتئین دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد اما اثر آبیاری، کود آلی و زیستی بر پروتئین دانه معنی‌دار نبود. اثر متقابل سال × آبیاری در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر چهارگانه سال× آبیاری× کود آلی× کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی سال و آبیاری، کود آلی و زیستی بر عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار نبود. اثر متقابل سال × آبیاری و سال × کود آلی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار شد. اثر سه‌گانه سال × آبیاری× کود آلی و همچنین اثر چهارگانه سال× آبیاری× کود آلی× کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بالاترین درصد پروتئین دانه با آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و بدون کاربرد کود زیستی و بدون کاربرد کود آلی در سال دوم به میزان ۱۵/۷۶ درصد بدست آمد. کمترین درصد پروتئین دانه نیز در آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی و مایکوریزا و بدون کود آلی در سال اول به میزان ۱۰/۴۴ درصد بدست آمد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین عملکرد پروتئین نیز نشان داد بیشترین عملکرد پروتئین دانه با آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کاربرد مایکوریزا و بدون کاربرد کود آلی در سال دوم به میزان ۱۷/۳۳ گرم در مترمربع بدست آمد. کمترین عملکرد پروتئین دانه نیز در آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی و کاربرد کود زیستی اینتروباکتر و بدون کاربرد کود زیستی و ۱۶ تن در هکتار کود آلی در سال اول بترتیب به میزان ۸/۴۵ و ۸/۵۸ گرم در مترمربع بدست آمد (جدول ۸). با افزایش فاصله آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه عملکرد پروتئین دانه کمتر شده است. دلیل این تفاوت معنی‌دار در عملکرد پروتئین دانه بین دورهای آبیاری، را می‌توان با در نظر گرفتن رابطه مستقیم عملکرد دانه با عملکرد پروتئین توجیه نمود، زیرا که عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه بدست می‌آید. عملکرد دانه در دور آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی بالاتر بود از این رو میزان عملکرد پروتئین دانه در دور آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت به دور آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی بالا بود. این نتایج با گزارش محققان که عنوان کردند افزایش

فاصله آبیاری و کمبود آب باعث کاهش میزان پروتئین دانه شد مطابقت دارد (Kusvuran and Dasgan, 2017). محققان نیز گزارش داد عملکرد پروتئین دانه لوبیا در تیمارهای تحت تنش کاهش می‌یابد(Akitha Devi et al., 2015).

جدول ۷: مقایسه میانگین اثر آبیاری، کود زیستی و آلی بر محتوای پروتئین دانه گیاه ماش

سال	دور آبیاری (نیاز آبی)	کود زیستی	کود آلی (تن در هکتار)		
			بدون کود	۱٦	۲٤
اول	٪۱۰۰	مایکوریزا	efghijk۱۱/۴۸	abcdefg۱۴/۳۲	abcdefg۱۴/۴۱
		اینتروباکتر	jk۱۰/۵	abcdefgh۱۴/۲	abcde۱۴/۵۵
		شاهد	ab۱۵/۵۱	abcdefgh۱۴/۰۹	abcdefghijk۱۳/۵
	٪۸۰	مایکوریزا	ijk۱۰/۶۲	abcdefghijk۱۲/۵۸	abcdefg۱۴/۳۶
		اینتروباکتر	abcdefghijk۱۲/۸	abcdefg۱۴/۳۶	abcdefghijk۱۳/۵۳
		شاهد	hijk۱۰/۸۳	abcdefghijk۱۲/۷۵	abcdefghijk۱۳/۵۲
	٪۶۰	مایکوریزا	k۱۰/۴۴	abcde۱۴/۵۶	abcde۱۴/۷۹
		اینتروباکتر	abcdefghijk۱۲/۹۹	abcd۱۵/۱	abcdefghi۱۳/۹۴
		شاهد	defghijk۱۱/۸۲	abcdefgh۱۴/۰۸	abcdefgh۱۴/۰۶
دوم	٪۱۰۰	مایکوریزا	ijk۱۰/۶۱	abcde۱۴/۷۷	abcde۱۴/۷۷
		اینتروباکتر	hijk۱۰/۸۳	abcde۱۴/۵۶	abcd۱۴/۹۷
		شاهد	a۱۵/۷۶	abcdef۱۴/۵۴	abcdefgh۱۴/۰۵
	٪۸۰	مایکوریزا	ghijk۱۱/۰۵	abcdefghijk۱۲/۹۱	abcde۱۴/۸۴
		اینتروباکتر	abcdefghijk۱۳/۰	abcde۱۴/۸۱	abcdefghi۱۳/۹۹
		شاهد	cdefghijk۱۱/۹۴	abcdefghijk۱۳/۰۸	abcdefghij۱۳/۸۵
	٪۶۰	مایکوریزا	fghijk۱۱/۱۷	abcd۱۵/۰۵	abc۱۵/۳
		اینتروباکتر	abcdefghijk۱۳/۳۷	ab۱۵/۴۴	abcdefg۱۴/۲۵
		شاهد	bcdefghijk۱۲/۱۸	abcde۱۴/۵۶	abcdef۱۴/۵۴

در هر تیمار، میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

جدول ۸: مقایسه میانگین اثر آبیاری، کود زیستی و آلی بر عملکرد پروتئین دانه گیاه ماش

سال	دور آبیاری (نیاز آبی)	کود زیستی	کود آلی (تن در هکتار)		
			بدون کود	۱٦	۲٤
اول	٪۱۰۰	مایکوریزا	fghijklm۱۲/۵۲	abcdef۱۵/۵۵	abc۱۶/۳۸
		اینتروباکتر	defghijk۱۲/۸۸	abcdef۱۵/۶۱	abcd۱۶/۱۲
		شاهد	ab۱۶/۹۵	abcdefg۱۵/۲۷	abcdefghi۱۴/۵۸
	٪۸۰	مایکوریزا	ijklmnop۱۱/۴۶	bcdefghijk۱۳/۸۸	abc۱۶/۳۳
		اینتروباکتر	abcdefg۱۵/۲۸	ijklmnop۱۱/۵۲	abcdefghi۱۴/۴۷
		شاهد	ghijklmn۱۲/۰۶	fghijkl۱۲/۶۴	abcdefgh۱۵/۰۹
	٪۶۰	مایکوریزا	ijklmnop۱۱/۶۵	nop۹/۲۱	nop۹/۰۴
		اینتروباکتر	efghijkl۱۲/۷۶	p۸/۴۵	nop۸/۸۱
		شاهد	klmnop۱۰/۷۵	p۸/۵۸	op۸/۶۹
دوم	٪۱۰۰	مایکوریزا	efghijkl۱۲/۷۳	abcd۱۶/۰۶	ab۱۶/۷۸
		اینتروباکتر	cdefghijk۱۳/۳	abcde۱۵/۹۹	ab۱۶/۵۹
		شاهد	a۱۷/۲۳	abcdef۱۵/۷۶	abcdefgh۱۵/۱۷
	٪۸۰	مایکوریزا	hijklmno۱۱/۹۲	abcdefghij۱۴/۲۳	ab۱۶/۸۶
		اینتروباکتر	abcdef۱۵/۵۳	hijklmno۱۱/۹۱	abcdefgh۱۴/۹۶
		شاهد	fghijklm۱۲/۵۴	defghijk۱۲/۹۶	abcdef۱۵/۴۵
	٪۶۰	مایکوریزا	hijklmn۱۱/۹۹	lmnop۹/۵۲	mnop۹/۳۴
		اینتروباکتر	cdefghijk۱۳/۱۴	op۸/۶۴	9 nop
		شاهد	jklmnop۱۱/۱	nop۸/۸۷	nop۸/۹۸

در هر تیمار، میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

کارایی مصرف آب

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی سال و آبیاری، کود آلی و زیستی بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نبود. اثر متقابل سال × کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد و سال × کود آلی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف آب معنی‌دار شد. اثر سه‌گانه سال × آبیاری× کود آلی و همچنین اثر چهارگانه سال× آبیاری× کود آلی× کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر کارایی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بالاترین کارایی مصرف آب با آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی و کاربرد مایکوریزا و ۱۶ تن در هکتار کود آلی در سال دوم به میزان ۰/۲۹ بدست آمد و سپس تیمار با آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی و کاربرد مایکوریزا و بدون کود آبی و تیمار آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی و کاربرد اینتروباکتر و کاربرد ۱۶ تن در هکتار کود آلی در سال دوم به میزان ۰/۲۸ مشاهده شد. کمترین کارایی مصرف آب نیز در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و عدم کاربرد کود زیستی و کاربرد ۲۴ تن در هکتار کود آلی به میزان ۰/۱۳ بدست آمد (جدول ۹).

نتایج مقایسه میانگین اثر کود آلی و دور آبیاری بر کارایی مصرف آب نشان می‌دهد استفاده از کود آلی در آبیاری با فواصل بیشتر بویژه آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد، در این مطالعه، استفاده از کود آلی به دلیل حفظ و نگهداری آب موجود در خاک علاوه بر مانع از هدر رفت آب، باعث رشد بهتر گیاه در طی دوره رشد شده و در نتیجه میزان ماده خشک و عملکرد دانه ماش افزایش بیشتر شد، از این رو میزان کارایی مصرف آب افزایش یافت. وانگ و همکاران (Wang et al., 2017) بیان داشتند استفاده از کود آلی باعث افزایش کارایی مصرف آبیاری در گندم نسبت به عدم مصرف آن شد. ژای و همکاران (Zhai et al., 2022) نیز نتایج مشابهی را گزارش دادند. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2021) نیز در مطالعه خود گزارش دادند که استفاده از کود آلی به دلیل حفظ رطوبت خاک باعث افزایش کارایی مصرف آب در ذرت شد. کاربرد کود آلی باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. جهت کاهش تنش‌های رطوبتی از کود آلی که باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و آب در دسترس گیاه و بهره‌وری بیشتر می‌شوند استفاده می‌شود (Abdallah et al., 2021).

جدول ۹: مقایسه میانگین اثر آبیاری، کود زیستی و آلی بر کارایی مصرف آب گیاه ماش

سال	دور آبیاری (نیاز آبی)	کود زیستی	کود آلی (تن در هکتار)		
			بدون کود	۱۶	۲۴
اول	٪۱۰۰	مایکوریزا	abc۰/۲۷	abcd۰/۲۶	hijklm۰/۱۹
		اینتروباکتر	abcdefghi۰/۲۴	abcdefg۰/۲۵	jklmn۰/۱۸
		شاهد	ab۰/۲۸	abcde۰/۲۵	n۰/۱۳
	٪۸۰	مایکوریزا	abcdefghij۰/۲۴	abc۰/۲۷	abcdef۰/۲۵
		اینتروباکتر	abc۰/۲۷	abc۰/۲۷	ijklmn۰/۱۹
		شاهد	cdefghij۰/۲۲	abcd۰/۲۶	efghijkl۰/۲
	٪۶۰	مایکوریزا	abc۰/۲۷	abcd۰/۲۶	klmn۰/۱۵
		اینتروباکتر	abcdefghij۰/۲۴	abc۰/۲۷	lmn۰/۱۵
		شاهد	abcde۰/۲۶	abcde۰/۲۵	lmn۰/۱۵
دوم	٪۱۰۰	مایکوریزا	abc۰/۲۷	abc۰/۲۷	fghijkl۰/۲
		اینتروباکتر	abcdef۰/۲۵	abcde۰/۲۶	ijklmn۰/۱۹
		شاهد	ab۰/۲۸	abcd۰/۲۶	ghijkl۰/۱۹
	٪۸۰	مایکوریزا	abcdefgh۰/۲۵	a۰/۲۹	abcde۰/۲۶
		اینتروباکتر	abc۰/۲۷	abc۰/۲۷	mn۰/۱۴
		شاهد	bcdefghij۰/۲۳	abc۰/۲۷	defghijk۰/۲۱
	٪۶۰	مایکوریزا	ab۰/۲۸	abc۰/۲۷	klmn۰/۱۶
		اینتروباکتر	abcdefgh۰/۲۴	ab۰/۲۸	klmn۰/۱۵
		شاهد	abc۰/۲۷	abcd۰/۲۶	klmn۰/۱۵

در هر تیمار، میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

قارچ مایکوریزا نیز باعث افزایش کارایی مصرف آب شده است. نتایج مشابهی توسط کویپر و همکاران (Kuyper et al., 2021) بدست آمد. گزارش شده است گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزایی می‌باشند بدلیل اینکه عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب

می‌نمایند دارای رشد بهتری می‌باشند و عملکرد آنها بیشتر خواهند بود (Kuyper et al., 2021). لارانجری و همکاران (Laranjeira et al., 2021) گزارش دادند کارایی مصرف آب در تولید بیوماس اندام‌های هوایی و بیوماس کل نخود در شرایط تنش خشکی توأم با میکوریزا افزایش یافت. افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط قارچ ریشه می‌تواند ناشی از رشد ریسه‌های قارچ تا ۲۰ میلی‌متری از سطح ریشه در مقایسه با رشد ۱/۵ میلی‌متر ریشه‌های مویین و قدرت نفوذ بیشتر ریسه‌ها در مقابل قدرت نفوذ کم ریشه به داخل شکاف یا خلل و فرج باشد. در این مطالعه نیز در دور آبیاری ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمارهای عدم تلقیح شده، قارچ مایکوریزا باعث با همزیستی با ریشه گیاه و افزایش قدرت جذب آب و عناصر باعث رشد سریع و بهتر گیاه شده و میزان عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح شده با مایکوریزا را افزایش داده است. افزایش عملکرد دانه در نتیجه باعث افزایش کارایی مصرف آب شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این مطالعه، استفاده از کود آلی و زیستی در شرایط تنش خشکی می‌تواند بهبود قابل‌توجهی در عملکرد کمی و کیفی ماش داشته باشد. کود آلی باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود که سبب افزایش عملکرد می‌شود. کود زیستی نیز با تأثیر بر جذب عناصر عملکرد کمی و کیفی را بهبود بخشید. به طور کلی، استفاده از کود آلی و زیستی در کشت ماش می‌تواند بهبود قابل‌توجهی در تولید ماش در شرایط تنش خشکی داشته باشد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

پوراسماعیل، معصومه.، صانعی نژاد، علی‌اکبر.، خورشیدی بنام، محمدباقر.، سخاوت، رضا.، قنبری، علی‌اکبر.، خدادادی، مصطفی. (۱۴۰۱). تبیین نقش صفات زراعی در تنوع نمونه‌های ژنتیکی ماش. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۳(۴)، ۴۳-۶۲.

پورکاشفی، حبیب.، قرینه، احسان.، قرینه، محمدحسین.، شافعی نیا، علیرضا .، روزرخ، مهدی. (۱۳۹۶). تأثیر سطوح مختلف زئولیت برعملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز (*Phasaeolus vulgaris* L.) تحت تنش خشکی در شرایط آب و هوایی کرمانشاه. *دوفصلنامه فنآوری تولیدات گیاهی*. ۹(۱) ۱۴۱-۱۵۱.

جمالی، صابر.، گلدانی، مرتضی.، زین‌الدین، سیده محبوبه. (۱۳۹۸). بررسی اثر تنش آبی دوره‌ای بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه کینوا (رقم NQRC). *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۳(۶)، ۱۶۸۷-۱۶۹۷.

زمانی، زینب.، زیدعلی، احسان.، علیزاده، حمزه علی.، فتحی، امین .(۱۴۰۲). تأثیر تنش خشکی و کود شیمیایی نیتروژن بر ویژگی‌های ریشه و عملکرد در سه رقم کینوا .(*Chenopodium quinoa* Wild) تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک، ۵(۲)۴۸۷-۵۰۰.

طایفه افشاری، هادی.، میرشکاری، بهرام.، حسن‌زاده قورت تپه، عبداله.، فرح وش، فرهاد.، یارنیا، مهرداد. (۱۴۰۲). تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیکی و سوپر جاذب بر خصوصیات زراعی گیاه کرچک (*Ricinus communis* L.) تحت شرایط تنش کم‌آبی. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۶(۳)، ۸۵۳-۸۶۹.

عینی، هاشم.، میرزائی حیدری، محمد.، فتحی، امین. (۱۴۰۱). بررسی کاربرد کود اوره، میکوریزا و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی کلزا. *تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک، ۴ (۲)، ۴۰۵-۴۲۰*.

نصراله زاده اصل، وحید.، محرم نژاد، سجاد.، یوسفی، مهری.، بنده حق، علی.، ابراهیمی، لاله. (۱۳۹۶). ارزیابی عملکرد دانه هیبریدهای ذرت (*Zea mays* L) تحت محدودیت آب. *دانش کشاورزی وتوابد پایدار*، ۲۷(۲)، ۸۵-۹۶.

نصیری محلاتی، مهدی.، بهامین، صادق.، فتحی، امین.، بهشتی، سید علیرضا .(۱۴۰۱). تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت با استفاده از روش فراتحلیل. *پژوهش‌های کاربردی زراعی*، ۳۵(۱) ۳۵-۵۳.

یزدانپور، اعظم.، سلوکی، محمود.، دهمرده، مهدی.، خمری، عیسی .(۱۴۰۱). بررسی تاثیر تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی کینوا تحت تنش خشکی. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*،۱۵ (۴)،۱۰۵۹-۱۰۷۲.

REFERENCES

Abdallah, A. M., Jat, H. S., Choudhary, M., Abdelaty, E. F., Sharma, P. C., & Jat, M. L. (2021). Conservation agriculture effects on soil water holding capacity and water-saving varied with management practices and agroecological conditions: A Review. *Agronomy*, *11*(9), 1681.

Ahmed, M. T., Islam, M. R., Pramanik, S. K., Sikder, S., & Hasan, M. A. (2021). Amelioration of Adverse

Effect of Drought Stress on Mung bean through Supplemental Agronomic Practices. *The Agriculturists*, *19*(1&2), 73-85.

Akitha Devi, M. K., & Giridhar, P. (2015). Variations in physiological response, lipid peroxidation, antioxidant enzyme activities, proline and isoflavones content in soybean varieties subjected to drought stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, *85*, 35-44.

Alves Souza, S., Higino Vieira, J., Bispo dos Santos Farias, D., da Silva, G. H., & Cabral Aleman, C. (2020). Impact of irrigation frequency and planting density on bean's morpho-physiological and productive traits. *Water*, *12*(9), 2468.

Bashir, A., Rizwan, M., ur Rehman, M. Z., Zubair, M., Riaz, M., Qayyum, M. F., ... & Ali, S. (2020). Application of co-composted farm manure and biochar increased the wheat growth and decreased cadmium accumulation in plants under different water regimes. *Chemosphere*, *246*, 125809.

Danish, S., Zafar-ul-Hye, M., Fahad, S., Saud, S., Brtnicky, M., Hammerschmiedt, T., & Datta, R. (2020). Drought stress alleviation by ACC deaminase producing Achromobacter xylosoxidans and Enterobacter cloacae, with and without timber waste biochar in maize. *Sustainability*, 12(15), 6286.

Eyni, H., M. Mirzaei Heydari, and A. Fathi. 2023. Investigation of the application of urea fertilizer, mycorrhiza, and foliar application of humic acid on quantitative and qualitative properties of canola. *Crop Science Research in Arid Regions*. 4(2), 405-420. (In Persian).

Fasusi, O. A., Cruz, C., & Babalola, O. O. (2021). Agricultural sustainability: microbial biofertilizers in rhizosphere management. *Agriculture*, 11(2), 163.

Fathi, A., Barari Tari, D., Fallah Amoli, H., & Niknejad, Y. (2020). Study of energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions in corn production systems: influence of different tillage systems and use of fertilizer. *Communications in soil science and plant analysis*, 51(6), 769-778.

Ghadirnezhad Shiade, S. R., A. Fathi, F. Taghavi Ghasemkheili, E. Amiri, and M. Pessarakli. 2023. Plants' responses under drought stress conditions: Effects of strategic management approaches—A review. *Journal of Plant Nutrition*. 46(9), 2198-2230.

Ghotbi, V., Mahrokh, A., Tehrani, A. M., & Asadi, H. (2022). Evaluation of Forage Yield and Quality of Cowpea, Guar, and Mung Bean under Drought Stress Conditions. Chemistry Proceedings, 10(1), 62.

Gondek, M., Weindorf, D. C., Thiel, C., & Kleinheinz, G. (2020). Soluble salts in compost and their effects on soil and plants: A review. *Compost Science & Utilization*, *28*(2), 59-75.

Gupta, K., Buchshtab, O., & Hovav, R. (2015). The effects of irrigation level and genotype on pod-filling related traits in peanut (Arachis hypogaea). *Journal of Agricultural Science*, *7*(1), 169.

Habib Porkashefi, E., Gharineh, M. H., Shafeinia, A. R., & Roozrokh, M. (2016). The effect of zeolite levels on chlorophyll fluorescence of red bean (*Phasaeolus vulgaris* L.) under drought tension conditions. *crop physiology journal*, *7*(28), 19-32. (In Persian).

Hashem, A., Kumar, A., Al-Dbass, A. M., Alqarawi, A. A., Al-Arjani, A. B. F., Singh, G., ... & Abd_Allah, E. F. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi and biochar improves drought tolerance in chickpea. *Saudi journal of biological sciences*, *26*(3), 614-624.

Jamali, S., Goldani, M., & Zeynodin, S. M. (2020). Evaluation the effects of periodic water stress on yield and water productivity on Quinoa. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *13*(6), 1687-1697. (In Persian).

Kalanaki, M., Ritzema, H., Bamshad, R., Jones, E., & Fazilatnia, M. (2020). Application of bio-desalinization for reclamation of salt-affected soil under composted cow manure and deficit irrigation with saline water. *Paddy and Water Environment*, 18, 469-479.

Karami, H., Maleki, A., & Fathi, A. (2018). Determination effect of mycorrhiza and vermicompost on accumulation of seed nutrient elements in maize (*Zea mays* L.) affected by chemical fertilizer. *Journal of Crop Nutrition Science*, *4*(3), 15-29.

Kusvuran, S., & Dasgan, H. Y. (2017). Effects of drought stress on physiological and biochemical changes in Phaseolus vulgaris L. *Legume Research-An International Journal*, *40*(1), 55-62.

Kuyper, T. W., Wang, X., & Muchane, M. N. (2021). The interplay between roots and arbuscular mycorrhizal fungi influencing water and nutrient acquisition and use efficiency. *The Root Systems in Sustainable Agricultural Intensification*, 193-220.

Laranjeira, S., Fernandes-Silva, A., Reis, S., Torcato, C., Raimundo, F., Ferreira, L., ... & Marques, G. (2021). Inoculation of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi improve chickpea performance under water deficit conditions. *Applied Soil Ecology*, *164*, 103927.

Mehdiniya Afra, J., Habibi, E., Fathi, A., Saleem, A., Ghadimi, F., Khazainezhad, S., Rezazadeh, R., Danafar, T., Kheyri, Y., Nozari, F., & Avish, Z. (2022). Influence of Chemical Fertilizers and Animal Manure on Morphological Traits of Medicinal Plants in Northern Iran. *Research On Crop Ecophysiology*, *17*(2), 86-

101.
Nasrollahzade Asl, V., S. Moharramnejad, M. Yusefi, A. Bandehhagh, and L. Ibrahimi. 2017. Evaluation of Grain Yield of Maize (*Zea mays* L.) Hybrides Under Water Limitation. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. *27*(2), 85-96. (In Persian).
Nassiri Mahallati, M., S. Bahamin, A. Fathi, and S. A. Beheshti. 2022. The Effect of Drought Stress on Yield and Yield Components of Maize Using Meta-Analysis Method. *Applied Field Crops Research*. *35*(1), 53-35. (In Persian).
Nawaz, H., Hussain, N., Ahmed, N., & Javaiz, A. L. A. M. (2021). Efficiency of seed bio-priming technique for healthy mungbean productivity under terminal drought stress. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(1), 87-99.
Pouresmael, M., Saneinejad, A. A., Khorshidi, M. B., Sekhavat, R., Ghanbari, A. A., & Khodadadi, M. (2022). Agronomic traits contribution in mung bean accessions diversity. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53(4). (In Persian).
Sheteiwy, M. S., Ali, D. F. I., Xiong, Y. C., Brestic, M., Skalicky, M., Hamoud, Y. A., ... & El-Sawah, A. M. (2021). Physiological and biochemical responses of soybean plants inoculated with Arbuscular mycorrhizal fungi and Bradyrhizobium under drought stress. *BMC plant biology*, 21(1), 1-21.
Shiade, S. R. G., Zand-Silakhoor, A., Fathi, A., Rahimi, R., Minkina, T., Rajput, V. D., ... & Chaudhary, T. (2024). Plant metabolites and signaling pathways in response to biotic and abiotic stresses: Exploring bio stimulant applications. *Plant Stress*, 100454.
Tayfa Afshari, H., Mirshekari, B., Hasanzadeh Ghorttapeh, A., Farahvash, F., & Yarnia, M. (2023). Effect of use of biological fertilizers and superabsorbents on the agronomic characteristics of castor plant (*Ricinus communis* L.) under water deficit stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 16(3), 853-869. (In Persian).
Wang, L., Wang, S., Chen, W., Li, H., & Deng, X. (2017). Physiological mechanisms contributing to increased water-use efficiency in winter wheat under organic fertilization. *PloS One*, *12*(6), e0180205.
Yazdanpoor, A., Soluki, M., Dahmardeh, M., & Khammari, I. (2022). Investigating the combined effect of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of Quinoa (Chenopodium quinoa) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(4), 1059-1072. (In Persian).
Zamani, Z., Zeidali, E., Alizadeh, H. A., & Fathi, A. (2023). Effect of drought stress and nitrogen chemical fertilizer on root properties and yield in three quinoa cultivars (Chenopodium quinoa Willd). *Crop Science Research in Arid Regions*, *5*(2), 487-500. (In Persian).
Zhai, L., Wang, Z., Zhai, Y., Zhang, L., Zheng, M., Yao, H., ... & Jia, X. (2022). Partial substitution of chemical fertilizer by organic fertilizer benefits grain yield, water use efficiency, and economic return of summer maize. *Soil and Tillage Research*, *217*, 105287.
Zhang, X., Dong, Z., Wu, X., Gan, Y., Chen, X., Xia, H., ... & Siddique, K. H. (2021). Matching fertilization with water availability enhances maize productivity and water use efficiency in a semi-arid area: Mechanisms and solutions. *Soil and Tillage Research*, *214*, 105164.