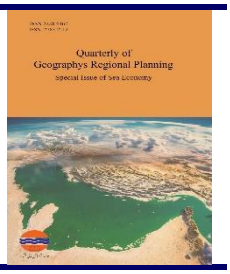
Iranian Association of Geopolitical

Geography(Regional Planning)

Autumn 2024. Vol 14. Issue 56

ISSN (Print): 2228-6462 - ISSN (Online): 2783-2112

Journal Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/



Research Paper

The Effect of Replacing Nitrogen Fertilizer with Vermicompost on the Dracocephalum moldavica L. with Emphasis on Different Irrigation Levels

ShahabuddinFilsouf, Farshad Ghooshchi[*2], HamidrezaToheidi Moghadam[3], Porang Kasraei[4], Mohammad Nasri[5]

1. Ph.D. Student of Agriculture Department, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
2. Professor of Agriculture Department, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
3. Professor of Agriculture Department, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
4. Professor of Agriculture Department, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
5. Professor of Agriculture Department, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

ARTICLEINFO

PP: 619-645.

Use your device to scan and read the article online

Keywords: *Nitrogen chemical fertilizer, vermicompost, moldavica L Dracocephalum., irrigation.*

Abstract

Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) As a medicinal plant, it is widely used in pharmaceutical and food industry. In order to investigate the influence of different levels of fertilizer and irrigation on quantitative and qualitative traits of Moldavian balm plant a two years experiment was conducted as a split plot on the base of randomized complete block design (with 18 treatments) in three replications in the Faculty of Agriculture of Alborz province, in the two crop years of 2023 and 2024. Experimental treatments including irrigation regimes: the irrigation applied at three levels of 25% (Control treatment) 40 % (mild stress) and 55 % (severe stress) depletion of available water in the depth of root and Fertilizer treatments including non-application of fertilizer (F1), 100% urea fertilizer (F2), 75% urea fertilizer + 25% vermicompost (F3), 50% urea fertilizer + 50% vermicompost (F4), 25% Urea fertilizer + 75% vermicompost (F5) and 100% vermicompost (F6) were considered and randomly placed in the main and secondary plots, respectively. Fertilizer treatment was calculated based on the supply of nitrogen required by the plant (120 kg ha-1 nitrogen) and was provided as a combination of vermicompost and urea fertilizer. The results showed that with increasing intensity of water deficit stress, , plant height, number of sub branches, number of flowering branches, dry weight of shoots, seed yield, essential oil yield, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, leaf soluble protein, photosynthesis, leaf N content , leaf P content and leaf K content. Although traits such as carotenoids, proline, total soluble sugars, total phenolics content, catalase, superoxide dismutase, malondialdehyde increased. Essential oil content increased with moderate deficit stress but in severe water deficit stress, a significant decrease was observed in the above trait .Also the results showed that with increasing the content of vermicompost in fertilizer treatment, there was a significant increase in height, number of sub branches, number of flowering branches, dry weight of shoots, seed yield, essential oil yield, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, leaf soluble protein, photosynthesis, leaf N content , leaf P content and leaf K content at different levels of irrigation. Increased vermicompost, which indicates that the use of organic fertilizer in favorable conditions and water deficit can be effective. Overall, vermicompost facilitates the plant's access to the nutrient by improving soil physical condition, biological and microbial activities, increasing solubility and mobility of nutrients, increasing relative moisture content and nitrogen retention. Vermicompost if combined with chemical fertilizers, is helpful to increase growth and improve the quantitative and qualitative yield of moldavian balm in a sustainable crop system.

Citation: Filsouf, S., Ghooshchi, F., Toheidi Moghadam, H., Kasraei, P. and Nasri, M. (2024). **The effect of replacing nitrogenous chemical fertilizer with vermicompost on Moldavian dragonhead with emphasis on different irrigation levels**. Geography (Regional Planning), 14(56), 619-645

DOI: 10.22034/jgeoq.2025.482611.4143

[*]**Corresponding author:** Farshad Ghooshchi, **Email:** ghooshchi@yahoo.com

Copyright © 2024 The Authors. Published by Qeshm Institute. This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Extended Abstract

Introduction

The progress of the pharmaceutical industry and the side effects of chemical drugs require the use of synthetic medicinal substances as they should not be able to relieve and treat human pains. In this regard, the high costs of using non-renewable resources such as fossil resources, environmental pollution by pharmaceutical industries, the inability of humans to make some medicinal substances that are naturally present in plants, which has caused more and more human attention to medicinal plants. Considering that the plateau of Iran has been introduced as the source and origin of many medicinal plants and considering the need of pharmaceutical, food, cosmetic and health industries for medicinal plants as raw materials for the products of the mentioned industries, the cultivation of medicinal plants is expanding in the country and In this regard, more research and studies are necessary. Melon is a herbaceous and annual plant of the genus Dracuscephalum. The main components of Moldavian balm essential oil include geranial, neral, geranyl acetate and geraniol set. These compounds are oxygenated cyclic monoterpenes and make up 90% of the essential oil. The whole body of the plant contains essential oil and its amount is different in different parts. Intensive agriculture with extensive use of chemical fertilizers, especially nitrogen, guarantees high yield, but in this regard, it increases costs and pollutes the environment. In the direction of sustainable agriculture, using renewable resources has caused the least damage to the environment and has many ecological advantages. The use of agricultural techniques, including the use of organic fertilizers that strengthen the biological conditions of the soil, may be effective in reducing the effects of water scarcity. The use of different sources of fertilizers such as animal manures, chemical fertilizers and composted fertilizers in stressful conditions can lead to improved plant performance. As a useful soil additive, vermicompost plays a role in maintaining soil nutrients, water storage and adding micro and macro nutrients to the soil. Therefore, the use of vermicompost in sustainable agriculture, in addition to increasing the population and activity of beneficial soil microorganisms (such as mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving microorganisms), in order to provide plant nutrients such as nitrate, Exchangeable phosphorus, magnesium and soluble potassium act and improve the growth and performance of agricultural plants. In line with the topics presented, the current research is looking for the effect of replacing nitrogen fertilizer with vermicompost on morphological traits and biochemical characteristics of Moldavian balm with emphasis on different levels of irrigation.

Methodology

The experiment was conducted in the form of a split plot in the form of a randomized complete block design with three replications, in which the irrigation agent was placed in the main plots and the fertilizer treatments were placed in the secondary plots. Irrigation treatment in three levels including irrigation up to the agricultural capacity (optimal irrigation I1), consumption of 40% usable soil moisture at the depth of root development, then irrigation up to the agricultural capacity (moderate under-irrigation I2) and consumption of 55% usable soil moisture at the depth Root development and then irrigation up to the crop capacity (severe under-irrigation I3) and fertilizer treatment including six levels: control (no use of F1 fertilizer), providing 100% of plant nitrogen fertilizer needs through chemical urea fertilizer (F2 providing 100% of needs) Plant nitrogen fertilizer through 75% urea chemical fertilizer + 25% vermicompost fertilizer (F3, providing 100% of plant nitrogen fertilizer needs through 50% urea chemical fertilizer + 50% vermicompost fertilizer (F4, providing 100% of fertilizer needs) Plant nitrogen is provided through 25% urea chemical fertilizer + 75% vermicompost fertilizer (F5) and

finally 100% of the plant's nitrogen fertilizer needs are provided through vermicompost fertilizer (F6). The amount of nitrogen and vermicompost fertilizer used was calculated according to the amount of available nitrogen in the soil and the plant's need to achieve optimal performance. In this way, nitrogenous fertilizer (urea) was used completely immediately after cultivation as a solution in water.

Results and Discussion

The results of analysis of variance show that the simple effect of irrigation and the simple effect of fertilizer on plant height were significant at Duncan's one percent level, but the mutual effect of irrigation and fertilizer on plant height was not significant. Also, according to the comparison table of the averages of the main effects, it can be seen that the highest plant height in both years of the experiment was related to the optimal irrigation level. The results of the analysis of variance show that the simple effect of irrigation and the simple effect of fertilizer on the number of sub-branches were significant at the one percent level of Duncan; but the mutual effect of irrigation in fertilizer was not significant. The results of the analysis of variance show that the simple effect of irrigation and the simple effect of fertilizer on the number of flowering branches were significant at the Duncan level of 1%; but the mutual effect of irrigation in fertilizer was not significant. The results of the analysis of variance show that the simple effect of irrigation and the simple effect of fertilizer on grain yield were significant at the 1% Duncan level; but the mutual effect of irrigation in fertilizer was not significant. The results of the analysis of variance show that the simple effect of irrigation and the simple effect of fertilizer on the percentage of essential oil was significant at the level of 1 percent Duncan; but the mutual effect of irrigation in fertilizer was not significant. Also, according to the comparison of the averages of the main effects, it can be seen that the highest percentage of essential oil in both years of the experiment was related to the average irrigation level. According to the obtained results, the highest percentage of essential oil was observed at the medium stress level. The results of the analysis of variance show that the simple effect of irrigation and the simple effect of fertilizer on the yield of essential oil were significant at the level of 1 percent Duncan; but the mutual effect of irrigation in fertilizer was not significant.

Conclusion

Based on the obtained results, the values of plant height, number of branches, number of flowering branches, dry weight of shoot, seed yield, essential oil yield, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll, leaf soluble proteins, photosynthesis rate, percentage Nitrogen, phosphorus and potassium decreased under the influence of drought stress, but carotenoid traits, proline, soluble sugars, total phenols, catalase, superoxide dismutase and malondialdehyde increased completely or to some extent. While the percentage of plant essential oil increased in moderate stress, it decreased significantly in severe stress. The use of vermicompost organic fertilizer in the conditions of stress and lack of stress caused an increase in the growth and yield of the medicinal plant Badershbo. So, in most traits, the replacement of vermicompost fertilizer with urea fertilizer increased (significantly or non-significantly) the growth and yield traits compared to no fertilizer use or 100% urea fertilizer. It can be said that vermicompost increases soil moisture retention during the plant growth period and also prevents the leaching of nutrients, especially soil nitrogen, and increases the availability of water and nutrients absorption, leading to an increase in plant growth and performance. The

application of water deficit stress led to a decrease in the growth of physiological and morphological traits related to yield, but on the other hand, the application of vermicompost increased these traits.

The decrease in the morphological traits and the dry performance of aerial parts under stress conditions can be attributed to the effect of water deficit stress on the destruction of chlorophyll pigments, the closing of stomata, and possibly the reduction of plant cell turgorescence pressure in water deficit conditions through the reduction of leaf surface area. , reducing the absorption of light energy, reducing the absorption of elements and possibly shortening the growth period of the plant. It seems that dehydration stress causes peroxidation and decomposition of pigments by increasing the production of oxygen free radicals.

References

1) Abd Elbar, OH. Farag, RE., Shehata, S.A. (2019). Effect of putrescine application on some growth, biochemical and anatomical characteristics of Thymus vulgaris L. under drought stress. Annals of Agricultural Sciences 64(2): 129-137.
2) Aghaei Jobni K., Barzli M., Jafarian and Shekari F. (2016). Some physiological and biochemical responses of tarragon plant to drought stress, Journal of Plant Process and Function, 6 (19): 15-24 [In Persian].
3) Antony Godson, S.G. and Gajalakshmi, S. (2019). High Rate Vermicomposting of Coral Vine by Employing Three Epigeic Earthworm Species. Nature Environment and Pollution Technology. 18 (4): 1393-1397.
4) Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P. and Metzger, J.D. (2008). Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. Applied Soil Ecology. 39: 91-99.
5) Ayyobi, H, Peyvast GH, Olfati JA. (2013). Effect of vermicompost and vermicompost extract on oil yield and quality of peppermint (Mentha piperita L.). J Agric Sci 58(1):51–60 [In Persian].
6) Belda, R.M., Mendoza-Hernandez, D., Fornes, F. (2013). Nutrient-rich compost versus nutrient-poor vermicompost as growth media for ornamental-plant production. J. Plant Nutr. Soil Sci. 176: 827–835.
7) Chatterjee R, Bandyopadhyay S, Jana JC. (2014). Evaluation of vegetable wastes recycled for Vermicomposting and its response on yield and quality of carrot (Daucus carota L.). Int J Recycl Org Waste Agric 3: 60–67.
8) Chinsamy, M., Kulkarni, M.G., Van Staden, J. (2013). Garden-waste-vermicompost leachate alleviates salinity stress in tomato seedlings by mobilizing salt tolerance mechanisms. Plant Growth Regul. 71: 41–47.
9) Damalas, Ch.A. (2019). Improving drought tolerance in sweet basil (Ocimum basilicum) with salicylic acid. Scientia Horticulturae 246: 360-365.
10) Domokokos, J., Peredi, J. and Halasz-Zelnik, K.(1994). Characterization of seed oils of Dragon head (Dracocephalum moldavica) and catnip (Nepeta cataria var. citriodora Balb.). Industrial Crops and and produts,3: 91-94.
11) Ehsani, Ali, Alizadeh, Omar, Hashemi, Mohammad, Mohammadi, Shadieh, Khalili, Sarwar. (2014). Comparison of the antibacterial effects of the essential oils of lemon balm (Melissa officinalis) and lemon balm (Dracocephalum moldavica) against some food pathogenic bacteria in conditions Laboratory, Journal of Shahrekord

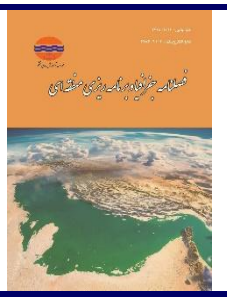
University of Medical Sciences [In Persian].

12) Gutier ´rez-Miceli FA, Santiago-Borraz J, Molina JAM, Nafate CC, Abud-Archila M, Llaven MAO, Rincon ´-Rosales R, Dendooven L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (Lycopersicum esculentum). Biores Technol 98: 2781–2786.
13) Gorgini Shabankare, H., Fakheri, B., Mohammadpour Vashwai, R. (2016). Effect of biofertilizer on growth, seed yield and essential oil of fennel (Foeniculum vulgare Mill.) under drought stress, Agricultural Ecology Quarterly, 9(1):50-62 [In Persian].
14) Heidarpour, O., Esmaielpour, B., Soltani, AA. Khorramdel, S. (2019). Investigating the Effect of Drought Stress and Vermicompost Biofertilizer on Morphological and Biochemical Characteristics of Thymus vulgaris L. Journal of Essential Oil Bearing Plants 22(2): 484-492 [In Persian].
15) Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., and Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (Cicer arietinum L.) under drought stress. Photosynthetica 54 (1): 87-92 [In Persian].
16) Hussein, M.S., El-Shrbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y. and Aly, S.M., (2006). Growth characters and chemical constituents of Dracocephalum moldavica L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. Journal of Scientica Horticulture, 108(3): 322-331 [In Persian].
17) Hazrati Yadkuri, S. (2014). Evaluation of light intensity and drought stress using zeolite on the physiological and phytochemical processes of the yellow plant (Aloe vera L.), Ph.D. in Agriculture, Tarbiat Modares University [In Persian].
18) Kabiri, R., Hatami, A., Oloumi, H., Naghizadeh, M., Nasibi, F., Tahmasebi, Z. (2018). Foliar application of melatonin induces tolerance to drought stress in Moldavian balm plants (Dracocephalum moldavica) through regulating the antioxidant system. Folia Horticulturae, Kraków 30(1): 155-167 [In Persian].
19) Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N., Shak, K.P.Y. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. J. Sci. Food Agric. 95, 1143–1156.
20) Mahmoud, E.K., Ibrahim, M.M. (2012). Effect of vermicompost and its mixtures with water treatment residuals on soil chemical properties and barley growth. J. Soil Sci. Plant Nutr. 12: 431–440 [In Persian].
21) Mendoza-Hernandez, D., Fornes, F., Belda, R.M. (2014). Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. Sci. Hortic. Amsterdam 178: 192–202.
22) Mohammadi, E., Fattahi, M., Barin, M., Ashrafi-Saeidlou, S. (2022). Arbuscular mycorrhiza and vermicompost alleviate drought stress and enhance yield, total flavonoid concentration, rutin content, and antioxidant activity of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench). South African Journal of Botany, 148: 588-600 [In Persian].
23) Moghimi Benadkohi, A., Dehestani Ardakani, M., Shirmardi, M. A, Mominpour. (2019). the effect of animal manure and vermicompost on reducing the effect of salinity stress in Cotinus coggygria Scop. Journal of Plant Process and Function, 9 (35): 179-192 [In Persian].
24) Nazari Deljo, M. J., Elah Vardi, N. (2013). Improvement of growth characteristics, yield and quality after harvest of chamomile (Calendula officinalis Cv. crysantha) by application of humic acid leaves, Journal of Horticultural Sciences, 28(2): 260-268 [In Persian].
25) Nasrabadi, B. (2005). Effect of different planting dates on growth, yield, content

and components of essential oil of Dragonhead. M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Tarbiat Modaress University, Iran [In Persian].

26) Oo, A.N., Iwai, C.B., Saenjan, P. (2015). Soil properties and maize growth in saline and nonsaline soils using cassava-industrial waste compost and vermicompost with or without earthworms. Land Degrad. Dev. 26: 300–310.
27) Omidbigi, Reza. (1997). Approaches to the production and processing of medicinal plants, second volume, Tarahan Nash Publications [In Persian].
28) Salehi, A., Tasdighi, H., Gholamhoseini, M. (2016). Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (Matricaria chamomilla L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 6(10): 886-891 [In Persian].
29) Salehi, A. (2011). Investigating the effect of biofertilizers, vermicompost and zeolite on the quantitative and qualitative yield of the German chamomile medicinal plant in order to achieve a sustainable agricultural system, Ph.D. in Agriculture, Tarbiat Modares University [In Persian].
30) Sanandaji, D. S., Heidari, G., Fathi, P., Khodaverdiloo, H., Sharifi, Z. (2024). Soil properties and quinoa yield as affected by irrigation and vermicompost application under a drip-tape irrigation system. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8, 1277934.
31) Sonboli, A., Mojarrad, M., Gholipour, A., Ebrahimi, S. N. & Arman, M. (2008). Biological activity and composition of the essential oil of Dracocephalum moldavica L. Grown in Iran. Natural Product Communications, 3(9): 1547-1550.
32) Srivastava, P.K., Gupta, M., Upadhyay, R.K., Sharma, S., Shikha Singh, N., Tewari, K., Singh, B. (2012). Effects of combined application of vermicompost and mineral fertilizer on the growth of Allium cepa L. and soil fertility. J. Plant Nutr. Soil Sci. 175: 101–107.
33) Vasanthi, K., Chairman, K. and Ranjit Singh, A.J.A. (2013). Vermicomposting of leaf litter ensuing from the trees of mango (Mangifera indica) and guava (Psidium guujuvu) leaves. International Journal of Advanced Research, 1(3): 33-38.
34) Vathoughi, N., Gamarian, M., Ghasemi Pirbaluti, A., Khaqani, S., Malekpour, F. (2017). Investigating the effect of frequency of irrigation on the quantitative and qualitative yield of the chemical compounds of the essential oil of the medicinal plant Salvia officinalis L. Ecophytochemistry of medicinal plants. 6(4): 85-96 [In Persian].
35) Yousefzadeh, S. (2018). The effect of using biological fertilizer and azocompost on the quantitative and qualitative yield of Moldavian balm medicinal plant in two regions of Iran, Ph.D. in Agriculture, Tarbiat Modares University [In Persian].

فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)
دوره ۱۴، شماره ۵۶، پاییز ۱۴۰۳
شاپا چاپی: ۶۴۶۲- ۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۲۱۱۲ -۲۷۸۳
Journal Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/
انجمن ژئوپلیتیک ایران



مقاله پژوهشی

تأثیر جایگزینی کود شیمیایی نیتروژنه با ورمی کمپوست بر بادرشبو با تأکید سطوح مختلف آبیاری

شهاب‌الدین فیلسوف– دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین–پیشوا، ورامین، ایران
فرشاد قوشچی*– استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین–پیشوا، ورامین، ایران
حمیدرضا توحیدی مقدم– استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین–پیشوا، ورامین، ایران
پورنگ کسرائی– استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین–پیشوا، ورامین، ایران
محمد نصری– استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین–پیشوا، ورامین، ایران

اطلاعات مقاله

شماره صفحات: ۶۴۵-۶۱۹

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به‌صورت آنلاین استفاده کنید

واژه‌های کلیدی:
کود شیمیایی نیتروژنه، ورمی کمپوست، بادرشبو، آبیاری.

چکیده

بادرشبو (*DRACOCEPHALUM MOLDAVICA L.*) به‌عنوان یک گیاه دارویی، به‌طور گسترده‌ای در صنایع داروئی و غذایی کاربرد دارد. به‌منظور بررسی صفات کمی و کیفی گیاه بادرشبو تحت تأثیر سطوح مختلف کودی و آبیاری، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات (کرت یک بار خرد شده) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (با ۱۸ تیمار) در سه تکرار و در دو سال زراعی ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ در مزرعه‌ای در کرج موردبررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل رژیم‌های آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه بعد از تخلیه ۲۵ درصد آب قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (آبیاری مطلوب)(I1) ، آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده در عمق توسعه ریشه(I2) و آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه بعد از تخلیه ۵۵ درصد آب قابل استفاده در عمق توسعه ریشه(I3) و رژیم کودی شامل عدم کاربرد کود (F1)، ۱۰۰ ٪ کود اوره (F2)، ۷۵ ٪ کود اوره + ۲۵ ٪ کود ورمی‌کمپوست (F3)، ۵۰ ٪ کود اوره + ۵۰ ٪ کود ورمی‌کمپوست (F4)، ۲۵ ٪ کود اوره + ۷۵ ٪ کود ورمی‌کمپوست (F5) و ۱۰۰ ٪ کود ورمی کمپوست (F6) در نظر گرفته و به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی به‌صورت تصادفی قرار داده شدند. تیمار کودی بر اساس تأمین نیتروژن موردنیاز گیاه (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) محاسبه و به‌صورت ترکیبی از کود ورمی‌کمپوست و اوره تأمین شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش، مقادیر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد شاخه گل دهنده، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، عملکرد اسانس، کلرفیل A ، کلروفیل B و کلروفیل کل، پروتئین‌های محلول برگ، میزان فتوسنتز، درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاهش یافتند ولی صفات کارتنوئید، پرولین، قندهای محلول، فنول‌های کل، کاتالاز، سوپراکسید دسیموتاز و مالون دی آلدئید افزایش یافتند. این در حالی بود که درصد اسانس گیاه در تنش متوسط افزایش یافت، اما در تنش شدید کاهش چشمگیری داشت. با افزایش سهم ورمی‌کمپوست در تیمار کودی، افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ همراه شد که منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس در سطوح مختلف آبیاری گردید. درمجموع ورمی‌کمپوست با بهبود وضعیت فیزیکی، فعالیت‌های زیستی و میکروبی خاک، با افزایش انحلال و تحرک عناصر غذایی، افزایش محتوی رطوبت نسبی و نگهداری نیتروژن، دسترسی به آن‌ها را برای گیاه تسهیل بخشیده که اگر همراه با کود شیمیایی استفاده شود، باعث افزایش رشد و بهبود عملکرد کمی و کیفی بادرشبو در یک سیستم زراعی پایدار می‌گردد.

استناد: فیلسوف، شهاب الدین ، قوشچی، فرشاد ، توحیدی مقدم، حمیدرضا ، کسرائی، پورنگ و نصری، محمد . (۱۴۰۳). تأثیر جایگزینی کود شیمیایی نیتروژنه با ورمی کمپوست بر بادرشبو با تأکید سطوح مختلف آبیاری. فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)، ۱۴(۵۶)، ۶۱۹-۶۴۵ .
DOI:10.22034/jgeoq.2025.482611.4143

* **نویسنده مسئول:** فرشاد قوشچی، **پست الکترونیکی:** ghooshchi@yahoo.com

مقدمه و بیان مسئله

پیشرفت صنعت داروسازی و عوارض داروهای شیمیایی ضرورت استفاده از بکارگیری مواد سنتتیک دارویی آن‌گونه که باید نتوانسته دردهای بشری را تسکین و درمان نماید را ایجاب می‌کند. در همین راستا هزینه‌های بالای استفاده از منابع تجدید ناپذیر مانند منابع فسیلی، آلودگی محیط‌زیست توسط صنایع دارویی، ناتوانی بشر برای ساخت برخی از مواد دارویی که به‌طور طبیعی در گیاهان وجود دارد که موجب توجه هر چه بیشتر بشر به گیاهان دارویی گردیده است (Heidarpour et al,2019).

با توجه به اینکه فلات ایران به‌عنوان منشأ و خاستگاه بسیاری از گیاهان دارویی معرفی شده است و با توجه به نیاز صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی به گیاهان دارویی به‌عنوان مواد اولیه تولیدات صنایع مذکور، کشت گیاهان دارویی در کشور در حال گسترش است و در این رابطه تحقیقات و مطالعات بیشتری لازم است (Ayyobi et al,2013).

بادرشبو [۳] که در انگلیسی به آن Moldavian balm یا Dragonhead گفته می‌شود، گیاهی است علفی و یک‌ساله از تیره نعناع و جنس دراکوسفالوم. ترکیبات اصلی اسانس بادرشبو شامل ژرانیال [۴] ، نرال [۵]، ژرانیل استات [۶] و ژرانیول [۷] است این ترکیبات مونوترپن‌های حلقوی اکسیژن‌دار [۸] هستند و ۹۰ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند. تمامی پیکر گیاه حاوی اسانس بوده و مقدار آن در قسمت‌های مختلف متفاوت می‌باشد. گل و پیکر رویشی بادرشبو (برگ‌ها و ساقه‌های جوان) دارای بیشترین اسانس می‌باشد. اسانس بادرشبو دارای خاصیت ضد میکروبی و باکتریایی بوده و التیام دهنده زخم و جراحت است. اسانس این گیاه در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی، غذایی، عطرسازی، کاربردهای فراوانی دارد و ترکیبات اسانس آن برای خوش‌طعم کردن انواع نوشابه‌ها و به‌عنوان چاشنی نه‌تنها برای طعم آن‌ها، بلکه به‌منظور اثرات محرک روی اشتها و هضم استفاده می‌گردد (Kabiri et al,2018).

از عصاره بادرشبو برای رفع سردرد و سرماخوردگی، ضعف عمومی بدن و به‌عنوان مسکن در دردهای عصبی و اسپاسم‌های مقعدی، کلیوی و برای شستشوی دهان و در دندان و انواع دردها استفاده می‌شود، همچنین می‌توان از آن به‌عنوان ضماد در دردهای روماتیسمی بهره جست، همچنین این گیاه خاصیت ضد تومور نیز دارد (Hussein et al,2006). گیاه دارویی بادرشبو از اهمیت زیادی در ایران برخوردار بوده ازاین‌رو به‌منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی آن، استقرار یک سیستم کشاورزی پایدار و جایگزینی کودهای شیمیایی به‌جای کودهای آلی از اهمیت بسزایی برخوردار است.

ازآنجایی‌که کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد تأثیر سوء تنش کم‌آبی در آن بسیار محسوس می‌باشد، به‌ویژه در رابطه با تولید گیاهانی که معمولاً نیاز آبی بالایی داشته و دوره کشت آن‌ها مصادف با نیاز آبی سایر محصولات با کشت بهاره است (آقایی و همکاران،۱۳۹۶:۱۵)؛ بنابراین توسعه کشت این‌گونه گیاهان در صورتی میسر خواهد شد که بتوان با مصرف آب کمتر و با راهکارهای مناسب به زراعی، میزان عملکرد کمی و کیفی را ثابت نگه داشت (Abd Elbar et al,2019).

در بسیاری از مناطق ایران به علت کاهش میزان بارندگی و افزایش درجه حرارت، بروز تنش کم‌آبی همواره امری اجتناب‌ناپذیر است که موجب واکنش سلولی و مولکولی گیاه شده که درنهایت رشد و عملکرد گیاهان را محدود می‌کند. درواقع تنش کم‌آبی اصلی‌ترین تنش محیطی می‌باشد و حدود ۲۰ درصد از تولید محصولات زراعی را در سرتاسر دنیا محدود نموده است (Damalas et al,2019). به همین دلیل مطالعه رفتار گیاهان زراعی برای مقابله با این تنش مسلماً سودمند خواهد بود. ایران علاوه بر خشک بودن کشوری مستعد خشکسالی است و میزان خسارت خشکسالی به علت کاهش سرانه آب قابل‌دسترس ناشی از افزایش جمعیت، تغییر اقلیم، بهره‌برداری بیش‌ازحد و کاهش کیفی منابع آب موجود در حال افزایش است. خسارت ناشی از تنش خشکی

3 - Dracocephalum Moldavica
4 - Geranial
5- Neral
6 - Geranyl Acetate
7 - Geraniol
8 - Oxygenated Acyclic Monoterpenes

به مقدار و شدت خسارت و مرحله نموی که گیاه تحت تنش قرار گرفته، وابسته است که درنهایت رشد، تنفس و پیری گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Salehi et al,2016).

کشاورزی فشرده با مصرف گسترده کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن عملکرد بالا را تضمین می‌کند، ولی در این راستا باعث افزایش هزینه‌ها و آلودگی محیط‌زیست می‌شود. در راستای کشاورزی پایدار به کار بردن منابع تجدیدشونده کمترین آسیب را به محیط‌زیست رسانده و دارای مزایای اکولوژیک فراوانی هستند. استفاده از تکنیک‌های زراعی ازجمله کاربرد کودهای آلی که شرایط زیستی خاک را تقویت می‌کند، ممکن است در کاهش اثرات کم‌آبی مؤثر باشند. استفاده از منابع مختلف کودی همانند کودهای دامی، شیمیایی و کودهای کمپوست شده در شرایط تنش می‌توانند منجر به بهبود عملکرد گیاهان شوند (Chatterjee et al,2014). از طرفی دیگر، کشاورزی فشرده با مصرف گسترده‌ی کودهای شیمیایی خصوصاً نیتروژن عملکرد بالا را تضمین می‌کند، ولی در این راستا باعث افزایش هزینه‌ها و آلودگی محیط‌زیست می‌شود. دراین‌بین استفاده از مکانیزم‌هایی که به کاهش خسارت تنش کم‌آبی منتهی گردد نیز می‌تواند مفید باشد. یکی از این روش‌ها که اخیراً توجه محققین به آن معطوف شده است استفاده از ورمی‌کمپوست جهت بهبود رشد گیاهان زراعی و افزایش تولید آن‌ها می‌باشد. استفاده از ورمی‌کمپوست یکی از راه‌های جلوگیری از کاهش رطوبت و تقویت خاک است (Antony Godson and Gajalakshmi,2019). ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک افزودنی مفید خاک در حفظ مواد غذایی خاک، ذخیره‌ی آب و افزودن مواد غذایی میکرو و ماکرو به خاک نقش دارد. از خصوصیات دیگر ورمی‌کمپوست می‌توان به سطح جذب بالا، نگه‌داشتن و آزاد کردن آب، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و داشتن خاصیت بافری بالا در مقابل تغییرات PH اشاره کرد (Arancon et al,2008). بکارگیری ورمی‌کمپوست در سطوح مختلف کشاورزی ایران با توجه به خصوصیات منحصربه‌فرد و فرآوری آسان آن‌ها در کشور و نهایتاً قیمت اقتصادی مناسب، ممکن می‌باشد. در بحث گیاهان دارویی، کیفیت محصول تولیدی و پایداری تولید در اولویت قرار دارد و کمیت محصول در درجه‌ی دوم اهمیت قرار می‌گیرد. به همین دلیل رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت کشاورزی پایدار و بکارگیری روش‌های مدیریتی آن می‌باشد.

فرآوری ضایعات آلی نظیر کود دامی، بقایای گیاهی، زباله‌های آلی شهری و غیره توسط کرم‌های خاکی ورمی کمپوست نامیده می‌شود (Gutier ´rez-Miceli et al,2007). عبور آرام، مداوم و مکرر این مواد از مسیر دستگاه گوارش کرم خاکی، همراه با اعمال خرد کردن، سائیدن، به هم زدن و مخلوط کردن که در بخش‌های مختلف این مسیر انجام می‌شود، موجب آغشته کردن این مواد به انواع ترشحات سیستم گوارشی مانند ذرات کربنات کلسیم، آنزیم‌ها، مواد مخاطی، متابولیت‌های مختلف میکروارگانیزم‌های دستگاه گوارشی و بالاخره ایجاد شرایط مناسب برای سنتز اسیدهای هومیک می‌گردد و درمجموع موادی را تولید می‌کند که خصوصیاتی کاملاً متفاوت با مواد فرو برده شده پیدا می‌کند (Srivastava et al,2012). فرآورده‌های که ورمی‌کمپوست خوانده می‌شود و ازلحاظ کیفی، ماده‌ای آلی با PH تنظیم شده، سرشار از مواد هومیک و عناصر غذایی به فرم قابل‌جذب برای گیاه، دارای انواع ویتامین‌ها، هورمون‌های محرک رشد گیاه و آنزیم‌های مختلف است (Oo et al,2015).

ورمی‌کمپوست ماده‌ای شبیه پیت بوده که دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی، تهویه و زهکشی مناسب ظرفیت زیاد نگهداری آب و بدون بوی نامطبوع و عوامل بیماری‌زا می‌باشد و امروزه استفاده از آن در زراعت و به‌ویژه در محصولات باغی و گلخانه‌ای رایج گردیده است (Belda et al,2013). ازاین‌رو استفاده ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید خاک (نظیر قارچ‌های میکوریزایی و میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات)، در جهت فراهم کردن عناصر غذایی موردنیاز گیاه مانند نیترات، فسفر قابل‌تبادل، منیزیم و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. در راستای مطالب مطرح‌شده پژوهش حاضر به دنبال تأثیر جایگزینی کود شیمیایی نیتروژنه با ورمی کمپوست بر صفات مورفولوژیک و خصوصیات بیوشیمیایی بادرشبو با تأکید سطوح مختلف آبیاری است.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بادرشبو گیاهی است علفی و یک‌ساله که منشأ آن جنوب سیبری و سراشیب‌های هیمالیا گزارش شده است. این گیاه به‌طور خودرو در قزاقستان، مغولستان، چین و روسیه می‌روید. بادرشبو تقریباً در هر اقلیمی قادر به رویش است (صالحی،۱۳۹۰)). در مناطق کم آب نیز می‌توان این گیاه را کشت نمود، ولی برای افزایش عملکرد و افزایش مواد مؤثره باید در مناطقی که از آب کافی برخوردار است، کشت شوند. بادرشبو در خاک‌های سبک شنی هم می‌روید ولی خاک‌های با بافت متوسط برای کشت این گیاه بسیار مناسب می‌باشند (امید بیگی،۱۳۷۶). اسانس بادرشبی ویژگی ضد میکروبی و باکتریایی داشته و التیام دهنده زخم و جراحت است. اسانس این گیاه در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی و غذایی کاربردهای فراوانی دارد (Nasrabadi,2005). بادرشبو به دلیل داشتن اثر آرام‌بخش، به‌صورت چای مصرف می‌شود، اثر شفابخشی این گیاه مربوط به ترکیبات موجود در اسانس آن است (Domokokos et al,1994). ترکیب‌های اصلی اسانس آن شامل ژرانیال، نرال، ژرانیل استات و ژرانیول است که از مونوترپن‌های حلقوی اکسیژن دار هستند و ۹۰ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند (Sonboli et al,2008;Domokokos et al,1994). بادرشبو تقریباً در هر اقلیمی قادر به رویش است. در مناطق کم آب نیز می‌توان این گیاه را کشت نمودt ولی برای افزایش عملکرد و افزایش مواد مؤثره باید در مناطقی که از آب کافی برخوردار است، کشت شوند. بادرشبو در خاک‌های سبک شنی هم می‌روید، ولی خاک‌های با بافت متوسط برای کشت این گیاه بسیار مناسب می‌باشد(امید بیگی،۱۳۷۶).

اسانس بادرشبی ویژگی ضد میکروبی و باکتریایی داشته و التیام دهنده زخم و جراحت است. اسانس این گیاه در صنایع داروسازی، آرایشی- بهداشتی و غذایی کاربردهای فراوانی دارد (Nasrabadi,2005). بادرشبو به دلیل داشتن اثر آرام‌بخش، به‌صورت چای مصرف می‌شود، اثر شفابخشی این گیاه مربوط به ترکیبات موجود در اسانس آن است (Domokokos et al,1994). ترکیب‌های اصلی اسانس آن شامل ژرانیال، نرال، ژرانیل استات و ژرانیول است که از مونوترپن‌های حلقوی اکسیژن‌دار هستند و ۹۰ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند (Domokokos et al,1994; Sonboli et al,2008).

اصطلاح ورمی‌کمپوست از دو کلمه ورمی و کمپوست تشکیل شده است که کلمه ورمی به معنی کِرم بوده و در سازوکار تولید ورمی‌کمپوست از کرم‌های خاکی برای تبدیل ضایعات آلی به ماده‌ای سیاه‌رنگ و غنی از مواد غذایی موردنیاز گیاهان استفاده می‌گردد. ورمی‌کمپوست کودی است که از تجزیه میکروبی و ثبات مواد آلی تحت تأثیر عکس‌العمل بین کرم خاکی[9] و میکروارگانیسم‌های مختلف به وجود می‌آید (Vasanthi et al,2013).

ورمی‌کمپوست از لغت لاتین Vermi گرفته شده که به معنی کرم می‌باشد. ورمی‌کمپوست حاصل یک فرآیند نیمه هوازی (حدود ۸۰٪ رطوبت) است که غالباً توسط گونه‌ای خاص از کرم‌ها بنام کرم حلقوی قرمز با نام علمی Esinia foetida انجام می‌گیرد (Mendoza-Hernandez et al,2014). این کرم‌ها ازنظر اندازه کوچک بوده و رنگ آن‌ها در تمام نقاط بدن یکسان است. آن‌ها روی مدفوع یا بقایای گیاهی سطحی زندگی می‌کنند. طول عمر این کرم‌ها کوتاه است، اما سرعت ترمیم و تولیدمثل در آن بالاست. آن‌ها همچنین قادر به تحمل شرایط نامناسب و نامساعد محیطی می‌باشند. این کرم‌ها تجزیه‌کنندگان زیستی خوبی بشمار آمده و قادرند عناصر غذایی مناسب را در خاک آزاد نمایند (Mahmoud and Ibrahim,2012). ورمی کمپوست مواد حاصل از بستر رشد کرم بوده که پس از دفع شدن از سیستم گوارش کرم در محیط باقی می‌ماند، لذا این ماده مجموعه‌ای از فضولات کرم به همراه مواد آلی تجزیه‌شده و نیز اجساد کرم‌ها بوده که برای گیاه، ارزش غذایی فراوانی دارد (Ibrahim et al,2015). مواد دفع شده توسط کرم‌ها، اغلب دارای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به میزان۱۱-۵ مرتبه بیشتر از خاک‌های بدون کرم می‌باشد (Lim et al,2015). در اثر عبور مواد آلی از دستگاه گوارش کرم، میزان عناصر قابل استفاده گیاه ازجمله عناصر میکرو افزایش چشمگیری می‌یابد (Chinsamy et al,2013). ورمی‌کمپوست می‌تواند در بهبود خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک تأثیر بسزایی داشته باشد (یوسف زاده،۱۳۹۰). این کود تقویت‌کننده ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بوده و علاوه بر وزن مخصوص کم، عاری از هرگونه بو، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، قارچ‌ها و علف‌های هرز می‌باشد. ورمی‌کمپوست علاوه بر قابلیت جذب و نگهداری رطوبت با حجم بالا، شرایط مناسب برای قدرت نگهداری عناصر غذایی موردنیاز گیاهان را فراهم می‌نماید (Singh et al,2013).

9- Eisentia Foetida

تاکنون پژوهش‌های متعددی در زمینه موضوع موردمطالعه صورت گرفته است ازجمله:
در پژوهشی که توسط ساناندا‌جی و همکاران[10] (۲۰۲۴) بر روی تأثیر کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست و کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر رشد، عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گوجه‌فرنگی در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد، نتایج حاکی از آن بود که استفاده از ورمی کمپوست موجب بهبود معنادار شاخص‌های رشدی مانند ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با تیمار بدون کاربرد ورمی کمپوست شد (ساناندا‌جی و همکاران،۲۰۲۴).
در پژوهشی که توسط محمدی و همکاران[11] (۲۰۲۲) بر روی گیاهان دارویی و بهبود عملکرد آن‌ها صورت گرفت، نتایج نشان داد کاربرد ور می کمپوست و سایر کودهای آلی علاوه بر بهبود عملکرد کمی می‌توانند کیفیت محصول را نیز از طریق افزایش و محتوای ترکیبات مفید مانند اسانس‌ها، فلاونوئیدها و آنتی اکسیدان‌ها را نیز بهبود دهند (محمدی و همکاران،۲۰۲۲).
در پژوهشی که توسط فیض‌آبادی و همکاران[12] (۲۰۲۱) بر روی ذرت صورت گرفت نشان داد که کاربرد کودهای آلی ازجمله ورمی کمپوست می‌تواند جایگزین مناسبی برای بخشی از کودهای شیمیایی باشد (فیض‌آبادی و همکاران،۲۰۲۱).
در پژوهشی که توسط حسین زاده و همکاران[13] (۲۰۱۶) بر روی کودهای آلی نظیر ورمی کمپوست صورت گرفت، نتایج نشان داد این امر سبب کاهش میزان پرولین تحت شرایط تنش کم‌آبی می‌شود. علت اثر مثبت ورمی‌کمپوست در کاهش میزان پرولین در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست را خاصیت برگشت‌پذیر جذب و دفع آب توسط ورمی‌کمپوست دانستند (حسین زاده و همکاران،۲۰۱۶).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال‌های زراعی ۱۴۰۲– ۱۴۰۱ و ۱۴۰۳– ۱۴۰۲ در منطقه کرج با موقعیت عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳‘ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا با متوسط بارندگی بلندمدت ۲۴۴ میلی‌متر که بیشترین میزان آن در آذرماه و کمترین آن به میزان یک میلی‌متر در مرداد و شهریور بود، انجام گرفته است. بر اساس منحنی‌های آمبروترمیک و آمارهای هواشناسی، منطقه موردنظر با داشتن ۱۸۰–۱۵۰ روز و گاهی تا ۲۰۰ روز خشکی جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید که در آن عامل آبیاری در کرت‌های اصلی و تیمارهای کودی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمار آبیاری در سه سطح شامل آبیاری تا حد ظرفیت زراعی (آبیاری مطلوب I_1)، مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل‌استفاده خاک در عمق توسعه ریشه و سپس آبیاری تا حد ظرفیت زراعی (کم آبیاری متوسط I_2) و مصرف ۵۵ درصد رطوبت قابل‌استفاده خاک در عمق توسعه ریشه و سپس آبیاری تا حد ظرفیت زراعی (کم آبیاری شدید I_3) و تیمار کودی شامل شش سطح: شاهد (عدم مصرف کود F1)، تأمین صد در صد نیاز کودی نیتروژن گیاه از طریق کود شیمیایی اوره (F_2) تأمین صد در صد نیاز کودی نیتروژن گیاه از طریق ۷۵٪ کود شیمیایی اوره+ ۲۵٪ کود ورمی‌کمپوست F3)، تأمین صد در صد نیاز کودی نیتروژن گیاه از طریق ۵۰٪ کود شیمیایی اوره+ ۵۰٪ کود ورمی کمپوست F4)، تأمین صد در صد نیاز کودی نیتروژن گیاه از طریق ۲۵٪ کود شیمیایی اوره+ ۷۵٪ کود ورمی‌کمپوست F5) و در نهایت تأمین صددرصد نیاز کودی نیتروژن گیاه از طریق کود ورمی کمپوست (F6) می‌باشد. مقدار نیتروژن و کود ورمی‌کمپوست مصرفی، با توجه به

10- Sanandaji et al
11 -Mohammadi et al
10 -Feizabadi et al
11- Hosseinzadeh et al

مقدار نیتروژن قابل‌دسترس در خاک و نیاز گیاه برای حصول به عملکرد مطلوب، محاسبه گردید. بدین‌صورت که کود نیتروژن دار (اوره) به‌صورت کامل بلافاصله پس از کشت به‌صورت محلول در آب بکار برده شد.

جدول(۱): داده‌های متوسط، حداقل، حداکثر دمای و میزان بارش استان البرز سال ۱۴۰۲

تغییرات دما و رطوبت ۱۴۰۲	حداقل دما (سانتی‌گراد)	حداکثر دما (سانتی‌گراد)	میانگین دما (سانتی‌گراد)	میزان بارندگی (میلی‌متر)
اسفند	۴/۷	۱۶/۵	۱۰/۶	۶۹/۲
فروردین	۷/۶	۲۰	۲۲/۹	۶۹/۲
اردیبهشت	۱۱/۶	۲۶/۶	۱۹/۱	۵/۸
خرداد	۱۶/۶	۳۲/۵	۲۴/۵	۴۰/۳
تیر	۱۸/۷	۳۵/۹	۲۷/۳	–
مرداد	۲۱/۳	۳۶/۶	۲۸/۹	۲/۶

جدول (۲): داده‌های متوسط، حداقل، حداکثر دمای و میزان بارش استان البرز سال۱۴۰۳

تغییرات دما و رطوبت ۱۴۰۳	Min. Temp. (C.)	Max. Temp. (C.)	Avg. Temp. (C.)	Rain full (mm)
اسفند	۱/۸	۱۱/۹	۶/۸	۴۸/۴
فروردین	۷/۳	۲۰/۹	۱۴/۱	۶۵/۲
اردیبهشت	۱۱/۶	۲۴/۸	۱۸/۲	۶۱/۶
خرداد	۱۷/۳	۳۳/۶	۲۵/۵	–
تیر	۱۹/۵	۳۶/۲	۲۷/۸	–
مرداد	۱۹/۸	۳۷/۲	۲۸/۵	–

ورمی کمپوست نیز قبل از کشت به خاک اضافه گردید. خصوصیات شیمیایی این مواد نیز مورد آزمایش قرار گرفت و میزان نیتروژن آن طبق رابطه ۱ محاسبه گردید.

(رابطه ۱):

مقدار N موردنیاز از کود آلی= وزن خشک کود آلی × درصد نیتروژن قابل‌دسترس × درصد نیتروژن کود

در این آزمایش نیاز کودی نیتروژن گیاه بادرشبو ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعیین گردید. همچنین میزان رطوبت موجود در کود نیز ۳۵ درصد محاسبه گردید که در مراحل محاسبه میزان کود موردنیاز، اعمال گردید. میزان آزادسازی نیتروژن از ماده آلی خاک نیز در هرسال ۵ درصد در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج آزمایش خاک، مزرعه تحقیقاتی موردنظر تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک حاوی ۰/۰۶ درصد ماده آلی و وزن مخصوص ظاهری ۱/۳ در نظر گرفته شد. همچنین کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این تحقیق دارای ۲/۲ درصد نیتروژن بود. با این مفروضات اقدام به محاسبه نیاز گیاه به کود نیتروژن و همچنین میزان کود ورمی‌کمپوست و کود اوره برای هرکدام از تیمارها نمودیم.

جدول (۳): میزان نیتروژن موجود در خاک

۱۴۴۰×۰/۳×۱۰۰۰۰=۴۳۲۰۰۰۰	کیلوگرم در هکتار وزن خاک مزرعه تحقیقاتی
/۱۰۰=۲۵۹۲	کیلوگرم در هکتار ماده آلی در خاک
۰/۰۵ ×۲۵۹۲=۱۲۹۶	کیلوگرم در هکتار میزان نیتروژن موجود در مواد آلی در خاک

۰/۰۵×۱۲۹۶ =۶۴۸	کیلوگرم در هکتار میزان نیتروژن آزادشده توسط مواد آلی در یک خاک یک سال

باقی نیاز کودی گیاه در قالب تیمارهای کودی به شرح زیر محاسبه و اعمال گردید. برای تیمار کودی ۱۰۰ ٪ کود ورمی-کمپوست:

جدول (٤): باقی نیاز کودی گیاه در قالب تیمارهای کودی

۱۰۰	۲/۲
X	۱۱۳/۵۲
X=۵۱۶۰ کیلوگرم	
۱۰۰	X
۳۵	۵۱۶۰
X= ۱۴۷۴۲ کیلوگرم در هکتار ورمی‌کمپوست با آزادسازی ۳۵ ٪ نیتروژن در سال اول	
۱۰۰	X
۶۵	۱۴۷۴۲ کیلوگرم
X=۲۲۶۸۱ کیلوگرم در هکتار کود ورمی‌کمپوست برای تیمار کودی ۱۰۰ ٪ کود ورمی‌کمپوست	
۱۰۰ درصد کود اوره	
X	۱۰۰
۱۱۳/۲۵	۴۶
X=۲۴۶ کیلوگرم در هکتار کود اوره برای تیمار کودی ۱۰۰ درصد	

برای محاسبه میزان هر در صد از کودهای اعمال شده، از نسبت مقادیر کامل آن‌ها (۱۰۰ ٪) استفاده شد.

F_3: ۷۵ ٪ کود اوره+۲۵ ٪ ورمی‌کمپوست= ۱۸۴/۵ کیلوگرم در هکتار اوره+ ۵۶۷۰ کیلوگرم در هکتار ورمی‌کمپوست؛

F_4: ۵۰ ٪ کود اوره+۵۰ ٪ ورمی‌کمپوست= ۱۲۳ کیلوگرم در هکتار اوره+ ۱۱۳۴۰ کیلوگرم در هکتار ورمی‌کمپوست؛

F_5: ۲۵ ٪ کود اوره+ ۷۵ ٪ ورمی‌کمپوست= ۶۱/۵ کیلوگرم در هکتار اوره+ ۱۷۰۱۰ کیلوگرم در هکتار ورمی‌کمپوست.

مراحل آماده‌سازی زمین با اجرای عملیات شخم، دیسک‌زنی برای خرد کردن کلوخه‌ها، تسطیح و ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر برای کشت بادرشبو آغاز شد به‌منظور اعمال صحیح تیمارها، پس از تعیین ابعاد هر کرت، تیمارها به‌طور تصادفی به واحدهای آزمایشی منتسب گردید. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از نوارهای آبیاری انجام گردید. هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به فاصله ۳۵ سانتی‌متر (عرض ۲۱۰ سانتی‌متر) و به طول چهار متر بود و فاصله‌ای حدود ۱۵ سانتیمتر بین هر بوته لحاظ گردید. سپس بر اساس نقشه مزرعه کود ورمی‌کمپوست، به‌وسیله کارگر با خاک هر کرت به‌طور کامل مخلوط شد. پس از اعمال تیمارهای حاصلخیزی خاک، ریزوم‌های بادرشبو در اواخر فرودین ماه کشت شد. به‌منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای آزمایشی و سایر مراحل اجرای آزمایش فاصله‌ای به‌اندازه ۱/۵ متر بین بلوک‌ها و ۰/۷۵ متر بین کرت‌ها، لحاظ گردید. مبارزه با علف‌های هرز به‌وسیله وجین کار دستی انجام گرفت. در سال دوم نیز با حفظ الگوی طرح سال اول، کشت ادامه داشت و اقدام به کشت مجدد بوته نمودیم.

جدول (۵): نقشه طرح پژوهش

Rep.1	I1						I3						I2					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F5	F3	F2	F1	F4	F6	F2	F5	F3	F6	F4	F1
Rep.2	I3						I2						I1					
	F2	F1	F4	F3	F6	F5	F4	F6	F1	F2	F3	F5	F3	F4	F1	F5	F6	F2
Rep.3	I2						I1						I3					
	F4	F3	F1	F2	F6	F5	F6	F2	F3	F4	F1	F5	F4	F2	F5	F1	F6	F3

برای محاسبه میزان آب آبیاری

در ابتدا میزان تخلیه آب قابل‌استفاده از طریق زیر محاسبه می‌شود:

- ۱۰/۷۸=۱۶-۶/۷۸ آب قابل‌دسترس

به‌منظور تعیین زمان آبیاری از روش Behera and Panda (2009) و Mokhtassi-Bidgoli *et al*. (2013) استفاده گردید. در این روش، برنامه زمان‌بندی آبیاری بر اساس درصد تخلیه آب قابل‌دسترس خاک در منطقه‌ی ریشه استفاده می‌شود. آب قابل‌دسترس خاک، عبارت از مقدار آب موجود در ناحیه ریشه که بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است. برای ارزیابی آب قابل‌دسترس خاک، عمق مدیریت آبیاری برای گیاه بادرشبو حدود ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، بدون این‌که به مرحله رشدی توجه شود. به‌منظور ارزیابی تغییرات وضعیت آب، خاک، رطوبت خاک در لایه‌های ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نیم‌رخ خاک اندازه‌گیری گردید. مقدار آب خاک با استفاده از TDR در عمق‌های ذکرشده تعیین شد. برای این منظور در مرکز ۳ کرت آزمایشی (برای هر تکرار) فاقد علف هرز، یک لوله دسترسی از جنس PVC قرار داده شد. قبل از شروع آزمایش از منحنی‌های کالیبراسیون برای تعیین رابطه بین مقدار عددی ارائه‌شده توسط دستگاه‌های ذکرشده و مقدار حجمی رطوبت خاک استفاده شد. همچنین برای تعیین و کنترل مقدار آب آبیاری از لوله‌های مجهز به کنتور استفاده گردید. برای آبیاری مزرعه از تیپ‌های ۱۰ سانتی‌متری استفاده شد، به این شکل که فاصله هر نازل با نازل بعدی ۱۰ سانتی‌متر فاصله داشت. درصورتی‌که فشار آب ثابت فرض شود، هر نازل در هر ساعت ۱/۲ لیتر آب در اختیار گیاه قرار می‌دهد؛ بنابراین با احتساب تعداد نازل در هر کرت (۳ مترمربع) می‌توان میزان طول مدت‌زمان آبیاری برای هر کرت و هر رژیم آبیاری را مشخص کرد تا زمین دوباره به شرایط ظرفیت مزرعه برگردد.

یافته‌های پژوهش

نتایج تحقیقات مزرعه‌ای

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از جدول (۶) تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری و اثر ساده کود بر روی ارتفاع گیاه در سطح یک درصد دانکن معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آبیاری در کود بر روی ارتفاع گیاه معنی‌دار نگردید. همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول۶) مشاهده می‌گردد که بالاترین ارتفاع گیاه در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح آبیاری مطلوب بود.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۷) مشاهده می‌گردد که بالاترین ارتفاع گیاه در هر دو سال آزمایش مربوط به کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن با سطوح دیگر

کاربرد ورمی کمپوست تحت همین شرایط ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود، اما با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.

تعداد شاخه فرعی

نتایج حاصل از (جدول۶) تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری و اثر ساده کود بر روی تعداد شاخه فرعی در سطح یک درصد دانکن معنی‌دار بود؛ اما اثر متقابل آبیاری در کود بر روی آن معنی‌دار نگردید.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول۶) مشاهده می‌گردد که بالاترین تعداد شاخه فرعی در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح آبیاری مطلوب بود. با افزایش میزان تنش از تعداد شاخه فرعی هم کاهش یافت. به نظر می‌رسد که تنش کم‌آبی به علت تأثیر منفی بر رشد و گسترش شاخه‌های جانبی، تعداد کل شاخه‌های جانبی را کاهش داده است. بدین ترتیب، کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط کم‌آبی احتمالاً به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری برای گیاه بادرشبو در نظر گرفته شده است.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول۶) مشاهده می‌گردد که بالاترین تعداد شاخه فرعی در هر گیاه در هر دو سال آزمایش مربوط به کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود و اختلاف آن با سایر سطوح مصرف ورمی کمپوست به همراه کود اوره و همچنین با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.

افزایش کود ورمی کمپوست با افزایش فعالیت میکروبی خاک سبب معدنی شدن و افزایش قابلیت دسترسی نیتروژن می‌گردد. فراهمی نیتروژن با تأثیر بر طول ساقه و جوانه انتهایی توانست با تأثیر بر جوانه‌های جانبی تعداد شاخه‌های جانبی گیاه را افزایش دهد.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل (جدول ۴-۴) مشاهده می‌گردد که تفاوتی بین سطوح مختلف کود تحت تیمارهای مختلف آبیاری وجود نداشته و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند.

تعداد شاخه گل دهنده

نتایج حاصل از جدول (۶) تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری و اثر ساده کود بر روی تعداد شاخه گل دهنده در سطح یک درصد دانکن معنی‌دار بود؛ اما اثر متقابل آبیاری در کود بر روی آن معنی‌دار نگردید.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۷) مشاهده می‌گردد که بالاترین تعداد شاخه گل دهنده در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح آبیاری مطلوب بود.

با توجه به کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در تنش خشکی کاهش تعداد شاخه‌های گل دهنده در اثر اعمال تنش خشکی منطقی به نظر می‌رسد. از طرف دیگر، تنش کم‌آبی در مرحله گلدهی یکی از دلایل مهم کاهش تعداد شاخه گل دهنده در گیاه بود.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۷) مشاهده می‌گردد که بالاترین تعداد شاخه گل دهنده در هر گیاه در هر دو سال آزمایش مربوط به کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود هرچند که اختلاف آن با سطح کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۵۰ درصد ورمی کمپوست ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود اما اختلاف آن با سایر سطوح مصرف ورمی کمپوست به همراه کود اوره و همچنین با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.

نقش نیتروژن در افزایش تعداد شاخه گل دهنده قابل توجه است. در گیاه بادرشبو به دلیل بالا بودن میزان اسانس در گل‌ها نسبت به سایر قسمت‌های گیاه، تعداد گل‌ها در افزایش درصد و عملکرد اسانس دارای اهمیت می‌باشد.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل (جدول ۴-۴) مشاهده می‌گردد که در هر دو سال آزمایش تحت شرایط آبیاری مطلوب بالاترین تعداد شاخه گل دهنده مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد

ورمی کمپوست بود هرچند که تفاوت آن با سطوح دیگر کاربرد ورمی کمپوست تحت همین شرایط ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود اما با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.
در شرایط آبیاری متوسط نیز (جدول ۴-۴) بالاترین تعداد شاخه گل دهنده در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود هرچند که تفاوت آن با سطوح دیگر کاربرد ورمی کمپوست تحت همین شرایط ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود اما با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.
تحت شرایط تنش شدید نیز (جدول ۴-۴) بالاترین تعداد شاخه گل دهنده در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود هرچند که تفاوت آن با سطوح دیگر کاربرد ورمی کمپوست تحت همین شرایط ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود اما با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.

وزن خشک

نتایج حاصل از جدول (۶) تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری و اثر ساده کود بر روی وزن خشک در سطح یک درصد دانکن معنی‌دار بود؛ اما اثر متقابل آبیاری در کود بر روی آن معنی‌دار نگردید.
همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۷) مشاهده می‌گردد که بالاترین وزن خشک گیاه در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح آبیاری مطلوب بود. تنش کم‌آبی سبب کاهش عملکرد خشک گیاه شد. همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۷) مشاهده می‌گردد که بالاترین وزن خشک گیاه در هر دو سال آزمایش مربوط به کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که اختلاف آن با سطح کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۵۰ درصد ورمی کمپوست و همچنین سطح کاربرد ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود، اما اختلاف آن با سطح کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۲۵ درصد ورمی کمپوست و همچنین با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.
همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل (جدول ۹) مشاهده می‌گردد که در هر دو سال آزمایش تحت شرایط آبیاری مطلوب، آبیاری متوسط و همچنین تنش شدید بالاترین وزن خشک گیاه مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود و اختلاف آن ازلحاظ آماری با سطح عدم مصرف کود در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید، اما تفاوت آن با سایر سطوح دیگر کاربرد ورمی کمپوست تحت همین شرایط معنی‌دار نگردید. در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش‌یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود.

عملکرد دانه

نتایج حاصل از جدول (۶) تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری و اثر ساده کود بر روی عملکرد دانه در سطح یک درصد دانکن معنی‌دار بود؛ اما اثر متقابل آبیاری در کود بر روی آن معنی‌دار نگردید.
همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۷) مشاهده می‌گردد که بالاترین عملکرد دانه در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح آبیاری مطلوب بود. کاهش شدید عملکرد در شرایط اعمال تنش کم‌آبی را می‌توان به تأثیر منفی تنش بر رشد رویشی و به‌ویژه اجزای عملکرد مربوط دانست، زیرا بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های گیاهی در شرایط کمبود آب، می‌تواند قابلیت رشدی، فتوسنتزی و درنهایت عملکرد را کاهش دهد.
همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۸) مشاهده می‌گردد که بالاترین عملکرد دانه در هر دو سال آزمایش مربوط به کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود هرچند که اختلاف آن با سطح کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۵۰ درصد ورمی کمپوست و همچنین سطح کاربرد ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست

ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود، اما اختلاف آن با سطح کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۲۵ درصد ورمی کمپوست و همچنین با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.
همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل (جدول ۹) مشاهده می‌گردد که در سال اول آزمایش تحت شرایط آبیاری مطلوب بالاترین عملکرد دانه مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن ازلحاظ آماری با سطوح دیگر کاربرد ورمی کمپوست تحت همین شرایط معنی‌دار نبود، اما با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید. در سال دوم از آزمایش نیز تحت شرایط آبیاری مطلوب بالاترین عملکرد دانه مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن ازلحاظ آماری با سطوح ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست و ۵۰ درصد اوره به همراه ۵۰ درصد ورمی کمپوست معنی‌دار نگردید، اما با سطوح عدم مصرف کود، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره و ۷۵ درصد اوره به همراه ۲۵ درصد ورمی کمپوست در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.
در شرایط آبیاری متوسط نیز (جدول ۸) مشاهده می‌گردد که در سال اول آزمایش بالاترین عملکرد دانه مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن با سطوح دیگر کاربرد ورمی کمپوست تحت همین شرایط ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود، اما با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره ازلحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید. در سال دوم از آزمایش نیز تحت شرایط آبیاری متوسط بالاترین عملکرد دانه مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن ازلحاظ آماری با سطوح ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست و ۵۰ درصد اوره + ۵۰ درصد ورمی کمپوست ازلحاظ آماری معنی‌دار نگردید، اما با سطوح عدم مصرف کود، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره و ۷۵ درصد اوره + ۲۵ درصد ورمی کمپوست در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.
تحت شرایط تنش شدید نیز (جدول ۹) مشاهده می‌گردد که در سال اول آزمایش بالاترین عملکرد دانه مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن ازلحاظ آماری با سطوح دیگر کاربرد ورمی کمپوست تحت همین شرایط معنی‌دار نبود، اما با سطح عدم مصرف کود و سطح ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی اوره در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید. در سال دوم از آزمایش نیز تحت شرایط تنش شدید بالاترین عملکرد دانه مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن ازلحاظ آماری با سطوح ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست و ۵۰ درصد اوره به همراه ۵۰ درصد ورمی کمپوست معنی‌دار نگردید، اما با سطوح عدم مصرف کود، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره و ۷۵ درصد اوره به همراه ۲۵ درصد ورمی کمپوست در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.
علت افزایش عملکرد در حضور ورمی کمپوست باوجود افزایش تنش را می‌توان این‌گونه توجیه نمود، تحت شرایط تنش شدید، ورمی کمپوست سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک شده و گیاه نیز از همان رطوبت استفاده می‌کند.

درصد اسانس

نتایج حاصل از جدول (۶) تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری و اثر ساده کود بر روی درصد اسانس در سطح یک درصد دانکن معنی‌دار بود؛ اما اثر متقابل آبیاری در کود بر روی آن معنی‌دار نگردید. همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۸) مشاهده می‌گردد که بالاترین درصد اسانس در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح آبیاری متوسط بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده بیشترین درصد اسانس در سطح تنش متوسط مشاهده شد.
همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۸) مشاهده می‌گردد که بالاترین درصد اسانس در هر دو سال آزمایش مربوط به کاربرد ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست بود و اختلاف آن با تیمار شاهد و همچنین سایر تیمارهای کاربرد کود در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.
همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل (جدول۱۰) مشاهده می‌گردد که در هر دو سال آزمایش تحت شرایط آبیاری مطلوب بالاترین درصد اسانس مربوط به سطح کاربرد ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن

ازلحاظ آماری با سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود، اما با تیمار شاهد و همچنین سایر سطوح دیگر کاربرد اوره و ورمی کمپوست در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.

در شرایط آبیاری متوسط نیز (جدول۱۰) مشاهده می‌گردد که در هر دو سال آزمایش بالاترین درصد اسانس مربوط به سطح کاربرد ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن ازلحاظ آماری با سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود، اما با تیمار شاهد و همچنین سایر سطوح دیگر کاربرد اوره و ورمی کمپوست ازلحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید.

در شرایط تنش شدید نیز (جدول۱۰) مشاهده می‌گردد که در هر دو سال آزمایش بالاترین درصد اسانس مربوط به سطح کاربرد ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن ازلحاظ آماری با سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود، اما با تیمار شاهد و همچنین سایر سطوح دیگر کاربرد اوره و ورمی کمپوست ازلحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید. کاربرد ورمی کمپوست در تیمارهای کودی به دلیل فراهم‌سازی عناصر میکرو و ماکرو، بهبود شرایط خاک، ترشح و تولید هورمون‌ها (اکسین، جیبرلین و سیتوکینین)، تثبیت نیتروژن و درصد اسانس را افزایش داده است.

عملکرد اسانس

نتایج حاصل از جدول (۶) تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری و اثر ساده کود بر روی عملکرد اسانس در سطح یک درصد دانکن معنی‌دار بود؛ اما اثر متقابل آبیاری در کود بر روی آن معنی‌دار نگردید.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۱۰) مشاهده می‌گردد که بالاترین عملکرد اسانس در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح آبیاری مطلوب بود.

ازآنجاکه عملکرد اسانس از حاصل ضرب عملکرد خشک شاخساره و درصد اسانس می‌باشد، کاهش عملکرد اسانس در تیمار تنش شدید مربوط به کاهش شدید عملکرد این تیمار می‌باشد. عملکرد اسانس بالا در تیمار آبیاری مطلوب نسبت به شرایط تنش متوسط و تنش شدید را می‌توان به افزایش قابل‌تأمل عملکرد این تیمار نسبت داد، نتایج تحقیق حاضر نشان که با تشدید کم‌آبی، عملکرد اسانس کاهش می‌یابد.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی (جدول ۸) مشاهده می‌گردد که بالاترین عملکرد اسانس در هر دو سال آزمایش مربوط به کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود. هرچند که تفاوت آن ازلحاظ آماری با سطوح ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست و ۵۰ درصد اوره به همراه ۵۰ درصد ورمی کمپوست معنی‌دار نگردید، اما با سطوح عدم مصرف کود، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره و ۷۵ درصد اوره به همراه ۲۵ درصد ورمی کمپوست در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید. به نظر می‌رسد در تیمارهای تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی، به دلیل تأمین عناصر غذایی میکرو و ماکرو در خاک، افزایش کربن آلی، افزایش پویایی در ریزوسفر، تسریع فعالیت‌های آنزیمی در گیاه درنهایت باعث افزایش عملکرد شده است.

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل (جدول ۱۰) مشاهده می‌گردد که در هر دو سال آزمایش تحت شرایط آبیاری مطلوب، آبیاری متوسط و همچنین تنش شدید بالاترین عملکرد اسانس مربوط به سطح کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی اوره به همراه ۷۵ درصد ورمی کمپوست بود و اختلاف آن ازلحاظ آماری با سطح عدم مصرف کود در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار گردید، اما تفاوت آن با سایر سطوح دیگر کاربرد اوره و ورمی کمپوست تحت همین شرایط معنی‌دار نگردید. ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن اثر مثبت بر شرایط خاکی سبب افزایش اسانس گیاه در هر سه تیمار آبیاری شد.

جدول(٦): تجزیه واریانس برای صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در فرعی ، تعداد شاخه گل دهنده، وزن خشک، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد شاخه گل دهنده	وزن خشک	عملکرد دانه	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	2	1.045ns	0.0889ns	0.103ns	267.81ns	0.557ns	0.000009ns	0.138ns
سال	1	158.05ns	25.43*	26.14*	441625.91ns	97630.67ns	0.001*	3.78ns
خطای سال (تکرار ×سال)	2	1.025	0.001	0.0007	164.97	0.001	0.000002	0.009
آبیاری	2	16360.79**	323.17**	705.43**	14417448.77**	4298228.60**	0.07**	204.66**
خطای اصلی	4	0.054	0.001	0.005	15.99	0.035	0.0000001	0.009
کود	5	457.17**	121.21**	100.48**	933212.73**	522713.04**	0.022**	28.66**
آبیاری × کود	10	23.12ns	2.22ns	5.06ns	55732.95ns	34039.19ns	0.0001ns	1.88ns
کود (سال)	5	329.29**	0.670ns	0.187ns	1381.74ns	770.77ns	0.000004ns	0.028ns
آبیاری (سال)	2	7.96ns	0.589ns	1.311ns	26371.59ns	6352.56ns	0.000008ns	0.244ns
آبیاری × کود (سال)	10	16.65ns	0.022ns	0.009ns	82.57ns	50.33ns	0.0000003	0.001
خطای فرعی	64	98.84	4.66	3.96	122319.75	30591.95	0.0002	2.38
خطای کل	107							
ضریب تغییرات		18.16	17.09	17.49	23.39	22.37	4.84	28.87

* ، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح پنج، یک درصد و فاقد اختلاف معنی‌دار

جدول (۷): مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی آبیاری و کود بر روی ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی ، تعداد شاخه گل دهنده و وزن خشک

	ارتفاع بوته ۱۴۰۲ (cm)	ارتفاع بوته ۱۴۰۳ (cm)	تعداد شاخه فرعی ۱۴۰۲	تعداد شاخه فرعی ۱۴۰۳	تعداد شاخه گل دهنده ۱۴۰۲	تعداد شاخه گل دهنده ۱۴۰۳	وزن خشک ۱۴۰۲ ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک ۱۴۰۳ ($kg.ha^{-1}$)
آبیاری								
آبیاری مطلوب	76.10a	79.54a	15.11a	16.35a	15.33a	16.71a	2074.12a	2259.4a
کم آبیاری متوسط	49.46b	51.70b	11.93b	12.87b	10.42b	11.36b	1348.18b	1468.6b
کم آبیاری شدید	35.00c	36.59c	9.39c	10.12c	6.89c	7.52c	871.13c	948.9c
کود								
عدم مصرف کود	46.03c	55.10bc	8.63e	9.32e	7.27d	7.93e	1114.0d	1218.5c
۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره	51.09bc	46.13c	10.23de	11.26de	9.57c	10.44d	1272.6cd	1387.2bc
۷۵ درصد کود شیمیایی اوره + ۲۵ درصد ورمی کمپوست	53.04abc	63.49ab	11.89cd	12.23cd	10.73bc	11.70cd	1393.0bcd	1518.4abc
۵۰ درصد کود شیمیایی اوره + ۵۰ درصد ورمی کمپوست	56.34ab	67.44a	13.78b	15.06ab	12.53ab	13.66ab	1588.9ab	1724.7ab
۲۵ درصد کود شیمیایی اوره + ۷۵ درصد ورمی کمپوست	59.46a	53.69bc	15.53a	16.85a	13.64a	14.88a	1719.8a	1874.6a
۱۰۰ درصد ورمی کمپوست	55.17ab	49.81c	12.80bc	13.97bc	11.54b	12.58bc	1498.5abc	1630.9ab

میانگین‌های هر سال داده شده در ستون هر بخش که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوتشان از لحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی دار نیست.

جدول (۸): مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی آبیاری و کود بر روی عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس

	عملکرد دانه ۱۴۰۲ ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ۱۴۰۳ (kg.ha-1)	درصد اسانس ۱۴۰۲ (%)	درصد اسانس ۱۴۰۳ (%)	عملکرد اسانس ۱۴۰۲ (kg.ha-1)	عملکرد اسانس ۱۴۰۳ ($kg.ha^{-1}$)
آبیاری						
آبیاری مطلوب	1111.01a	1199.8a	0.346b	0.340b	7.30a	7.83a
کم آبیاری متوسط	688.83b	743.9b	0.398a	0.390a	5.45b	5.84b
کم آبیاری شدید	455.52c	491.9c	0.308c	0.302c	2.72c	2.92c
کود						
عدم مصرف کود	553.32d	597.5d	0.299d	0.294d	3.39d	3.66c
۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره	623.88cd	673.8d	0.327c	0.320c	4.22cd	4.53c
۷۵ درصد کود شیمیایی اوره + ۲۵ درصد ورمی کمپوست	694.03bcd	749.5cd	0.339c	0.332c	4.80bc	5.15bc
۵۰ درصد کود شیمیایی اوره + ۵۰ درصد ورمی کمپوست	784.44bc	847.2bc	0.363b	0.357b	5.86ab	6.28ab
۲۵ درصد کود شیمیایی اوره + ۷۵ درصد ورمی کمپوست	1006.08a	1086.5a	0.375b	0.368b	6.57ab	7.04a
۱۰۰ درصد ورمی کمپوست	848.96ab	916.8ab	0.400a	0.392a	6.09a	6.52ab

میانگین‌های هر سال داده شده در ستون هر بخش که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوتشان از لحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی دار نیست.

جدول (۹): مقایسه میانگین‌های اثرات مقابل آبیاری و کود بر روی ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی ، تعداد شاخه گل دهنده و وزن خشک

وزن خشک ۱۴۰۳ ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک ۱۴۰۲ ($kg.ha^{-1}$)	تعداد شاخه گل دهنده ۱۴۰۳	تعداد شاخه گل دهنده ۱۴۰۲	تعداد شاخه فرعی ۱۴۰۳	تعداد شاخه فرعی ۱۴۰۲	ارتفاع بوته ۱۴۰۳ (cm)	ارتفاع بوته ۱۴۰۲ (cm)		
									آبیاری
1766.0b	1614.5b	11.17d	10.25c	11.64c	10.77a	78.34ab	65.45a	F1	
2010.4ab	1844.4ab	14.71cd	13.48bc	14.05bc	12.69cd	65.58b	72.64a	F2	
2200.6ab	2018.9ab	16.48bc	15.12abc	15.25bc	14.82bcd	90.27ab	75.41a	F3	I_1
2499.5ab	2302.8ab	19.24ab	17.65ab	18.79ab	17.07ab	95.89a	80.12a	F4	
2716.8a	2492.4a	20.96a	19.22a	21.01a	19.32a	76.33ab	84.54a	F5	
2363.6ab	2171.8ab	17.72abc	16.25ab	17.39ab	16.01abc	70.83ab	78.44a	F6	
1147.9b	1049.4b	7.59d	6.96c	9.19c	8.50d	50.92ab	42.55a	F1	
1306.8ab	1198.8ab	9.99cd	9.17bc	11.03bc	10.00cd	42.63b	47.21a	F2	
1430.4ab	1312.3ab	11.21bc	10.28abc	11.99bc	11.68bcd	58.67ab	49.02a	F3	I_2
1624.7ab	1496.8ab	13.09ab	12.00ab	14.77ab	13.60ab	62.33a	52.07a	F4	
1765.9a	1620.1a	14.25a	13.07a	16.53a	15.29a	49.62ab	54.95a	F5	
1536.3ab	1411.6ab	12.04abc	11.05ab	13.74ab	12.55abc	46.04ab	50.99a	F6	
741.71b	678.08b	5.02d	4.60c	7.14c	6.63d	36.02ab	30.10a	F1	
844.37ab	774.65ab	6.63cd	6.07bc	8.71bc	8.00cd	30.17b	33.41a	F2	
924.24ab	847.93ab	7.42bc	6.80abc	9.45bc	9.18bcd	41.53ab	34.69a	F3	I_3
1049.79ab	967.17ab	8.65ab	7.94ab	11.63ab	10.68ab	44.11a	36.85a	F4	
1141.04a	1046.83a	9.43a	8.65a	13.02a	11.99a	35.11ab	38.89a	F5	
992.71ab	912.14ab	7.97abc	7.31ab	10.78ab	9.86abc	32.58ab	36.08a	F6	

میانگین‌های هرسال داده‌شده در ستون هر بخش که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوتشان ازلحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی دار نیست.

جدول (۱۰): مقایسه میانگین‌های اثرات مقابل آبیاری و کود بر روی عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس

عملکرد اسانس ۱۴۰۳ ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد اسانس ۱۴۰۲ (kg.ha-1)	درصد اسانس ۱۴۰۳ (%)	درصد اسانس ۱۴۰۲ (%)	عملکرد دانه ۱۴۰۳ (kg.ha-1)	عملکرد دانه ۱۴۰۲ (kg.ha-1)		
							آبیاری
5.19b	4.80b	0.291e	0.296e	883.14c	817.72b	F1	
6.41ab	5.98ab	0.316de	0.323de	995.74bc	921.98b	F2	
7.28ab	6.80ab	0.328cd	0.335cd	1107.69bc	1025.67ab	F3	I1
8.89ab	8.30a	0.352bc	0.358bc	1252.02abc	1159.28ab	F4	
9.97a	9.29a	0.364ab	0.371ab	1605.72a	1486.83a	F5	
9.22a	8.62a	0.387a	0.395a	1354.92ab	1254.62ab	F6	
3.87b	3.58b	0.334e	0.340e	547.54c	506.98b	F1	
4.79ab	4.47ab	0.363de	0.371de	617.35bc	571.62b	F2	
5.45ab	5.08ab	0.377cd	0.385cd	686.76bc	635.91ab	F3	I2
6.63ab	6.19a	0.405bc	0.412bc	776.25abc	718.75ab	F4	
7.42a	6.94a	0.417ab	0.426ab	995.55a	921.83a	F5	
6.89a	6.44a	0.445a	0.455a	840.04ab	777.86ab	F6	
1.93b	1.79b	0.257e	0.263e	362.08c	335.26b	F1	
2.39ab	2.23ab	0.281de	0.287de	408.37bc	378.04b	F2	
2.73ab	2.54ab	0.292cd	0.298cd	454.15bc	420.52ab	F3	I3
3.32ab	3.10a	0.313bc	0.319bc	513.33abc	475.30ab	F4	
3.74a	3.47a	0.324ab	0.351a	658.33a	609.59a	F5	
3.44a	3.21a	0.343a	0.330ab	555.51ab	514.39ab	F6	

میانگین‌های هر سال داده شده در ستون هر بخش که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوتشان ازلحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی دار نیست.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقادیر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد شاخه گل دهنده، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، عملکرد اسانس، کلرفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل، پروتئین‌های محلول برگ، میزان فتوسنتز، درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم تحت تأثیر تنش کم‌آبی کاهش یافتند، ولی صفات کارتنوئید، پرولین، قندهای محلول، فنول‌های کل، کاتالاز، سوپراکسید دسیموتاز و مالون‌دی‌آلدئید کاملاً و یا تا حدودی افزایش یافتند. این در حالی بود که درصد اسانس گیاه در تنش متوسط افزایش یافت، اما در تنش شدید کاهش چشمگیری داشت.

کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست در شرایط تنش و عدم تنش کم‌آبی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه داروئی بادرشبو گردید. بطوریکه در اکثر صفات، جایگزینی کود ورمی‌کمپوست با کود اوره باعث افزایش (معنی‌دار و یا غیر معنی‌دار) صفات رشدی و عملکرد در مقایسه با عدم مصرف کود و یا ۱۰۰ درصد کود اوره بود. می‌توان گفت که ورمی‌کمپوست با افزایش نگهداری رطوبت خاک در طول دوره رشد گیاه و همچنین جلوگیری از شستشوی عناصر غذایی به خصوص نیتروژن خاک و افزایش فراهمی جذب آب و مواد غذایی، منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. اعمال تنش کم‌آبی منجر به کاهش رشد صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مرتبط با عملکرد شد، اما در مقابل کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش این صفات شد.

کاهش مقادیر صفات مورفولوژیک و عملکرد خشک اندام هوایی تحت شرایط تنش را می‌توان به تأثیر تنش کم‌آبی در تخریب رنگ‌دانه‌های کلروفیل، بسته شدن روزنه‌ها و احتمالاً کاهش فشار تورژسانس سلول گیاهی در شرایط کمبود آب از طریق کاهش سطح برگ، کاهش جذب انرژی نورانی، کاهش جذب عناصر و احتمالاً کوتاه شدن طول دوره رشد گیاه مرتبط دانست. به نظر می‌رسد که تنش کم‌آبی با افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن سبب پراکسیداسیون و تجزیه رنگیزه‌ها می‌گردد. افزایش میزان تولید پرولین و هیدرات‌های کربن محلول با افزایش تنش کم‌آبی که جزء مکانیسم‌های مقاومت در سلول است، سبب تنظیم اسمزی در سلول‌های تحت تنش می‌شود. با توجه به نتایج آزمایش، بیشترین درصد اسانس در سطح تنش متوسط به دست آمد. در بین اکثر صفات موردبررسی، بین سطوح کودی حاوی ورمی‌کمپوست تفاوت آماری مشاهده نشد. اگرچه تیمارهای ۵۰٪ اوره + ۵۰٪ ورمی‌کمپوست، ۲۵٪ اوره + ۷۵٪ ورمی‌کمپوست و ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست بیشترین مقادیر را دارا بودند. سه تیمار فوق در شرایط آبی مطلوب و تنش متوسط کم‌آبی، باعث بهبود صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک شدند. این‌گونه می‌توان استنباط نمود که در شرایط تنش کم‌آبی، رطوبت به‌اندازه‌ای وجود ندارد که باعث دسترسی عناصر موردنیاز گیاه شود؛ بنابراین در شرایط کم‌آبی از میزان کارایی کود ورمی‌کمپوست و اوره نیز کاسته می‌شود. این نکته خود به‌تنهایی حاکی از آن است که در شرایط کم‌آبی، استفاده از کودهای شیمیایی توجیه اقتصادی نداشته و در برخی موارد باعث صدمه زدن به گیاه می‌گردد.

درمجموع، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در مورد سطوح مختلف کودی، اثرات مفید کاربرد یکجا (مستمر و بلندمدت) و یا تلفیقی ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک سیستم تغذیه‌ای جایگزین و ارگانیک در تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه بادرشبو و درنتیجه افزایش عملکرد و میزان اسانس قابل‌توجه است. علاوه بر این، سیستم‌های تغذیه‌ای جایگزین می‌تواند در مقایسه با سیستم‌های کشاورزی متداول ازنقطه‌نظر زیست‌محیطی و کشاورزی پایدار حائز اهمیت باشند. همچنین نتایج بیانگر این نکته است که استفاده از کودهای آلی در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند تا حدودی از اثرات مخرب تنش بکاهد. از سویی دیگر نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ورمی کمپوست می‌تواند جایگزین کودهای اوره در تیمارهای کودی گردند و با افزایش میزان سهم ورمی کمپوست در تیمارهای کودی از سهم کود شیمیایی اوره کاسته گردد، بدون آنکه سبب کاهش بیوماس گیاه گردند. این امر از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی حائز اهمیت است. کاربرد ورمی کمپوست می‌تواند به بهبود کیفیت خاک‌های ضعیف کمک کند؛ بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، برای رسیدن به یک عملکرد مناسب و مطلوب در بادرشبو، وجود یک تنش متوسط و ملایم و استفاده از کود ورمی‌کمپوست توصیه می‌شود.

منابع

۱) امید بیگی، رضا. (۱۳۷۶).رهیافت‌های تولید و فراوری گیاهان دارویی،جلد دوم، انتشارات طراحان نشر.

۲) احسانی، علی، علیزاده، عمر، هاشمی، محمد، محمدی، شادیه، خلیلی، سرور.(۱۳۹۴).مقایسه اثرات ضد باکتریایی اسانس گیاهان بادرنجبویه (Melissa officinalis) و بادرشبو (Dracocephalum moldavica) علیه برخی باکتری‌های بیماری‌زای مواد غذایی در شرایط آزمایشگاهی، مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد.

۳) آقائی جوبنی ک.، برزلی م.، جعفریان و شکاری ف. (۱۳۹۶). برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه ترخون به تنش کم‌آبی، مجله فرآیند و کارکرد گیاهی،۶ (۱۹) :۱۵-۲۴.

۴) حضرتی یادکوری، س.(۱۳۹۴). ارزیابی شدت نور و تنش کم‌آبی با کاربرد زئولیت بر فرایندهای فیزیولوژیک و فیتوشیمیایی گیاه زرد (Aloe vera L.) رساله دکتری زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.

۵) صالحی، ا. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر کودهای زیستی، ورمی کمپوست و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی در راستای دستیابی به یک سیستم کشاورزی پایدار،رساله دکتری زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.

۶) گرگینی شبانکاره، ح.، فاخری، ب.، محمد پور وشوایی، ر.(۱۳۹۶). اثرکود زیستی بر رشد، عملکرد دانه و اسانس رازیانه (Foeniculum vulgare Mill.) تحت تنش خشکی، فصلنامه بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۱):۵۰-۶۲.

۷) مقیمی بنادکوهی، ع.، دهستانی اردکانی، م.، شیرمردی، م و ع.، مومن پور. (۱۳۹۹). اثر کود دامی و ورمی کمپوست بر کاهش اثر تنش شوری در درخت پر(Cotinus coggygria Scop.)، مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۹ (۳۵) : ۱۷۹ -۱۹۲.

۸) نظری دلجو، م. ج.، اله وردی، ن. (۱۳۹۳). بهبود خصوصیات رشد، عملکرد و کیفیت بعد از برداشت بابونه (Calendula officinalis Cv. crysantha) به‌وسیله کاربرد شاخ و برگ اسید هیومیک، مجله علوم باغبانی، ۲۸(۲):۲۶۰-۲۶۸.

۹) وثوقی، ن.، گماریان، م.، قاسمی پیربلوطی، ع.، خاقانی، ش.، ملک پور، ف. (۱۳۹۷). بررسی اثر فراوانی آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه دارویی مریم گلی (Salvia officinalis L.). اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی. ۶(۴): ۸۵-۹۶.

۱۰) یوسف زاده، س.(۱۳۹۰). تأثیر کاربرد کود بیولوژیک و آزوکمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی در دو منطقه ایران، رساله دکتری زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.

11) Abd Elbar, OH., Farag, RE., Shehata, S.A. (2019). Effect of putrescine application on some growth, biochemical and anatomical characteristics of Thymus vulgaris L. under drought stress. Annals of Agricultural Sciences 64(2): 129-137.

12) Antony Godson, S.G. and Gajalakshmi, S. (2019). High Rate Vermicomposting of Coral Vine by Employing Three Epigeic Earthworm Species. Nature Environment and Pollution Technology. 18 (4): 1393-1397.

13) Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P. and Metzger, J.D. (2008). Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. Applied Soil Ecology. 39: 91-99.

14) Ayyobi, H, Peyvast Gh, Olfati JA. (2013). Effect of vermicompost and vermicompost extract on oil yield and quality of peppermint (Mentha piperita L.). J Agric Sci 58(1):51–60 [In Persian].

15) Belda, R.M., Mendoza-Hernandez, D., Fornes, F. (2013). Nutrient-rich compost versus nutrient-poor vermicompost as growth media for ornamental-plant production. J. Plant Nutr. Soil Sci. 176: 827–835.

16) Chatterjee R, Bandyopadhyay S, Jana JC. (2014). Evaluation of vegetable wastes recycled for Vermicomposting and its response on yield and quality of carrot (Daucus carota L.). Int J Recycl Org Waste Agric 3: 60–67.
17) Chinsamy, M., Kulkarni, M.G., Van Staden, J. (2013). Garden-waste-vermicompost leachate alleviates salinity stress in tomato seedlings by mobilizing salt tolerance mechanisms. Plant Growth Regul. 71: 41–47.
18) Damalas, Ch.A. (2019). Improving drought tolerance in sweet basil (Ocimum basilicum) with salicylic acid. Scientia Horticulturae 246: 360-365.
19) Domokokos, J., Peredi, J. and Halasz-Zelnik, K.(1994). Characterization of seed oils of Dragon head (Dracocephalum moldavica) and catnip (Nepeta cataria var. citriodora Balb.). Industrial Crops and and produts,3: 91-94.
20) Gutier ´rez-Miceli FA, Santiago-Borraz J, Molina JAM, Nafate CC, Abud-Archila M, Llaven MAO, Rincon ´-Rosales R, Dendooven L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (Lycopersicum esculentum). Biores Technol 98: 2781–2786.
21) Heidarpour, O., Esmaielpour, B., Soltani, AA., Khorramdel, S. (2019). Investigating the Effect of Drought Stress and Vermicompost Biofertilizer on Morphological and Biochemical Characteristics of Thymus vulgaris L.. Journal of Essential Oil Bearing Plants 22(2): 484-492 [In Persian].
22) Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., and Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (Cicer arietinum L.) under drought stress. Photosynthetica 54 (1): 87-92 [In Persian].
23) Hussein, M.S., El-Shrbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y. and Aly, S.M., (2006). Growth characters and chemical constituents of Dracocephalum moldavica L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. Journal of Scientica Horticulture, 108(3): 322-331 [In Persian].
24) Kabiri, R., Hatami, A., Oloumi, H., Naghizadeh, M., Nasibi, F., Tahmasebi, Z. (2018). Foliar application of melatonin induces tolerance to drought stress in Moldavian balm plants (Dracocephalum moldavica) through regulating the antioxidant system. Folia Horticulturae, Kraków 30(1): 155-167 [In Persian].
25) Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N., Shak, K.P.Y. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. J. Sci. Food Agric. 95, 1143–1156.
26) Mahmoud, E.K., Ibrahim, M.M. (2012). Effect of vermicompost and its mixtures with water treatment residuals on soil chemical properties and barley growth. J. Soil Sci. Plant Nutr. 12: 431–440 [In Persian].
27) Mendoza-Hernandez, D., Fornes, F., Belda, R.M. (2014). Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. Sci. Hortic. Amsterdam 178: 192–202.
28) Mohammadi, E., Fattahi, M., Barin, M., Ashrafi-Saeidlou, S. (2022). Arbuscular mycorrhiza and vermicompost alleviate drought stress and enhance yield, total flavonoid concentration, rutin content, and antioxidant activity of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench). South African Journal of Botany, 148: 588-600 [In Persian].
29) Nasrabadi, B. (2005). Effect of different planting dates on growth, yield, content and components of essential oil of Dragonhead. M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Tarbiat Modaress University, Iran [In Persian].
30) Oo, A.N., Iwai, C.B., Saenjan, P. (2015). Soil properties and maize growth in saline and nonsaline soils using cassava-industrial waste compost and vermicompost with or without earthworms. Land Degrad. Dev. 26: 300–310.

31) Salehi, A., Tasdighi, H., Gholamhoseini, M. (2016). Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (Matricaria chamomilla L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 6(10): 886-891 [In Persian].
32) Sanandaji, D. S., Heidari, G., Fathi, P., Khodaverdiloo, H., Sharifi, Z. (2024). Soil properties and quinoa yield as affected by irrigation and vermicompost application under a drip-tape irrigation system. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8, 1277934.
33) Sonboli, A., Mojarrad, M., Gholipour, A., Ebrahimi, S. N. & Arman, M. (2008). Biological activity and composition of the essential oil of Dracocephalum moldavica L. Grown in Iran. Natural Product Communications, 3(9): 1547-1550.
34) Srivastava, P.K., Gupta, M., Upadhyay, R.K., Sharma, S., Shikha Singh, N., Tewari, K., Singh, B. (2012). Effects of combined application of vermicompost and mineral fertilizer on the growth of Allium cepa L. and soil fertility. J. Plant Nutr. Soil Sci. 175: 101–107.
35) Vasanthi, K., Chairman, K. and Ranjit Singh, A.J.A. (2013). Vermicomposting of leaf litter ensuing from the trees of mango (Mangifera indica) and guava (Psidium guujuvu) leaves. International Journal of Advanced Research, 1(3): 33-38.