Iranian Journal of Range and Desert Research DOI: 10.22092/ijrdr.2023.130624
Vol. 30, No. 3, Page 457-473 (2023)

Effects of irrigation levels and soil properties modifiers on vegetative properties of (*Lycium depressum* stocks) in pot reproduction

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

1*- Corresponding author, PhD in Rangeland Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, E-mail: mohamadisamane@yahoo.com
2- Professor, Department of Rangeland management, Faculty of Rangeland and Watershed, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3- Professor, Department of Rangeland and Watershed, Faculty of Natural Resources and Environment, Mashhad Ferdowsi University, Mashhad, Iran
4- Assistant Professor, Department of Rangeland management, Faculty of Rangeland and Watershed, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received:01/29/2023 Accepted: 12/15/2023

Abstract

Introduction
The present research on Lycium depressum stocks aims to study the vegetative responses (leaf area, leaf specific weight, leaf specific area, dry weight ratio of root to shoot, dry weight of leaf, stem, and root) of the pasture shrub of Kam Tigh against drought stress and the effect of soil amendment on these responses.

Materials and methods
The experiment was conducted in a factorial design based on a completely randomized design, including the main irrigation treatment at four levels (100, 75, 50, and 25% of crop capacity) and sub-treatment of soil conditioners under semi-controlled greenhouse conditions. The experiment involved five repetitions and 160 pots for each combined irrigation and soil amendment treatment. Sub-treatments of soil conditioners, including Stacosorb hydrogel, were added at 3 grams per kilogram of soil in each pot in the lower part of the plant roots. Mineral Zeolite in 8 grams per pot was placed in the lower part of the plant roots. Nitrobacter was added in the amount of 3 cc in each pot in the upper root area of the plant. Mycorrhiza at 10 grams per pot was added to the lower plant roots.

Results and discussion
Generally, a significant difference ($p<0.05$) was observed in all irrigation levels between the treatments in each soil amendment material. In zeolite with mycorrhiza, the highest stem dry weight and leaf-specific weight were obtained at a 50% irrigation level. With the increase in leaf-specific gravity and drought stress, plant dry weight increased, and proline content decreased in Nitrobacter and mycorrhizal treatment, which differed from the treatment. Measurements of leaf area revealed that leaf area decreased from 1450 mm2 in 100% and 75% irrigation to 900 mm2 in 25% irrigation.

This indicated the impact of drought stress on the leaf area. The highest specific weight of leaves at 25% irrigation was related to Nitrobacter with mycorrhiza. This modifier increased the specific weight of leaves from 0.0025 g/m2 at 100% irrigation level to 0.0028 g/m2 at 25% irrigation level. Leaf surface area in Nitrobacter treatment with mycorrhiza during 100% irrigation decreased from 400 mm2/g to 350 mm2/g during 25% irrigation. In hydrogel treatment without mycorrhiza, the dry weight ratio of root to shoot at 100% irrigation level declined from 2 grams to 1.4 grams in 25% irrigation. The dry weight of the leaf decreased from 1.4 g in 100% irrigation to 1.3 g in 25% irrigation.

Conclusions

Biofertilizers enhance plant resistance to drought stress by improving vegetative characteristics. Nitrobacter treatments without mycorrhiza, hydrogel, and zeolite with mycorrhiza are recommended for planting this plant due to improved growing conditions. Since the Kam Tig plant is considered a medicinal plant, it can be used as a soil conditioner in the pharmaceutical and medical industries. This will enable better cultivation of the species. All organizations related to the cultivation of Kam Tig species can use the results of this research to enhance cultivation projects.

Keywords: Drought stress, Hydrogel, Mycorrhiza, Nitrobacter, Zeolite.

بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی و مواد اصلاح‌کننده خاک بر خصوصیات رویشی درختچه مرتعی کام‌تیغ (*Lycium depressum* Stocks) در تکثیر گلدانی

سمانه محمدی[۱*]، عادل سپهری[۲]، محمد فرزام[۳] و حسین بارانی[۴]

۱*- نویسنده مسئول، دکتری علوم و مهندسی مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، پست الکترونیک:Mohamadisamane@yahoo.com

۲- استاد، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۴- دانشیار، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۴

چکیده

مقدمه

این پژوهش بر روی گونه کام‌تیغ (*Lycium depressum* Stocks) با هدف مطالعه پاسخ‌های رویشی (سطح برگ، وزن مخصوص برگ، سطح ویژه برگ، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه) درختچه مرتعی کام‌تیغ در مقابل تنش خشکی و اثر اصلاح‌کننده‌های خاک بر پاسخ‌های رویشی انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی شامل تیمار اصلی آبیاری در ۴ سطح (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و تیمار فرعی اصلاح‌کننده‌های خاک در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. در هر تیمار ترکیبی آبیاری و اصلاح‌کننده خاک ۵ تکرار و در مجموع ۱۶۰ گلدان برای انجام آزمایش استفاده شد. تیمارهای فرعی اصلاح‌کننده‌های خاک شامل هیدروژل استاکوزورب به مقدار ۳ گرم در هر کیلوگرم خاک در هر گلدان در قسمت تحتانی ریشه گیاه اضافه شد. Mineral Zeolite به مقدار ۸ گرم در هر گلدان در قسمت تحتانی ریشه گیاه قرار گرفت. نیتروباکتر به مقدار 3 cc در هر گلدان در ناحیه فوقانی ریشه گیاه اضافه شد. افزودن میکوریزا به مقدار ۱۰ گرم در هر گلدان در قسمت تحتانی ریشه گیاه اضافه شد.

نتایج

به‌طورکلی در تمام سطوح آبیاری بین تیمارها در هریک از مواد اصلاح‌کننده خاک اختلاف معنی‌داری ($p<0.05$) دیده شد. در تیمار زئولیت با میکوریزا بیشترین مقدار در وزن خشک ساقه و وزن مخصوص برگ با سطح آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد. با افزایش تنش خشکی وزن مخصوص برگ و وزن خشک ساقه گیاه در تیمار نیتروباکتر با میکوریزا افزایش و مقدار پرولین کاهش یافت که با تیمار شاهد متفاوت بود. اندازه‌گیری سطح برگ نشان داد که سطح برگ از ۱۴۵۰ میلی‌متر مربع در سطح آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد به ۹۰۰ میلی‌متر مربع در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرد که نشان‌دهنده تأثیر تنش خشکی بر سطح برگ بود. بیشترین مقدار وزن مخصوص برگ در سطح آبیاری ۲۵ درصد مربوط به نیتروباکتر با میکوریزا بود و این اصلاح‌کننده باعث افزایش وزن مخصوص برگ از مقدار ۰/۰۰۲۵ گرم بر مترمربع در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد به ۰/۰۰۲۸ گرم بر مترمربع در سطح آبیاری ۲۵ درصد شد. سطح ویژه برگ در تیمار نیتروباکتر با میکوریزا در آبیاری

۱۰۰ درصد از ۴۰۰ میلی‌متر مربع بر گرم به ۳۵۰ میلی‌متر مربع بر گرم در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است. نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در تیمار هیدروژل بدون میکوریزا از مقدار ۲ گرم به ۱/۴ گرم در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرد. مقدار وزن خشک برگ از ۱/۴ گرم در آبیاری ۱۰۰ درصد به ۱/۳ گرم در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای زیستی به دلیل بهبود خصوصیات رویشی، مقاومت گیاه را در شرایط تنش خشکی افزایش می‌دهد. تیمارهای نیتروباکتر بدون میکوریزا، هیدروژل و زئولیت با میکوریزا به دلیل بهبود شرایط رویشی، برای کاشت این گیاه توصیه می‌شود. از آنجایی که گیاه کام‌تیغ گیاهی دارویی محسوب می‌شود، می‌توان با کاربرد اصلاح‌کننده‌های خاک برای کشت بهتر گونه در صنعت داروسازی و پزشکی مورد استفاده قرار داد و تمام ارگان‌های مرتبط با کشت گونه کام‌تیغ می‌توانند از نتایج این تحقیق به منظور بهبود پروژه‌های کشت استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، زئولیت، هیدروژل، میکوریزا، نیتروباکتر.

مقدمه

شرایط کم آبی حاکم بر کشور، به‌ویژه در مناطقی مانند استان خراسان رضوی، شناخت گیاهانی سازگار به کم آبی و بکارگیری روش‌هایی برای مصرف بهینه آب، ضروری به نظر می‌رسد (Binkley *et al*., 1998). کارایی مصرف آب یکی از فاکتورهای مهم مدیریتی و شاخص بهره‌وری میزان آب مصرف شده است و در به‌کارگیری تصمیم‌های مدیریتی بسیار مؤثر و راهگشا خواهد بود (Arabic and kabosi, 2014). مصرف کودهای زیستی در گیاهان، احتمال وجود اثرهای منفی تنش خشکی را روی کیفیت آنها کاهش می‌دهد (Fedai and Parvizi, 2017). پلیمرهای سوپر جاذب به عنوان جاذب آب برای مقابله با تنش کم آبی و کاهش اثرهای سوء تنش خشکی در گیاهان اهمیت به‌سزایی دارد (Jalali and Khademian, 2021). برای افزایش بهره‌وری آب، علاوه بر تلاش برای بهبود شرایط خاک از نظر افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، اصلاح روش‌های آبیاری نیز باید در دستورکار قرار گیرد (Khalili and Tavasli, 2021). Chamanara و Kazemeini (۲۰۱۶) گونه کام‌تیغ را به عنوان یکی از گونه‌های مرتعی مقاوم به خشکی و شوری معرفی کردند و به عنوان تغذیه‌ای مناسب در رژیم غذایی حیات‌وحش محسوب می‌شود. ویژگی‌های مورفولوژیکی خاص جنس دیوخار به‌ویژه مقاومت آن نسبت به شوری و خشکی باعث شده تا گونه‌های این جنس برای جلوگیری از بیابان‌زایی و بهبود شوری و قلیائیت خاک استفاده شود (Kafi *et al*., 2018). Sarcheshmehpur و Sarmast (۲۰۱۸) گزارش کردند، تنش خشکی در طول دوره رویشی، منجر به کاهش تعداد برگ، ارتفاع ساقه، وزن‌تر و خشک ساقه و وزن خشک ریشه می‌شود و در مقابل کاربرد هیدروژل استاکوزورب در غلظت یک درصد منجر به بهبود نسبی ارتفاع، وزن‌تر و خشک ساقه ذرت شد. در مطالعه شریفیان و سپهری (۱۴۰۰) گونه کام‌تیغ به عنوان یکی از گونه‌های مرتعی مقاوم به خشکی و شوری و ارزشمند در مراتع معرفی شده است و بیان شده این گونه از فرسایش زمین جلوگیری کرده و به عنوان تغذیه‌ای مناسب در رژیم غذایی حیات‌وحش محسوب می‌گردد و برگ گونه خصوصیات کیفیت علوفه نسبتاً مناسبی به‌ویژه در بخش فیبر و پروتئین دارد. در معرفی گونه‌های پاییزه کویرهای ایران (تهران، کاشان، یزد، بافق، طبس، ابرقو، آباده، اصفهان، باتلاق گاوخونی، حاشیه کویر مرکزی ایران، سمنان، سبزوار، کاشمر)، کام‌تیغ را یکی از گونه‌های کویری گزارش کردند (Sharifian *et al*., 2019). نتایج Jian (۲۰۱۶) نشان داد که سطوح آبیاری بر روی خصوصیات رویشی گیاه شامل ارتفاع، سطح برگ، وزن مخصوص برگ، وزن‌تر و خشک برگ و شاخه اثر معنی‌داری

دارد. نتایج تحقیق Agushi و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد 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 کند. Hertmani و Sheeran (۲۰۲۱) نشان دادند با تلقیح قارچ میکوریزا درصد و عملکرد اسانس آویشن به‌ترتیب ۳۰/۸۶ و ۱۱/۹۵ درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش می‌یابد. Amrian و et al (۲۰۱۴) در تحقیق خود نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، میزان نیتروژن، فسفر و پی‌اچ خاک متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کاربرد سوپرجاذب رطوبت بود. نتایج Tavasli و Khalili (۲۰۲۱) نشان داد که کاربرد توأم قارچ و هیدروژل باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، عملکرد نهایی میوه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای نسبی آب برگ و کارآیی مصرف آب شد. Sepehri و Sharifian (۲۰۱۹) به این نتیجه رسیدند که برگ گونه خصوصیات کیفیت علوفه نسبتاً مناسبی به‌ویژه در بخش فیبر و پروتئین از خود نشان می‌دهد. نتایج Khademian و Jalali (۲۰۲۱) نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی صفات ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن‌تر و خشک بوته، تعداد چتر و وزن هزار دانه نسبت به شاهد ۳۶ درصد کاهش و طول ریشه ۷۳ درصد افزایش یافت. نتایج kabosi و Arabic (۲۰۱۴) نشان داد که کاربرد هیدروژل تأثیر مثبت و معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی نهال‌ها شامل ارتفاع نهال، وزن‌تر و خشک اندام هوایی، وزن‌تر و خشک ریشه و طول ریشه داشت.

یکی از برنامه‌های اصلی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی، پیشروی در طرح‌ها و پروژه‌های کشت گونه‌های 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 (اداره مرتع و بیابان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان، ۱۴۰۱). با توجه به مسئله مطرح‌شده و با درنظرگیری اینکه گونه کام‌تیغ جزء گونه‌های هدف کشت در مراتع استان است، این مطالعه با هدف افزایش دانش در مورد ویژگی‌های گونه، به بررسی خصوصیات رویشی گونه کام‌تیغ پرداخته است. این پژوهش بر روی گونه Lycium depressum Stocks با هدف مطالعه تغییرات خصوصیات رویشی (سطح برگ، وزن مخصوص برگ، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی، سطح ویژه برگ، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه) در مقابل تنش خشکی و بررسی اثر اصلاح‌کننده‌های خاک بر پاسخ‌های رویشی گونه *L.depressum* در شرایط گلخانه‌ای انجام شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

محل انجام این تحقیق گلخانه دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد است. در اسفندماه ۵۰۰ عدد قلمه از ۱۰ پایه مادری گیاه هدف از محل رشد طبیعی آن 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 برداشت شد. تیمار اصلی آزمایش، سطوح آبیاری شامل: ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد.

روش تحقیق

سطوح آبیاری با اندازه‌گیری ظرفیت زراعی خاک رویشگاهی گیاه مورد مطالعه در آزمایشگاه و 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 به‌طور متوالی اندازه‌گیری گردید، با نزدیک بودن میانگین ظرفیت زراعی تیمار شاهد با ظرفیت زراعی تنش، آبیاری 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 ۵ تکرار و در مجموع ۱۶۰ تکرار بود. اندازه‌گیری پارامترها بعد از گذشت ۶ ماه و بعد از اعمال تنش خشکی، در مهرماه انجام شد.

افزودن هیدروژل (هیدروژل استاکوزورب به‌مقدار ۳ گرم در هر کیلوگرم خاک) (Azimi *et al.*, 2017)، زئولیت (با نام صنعتی زئولیت معدنی (Mineral Zeolite) به‌مقدار ۸ گرم (Agushi and Qajar, 2014) و افزودن مایکوریزا به‌مقدار ۱۰ گرم در هر گلدان (Amrian *et al.*, 2014) در قسمت تحتانی ریشه درختچه مرتعی کام‌تیغ انجام شد. نیتروباکتر (Kafi *et al.*, 2018) مقدار ۳cc در هر گلدان در ناحیه فوقانی ریشه گیاه کام‌تیغ اضافه گردید. اندازه‌گیری شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه Leaf Area meter و نرم‌افزارLeaf area.exe (پیرس ۲۰۱۷) انجام شد. وزن مخصوص برگ را با استفاده از رابطه SLW=DWL/LA که LA سطح برگ و DWL وزن خشک برگ است. سطح ویژه برگ را با استفاده از رابطه / LA = DWL (سطح ویژه برگ) که LA سطح برگ و DWL وزن خشک برگ می‌باشد. برای اندازه‌گیری نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی، وزن خشک نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و با ترازو وزن شد. برای اندازه‌گیری، وزن خشک نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و با ترازو وزن گردید. تجزیه‌وتحلیل آماری به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی شامل تیمار اصلی آبیاری در ۴ سطح (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و تیمار فرعی اصلاح‌کننده‌های خاک و در شرایط نیمه کنترل شده گلخانه‌ای انجام شد و اختلاف بین تیمارها با استفاده از روش دانکن بررسی گردید.

نتایج

پاسخ‌های رویشی گونه کام‌تیغ (*L.depressum*) به سطوح آبیاری و مواد اصلاح‌کننده خاک

یافته‌های جدول (۱) نشان می‌دهد که بین سطح برگ در هریک از مواد اصلاح‌کننده خاک اختلاف معنی‌داری ($p<0.05$) وجود دارد. نتایج شکل (۱) نشان می‌دهد با وجود افزایش سطح برگ با استفاده از اصلاح‌کننده زئولیت بدون میکوریزا در ۴ سطح آبیاری، سطح برگ از mm^2 ۱۴۵۰ در سطح آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد به mm^2 ۹۰۰ در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است که نشان‌دهنده تأثیر تنش خشکی بر سطح برگ گونه *L.depressum* است.

شکل (۲) نشان می‌دهد که کمترین مقدار وزن مخصوص برگ در سطح آبیاری ۵۰ درصد مربوط به اصلاح‌کننده هیدروژل با میکوریزا می‌باشد. بیشترین مقدار وزن مخصوص برگ در سطح آبیاری ۲۵ درصد مربوط به نیتروباکتر با میکوریزا است و این اصلاح‌کننده باعث افزایش وزن مخصوص برگ از مقدار $W.A^{-2}$ ۰/۰۰۲۵ در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد به $W.A^{-2}$ ۰/۰۰۲۸ در سطح آبیاری ۲۵ درصد شده است که نشان‌دهنده تأثیر مثبت این اصلاح‌کننده خاک در افزایش مقاومت به خشکی در گونه *L.depressum* است.

جدول (۱) نشان می‌دهد بین سطح ویژه برگ در هریک از مواد اصلاح‌کننده خاک اختلاف معنی‌داری ($p<0.05$) وجود دارد. کمترین مقدار سطح ویژه برگ در سطح آبیاری ۵۰ درصد مربوط به اصلاح‌کننده زئولیت با میکوریزا می‌باشد. مقدار سطح ویژه برگ در تیمار نیتروباکتر با میکوریزا در آبیاری ۱۰۰ درصد از ۴۰۰ میلی‌متر مربع بر گرم به ۳۵۰ میلی‌متر مربع بر گرم در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است (شکل ۳).

همانطور که جدول (۱) نشان می‌دهد بین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در هریک از مواد اصلاح‌کننده خاک اختلاف معنی‌داری ($p<0.05$) وجود دارد. در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد متغیر نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی کمترین مقدار را در اصلاح‌کننده نیتروباکتر بدون میکوریزا و بیشترین مقدار را در تیمار هیدروژل بدون میکوریزا نشان می‌دهد.

جدول۱- تجزیه واریانس پاسخ های رویشی درختچه کام تیغ در ۴ سطح آبیاری

Table 1- ANOVA (mean squares) of the vegetative responses of the *Lycium depressum* shrub in 4 levels of irrigation

The dry weight ratio of root to shoot	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
Treatment	7	.229	.229	.114	.045	32.655**	33.451**	12.702**	13.952**
Error	32	.007	.007	.009	.003				
Total	39								

Leaf dry weight	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
Treatment	3	.215	.215	.016	.062	76.207**	76.207**	33.275**	136.729**
Error	16	.003	.003	.000	.000				
Total	19								

Root dry weight	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
Treatment	7	1.839	1.839	2.965	2.072	1.676**	1.676**	2.761**	3.742**
Error	32	.001	.001	.001	.001				
Total	39								

Leaf specific weight	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
Treatment	7	.000	.000	.000	.000	93.103**	97.107**	141.248**	198.847**
Error	32	.000	.000	.000	.000				
Total	39								

leaf Area	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
Treatment	3	840089.030	840089.030	132155.152	187298.333	24.690**	24.690**	644.267**	410.847**
Error	32	34026.044	34026.044	205.125	455.883				
Total	39								

Leaf Specific surface	df	MS				F			
		100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
Treatment	7	445798.789	614047.371	95796.618	121301.933	24.262**	24.187**	319.188**	195.382**
Error	32	18374.476	25387.843	300.126	620.845				
Total	39								

در سطح آبیاری ۲۵ درصد کمترین مقدار مربوط به زئولیت با میکوریزا و نیتروباکتر با میکوریزا است. نتایج شکل (۴) نشان می‌دهد نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری در تیمار هیدروژل بدون میکوریزا از مقدار ۲ گرم به ۱/۴ گرم در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است که نشان‌دهنده تأثیر خشکی بر گونه *L.depressum* است. شکل (۵) نشان می‌دهد با وجود افزایش وزن خشک برگ در تیمار شاهد بدون میکوریزا با آبیاری ۲۵ درصد، مقدار وزن خشک برگ از ۱/۴ گرم در آبیاری ۱۰۰ درصد به ۱/۳ گرم در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است که تأثیر تنش خشکی در گونه *L.depressum* است.

جدول (۱) نشان می‌دهد بین وزن خشک ریشه در هریک از مواد اصلاح‌کننده خاک اختلاف معنی‌داری ($p<0.05$) وجود دارد. در سطح آبیاری ۲۵ درصد بیشترین مقدار در اصلاح‌کننده هیدروژل

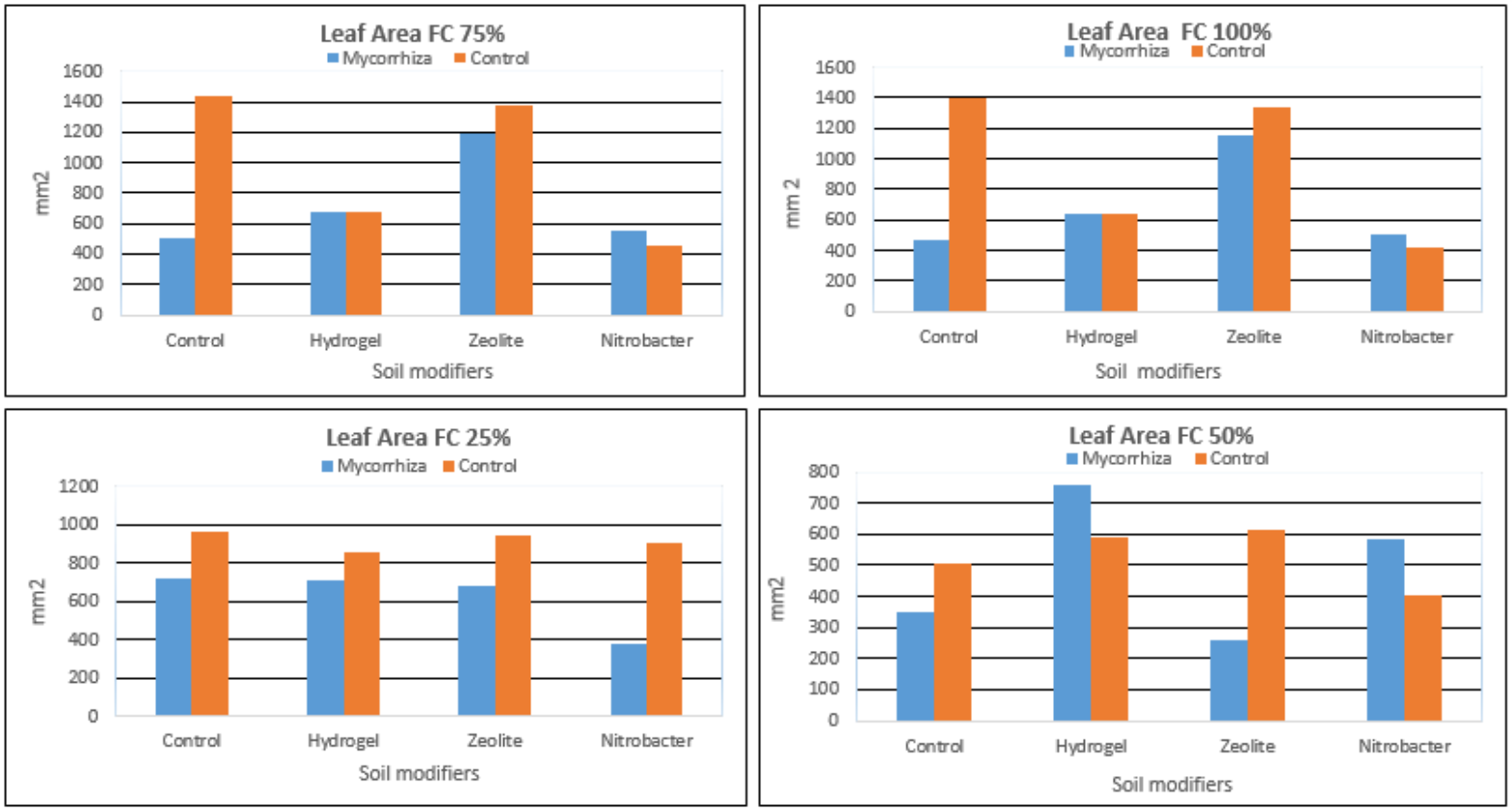
بدون میکوریزا با مقدار ۲/۸ گرم است. در سطح آبیاری ۵۰ درصد بیشترین مقدار را در تیمار زئولیت بدون میکوریزا با مقدار ۴/۴ گرم و کمترین مقدار را در تیمار نیتروباکتر بدون میکوریزا با مقدار ۲/۲ گرم نشان می‌دهد. در سطح آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ درصد بیشترین مقدار را در اصلاح‌کننده زئولیت با میکوریزا و کمترین مقدار را در تیمار نیتروباکتر بدون میکوریزا نشان می‌دهد. عدم تفاوت مقدار وزن خشک ریشه در آبیاری ۱۰۰ درصد نسبت به آبیاری ۲۵ درصد در تیمار هیدروژل بدون میکوریزا نشان می‌دهد که هیدروژل در شرایط افزایش تنش خشکی، باعث افزایش مقاوت گیاه *L.depressum* شده است (شکل ۶).

جدول۲- آنالیز واریانس سطوح آبیاری، مواد اصلاح کننده خاک و اثرات متقابل مواد اصلاح کننده خاک و سطوح آبیاری

Table 2- ANOVA (mean squares) of irrigation levels, soil amendment materials and mutual effects of soil amendment materials and irrigation levels.

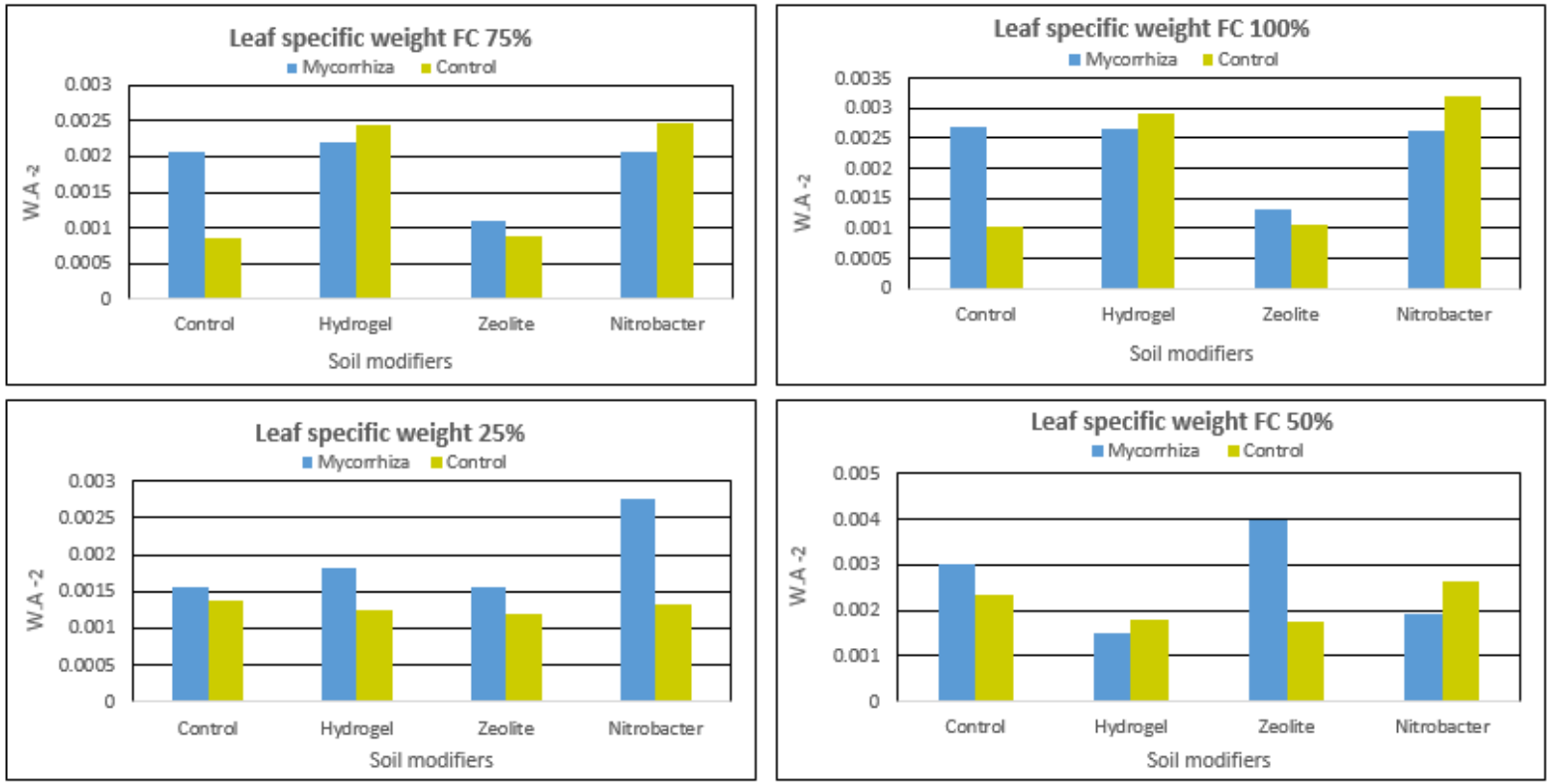
The dry weight ratio of root to shoot	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p
Irrigation (I)	4.05477	3	1.35159	365.3	0.000
Soil Modifier (S)	2.04084	7	0.291549	27.18	0.000
I × S	2.28203	21	0.108668	19.97	0.000
leaf Area	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p
Irrigation (I)	3.06E+06	3	1.02E+06	64.62	0.000
Soil Modifier (S)	7.61E+06	7	1.09E+06	34.88	0.000
I × S	6.38E+06	21	303999	28.59	0.000
Root dry weight	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p
Irrigation (I)	66.1487	3	22.0496	2.20E+04	0.000
Soil Modifier (S)	31.8312	7	4.54732	3365	0.000
I × S	29.1754	21	1.38931	2008	0.000
Leaf dry weight	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p
Irrigation (I)	3.25253	3	1.08418	1072	0.000
Soil Modifier (S)	1.63819	7	0.234027	68.15	0.000
I × S	1.92254	21	0.0915496	86.61	0.000
Leaf specific weight	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p
Irrigation (I)	1.50E-05	3	5.00E-06	277.4	0.000
Soil Modifier (S)	2.74E-05	7	3.91E-06	139.8	0.000
I × S	4.97E-05	21	2.37E-06	113.5	0.000

***: اثرهای متقابل در هیچ یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار نیست.**



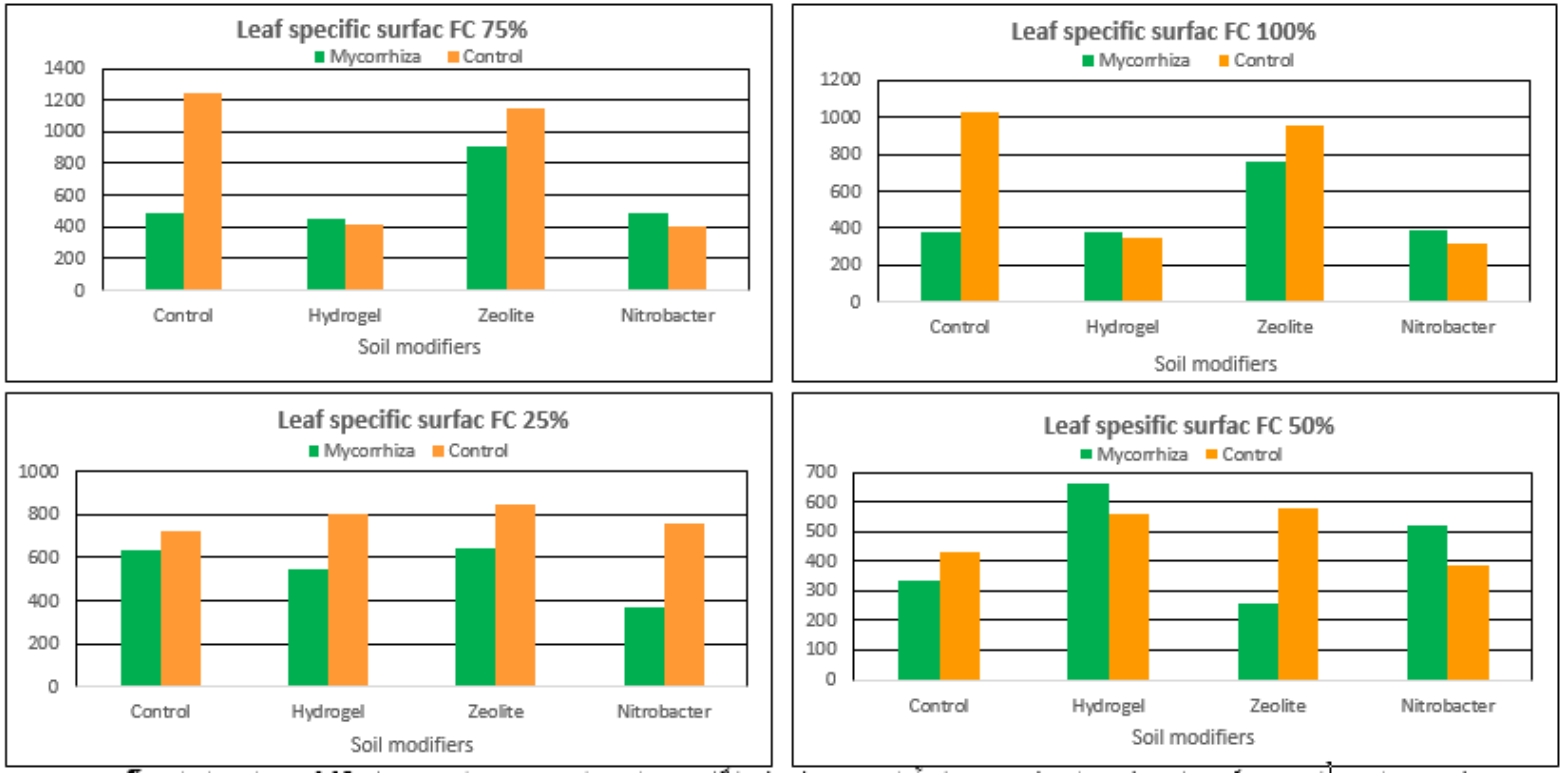
شکل ۱- مقایسه سطح برگ در اصلاح کننده های خاک در ۴ سطح آبیاری- حروف کوچک انگلیسی مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) مابین تیمارها است.

Figure 1-Comparison of leaf area in soil modifiers at 4 irrigation levels
Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments



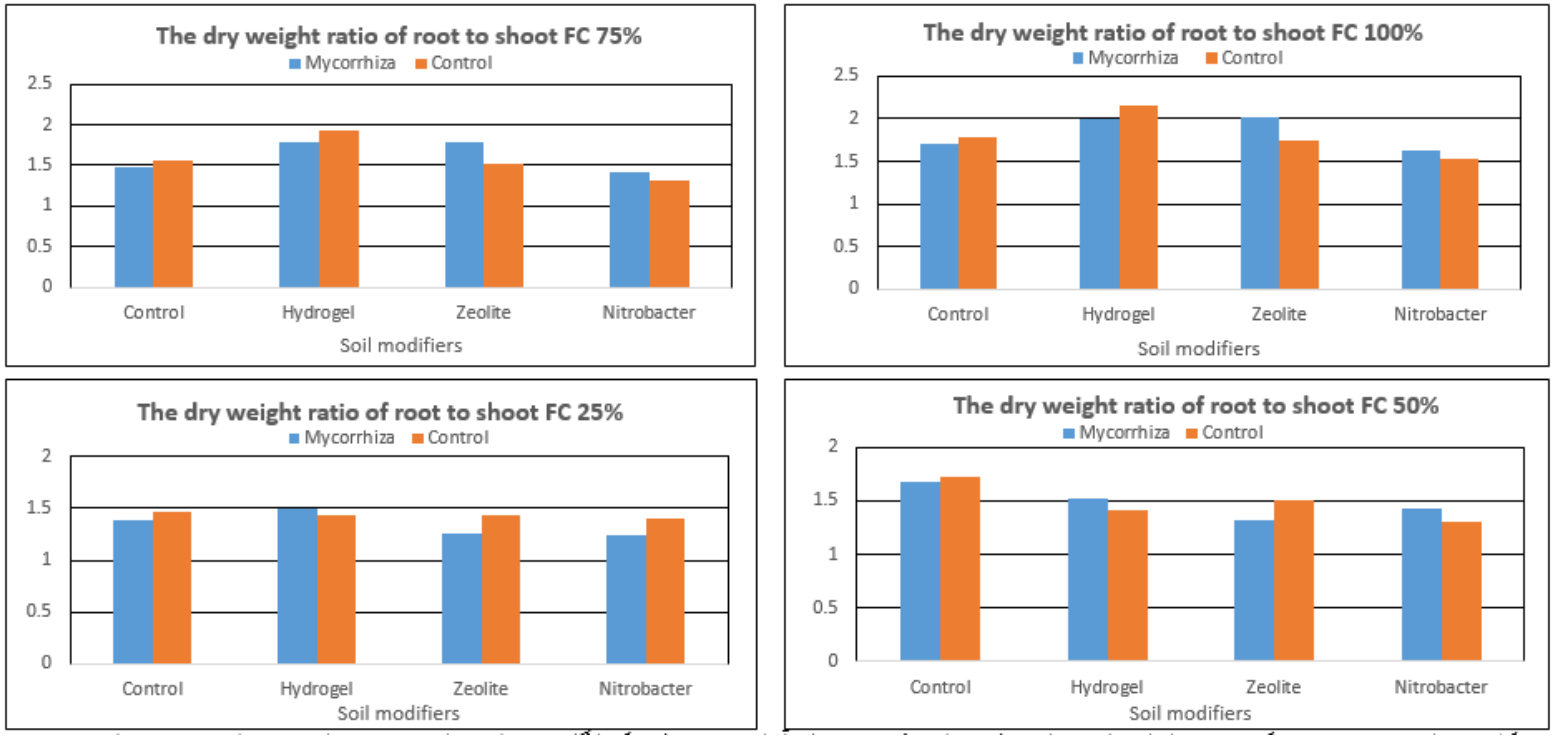
شکل ۲- مقایسه وزن مخصوص برگ در اصلاح‌کننده‌های خاک در ۴ سطح آبیاری، حروف کوچک انگلیسی مشابه، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) میان تیمارهاست.

Figure 2- Comparison of leaf specific weight in soil conditioners at 4 irrigation levels
Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments



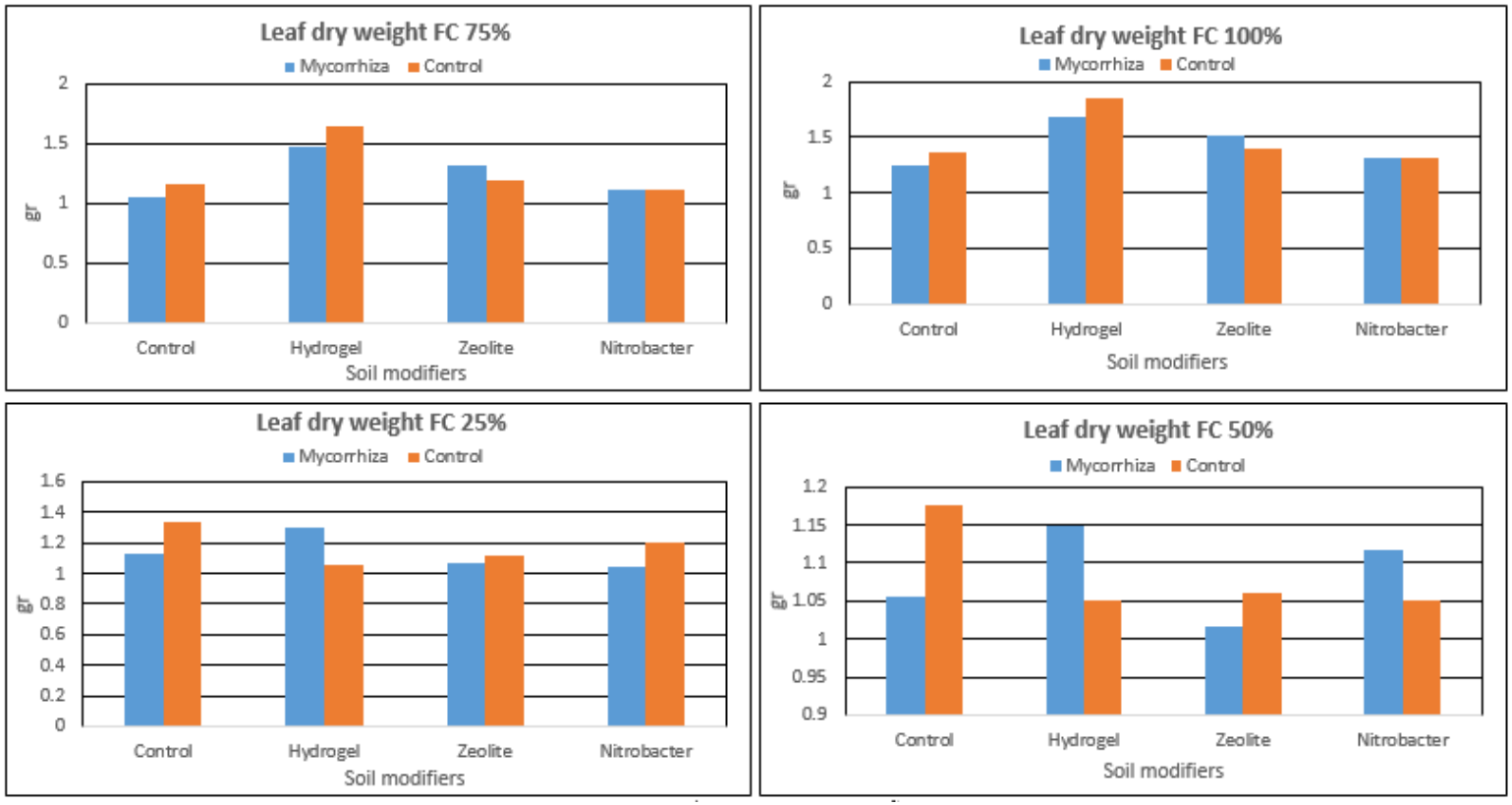
شکل ۳- مقایسه سطح ویژه برگ در اصلاح‌کننده‌های خاک در ۴ سطح آبیاری،حروف کوچک انگلیسی مشابه، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار (***p<0.05***) میان تیمارهاست.

Figure 3- Comparison of specific leaf area in soil conditioners at 4 irrigation levels
Similar English lowercase letters indicate no significant difference (*p<0.05*) between treatments



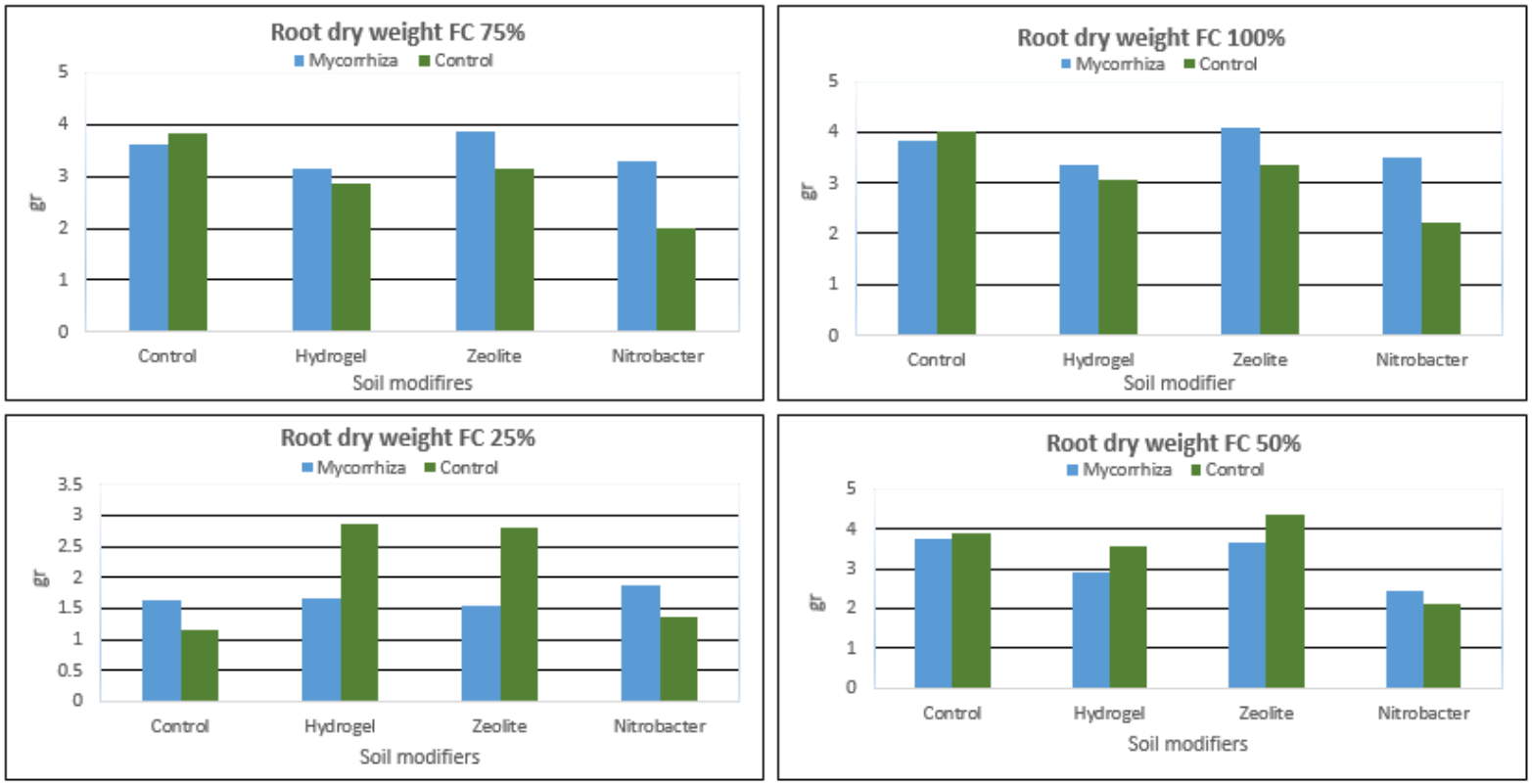
شکل ۴- مقایسه نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در اصلاح‌کننده‌های خاک در ۴ سطح آبیاری، حروف کوچک انگلیسی مشابه، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار میان تیمارهاست. ($p<0.05$)

Figure 4- Comparison of the dry weight ratio of root to shootin in soil conditioners at 4 irrigation levels Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments



شکل ۵- مقایسه وزن خشک برگ در اصلاح‌کننده‌های خاک در ۴ سطح آبیاری، حروف کوچک انگلیسی مشابه، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) میان تیمارهاست.

Figure 5- Comparison of leaf dry weight in soil conditioners at 4 irrigation levels
Similar English lowercase letters indicate no significant difference ($p<0.05$) between treatments



شکل ۶- مقایسه وزن خشک ریشه در اصلاح‌کننده‌های خاک در ۴ سطح آبیاری، حروف کوچک انگلیسی مشابه، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار (***p<0.05***) میان تیمارهاست.

Figure 6- Comparison of root dry weight in soil conditioners at 4 irrigation levels
Similar English lowercase letters indicate no significant difference (*p<0.05*) between treatments

بحث

نتایج تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای زیستی به دلیل بهبود خصوصیات رویشی، مقاومت گیاه را در شرایط تنش خشکی افزایش می‌دهد. بیشترین مقدار وزن مخصوص برگ در سطح آبیاری ۲۵ درصد مربوط به نیتروباکتر با میکوریزا است و این اصلاح‌کننده باعث افزایش وزن مخصوص برگ از مقدار ۰/۰۰۲۵ $W.A^{-2}$ در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد به $W.A^{-2}$ ۰/۰۰۲۸ در سطح آبیاری ۲۵ درصد شده است که نشان‌دهنده تأثیر مثبت این اصلاح‌کننده خاک در افزایش مقاومت به خشکی است که با نتایج (Gianbarjeki *et al*., 2016) و (Li *et al*., 2019) همخوانی دارد.

تیمار نیتروباکتر بدون میکوریزا با افزایش تنش خشکی باعث افزایش وزن مخصوص برگ، سطح ویژه برگ، وزن خشک برگ و ریشه نسبت به تیمار شاهد شد، این افزایش مربوط به استفاده کود زیستی نیتروباکتر و تأثیر آن در بهبود مقاومت گیاه به تنش خشکی است که با نتایج Watan Dost و همکاران (۲۰۱۶) و Zhao و همکاران (۲۰۱۸) همسو است. وزن خشک ریشه در سطح آبیاری ۵۰ درصد بیشترین مقدار را در تیمار زئولیت بدون میکوریزا با مقدار ۴/۴ گرم و کمترین مقدار را در تیمار نیتروباکتر بدون میکوریزا با مقدار ۲/۲ گرم نشان می‌دهد و عدم تفاوت مقدار وزن خشک ریشه در آبیاری ۱۰۰ درصد نسبت به آبیاری ۲۵ درصد در تیمار هیدروژل بدون میکوریزا را نشان می‌دهد. هیدروژل در شرایط افزایش تنش خشکی، باعث افزایش مقاوت گیاه *L.depressum* شده است و با نتایج (Joyban *and* Kafi, 2019) و (Pollini *et al*., 2019; Fakhimi and Motamedi, 2020) همسو است. همچنین وزن مخصوص برگ، وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در تیمار هیدروژل با میکوریزا افزایش یافت که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار داشت (Zengoui *et al*., 2013; Zhang *et al*., 2018).

در تیمار زئولیت با میکوریزا با افزایش تنش خشکی، پارامترهای وزن مخصوص برگ و وزن خشک ریشه افزایش پیدا کرد، این افزایش را می‌توان به نقش مؤثر زئولیت و میکوریزا در افزایش مقاومت به تنش خشکی در درختچه مرتعی کام‌تیغ دانست (Jalali and Khademian, 2021). با افزایش تنش، تیمار هیدروژل و زئولیت بدون میکوریزا باعث افزایش سطح ویژه برگ و وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد (Naji *et al*., 2017; Siavash Moghadam *et al*., 2016;) با وجود افزایش سطح برگ با استفاده از اصلاح‌کننده زئولیت بدون میکوریزا در ۴ سطح آبیاری، سطح برگ از ۱۴۵۰ mm^2 در سطح آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد به ۹۰۰ mm^2 در آبیاری ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده است که نشان‌دهنده تأثیر تنش خشکی بر سطح برگ گیاه مورد مطالعه است (Jalali *et al*., 2012; Ghanbarian and Yazdanpanah, 2017).

نتایج تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای زیستی میکوریزا، نیتروباکتر، هیدروژل و زئولیت در شرایط تنش خشکی به دلیل بهبود خصوصیات رویشی باعث افزایش مقاومت گیاه در شرایط کم آبی خواهد شد. پاسخ خصوصیات رویشی گونه در مقابل تنش خشکی امکان موفقیت در کشت درختچه کام‌تیغ را بالا خواهد برد. تکثیر گونه کام‌تیغ به صورت قلمه تحت تأثیر تنش‌ها به‌ویژه تنش خشکی است. تیمارهای نیتروباکتر بدون میکوریزا، هیدروژل با میکوریزا و زئولیت با میکوریزا به دلیل بهبود بیشتر خصوصیات رویشی برای کاشت گیاه در طبیعت توصیه می‌شود. از آنجایی که گیاه کام‌تیغ گیاهی دارویی محسوب می‌شود، می‌توان با کاربرد اصلاح‌کننده‌های خاک برای کشت بهتر گونه در صنعت داروسازی و پزشکی مورد استفاده قرار داد. استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک و تأثیر آن بر روی خصوصیات رویشی گونه کام‌تیغ نسبت به تنش خشکی، موجب تسریع در کشت گونه کام‌تیغ و پیش‌بینی رفتارهای رویشی گونه کام‌تیغ برای تکثیر در اقلیم استان خراسان رضوی خواهد شد و تمام ارگان‌های مرتبط با کشت گونه *L.depressum* می‌توانند از نتایج این تحقیق به منظور بهبود پروژه‌های کشت استفاده کنند.

منابع مورد استفاده

-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-stress conditions. Journal of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 22(2): 173-187.

-Akhani, H. and 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.

-Amrian, M., Yusuf Thani, M. and 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, Ferdowsi University of Mashhad, 6(1): 152-133.

-Arabic, Z. and Kaboosi, K., 2014. The effect of different levels of irrigation and superabsorbent hydrogel on morphological characteristics, yield and essential oil of anise plant, Journal of Crop Production, 8(4): 59-78.

-Azimi, S., Khoshrosh, M., Darzi, A. and Abedinpour, M., 2017. Evaluation of the effect of different amounts of natural and artificial soil conditioners on the biological performance and grain yield of wheat. Iran Water and Soil Research, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 49(3): 682-673.

-Behrman Sharifian, A., Sepehari, A. and Barani, H., 2019. Investigating the physical and chemical characteristics 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 (20):19: 62-47.

-Binkley, D.A.N. and 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 (pp. 89-106). Springer, Dordrecht.

-Chamanara, S. and 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.

-Fakhimi, E. and Motamedi, J., 2020. Effect of Mining Activities on Structure and Function of Rangeland Ecosystem Using the Landscape Function Analysis (LFA)(Case study: Dareh Zereshk Copper Mine, Yazd, Iran). Journal of Rangeland Science, 10(3): 291-301.

-Fedai, A., Parvizi, Y. 2017. Effect of induction of mycorrhizal fungi strains and phosphorus on the growth and phytochemical compounds of watermelon under drought stress conditions. Quarterly Journal of Medicinal Plants, Year 17, No. 2, 1-4.

-Ghanbarian, G. and 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, Transactions A: Science, 41(2): 301-305.

-Gianbarjeki, M., Tehranifar, A., Joharchi, M. and Nemati, S.H., 2016. Investigating the effect of irrigation levels on the vegetative characteristics of two varieties of Kamtigh and Gregtigh at the research station of Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(5): 135-144.

-Jahan, M. and 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, year 34, number 2, 496-510.

-Jalali, G.A., Akbarian, H., Rhoades, C. and 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.

-Jalali, S. and Khademian, R., 2021. Morphological and phytochemical action of dill plant on natural zeolite under drought stress. Journal of Horticultural Plant Nutrition, 4th year, No. 1, 31-46.

-Joyban, Z. and Kafi, M., 2019. The effect of irrigation levels, nitrogen and potassium on functional traits of antidote millet. Journal of Plant Ecophysiology, Year 12 No. 40, 179-188.

-Jianbarjeki, M., Tehranifar, A., Joharchi, M. and Nemati, S.H., 2016. Investigating the effect of irrigation level on the vegetative characteristics of two species of Kamtigh and Gregtigh in the research station of Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(5): 135-144.

-Kafi, M., Nabati, J., Eskuyan, A. and Eskuyan, A., 2018. Investigating the effect of biological fertilizers on the quality, yield and yield components of two potato varieties. Soil management and sustainable production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 9(2): 84-65.

-Khalili, M. and Tausli, A., 2021. The role of mycorrhizal fungi and hydrogel on water use efficiency and cucumber yield under soilless cultivation conditions.

(3): 152-133.
-Watan Dost, H., Sharifi, R. and 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. Agricultural knowledge and sustainable production quarterly, year 27, number 4.
-Zengoui, S.H., Emami, H., Astarai, A. and Yari, A., 2013. The effects of Stacozerb hydrogel and irrigation distance on some soil properties and the growth of seedlings, Soil Management and Sustainable Development Journal, 3(1): 167-180.
-Zhang, G., Chen, S., Zhou, W., Meng, J., Deng, K., Zhou, H., Hu, N. and 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. Food chemistry, 269: 150-156.
-Zhang, T., Kang, Y. and 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. Agricultural Water Management, 119: 54-64.
-Zhao, J.H., Li, H.X., Zhang, C.Z., Wei, A.N., Yue, Y.I.N., Wang, Y.J. and Cao, Y.L., 2018. Physiological response of four wolfberry (Lycium Linn.) species under drought stress. Journal of integrative agriculture, 17(3): 603-612.

Journal of Soil-Plant Relations, 93-109.
-Li, Y., Zhang, T., Zhang, Z. and He, K., 2019. The physiological and biochemical photosynthetic properties of Lycium ruthenicum Murr in response to salinity and drought. Scientia Horticulturae, 256, p.108530.
-Naji, S., Zarei, L., Pourjabali, M. and 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.
-Pollini, L., Rocchi, R., Cossignani, L., Mañes, J., Compagnone, D. and Blasi, F., 2019. Phenol profiling and nutraceutical potential of Lycium spp. leaf extracts obtained with ultrasound and microwave assisted techniques. Antioxidants, 8(8): 260- 271.
-Siavash Moghadam, S., Rahimi, A., Heydarzadeh, S., 2016. The effect of mycorrhizal fungus symbiosis on the yield and biochemical properties of fenugreek medicinal plant under water stress. Journal of Medicinal Plant Biotechnology, 5: 52-39.
-Shiran, b. and 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.
-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, Shahid Bahonar University of Kerman 49