Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 36, No. 4, Sep.-Oct. 2022, P. 477-491

Effect of Soil Amendments on Physiological Responses of *Lycium depressum* Stocks to Drought Stress

S. Mohammadi[1], A. Sepehry[2], M. Farzam[3*], H. Barani[4]

Received: 16-05-2022
Revised: 14-06-2022
Accepted: 17-08-2022
Available Online: 21-11-2022

How to cite this article:
Mohammadi, S., Sepehry, A., Farzam, M., & Barani, H. (2022). Effect of Soil Amendments on Physiological Responses of *Lycium depressum* Stocks to Drought Stress. *Journal of Water and Soil 36*(4): 477-491. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/JSW.2022.76508.1163

Introduction

The aim of the present study was to investigate the effect of soil conditioners on physiological responses (stomatal resistance, leaf temperature, chlorophyll, percentage of root colonization, carotenoids, proline) of *Lycium depressum* Stocks to drought stress. The experiments were performed in semi-controlled greenhouse conditions.

Materials and Methods

The experiment was conducted as a factorial experiment based on a completely randomized design including the main factor, irrigation at 4 levels (100, 75, 50 and 25% of field capacity) and the sub-factor of soil conditioners. In each combined treatment, 5 repetitions of irrigation and soil remediation and a total of 160 pots were used. Subsoil treatments including hydrogel and nitrobacter, mycorrhiza and zeolite were added to each pot. Five hundred cuttings of the target plant were planted in the greenhouse. The grown cuttings were transferred to the pots where the experiments were carried out. At each irrigation level, 40 pots containing 4 kg of vegetation soil of the target species were considered and the field capacity (FC) of the target soil was determined in the soil laboratory. A total of 160 pots were placed in the greenhouse for testing. The main treatment of the experiment included irrigation levels (100, 75, 50 and 25% of the FC) and sub-treatments of soil conditioners including Stacosorb hydrogel in the amount of 3 grams per kilogram of soil in each pot in the lower part of the plant roots. Zeolite with the industrial name of mineral zeolite (Mineral Zeolite) was added in the amount of 8 grams in each pot in the lower part of the root of the plant. Nitrobacter (a collection of strains of Azotobacter sp, Azospirillum sp and Bacillus sp with the brand name Nitrobacter Diane) was added to the amount of 3 mL in each pot in the upper region of the plant roots. Addition of mycorrhiza (the mycorrhiza used in this experiment was Glomus mosseae and was prepared as soil containing mosseae fungi) in the amount of 10 grams per pot in the lower part of the plant roots. After adding soil conditioners, irrigation was done according to the FC in 4 irrigation levels, in the determined treatments.

Results and Discussion

Measurement of physiological characteristics showed different responses in each of the variables. Carotenoid changes in 50% irrigation showed the lowest value ($p<0.05$) and the control treatment without mycorrhiza showed the highest value in the measurement of chlorophyll and carotenoid at 100 and 75% irrigation levels. The results of measuring colonization percentage, stomatal resistance and leaf temperature showed the lowest value in 25% irrigation. In the control treatment, proline parameters and root colonization percentage increased

1, 2 and 4- Ph.D. Student, Professor and Associated Professor at Department of Rangeland Science, Gorgan University of Agricultural and Natural Resouces, respectively.
3- Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: mjankju@um.ac.ir)

under the influence of drought stress, and stomatal resistance parameters, leaf temperature and chlorophyll decreased under the influence of drought stress. With intensification of drought stress, chlorophyll and carotenoid contents of the plant increased and the amount of proline decreased in Nitrobacter treatment with mycorrhiza, which was significantly different from the control treatment. In the control treatment with mycorrhiza, with increasing drought stress, the leaf temperature increased and the amount of proline decreased, which was different from the control treatment. Aperture resistance decreased from 48 m^2/mol.s at 100% irrigation level to 44 m^2/mol.s at 25% irrigation. The leaf temperature in the hydrogel modifier without mycorrhiza decreased from 26°C at 100% irrigation to 21.57°C at 25% irrigation level. In the treatment of zeolite without mycorrhiza, the amount of chlorophyll b+a increased from 0.6 mg/g at 100% irrigation to 1.20 mg/g at 25% irrigation. The amount of carotenoid in zeolite modifier with mycorrhiza at 100% irrigation level increased from 0.1 mg/g to 0.2 mg/g at 25% irrigation. In the control treatment with mycorrhiza at 100% irrigation level compared to 50% irrigation level, 1.5% increase in root colonization was observed. The amount of proline in mycorrhiza-free hydrogel treatment were 2.77 µmol/g and 2.66 µmol/g at 100% and 50% irrigation levels, respectively. Reduction of proline at 50% irrigation level indicates that the hydrogel modifier has increased the resistance of *Lycium depressum* Stocks to drought stress.

Conclusion

The results of this study showed that the increase in drought causes changes in the physiological function of the plant and the use of soil conditioners under drought stress due to the improvement of the physiological parameters, will increase the resistance of the plant by 50%. Nitrobacter treatments without mycorrhiza, hydrogel and zeolite with mycorrhiza and without mycorrhiza, due to further improvement of physiological parameters, are recommended for plants in nature.

Keywords: Chlorophyll, Colonization, Irrigation, Proline, Stomatal resistance

نشریه آب و خاک
https://jsw.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۴، مهر-آبان ۱۴۰۱، ص. ۴۹۱-۴۷۷

اثر اصلاح کننده‌های خاک بر پاسخ‌های فیزیولوژیک درختچه مرتعی کام تیغ (*Lycium depressum* Stocks) به تنش خشکی

سمانه محمدی[۱] – عادل سپهری[۲]– محمد فرزام[۳*]– حسین بارانی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۶

چکیده

پژوهش حاضر با هدف اثر اصلاح کننده‌های خاک، بر پاسخ‌های فیزیولوژیک (مقاومت روزنه‌ای، دمای برگ، کلروفیل، درصد کلونیزاسیون ریشه، کاروتنوئید، پرولین) درختچه مرتعی کام تیغ (*Lycium depressum* Stocks) به تنش خشکی بود. آزمایش‌ها در شرایط نیمه کنترل شده گلخانه‌ای انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی شامل تیمار اصلی آبیاری در ۴ سطح (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و تیمار فرعی اصلاح‌کننده‌های خاک بررسی شد. تیمارهای فرعی اصلاح کننده‌های خاک شامل هیدروژل و نیتروباکتر، میکوریزا و زئولیت در هر گلدان اضافه شد. در هر تیمار ترکیبی آبیاری و اصلاح کننده خاک ۵ تکرار و در مجموع ۱۶۰ گلدان برای انجام آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. مقدار مقاومت روزنه‌ای از ۴۸ متر مربع در ثانیه بر مول در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد به ۴۴ متر مربع در ثانیه بر مول در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرد. دمای برگ در اصلاح کننده هیدروژل بدون میکوریزا از ۲۶ درجه سانتی‌گراد در آبیاری ۱۰۰ درصد به ۲۱/۵۷ درجه سانتی‌گراد در سطح آبیاری ۲۵ درصد کاهش یافت. در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در اصلاح‌کننده زئولیت بدون میکوریزا مقدار کلروفیل b+a از ۰/۶ میلی‌گرم بر گرم به ۱/۲۰ میلی‌گرم بر گرم در آبیاری ۲۵ درصد افزایش پیدا کرد. مقدار کاروتنوئید در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در اصلاح کننده زئولیت با میکوریزا از ۰/۱ میلی‌گرم بر گرم به ۰/۲ میلی‌گرم بر گرم در آبیاری ۲۵ درصد افزایش یافت. در تیمار شاهد با میکوریزا در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در مقایسه با سطح آبیاری ۵۰ درصد، درصد کلونیزاسیون ریشه ۱/۵ درصد افزایش داشت. مقدار پرولین در تیمار هیدروژل بدون میکوریزا در آبیاری ۱۰۰ درصد ۲/۷۷ میکرومول بر گرم و در سطح آبیاری ۵۰ درصد ۲/۶۶ میکرومول بر گرم اندازه‌گیری شد. کاهش پرولین در سطح آبیاری ۵۰ درصد نشان می‌دهد اصلاح‌کننده هیدروژل باعث افزایش مقاومت گونه *L. depressum* به تنش خشکی شده است. نتایج تحقیق نشان داد افزایش خشکی باعث تغییرات در عملکرد فیزیولوژیک گیاه می‌شود و کاربرد مواد اصلاح‌کننده خاک در شرایط تنش خشکی به دلیل بهبود پارامترهای فیزیولوژیک، باعث افزایش ۵۰ درصدی مقاومت گیاه خواهد شد. تیمارهای نیتروباکتر بدون میکوریزا، هیدروژل و زئولیت با میکوریزا و بدون میکوریزا به دلیل بهبود بیشتر پارامترهای فیزیولوژیک، برای کاشت گیاه در در طبیعت توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پرولین، کلروفیل، کلونیزاسیون، مقاومت روزنه‌ای

۱، ۲، و ۴– به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار گروه مرتع‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳– استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
(*– نویسنده مسئول: Email: mjankju@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/JSW.2022.76508.1163

مقدمه

در سال‌های اخیر، گونه کام تیغ *Lycium depressum* Stocks به عنوان یکی از گونه‌های هدف در برنامه‌های اصلاح و احیاء مراتع شور و قلیایی مورد استفاده قرار گرفته است و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه کام تیغ *L. depressum* مانند تحمل به خشکی و شوری آن را به گیاهی ایده آل برای بیابان‌زدایی و کاهش درجه ی شوری خاک تبدیل کرده است. پوشش گیاهی و تولید زیتوده این اکوسیستم‌ها در حال کاهش است. این موضوع منجر به فرسایش خاک و تغییر در کیفیت خاک شده است (Fedai and Parvizi, 2017).کشت گونه‌های بوته‌ای و درختچه‌ای به عنوان راهکاری مدیریتی برای بهبود عملکرد اکوسیستم‌های مرتعی توسط کشورهای جهان مورد استفاده قرار گرفته است و تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد و استقرار گیاهان در عرصه‌های طبیعی است (Jalali and Khademian, 2021). تنش خشکی با تاثیر روی میزان فتوسنتز گیاه و کاهش رنگریزه‌های فتوسنتزی باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Ehsanzadeh and Gholami, 2018). تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود. (Sheeran and Hertmani, 2021). به منظور بررسی اثر سطوح آبیاری و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژی (Watan Dost *et al*., 2018) نشان دادند که محدودیت آبی عملکرد هدایت روزنه‌ای، محتوای کلروفیل را کاهش و محتوای پرولین را افزایش می‌دهد و کاربرد زئولیت در تمامی سطوح کم آبیاری سبب افزایش طول بوته، طول میوه، عملکرد میوه، کلروفیل و کاروتنوئید شد (Broushki *et al*., 2021). نتایج تحقیق (Agushi and Qajar, 2014) نشان داد کاربرد زئولیت در سطوح مختلف رطوبتی سبب افزایش معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سویا می‌شود. مصرف ۸ گرم زئولیت در یک کیلوگرم خاک علاوه بر تولید عملکرد بالاتر می‌تواند در خاک‌هایی با بافت سبک سبب حفظ و نگهداری رطوبت خاک شود و از کاهش عملکرد جلوگیری نماید. پرولین آزاد بسیاری از گیاهان در پاسخ به پتانسیل پایین آب مثل خشکی و شوری به مقدار زیاد تجمع می‌یابد (Sheeran and Hertmani, 2021) در شرایط کمبود آب تولید پرولین آزاد افزایش می‌یابد که سبب کاهش پتانسیل آبی محلول خاک و افزایش فشار اسمزی شیره سلول می‌شود (Fateh and Surkhi, 2018). ابوالحسنی و همکاران (Abolhasani *et al*., 2018) در نتایج تحقیق خود نشان دادند تثبیت نیتروژن، باعث افزایش جذب عناصر مغذی و همچنین تولید هورمون‌های گیاهی و رشد اندام های هوایی گیاهان شده که با حفاظت ریشه گیاهان از عوامل بیماری‌زا، سبب افزایش کمیت و کیفیت محصولات می‌شود. بروشکی و فاخری (Broushki and Fakheri, 2021) نشان دادند که کاربرد زیولیت سبب افزایش وزن تر و خشک میوه، قطر میوه و تعداد میوه در بوته شد و کم آبیاری اثر کاهشی بر صفات ذکر شده شد. کوهستانی و عسکری (Kohistani and Askari, 2016) به این نتیجه رسیدند کاربرد هیدروژل‌های سوپر جاذب در کاهش اثرات سوء ناشی از تنش خشکی موثر است. نتایج خلیلی و توسلی (Khalili and Tavasli, 2021) نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال و کاربرد توام قارچ و هیدروژل بیش‌ترین مقادیر صفات ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، عملکرد نهایی میوه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوی نسبی آب برگ و کارآیی مصرف آب حاصل شد. مطالعات شریفیان و همکاران (Sharifian *et al*., 2021) نشان داد، برگ گونه کام‌تیغ خصوصیات کیفیت علوفه نسبتاً مناسبی بویژه در بخش فیبر و پروتئین را از خود نشان می‌دهد. شریفیان و همکاران (Sharbati *et al*., 2016) به این نتیجه رسیدند که بذر گونه کام‌تیغ جزء بذور مقاوم در برابر تنش شوری و خشکی است و از این گونه می‌توان در مناطق شور و خشک جهت اصلاح و احیای مراتع استفاده کرد. در مطالعه شریفیان و همکاران (Sharifian *et al*., 2021). گونه کام‌تیغ را به عنوان یکی از گونه‌های مرتعی مقاوم به خشکی و شوری و ارزشمند در مراتع معرفی کردند و این گونه را به عنوان تغذیه‌ای مناسب در رژیم غذایی حیات وحش معرفی کردند.

اثر اصلاح کننده‌های خاک بر پاسخ‌های فیزیولوژیک درختچه مرتعی *L. depressum* برای افزایش آگاهی و دانش در مورد خصوصیات گونه و برنامه‌ریزی جهت عملیات اصلاحی و احیایی ضروری است. یکی از برنامه‌های اصلی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان پیشروی در طرح‌ها و پروژه‌های کشت گونه های مرتعی با حمایت صندوق توسعه ملی برای مقابله با بیابان‌زایی و جلوگیری از گسترش کانون ریزگردها در استان با بکارگیری دامنه متنوعی از گونه‌های مرتعی و غیرمرتعی است. پژوهش حاضر بر روی گونه *L. depressum* با هدف مطالعه تغییرات فیزیولوژیک در مقابل تنش خشکی و بررسی اثر اصلاح‌کننده‌های خاک بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی گونه *L. depressum* در شرایط گلخانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

معرفی گونه هدف

گونه کام‌تیغ (*L. depressum*) را با نام فارسی دیوخار ترکمنی، گیاهی پایا، چندساله، درختچه‌ای خاردار به ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵ متر، صاف و بدون کرک معرفی کردند. کام‌تیغ درختچه‌ای است خزان‌پذیر که تا ۴ متر نیز رشد می‌کند. این گونه‌ها از ویژگی‌های رویشی سریع، سیستم ریشه‌ای خوب توسعه‌یافته و سازگاری گسترده به خشکی و

سرما برخوردار هستند (Sharifian *et al.*, 2021).

برداشت و کاشت قلمه‌ها در گلخانه

این تحقیق در گلخانه دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت. برداشت ۵۰۰ عدد قلمه از ۱۰ پایه مادری گیاه هدف از محل رشد طبیعی آن در اسفند ماه ۹۸ واقع در دانشگاه فردوسی مشهد، در مختصات جغرافیایی ″۲۷/۳ ′۱۸ °۳۶ و ″۲۷/۶ ′۱۸ °۳۶ شمالی و ″۹/۶ ′۳۲ °۵۹ و ″۹/۸ ′۳۲ °۵۹ شرقی انجام شد. قلمه‌ها در گلخانه در داخل گلدان‌های نایلونی حاوی خاک رس قرار گرفت.

طرح آزمایش و سطوح آبیاری

تیمار اصلی آزمایش، سطوح آبیاری شامل: ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد (Haq Nazari *et al.*, 2019). سطوح آبیاری با اندازه‌گیری ظرفیت زراعی خاک رویشگاهی گیاه مورد مطالعه در آزمایشگاه با محاسبه میانگین ظرفیت زراعی تیمار شاهد و تبدیل آن به ظرفیت زراعی تنش اعمال شد. به این روش که با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج، رطوبت ۱۶۰ گلدان در ۴ سطح آبیاری به طور متوالی اندازه‌گیری شدند، با نزدیک بودن میانگین ظرفیت زراعی تیمار شاهد با ظرفیت زراعی تنش، آبیاری انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری این پژوهش با روش طرح آزمایشی پلات‌های خرد شده در مکان، با یک تیمار اصلی (سطوح آبیاری) و یک تیمار فرعی (اصلاح کننده‌های خاک) انجام شد. در هر واحد آزمایش (سطوح آبیاری) تیمار اصلی آزمایش و تیمارهای فرعی، اصلاح‌کننده‌های خاک شامل: میکوریزا، هیدروژل، نیتروباکتر و زئولیت بود. تیمارها شامل: شاهد بدون میکوریزا، شاهد با میکوریزا، هیدروژل بدون میکوریزا، هیدروژل با میکوریزا، زئولیت بدون میکوریزا، زئولیت با میکوریزا، نیتروباکتر بدون میکوریزا، نیتروباکتر با میکوریزا و هر کدام از تیمارها ۵ تکرار و در مجموع ۱۶۰ تکرار بود.

افزودن مواد اصلاح کننده خاک در گلدان‌ها

نیتروباکتر (Kafi *et al.*, 2018) مقدار ۳cc در هر گلدان در ناحیه فوقانی ریشه گیاه کام تیغ اضافه گردید. افزودن هیدروژل (هیدروژل استاکوزورب و به مقدار ۳ گرم در هر کیلوگرم خاک) (Azimi et al., 2017)، زئولیت (با نام صنعتی زئولیت معدنی (Mineral Zeolite) و به مقدار ۸ گرم (Agushi and Qajar, 2014) و افزودن مایکوریزا و به مقدار ۱۰ گرم در هر گلدان (Amirian and Kochaki, 2013) در قسمت تحتانی ریشه درختچه مرتعی کام تیغ اضافه گردید. استفاده از اصلاح‌کننده‌ها به صورت ترکیبی بود.

اندازه‌گیری تغییرات فیزیولوژی گونه *Lycium depressum* Stocks

مقاومت روزنه‌ای و دمای برگ با استفاده از دستگاه Leaf Porometer اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای و دمای برگ قرائت شد. اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید به روش آرنون (۱۹۶۷) انجام گرفت. کلونیزاسیون ریشه قبل و بعد از اعمال تیمارها با روش مالیباری و همکاران (۱۹۸۸) و تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه توسط پردازش تصویر با نرم‌افزار JMV[1] انجام شد. اندازه‌گیری پرولین به روش Bathes (۱۹۷۳) انجام شد. این اندازه‌گیری‌ها بعد از اتمام اعمال سطوح آبیاری به مدت ۶۰ روز انجام گرفت. بدین منظور گونه *L. depressum* از کل ۱۶۰ گلدان آزمایشی به آزمایشگاه انتقال یافت.

نتایج و بحث

پاسخ‌های فیزیولوژیک درختچه مرتعی کام‌تیغ (*Lycium depressum* Stocks) به تنش خشکی

یافته‌های جدول ۱ نشان می‌دهد که بین هر یک از پارامترهای فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در هر یک از مواد اصلاح‌کننده خاک اختلاف معنی‌داری ($p<0.05$) وجود دارد. مقدار مقاومت روزنه‌ای از ۴۸ متر مربع در ثانیه بر مول در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد به ۴۴ متر مربع در ثانیه بر مول در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است، این کاهش نشان می‌دهد که اصلاح کننده نیتروباکتر با میکوریزا در افزایش مقاومت این گونه گیاهی موفق عمل کرده است (شکل ۱).

دمای برگ در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در اصلاح کننده هیدروژل بدون میکوریزا از ۲۶ درجه سانتی گراد به ۲۱/۵۷ درجه سانتی‌گراد در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است. این کاهش دما مربوط به اثر مثبت هیدروژل در پایین نگه داشتن دمای برگ در تنش خشکی است. در تیمار نیتروباکتر بدون میکوریزا نیز کاهش دمای برگ از ۲۷ درجه سانتی‌گراد در آبیاری ۱۰۰ درصد به ۲۲ درجه سانتی‌گراد در آبیاری ۲۵ درصد است که نشان می‌دهد نیتروباکتر در افزایش مقاومت گیاه به خشکی نقش موثری داشته است (شکل ۲).

تغییرات کلروفیل b+a برگ گیاه کام‌تیغ *L. depressum* تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری و مواد اصلاح‌کننده نشان داد در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در اصلاح‌کننده زئولیت بدون میکوریزا مقدار کلروفیل b+a از ۰/۶ میلی‌گرم بر گرم به ۱/۲۰ میلی‌گرم بر گرم در آبیاری ۲۵ درصد افزایش پیدا کرده است. این افزایش نشان می‌دهد زئولیت باعث افزایش مقدار کلرفیل و افزایش مقاومت به تنش

1- *https://jmicrovision.github.io*

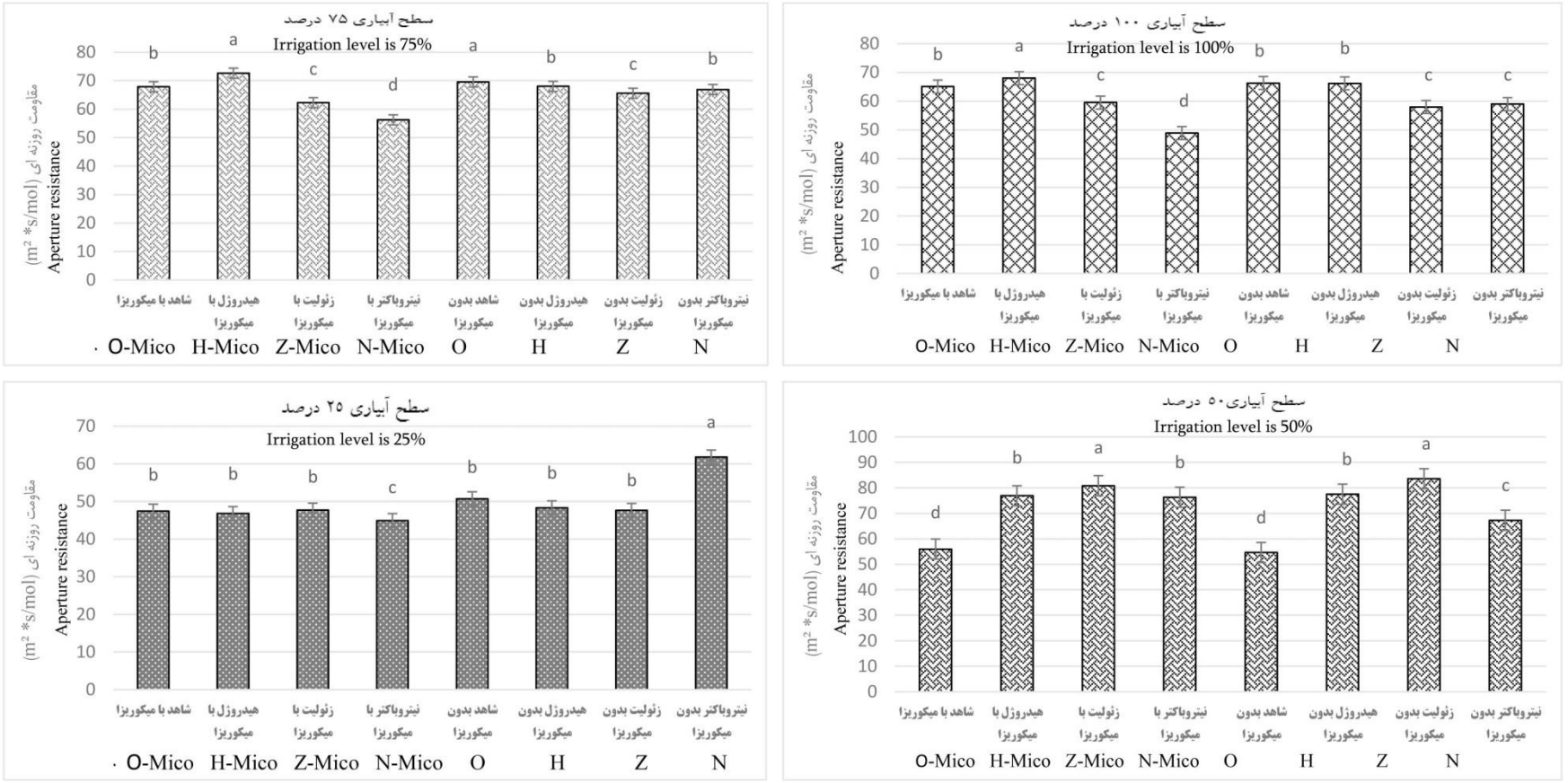
خشکی در گونه مورد مطالعه شده است (شکل ۳).

اندازه‌گیری کاروتنوئید برگ گیاه نشان داد مقدار کاروتنوئید در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در اصلاح کننده زئولیت با میکوریزا از ۰/۱ میلی‌گرم بر گرم به ۰/۲ میلی‌گرم بر گرم در آبیاری ۲۵ درصد افزایش یافته است که نشان دهنده اثر مثبت این اصلاح کننده ترکیبی در گیاه و مقاومت در برابر تنش خشکی شده است (شکل ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس پاسخ‌های رویشی درختچه کام تیغ در ٤ سطح آبیاری

Table 1- ANOVA (mean squares) of the physiological responses of the razor blade shrub in 4 levels of irrigation

مقاومت روزنه‌ای Aperture resistance	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
تیمار Treatment	3	201.355	124.350	618.473	138.552	47.325**	17.191**	67.252**	21.247**
خطا Error	32	4.255	7.233	9.196	6.521				
کل Total	39								
دمای برگ leaf temperature	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
تیمار Treatment	7	2.624	7.162	.143	1.015	1.312**	153.602**	19.764**	102.767**
خطا Error	32	.002	.047	.007	.010				
کل Total	39								
کلروفیل b+a Chlorophyll b+a	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
تیمار Treatment	7	.246	.246	.498	.183	5.882**	5.882**	23.716**	4.389**
خطا Error	32	.042	.042	.021	.042				
کل Total	39								
کاروتنوئید Carotenoid	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
تیمار Treatment	7	.007	.007	.012	.008	4.878**	4.878**	11.964**	19.262**
خطا Error	32	.001	.001	.001	.000				
کل Total	39								
درصد کلونیزاسیون ریشه Root colonization percentage	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
تیمار Treatment	3	1.354	1.354	3.946	1.354	130.068**	130.068**	857.861**	86.653**
خطا Error	16	.010	.010	.010	.002				
کل Total	19								
پرولین Proline	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
تیمار Treatment	7	.025	.025	.019	.023	13.222**	13.936**	3.447**	2.138ns
خطا Error	32	.002	.002	.006	.011				
کل Total	39								

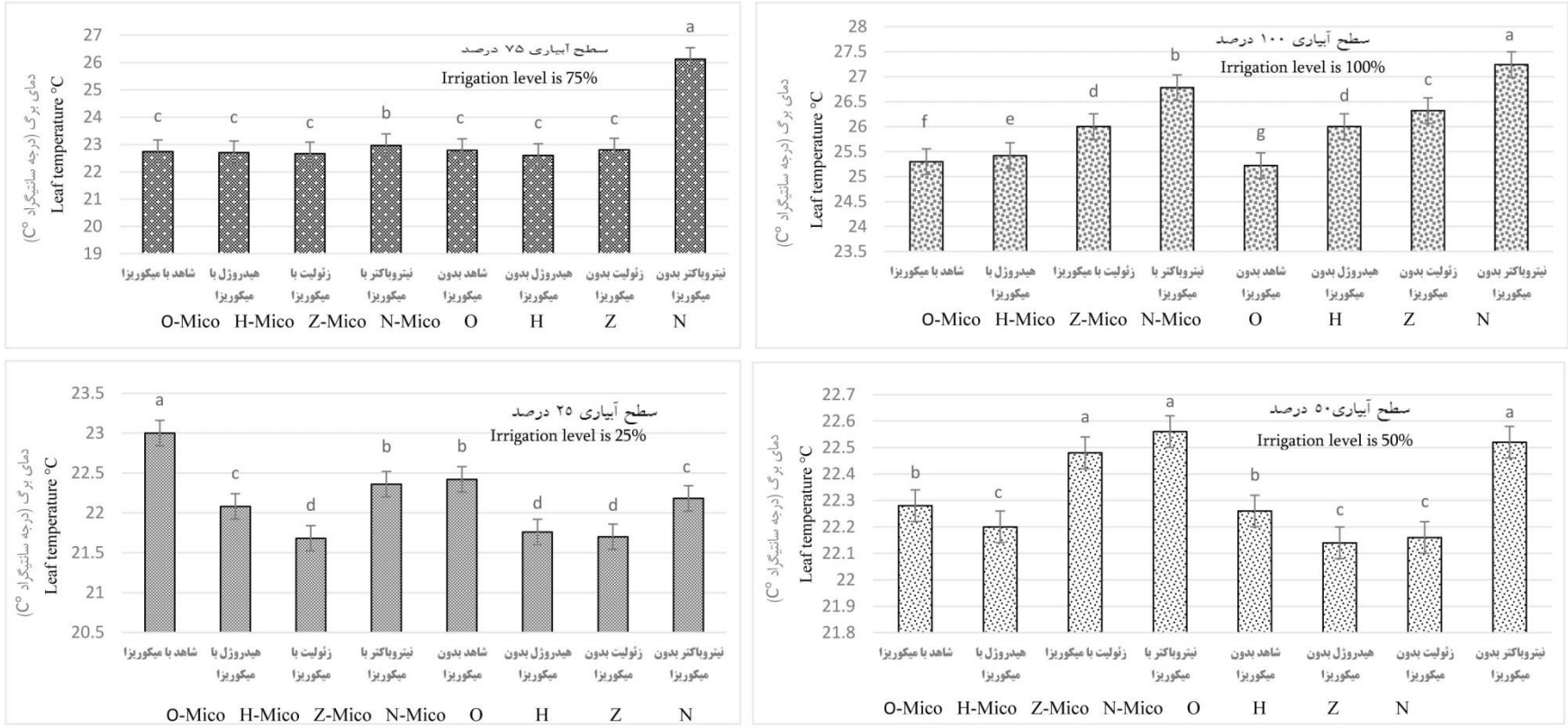


شکل ۱- مقایسه مقاومت روزنه‌ای در اصلاح کننده‌های خاک در ٤ سطح آبیاری

حروف کوچک انگلیسی مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) مابین تیمارها است.

Figure 1- Comparison of stomatal resistance in soil conditioners at 4 irrigation levels

Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments



شکل ۲- مقایسه دمای برگ در اصلاح کننده های خاک در ٤ سطح آبیاری

حروف کوچک انگلیسی مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) مابین تیمارها است.

Figure 2- Comparison of leaf temperature in soil conditioners at 4 irrigation levels

Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments

شکل ۳- مقایسه کلروفیل b+a در اصلاح کننده های خاک در ٤ سطح آبیاری

حروف کوچک انگلیسی مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) مابین تیمارها است.

Figure 3- Comparison of chlorophyll b+a in soil conditioners at 4 irrigation levels

Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments

شکل ٤- مقایسه کاروتنوئید در اصلاح کننده‌های خاک در ٤ سطح آبیاری

حروف کوچک انگلیسی مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) مابین تیمارها است.

Figure 4- Comparison of carotenoids in soil conditioners at 4 irrigation levels

Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments

شکل ۵- مقایسه درصد کلونیزاسیون ریشه در اصلاح کننده‌های خاک در ٤ سطح آبیاری

حروف کوچک انگلیسی مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) مابین تیمارها است.

Figure 5- Comparison of root colonization percentage in soil conditioners at 4 irrigation levels

Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments

شکل ٦- مقایسه پرولین در اصلاح کننده‌های خاک در ٤ سطح آبیاری

حروف کوچک انگلیسی مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) مابین تیمارها است.

Figure 6- Comparison of proline in soil conditioners at 4 irrigation levels

Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments

بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی اندازه‌گیری خصوصیات فیزیولوژی پاسخ‌های متفاوتی در هر یک از متغییرها نشان داد. نتایج تحقیق نشان داد افزایش خشکی باعث تغییرات در عملکرد فیزیولوژیک گیاه می‌شود و کاربرد مواد اصلاح‌کننده خاک در شرایط تنش خشکی به دلیل بهبود پارامترهای فیزیولوژیک، باعث افزایش ۵۰ درصدی مقاومت گیاه به خشکی خواهد شد. در اصلاح‌کننده زئولیت بدون میکوریزا مقدار کلروفیل b+a از ۰/۶ میلی‌گرم بر گرم به ۱/۲۰ میلی‌گرم بر گرم در آبیاری ۲۵ درصد افزایش پیدا کرده است که با نتایج موسوی فر، خزائی و کافی، (Mousavi Far *et al*., 2017) و زهنگ و همکاران (Zhang *et al*., 2018) همخوانی دارد.

در تیمار شاهد با میکوریزا در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در مقایسه با سطح آبیاری ۵۰ درصد، درصد کلونیزاسیون ریشه ۱/۵ درصد افزایش داشته است (Kafi *et al*., 2016) (Ghanbarian and Yazdanpanah, 2017) (Broshki *et al*., 2021). دمای برگ در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در اصلاح کننده هیدروژل بدون میکوریزا از ۲۶ درجه سانتی‌گراد به ۲۱/۵۷ درجه سانتی‌گراد در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است. این کاهش دما مربوط به اثر مثبت هیدروژل در پایین نگه داشتن دمای برگ در تنش خشکی است که با نتایج کوهستانی و عسکری (Kohestani and Askari, 2018) همخوانی دارد. در تیمار نیتروباکتر بدون میکوریزا نیز کاهش دمای برگ از ۲۷ درجه سانتی‌گراد در آبیاری ۱۰۰ درصد به ۲۲ درجه سانتی‌گراد در آبیاری ۲۵ درصد است که نشان می‌دهد نیتروباکتر در افزایش مقاومت گیاه به خشکی نقش موثری داشته است که با نتایج آجوشی و قاجار (Agushi and Qajar, 2014) و زهنگ (Zhang *et al*., 2013) همخوانی دارد.

مقدار کاروتنوئید در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در اصلاح کننده زئولیت با میکوریزا از ۰/۱ میلی‌گرم بر گرم به ۰/۲ میلی‌گرم بر گرم در آبیاری ۲۵ درصد افزایش یافته است (Sheeran and Hertmani, Naji *et al*., 2017; 2021). مقدار مقاومت روزنه‌ای از ۴۸ متر مربع در ثانیه بر مول در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد به ۴۴ متر مربع در ثانیه بر مول در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است، این کاهش نشان می‌دهد که اصلاح کننده نیتروباکتر با میکوریزا در افزایش مقاومت این گونه گیاهی موفق عمل کرده است که با نتایج سجادی و توسلی (Sajadi and Tosali, 2021) همسو است.

مقدار پرولین در تیمار هیدروژل بدون میکوریزا در آبیاری ۱۰۰ درصد ۲/۷۷ میکرومول بر گرم و در سطح آبیاری ۵۰ درصد ۲/۶۶ میکرومول بر گرم است. کاهش پرولین در سطح آبیاری ۵۰ درصد نشان می‌دهد اصلاح کننده هیدروژل باعث افزایش مقاومت گونه *L. depressum* به تنش خشکی شده است که با نتایج عربی و کابوسی (Arabi and Kaboosi, 2014) و فخیمی و معتمدی (Pollini *et al*., 2019; Fakhimi and Motamedi, 2020) همخوانی دارد.

نتایج تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای زیستی هیدروژل، زئولیت، میکوریزا و نیتروباکتر در شرایط تنش خشکی به دلیل بهبود پارامترهای فیزیولوژیک، باعث افزایش ۵۰ درصدی مقاومت گیاه در شرایط کم آبی خواهد شد و تیمارهای نیتروباکتر بدون میکوریزا، هیدروژل و زئولیت با میکوریزا و بدون میکوریزا به دلیل بهبود بیشتر پارامترهای فیزیولوژیک، برای کاشت گیاه در در طبیعت توصیه می شود و استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک و تأثیر آن بر روی تغییرات پاسخ‌های فیزیولوژی گونه نسبت به تنش خشکی موجب تسریع در کشت گونه کام تیغ *L. depressum* و پیش‌بینی رفتارهای فیزیولوژی این گیاه جهت تکثیر در اقلیم استان خراسان رضوی خواهد شد و اداره‌های منابع طبیعی و آبخیزداری و تمامی ارگان‌های مرتبط با کشت گونه کام تیغ *L. depressum* می‌توانند از نتایج این تحقیق به منظور بهبود پروژه‌های کشت استفاده کنند.

منابع

1. Akhani, H., & Ghorbanli, M. (1993). A contribution to the halophytic vegetation and flora of Iran. *Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants* 1: 35-44. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1858-3.
2. Abolhasani, M., Lakzian, A., Joharchi, M. and Jafari, H., Akhgar, A., 1389. The effect of drought stress on the nitrogen fixation system of Sinorhizobium bacteria and the accumulation of compatible metabolites in Alfalfa (*Medicago sativa* sp.) plant, Bami. *Journal of Water and Soil 24*(3): 416-407. (In Persian with English abstract)
3. Agushi, M., Qajar, M., & Bahmanyar, M. (2014). The effect of zeolite application on the quantitative and qualitative performance of soybeans under moisture stress and non-moisture stress conditions. *Journal of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources 22*(2): 173-187.
4. Amrian, M., Yusuf Thani, M., & Kochaki, A. (2014). The effect of inoculation with mycorrhizal species and irrigation levels on growth characteristics, yield, water use efficiency and some traits of corn plants. *Journal of Agricultural Ecology 6*(1): 152-133. (In Persian with English abstract)
5. Arabic, Z., & Kaboosi, K. (2014). The effect of different levels of irrigation and superabsorbent hydrogel on the morphological characteristics, yield and essential oil of anise plant. *Crop Production Journal 8*(4): 59-78. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60847-9.

6. Azimi, S., Khoshrosh, M., Darzi, A., & Abedinpour, M. (2017). Evaluation of the effect of different amounts of natural and artificial soil conditioners on biological performance and grain yield of wheat. *Iran Water and Soil Research 49*(3): 682-673. (In Persian with English abstract)
7. Behrman Sharifian, A., Sepehri, A., & Barani, H. (2021). Investigating the physical and chemical properties of the soil of the habitat of the species of *Lycium depressum* Stocks. in saline and alkaline pastures in the north of Golestan province, Iran, *Journal of Biological Protection Plant Biome 9*(2): 62-47.
8. Binkley, D.A.N., & Giardina, C. (1998). Why do tree species affect soils? The warp and woof of tree-soil interactions. In Plant-induced soil changes. *Processes and feedbacks 8*(3): 89-106.
9. Broushki, M., & Fakheri, B. (2021). Evaluation of the application of zeolite on the quantitative and qualitative characteristics of the medicinal plant Karla in low irrigation conditions. *Iranian Journal of Horticultural Sciences 52*(1): 35-46. (In Persian with English abstract). http://dx.doi.org/10.22059/ijhs.2021.282202.1649.
10. Chamanara, S., & Kazemeini, A. (2016). Efficient multiscale approach for the integration of continuous multi-functional green infrastructure in Tehran city, Iran. *International Journal of Urban Sustainable Development 8*(2): 174-190. https://doi.org/10.1080/19463138.2016.1171773.
11. Ehsanzadeh, P., & Gholami, A. (2018). Physiological, antioxidant and performance response of three fennel genotypes to external application of proline under moisture stress conditions. *Quarterly Journal of Plant Process and Function 8*(4): 1-18. https://doi.org/20.1001.1.23222727.1398.8.32.17.5.
12. Fakhimi, E., & Motamedi, J. (2020). Effect of mining activities on structure and function of rangeland ecosystem using the landscape function analysis. *Journal of Rangeland Science 10*(3): 291-301.
13. Fateh, M., & Surkhi, F. (2018). The effect of drought stress on leaf area index, photosynthesis, stomatal conductance and proline content in two varieties of bean. *Journal of Environmental Stresses in Agricultural Sciences 12*(2): 389-399.
14. Fedai, A., & Parvizi, Y. (2017). The effect of induction of mycorrhizal fungus strains and phosphorus on the growth and phytochemical compounds of cucumber under drought stress conditions. *Quarterly Journal of Medicinal Plants 17*(2): 1-4.
15. Ghanbarian, G., & Yazdanpanah, Z. (2017). Effect of phenological stages on chemical composition of *Platychaete aucheri* Boiss. as an important endemic shrub in Iran. *Iranian Journal of Science and Technology 41*(2): 301-305. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.1007/S40995-016-0032-9.
16. Haq Nazari, F., Ghanbarian, M., Dashtgol, A., & Naseri, V. (2019). Evaluation of sugarcane yield under the influence of irrigation and fertilizer levels. *Agricultural Science Research in Dry Areas 13*(2): 88-95.
17. Jahan, M., & Amiri, M. (2021). The effect of moisture super absorbent hydrogel on yield and some physiological traits of beans, sesame and corn in drought conditions. *Journal of Plant Research 34*(2): 496-510. https://doi.org/20.1001.1.23832592.1400.34.2.16.5.
18. Jalali, G.A., Akbarian, H., Rhoades, C., & Yousefzadeh, H. (2012). The effect of the halophytic shrub *Lycium ruthenium* (Mutt) on selected soil properties of a desert ecosystem in central Iran. *Polish Journal of Ecology 60*(4): 845-850.
19. Jalali, S., & Khademian, R. (2021). Morphological and phytochemical action of dill plant on natural zeolite under drought stress. *Journal of Horticultural Plant Nutrition 4*(1): 31-46.
20. Kafi, M., Ganjali, A., & Abbasi, F. (2016). Review of changes in abscisic acid (ABA) leaf tissue and stomatal resistance in drought-resistant and sensitive genotypes of chickpea (*Cicer arientinum* L.). *Journal of Science, University of Tehran 33*(4): 18-19. (In Persian with English abstract)
21. Kafi, M., Nabati, J., Eskoyan, A., & Eskoyan, A. (2018). Investigating the effect of biological fertilizers on the quality, yield and yield components of two potato varieties. *Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources 9*(2): 84-65. (In Persian with English abstract)
22. Khalili, M., & Tausli, A. (2021). The role of mycorrhizal fungi and hydrogel on water use efficiency and cucumber yield under soilless cultivation conditions. *Journal of Soil-Plant Relations 6*(4): 93-109.
23. Kohestani, Sh., & Askari, N. (2018). Investigating the effect of superabsorbent hydrogels on grain corn yield under drought stress conditions, *Journal of Plant Production* 5(3): 71-78.
24. Mousavifar, A., Khazaei, R., & Kafi, M. (2017). The effect of drought stress on some photosynthetic characteristics of Kochia (*Kochia scoparia* L.) in a greenhouse experiment. *Journal of Environmental Stresses in Agricultural Sciences 11*(3): 603-614. (In Persian with English abstract)
25. Naji, S., Zarei, L., Pourjabali, M., & Mohammadi, R. (2017). The extract of *Lycium depressum* stocks enhances wound healing in streptozotocin-induced diabetic rats. *The International Journal of Lower Extremity Wounds 16*(2): 85-93. https://doi.org/10.1177/1534734617700538.
26. Pollini, L., Rocchi, R., Cossignani, L., Mañes, J., Compagnone, D., & Blasi, F. (2019). Phenol profiling and nutraceutical potential of *Lycium* spp. *Journal of Leaf Extracts Obtained with Ultrasound and Microwave Assisted Techniques 8*(8): 260. https://doi.org/10.3390/antiox8080260.
27. Sajjadi, G., & Tosali, A. (2021). Investigating the effect of hydrogel on increasing drought resistance of the medicinal plant *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research 37*(4): 584-

595. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2021.353010.2924.
28. Sarcheshmepour, M., Friver, M., & Sarmast, M. (2018). The effect of polymers on soil moisture and some growth indicators of corn plants under drought stress conditions. *Journal of Soil Management and Sustainable Production 49*(3): 152-133. (In Persian with English abstract)
29. Sharbati, F., Mohammad Asmeili, M., Bahmanesh, B., & Hosseini, S.A. (2016). Investigating the effect of salinity and drought stress on seed germination of *Lycium depressum* Stock. *Journal of Faculty of Agriculture and Natural Resources 4*(3): 65-72. (In Persian with English abstract)
30. Sharifian Behrman, A., Sepehri, A., & Barani, H. (2021). Investigating the physical and chemical characteristics of the soil of the habitat of the species Kam Tigh in the saline and alkaline pastures of the north of Golestan province. J*ournal of Plant Ecosystem Protection 9*(2): 62-47.
31. Shiran, B., & Hertmani, A. (2021). The effect of mycorrhizal fungus symbiosis on morphological traits, proline and gene expression under drought stress. *Modern Genetics Quarterly 16*(4): 373-385.
32. Watan Dost, H., Sharifi, R., & Farzaneh, S. (2016). Seed filling and the composition of some fatty acids of rapeseed oil (*Brassica napus* L.) with the use of biofertilizers and interruption of irrigation. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production Quarterly 27*(4): 15-22.
33. Zhang, G., Chen, S., Zhou, W., Meng, J., Deng, K., Zhou, H., Hu, N., & Suo, Y. (2018). Rapid qualitative and quantitative analyses of eighteen phenolic compounds from *Lycium ruthenicum* Murray by UPLC-Q-Orbitrap MS and their antioxidant activity. *Journal of Food Chemistry* 269: 150-156.
34. Zhang, T., Kang, Y., & Wan, S. (2013). Shallow sand-filled niches beneath drip emitters made reclamation of an impermeable saline-sodic soil possible while cropping with *Lycium barbarum* L. *Journal of Agricultural Water Management* 119: 54-64. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.12.016.
35. Zhao, J.H., Li, H.X., Zhang, C.Z., Wei, A.N., Yue, Y.I.N., Wang, Y.J., & Cao, Y.L. (2018). Physiological response of four wolfberry (*Lycium* Linn.) species under drought stress. *Journal of Integrative Agriculture 17*(3): 603-612. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62038-6.