Research Article

Agricultural Engin., 43(4) (2021) 459-478
DOI: 10.22055/agen.2021.34156.1571

ISSN (E): 2588-526X
ISSN (P): 2588-5944

Investigation the effect of vermicompost, biofertilizers and nitrogen application on yield and phytochemical properties of *Dracocephalum moldavica* L. medicinal plant under different moisture conditions

A. Rahimi[1], B. Dovlati[2],. Heydarzade[2] and F. Ahmadi[3]

1. Assistant Professor, Department of Plant Protection and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran
2. Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran
3. PhD Graduate, Department of Plant Protection and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran
4. PhD Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Received30 June 2020 Accepted: 12 November 2020

Abstract

Introduction: Today, water scarcity is one of the biggest concerns of agriculture in arid and semiarid areas. In order to investigate the effect of vermicompost, biofertilizers and nitrogen on the quantitative and qualitative performance of Badershob under different moisture conditions, a factorial experiment was performed in the form of a randomized complete block design with three replications.

Materials and Methods: Experimental treatments, including irrigation (I) at three levels of 40, 60 and 80% moisture, can be used at the root development depth as the first factor and soil fertility at five levels: non-consumption of fertilizer (F0), urea (150 kg per hectare). Nitrogen-stabilizing release (NFB), vermicompost (V) and vermicompost + release nitrogen-fixing (V + NFB) release bacteria were applied as the second factor.

Results and Discussion: The results showed that water scarcity led to a significant reduction in the amount of nutrients (zinc, manganese and copper) and photosynthetic pigments, while plants inoculated with V + NFB significantly increased the amount of zinc (Zn), manganese (Mn) and Copper (Cu) has become more fertile than soil. The combined use of V + NFB increased chlorophyll a (45%), chlorophyll b (50%), total chlorophyll (46%) and carotenoids (39%) compared to the control treatment. The content of total phenol, flavonoids, the percentage of radical inhibition of DPPH, the percentage of relative moisture content and dry yield of the plant led to an increase of 36, 37, 35, 29 and 31%, respectively, in optimal irrigation conditions and 31, 29, 30, 21 and 23%. Comparison of the average soil fertility treatments in different irrigation levels showed that soil fertility application led to a decrease in proline content. Accordingly, the highest amount of proline (31 micrograms of warmer weight) of the control treatment was observed in irrigation conditions after consuming 80% of the usable moisture in the root development depth and without the use of soil fertility treatments. However, the lowest proline levels of 15.61 micromoles per kg of body weight were obtained in irrigated conditions after consuming 40% of the moisture usable in root development depth and fertilizer and vermicompost treatment +

© 2021 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

nitrogen stabilizing release bacteria (V + NFB). According to the results of variance analysis, different irrigation levels and soil fertility treatments had a significant effect on the amount of malondialdehyde and hydrogen peroxide. According to the results of the comparison of the mean of the data, the delay in irrigation significantly increased the concentration of malondialdehyde. While the use of soil fertility treatments has shown an effective role in reducing the amount of malondialdehyde, the highest and lowest levels of this trait were observed in control treatment and combined treatment of vermicompost and nitrogen-fixing release bacteria (V + NFB), respectively. Combination treatment of vermicompost and nitrogen-fixing release bacteria (V + NFB) reduced the amount of hydrogen peroxide at all three different irrigation levels compared to the control treatment.Soil fertility combined with soil fertility treatments was less than the individual application conditions In moderate stress conditions and 21, 19, 18, 17 and 17% in severe stress conditions in plants inoculated with V + NFB. From the obtained results, it is inferred that the application of the combined system of organic, biological and chemical fertilizers due to the increase of compatible solutions and regulation of antioxidant systems, as an effective solution to soil fertility and increase nutrient uptake, improves environmental stress. Comparison of the average data obtained from the interaction of different levels of irrigation and soil fertility treatments clearly showed that the combined use of fertilizer and vermicompost + nitrogen-fixing release bacteria (V + NFB) and treatment application of vermicompost increased the effect of increasing irrigation at all different levels. The percentage of leaf moisture content showed. The lowest percentage of leaf moisture content (52.45%) in irrigation conditions was obtained after consuming 80% of the moisture that can be used in the root development depth and without the use of soil fertility treatments.

Conclusion: The results of this study showed that the combined use of vermicompost and nitrogenfixing release bacteria (V + NFB) reduces the effects of drought stress. Many of the quantitative and qualitative characteristics of the plant are fragrant.Therefore, the results of this study showed that the use of soil fertilizers by improving plant tolerance in water stress conditions leads to improved plant performance.

Key words:Dracocephalum moldavica, qualitative properties,urea, vermicompost, water stress

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۳ شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

بررسی اثر ورمی‌کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد و ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت شرایط مختلف رطوبتی

امیر رحیمی[۱*]، بهنام دولتی[۲]، سعید حیدرزاده[۳] و فاطمه احمدی[۴]

۱- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

۳- دانش آموخته دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۸/۲۲

کلمات کلیدی:

اوره،

بادرشبو،

تنش کم‌آبی،

ورمی‌کمپوست،

ویژگی های کیفی،

* عهده دار مکاتبات

Email: emir10357@gmail.com

چکیده

امروزه تنش ناشی از کم‌آبی یکی از بزرگترین نگرانی‌های زراعت در اراضی کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی بادرشبو تحت شرایط مختلف رطوبتی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه ارومیه انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری (I) در سه سطح ٤٠، ٦٠ و ٨٠ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه به عنوان فاکتور اصلی و حاصلخیزکننده‌های خاک در پنج سطح: عدم مصرف کود (F_0)، اوره (Urea) (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (NFB)، ورمی‌کمپوست (V) و ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) به عنوان فاکتور فرعی در ۱۵ تیمار با سه تکرار در مجموع با ٤٥ نمونه انجام گردید. نتایج نشان داد که کمترین سطح آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار غلظت عناصر غذایی (روی، منگنز و مس) و رنگیزه‌های فتوسنتزی گردید، در حالی‌که گیاهان تیمار شده با V+NFB باعث افزایش معنی‌دار مقدار عناصر روی (Zn)، منگنز (Mn) و مس (Cu) نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از حاصلخیز کننده‌های خاک گردید. همچنین کاربرد ترکیبی V+NFB موجب افزایش میزان کلروفیل a (٤٥ ٪)، کلروفیل b (٥٠ ٪)، کلروفیل کل (٤٦ ٪) و کاروتنوئید (٣٩ ٪) نسبت به تیمار شاهد شد. محتوای فنل کل (٣٦ ٪)، فلاونوئید (٣٧ ٪)، درصد مهار رادیکال 2, 2-diphenyl -1- (DPPH picrylhydrazyl (٣٥ ٪)، درصد محتوای رطوبت نسبی (٢٩ ٪) و عملکرد خشک (٣١ ٪) بوته بادرشبو در شرایط آبیاری مطلوب نسبت به شرایط تنش شدید در گیاهان تیمار شده با V+NFB افزایش نشان داد. بنابراین، نتایج نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن در مقادیر بهینه، منجر به بهبود عملکرد گیاه در شرایط تنش آبی می‌گردد.

مقدمه

گیاه بادرشبو با نام علمی (*Dracooephalum moldivica* L.)، بومی آسیای مرکزی و اهلی شده در مرکز و شرق اروپاست که در مناطق شمال غرب و شمال ایران می‌روید (۸). بادرشبو گیاهی است علفی و یکساله از خانواده نعناعیان که تقریباً در هر اقلیمی قادر به رویش می‌باشد (۱۵، ۱۹). گل‌های بادرشبو به رنگ آبی بنفش و یا بندرت سفید یا صورتی است. قسمت مورد استفاده این گیاه، برگ و کلیه اندام‌های هوایی آن است و عموما بویی معطر و مطبوع از تمام اندام‌های هوایی استشمام می‌شود (۱۰). عرق بادرشبو به عنوان نیرودهنده و ضدتشنج، تقویت کننده معده، تسهیل کننده عمل هضم، ضد دل پیچه و برطرف کننده تپش قلب، کاربرد دارد (۵، ۸، ۱۳).

رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان به ویژه گیاهان دارویی تحت تأثیر مدیریت حاصلخیزی خاک قرار می‌گیرد (۹،۲). به کارگیری انواع کودهای آلی و شیمیایی به منظور حصول عملکرد بالا در محصولات دارویی لازم است (۱، ۱۱). با این وجود، استفاده دراز مدت از کودهای شیمیایی به سبب تخریب ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند منجر به کاهش عملکرد محصولات شود (۳، ۱۶). کاربرد صحیح و مناسب عناصر و مواد غذایی در طول مراحل کاشت، داشت و برداشت گیاهان دارویی، نه تنها نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد دارد بلکه درکمیت و کیفیت مواد مؤثره آنها نیز بسیار مؤثر است (۲۳، ۷، ۴). به طوری که کاربرد کود مناسب یک عامل اصلی در کشت موفقیت‌آمیز گیاهان دارویی می باشد (۲۸).

ورمی‌کمپوست یک ترکیب آلی است که از لحاظ بیولوژیکی فعال و غنی از عناصر پرمصرف و کم مصرف است و محصول تعامل بین کرم‌های خاکی و ریزجانداران بر اثر تجزیه مواد آلی است (۲۲، ۱۵). استفاده از آن در کشاورزی پایدار برای بهبود وضعیت تخلخل خاک و در نتیجه فراهمی بیشتر عناصر غذایی بسیار مفید است (۱۷، ۲۱، ۱۲) ورمی‌کمپوست منبع غنی از عناصر پرمصرف، کم مصرف، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد گیاه است. از این رو، استفاده از آن در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت ریزجانداران مفید خاک، سبب رشد زیاد و سریع گیاهان از جمله گیاهان دارویی می‌گردد (۴۰).

در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردارند و باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه از مهمترین کودهای زیستی می‌باشند (۱۶، ۲۵). فراهم‌سازی شرایط لازم برای استفاده بیشتر از فرآیندهای طبیعی مانند تثبیت زیستی نیتروژن یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و مهمتر از آن حفظ سلامت محیط زیست است که امروزه در کشورهای مختلف به طور جدی دنبال می‌شود. از این رو، به منظور استقرار یک سیستم کشاورزی پایدار، بکارگیری کودهای زیستی از اهمیت بسزایی برخوردار است (۱۴، ۲۰) استفاده از باکتری‌های خاکزی به عنوان کود زیستی باعث افزایش کارایی کودهای نیتروژن و فسفر و در نتیجه بهبود رشد گیاه زراعی میشود (۱۸، ۲۰) از طرف دیگر باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن که قابلیت هم‌زیستی با ریشه بسیاری از محصولات زراعی را دارند، علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن سبب افزایش تقسیم سلولی در ریشه، تغییر مورفولوژی ریشه، افزایش تارهای کشنده و افزایش جذب مواد غذایی موثرند (۱۷، ۲۳). همچنین این باکتری‌ها باعث کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی می‌شوند (۲۶، ۲۸).

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

همچنین باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و همچنین به هم خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد (۲۶، ۲۹). به طوری که کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده محصولات کشاورزی، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. اثر تنش خشکی به میزان و طول دوره آن، مرحله رشد گیاه، ظرفیت ژنوتیپی گونه‌ها و برهمکنش عوامل محیطی بستگی دارد (۳۱، ۳۳). وقوع تنش شدید و ادامه‌ی آن برای مدت طولانی، ممکن است منجر به کاهش رشد و در شرایط ویژه منجر به مرگ گیاه گردد (۳۰، ۳۲، ۳۳). مقاومت به خشکی یک صفت ساده و منحصر به فرد نبوده، بلکه ترکیبی از صفات موفولوژیک و فیزیولوژیک است که با میزان نسبی آب برگ، میزان نسبی آب از دست رفته، تجمع پرولین و آبسیزیک اسید، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، تنظیم اسمزی، اندازه ریشه و ویژگی‌های دیگر نظیر تبادل روزنه ای در ارتباط می‌باشد (۳۶). با این حال قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک تحت تأثیر تنش خشکی تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌یابد (۲۵، ۳۴). گیاهی که خوب تغذیه شده و مقدار کافی عناصر غذایی را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت و در این راستا کمیت و کیفیت محصول نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (۳۵).

با توجه به سطح زیرکشت وسیع گیاه بادرشبو به عنوانی یکی از گیاهان دارویی پرمصرف در شمال غرب ایران (۱۳) و کاهش روزافزون سطح منابع آبی منطقه و کشور، مدیریت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به ویژه در شرایط تنش خشکی که مدیریت مصرف آب نیز مطرح می باشد و ارزیابی تأثیر این گونه مدیریت‌ها بر کمیت و کیفیت گیاه دارویی بادرشبو از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و تحقیقات مرتبط ضروری به نظر می‌رسد. به عبارت دیگر می‌توان با مدیریت مصرف آب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، شرایط را به گونه‌ای فراهم نمود که گیاه تحت آن شرایط، به پتانسیل بالقوه خود نزدیکتر شده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را تولید کند. لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر ورمی‌کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبو تحت شرایط مختلف رطوبتی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست،کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی بادرشبو تحت شرایط مختلف رطوبتی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری (I) به عنوان فاکتور اول در سه سطح: آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_1)، آبیاری پس از مصرف ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_2) و آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_3) و حاصلخیزکننده‌های خاک به عنوان فاکتور دوم در پنج سطح: عدم مصرف کود (F_0)، کود شیمیایی اوره (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس یافته‌های پژوهش محققین (Urea)((۱۳)، باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (NFB)، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (V) و ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) بودند. کود زیستی مصرف شده شامل مخلوطی از باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس به نسبت ۳۳ : ۳۳ : ۳۳ بود که از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. در اواخر فروردین ماه عملیات تهیه بستر و کاشت مطابق عملیات مرسوم انجام شد. در هر کرت ۵ ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتیمتر از هم و فاصله هر بوته روی ردیف ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت ۱/۵×۴ متر، فاصله کرت‌ها از هم یک متر بود. کشت گیاه به صورت جوی و پشته در عمق ۱ تا ۲ سانتیمتر انجام شد. برداشت

نهایی پس از تکمیل مراحل رشد و نمو گیاه (۲ ماه پس از کاشت) انجام شد. برای انجام این تحقیق، از بذرهای سالم و با کیفیت بادرشبو با قابلیت جوانه زنی ۱۰۰ درصد در طی ۴ روز استفاده شد. براساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱)، بافت خاک مزرعه لومی رسی تشخیص داده شده است.

کود ورمی‌کمپوست (جدول ۲) سه روز قبل از کاشت به کرت‌های مربوطه اضافه شد و با خاک مخلوط شد. قبل از کاشت، بذور با مخلوط باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس تیمار شدند. تیمارهای آبیاری براساس روش تغییرات درصد حجمی رطوبت خاک توسط دستگاه رطوبت‌سنج در عمق توسعه ریشه انجام شد (۴۱).

پس از کاشت و برداشت گیاه، جهت اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک پس از اینکه گیاهان از سطح خاک کف‌بر شدند، در داخل پاکت‌هایی قرار گرفته و به منظور جلوگیری از هدررفت ترکیبات فرار گیاه، فرآیند خشک کردن در دمای اتاق و در شرایط سایه کامل انجام شد. محتوای پرولین برگ براساس واکنش پرولین با نین هیدرین انجام شد (۳۲، ۳۸). محتوای نسبی آب برگ براساس روش استاندارد اندازه‌گیری شد (۳۶). محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی از قبیل کلروفیل a ، b و کلروفیل کل اندازه‌گیری شدند (۳۷).

برای اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئید با توجه به واکنش اسید تیوباربیتوریک اندازه‌گیری شد (۳۹). جذب محلول رویی در طول موج های ۵۳۲، ۶۰۰ و ۴۵۰ نانومتر قرائت و میزان مالون دی‌آلدئید محاسبه شد (۳۹).

اندازه‌گیری هیدروژن پراکسید با توجه به واکنش اسید تری‌کلرواستیک (TCA) ۰/۱ درصد طبق روش استاندارد اندازه‌گیری گردید (۳۸). محتوای فنلی کل به وسیله معرف فولین تعیین شد (۲۲). همچنین محتوای فلاونوئید طبق روش استاندارد اندازه‌گیری شد (۳۳). برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روش استاندارد استفاده شد (۲۰). اندازه‌گیری عناصرغذایی بافت بادرشبو به روش هضم‌تر با استفاده از اسیدهای نیتریک، کلریدیک و پرکلریدیک صورت گرفت (۳۲). برای تعیین غلظت عناصر کم مصرف از عصاره هضم‌تر استفاده و با استفاده از استانداردهای عناصر با دستگاه جذب اتمی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه گردید (۴۰، ۴۱). واکنش خاک و هدایت الکتریکی خاک‌ها در عصاره ۱:۵ خاک به آب طبق روش استاندارد تعیین گردید (۴۱). ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم و ماده آلی خاک به روش استاندارد اندازه‌گیری شدند (۴۱). به‌منظور اندازه‌گیری غلظت در دسترس فلزات سنگین، بعد از عصاره‌گیری خاک در نسبت ۱:۲ خاک به محلول عصاره گیر (محلول مخلوط دی اتیلن تری آمین پنتااستیک اسید ۰/۰۰۵ مولار و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و تری اتانول آمین ۰/۱ مولار در واکنش خاک ۷/۳)، غلظت فلزات منگنز، بور، روی و آهن در عصاره‌های به‌دست‌آمده با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شدند (۴۱). غلظت فسفر فراهم (فسفر اولسن) بعد از عصاره‌گیری خاک‌ها در نسبت ۱:۲۰ خاک به محلول بیکربنات سدیم ۰/۵ نرمال با واکنش خاک ۸/۵، به روش رنگ سنجی (۴۱) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. بافت خاک بر اساس قانون استوکس، به روش هیدرومتر تعیین شد. نیتروژن کل خاک به روش کجلدال تعیین شد (۴۱).

تجزیه داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (9.1) مورد تجزیه قرار گرفته و مقایسه میانگین‌های صفات به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد.

جدول(۱) برخی ویژگی‌های فیزیکی و غلظت‌های در دسترس عناصر غذایی در نمونه خاک مطالعه شده

Table (1) Some physical properties and available concentration of nutrients in studied soil

EC	pH	Texture	Clay	Silt	Sand	CCE	SP	N	O.M	Mn	B	Zn	Fe	P
هدایت الکتریکی	واکنش خاک	بافت	رس	سیلت	شن	کربنات کلسیم	اشباع فسفر	نیتروژن	ماده آلی	منگنز	بور	روی	آهن	فسفر
						%				mg kg^{-1}				
1.37	7.81	Clay loam	43	35	22	15.83	5.5	0.06	1.18	11.5	0.3	1	9.1	9.1

CCE: Calcium carbon equivalent, OC: Ocganic carbon

جدول(۲) برخی ویژگی‌های شیمیایی کود آلی استفاده شده

Table (2) Some chemical properties of organic fertilizer

	K (%)	P (%)	N (%)	O.M (%)	EC (dSm^{-1})	pH
	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	ماده آلی	هدایت الکتریکی	واکنش خاک
ورمی‌کمپوست	3.40	1.64	1.57	2.5	6.4	8.1

نتایج و بحث

جذب عناصر غذایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که جذب عناصر غذایی کم مصرف مورد مطالعه تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای حاصلخیز کننده خاک قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین غلظت روی ، منگنز و مس به ترتیب ۲/۴۱، ۱/۷۸ و ۰/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار کودی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) در شرایط آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_1) بدست آمد. به طوری که با تاخیر در آبیاری میزان جذب عناصر غذایی کم مصرف به طور معنی‌داری کاهش یافت، در حالی که کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) در مقایسه با شاهد تاثیر معنی‌داری در افزایش مقدار جذب عناصر غذایی کم مصرف در هر یک از سطوح آبیاری نشان داد. در حالی‌که کمترین میزان روی ، منگنز و مس به ترتیب ۱/۴۹، ۰/۹۸ و ۰/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار عدم مصرف حاصلخیز کننده خاک در شرایط آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_3) مشاهده شد (شکل ۱). کاهش میزان جذب عناصر غذایی را می‌توان به محدودیت‌های زیادی آب، کاهش تأمین اکسیژن ریشه‌ها که به نوبهٔ خود تنفس، جذب عناصر غذایی و سایر اعمال ریشه را کاهش می‌دهند، نسبت داد. همچنین با کاهش رطوبت خاک، سرعت انتشار مواد غذایی از محیط خاک به سطح جذب کنندهٔ ریشه کاهش می‌یابد. کارآیی سیستم ریشهٔ گیاه نیز ممکن است در نتیجهٔ کمبود میزان رطوبت خاک کاهش یابد.

محققین معتقدند کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و آلی از طریق افزایش فعالیت اسید فسفاتاز و الکالین فسفاتاز در اطراف ریشه گیاه موجب افزایش جذب عناصر غذایی می‌شود (۲۹، ۳۲). ریزجانداران از طریق فعالیت‌های متابولیکی خود، مواد معدنی و آلی خاک را از شکلی به شکل دیگر تغییر داده و قابلیت استفاده مواد غذایی ضروری را برای گیاهان و دیگر موجودات زنده خاک تغییر می‌دهند. بنابراین، در تجزیه مواد آلی، چرخه مواد غذایی و تشکیل خاک نقش مهمی ایفا می‌کنند (۱۳). این افزایش عمدتاً به دلیل تولید تنظیم‌کننده‌های رشد توسط باکتری‌های محرک رشد گیاه و اثر آنها بر رشد ریشه بوده و موجب جذب آب و مواد غذایی بیشتر از خاک توسط گیاه می‌گردد (۲۵، ۳۰).

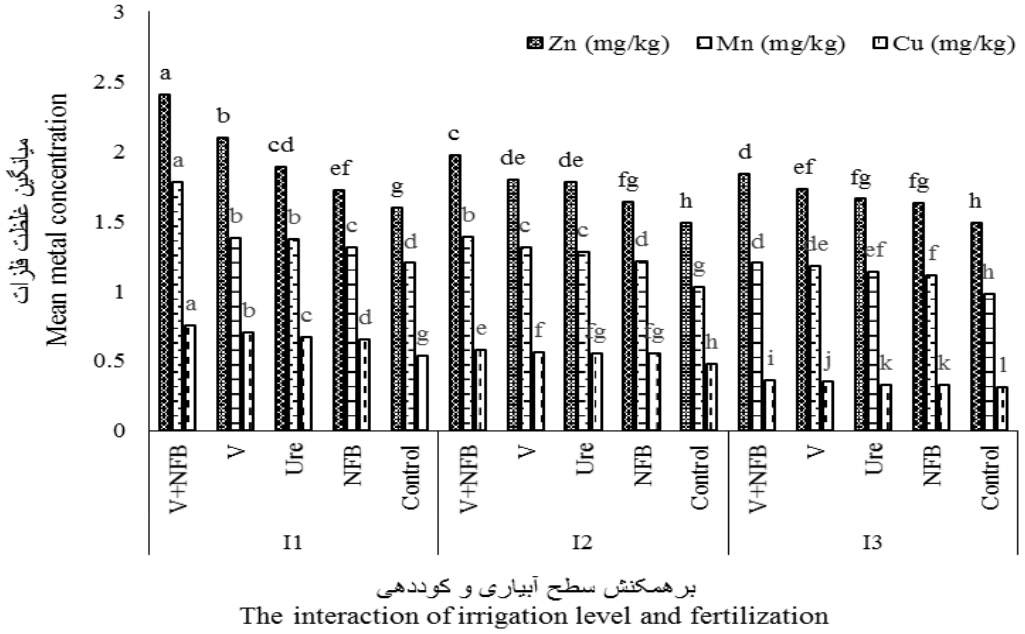
جدول(۳) جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی و کیفی بادرشبو تحت سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای کودی

Table (3) Analysis of varience for quantitative and qualitative properties of the plant under different treatments

S.O.V.	df	Zn	Mn	Cu	Chl-a	Chl-b	Chl-a+b	Carotenoid	Prolin	RWC	Malondialdehyde	H_2O_2	Total phenol	Flavonoid	DPPH antioxidant activity	Biomass yield
منبع تغییرات	درجه آزادی	روی	منگنز	مس	کلروفیل آ	کلروفیل ب	کلروفیل کل	کاروتینوئید	پرولین	محتوای آب	مالون دی آلدهید	هیدروژن پراکسید	فنول کل	فلاونوئید	مهار رادیکال	عملکرد بیومس
تکرار (Replication (Y))	2	0.002	0.001	0.0004	0.00004	0.00006	0.00002	0.002	1.47	3.22	16.23	0.06	0.87	0.01	4.51	0.93
سطح آبیاری (Irrigation level (I))	2	0.30**	0.30**	0.41**	0.53**	0.05**	0.94**	0.04**	274.41*	403.83**	358.16*	10.23**	110.52*	2.99**	246.53*	260.03*
کوددهی (Fertilization (F))	4	0.38**	0.17**	0.01**	0.80**	0.32**	2.01**	0.043**	64.24**	427.79**	322.04*	2.84**	91.45**	1.95**	663.75*	55.87**
کوددهی × آبیاری (I × F)	8	0.03**	0.02**	0.003**	0.00001 ns	0.00009 ns	0.00001 ns	0.00001 ns	12.24**	50.40**	9.50 ns	0.16*	6.28**	0.21**	45.26**	6.81**
خطا (Error)	28	0.003	0.0006	0.00004	0.01	0.003	0.01	0.0008	1.95	4.33	6.27	0.06	1.17	0.006	1.37	0.13
ضریب تغییرات (C.V.)		3.35	2.03	1.28	10.77	9.24	5.49	8.64	5.70	3.29	5.68	5	4.40	2.13	1.75	1.53

*, ** and ns show statistical significance at the $P < 0.05$ and $P< 0.01$ levels and non-significance, respectively.

* و ** به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار است.



شکل (۱) میانگین غلظت فلزات روی، منگنز و مس در بادرشبو تحت سطوح مختلف آبیاری و کوددهی
Figure (1) Mean concentration of zinc, manganese, and copper in the plant under differentirrigation level of irrigation and fertilizer

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی

طبق نتایج حاصل، رنگیزه‌های فتوسنتزی مورد مطالعه تحت تاثیر اثر سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای حاصلخیز کننده خاک قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با تاخیر در آبیاری محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۲ الف)، در حالی که کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) در مقایسه با شاهد تاثیر معنی‌داری در افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت (شکل ۲ ب). به طوری که بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b ، کلروفیل کل و کاروتنوئید به ترتیب ۱/۵۲ ، ۰/۸۸، ۲/۳۹ و ۰/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در تیمار کودی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) بود، در حالیکه کمترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b ، کلروفیل کل و کاروتنوئید به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۴۴، ۱/۲۹ و ۰/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده شد (شکل ۲ ب). به نظر می‌رسد که دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش کم‌آبی، افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و نیز، اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول ساخت رنگیزه-های فتوسنتزی باشد که سبب کاهش آسیمیلات‌سازی شده و در نتیجه کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. همچنین دلیل کاهش محتوای کلروفیل در هنگام مواجه با تنش خشکی، احتمالا در اثر تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل باشد (۳۰، ۳۵). گزارشات مبنی بر این که مصرف کودهای زیستی، آلی و شیمیایی از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی در گیاهان می‌شوند (۴۰). احتمالا کاربرد کودهای زیستی، آلی و شیمیایی از طریق افزایش غلظت عناصر کم مصرف و همچنین تحریک تولید هورمون‌های رشدی گیاهی سبب افزایش محتوای کلروفیل گیاه بادرشبو شده باشند. گزارش کردند (منبع) که اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک باعث جذب نیتروژن توسط ریشه‌ها، افزایش رشد رویشی و تولید بیشتر

برگ‌ها می‌شود که به نوبه خود سبب افزایش سطح جذب نوری، سطح فتوسنتزی، ساخته شدن مواد هیدروکربنی در برگ‌ها و افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی خواهد شد (۲۴).

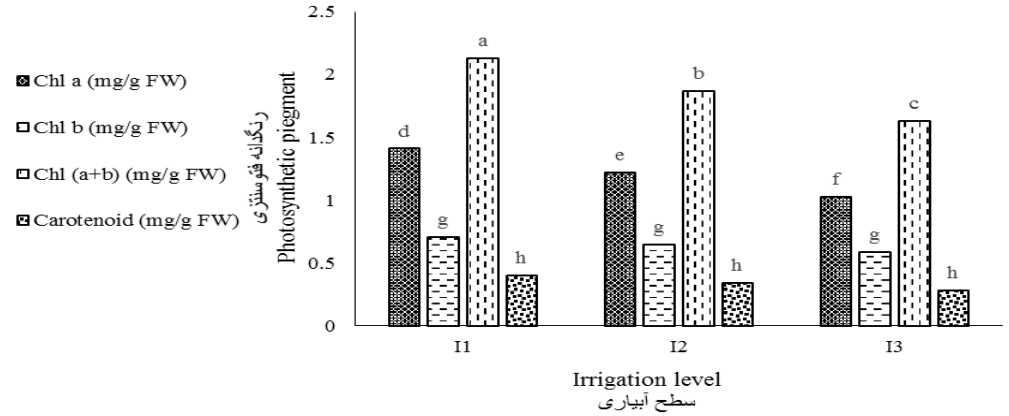
محتوای پرولین

محتوای پرولین برگ بادرشبو تحت تاثیر اثر متقابل تیمارهای آزمایشی (سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای حاصلخیز کننده خاک) قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارهای حاصلخیز کننده خاک در شرایط سطوح مختلف آبیاری نشان داد که کاربرد حاصلخیز کننده خاک منجر به کاهش محتوای پرولین شد. بر این اساس بیشترین مقدار پرولین (۳۱ میکرومول گرم وزن تر) از تیمار شاهد (در شرایط آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_3) و بدون کاربرد تیمارهای حاصلخیز کننده خاک مشاهده شد. اما،کمترین میزان پرولین با مقدار ۱۵/۶۱ میکرومول درگرم وزن تر در شرایط آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_1) و تیمار کودی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) بدست آمد و غلظت پرولین در تیمارهای تلفیقی حاصلخیز کننده خاک نسبت به شرایط کاربرد جداگانه هر یک از تیمارهای حاصلخیز کننده خاک کمتر بود (شکل ۳). براساس نتایج تحقیقات، در طی بروز تنش خشکی بر میزان تجمع ترکیب‌های آلی مانند پرولین در تمام اندام‌های گیاهان افزوده می‌شود (۳۳، ۳۷). پرولین اسیدآمینه ذخیره شده در سیتوپلاسم بوده، احتمالا در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول‌های درون سلول در طی تنش خشکی نقش موثری دارد. به طوری که تجمع ترکیب‌هایی مانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت سبز گیاه تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم آورد، اما اتکای گیاهان به این ترکیب‌های آلی برای تنظیم اسمزی هزینه‌بر بوده و منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود. مصرف کود به صورت تلفیقی شرایط مناسب و ایده آل (با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر) برای رشد گیاه فراهم می‌آورد، لذا قادرند از شرایط تنش خشکی به طور موقت فرار کنند و کمتر دچار آسیب شوند و در نتیجه میزان پرولین نسبت به گیاهان بدون کاربرد کود (شاهد) افزایش کمتری نشان می‌دهد (۸، ۱۴).

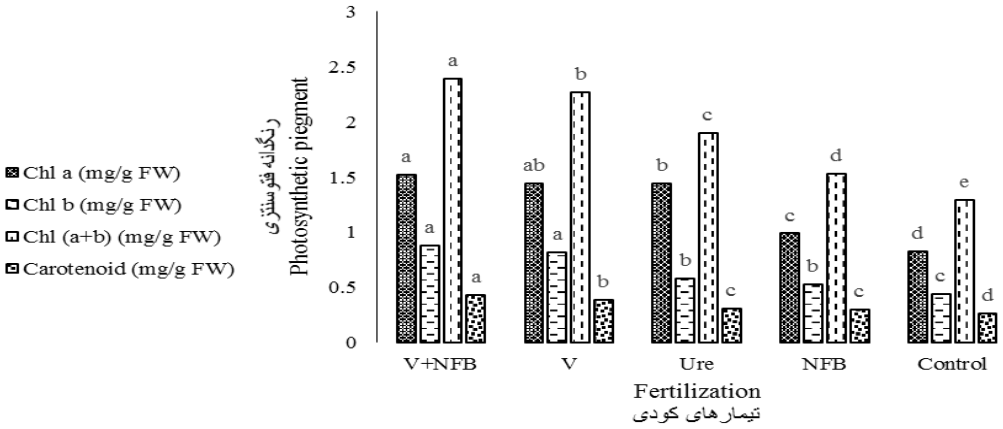
محتوای نسبی آب برگ

براساس نتایج این مطالعه، اثر متقابل تیمارهای آزمایشی (سطوح مختلف آبیاری × تیمارهای حاصلخیز کننده خاک) بر محتوای رطوبت نسبی برگ تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳). بطوری که مقایسه میانگین داده‌های بدست آمده از اثر متقابل تیمارهای سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای حاصلخیز کننده خاک به وضوح نشان داد که استفاده همزمان کودی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) و تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست در تمام سطوح مختلف آبیاری بیشترین تاثیر را در افزایش درصد محتوای رطوبت نسبی برگ نشان داد. کمترین درصد محتوای رطوبت نسبی برگ (۵۲/۴۵ درصد) در شرایط آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_3) و بدون کاربرد تیمارهای حاصلخیز کننده خاک (شاهد) حاصل شد (شکل ۴). بررسی نتایج این مطالعه نشان داد که با کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) از اثرات تنش خشکی کاسته می‌شود. با افزایش میزان محتوای نسبی آب برگ‌ها، فشار درون سلولی برای رشد سلول فراهم می‌شود. بنابراین به‌نظر می‌رسد با کاربرد حاصلخیز کننده خاک و بهبود شرایط فیزیکی خاک از جمله ظرفیت نگهداری آب در خاک، گیاه کمتر با شرایط خشکی مواجه شده و تمایل کمتری به سرمایه‌گذاری برای افزایش تولید غشاء نشان می‌دهد. همچنین افزایش بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه را به دنبال دارد (۱۰، ۱۹). از آنجاکه سازو کار اثر ورمی‌کمپوست به عنوان کود آلی در گسترش ریشه و در نتیجه قابلیت جذب آب و عناصر غذایی کاراست، می‌توان تأثیر مثبت آن را انتظار داشت.

الف

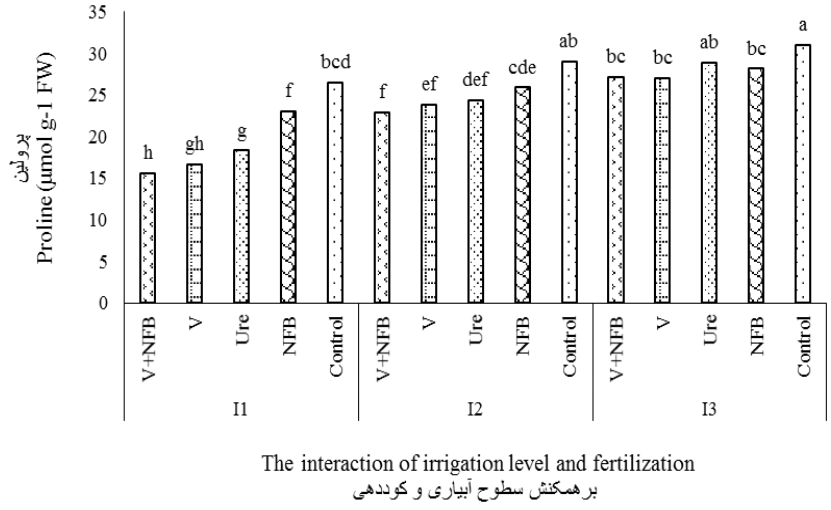


ب



شکل (۲) تأثیر (الف) سطوح آبیاری و (ب) تیمارهای کودی بر میانگین رنگدانه‌های فتوسنتزی

Figure (2) Effect of irrigatation level and fertilizer treatment on photosynthesise peigments

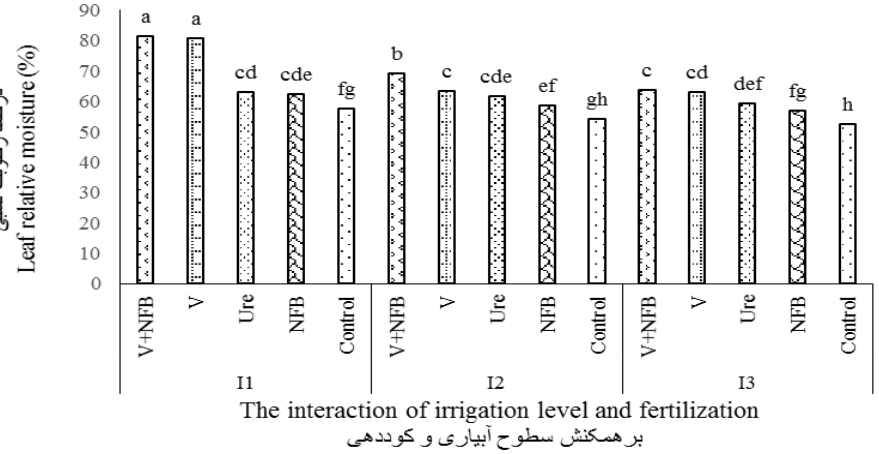


شکل (۳) تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر میانگین پرولین در بادرشبو

Figure (3) Effect of irrigatation level and fertilizer treatment on pyroline

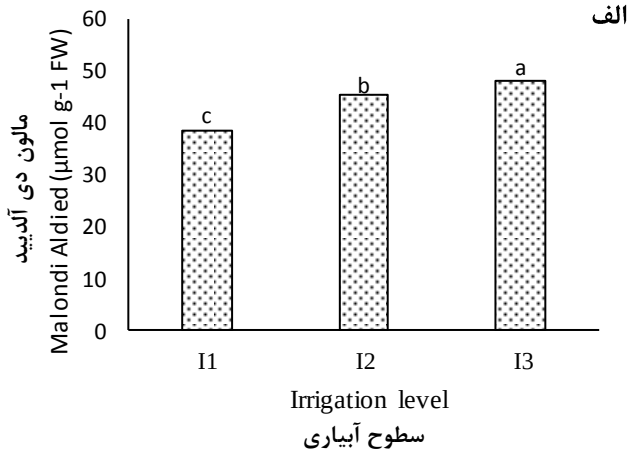
مالون دی‌آلدیید و پراکسید هیدرژن

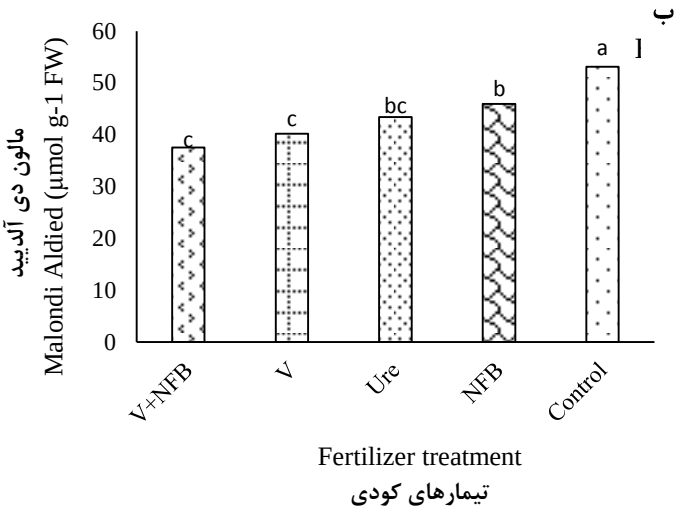
طبق نتایج تجزیه واریانس، سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای حاصلخیز کننده خاک تاثیر معنی‌داری بر میزان مالون دی‌آلدیید و پراکسید هیدرژن داشتند (جدول ۳). طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با تاخیر در آبیاری غلظت مالون‌دی‌آلدیید به طور معنی‌داری افزایش نشان داد (شکل ۵-الف). در حالی که استفاده از تیمارهای حاصلخیز کننده خاک نقش موثری در کاهش میزان مالون‌دی‌آلدیید نشان داد، به طوری که بیشترین (۵۳/۰۹ میکرومول در گرم وزن تر) و کمترین (۳۷/۵۳ میکرومول در گرم وزن تر) میزان این ترکیب به ترتیب در تیمار شاهد (بدون کاربرد حاصلخیز کننده خاک) و تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) مشاهده گردید (شکل ۵-ب). تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد حاصلخیز کننده خاک)، میزان پراکسید هیدرژن را در هر سه سطوح مختلف آبیاری کاهش داد. بیشترین غلظت هیدروژن پراکسید (۶/۴۳ میکرومول در گرم وزن تر) در شرایط آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_3) و بدون کاربرد تیمارهای حاصلخیز کننده خاک بود. اما، کمترین میزان آن (۳/۴۰ میکرومول در گرم وزن تر) در در شرایط آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_3) و کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) حاصل شد (شکل ۵-ج). در شرایط تنش کم‌آبی، غلظت بالای مالون دی‌آلدئید در برگ‌ها ممکن است با تجمع بالای هیدروژن پراکسید در گیاهان همراه باشد که می‌تواند نشان‌دهنده میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی باشد (۱۳، ۲۳). هیدروژن پراکسید یک ترکیب سمی برای سلول‌هاست و باید به سرعت توسط سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی به آب و اکسیژن تبدیل شود (۳، ۵)، در غیر این صورت می‌تواند از طریق پراکسیداسیون لیپیدها به غشا سلولی، ساختمان پروتئین‌ها و DNA آسیب وارد کند و از فرآیند فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌های دیگر جلوگیری کند. به طوری که گونه‌های اکسیژن واکنشگر با پراکسیداسیون لیپیدهای غشاءهای سلولی باعث شکسته شدن پیوندهای بین مولکول گلیسرول و اسیدهای چرب شده که به دنبال آن مالون دی‌آلدهید تولید می‌شود که هر چه میزان آن در گیاه افزایش یابد نشان دهنده شدت آسیب تنش‌ها از جمله تنش خشکی است (۱۸، ۳۱). گیاه جهت مقابله با رادیکال‌های آزاد و تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی با استفاده از سیستم دفاع آنزیمی باعث جاروب کردن گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند (۷).

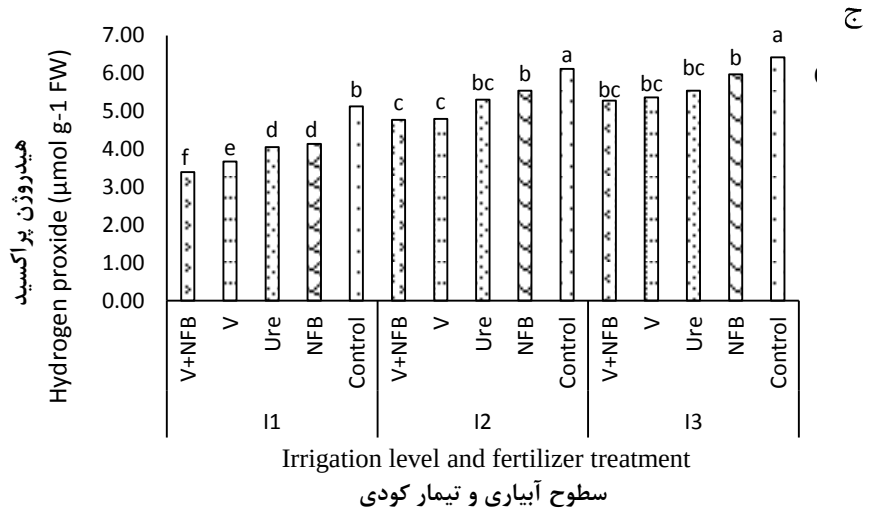


شکل (٤) تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر میانگین رطوبت نسبی برگ بادرشبو

Figure (4) Effect of irrigatation level and fertilizer treatment on leaf moisture







شکل (۵) تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر میانگین مالون دی آلدیید و هیدروژن پراکسید در گیاه بادرشبو

Figure(5) Effect of irrigatation level and fertilizer treatment on malondialdid and hydrogen proxide

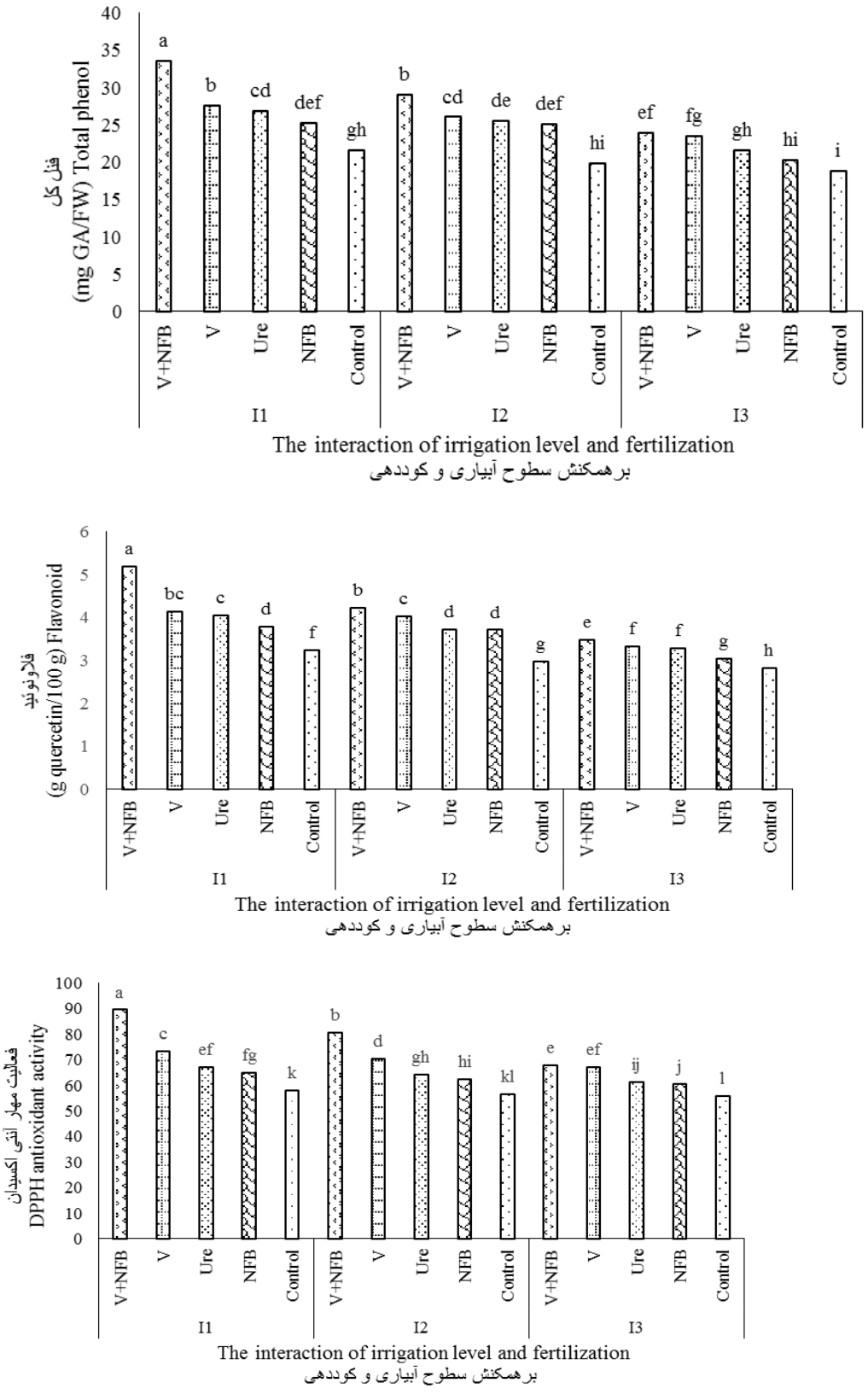
محتوای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی

نتایج داده‌ها حاصل نشان داد که محتوای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مورد مطالعه تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای حاصلخیز کننده خاک قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین محتوای فنل کل (۳۳/۶۲ میلی‌گرم اسید گالیک در گرم وزن تر)، فلاونوئید (۵/۱۸ گرم کوئرستین در گرم وزن تر) و درصد مهار رادیکال DPPH (۸۹/۵۸ درصد) در تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) در شرایط آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_1) بدست آمد. بطوری که تیمار تلفیقی حاصلخیز کننده خاک در مقایسه با تیمار شاهد، محتوای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی را در هر سه رژیم آبیاری افزایش نشان داد، همچنین محتوای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در تیمار ترکیبی حاصلخیز کننده خاک نسبت به شرایط کاربرد جداگانه تیمار حاصلخیز کننده خاک بیشتر بود. در حالی که کمترین محتوای فنل کل (۱۸/۸۳ میلی‌گرم اسید گالیک در گرم وزن تر)، فلاونوئید (۲/۸۲ گرم کوئرستین در گرم وزن تر) و درصد مهار رادیکال DPPH (۵۵/۹۱ درصد) در شرایط آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_3) و تیمار عدم مصرف حاصلخیز کننده خاک مشاهده شد (شکل ۶). مشخص شده که بسیاری از ترکیبات فنلی به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند و می‌توانند به طور مؤثری رادیکال‌های گروه هیدروکسیل و پروکسیل را حذف کنند و از اکسید شدن چربی‌ها ممانعت به عمل آورند (۱۹، ۲۲). بررسی با ترکیبات فنلی در تیمارهای مورد مطالعه نشان داد که افزایش سطح تنش خشکی به‌طور معنی‌داری مقدار ترکیبات فنلی در برگ‌ها کاسته شد. این کاهش می‌تواند ناشی از تخریب این ترکیبات در اثر واکنش با ترکیبات اکسیداتیو در شرایط تنش خشکی باشد یا کاهش مقدار ترکیبات فنلی می‌تواند به علت کاهش فعالیت آنزیم‌های مسیر تولید آن باشد (۸). از طرف دیگر افزایش ترکیبات فنلی با افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در گیاه ارتباط مستقیم دارد به طوری که افزایش جذب عناصر غذایی در خاک تیمار شده با کودهای آلی و زیستی منجر به افزایش میزان فتوسنتز خالص در گیاه و در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر با بیوسنتز نشاسته و پروتئین در سنتز ترکیبات ثانویه می‌گردد (۱۱، ۱۸). از آنجا که هیدرات‌های کربن به عنوان سوبسترا مورد نیاز برای ساخت ترکیبات فنلی می‌باشد که این امر ممکن است به اختصاص یافتن بیشتر کربن به مسیر شیک‌میک اسید مربوط باشد (۲۵).

وزن خشک بوته

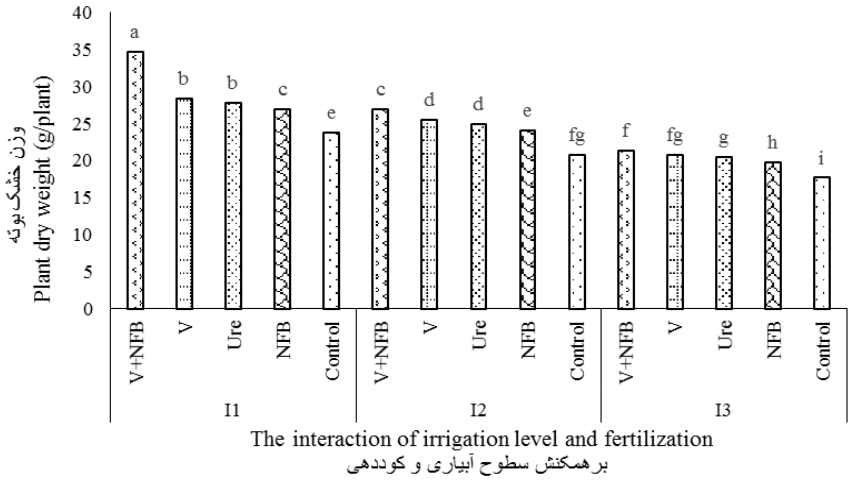
طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، وزن خشک بوته تحت تاثیر اثر متقابل تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن خشک بوته (۳۴/۶۳ گرم در بوته) در تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB)در شرایط آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_1) حاصل شد، به طوری که کاربرد ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی اوره تاثیر یکسانی بر وزن خشک بوته در شرایط آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_1) داشتند. به طوری که با افزایش تنش خشکی مقدار وزن خشک بوته کاهش یافت و مقدار وزن خشک بوته در تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) نسبت به شرایط کاربرد جداگانه تیمارهای حاصلخیز کننده خاک بیشتر بود. درحالی که تمیار شاهد در شرایط آبیاری

پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_3) با مقدار ۱۷/۶۸ گرم در بوته دارای کمترین مقدار وزن خشک بوته بود (شکل ۷). فراهم بودن آب و عناصر غذایی، رشد رویشی مطلوب گیاه را به دنبال داشته و شرط اساسی جهت تولید عملکرد بالا، تولید ماده خشک بیشتر می‌باشد. محققین در مطالعه خود عنوان کردند که زیست توده ریحان در شرایط کاربرد کودهای آلی و زیستی افزایش یافت (۱۲، ۱۹، ۳۰). آنها دلیل این امر را افزایش راندمان مصرف آب و بهبود جذب و دسترسی به عناصر غذایی برای گیاه تحت شرایط تلقیح با کودهای آلی و زیستی ذکر کردند. کمبود آب سبب کاهش فتوسنتز و کاهش تولید مواد پرورده و در نتیجه باعث کاهش اندام‌های رویشی و اندام‌های زایشی می‌شود که نهایتا می‌تواند منجر به کاهش عملکرد ماده خشک گیاه در شرایط محدودیت آب گردد (۹). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد کودهای آلی و زیستی در طی دوره تنش خشکی با افزایش پتانسیل آب برگ، افزایش سرعت مصرف دی‌اکسیدکربن و افزایش میزان تعرق و نیز افزایش میزان جذب آب در واحد زمان و در واحد طول ریشه گیاه میزبان، قادر است اثرات تنش خشکی در گیاه را کاهش دهند (۳۲).



شکل (٦) تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر میانگین فنل کل، فلاونوئید و فعالیت مهار آنتی اکسیدان DPPH

Figure (6) Effect of irrigatation level and fertilizer treatment on total phenol, flavonoid and antioxidant DPPH radical scavenging



شکل (۷) تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر وزن خشک بوته گیاه بادرشبو

Figure (7) Effect of irrigatation level and fertilizer treatment on dry weight of the plant

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این مطالعه، افزایش محتوای پرولین به همراه تاخیر در آبیاری می‌تواند عاملی جهت محافظت از گیاه در برابر تنش‌های محیطی باشد. خسارت اکسیداتیو ناشی از خشکی (مالون دی‌آلدئید و هیدروژن پراکسید) در تیمارهای حاصلخیز کننده خاک کاهش یافت و در تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) نسبت به شرایط کاربرد جداگانه تیمارهای حاصلخیز کننده خاک در سطوح مختلف آبیاری کمتر بود. استفاده تلفیقی ورمی‌کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (V+NFB) و تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست در تمام سطوح مختلف آبیاری بیشترین تاثیر را در افزایش جذب عناصر غذایی، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای رطوبت نسبی برگ، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و وزن خشک بوته بادرشبو نشان داد. از نتایج بدست آمده چنین استنباط می‌شود که اعمال سیستم تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی به همراه تیمار آبیاری مناسب با توجه به افزایش محلول‌های سازگار و تنظیم سیستم‌های آنتی‌اکسیدان، به عنوان یک راهکار مؤثر در جهت اصلاح حاصلخیزی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی در شرایط تنش‌های محیطی، باعث بهبود بسیاری از ویژگی‌ها کمی و کیفی گیاه بادرشبو می‌شود.

References

1. Amirnia, R., Ghiyasi, M., Moghaddam, S.S., Rahimi, A., Damalas, C.A. and Heydarzadeh, S. 2019. Nitrogen-fixing soil bacteria plus mycorrhizal fungi improve seed yield and quality traits of Lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 4(2):1-11.

2. Anriquez, A.L., Silberman, J.E., Nuñez, J.A.D., Albanesi, A.S. 2019. Biofertilizers in argentina. Sustainable Agriculture and Environment, 3(1): 25-32.

3. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24 (1):1-15.

4. Dornald, N. 2005. Official methods of analysis of AOAC (18th Ed), Vol. II. Association of Official Analytical Chemist, Washington DC.

5. Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil, 39 (1): 205-207.

6. Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. Australian Journal of Agricultural Research, 56 (11): 1159-1168.

7. Bowles, T.M., Barrios-Masias, F.H., Carlisle, E.A., Cavagnaro, T.R. and Jackson, L.E. 2016. Effects of arbuscular mycorrhizae on tomato yield, nutrient uptake, water relations, and soil carbon dynamics under deficit irrigation in field conditions. Science of the Total Environment, 56 (2): 1223-1234.

8. Carrubba, A., Latorre, R., and Matranga, M. 2002. Cultivation trials of some aromatic and medicinal plants in a semiarid mediterranean environment. Proceeding of an International Conference on MAP, Budapest, Hungary, Acta Horticulture, 576 (1): 207-213.

9. Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Marè, C., Tondelli, A. and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research, 105(1-2):1-14.

10. Copetta, A., Lingua, G. and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese, Mycorrhiza, 16 (2): 485-494.

11. Ebrahimzadeh, M.A., Navai, S.F., and Dehpour, A.A. 2011. Antioxidant activity of hydroalcholic extract of ferulagummosa Boiss roots. US National Library of Medicinal National Institutes of Health. 15(6): 658-664.

12. Fernandez-Bayo, J.D.; Nogales, R.; Romero, E. 2009. Assessment of three vermicomposts as organic amendments used to enhance diuron sorption in soils with low organic carbon content. Eureopean Journal of Soil Science, 12(3): 22-36.

13. Ghanbarzadeh, Z., Mohsenzadeh, S., Rowshan, V. and Moradshahi, A. 2019. Evaluation of the growth, essential oil composition and antioxidant activity of *Dracocephalum moldavica* under water deficit stress and symbiosis with Claroideoglomus etunicatum and Micrococcus yunnanensis. Scientia Horticulturae, 256 (1): 22-36.

14. Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy, 21(2): 181–192.

15. Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D. and Hemantaranjan, A. 2019. Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. Physiology and molecular biology of plants, 25 (2): 313-326.

16. Horwitz, W. 1984. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

17. Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Dias, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of prolin and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiology and Plant, 84 (1): 55-60.

18. Javan Gholiloo, M., Yarnia, M., Ghorttapeh, A.H., Farahvash, F. and Daneshian, A.M. 2019. Evaluating effects of drought stress and biofertilizer on quantitative and qualitative traits of valerian (*valeriana officinalis* l.). Journal of Plant Nutrition, 3 (2): 1-13.

19. Jia, Z., Tang, M. and Wu, J. 1999. The determination of flavonoid content in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry 64 (2): 555-559.

20. Kalam, S., Das, S.N., Basu, A. and Podile, A.R. 2017. Population densities of indigenous Acidobacteria change in the presence of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in rhizosphere. Journal of basic microbiology, 57(5):376-385.

21. Kamalizadeh, M., Bihamta, M. and Zarei, A. 2019. Drought stress and TiO_2 nanoparticles affect the composition of different active compounds in the Moldavian dragonhead plant. Acta physiologiae plantarum, 41(2): 21-32.

22. Khalafallah, A.A., and Abo-Ghalia, H.H. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. Journal of Applied Sciences Research 4(5): 559-569.

23. Kocira, S., Sujak, A., Kocira, A., Wójtowicz, A. and Oniszczuk, A. 2015. Effect of Fylloton application on photosynthetic activity of Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Agriculture and Agricultural Science Procedia, 7 (2): 108-112.

24. Kocira, S., Sujak, A., Oniszczuk, T., Szparaga, A., Szymanek, M., Karakuła-Juchnowicz, H., Krawczuk, A. and Kupryaniuk, K. 2018. Improvement of the photosynthetic activity of Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) through foliar application of a nitrophenolate–based biostimulant. In BIO Web of Conferences, 3 (2): 14-19.

25. Ladjal, M., Huc, R., and Ducrey, M. 2005. Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability to embolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars, Tree Physiology, 25 (2): 1109 –1117.

26. Lal, P., Chhipa, B.R., and Kumar, A. 1993. Salt Affected Soil and Crop Production: A Modern Synthesis. Agro Botanical Publishers, India. 375p.

27. 27-Lukashe, N.S., Mupambwa, H.A., Green, E. and Mnkeni, P.N.S. 2019. Inoculation of fly ash amended vermicompost with phosphate solubilizing bacteria (Pseudomonas fluorescens) and its influence on vermi-degradation, nutrient release and biological activity. Waste management, 83 (2): 14-22.

28. 28-Mandal, A., Patra, A. K. Singh, D., Swarup, A. and Ebhin Masto, R. (2007). Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages, Bioresource Technology, 98 (1): 3585-3592.

29. Manickavelu, A., Nadarajan, N., Ganesh, S.K., Gnanamalar, R.P. and Babu, R.C. 2006. Drought tolerance in rice: morphological and molecular genetic consideration. Plant Growth Regulation, 50 (2): 121-138.

30. Michalak, A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. Polish Journal of Environmental Studies, 15(4): 25-32.

31. 31-Mohamed, M.F., Thalooth, A.T., Elewa, T.A. and Ahmed, A.G. 2019. Yield and nutrient status of wheat plants (*Triticum aestivum*) as affected by sludge, compost, and biofertilizers under newly reclaimed soil. Bulletin of the National Research Centre, 43(1): 15-20.

32. Muller, V., Lankes, C., Zimmermann, B.F., Noga, G., and Hunsche, M. 2013. Centelloside accumulation in leaves of *Centella asiatica* is determined by resource partitioning between primary and secondary metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium. Journal of Plant Physiology, 17 (13): 1165-1175.

33. Munne, S., and Alegre, L. 1999. Role of dew on the recovery of water stressed *Melissa officinalis* (L.). Journal of Plant Physiology, 154 (5): 759-766.

34. Naghizadeh, M., Kabiri, R., Hatami, A., Oloumi, H., Nasibi, F. and Tahmasei, Z. 2019. Exogenous application of melatonin mitigates the adverse effects of drought stress on morpho-physiological traits

and secondary metabolites in Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica*). Physiology and Molecular Biology of Plants, 25 (4), 881-894.

35. Nguyen, P.M., Kwee, E.M., and Niemeyer, E.D. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. Food Chemistry, 123 (4): 1235-1241.

36. Pankaj, U., Singh, D.N., Singh, G. and Verma, R.K. 2019. Microbial Inoculants Assisted Growth of Chrysopogon zizanioides Promotes Phytoremediation of Salt Affected Soil. Indian journal of microbiology, 59 (2):137-146.

37. Pellegrini E, Hoshika Y, Dusart N, Cotrozzi L, Gérard J, Nali C, Vaultier MN, Jolivet Y, Lorenzini G, Paoletti E. 2019. Antioxidative responses of three oak species under ozone and water stress conditions. Science of the Total Environment. 647 (2): 390-402.

38. Perkin, E. 1982. Analytical methods for atomic absorbtion spectrophotometry.CRC Press.

39. Porcel R, Ruiz-Lozano JM. 2004. Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany, 55 (2): 1743-1750.

40. Rahimi, A., Siavash Moghaddam, S., Ghiyasi, M., Heydarzadeh, S., Ghazizadeh, K., Popović-Djordjević, J. The influence of chemical, organic and biological fertilizers on agrobiological and antioxidant properties of Syrian cephalaria (*Cephalaria syriaca* L.). Agriculture, 9(6): 120-132.

41. Rowell, D.L. 1994. Soil Science: Method and Application. Longman Group, Harlow. p.345.