



Evaluation of the combined effect of liquid organic fertilizers on nutrient uptake improvement and yield enhancement of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Edris Gavili Kilaneh^{1✉} | Mohammad Babaakbari Sari² | Akbar Hassani³ | Milad Pero⁴ | Setareh Amanifar⁵

1. Corresponding Author, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. Zanjan, Iran. E-mail:

Edris_Gavili@yahoo.com

2. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. Zanjan, Iran. E-mail: Babaakbari@znu.ac.ir

3. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. Zanjan, Iran. E-mail:

Akbar.Hassani@znu.ac.ir

4. Farhikhtegan Zarnam Industrial Research Group, Alborz Province, Hashtgerd City, Iran. E-mail:

M.Pero@zarholding.com

5. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. Zanjan, Iran. E-mail: Amanifar@znu.ac.ir

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: June. 22, 2025

Revised: Aug. 19, 2025

Accepted: Aug. 25, 2025

Published online: Nov. 2025

Keywords:

Molasses,

Pulses,

Sustainable agriculture,

Vinasse,

Zargreen.

ABSTRACT

To investigate the effect of organic fertilizers on the agronomic characteristics and yield of white beans in the Hidaj region of Zanjan province, an experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The treatments included 13 levels of liquid fertilizer mixtures of Zargreen, molasses and Vinasse, respectively from left to right, in the ratios of 100-0-0 (Z1), 75-25-0 (Z2), 75-0-25 (Z3), 50-25-25 (Z4), 0-100-0 (M5), 25-75-0 (M6), 0-75-25 (M7), 25-50-25 (M8), 0-0-100 (V9), 25-0-75 (V10), 0-25-75 (V11), 25-25-50 (V12) and 0-0-0 (C13), all applied (except control) at a rate of 90 liters per hectare in two stages of end of vegetative growth (beginning of flowering) and grain filling as fertigation. The results showed that treatment (Z2) increased grain yield by 26.18%, 100-grain weight by 10.97%, number of grains per pod by 30%, dry weight by 21.67%, and phosphorus concentration by 67% compared to the control. Also, treatments (Z1) and (M6) increased grain yield by 25.82% and 21.77%, 100-grain weight by 10.81% and 10.39%, plant height by 18.13% and 15.89%, dry weight by 17.39% and 18.27%, nitrogen concentration by 36.73% and 39.29%, and iron concentration by 38.75% and 38.38%, respectively, compared to the control. Therefore, the use of a mixture of liquid organic fertilizers with appropriate proportions, especially treatment (Z2), can be recommended as an effective strategy to increase yield and improve the quality of white beans in the Hidaj area.

Cite this article: Gavili Kilaneh, E., Babaakbari Sari, M., Hassani, A., Pero, M., Amanifar, S. (2025). Evaluation of the combined effect of liquid organic fertilizers on nutrient uptake improvement and yield enhancement of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 56 (9), 2521-2540. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.397471.669964>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.397471.669964>



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Soil degradation is considered one of the major global environmental challenges, with significant impacts on agricultural productivity, food security, and human health. The application of organic fertilizers is recognized as an effective strategy to improve the physical, chemical, and biological properties of soil, thereby enhancing agricultural sustainability. In this regard, compounds such as Zargreen, Molasses, and Vinasse, due to their rich content of essential nutrients, organic matter, and bioactive compounds, can improve soil fertility, stimulate plant growth, and increase crop yield. On the other hand, common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the main sources of plant-based protein and holds a prominent position in cropping systems across different regions of Iran, including the Hidaj area of Zanjan province. This study was conducted to evaluate the combined effects of industrially-derived organic fertilizers on the growth, grain yield, and nutrient status of common bean in this region.

Material and Methods

This study was conducted in the summer of 2024 at the research farm of Royan Bazr Danesh knowledge-based company in Hidaj (Zanjan Province) using a randomized complete block design (RCBD) with 13 treatments and three replications. Soil samples were collected from a 0–30 cm depth before planting, and the chemical properties of the organic fertilizers were analyzed using standard methods. White bean (cv. Hidaj) was sown on July 10, and irrigation was performed using a drip system. Each experimental plot measured 5 m² and consisted of three rows, each 2.5 meters long. Treatments included various combinations of liquid organic fertilizers Zargreen, Molasses, and Vinasse, applied individually or in mixtures at different ratios 100–0–0 (Z1), 75–25–0 (Z2), 75–0–25 (Z3), 50–25–25 (Z4), 0–100–0 (M5), 25–75–0 (M6), 0–75–25 (M7), 25–50–25 (M8), 0–0–100 (V9), 25–0–75 (V10), 0–25–75 (V11), 25–25–50 (V12), and 0–0–0 (C13). Fertilizers were applied in two splits (August 19 and September 8) at a total rate of 90 liters per hectare.

Results and Discussion

The results indicated that different organic fertilizer treatments had a significant effect on growth features, yield, and nutrient uptake in white bean. The highest plant height (66.87 cm) and maximum dry weight of stem and leaves (23.02 g) were observed in the treatments with pure Zargreen (100-0-0) and the combination (75-25-0), respectively. The (75-25-0) treatment also showed the highest number of seeds per pod (30% increase compared to the control), 100-seed weight (10.97% increase), and grain yield (4680 kg/ha, 26.18% increase compared to the control). In contrast, the pure vinasse treatment (0-0-100) had the lowest values in most traits and negatively affected plant growth. In terms of nutrient content, the highest nitrogen concentration was observed in the (25-75-0) treatment (0.91%), and the highest iron concentration was found in the (75-25-0) treatment (117.37 µg/g dry matter). The combination of Zargreen and Molasses, due to their rich content of organic nitrogen, amino acids, carbohydrates, and microbial-stimulating properties, enhanced nutrient uptake and improved plant growth and yield. Conversely, the application of pure vinasse, due to its high salinity and nutrient imbalance, led to reduced water and nutrient absorption and ultimately suppressed plant growth.

Conclusions

The results showed that the combined application of organic fertilizers Zargreen and Molasses had a significant positive effect on the growth, yield, and nutrient uptake of white bean. Treatments containing Zargreen, especially (100-0-0), (75-25-0), and (25-75-0), produced the best improvements in plant height, dry weight, pod seed number, and grain yield. These combinations enhanced nutrient uptake by supplying amino acids, organic nitrogen, and soluble carbohydrates, which improved microbial activity and soil properties. In contrast, the sole use of Vinasse led to reduced growth and yield due to its high salinity and nutrient imbalance. Therefore, the Zargreen and Molasses combination is recommended as an effective strategy for sustainable agriculture and improved plant nutrition, whereas using Vinasse alone at high doses is not advisable and should be applied in controlled amounts combined with other organic fertilizers. These findings highlight the importance of selecting the proper combination and ratio of organic fertilizers for nutrient management and sustainable crop production.

Author Contributions

Conceptualization, E. G. and M. B.; methodology, E. G. and M. B.; software, E. G.; validation, E. G. and M. B.; formal analysis, E. G. and M. B.; investigation, E. G.; resources, E. G. and M. B.; data curation, E. G.; writing—original draft preparation, E. G. and M. B.; writing—review and editing, E. G., M. B., A. H., M. P. and S. A.; visualization, E. G. and M. B.; supervision, M. B.; project administration, M. B., A. H., M. P. and

S. A.; funding acquisition, E. G. and M. B.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

The data supporting the findings of this study are available in the manuscript. If the study did not report any data, you might add “Not applicable” here.

Acknowledgements

The authors would like to thank Zanzan Universities and Farhikhtegan Zarnam Research & Industrial Group for providing all the needed facilities.

Ethical considerations

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

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ارزیابی اثر تلفیقی کودهای آلی مایع بر بهبود جذب عناصر غذایی و ارتقاء عملکرد لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.)

ادریس گویلی کیلانه^۱ | محمد بابا اکبری ساری^۲ | اکبر حسنی^۳ | میلاد پرو^۴ | ستاره امانی^۵

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: Edris_Gavili@yahoo.com

۲. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: Babaakbari@znu.ac.ir

۳. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: Akbar.Hassani@znu.ac.ir

۴. گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام، استان البرز، شهر هشتگرد، ایران. رایانامه: M.Pero@zarholding.com

۵. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: Amanifar@znu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۴/۱	به منظور بررسی اثر کودهای آلی بر خصوصیات زراعی و عملکرد لوبیا سفید در منطقه هیدج استان زنجان آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۱۳ سطح مخلوط کودهای مایع زرگرین، ملاس و ویناس به ترتیب از راست به چپ به نسبت ۱۰۰-۰-۰ (Z1)، ۷۵-۲۵-۰ (Z2)، ۷۵-۰-۲۵ (Z3)، ۵۰-۲۵-۲۵ (Z4)، ۰-۱۰۰-۰ (M5)، ۲۵-۷۵-۰ (M6)، ۰-۷۵-۲۵ (M7)، ۲۵-۵۰-۲۵ (M8)، ۰-۰-۱۰۰ (V9)، ۲۵-۰-۷۵ (V10)، ۰-۲۵-۷۵ (V11)، ۲۵-۲۵-۵۰ (V12) و ۰-۰-۰ (C13 همگی (بجز کنترل) به میزان ۹۰ لیتر در هکتار در دو مرحله انتهایی رشد رویشی (آغاز گلدهی) و پر شدن دانه بصورت کود آبیاری مصرف شدند. نتایج نشان داد تیمار (Z2) عملکرد دانه را به میزان ۲۶/۱۸ درصد، وزن صد دانه را به میزان ۱۰/۹۷ درصد، تعداد دانه در غلاف را به میزان ۳۰ درصد، وزن خشک را به میزان ۲۱/۶۷ درصد و غلظت فسفر را به میزان ۶۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین تیمارهای (Z1) و (M6) به ترتیب سبب افزایش ۲۵/۸۲ و ۲۱/۷۷ درصدی عملکرد دانه، ۱۰/۸۱ و ۱۰/۳۹ درصدی وزن صد دانه، ۱۸/۱۳ و ۱۵/۸۹ درصدی ارتفاع، ۱۷/۳۹ و ۱۸/۲۷ درصدی وزن خشک و ۳۶/۷۳ و ۳۹/۲۹ درصدی غلظت نیتروژن و ۳۸/۷۵ و ۳۸/۳۸ درصدی غلظت آهن نسبت به شاهد شدند. بنابراین، استفاده از مخلوط کودهای آلی مایع با نسبت مناسب، به ویژه تیمار (Z2)، می تواند به عنوان راهکاری مؤثر برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت لوبیا سفید در منطقه هیدج توصیه شود.
واژه های کلیدی: حبوبات، زرگرین، کشاورزی پایدار، ملاس، ویناس.	

استناد: گویلی کیلانه، ادریس؛ بابا اکبری ساری، محمد؛ حسنی، اکبر؛ پرو، میلاد و امانی، ستاره (۱۴۰۴). ارزیابی اثر تلفیقی کودهای آلی مایع بر بهبود جذب عناصر غذایی و ارتقاء عملکرد لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.)، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۶ (۹)، ۲۵۲۱-۲۵۴۰.



<https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.397471.669964>

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.397471.669964>

مقدمه

رشد سریع جمعیت، نیاز به تولیدات کشاورزی و مواد غذایی را افزایش داده و زمینه توسعه فعالیت‌های کشاورزی را فراهم کرده است. حبوبات به دلیل دارا بودن ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین، یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین در رژیم غذایی انسان به شمار می‌روند و در میان آن‌ها، لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) با داشتن پروتئین بالا (۲۰ تا ۲۵ درصد) و کاربردهای متنوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Petry et al., 2015). ارزش غذایی این محصول به دلیل وجود مقادیر قابل توجه پروتئین، کربوهیدرات (حدود ۶۰ درصد) فیبر فراوان، ویتامین‌ها، مواد معدنی همچون مس، کلسیم، آهن، منیزیم، منگنز و روی، همچنین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و پلی‌فنول‌ها قابل توجه است (Rosales et al., 2012). در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲، سطح زیر کشت محصولات زراعی ایران حدود ۱۲/۹۵ میلیون هکتار بوده که از این میزان، سهم حبوبات ۴/۸۵ درصد معادل ۶۲۸/۸۹۳ هکتار بوده است. لوبیا در ایران پس از نخود (۶۶/۲۸ درصد) با سهم ۱۶/۱۲ درصد و سطح ۱۰۱۳۶۷ هکتار در جایگاه دوم قرار گرفته است. استان زنجان با سطح زیر کشت ۱۳۱۹۵ هکتار لوبیا، پس از استان‌های فارس و لرستان به‌عنوان سومین قطب تولید لوبیا در کشور، سهم قابل‌توجهی در تولید سالانه این محصول دارد (آمار نامه کشاورزی ۱۴۰۱-۱۴۰۲) و در میان شهرهای این استان، شهر هیدج مهم‌ترین و فعال‌ترین منطقه تولید لوبیا محسوب می‌شود. این شهر به‌دلیل برخورداری از شرایط اقلیمی مناسب، خاک حاصلخیز و منابع آبی کافی، محیطی مطلوب برای رشد و عملکرد بالای لوبیا فراهم کرده است. لوبیا به‌عنوان یکی از گیاهان زراعی مهم در تناوب کشاورزی و گیاهی با نیاز غذایی بالا، گزینه‌ای مناسب برای بررسی اثر کودهای آلی و زیستی است، زیرا سیستم ریشه‌ای حساس و عملکرد وابسته به تغذیه آن، شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفیت و اثربخشی این کودها فراهم می‌کند.

تخریب خاک به‌عنوان یکی از چالش‌های زیست‌محیطی مهم مورد توجه گسترده جهانی قرار گرفته است، چراکه خاک‌های سالم نقشی اساسی در پایداری تولیدات کشاورزی، تأمین امنیت غذایی، حفظ کیفیت منابع آب، تعدیل تغییرات اقلیمی و ارتقاء سلامت انسان ایفا می‌کنند (Lehmann et al. 2020). خاک‌ها عموماً به‌دلیل بهره‌برداری بیش از حد و مدیریت ضعیف، مانند جنگل‌زدایی، چرای بیش از ظرفیت، کشت بیش از حد و کوددهی زیاد تخریب می‌شوند (Ferreira et al. 2022). تخریب خاک شامل از بین رفتن کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از طریق فرسایش، شور یا سدیمی شدن، اسیدی شدن، آلودگی و تراکم است، که این امر منجر به تخلیه سالانه ۳۶ تا ۷۵ میلیارد تن از اراضی جهان می‌شود و باعث کاهش حاصلخیزی، بهره‌وری و تنوع زیستی اکوسیستم‌های خاک جهانی می‌شود (Gobinath et al. 2022). بنابراین، توسعه رویکردهای پایدار و اقتصادی برای اصلاح خاک‌های تخریب‌شده و بهبود سلامت خاک ضروری است. تاکنون، استراتژی‌های زیادی برای احیای ذخایر کربن آلی خاک و بهبود سلامت خاک مانند محصولات پوششی، کوددهی، بهبود چرا، کشاورزی بدون شخم، آیش، جنگل‌کاری، آبیاری و کاربرد اصلاح‌کننده‌ها پیشنهاد شده است (Song et al. 2022; Yuan et al. 2023). در میان آن‌ها، یکی از راحت‌ترین رویکردها، استفاده مستقیم از اصلاح‌کننده‌های خاک مانند کودهای آلی، زیستی، کمپوست‌ها و زغال‌ها است (Zheng et al. 2020).

کودهای آلی به‌عنوان منابع غنی از مواد مغذی و کربن آلی در کشاورزی پایدار مورد استفاده قرار می‌گیرند. زرگرین به‌عنوان یک کود آلی حاوی پروتئین هیدرولیز شده حاصل از فرآوری دانه ذرت به‌عنوان یک محصول در فرایند آسیاب مرطوب پالایشگاه غلات است، که حاوی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مواد آلی و اسیدهای آمینه می‌باشد و به‌عنوان محرک رشد گیاهان عمل می‌کند (زاهدی فر و گویی، ۱۴۰۴). Zahedifar et al. (2025) با بررسی تأثیر محلول‌پاشی کود آلی زرگرین در شرایط کمبود آب بر صفات رشد، ترکیب شیمیایی و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی بیان کردند که کاربرد ۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر در هزار لیتر آب کود آلی زرگرین، وزن تازه میوه را به ترتیب ۱۶، ۲۰ و ۲۲ درصد و وزن خشک میوه را ۱۳، ۲۰ و ۲۰ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. در پژوهشی Navarro-Morillo et al. (2023) بیان کردند که گیاهان فلفل تیمار شده با کودهای آلی حاصل از فرآوری ذرت، نسبت به گیاهان شاهد رشد رویشی بیشتری از خود نشان دادند. این افزایش رشد با افزایش قابل توجه زیست‌توده اندام هوایی همراه بود که نشان‌دهنده تأثیر مثبت این ترکیبات در بهبود رشد گیاه است. زاهدی فر و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند کاربرد خاکی و محلول‌پاشی کود آلی محتوی اسید آمینه (زرگرین) عملکرد دانه، شاخص سبزی‌نگی و کارایی مصرف آب در گندم را افزایش داد. ملاس به‌عنوان یک نوع کود آلی محصول فرعی صنعت قند و حاصل فرآوری چغندر قند و نیشکر، سرشار از کربوهیدرات‌ها، پتاسیم و ریز مغذی‌هاست و می‌تواند جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک را افزایش دهد (Geremew et al., 2024). همچنین ویناس، به‌عنوان باقیمانده مایع حاصل از تخمیر ملاس در کارخانجات تولید الکل، با دارا بودن پتاسیم بالا و ترکیبات آلی، به بهبود ساختمان خاک و جذب عناصر غذایی کمک می‌کند (Rady et al., 2024). استفاده از ملاس (تولیدی از چغندر قند

یا نیشکر) در برخی گیاهان سبب افزایش عملکرد و محتوای قند چغندر (Nadeeka and Seran., 2020)، افزایش عملکرد اسفناج (Pyakurel et al., 2019) و افزایش زیست توده در ذرت (Shahzad et al., 2018) گردیده است. محققان اعلام کرده‌اند که استفاده ترکیبی از ملاس با باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPB) به رشد ریشه و ساقه در سورگوم کمک می‌کند (Suliasih and Widawati., 2016) و هنگامی که با سایر محرک‌های زیستی مشتق شده از گیاه ترکیب می‌شود، نشان داده شده است که ملاس باعث افزایش عملکرد و ارزش غذایی توت‌فرنگی (Wise et al., 2024b) و گوجه‌فرنگی (Wise and Selby-Pham., 2024) می‌شود. در پژوهشی Cankurt and İpek (2023) با بررسی سطوح مختلف ورمی کمپوست مایع، ملاس و ویناس مشاهده کردند که بهبود قابل توجهی در کیفیت توت‌فرنگی (شامل کل مواد جامد محلول و محتوای اسیدیته کل) ایجاد شد. محققان بیان کردند که استفاده از مواد آلی روشی مؤثر برای افزایش عملکرد توت‌فرنگی و بهبود کیفیت میوه است.

با وجود شواهد متعدد پیرامون نقش کودهای آلی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و ارتقاء رشد و عملکرد گیاهان، اطلاعات در خصوص اثرات ترکیبی کودهای آلی مایع حاصل از منابع متفاوت بر رشد، عملکرد و کارایی تغذیه‌ای حیوانات به‌ویژه در شرایط اقلیم نیمه‌خشک ایران محدود است. از سوی دیگر، واکنش گیاهان به ترکیب این منابع در قالب شاخص‌های رشد و عملکرد و جذب عناصر غذایی در خاک‌های با ماده آلی پایین و تحت شرایط زراعی واقعی کم‌تر مورد مطالعه قرار گرفته است. از این‌رو با فرض این که استفاده همزمان از مخلوط ترکیبات آلی با ایجاد هم‌افزایی در فراهمی عناصر غذایی و تحریک فرآیندهای زیستی خاک می‌تواند موجب بهبود رشد، افزایش عملکرد و ارتقاء کارایی تغذیه‌ای گیاه در مقایسه با کاربرد آن‌ها به‌تنهایی شود، این پژوهش با هدف ارزیابی اثر تیمارهای منفرد و ترکیبی از کودهای آلی مایع زرگرین، ملاس و ویناس بر صفات رشد رویشی، عملکرد دانه و جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در لوبیا سفید اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر کودهای آلی بر خصوصیات رشدی، عملکردی و تغذیه‌ای گیاه لوبیا در تابستان ۱۴۰۳ در مزرعه تحقیقاتی شرکت دانش‌بنیان رویان بذر دانش در شهر هیدج (واقع در شهرستان ابهر، استان زنجان) با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و میانگین بارندگی سالیانه ۵۲۷ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۰/۳ درجه سانتی‌گراد انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۳ تیمار شامل استفاده جداگانه و ترکیب کودهای مایع آلی زرگرین، ملاس و ویناس (جدول ۱) انجام گرفت. ترکیب‌های معرفی شده با فاصله زمانی در دو مرحله یعنی در ۲۹ مرداد ماه (۴۰ روز پس از کاشت یعنی در آغاز گلدهی) و ۱۸ شهریورماه (۶۰ روز پس از کاشت یعنی زمان پر شدن دانه)، به میزان ۹۰ لیتر در هکتار در زمین به‌صورت کود آبیاری اعمال گردید. پیش از کشت، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد و برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آن مطابق روش‌های استاندارد موجود اندازه‌گیری شد (شهبازی و همکاران، ۱۴۰۳؛ جدول ۲). پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، به‌صورت پیش‌کشت ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به خاک افزوده و سپس در تاریخ ۲۰ تیرماه ۱۴۰۳، بذرهای لوبیا سفید رقم هیدج در کشت گردید. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ انجام شد. هر واحد (کرت) آزمایشی با مساحت ۵ متر مربع، شامل ۳ ردیف ۲/۵ متری و پشته‌های ۶۰ سانتی‌متری بود. جهت جلوگیری از اختلاط کودی، واحدهای آزمایشی نیز با یک فاصله ۵۰ سانتی‌متری از یکدیگر جدا شدند. بذور لوبیا در عمق ۵ سانتی‌متری بر روی خطوط کاشت و با فاصله‌ی ۵ سانتی‌متری از یکدیگر به صورت کپه‌ای (سه تا چهار بذر) کشت گردید و جهت رسیدن به تراکم مورد نظر، در مرحله دو برگچه‌ای تنک شدند. تراکم توصیه شده ۴۰۰ هزار بوته در هکتار در شرایط عاری از علف‌های هرز در نظر گرفته شد (لطفی و همکاران، ۱۳۹۷). ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده با استفاده از روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۷؛ جدول ۳).

اندازه‌گیری‌ها

صفات رشدی و عملکردی

در انتهای فصل رشد و در تاریخ ۱۳ مهر ۱۴۰۳، همزمان با زرد شدن بوته‌ها و خشک شدن غلاف‌ها، ابتدا صفت ارتفاع بوته با استفاده از ۵

بوته انتخابی در مرحله رسیدگی کامل به وسیله متر اندازه گیری شد. وزن خشک اندام هوایی پس از شستشو با آب معمولی و سپس آب مقطر، با قرار دادن نمونه ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت (پس از رسیدن به وزن ثابت) و توزین با ترازوی دیجیتال به دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. سپس به صورت تصادفی از هر بلوک (بعد از حذف اثر حاشیه ای) تعداد ۵ بوته نمونه برداری و تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه اندازه گیری شد. عملکرد دانه با برداشت و توزین محصول از سطح ۲ مترمربع از وسط کرت اندازه گیری و بر اساس مساحت برداشت شده به هکتار تبدیل گردید (نمونه هایی از تصاویر تهیه شده از واحدهای آزمایشی در شکل ۱ نشان داده شده است).

جدول ۱- تیمارهای اعمال شده با نسبت های مختلف زرگرین، ملاس و ویناس

تیمار	زرگرین	ملاس	ویناس	تیمار	زرگرین	ملاس	ویناس	تیمار	زرگرین	ملاس	ویناس	تیمار	زرگرین	ملاس	ویناس
Z1	۱۰۰	۰	۰	V9	۰	۰	۱۰۰	M5	۰	۰	۰	C13	۰	۰	۰
Z2	۷۵	۲۵	۰	V10	۰	۷۵	۲۵	M6	۰	۲۵	۰				
Z3	۷۵	۰	۲۵	V11	۲۵	۷۵	۰	M7	۲۵	۰	۲۵				
Z4	۵۰	۲۵	۲۵	V12	۲۵	۵۰	۲۵	M8	۲۵	۲۵	۲۵				

جدول ۲- برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه

شن	سیلت	رس	بافت	pH	ماده آلی	نیترژن کل	فسفر قابل استخراج با بی کربنات سدیم	پتاسیم محلول
درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد
۱۸	۴۰	۴۲	رسی سیلتی	۷/۲۵	۰/۹۲	۰/۱۷	۳۰/۵۷	۱۱۶/۶۷

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

pH*	ماده آلی (OM)	نیترژن (N)	فسفر (P ₂ O ₅)	پتاسیم (K ₂ O)	اسید آمینه آزاد (FAA)	آهن	روی	منگنز	منیزیم
-	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد
۳/۵-۴/۵	۳۰	۳	۲/۵	۲	۶	۱۰۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۵۰۰۰
۶/۵-۷/۰	۵۲/۶۷	۰/۷۵	۰/۱۵	۱/۵۴	۰/۲۴	۳۴۵	۲۴۵	۷۵	۳۵۰۰
۶/۰-۶/۵	۱۴/۰۳	۱/۱۷	۱/۷۹	۳/۰۳	۰/۱۶	۱۲۸	۱۰۲	۳۵	۲۲۰۰

* در محلول ۱ به ۱۰ قرائت گردید



شکل ۱- نمونه هایی از تصاویر مراحل مختلف آزمایش

غلظت عناصر غذایی در اندام‌هوایی

نمونه‌های گیاهی خشک شده به وسیله آسیاب برقی پودر شدند، یک گرم ماده خشک گیاه در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر شده و سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن‌ها افزوده شد تا نمونه‌ها حل شوند. سپس نمونه حل شده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد و حجم محلول صاف شده با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و غلظت عناصر کم مصرف آهن، منگنز، مس و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Shimadzu, AA-7000) اندازه‌گیری شد (Gupta et al., 2024). غلظت عناصر نیتروژن و فسفر نیز به ترتیب با روش‌های کج‌دال (Bremner., 1996) و رنگ سنجی (Murphy et al., 1952) اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تحلیل دقیق‌تر و توصیف بهتر تأثیر کودهای آلی بر ویژگی‌های مورد بررسی، از روش‌های آماری چندمتغیره، از جمله آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. آنالیز مؤلفه‌های اصلی به‌منظور کاهش تعداد متغیرها و شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر به کار گرفته می‌شود. هدف از به‌کارگیری این روش، تبدیل واریانس موجود در داده‌ها به مؤلفه‌هایی با واریانس کم‌تر و استخراج الگوها و ساختارهای پنهان از درون داده‌ها است (Shukla et al., 2004).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها براساس طرح بلوک کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS 9.0 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. همچنین نمودارها و شکل‌ها توسط برنامه Excel 2013 و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از افزونه XLSTAT انجام شد.

نتایج و بحث

اثر کودهای آلی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد لوبیا

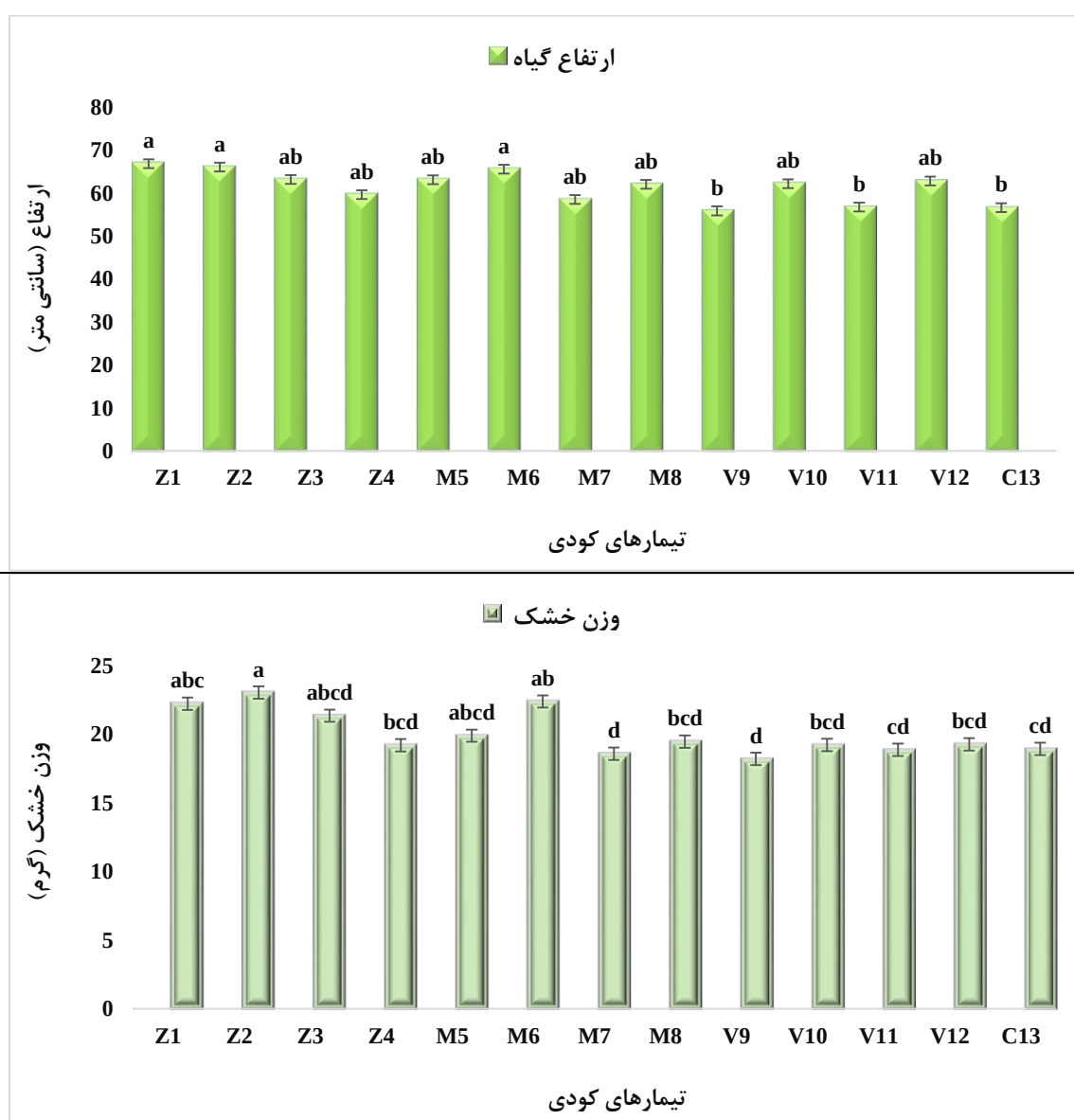
ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای کودهای آلی اثر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر ارتفاع گیاه داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین مربوط به استفاده از کودهای آلی نشان داد که بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته لوبیا سفید متعلق به تیمار (Z1) به میزان ۶۶/۸۷ سانتی‌متر و کم‌ترین ارتفاع مربوط به تیمار (V9) به میزان ۵۵/۸۹ بود. همچنین، نتایج نشان داد اگرچه استفاده از کودهای آلی منجر به افزایش ارتفاع گیاه شده‌اند اما تنها تیمارهای (Z1)، (Z2) و (M6) اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند (شکل ۲). افزایش ارتفاع گیاه را می‌توان به افزایش در تعداد و طول میان‌گره‌ها نسبت داد که منتج به افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. تیمار کود آلی زرگرین (Z1) بیش‌ترین تأثیر را در افزایش طول ساقه داشته که مرتبط با ویژگی‌هایی مانند pH اسیدی، محتوای بالای نیتروژن و منبع غنی از اسیدهای آمینه آزاد مانند پرولین و گلوتامات که می‌توانند مستقیماً سنتز پروتئین‌های ساختاری و هورمون‌های رشد گیاهی را تحریک کنند که نقش کلیدی در طول‌شدن سلول‌های ساقه داشته باشد. از طرفی ملاس با تأمین کربوهیدرات‌هایی مانند ساکارز و گلوکز، هم به عنوان منبع انرژی برای متابولیسم گیاه عمل می‌کند و هم با افزایش فعالیت میکروبی ریزوسفر، معدنی‌سازی نیتروژن و فسفر موجود در زرگرین را تسریع می‌نماید. این اثرات به صورت هم افزایی به ویژه در تیمار (Z2) یعنی نسبت ۷۵ درصد زرگرین و ۲۵ درصد ملاس و هم تیمار (M6) یعنی ۱۰۰ درصد ملاس مشهود است. کودهای آلی محرک رشد گیاهی می‌توانند جذب عناصر غذایی را بهبود بخشیده و عملکرد گیاه را افزایش دهند، این اثر در شرایط محدودیت‌های محیطی یا خاک‌های فقیر از نظر مواد مغذی، اهمیت بیشتری دارد (Calvo et al., 2014). در این میان، هیدرولیزات‌های پروتئینی به‌عنوان یکی از گروه‌های مهم محرک رشد شناخته می‌شوند که از ترکیبی از پپتیدها و اسیدهای آمینه تشکیل شده‌اند و توانایی مؤثری در تحریک فرآیندهای فیزیولوژیکی، افزایش تحمل به تنش و بهبود عملکرد محصولات زراعی دارند (Colla et al., 2015).

وزن خشک اندام هوایی گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای کودهای آلی اثر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر وزن خشک گیاه داشتند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد وزن خشک با کاربرد تیمارهای (Z2) و (M6) بصورت معنی‌داری به میزان‌های ۲۲ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار (Z2) به میزان ۲۳/۰۲ گرم و کم‌ترین مربوط به تیمار (V9) به میزان

۱۸/۱۹ گرم بود (شکل ۲). افزایش وزن خشک در تیمار (Z2) یعنی ۷۵ درصد زرگرین و ۲۵ درصد ملاس به دلیل فراهم‌سازی همزمان منابع غنی از نیتروژن آلی، اسیدهای آمینه و کربوهیدرات‌های محلول است که ضمن تأمین مواد غذایی لازم، موجب تحریک فعالیت میکروبی خاک و بهبود جذب عناصر غذایی می‌شوند. این شرایط باعث افزایش سنتز پروتئین و تقسیم سلولی در اندام‌های رویشی مانند ساقه و برگ شده و نهایتاً منجر به افزایش وزن خشک گردیده است. از طرفی دیگر تیمار (V9) یعنی ویناس ۱۰۰ درصد حاوی مقادیر بالایی از نمک‌ها (به‌ویژه سدیم)، ترکیبات فنولی و همچنین نسبت کربن به نیتروژن نامتعادل می‌باشد که این ترکیبات می‌توانند موجب افزایش شوری خاک شوند که نهایتاً موجب کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها، اختلال در فرآیندهای متابولیکی و کاهش رشد گیاهان شود. یافته‌های مشابهی نیز توسط میرزا و همکاران (Mirza et al., 2010) گزارش شده است. در پژوهشی ناروموریلو و همکاران بیان کردند که گیاهان فلفل تیمار شده با کودهای آلی حاصل از فراوری ذرت رشد رویشی بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند (Navarro-Morillo et al., 2023). همچنین Zhu et al (2019) با بررسی اثر غلظت پایین کود مایع حاصل از ذرت (کود آلی) مشخص کردند کاربرد کود آلی موجب افزایش دسترسی به مواد مغذی در ناحیه ریزوسفر شد که در نهایت رشد رویشی گیاه سویا را بهبود بخشید.



شکل ۲- مقایسه میانگین ارتفاع و وزن خشک لوبیا سفید تحت تاثیر کودهای زرگرین، ملاس و ویناس. (در هر مورد، ستون‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).



جدول ۴- تجزیه واریانس اثر کودهای زرگرین، ملاس و ویناس بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سفید

میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۴ ns	۱۱۷/۴ **	۶/۴ ns
کودهای آلی	۱۲	۰/۲۳ *	۹۲/۵ **	۱۱/۸ ns
خطا	۲۴	۰/۰۸	۱۷/۷	۶/۷
ضریب تغییرات (%)	-	۸/۹۰	۷/۳۴	۴/۹۰

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشند و ns از نظر آماری معنی دار نمی باشد.

ادامه جدول ۴

میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	ارتفاع بوته	وزن خشک اندام هوایی
تکرار	۲	۸۲۸۱۴۷ *	۱۸/۹۹ ns	۲۰/۶۸ *
کودهای آلی	۱۲	۴۵۵۹۲۰ *	۴۱/۲۱ *	۷/۸۴ *
خطا	۲۴	۲۱۲۱۰۸	۱۸/۸۶	۳/۱۵
ضریب تغییرات (%)	-	۱۱/۴۰	۷/۰۶	۸/۸۶

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشند و ns از نظر آماری معنی دار نمی باشد.

صفات عملکردی

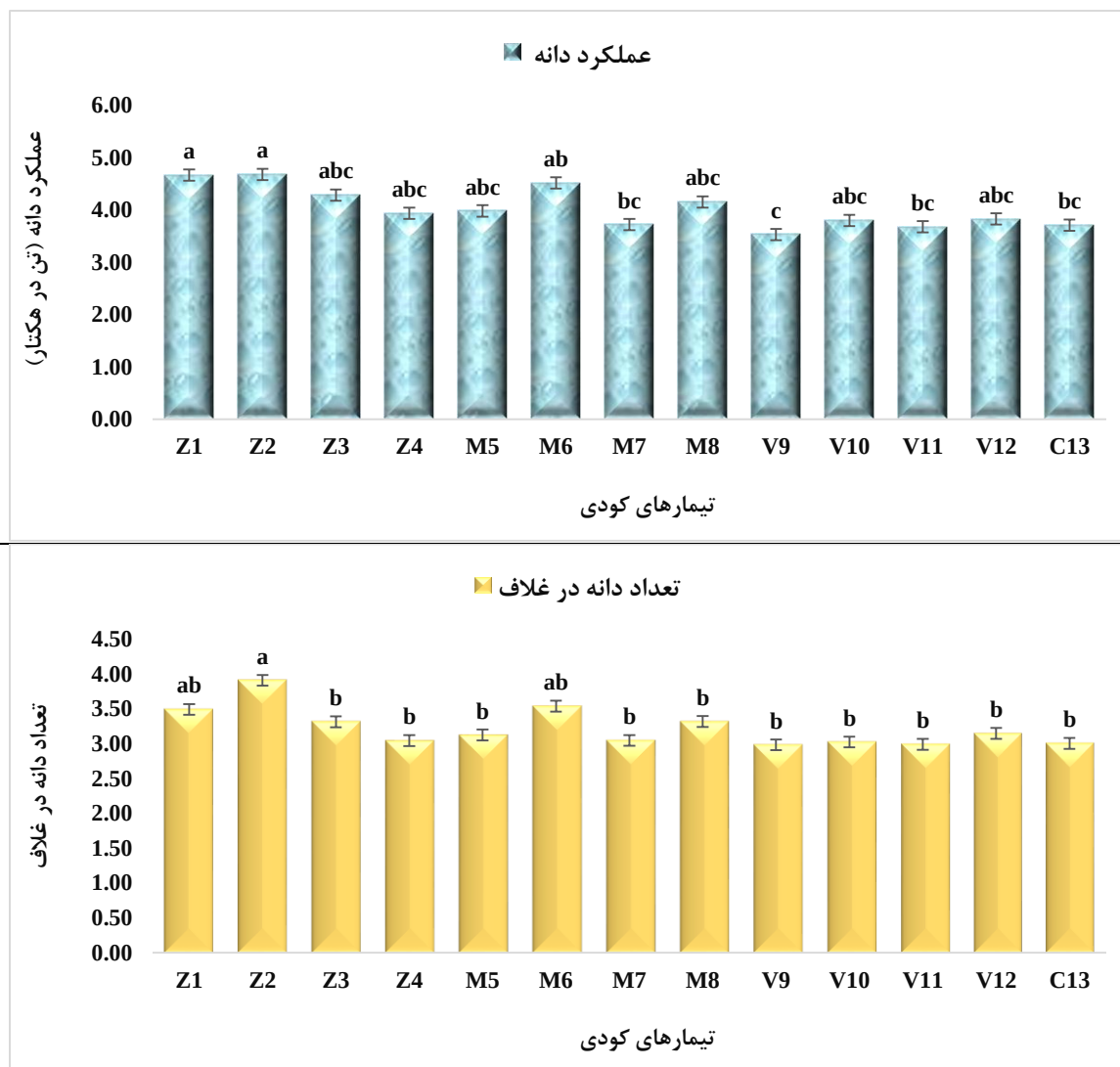
تعداد دانه در غلاف

تجزیه واریانس نتایج تیمارهای کودهای آلی بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۴). اگرچه اکثر تیمارها سبب افزایش تعداد دانه در غلاف نسبت به شاهد شدند اما فقط تیمار (Z2) نسبت به شاهد سبب افزایش ۳۰ درصدی تعداد دانه در غلاف به صورت معنی دار گردید که می توان این افزایش را به حضور عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین درصد بالاتر اسیدهای آمینه در این ترکیب کودی و میزان پایین تر شوری آن نسبت داد (شکل ۳). از آنجاکه کود زرگرین حاصل از هیدرولیزهای آنزیمی و تخمیری می باشد، منجر به ایجاد محیطی غنی از اسیدهای آمینه و اسید لاکتیک می شود که تقسیم سلولی در مریستم های زایشی و رشد غلاف ها را تحریک می کند. همچنین ملاس نیز با دارا بودن قندهای محلول مانند ساکارز و گلوکز، از طریق افزایش نرخ فتوسنتز و تأمین انرژی، در بهبود تشکیل غلاف و پر شدن دانه نقش مؤثری دارد. در مقابل، کاربرد منفرد ویناس به دلیل شوری بالا می تواند جذب عناصر کلیدی مانند پتاسیم و کلسیم را مختل کرده و موجب کاهش تعداد دانه در غلاف شود. Ahmad et al (2023) نیز با بررسی اثرات کودهای آلی بر رشد و عملکرد لوبیا بیان کردند که در تمامی تیمارها، با افزایش سطوح کود آلی تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. محققان در پژوهشی روی گیاه لوبیا سبز دریافتند که تیمار کود زیستی و آلی موجب فتوسنتز بیشتر، بهبود رشد گیاه و در نتیجه سبب افزایش زیست توده گیاه و تعداد دانه می شود. همچنین کود آلی به دلیل در دسترس قرار دادن عنصر فسفر و سایر عناصر غذایی برای گیاه، سبب افزایش عملکرد در واحد زایشی و پر شدن دانه می شود (شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۶).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار کود آلی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین، تیمارهای (Z1) و (Z2) به ترتیب با مقادیر ۴/۶۷ و ۴/۶۸ تن در هکتار، سبب افزایش معنی دار ۲۵/۸۲ و ۲۶/۱۸ درصدی نسبت به شاهد شدند (شکل ۳). این افزایش عملکرد بیانگر نقش مثبت این ترکیبات آلی در بهبود تغذیه و شرایط رشد گیاه لوبیا سفید است. حضور ترکیبات دارای گروه های کربن مانند اسیدهای آمینه و قندهای محلول در تیمارهای کودی مانند ملاس و زرگرین به عنوان کلات کننده های طبیعی عمل کرده و جذب عناصر ریز مغذی (مانند آهن و روی) را افزایش می دهند، همچنین حضور ترکیبات دیگری مانند نیتروژن موجب

افزایش سنتز پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه شده و رشد رویشی و زایشی را تقویت می‌کند و نیز پتاسیم به تنظیم فشار اسمزی، فعال‌سازی آنزیم‌ها و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها کمک می‌کند که در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه خواهد شد. Yadana et al. (2009) و Kakar et al. (2020) نیز نتایج مشابهی در افزایش عملکرد گیاه برنج طی کاربرد کودهای آلی به‌دست آوردند. همچنین Siavoshi et al. (2011) بیان کردند که بهبود زیست‌فراهمی عناصر مغذی همراه با افزایش وزن خشک ریشه و سطح برگ منجر به بهبود فرآیند آسمیلاسیون می‌شود، به نظر می‌رسد که بهبود فرآیند آسمیلاسیون به دنبال کاربرد کودهای آلی، عملکرد را افزایش داده است. بهبود کیفیت خاک پس از کاربرد کودهای آلی شامل بهبود ویژگی‌های مرتبط با نگهداشت آب در خاک، فراهمی عناصر غذایی، فلور میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی توسط پژوهشگران مختلفی گزارش شده است (Liu et al., 2021; Sihi et al., 2017; Qaswar et al., 2020).



شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد غلاف در دانه و عملکرد دانه لوبیا سفید تحت تأثیر کودهای زرگرین، ملاس و ویناس. (در هر مورد، ستون-هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

تعداد دانه در بوته

جدول تجزیه واریانس نشان داد که صفت تعداد دانه در بوته متأثر از کاربرد تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد قرار می‌گیرد (جدول ۴). همچنین مطابق با مقایسه میانگین ارائه شده در شکل ۴، تیمارهای (Z1)، (Z2) و (M6) به‌صورت معنی‌داری به‌ترتیب سبب افزایش ۲۱/۳۴، ۱۹/۵۱ و ۱۸/۹۰ درصدی تعداد دانه نسبت به شاهد شدند. زرگرین با دارا بودن درصد بالاتری از اسیدهای آمینه و همچنین عنصر منیزیم، سبب بهبود جذب نیتروژن و فسفر می‌شود که این عناصر برای تشکیل گل، توسعه غلاف و پر شدن دانه ضروری هستند.

(Paskovic et al., 2024). از طرفی ملاس به عنوان ترکیبی غنی از کربن آلی و قندهای محلول سبب افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز می گردد که انرژی لازم برای انتقال مواد غذایی و پر شدن دانه ها را تأمین می کنند (Li et al., 2020). کودهای آلی به کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی کمک می کنند و کمبود ریز مغذی ها را در خاک برطرف می کنند و در نتیجه عملکرد دانه را بهبود می بخشد (Geng et al., 2019). همچنین Mehdi et al. (2011) گزارش کردند، عملکرد دانه در بوته به طور قابل توجهی تحت تأثیر کاربرد کود آلی قرار گرفت. افزایش مقادیر زیست فراهمی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دنبال کاربرد کودهای آلی عملکرد محصول را بهبود خواهد داد که در پژوهش گندو و همکاران (Gondwe et al., 2020) نیز به آن اشاره شده است.

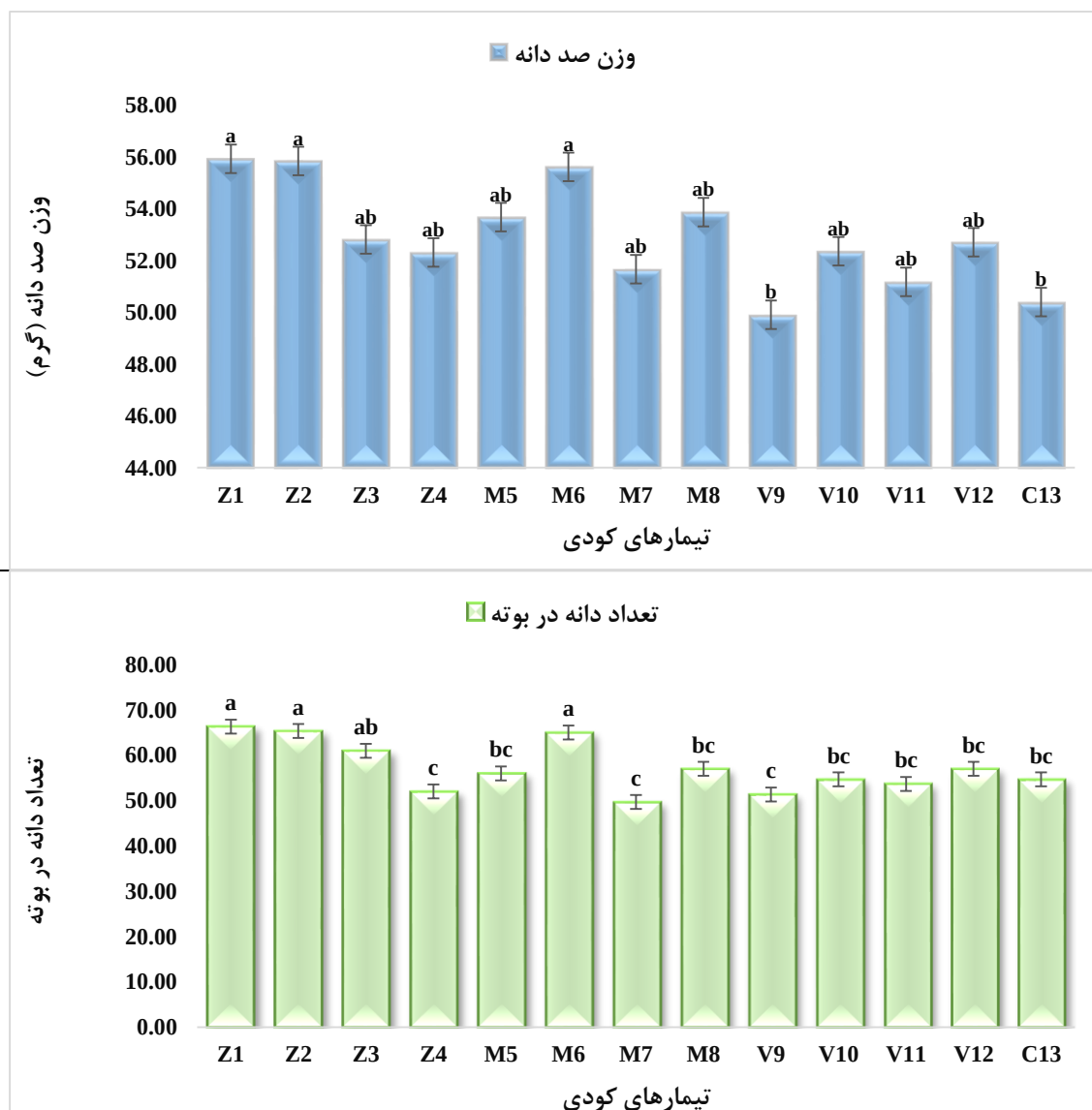
وزن صد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن صد دانه لوبیا سفید نشان داد که اثر کاربرد کودهای آلی معنی دار نبودند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اکثر تیمارهای کودهای آلی سبب افزایش وزن صد دانه نسبت به شاهد شدند اگرچه تنها تیمارهای (Z1)، (Z2) و (M6) به طور معنی داری به ترتیب به میزان های ۱۰/۸۱، ۱۰/۹۷ و ۱۰/۳۸ درصدی سبب افزایش وزن صد دانه نسبت به شاهد شدند (شکل ۴). افزایش وزن صد دانه در تیمارهای (Z1)، (Z2) و (M6) می تواند با ترکیب اثرات تغذیه ای و فیزیولوژیکی این کودها توضیح داد. کود زرگرین با دارا بودن درصد بالایی از اسیدهای آمینه، جذب نیتروژن و فسفر را در گیاه افزایش می دهد، این عناصر در فرآیندهای زیستی حیاتی مانند تشکیل گل، توسعه غلاف و پر شدن دانه نقش مستقیم دارند. همچنین، منیزیم موجود در زرگرین به عنوان عنصر مرکزی در مولکول کلروفیل، عملکرد فتوسنتزی را بهبود می بخشد و رشد رویشی گیاه را تقویت می کند. از سوی دیگر، ملاس به عنوان منبع غنی کربن آلی و قندهای محلول، با افزایش سطح برگ و ارتقای ظرفیت فتوسنتزی، انرژی لازم برای انتقال مواد غذایی به اندام های مختلف گیاه را فراهم می کند. بنابراین، اثر ترکیبی این کودها موجب بهبود رشد و نهایتاً افزایش وزن صد دانه لوبیا سفید می شود. تأمین عناصر مورد نیاز گیاه سبب افزایش فتوسنتز، سنتز پروتئین و هورمون های محرک رشدی گیاه می گردد. نتایج این پژوهش با یافته های Navarro-Morillo et al (2023) همسو است، آن ها نشان دادند که کاربرد برگی و به ویژه کاربرد ریشه ای کود مایع آلی حاصل از دانه ذرت موجب بهبود رشد گیاه فلفل، افزایش زیست توده و سطح برگ می شود. همچنین این نتایج با گزارش Zhu et al (2019) نیز مطابقت دارد، به طوری که آن ها نیز اثر مثبت کاربرد ریشه ای کود مایع حاصل از ذرت بر رشد گیاه سویا را تأیید کردند. همچنین Mehdi et al (2011) گزارش کردند، عملکرد دانه در بوته به طور قابل توجهی تحت تأثیر کاربرد کود آلی قرار گرفت. زاهدی فر و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند کاربرد خاکی و محلول پاشی کود آلی محتوی اسیدهای آمینه عملکرد دانه، شاخص سبزینگی و کارایی مصرف آب در گندم را افزایش داد.

اثر کاربرد کودهای آلی بر ترکیب شیمیایی لوبیا

غلظت نیتروژن اندام هوایی

نتایج مربوط به تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کودی در سطح احتمال ۵ درصد سبب اختلاف معنی دار در درصد نیتروژن اندام هوایی شدند (جدول ۵). نتایج مربوط به مقایسه میانگین داده های حاصل از نیتروژن اندام هوایی نشان داد کاربرد تیمارهای (Z1)، (Z2) و (M6) به صورت معنی دار سبب افزایش ۳۶/۹، ۳۰/۸ و ۴۰ درصدی نیتروژن نسبت به شاهد شدند (شکل ۵). ملاس منبع غنی از کربن آلی و پتاسیم است که به رشد میکروارگانیسم های تثبیت کننده نیتروژن کمک می کند. کود زرگرین هم حاوی اسیدهای آمینه و ترکیبات آلی است که جذب نیتروژن را برای گیاه تسهیل می کنند. این نشان می دهد ملاس و زرگرین اثر سینرژیستی داشته اند و ملاس با تأمین انرژی، معدنی شدن نیتروژن آلی در زرگرین را تسریع کرده است. همچنین به نظر می رسد این افزایش نیتروژن مستقیماً با افزایش عملکرد دانه که در نتایج قبلی اشاره شد مرتبط است، چون نیتروژن نقش کلیدی در سنتز پروتئین دانه ها دارد. در پژوهشی (Navarro-Morillo et al., 2023) با بررسی کاربرد برگی و خاکی کود مایع آلی حاصل از ذرت بر گیاه فلفل در شرایط مختلف تغذیه نیتروژنی (از ۲۵ درصد تا ۱۰۰ درصد نیتروژن) بیان کردند که گیاهان تحت شرایط کمبود نیتروژن، به شدت نسبت به این کمبود حساس هستند و کاربرد کود آلی اگرچه به تنهایی قادر به جبران کامل کمبود نیتروژن نبود، اما به وضوح توانست بازده استفاده گیاه از منابع نیتروژن موجود را افزایش داده و مسیرهای زیستی مرتبط با جذب و فراهمی نیتروژن را فعال تر سازد.



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه لوبیا سفید تحت تأثیر کودهای زرگرین، ملاس و ویناس. (در هر مورد، ستون-هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند).

غلظت فسفر اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار کود آلی بر درصد فسفر اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بودند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اکثر تیمارهای کودهای آلی سبب افزایش میزان فسفر اندام هوایی نسبت به شاهد شدند، اگرچه تنها تیمارهای (Z2) و (M6) به طور معنی داری به ترتیب به میزانهای ۶۷ و ۶۸ درصدی نسبت به شاهد برتری پیدا کردند (شکل ۵). افزایش معنی دار غلظت فسفر در اندام هوایی لوبیا سفید تحت تیمارهای (Z2) و (M6) را می توان به ویژگی های تغذیه ای و بیوشیمیایی این دو منبع نسبت داد. زرگرین به عنوان یک کود آلی غنی از ترکیبات نیتروژنی آلی ظرفیت بالایی در تحریک میکروارگانیسم های خاک دارد. این تحریک میکروبی، به ویژه در حضور ملاس که منبع قوی کربن محلول است، منجر به افزایش تولید آنزیم های خاک مانند فسفاتازها شده و روند معدنی شدن فسفر آلی را تسریع می کند. همچنین وجود مواد آلی محلول و pH نسبتاً اسیدی زرگرین می تواند موجب افزایش تحرک فسفر و جلوگیری از تثبیت آن توسط کاتیون های فلزی نظیر کلسیم و آهن در خاک های آهکی شود. در مجموع، هم افزایی بین ویژگی های ملاس (به عنوان منبع انرژی میکروبی) و زرگرین (به عنوان منبع ترکیبات محرک رشدی) منجر به افزایش معنی دار غلظت فسفر در بافت های گیاه گردیده است. در پژوهشی مشابه Wang et al (2025) با بررسی کاربرد منفرد و ترکیبی کودهای مایع حاصل از ذرت و میوینوزیتول

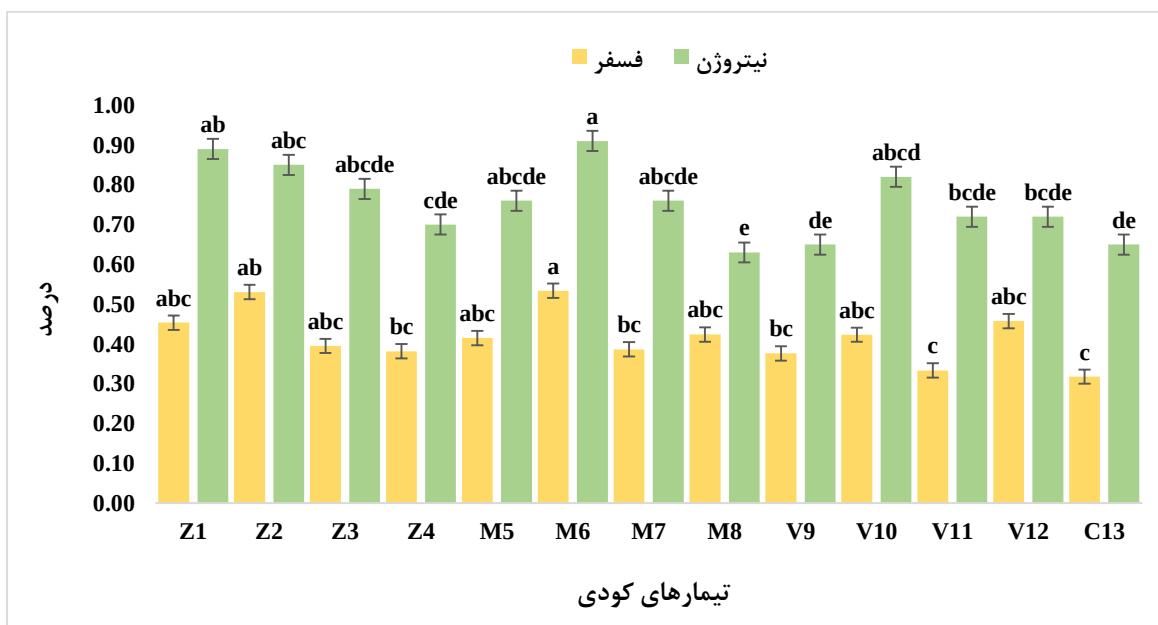


در کلم چینی تحت شرایط شوری بیان کردند که کاربرد ترکیبی کودهای مایع آلی و میواینوزیتول محتوای فسفر گیاه را به میزان ۵۶/۸۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داده است.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کودهای زرگرین، ملاس و ویناس بر غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی لوبیا سفید

میانگین مربعات						منابع تغییرات	درجه آزادی
منگنز	مس	روی	آهن	فسفر	نیتروژن		
میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک				درصد			
۲۸۳/۵۰ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}	۴۰/۸۵ [*]	۵۰/۶۰ ^{ns}	۹۱۶۴۲۵ ^{ns}	۰/۰۹ ^{**}	۲	تکرار
۵۳۹/۳۴ [*]	۳/۳۹ ^{**}	۶۷/۱۰ ^{**}	۴۴۷ ^{**}	۱۲۶۷۰۹۰ [*]	۰/۰۲ [*]	۱۲	کودهای آلی
۳۸۴/۳۷	۱/۱۷	۱۲/۶۲	۱۲۶	۵۶۵۵۷۵	۰/۰۰۷	۲۴	خطا
۱۶/۱۹	۱۵/۱۱	۱۵/۵۲	۱۲/۴۳	۱۸/۰۱	۱۰/۷۸	-	ضریب تغییرات (%)

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشند و ns از نظر آماری معنی دار نمی باشد.



شکل ۵- مقایسه میانگین عناصر پرمصرف نیتروژن و فسفر لوبیا سفید تحت تأثیر کودهای زرگرین، ملاس و ویناس. (در هر مورد، ستون-هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند).

غلظت آهن، منگنز، روی و مس اندام هوایی

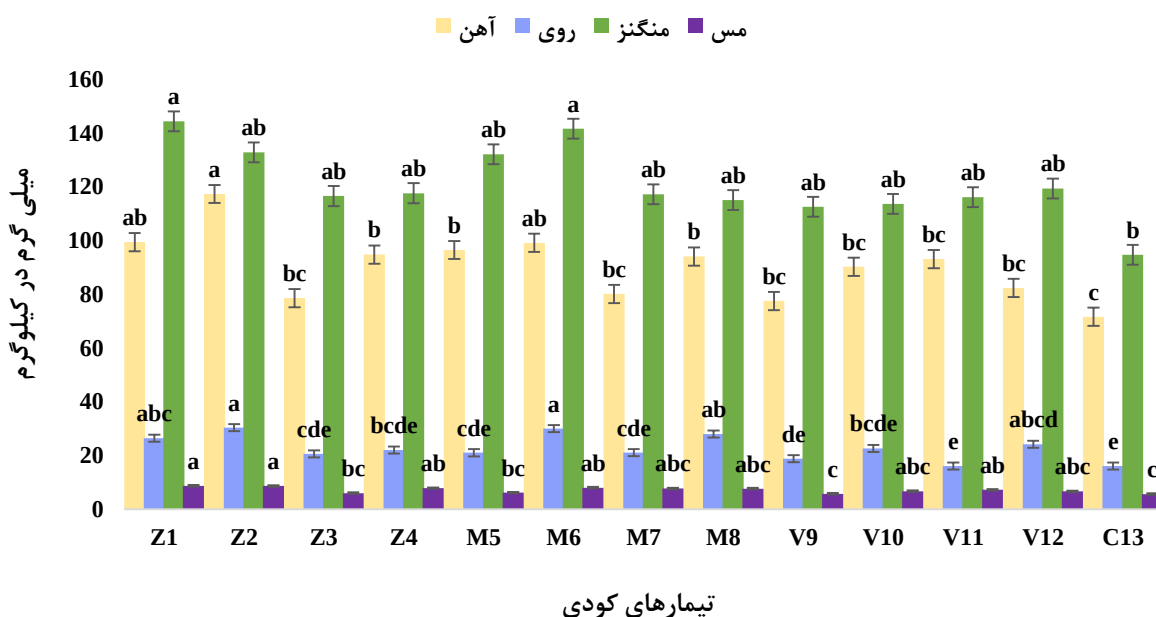
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کودهای آلی بر غلظت آهن، روی و مس اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی دار ولی اثر تیمارهای مزبور بر غلظت منگنز در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۵).

مطابق با مقایسه میانگین ارائه شده در شکل ۵، تیمارهای (Z1)، (Z2)، (Z4)، (M5)، (M6) و (M8) سبب افزایش معنی دار غلظت آهن نسبت به شاهد شدند. همچنین بیشترین و کمترین غلظت آهن اندام هوایی به ترتیب در تیمارهای (Z2) و (C13) به مقدار ۱۱۷/۳۷ و ۷۱/۶۷ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک مشاهده شد. افزایش غلظت آهن را می توان به تعامل مؤثر بین ویژگی های تغذیه ای زرگرین و ملاس نسبت داد. زرگرین غنی از اسید آمینه های مختلف است که می توانند به عنوان عامل های کلات کننده طبیعی عمل کرده و از تثبیت آهن در خاک جلوگیری کنند. این ترکیبات با تشکیل کمپلکس های محلول با آهن، آن را در فرم قابل جذب برای گیاه حفظ می کنند. از طرفی ملاس با دارا بودن مقادیر زیادی کربوهیدرات های محلول می تواند سبب تحریک جمعیت میکروبی خاک به ویژه باکتری ها و قارچ های ریزوسفری شود که این میکروارگانیسم ها با کاهش pH موضعی در ناحیه ریشه و تولید اسیدهای آلی، قابلیت حل پذیری آهن تثبیت شده را

افزایش می‌دهند. کودها حاوی اسیدهای آمینه با مواد معدنی موجود در محیط آمینو کلات‌های طبیعی تشکیل می‌دهند که این پیوندها باعث افزایش دسترسی گیاهان به مواد مغذی می‌شوند (Johansson, 2008). همچنین Zahedifar et al (2025) بیان کردند که غلظت آهن میوه گوجه فرنگی با کاربرد سطوح مختلف کود آلی زرگرین در شرایط تنش آبی افزایش یافت. همچنین بیشترین غلظت آهن میوه در بالاترین سطح کود آلی زرگرین اعمال شده به دست آمد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد اگرچه کاربرد کودهای آلی سبب افزایش غلظت روی اندام هوایی گردیدند اما فقط تیمارهای (Z2) و (M6) به میزان ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بصورت معنی‌داری سبب افزایش ۸۹ درصدی غلظت روی نسبت به شاهد شد (شکل ۶). عنصر روی یکی از ریزمغذی‌های حیاتی برای گیاه است که در سنتز آنزیم‌ها، رشد مریستمی و تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد (مانند اکسین‌ها) نقش دارد. روی در خاک‌های قلیایی و آهکی بیشتر به فرم‌های نامحلول و غیرقابل جذب است. بنابراین بهبود در فراهمی و جذب روی، تأثیر قابل‌توجهی بر رشد و عملکرد گیاه دارد. ملاس با دارا بودن کربوهیدرات‌های محلول، رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک را افزایش داده و سبب افزایش تولید اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و اسید لاکتیک می‌شود. اسیدهای آلی به انحلال کاتیون‌های روی تثبیت‌شده کمک کرده و آن را به فرم‌های محلول و قابل جذب تبدیل می‌کنند. از طرفی زرگرین حاوی ترکیبات نیتروزنی آلی، اسید آمینه‌ها و ترکیبات کلات‌کننده طبیعی است که می‌توانند به‌طور مستقیم با روی پیوند برقرار کرده آن را کلات و از تثبیت‌شدن در خاک حفظ کنند. در نهایت با توجه به مطالب بیان شده، می‌توان گفت در تیمارهای (Z2) و (M6) یعنی ترکیب زرگرین و ملاس اثرات هم‌افزایی باعث بهبود جذب روی شده‌اند. در پژوهشی همسو زاهدی‌فر و گویلی (۱۴۰۴) بیان کردند کاربرد سطوح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر در هزار لیتر کود آلی زرگرین سبب افزایش معنی‌دار ۱۲، ۴۵ و ۷۰ درصدی غلظت روی اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد شدند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که همه تیمارهای کودهای آلی سبب افزایش غلظت منگنز اندام هوایی نسبت به شاهد شدند، اگرچه تنها تیمارهای (Z1) و (M6) به‌طور معنی‌داری به ترتیب به میزان‌های ۵۲ و ۵۰ درصد غلظت منگنز را نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۶). کود زرگرین با دارا بودن ترکیبات آلی دارای گروه‌های کربوکسیلی و آمینه، توانایی بالایی در کلاته‌کردن منگنز و افزایش پایداری آن در محلول خاک دارد. از سوی دیگر، ملاس با فراهم کردن کربوهیدرات‌های محلول، موجب تحریک فعالیت میکروبی و ترشح اسیدهای آلی می‌شود که در آزاد سازی منگنز نقش مؤثری دارند. به‌نظر می‌رسد ترکیب این دو ماده آلی از طریق بهبود ساختار خاک، کاهش pH موضعی ریزوسفر و کلات کردن منگنز، فراهمی آن را افزایش می‌دهند. همچنین نتایج حاصل از پژوهش زاهدی‌فر و گویلی (۱۴۰۴) نشان داد که کاربرد سطوح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر در هزار کود زرگرین سبب افزایش ۳۷، ۴۳ و ۷۳ درصدی غلظت منگنز اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد شد. آن‌ها بیان کردند یکی از دلایل بهبود عملکرد گیاهان پس از افزودن ترکیبات آلی، افزایش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف به دلیل تشکیل کمپلکس‌های محلول، اسیدی کردن محیط و افزایش فعالیت ریز جانداران خاک‌زی می‌باشد.

مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای (Z1)، (Z2)، (Z4)، (M6) و (V11) همگی سبب افزایش معنی‌دار غلظت مس اندام هوایی گیاه لوبیا نسبت به شاهد شدند (شکل ۶). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین غلظت مس اندام هوایی مربوط به تیمار (Z1) به میزان ۸/۷۵ و کم‌ترین مربوط به تیمار (C13) به میزان ۵/۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بود، که سبب افزایش معنی‌دار ۵۵ درصدی غلظت مس نسبت به شاهد شد. ترکیبات آلی موجود در کود زرگرین، به‌ویژه اسیدهای آمینه، پپتیدها و اسیدهای آلی، توانایی بالایی در کلاته‌کردن ریزمغذی‌هایی مانند آهن، روی، منگنز و مس دارند. این ترکیبات با تشکیل کمپلکس‌های محلول، از تثبیت این عناصر در خاک‌های آهکی جلوگیری کرده و آن‌ها را به فرم قابل جذب برای گیاه حفظ می‌کنند. ملاس نیز با دارا بودن کربوهیدرات‌های محلول، رشد میکروارگانیسم‌های مفید خاک، به‌ویژه در ناحیه ریزوسفر را افزایش داده و از طریق ترشح اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و اسید لاکتیک به انحلال عناصر تثبیت‌شده کمک می‌کند. اسیدهای آمینه، به‌ویژه به شکل کلات شده، می‌توانند جذب و انتقال فلزات را تشدید کنند، در حالی که فلزات معمولاً تحرک کمی در گیاه دارند. این امر به ویژه برای عناصر مغذی مانند آهن، روی، منگنز، مس و حتی سایر مواد مغذی مانند کلسیم، پتاسیم و بور که در شرایط خاک آهکی کمبود عمومی دارند، بسیار مهم است (Souria and Hatamian, 2018). زاهدی‌فر و گویلی (۱۴۰۴)، با بررسی نقش محلول پاشی کود آلی زرگرین بر عملکرد دانه و محتوای عناصر غذایی در گیاه ذرت بیان کردند که محلول پاشی سطوح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر در هزار لیتر کود زرگرین سبب افزایش معنی‌دار ۱۱، ۱۶ و ۲۹ درصدی غلظت مس اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد شدند.



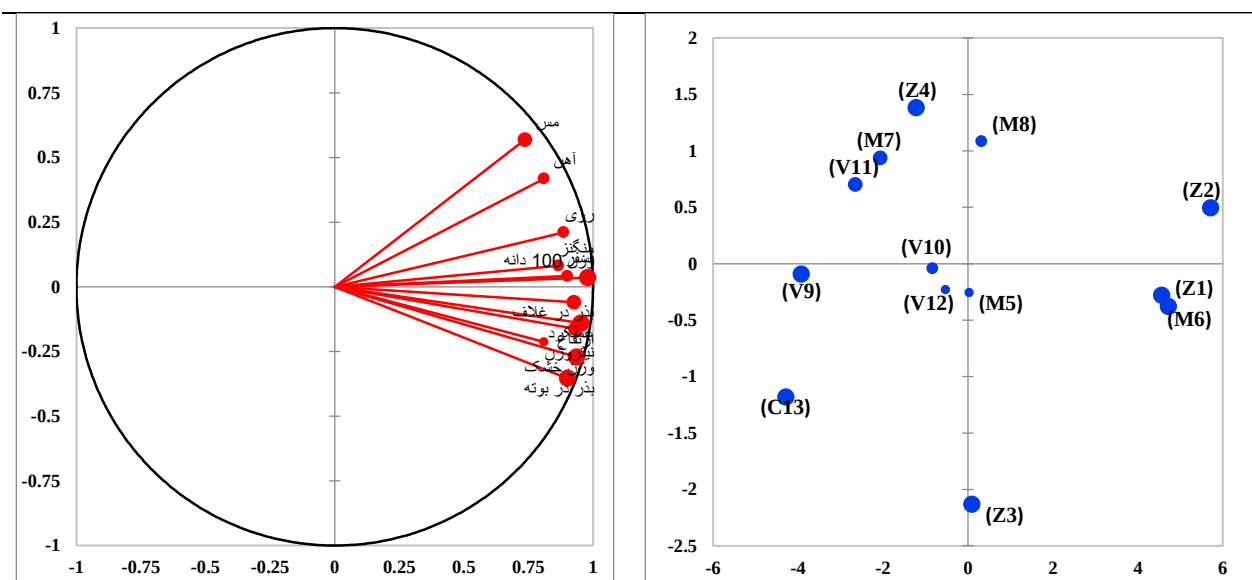
شکل ۶- مقایسه میانگین عناصر کم مصرف آهن، روی، منگنز و مس لوبیا سفید تحت تأثیر کودهای زرگرین، ملاس و ویناس. (در هر مورد، ستون‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

بررسی اثر کاربرد کودهای آلی بر ویژگی‌های رشد و ترکیب شیمیایی لوبیا سفید بر اساس آنالیز مؤلفه اصلی

براساس آنالیز مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه اول (PC1) و مؤلفه دوم (PC2) به ترتیب ۷۹/۰۹ و ۷/۰۵ درصد از کل واریانس صفات مورد مطالعه را در بین تیمارهای کودی تبیین کردند. در بای‌پلات حاصل از این آنالیز، نزدیکی بردارهای صفات و تشکیل زاویه کمتر از ۹۰ درجه میان آن‌ها، نشان‌دهنده همبستگی مثبت است، در حالی که زوایای بیش از ۹۰ درجه به همبستگی منفی و زوایای قائم به استقلال بین متغیرها اشاره دارند. در این مطالعه، تیمارهای (Z1)، (Z2) و (M6) بیشترین همبستگی مثبت بین صفات مورد بررسی را نشان دادند (شکل ۷). طول بردار هر صفت بیانگر سهم آن در واریانس کل (یعنی اهمیت آن در تفکیک تیمارها) و زاویه بین بردارها بیانگر میزان کوواریانس یا همبستگی بین صفات است. صفاتی مانند وزن صد دانه، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه و ارتفاع بوته دارای بلندترین بردارها بودند و بیشترین سهم را در تفکیک تیمارها ایفا کردند. در مقابل در برخی تیمارها نظیر (C13)، (V9)، (V11)، (M7)، (Z4) همبستگی معنی‌داری میان صفات مشاهده نشد. این نتایج نشان می‌دهند که استفاده از ترکیب‌های خاصی از کودهای آلی (مانند تیمارهای (Z1)، (Z2) و (M6)) می‌تواند هم‌زمان چندین صفت مهم فیزیولوژیک و زراعی را به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار دهد.

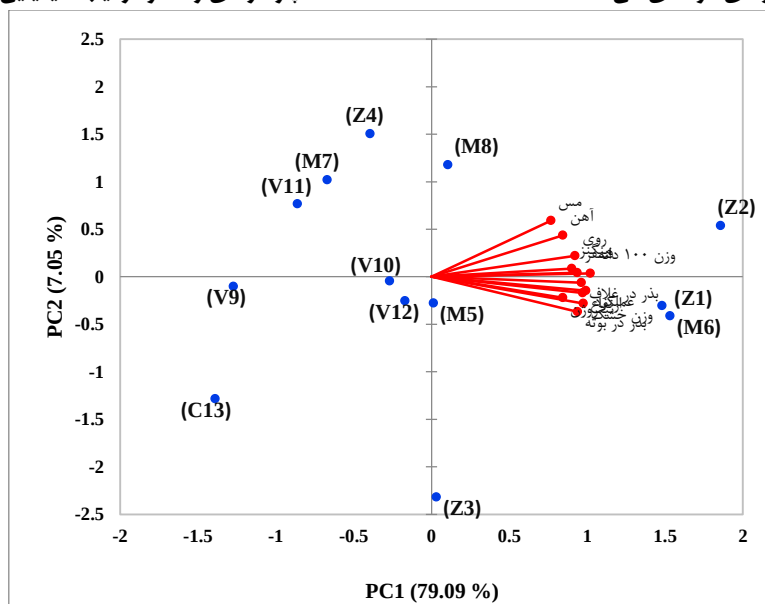
نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ترکیب تلفیقی کودهای زرگرین و ملاس به‌طور معنی‌داری شاخص‌های رشدی مانند ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی، همچنین عملکرد دانه و جذب عناصر غذایی ضروری شامل نیتروژن، فسفر، آهن، روی و منگنز را در لوبیا سفید افزایش می‌دهند، به‌طوری که تیمارهای ترکیبی نظیر (Z1)، (Z2) و (M6) عملکردی برتر نسبت به کاربرد منفرد هر یک از این کودها داشتند. در نقطه مقابل، کاربرد ویناس به‌تنهایی، به‌ویژه در مقادیر زیاد (V9)، نه تنها نتوانست عملکرد مطلوبی ایجاد کند، بلکه در برخی شاخص‌ها نظیر رشد و عملکرد دانه، منجر به کاهش نسبت به شاهد شد. بنابراین، به‌کارگیری هم‌زمان زرگرین و ملاس با ویژگی‌های مکمل، می‌تواند به‌عنوان راهبردی مؤثر در بهینه‌سازی تغذیه گیاه و ارتقاء پایداری تولید در سامانه‌های زراعی مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه با در نظر گرفتن جوانب اقتصادی و عملکردی استفاده از مخلوط کودهای آلی مایع با نسبت مناسب، تیمارهای (Z1) و به‌ویژه تیمار (Z2)، می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت لوبیا سفید در منطقه هیدج توصیه شود. هیچگونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.



پارمترهای رشد و ترکیب شیمیایی اندازه گیری شده

تیمارهای کودهای آلی



شکل ۷- آنالیز مؤلفه اصلی، مؤلفه اول (PC1) و دوم (PC2) از ویژگی‌های رشد و ترکیب شیمیایی لوبیا تحت تأثیر کودهای آلی
هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

منابع

- آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ (۱۴۰۳). جلد اول - محصولات زراعی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۲۶ صفحه.
- زاهدی‌فر، مریم و گویلی، ادریس. (۱۴۰۴). اثر محلول‌پاشی برگ کود آلی بر عملکرد دانه، محتوای عناصر غذایی و بهره‌وری آب در ذرت (Zea mays L.) در شرایط تنش خشکی. *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۶ (۲)، ۳۸۹-۴۱۰.
- زاهدی‌فر، مریم؛ موسوی، سید علی اکبر؛ ارشادی، آرش و جعفری اصل، مهدی. (۱۴۰۲). بررسی کارایی مصرف آب و ویژگی‌های رشد گندم تحت تأثیر کاربرد خاکی و محلول‌پاشی کود آلی زرگرین در شرایط خشکی. *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴ (۱)، ۱۳۵-۱۵۳.
- شاهسونی، شاهین؛ قرنچیک، شاهرخ و جدیدالاسلام، ندا. (۱۳۹۶). تأثیر قارچ مایکوریز، باکتری سودوموناس و اسیدهیومیک بر شاخص‌های رشدی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). *پژوهش‌های حبوبات ایران*. ۸ (۱): ۹۷-۱۱۲.
- شهبازی، کریم؛ داودی، محمد حسین و فیض‌الهزاده اردبیلی، مهناز. (۱۳۹۷). روش‌های تجزیه کود. *کرج، موسسه تحقیقات خاک و آب*، ۳۹۰ صفحه.
- شهبازی، کریم؛ مارزی، مصطفی؛ محمدی، محمد حسین؛ اسدی، حسین؛ فتحی گردیدانی، ارژنگ؛ هاشمی نسب زواره، کبرا سادات؛ طلوعی، رویا؛ بهشتی، مهدی؛ آویژگان، ایوب و چراغی، میثم. (۱۴۰۳). روش‌های تجزیه خاک نمونه‌برداری، روش‌های شیمیایی و فیزیکی. *کرج، موسسه*



تحقیقات خاک و آب، ۱۰۷۴ صفحه.

لطفی، بابک؛ فتوحی، فرید؛ سیادت، سید عطاالله و صادقی، مهدی. (۱۳۹۷). اثر کود شیمیایی نیتروژنه و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و درصد پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). (علوم کشاورزی)، ۱۲ (۴۵)، ۱۲۳-۱۳۸.

REFERENCES

- Ahmad, A., Mohammad Hasham, P., & Naqibullah, N. (2023). Effects of organic fertilizer on growth and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L). *AgroTech- Food Science, Technology and Environment*. 2 NO. 2. 37-48.
- Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H. R., Hosseinpour, R., Abdeslah, H., Kazemian, A., & Rafiei, M. (2017). Agricultural Statistics during 2016-7, Ministry of Jihad-e Keshavarzi, Iran. Vol. 1: Crops. (In Persian).
- Bremner, J. (1996). Nitrogen total. Methods of Soil Analysis. In: D. L. Sparks et al. (Eds). Method of Soil Analysis. Part 3. pp. 1085-1121. Chemical Methods. *American Society of Agronomy and Soil Science Society of America*, Madison, WI, USA.
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*, 383(1), 3-41.
- Cankurt, K., & İpek, M. (2023). The effects of some organic compounds on yield and fruit quality in Albion strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cultivar. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(1), 19-24.
- Chang, Y., Zhao, X. Q., Zhang, X., & Jiao, Y. (2025). Corn steep liquor as an efficient bioresource for functional components production by biotransformation technology. *Foods*, 14 (13) 2158.
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Y, Rouphael. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 28-38.
- Ferreira, C. S., Seifollahi-Aghmiuni, S., Destouni, G., Ghajarnia, N., & Kalantari, Z. (2022). Soil degradation in the European Mediterranean region: processes, status and consequences. *Science of the Total Environment*, 805, 150106.
- Geng, Y., Cao, G., Wang, L. & Wang, S. (2019). Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. *PIOS ONE*, 14(7), e0219512.
- Geremew Kassa, M., Asemu, A. M., Belachew, M. T., Satheesh, N., Abera, B. D., & Alemu Teferi, D. (2024). Review on the application, health usage, and negative effects of molasses. *CyTA - Journal of Food*, 22 (1).
- Gobinath, R., Ganapathy, G., Gayathiri, E., Salunkhe, A. A., & Pourghasemi, H. R. (2022). Ecoengineering practices for soil degradation protection of vulnerable hill slopes. In: Pourghasemi HR (Ed) Computers in earth and environmental sciences. *Elsevier*, pp 255-270.
- Gondwe, R. L., Kinoshita, R., Suminoe, T., Aiuchi, D., Palta, J. P., & Tani, M. (2020). Available soil nutrients and NPK application impacts on yield, quality, and nutrient composition of potatoes growing during the main season in Japan. *American Journal of Potato Research*, 97, 234-245.
- Gulser, F., & Ayaş, H. C. (2016). Effect of sulfur and humic acid applications on micro nutrient contents of spinach (*Spinacea oleracea* var. Spinoza). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 4(1), 27-31.
- Gupta, R., Verma, N., & Tewari, R. K. (2024). Micronutrient deficiency-induced oxidative stress in plants. *Plant Cell Rep*, 43, 213.
- Johansson, A. (2008). Conversations on chelation and mineral nutrition Grape Wine Res. *Australian Journal of Chemistry*, 583, 53-56.
- Kakar, K., Xuan, T. D., Noori, Z., Aryan, S., & Gulab, G. (2020). Effects of organic and inorganic fertilizer application on growth, yield, and grain quality of rice. *Agriculture*, 10, 544.
- Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 544-553.
- Li, S., Zhao, X., Ye, X., Zhang, L., Shi, L., Xu, F., & Ding, G. (2020). The effects of condensed molasses soluble on the growth and development of rapeseed through seed germination, hydroponics and field trials. *Agriculture*, 10(7), 260.
- Liu, J., Shu, A., Song, W., Shi, W., Li, M., Zhang, W., Li, Z., Liu, G., Yuan, F., Zhang, S., Liu, Z. & Gao, Z. (2021). Long-term organic fertilizer substitution increases rice yield by improving soil properties and regulating soil bacteria. *Geoderma*, 404, 115287.
- Lotfi, B., Fotuhi, F., Siadat, S. A., & Sadeghi, M. (2018). The effect of using chemical inorganic fertilizer and

- biological fertilizer on seed yield and protein of cowpea. (*Vigna unguiculata* L.). *Journal of crop ecophysiology (agriculture science)*, 12 (45), 139-152 (In Persian).
- Mehdi, Z., Iraj, A., Gholam, A. A. & Gholam, A. A. (2011). A study on the effects of different bio fertilizer combinations on yield, its components, and growth indices of corn (*Zea mays* L.) under drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 6(3), 681-685.
- Mirza, H., K. U., Ahamed, N. M., Rahmatullah, N., Akhter, K. N. & Rahman, M. L. (2010). Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 22 (1), 46-58.
- Murphy, J., & Riley, J. (1952). A modified single solution method for determination of phosphate uptake by rye. *Soil Science Society of America Journal*, 48, 31-36.
- Nadeeka, P. W., & Seran, T. H. (2020). The effects of goat manure and sugarcane molasses on the growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Agricultural Science*, 65, 321-335 (Belgr.).
- Navarro-Morillo, I., Navarro-Perez, V., Perez-Millan, R., Navarro-León, E., Blasco, B., Cámara-Zapata, J. M., & Garcia-Sanchez, F. (2023). Effects of Root and Foliar Application of Corn Steep Liquor on Pepper Plants. A Physiological, Nutritional, and Morphological Study. *Horticulturae*, 9, 221.
- Paskovic, I., Popovic, L., Pongrac, P., Polic Paskovic, M., Kos, T., Jovanov, P., & Franic, M. (2024). Protein hydrolysates—Production, effects on plant metabolism, and use in agriculture. *Horticulturae*, 10(10), 1041.
- Petry, N., Boy, E., Wirth, J. P. & Hurrell, R. F. (2015). The potential of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) as a vehicle for iron biofortification. *Nutrients*, 7 (2), 1144-1173.
- Pyakurel, A., Dahal, B. R., & Rijal, S. (2019). Effect of molasses and organic fertilizer in soil fertility and yield of spinach in Khotang, Nepal. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 7, 49-53.
- Rady, M. S., Ghoneim, I. M., & Feleafel, M. N. (2024). Potassium silicate and vinasse enhance biometric characteristics of perennial sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions. *Scientific Reports*, 14, 11248.
- Rosales, M. A., Ocampo, E., Rodriguez-Valentin, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J. & Covarrubias, A. A. (2012). Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. *Plant Physiology and Biochemical*, 56, 24-34.
- Shahbazi, K., Davoudi, M. H. & Feizollahzadeh Ardebili, M. (2018). Fertilizer Analysis Methods. Karaj, *Soil and Water Research Institute*, 390 pages (In Persian).
- Shahbazi, K., Marzi, M., Mohammadi, M. H., Asadi, H., Fathi Gardelidani, A., Hasheminasab Zavareh, K. S., Tolouei, R., Beheshti, M., Avizhgan, A., & Cheraghi, M. (2024). Soil analysis methods: Sampling, chemical and physical methods. Karaj, *Soil and Water Research Institute*, 1074 pages (In Persian).
- Shahsavani, S., Gharanjik, S., & Jadidoleslam, N. (2017). Effect of mycorrhiza, pseudomonas bacteria and humic acid on growth indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 8(1): 97-112. (In Persian).
- Shahzad, H., Iqbal, M., Bashir, S., & Farooq, M. (2018). Relative efficacy of organic substrates on maize root proliferation under water stress. *Biological Sciences*. J, 35, 101-114.
- Shukla, M., Lal, R. & Ebinger, M. (2004). Principal component analysis for predicting corn biomass and grain yields. *Soil Science*, 169, 215-224.
- Siavoshi, M., Nasiri, A. & Laware, S. L. (2011). Effect of Organic Fertilizer on Growth and Yield Components in Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agricultural Science*, 3, 217-224.
- Sihi, D., Dari, B., Sharma, D. K., Pathak, H., Nain, L. & Sharma, O. P. (2017). Evaluation of soil health in organic vs conventional farming of basmati rice in North India. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 180, 389-406.
- Song, X., Wang, P., Van Zwieten, L., Bolan, N., Wang, H., Li, X., Cheng, K., Yang, Y., Wang, M., & Liu, T. (2022). Towards a better understanding of the role of Fe cycling in soil for carbon stabilization and degradation. *Carbon Research*, 1:5.
- Souri, M. K., & Hatamian, M. (2018). Aminocheates in plant nutrition: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 42(1), 67-78. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1549671>
- Suliasih, S., & Widawati, S. (2016). Effect of plant growth promoting rhizobacteria and molasses on seed germination and seedling growth of Sorghum bicolor l. Moench. In: Proceedings of the 1st SATREPS Conference. *Bogor, Indonesia*.
- Wang, X., Yan, X., Zhang, X., Li, L., Qi, Q., Cui, W., Chen, Q., & Mu, K. (2025). Enhancing growth and nutrient uptake in Chinese cabbage through the application of corn steep liquor and myo-inositol in salt-



- stressed soils. *Agronomy*, 15, 1196.
- Wise, K., & Selby-Pham, J. (2024). Enhancement of tomato hedonic quality through fertiliser supplementation with a biostimulant complex comprising molasses, aloe vera extract and fish-hydrolysate. *NZ J. Crop and Horticultural Science*, 1-10.
- Wise, K., Selby-Pham, J., Simovich, T., & Gill, H. (2024b). A biostimulant complex comprising molasses, Aloe vera extract, and fish-hydrolysate enhances yield, aroma, and functional food value of strawberry fruit. *Adv. Horticultural Science*, 38, 47–62.
- Yadana, K. L., Aung, K. M., Takeo, Y. & Kazuo, O. (2009). The Effects of Green Manure (*Sesbania rostrata*) on the Growth and Yield of Rice, *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 54 (2), 313-319.
- Yuan, Y., Liu, Q., Zheng, H., Li, M., Liu, Y., Wang, X., Peng, Y., Luo, X., Li, F., & Li, X. (2023) Biochar as a sustainable tool for improving the health of salt-affected soil. *Soil and environmental health*, 1, 100033.
- Zahedifar, M., & Gavili, E. (2025) Effect of organic fertilizer foliar application on grain yield, nutrient content, and water productivity of maize (*Zea mays* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 56 (2), 389-410 (In Persian).
- Zahedifar, M., Moosavi A. A., Gavili, & E., Ershadi, A. (2025). Tomato fruit quality and nutrient dynamics under water deficit conditions: The influence of an organic fertilizer. *PLoS ONE*, 20(1), e0310916.
- Zahedifar, M., Moosavi, A. A., Ershadi, A., & Jafari-Asl, M. (2023). Investigating water use efficiency and wheat growth characteristics as influenced by soil and foliar application of Zargreen organic fertilizer under drought conditions, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54 (1), 135-153 (In Persian).
- Zheng, H., Zhang, C., Liu, B., Liu, G., Zhao, M., Xu, G., Luo, X., Li, F., & Xing, B. (2020). Biochar for water and soil remediation: production, characterization, and application. In: Jiang G, Li X (Eds) A new paradigm for environmental chemistry and toxicology. *Springer*, Singapore, pp 153-19.
- Zhu, M. M., Liu, E. Q., Bao, Y., Duan, S. L., She, J., Liu, H., Wu, T. T., Cao, X. Q., Zhang, J., Li, B. (2019). Low concentration of corn steep liquor promotes seed germination, plant growth, biomass production and flowering in soybean. *Plant Growth Regul*, 87, 29-37.