University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Investigating the Effects of Biofertilizers on the Absorption of Nutrients, Physiological Characteristics and Shoot Dry Weight of Milk Thistle (*Silybum marianum*) Medicinal Plant under Different Irrigation Regimes

Ladan Ghorbani[1] | Amin Salehi[2]✉ | Mohsen Movahhedi Dehnavi[3] | Hamidreza Balouchi[4] | Parvin Rostampour[5]

1. Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran. E-mail: L.ghorbani@stu.yu.ac.ir
2. Corresponding Author, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran. E-mail: aminsalehi@yu.ac.ir
3. Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran. E-mail movahhedi1354@yu.ac.ir
4. Agronomy and Plant Breeding Department , Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran. E-mail: balouchi@yu.ac.ir
5. Agronomy and Plant Breeding Department , Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran. E-mail: P.rostampour@stu.yu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 30 May 2023
Received in revised form
8 April 2024
Accepted 27 November 2024
Published online 30 December 2024

Keywords:
Biofertilizer
Growth-promoting bacteria
Irrigation regime
Mycorrhiza
Yield

ABSTRACT

Objective: The effects of mycorrhizal and Plant-growth promoting rhizobacteria on some characteristics of milk thistle in different irrigation regimes was investigated.

Methods: The experiment was conducted as a factorial based on completely randomized design in 3 replications at the research greenhouse of Yasouj University in 2014-2015. The first factor included drought stress at 3 levels (irrigation after 20, 50 and 80% soil moisture depletion), and the second factor was biological fertilizer at 4 levels (control, mycorrhizal (*Funneliformis moseae*), bacteria (*Bacillus subtilis*) and mycorrhizal+bacillus.

Results: The effect of irrigation regime and biofertilizer was significant on all traits, but the interaction of the factors was only significant on soluble sugar. The highest amount of nitrogen (23.58 $mg.g^{-1}$), phosphorus (22.76 $mg.g^{-1}$), protein (50.69 $mg.g^{-1}$ leaf fresh weight), relative moisture content (70.20 %) and shoot dry weight (19.78 g) was obtained from irrigation after 20% moisture depletion from the soil and the highest amount of potassium (10.08 $mg.g^{-1}$), proline (9.79 $mg.g^{-1}$ leaf fresh weight) was obtained from irrigation after 80% moisture depletion. Among the fertilizer regimens, the highest amount of these traits, especially the shoot dry weight (21.71g), was obtained from the combination of mycorrhizal and bacterial biofertilizers. The highest amount of soluble sugar in stress levels was obtained from the integrated treatment of biofertilizers.

Conclusion: Increase in the ability of milk thistle to absorb water and soil nutrients using biological fertilizers, and the effect of these nutrients in increasing the photosynthetic capacity and improving growth, has helped this plant to tolerate drought conditions.

Cite this article: Ghorbani, L., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M., Balouchi, H., & Rostampour, P. (2024). Investigating the Effects of Biofertilizers on the Absorption of Nutrients, Physiological Characteristics and Shoot Dry Weight of Milk Thistle (*Silybum marianum*) Medicinal Plant under Different Irrigation Regimes. *Journal of Crops Improvement*, 26 (4), 861-881. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.360095.2822

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.360095.2822

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

بررسی تأثیر کودهای زیستی بر جذب عناصر غذایی، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum*) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

لادن قربانی[۱] | امین صالحی[۲]✉ | محسن موحدی دهنوی[۳] | حمیدرضا بلوچی[۴] | پروین رستم‌پور[۵]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. رایانامه: L.ghorbani@stu.yu.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. رایانامه: aminsalehi@yu.ac.ir

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران، رایانامه: movahhedi1354@yu.ac.ir

۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران، رایانامه: balouchi@yu.ac.ir

۵. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران، رایانامه: P.rostampour@stu.yu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

کلیدواژه‌ها:
باکتری محرک رشد
رژیم آبیاری
عملکرد
کود زیستی
میکوریزا

چکیده

هدف: تأثیر قارچ میکوریزا و باکتری محرک رشد بر برخی خصوصیات ماریتیغال تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری موردبررسی قرار گرفت.

روش پژوهش: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا گردید. عامل اول شامل تنش خشکی در سه سطح (آبیاری پس از ۲۰،۵۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک) و عامل دوم کود زیستی در چهار سطح (شاهد، میکوریزا گونه *Funneliformis moseae*، باکتری *Bacillus subtilis* و قارچ+ باکتری) بودند.

یافته‌ها: اثر رژیم آبیاری و کود زیستی بر کل صفات معنی‌دار اما برهم‌کنش این عامل‌ها تنها بر قند محلول برگ معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان نیتروژن (۲۳/۵۸ میلی‌گرم بر گرم)، فسفر (۲۲/۷۶ میلی‌گرم بر گرم)، پروتئین (۵۰/۶۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)، محتوی رطوبت نسبی (۷۰/۲۰ درصد) و وزن خشک اندام هوایی (۱۹/۷۸ گرم) از آبیاری پس از ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک و بیش‌ترین میزان پتاسیم (۱۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم)، پرولین (۹/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی به‌دست آمد. در بین رژیم‌های کودی، بیش‌ترین میزان این صفات به‌ویژه وزن خشک اندام هوایی (۲۱/۷۱ گرم) از تلفیق کود زیستی میکوریزایی و باکتریایی حاصل شد. بیش‌ترین میزان قند محلول هر کدام از سطوح تنشی نیز از تیمار تلفیقی کودهای زیستی به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: افزایش توانایی ماریتیغال در جذب آب و عناصر غذایی خاک با کاربرد کودهای زیستی و تأثیر این عناصر در افزایش توان فتوسنتزی و بهبود رشد، به تحمل شرایط خشکی این گیاه کمک کرده است.

استناد: قربانی، لادن؛ صالحی، امین؛ موحدی دهنوی، محسن؛ بلوچی، حمیدرضا و رستم‌پور، پروین (۱۴۰۳). بررسی تأثیر کودهای زیستی بر جذب عناصر غذایی، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum*) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۴)، ۸۶۱-۸۸۱. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.360095.2822

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

ماریتیغال یا خارمریم با نام علمی (*Silybum marianum* L.) گیاهی دارویی، یک یا دوساله، علفی و از خانواده آستراسه[1] و بومی اروپای مرکزی و غربی و شمال هند است که به‌صورت وحشی در مناطق مختلف ایران نیز رشد می‌کند (محمدپور وشوایی و همکاران، ۱۳۹۶). از این گیاه در درمان بیماری‌های کبد و صفرا و هم‌چنین انواع مختلف سرطان و کنترل کلسترول و قند خون در افراد مبتلا به دیابت نوع دوم استفاده می‌شود. عمده‌ترین خواص دارویی این گیاه مربوط به ترکیبات فنولیکی به نام فلاونوییدها است که به‌طورعمده در دانه یافت می‌شود و در مجموع به نام سیلی‌مارین شناخته می‌شود (عبداله زارع و همکاران، ۱۳۹۱).

از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در سامانه‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود منابع آبی می‌باشد که محدوده تأمین سایر منابع و هم‌چنین کارایی مصرف آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گیاهان در طول دوره رشد خود با تنش های محیطی بسیاری مواجه می‌شوند و با توجه به شدت حساسیت و مرحله رشدی که در آن قرار دارند، هر یک از این تنش‌ها می‌تواند تأثیرات مختلفی بر رشد، نمو و عملکرد آن‌ها داشته باشد و در نتیجه موجب بازدارندگی رشد و کاهش محصول به سبب ایجاد تغییرات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی متعددی در گیاه شوند (اوچان[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

یکی دیگر از مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک پایین بودن حاصلخیزی خاک به‌دلیل سطح پایین ماده آلی و فعالیت میکروبی می‌باشد. مدیریت صحیح تغذیه خاک از طریق مصرف کودهای زیستی مانند باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد[3] و قارچ میکوریزا آرباسکولار راه‌کاری مفید جهت افزایش مواد آلی خاک، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست، افزایش کارایی نهاده‌های کشاورزی به‌ویژه آب آبیاری و در نهایت بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان در محیط‌های تحت تنش خشکی محسوب می‌شود. میکروارگانیسم‌های خاک، به‌عنوان یک جز بسیار مهم در سیستم خاک می‌توانند سبب افزایش تحمل گیاهان نسبت به تنش غیر زنده و بهبود تغذیه گیاه و محافظت در برابر تنش خشکی شوند (روئیز–لوزانو[4] و همکاران، ۲۰۱۲).

قارچ‌های میکوریزا به کمک توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه، آب و عناصر غذایی را از خاک جذب و در اختیار گیاه قرار می‌دهند و این امر باعث بهبود کارایی مصرف آب، بهبود تغذیه معدنی گیاه و نیز کاهش اثرات تنش خشکی می‌شود و به دوام گیاه در برابر خشکی کمک می‌نماید (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۵). هم‌چنین میکوریزا می‌تواند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه شده و از طریق افزیش طول مؤثر ریشه سبب افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش رشد و در نهایت سبب مقاومت به خشکی یا تحمل در گیاه میزبان شود (محمدی[5] و همکاران، ۲۰۱۶).

با وجود وقوع خشکسالی و مواجه شدن با کمبود آب در کشور در سال‌های اخیر، که پهنه وسیعی از کشور را تحت تأثیر قرار داده است و هم‌چنین استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و به‌دنبال آن آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی، اجرای برنامه‌های عملی به‌منظور افزایش راندمان آب در گیاه و کاهش اثرات زیان‌بار کودهای شیمیایی از اولویت‌های مهم پژوهشی می‌باشد. هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر مثبت قارچ‌های میکوریزا و باکتری در بالابردن مقاومت گیاه ماریتیغال به تنش‌های خشکی بوده تا بتوان ضمن افزایش عملکرد کمی و کیفی این محصول، پیامدهای تنش خشکی را نیز تعدیل کرد.

1. Asteraceae
2. Uçan
3. Plant growth-promoting rhizobacteria
4. Ruíz-Lozano
5. Mohammadi

۲. پیشینه پژوهش

در بررسی اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و محتوای رطوبت نسبی بادرنجبویه[1] نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش، میزان پرولین و قند محلول و کلروفیل b افزایش ولی میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و محتوای رطوبت نسبی برگ کاهش پیدا کرد. در بررسی تأثیر تنش خشکی و کودهای زیستی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک، بیوشیمیایی و رنگدانه‌های فتوسنتزی گل همیشه‌بهار، صاحب حسن و همکاران (۱۳۹۹)، نشان دادند با ورود به شرایط تنش، صفات مورفولوژیک و هدایت روزنه‌ای در گیاه نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش و مقدار پرولین، کربوهیدرات کل و محتوای کلروفیل گیاه افزایش داشت. کاربرد باکتری‌های محرک رشد در اکثر صفات منجر به بهبود صفات اندازه‌گیری شده در گیاه در شرایط تنش و غیر تنش گردید. کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* در خاک به‌تنهایی یا همزمان با قارچ میکوریزا در همیشه‌بهار در شرایط تنش خشکی قابلیت بهبود رشد گیاه را داشته و منجر به افزایش کارایی گیاه در شرایط تنش خشکی شد. در پژوهشی بر گیاه دارویی بابونه آلمانی اثرات متقابل هم‌افزایی و مثبتی بین کودهای زیستی بر روی صفات کیفی مشاهده گردید که می‌توان به اثرات معنی‌دار تلقیح همزمان قارچ میکوریزی و باکتری حل‌کننده فسفات بر افزایش عملکرد اشاره کرد. گیاه بابونه با برقراری رابطه همزیستی مؤثر با قارچ‌های میکوریز آربسکولار و استفاده از توان باکتری‌های حل‌کننده فسفات توانست در سطح متعادلی از کود فسفر شیمیایی (۵۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد کمی و کیفی را افزایش دهد (ساعدی و همکاران، ۱۳۸۹). در بررسی اثر تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی ماریتیغال[2]، نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، کود زیستی و برهم‌کنش آن‌ها بر کلیه صفات موردبررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین عملکرد دانه، تعداد کاپیتول در بوته، وزن هزاردانه، درصد ماده آلی گیاه و درصد پروتئین دانه در تیمار ۹۰ درصد آبیاری و کود زیستی نیتروکسین حاصل شد (محمدپور وشوایی و همکاران، ۱۳۹۶). اثر کود نانو کلات روی و تلقیح با قارچ میکوریزا بر برخی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک گلرنگ[3] در شرایط تنش خشکی در پژوهش رضایی چیانه و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که با افزایش تنش خشکی عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما کاربرد منابع کودی اثرات نامطلوب ناشی از تنش خشکی را تخفیف داد، به‌طوری‌که در تمام سطوح آبیاری مصرف جداگانه نانو کود روی، میکوریزا و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ نانو کـود روی باعث افزایش صفات موردبررسی گردید. در بررسی برهم‌کنش قارچ میکوریزا و باکتری سودوموناس بر پتانسیل آب برگ و عملکرد دو رقم آفتابگردان[4] در یک خاک شور، نتایج نشان داد تلقیح مشترک قارچ‌ها با هر سه باکتری توانست وزن تر و خشک طبق را در رقم یوروفلور نسبت به شاهد افزایش دهند (شیرمردی و همکاران، ۱۳۸۹).

در پژوهشی دیگر بر گیاه دارویی بادرنجبویه بیش‌ترین مقدار برای وزن تر و وزن خشک بوته، تعداد شاخه جانبی، قطر ساقه و ارتفاع بوته، از کاربرد تیمار آبیاری در حد ظرفیت زراعی (شاهد) و کم‌ترین مقدار آن‌ها از تیمار آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (شبانکاره و همکاران، ۱۳۹۴). تنش خشکی با اثر بر صفاتی مانند رنگدانه‌ها و کاهش قابلیت دسترسی عناصر غذایی منجر به کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی شده و در نهایت سبب افت عملکرد در گاوزبان اروپایی گردید (قلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). در پژوهش انجام شده روی آویشن دنایی توسط بحرینی‌نژاد[5] و همکاران (۲۰۱۳)

1. *Melissa officinalis* L.
2. *Silybum marianum* L.
3. *Carthamus tinctorius* L.
4. *Heliantus annuus* L.
5. Bahreininejad

مشخص شد که بر اثر تنش رطوبتی شدید، وزن خشک اندام هوایی و میزان سطح برگ گیاه به‌ترتیب به میزان ۴۹ و ۵۹ درصد کاهش یافت. بزازی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله را ارزیابی کردند و کاهش تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه) در اثر تنش خشکی را گزارش نمودند.

در رابطه با تأثیر کودهای زیستی قلی‌نژاد (۱۳۹۶) در کنجد گزارش داد که کاربرد قارچ میکوریزا نسبت به عدم مصرف قارچ، موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی شد. که علت این افزایش را در ارتباط با تأثیر قارچ میکوریزا بر تثبیت فسفر، نیتروژن، ماندگاری بیش‌تر برگ‌ها روی گیاه، حفظ و افزایش اندازه برگ و هم‌چنین افزایش میزان فتوسنتز از طریق کلروفیل بیش‌تر دانستند. در پژوهشی با بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزای *G. mosseae* و*G. intraradices* بر رشد گیاه ریحان تحت شرایط تنش خشکی نشان داده شد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشت به‌طوری‌که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ کاهش یافت. به‌علاوه اثر کاربرد قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار بر پارامترهای رشد معنی‌دار بود. گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، از رشد و عملکرد بیش‌تری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش بر خوردار بودند (اصلانی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج پژوهش سلیمانی و پیرزاد (۱۳۹۴) بر گیاه دارویی زوفا نیز نشان داد، با بالا رفتن سطح تنش خشکی، میزان تجمع کربوهیدرات‌های محلول برگ افزایش یافت. بیش‌ترین غلظت کربوهیدرات‌های کل محلول در برگ گیاهان تلقیح‌شده با *G. claroideum* در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد و کم‌ترین غلظت آن در برگ گیاهان تلقیح‌شده با *G. fasiculatum*، در ظرفیت زراعی ۱۵ درصد، به‌دست آمد. در این پژوهش، کلیه گیاهان غیرمایکوریزایی با وجود بیش‌ترین سطح غلظت کربوهیدرات‌های محلول، در کلیه‌ی سطوح آبیاری از نظر تجمع کربوهیدرات‌های کل محلول در یک گروه آماری قرار گرفتند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل تنش خشکی در سه سطح (آبیاری پس از ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی) از طریق دستگاه رطوبت سنج خاک (مدل SM ΔT۱۵۱، انگلستان)، عامل دوم کود زیستی در چهار سطح (شاهد (بدون کود زیستی)، قارچ میکوریزا آربوسکولار گونه *Funneliformis moseae*، باکتری *Bacillus subtilis* و تلفیق قارچ میکوریزا+ باکتری) بود.

بذرهای ماریتیغال در تیرماه سال ۱۴۰۰ در شهرستان باشت از توابع استان کهکیلویه و بویر احمد که دارای آب‌وهوای گرم و خشک بود جمع‌آوری گردید. در ماریتیغال اندام موردبرداشت کاپیتول بود و چون این گیاه برگ‌های بزرگ و انبوهی داشته و اطراف برگ‌ها را تیغ‌های فراوانی پوشانده بود، کار برداشت کاپیتول‌ها با دست بسیار مشکل‌ساز شد، بنابراین کاپیتول‌ها را با داس برداشت و سپس خرمن‌کوبی شد و دانه‌ها جدا شدند. دانه‌ها از نوع فندقه و به رنگ مشکی بودند که تارهای بلند و سفیدی بر روی آن دیده می‌شد. طبق گزارش‌ها (امیدبیگی، ۱۳۸۴) دانه این گیاه حاوی روغن زیادی است و معمولاً قوه نامیه دانه‌های روغنی کم است، اما بذر ماریتیغال می‌تواند تا نُه سال در خاک باقی بماند. اپتیمم جوانه‌زنی زمانی اتفاق می‌افتد که به‌صورت متناوب دانه یک دوره ۱۶ ساعته را در دمای ۱۵–۲ درجه سانتی‌گراد و سپس یک دوره ۸ ساعته را تحت دمای ۳۰–۱۰ درجه سانتی‌گراد بگذراند. قارچ میکوریزایی آرباسکولار از کلینیک گیاهپزشکی اسدآباد همدان تهیه شد و سوسپانسون باکتری از آزمایشگاه خاک و آب مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج ارسال گردید، اما قبل از تلقیح، تراکم جمعیت باکتری‌ها به روش

شمارش کلونی تعیین گردید. به‌طوری‌که در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، 10^8 سلول باکتری وجود داشت (در روش کلنی شماری مقدار مشخصی از سوسپانسیون باکتری در یک محیط جامد کشت شد. غالباً هر باکتری بعد از رشد، یک کلنی تشکیل می‌دهد. بنابراین با شمارش کلنی‌ها، در واقع تعداد باکتری در سوسپانسیون به‌دست آمد).

آزمایش خاک برای تعیین میزان عناصر غذایی ماکرو و میکرو انجام و در صورت نیاز عناصر غذایی به خاک اضافه گردید. طبق نظر برنا و امیدبیگی (۱۳۸۸) بهترین نیاز کودی ماریتیغال به نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب به میزان ۱۰۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد.

قبل از کاشت، ابتدا بذرهای ماریتیغال با هیپوکلریت‌سدیم ۵ درصد به‌مدت یک دقیقه و خاک (نسبت ۲ به ۱، خاک مزرعه به ماسه نرم) در دستگاه اتوکلاو ضدعفونی و سپس، گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۳۰×۲۰×۵۰ سانتی‌متر به‌نحوی پر شد که سطح خاک هر گلدان تا دهانه آن ۵ سانتی‌متر فاصله داشت. در هنگام کاشت، قارچ میکوریزا آربوسکولار به میزان ۵۰ گرم بستر کشت (۱۲۰ اسپور زنده در هرگرم بستر خاک) برای هر گلدان (گلدان‌های حاوی میکوریزا) در عمق ۲ سانتی‌متری قرار داده شد. هم‌چنین بذرهای مربوط به تیمار باکتری به سوسپانسیون آغشته و پس از خشک‌شدن، به میزان ۱۰ عدد بذر، در عمق یک سانتی‌متری در هر گلدان کشت گردید. پس از استقرار گیاهچه‌ها و در مرحله چهار برگی، بوته‌ها در گلدان تنک و در نهایت، پنج بوته در هر گلدان نگهداری شد. تنش خشکی از مرحله چهار تا شش برگی اعمال به‌صورت وزنی اعمال گردید. افزایش آب مقطر به گلدان‌ها زمانی بود که ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده گیاه در خاک تخلیه شده بود. درصد رطوبت خاک در دو سطح مکش ۰/۳۳ اتمسفر (نقطه ظرفیت زراعی) و ۱۵ اتمسفر (نقطه پژمردگی دائم) توسط دستگاه صفحه فشار تعیین گردید.

چهار هفته پس از اعمال تنش خشکی از هر گلدان نمونه برگی جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی از جمله، محتوای نسبی آب برگ به‌روش میشرا[1] و چودهوری[2] (۱۹۹۹)، پرولین برگ به‌روش پاکوین[3] و لوشاسور[4] (۱۹۷۹)، قندهای محلول برگ به‌روش ایریگوین[5] و همکاران (۱۹۹۲)، پروتئین محلول برگ به‌روش میشرا[6] و چودهوری[7] (۱۹۹۹) انتخاب گردید. هم‌چنین محتوای عناصر غذایی در اندام هوایی شامل نیتروژن به‌روش نووزامسکی[8] و همکاران (۱۹۷۴)، فسفر به‌روش امامی (۱۳۷۵) با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل XD 7500 ساخت کمپانی آکوالیتیک آلمان) و پتاسیم با روش پترسون[9] و همکاران (۲۰۰۲) با دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل Fp20 ساخت کمپانی سیک ایتالیا) و اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی به روش فیلیپس[10] و هیمن[11] (۱۹۷۰) اندازه‌گیری شد.

آنالیز و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۴) و Excel 2013 و مقایسه میانگین اثرات اصلی به‌روش LSD[12] در سطح احتمال ۵ درصد و در صورت معنی‌داربودن برهم‌کنش، برش‌دهی انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از رویه L.S.Means انجام گردید.

1. Mishra
2. Choudhuri
3. Paquine
4. Lachasseur
5. Irigoyen
6. Mishra
7. Choudhuri
8. Novozamsky
9. Peterson
10. Phillips
11. Hayman
12. Least Significant Difference

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق	اسیدیته	هدایت الکتریکی دسی زیمنس بر متر	کربن آلی (درصد)	ماده آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (بخش در میلیون)	پتاسیم قابل‌جذب (بخش در میلیون)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت
۰-۳۰	۷/۵	۰/۵۴۰	۱/۶۹	۲/۹۱	۰/۰۸۵	۳/۵	۱۵۲	۳۱	۱۷	۴۱	Sa-Cl-L

۴. یافته‌های پژوهش

۴. ۱. اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر جذب عناصر غذایی ماریتیغال

۴. ۱. ۱. محتوای نیتروژن برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به جذب عناصر و صفات مورفوفیزیولوژیکی ماریتیغال (جدول ۲)، حاکی از معنی‌داربودن اثر عامل‌های موردبررسی و غیر معنی‌دار بودن برهم‌کنش این عامل‌ها بر نیتروژن برگ بود. براساس جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول ۳)، بیش‌ترین میزان نیتروژن برگ (۲۳/۵۸ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار آبیاری پس از ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی در خاک به‌دست آمد که با تیمارهای۵۰ و۸۰ درصد تخلیه رطوبتی اختلاف معنی‌داری را نشان داد و کم‌ترین میزان این صفت نیز در زمان آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی در خاک (۱۶/۷۲ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد. در بین سطوح کود زیستی، کاربرد تلفیقی این ریزموجودات باعث افزایش میزان نیتروژن برگ نسبت به شاهد و تیمار کاربرد جداگانه آن‌ها (قارچ میکوریزا و کود زیستی باکتریایی) شد. تیمارهای کاربرد جداگانه کودهای زیستی اختلاف معنی‌داری را با هم نشان ندادند. کم‌ترین مقدار نیتروژن برگ (۱۷/۳۷ میلی‌گرم بر گرم) نیز در تیمار عدم کاربرد کود زیستی (شاهد) مشاهده شد که با هیچ‌کدام از تیمارها در یک گروه آماری قرار نگرفت.

۴. ۱. ۲. محتوای فسفر برگ

براساس اطلاعات حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر جذب عناصر و صفات مورفوفیزیولوژیکی ماریتیغال، اثر عامل‌های موردبررسی بر میزان فسفر برگ ماریتیغال معنی‌دار اما برهم‌کنش این دو عامل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین اثر اصلی عامل‌های آزمایش بر جذب عناصر و صفات مورفوفیزیولوژیکی ماریتیغال نشان داد که بیش‌ترین میزان فسفر برگ (۲۲/۷۶ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار آبیاری پس از ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی در خاک به‌دست آمد که با تیمارهای ۵۰ و۸۰ درصد تخلیه رطوبتی اختلاف معنی‌داری را نشان داد و کم‌ترین میزان این صفت در زمان آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی در خاک (۱۸/۶۴ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد که با تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی در خاک در یک گروه آماری قرار گرفت. در بین سطوح کود زیستی، کاربرد همزمان کودهای زیستی، باعث افزایش میزان فسفر برگ نسبت به شاهد و تیمار کاربرد جداگانه آن‌ها (قارچ میکوریزا و کود زیستی باکتریایی) شد. بعد از کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، بیش‌ترین میزان فسفر برگ ماریتیغال در زمان کاربرد جداگانه کود زیستی میکوریزایی حاصل شد که اختلاف معنی‌داری را با کاربرد کود زیستی باکتریایی نشان داد. کم‌ترین مقدار فسفر برگ (۱۴/۴۵ میلی‌گرم بر گرم) نیز در تیمار عدم کاربرد کود زیستی (شاهد) مشاهده شد که با هیچ‌کدام از تیمارها در یک گروه آماری قرار نگرفت (جدول ۳).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر جذب عناصر و صفات مورفوفیزیولوژیکی ماریتیغال

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	پرولین	قند م حلول	پروتئین	محتوای رطوبت نسبی	وزن خشک اندام هوایی
رژیم آبیاری	۲	۱۴۱/۳۲۴**	۵۲/۵۸۱**	۱۹۹/۷۸۷**	۱۸۸/۳۵۵**	۵۴۲۹/۸۸**	۱۱۵۰/۸۰**	۱۹۳/۶۰۶^{ns}	۴۵/۷۳۸۲**
کود زیستی	۳	۵۵/۲۲۶**	۱۹۷/۸۱۷**	۱۳۹/۲۵۸**	۵/۴۹۹۶**	۳۵۰/۲۹۸**	۳۲۴/۳۹**	۴۳۴/۳۶۸۰**	۱۰۱/۵۴۱۳**
رژیم آبیاری× کود زیستی	۶	۲/۳۰۴^{ns}	۰/۸۲۲۵^{ns}	۴/۸۹۹۹^{ns}	۰/۵۶۷۱^{ns}	۲۸/۰۹۱*	۱۱/۵۴^{ns}	۳۶/۷۰۸۶^{ns}	۰/۷۹۳۱^{ns}
خطا	۲۴	۱/۶۲۸۱	۷/۰۶۳۲	۴/۳۴۱۸	۰/۲۶۱۱	۸/۱۴۷۸	۹/۵۹۶۳	۶۲/۱۵۸۵	۰/۷۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)	–	۶/۳۰	۱۲/۹۸	۱۴/۹۰	۸/۴۶	۵/۰۷	۷/۷۳	۱۲/۰۲	۴/۷۲

ns، * و **: به‌ترتیب بدون تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

۴. ۱. ۳. محتوای پتاسیم برگ

همان‌طورکه از جدول تجزیه واریانس عامل‌های موردبررسی بر جذب عناصر غذایی ماریتیغال قابل استنباط است، اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر میزان پتاسیم برگ ماریتیغال معنی‌دار، اما برهم‌کنش این دو عامل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول ۳)، نشان داد که با افزایش شدت تنش از آبیاری پس از ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک به آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک، میزان پتاسیم برگ افزایش پیدا کرد. پتاسیم برگ ماریتیغال در زمان کاربرد تلفیقی کودهای زیستی میکوریزایی و باکتریایی در بالاترین میزان گزارش شد که با کاربرد جداگانه این کودهای زیستی و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. کاربرد جداگانه کودهای زیستی اختلاف معنی‌داری را در بالابردن میزان پتاسیم برگ نشان دادند و در بین تیمارهای جداگانه کودهای زیستی، اثر میکوریزا پررنگ‌تر گزارش شد.

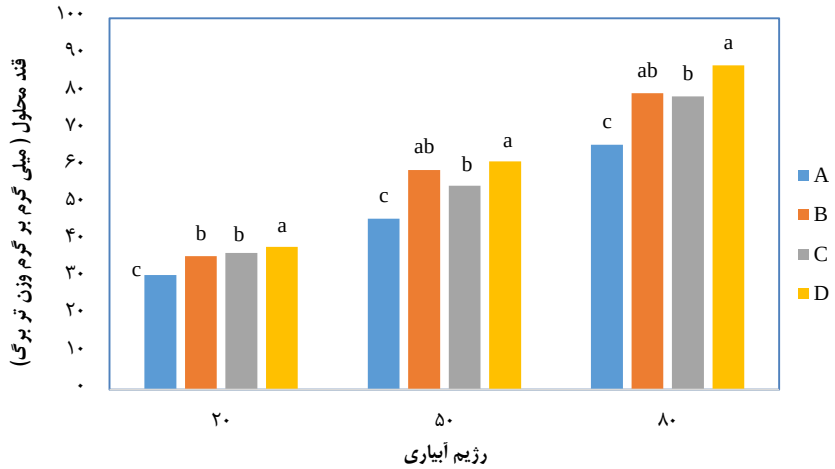
۴. ۲. اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر صفات فیزیولوژیکی ماریتیغال

۴. ۲. ۱. پرولین و قند محلول برگ

پرولین یک اسیدآمینه مهم در گیاه است که در شرایط تنش خشکی از اکسیداسیون درون‌سلولی و تشکیل رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کند و هم‌چنین فشار اسمزی گیاه را برای جذب آب تنظیم می‌کند. اطلاعات حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی ماریتیغال (جدول ۲)، حاکی از تأثیر معنی‌دار رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر میزان پرولین و قند محلول برگ بود، اما برهم‌کنش این دو عامل تنها بر میزان قند محلول در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید. اطلاعات حاصل از جدول مقایسه میانگین اثر اصلی عامل‌های موردآزمایش بر خصوصیات فیزیولوژیک ماریتیغال (جدول ۳)، نشان داد که با افزایش شدت تنش از ۲۰ به ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک، میزان پرولین برگ ماریتیغال افزایش یافته و تیمارهای تنشی هیچ‌کدام در یک گروه آماری قرار نگرفتند. در رابطه با تأثیر کودهای زیستی مورداستفاده بر میزان پرولین برگ، بیش‌ترین میزان این صفت از تیمار تلفیقی کودهای زیستی به میزان ۶/۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به‌دست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد و کم‌ترین میزان نیز از تیمار شاهد (۵/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) به‌دست آمد. تیمارهای کاربرد کود زیستی میکوریزایی و کود زیستی باکتریایی در یک گروه آماری قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری را با هم نشان ندادند.

با تأخیر در آبیاری، فعالیت قندهای محلول برگ به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد، درحالی‌که کاربرد ترکیبی ریزموجودات در مقایسه با شاهد (بدون کاربرد کود زیستی) تأثیر معنی‌داری در افزایش این صفت در هر یک از رژیم‌های آبیاری (۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک) نشان داد. در سطح آبیاری پس از ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک،

دو تیمار کاربرد جداگانه کود زیستی باکتریایی و قارچی اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند، اما در دو سطح آبیاری پس از ۵۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک دو تیمار کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و کاربرد کود زیستی باکتریایی با هم و تیمارهای کاربرد جداگانه کودهای زیستی میکوریزایی و باکتریایی با هم در یک گروه آماری قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری در افزایش میزان قند محلول برگ ماریتیغال نشان ندادند (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین برهم‌کنش اثر رژیم آبیاری و کاربرد کود زیستی بر قند محلول برگ ماریتیغال. A) شاهد (عدم مصرف باکتری و میکوریزا)، B) باکتری محرک رشد، C) میکوریزا، D) باکتری محرک رشد+ میکوریزا.

در هر سطح رژیم آبیاری میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس رویه L.S.Means در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

۴.۲.۲. پروتئین محلول برگ

اطلاعات حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، حاکی از تأثیر معنی‌دار رژیم آبیاری و کودهای زیستی و تأثیر غیر معنی‌دار برهم‌کنش این دو عامل بر میزان پروتئین برگ بود. جدول مقایسه میانگین اثر اصلی عامل‌های موردمطالعه بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی ماریتیغال (جدول ۳) نشان داد که با افزایش شدت تنش، میزان پروتئین برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تیمار آبیاری پس از ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک، سبب افزایش ۳۳/۲۲ و ۶۱/۳۳ درصدی پروتئین برگ به‌ترتیب نسبت به آبیاری پس از ۵۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک شد. در بین سطوح کود زیستی طبق اطلاعات حاصل از جدول (۳)، بیش‌ترین میزان پروتئین برگ از تیمار تلفیقی کودهای زیستی و سپس کود زیستی باکتریایی حاصل شد و کم‌ترین میزان این صفت نیز در زمان عدم کاربرد کودهای زیستی حاصل گردید. لازم به ذکر است که هیچ‌کدام از تیمارهای کودی در یک سطح آماری قرار نگرفته و اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند.

۴.۲.۳. محتوای رطوبت نسبی برگ

محتوای رطوبت نسبی، شاخص مطلوبی برای بیان میزان وضعیت آب در گیاهان است و وضعیت مناسبی از تعادل بین میزان عرضه نسبی آب برگ و میزان تعرق در برگ را نشان می‌دهد. همان‌طورکه در جدول تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی ماریتیغال (جدول ۲) قابل مشاهده است، اثر ساده کودهای زیستی بر محتوای رطوبت نسبی برگ ماریتیغال معنی‌دار، اما اثر رژیم آبیاری و اثر متقابل این دو عامل بر محتوای رطوبت نسبی برگ غیرمعنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر ساده رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر صفات موردمطالعه (جدول ۳) حاکی از

کاهش میزان محتوای رطوبت نسبی برگ با افزایش شدت تنش بود، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان این صفت (۶۲/۹۹ درصد) از تیمار آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی در خاک و بیش‌ترین میزان (۷۰/۲۰ درصد)، از آبیاری پس از ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک به‌دست آمد. در بین سطوح کود زیستی، بیش‌ترین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ نیز از تیمار کاربرد تلفیقی کودهای زیستی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها به‌جز کاربرد جداگانه کود زیستی باکتریایی داشت. کم‌ترین میزان نیز از تیمار عدم کاربرد کود زیستی به‌دست آمد که با تیمار کاربرد کود زیستی میکوریزایی در یک گروه آماری قرار گرفت و تیمارهای کاربرد جداگانه کودهای زیستی، اختلاف معنی‌داری در بالابردن محتوای رطوبت نسبی برگ نشان ندادند.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر جذب عناصر و صفات مورفوفیزیولوژیکی ماریتیغال

تیمارها	نیتروژن (میلی‌گرم بر گرم)	فسفر (میلی‌گرم بر گرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	پروتئین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	محتوای رطوبت نسبی (درصد)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
رژیم آبیاری							
۲۰	۲۳/۵۸a	۲۲/۷۶a	۱۰/۰۸c	۱/۸۹c	۵۰/۶۹a	۷۰/۲۰a	۱۹/۷۸a
۵۰	۲۰/۴۳b	۲۰/۰۲b	۱۳/۶۴b	۶/۳۸b	۳۸/۰۵b	۶۳/۵۳b	۱۷/۵۷b
۸۰	۱۶/۷۲c	۱۸/۶۴b	۱۸/۲۲a	۹/۷۹a	۳۱/۴۲c	۶۲/۹۹c	۱۵/۸۹c
کود زیستی							
شاهد	۱۷/۳۷c	۱۴/۴۵d	۹/۲۵d	۵/۰۴c	۳۲/۳۸d	۵۷/۳۲c	۱۳ /۸۳d
میکوریزا	۲۰/۳۷b	۲۲/۳۲b	۱۵/۰۴b	۵/۸۷b	۳۹/۰۵c	۶۲/۵۸bc	۱۸/۹۰c
باکتری	۱۹/۸۳b	۱۹/۶۱c	۱۲/۹۸c	۶/۲۷b	۴۲/۰۷b	۶۹/۷۳ab	۱۶/۵۴b
قارچ+ باکتری	۲۳/۴۰a	۲۵/۵۲a	۱۸/۶۶a	۶/۹۱a	۴۶/۷۰a	۷۲/۶۸a	۲۱/۷۱a

در هر ستون میانگین‌های مربوط به هر تیمار که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

۴. ۳. اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر وزن خشک اندام هوایی ماریتیغال

نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر صفات مورفوفیزیولوژیک ماریتیغال حاکی از معنی‌داربودن اثر عامل‌های موردبررسی و غیرمعنی‌داربودن برهم‌کنش آن‌ها بر وزن خشک اندام هوایی ماریتیغال بود (جدول ۲). براساس جدول مقایسه میانگین اثر اصلی عامل‌های موردبررسی بر صفات مورفوفیزیولوژیک ماریتیغال (جدول ۳)، بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی ماریتیغال (۱۹/۷۸ گرم) در زمان آبیاری پس از ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک و کم‌ترین میزان این صفت در زمان آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک به‌دست آمد. در بین سطوح کود زیستی، تیمارهای تلفیقی کودهای زیستی بیش‌ترین میزان وزن خشک اندام هوایی را داشتند که اختلاف معنی‌داری را با تیمار کاربرد جداگانه کودهای زیستی و تیمار شاهد نشان دادند. میکوریزا و باکتری نیز از نظر وزن خشک اندام هوایی در یک گروه آماری قرار نگرفتند.

۵. بحث

۵. ۱. پاسخ میزان عناصر غذایی برگ ماریتیغال به کاربرد کودهای زیستی

برخی از گیاهان در طول دوره تنش میزان نیتروژن برگ خود را حفظ می‌کنند که می‌تواند بر اثر تخریب پروتئین‌ها یا کاهش سطح برگ و افزایش غلظت نیتروژن در واحد سطح کم‌تر، باشد. برخی دیگر از جمله ماریتیغال همان‌طورکه در تحقیق حاضر مشاهده شد، نیتروژن خود را از دست می‌دهند. در این پژوهش نقش قارچ میکوریزا و کود زیستی باکتریایی

در بالابردن عناصر برگ ماریتیغال مثبت ارزیابی شد. میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن و برخی عناصر ریز مغذی، افزایش جذب آب و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاه میزبان در سامانه‌های کشاورزی پایدار می‌شوند، بنابراین می‌توان اظهار داشت کاربرد همزمان قارچ میکوریزا و کود زیستی باکتریایی از طریق بهبودی که در مقدار جذب عناصر غذایی از طریق توسعه ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک و نیز افزایشی که به‌دنبال آن بر روی رشد، نمو و بیوماس گیاه ماریتیغال ایجاد می‌کند سبب بهبود محسوس غلظت نیتروژن در برگ شده است. پژوهش‌های دیگری گزارش کردند که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نیتروژن (۲۱/۲۶ گرم بر کیلوگرم و ۱۶/۹۳ گرم بر کیلوگرم) به‌ترتیب مربوط به تیمار Azotobacter و شاهد در نعناع فلفلی بود (محمود زاده و همکاران، ۱۳۹۴). این پژوهش‌گران اظهار داشتند که باکتری‌های ریزوسفری، میزان هورمون سیتوکینین گیاه میزبان را افزایش می‌دهند. این هورمون، سرعت انتقال نیترات از ریشه به شاخساره گیاه را افزایش می‌دهد. هم‌چنین، قارچ‌های میکوریزایی تأثیر عمیقی بر فیزیولوژی ریشه گیاه گذاشته که سبب فعال‌ساختن گلوتامین سنتتاز، آرژیناز و اوره‌آز شده و از این طریق غلظت نیتروژن را در گیاه میزبان افزایش می‌دهند. آرژیناز و اوره‌آز از آنزیم‌های کلیدی در انتقال نیتروژن از میسلیوم به داخل ریشه گیاه میزبان طی فرایند همزیستی می‌باشند. نیتروژن توسط میسلیوم‌های خارجی به فرم نیترات یا آمونیوم جذب و به‌وسیله گلوتامین سنتتاز به ترکیبات آلی تبدیل می‌گردد.

تنش خشکی تعداد تارهای کشنده ریشه را کاهش داده و بر مورفولوژی ریشه و انشعابات ریشه صدمه وارد می‌نماید که در نتیجه آن جذب عناصر غذایی به‌وسیله سیستم ریشه‌ای کاهش می‌یابد. در حقیقت تنش خشکی مقاومت مکانیکی خاک را افزایش می‌دهد و در نتیجه موجب کاهش رشد ریشه می‌شود. کاهش در رشد ریشه موجب کاهش توانایی گیاه برای جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر می‌شود (ویتمور[1] و والی[2]، ۲۰۰۹). به‌نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق جذب مناسب فسفر و انتقال آن به گیاه ماریتیغال و نیز افزایش وزن خشک گیاه موجب بهبود غلظت فسفر در برگ شد. در گیاه دارویی مریم‌گلی مشخص شد که با کاربرد قارچ میکوریزا جذب فسفر در یک خاک فقیر از فسفر افزایش یافت که دلیل آن توسعه هیف‌های خارج ریشه‌ای بود که باعث افزایش سطح جذب‌کنندگی ریشه گردید (تراف[3] و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهش حاضر یک رابطه هم‌افزایی در بین قارچ میکوریزایی و کود زیستی باکتریایی در محیط خاک به‌وجود آمده که از طریق بهبود تغذیه فسفر می‌تواند منجر به افزایش غلظت فسفر در ماریتیغال شود.

افزایش جذب پتاسیم در شرایط تنش خشکی را می‌توان به کاهش رشد و نمو گیاه و هم‌چنین سازوکار جذب فعال این یون نسبت داد که از این طریق گیاه مقاومت خود را در برابر تنش بالا می‌برد. با تنش خشکی، گیاه جهت افزایش مقاومت به کمبود آب خلاف پدیده انتشار با مصرف انرژی، غلظت یون پتاسیم را در ریشه و اندام هوایی افزایش می‌دهد. پتاسیم نیز با تأثیر بر باز و بسته‌شدن روزنه‌ها، حفظ آماس سلولی، کاهش از دست‌رفتن آب، توازن آب در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی مصرف آب، باعث کاهش تأثیر تنش خشکی در گیاه می‌شود (آرکوئرو[4] و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج مطالعات دهقان‌زاده و نوزاد نمینی (۱۳۸۸) در گندم افزایش درصد پتاسیم را با افزایش فواصل آبیاری نشان داد که علت آن را حفظ پتانسیل تورگر آب برگ عنوان نموده‌اند. در رابطه با تأثیر باکتری‌های جنس Azotobacter، Azospirillum و Pseudomonas بر نیتروژن و فسفر جذب‌شده توسط بابونه مشخص شده که باکتری‌های ریزوسفری افزاینده رشد گیاه علاوه بر تثبیت نیتروژن باعث آزادسازی هورمون‌های گیاهی از جمله جیبرلیک‌اسید و اکسین می‌گردند که باعث تحریک

1. Whitmore
2. Whalley
3. Tarraf
4. Arquero

رشد گیاه، افزایش فتوسنتز و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر می‌گردد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰). به‌نظر می‌رسد که افزایش غلظت پتاسیم برگ ماریتیغال در ارتباط با باکتری باسیلوس سابتیلیس و توانایی این باکتری در افزایش پتاسیم قابل‌استفاده از خاک و هم‌چنین بهبود همزیستی میکوریزایی که موجب گسترش و نفوذ مطلوب هیف‌های خارجی قارچ به منافذ باریک خاک شده و باعث می‌شود که حجم خاک قابل‌دسترس گیاه افزایش یابد و به‌دنبال آن جذب عنصر پتاسیم که در لایه‌های پایین‌تر خاک قرار دارد، باشد. برای تأمین پتاسیم موردنیاز گیاه این عنصر باید به طریقی از شکل‌های تثبیت‌شده و معدنی به شکل‌های تبادلی و محلول تبدیل شود. در این میان، باکتری‌ها از اهمیت زیادی برخوردارند. لذا، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که باکتری باسیلوس سابتیلیس از طریق تجزیه سیلیکات‌ها و انحلال کانی‌ها باعث آزادسازی پتاسیم و در نتیجه آن باعث بیش‌ترین افزایش در میزان پتاسیم اندام هوایی گردیده است. در گشنیز، غلظت پتاسیم دانه در تلقیح با میکوریزا و کود فسفات زیستی در مقایسه با تیمار عدم تلقیح حدود ۹۶ درصد افزایش یافت که در اینجا یک اثر تقویت‌کننده در تیمار تلقیح با میکوریزا و کود زیستی به طرز محسوسی نمایان می‌شود (بسطامی و مجیدیان، ۱۳۹۴).

۲.۵. پاسخ میزان پرولین و قند محلول برگ ماریتیغال به کاربرد کودهای زیستی

طبق نتایج پژوهش در شرایط تنش خشکی مقدار پرولین در تیمارهای میکوریزایی بیش‌تر از تیمارهای غیرمیکوریزایی بود و نشان می‌دهد که تغییرات سنتز این اسیدآمینه با تلقیح قارچی و تحمل کم آبی مرتبط است. به‌طور کلی در این آزمایش افزایش پرولین گیاه احتمالاً به‌دلیل جذب عناصر و مواد غذایی به‌کمک قارچ میکوریزا و باکتری بوده است. به نوعی گیاه از شرایط تنش خشکی فرار کرده است و با افزایش میزان پرولین سعی در کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی دارد. مصرف کودهای آلی، زیستی و شیمیایی با فراهمی عناصر غذایی موردنیاز گیاه، شرایط مناسبی جهت رشد گیاه فراهم آورده و لذا می‌تواند کاهش میزان پرولین تولیدی در برگ را در پی داشته باشد. در ارتباط با نقش میکوریزا بر میزان پرولین در تنش خشکی، گزارش‌های متعددی وجود دارد. مطالعات نشان داده است همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا، ممکن است محتوای پرولین را تحت شرایط تنش کاهش یا افزایش دهد. برخی از پژوهش‌گران بر این باورند که مایکوریزا باعث افزایش پرولین در برگ گیاهان میزبان می‌شود و دلیل این امر را این‌گونه بیان می‌کنند که این ترکیبات با تجمع در سلول، باعث کاهش پتانسیل آبی برگ شده و گیاه را از صدمات تنش خشکی محافظت می‌کنند (خلف‌الله[1] و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهش حیدری و کرمی (۱۳۹۲) استفاده از گونه‌های میکوریزایی افزایش معنی‌داری در میزان پرولین موجود در برگ گیاه آفتابگردان نشان داد، در حالی‌که در آزمایش اسماعیل‌پور و همکاران (۱۳۹۲) میکوریزا میزان پرولین گیاه دارویی مرزه را کاهش داد. در پژوهشی بر کلزا در شرایط تنش خشکی در حالت عدم تلقیح گیاه با باکتری با افزایش شدت تنش مقدار پرولین ریشه ثابت باقی ماند و تلقیح با باکتری افزایش مقدار پرولین ریشه به‌ویژه در شرایط تنش شدید در مقایسه با شاهد بدون تنش را به‌دنبال داشت (کاظمی اسکوئی و همکاران، ۱۴۰۰).

حیدری[2] و همکاران (۲۰۱۵) افزایش تجمع پرولین در ارقام کلزای تحت تنش خشکی را گزارش کردند. هم‌چنین با تلقیح ارقام کلزا با سویه‌های باکتری *Pseudomonas* spp. تحت تنش خشکی بـه این نتیجه رسیدند که سویه‌های باکتری نسبت به شاهد بدون تنش میزان پرولین گیاه را افزایش داده و کلزا را در تحمل تنش خشکی یاری می‌کند. افزایش غلظت قندهای محلول در شرایط تنش خشکی در گیاهان دارویی کتان (موحدی‌دهنوی و همکاران، ۱۳۹۶) و

1. Khalafallah
2. Heidari

همیشه‌بهار (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳)، گزارش شده است. در پژوهش حاضر با توجه به افزایش عناصر غذایی نظیر نیتروژن با کاربرد کودهای زیستی و آلی و نقش مؤثر این عناصر در ساخت ترکیبات ضروری سلول نظیر پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها، افزایش قند محلول برگ در نتیجه کاربرد کود زیستی باکتریایی و میکوریزا دور از انتظار نبود. در پژوهشی بر روی گلرنگ، مصرف قارچ‌های میکوریزایی باعث روند افزایشی در مقدار قندهای محلول گردید (رضایی چیانه و همکاران، ۱۳۹۶).

۵. ۳. پاسخ میزان پروتئین برگ ماریتیغال به کاربرد کودهای زیستی

سنتز پروتئین یک فرایند متابولیکی اساسی است که موجب بهبود تحمل گیاه به تنش می‌شود. به‌طورکلی تنش از طریق کاهش سطح برگ، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرایند فتوسنتز می‌گردد (بابایی و همکاران، ۱۳۸۹) با توجه به این‌که روبیسکو، فراوان‌ترین و مهم‌ترین پروتئین برگ است، هرگونه کاهش در غلظت پروتئین‌های محلول نشانه کاهش غلظت روبیسکو بوده و این امر می‌تواند کاهش میزان فتوسنتز جاری را در پی داشته باشد. بیش‌ترین میزان پروتئین محلول در برگ وجود دارد. به محض تشکیل دانه انتقال مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن از برگ به دانه شروع گردیده و در نتیجه پروتئین محلول کل برگ کاهش می‌یابد. به‌طورکلی تنش خشکی یک سری تغییرات متابولیکی را القا می‌کند که به دگرگونی پروتئین‌ها (تغییر در سنتز پروتئین، ثبات سطح بعضی از پروتئین‌ها و تجزیه پروتئین) وابسته است. روبیسکو حدوداً ۶۰-۳۰ درصد از کل پروتئین‌های محلول برگ را تشکیل می‌دهد. این آنزیم خزانه بزرگی از نیتروژن ذخیره برگی (حدود ۳۰-۲۰ درصد) را تشکیل می‌دهد که می‌تواند به سرعت تحت تنش و پیری، دوباره متحرک می‌شود (معراجی پور و همکاران، ۱۳۹۱). قنبری و همکاران (۱۳۹۷) با مطالعه اثر تنش خشکی بر سویا مشاهده نمودند که بیش‌ترین پروتئین در تیمار شاهد به‌میزان ۴۵/۲۴ درصد و کم‌ترین میزان آن در تیمار تنش شدید (۳۲/۸۸ درصد) به‌دست آمد. کاربرد کودهای زیستی، با تثبیت زیستی بیش‌تر نیتروژن، سنتز اسیدهای آمینه در برگ‌ها را افزایش داده و به انباشتگی پروتئین در برگ‌ها یاری می‌دهد (نصری و قادری، ۱۳۹۳). در مطالعه اثر کودهای زیستی و آلی بر روی گیاه شنبلیله مشاهده شد که بیش‌ترین مقدار پروتئین محلول برگ در تیمارهای کود زیستی آزوسپریلیوم به‌دست آمد (نیشانت[1] و همکاران، ۲۰۱۱). بایروا[2] و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه بر روی گیاه شنبلیله نشان دادند که تلقیح باکتری‌های ریزوبیوم و حل‌کننده فسفر منجر به افزایش سنتز پروتئین شد و در نتیجه عملکرد گیاه شنبلیه افزایش یافت.

۵. ۴. پاسخ محتوای رطوبت نسبی برگ ماریتیغال به کاربرد کودهای زیستی

محتوای رطوبت نسبی، یکی از ویژگی‌های مؤثر در تداوم رشد گیاهان تحت شرایط تنش خشکی است و مقدار بالاتر آن، می‌تواند عامل استمرار رشد در شرایط تنش خشکی باشد. بنابراین چنانچه محتوای رطوبت نسبی برگ زیاد باشد گیاه آماس سلولی خود را حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد (محمدی[3] و همکاران، ۲۰۱۶). حیدری و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تنش خشکی بر محتوای رطوبت نسبی برگ انیسون[4] گزارش کردند که کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ می‌تواند به‌دلیل کاهش درصد رطوبت خاک و در نتیجه آن کاهش پتانسیل آب برگ در اثر افزایش شدت تنش خشکی باشد. هم‌چنین این پژوهش‌گران بیان نمودند که پس از آبیاری مجدد (بازیافت) میزان محتوای رطوبت نسبی تا حدودی

1. Nishant
2. Bairva
3. Mohammadi
4. *Pimpinella anisum* L.

بهبود یافت، اما هنوز با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت و بازیافت به‌طور کامل صورت نگرفت. فرح وحش و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی اثر تنش خشکی روی محتوای رطوبت نسبی برگ سرخارگل بیان نمودند که تنش خشکی موجب کاهش میزان آب نسبی گردید. با کاهش آب در خاک، گیاه میزان آب پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رساند تا آب با نیروی بیش‌تری وارد گیاه شود. همین امر سبب کاهش آب در درون بافت‌ها در شرایط خشکی نسبت به شرایط بدون تنش خشکی می‌گردد. میکوریزا به‌طور وسیعی هدایت روزنه‌ای را کاهش داده و باعث افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ می‌گردد و بنابراین تحمل تنش‌های محیطی برای گیاه آسان‌تر می‌شود. در همین ارتباط مجیدی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای قارچ میکوریزا از نظر رطوبت نسبی برگ وجود داشت و تلقیح با قارچ میکوریزا باعث افزایش رطوبت نسبی برگ شد. هم‌چنین نتایج بیرانوند و همکاران (۱۳۹۶) بر روی شمعدانی معطر نشان داد که استفاده از قارچ در بستر کاشت باعث افزایش محتوای رطوبت نسبی گردید. این پژوهش‌گران علت افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ در گیاهان میکوریزایی را به نقش هیف‌ها در جذب و هدایت آب نسبت دادند. طبق گزارش شبانکاره و همکاران (۱۳۹۴) محتوای رطوبت نسبی برگ با مصرف تیمار کودی نیتروکسین در شرایط تنش بهبود یافت، این پژوهش‌گران بیان نمودند که همبستگی مثبت بین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ و رطوبت خاک را می‌توان به مصرف کودهای زیستی ربط داد چرا که با مصرف کودهای زیستی، رشد ریشه‌ها افزایش و میزان محتوای رطوبت نسبی برگ‌ها افزایش می‌یابد. طبق نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش بش و همکاران (۱۳۹۹) بر گیاه سیاه‌دانه کاربرد تیمارهای باکتریایی در سطوح مختلف کمبود آب نشان داد که تیمارهای باکتریایی نسبت به تیمار عدم تلقیح باکتریایی، موجب افزایش این صفت شد. باکتری‌های *Bacillus* sp. تحت تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به‌ترتیب موجب افزایش ۱۲/۵ درصدی و تحت تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه موجب افزایش ۱۲/۹ درصدی رطوبت نسبی نسبت به شاهد شد.

۵. ۵. پاسخ وزن خشک اندام هوایی ماریتیغال به کاربرد کودهای زیستی

طی پژوهش‌های مختلف در شرایط خشکی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد دچار نقصان می‌شود (اشرف[1] و فولاد[2]، ۲۰۰۷). در پژوهش حاضر، کاهش وزن خشک ماریتیغال با تنش خشکی می‌تواند نشان‌دهنده حساسیت نسبی رشد رویشی این گیاه به شرایط کم‌آبیاری باشد. از طرف دیگر، ازآنجایی‌که در شرایط تنش خشکی محتوای رطوبت نسبی برگ کاهش می‌یابد (جدول ۳)، به‌دنبال آن روزنه‌ها بسته شده و کاهش فتوسنتز و کاهش فشار تورژسانس رخ می‌دهد که در نتیجه آن ارتفاع گیاه و به‌دنبال آن وزن خشک کاهش می‌یابد. در رابطه با تأثیر تنش خشکی بر گیاهان نتایج حاصل از پژوهش مزارعی و همکاران (۱۳۹۶) بر روی گیاه خارمریم نشان داد که برخی از ویژگی‌های رشدی از قبیل وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه، در سطح ۱ درصد تحت تأثیر قرار گرفتند. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار این صفات در تیمار آبیاری کامل حاصل شده و کم‌ترین مقادیر نیز در شرایط تنش خشکی شدید (۳۰ رطوبت ظرفیت مزرعه) به‌دست آمد. این پژوهش‌گران تأثیر تنش خشکی بر کاهش ماده خشک گیاهان را این گونه بیان داشتند که کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش

1. Ashraf
2. Foolad

داده که پیامد آن کم‌شدن ذخیره کربن و کاهش ماده خشک می‌باشد. کاربرد باکتری و میکوریزا نسبت به عدم کاربردشان بر وزن خشک ماریتیغال مؤثر گزارش شد. در آزمایش عظیمی و همکاران (۱۳۹۲)، تلقیح گیاه آویشن باغی با میکوریزا تحت شرایط تنش خشکی سبب افزایش در ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی شد. میکوریزا مواد مغذی ماکرو از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم و مواد مغذی میکرو مانند آهن، مس، روی و منگنز را برای گیاه تأمین می‌کند و موجب افزایش عملکرد اقتصادی و زیست‌توده گیاه می‌شود (آسری[1] و همکاران، ۲۰۰۸). نقیبی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که تلقیح گیاه دارویی کاسنی پاکوتاه[2] با قارچ میکوریزا، افزایش عملکرد خشک زیست‌توده در مقایسه با شاهد را به‌دنبال داشت.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اکثر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اندازه‌گیری‌شده در گیاه دارویی ماریتیغال تحت تأثیر شرایط آبیاری و کودهای زیستی قرار گرفت، به‌طوری‌که استفاده از کودهای زیستی نسبت به شاهد اثرات بهبود بخشی در این صفات داشتند. گرچه شرایط آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی از خاک (تنش شدید) منجر به کاهش اکثر صفات موردمطالعه به‌ویژه صفات مورفوفیزیولوژیکی ماریتیغال شد، اما بهره‌گیری از کودهای زیستی به‌ویژه تلفیق کود زیستی میکوریزایی و باکتریایی توانست به‌طور موفقیت‌آمیزی کاهش این صفات را از طریق بهبود شرایط تغذیه‌ای جبران نماید، لذا:

۱- کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری ریزوسفری محرک رشد جهت جذب بیش‌تر عناصر غذایی از خاک و به‌دنبال آن افزایش توان فتوسنتزی و در نهایت افزایش وزن خشک اندام هوایی ماریتیغال پیشنهاد می‌گردد.

۲- پیشنهاد می‌گردد اثر تنش خشکی و کودهای زیستی بر متابولیت‌های ثانویه گیاه ماریتیغال موردارزیابی قرار گیرد.

۳- به‌دلیل این‌که ماریتیغال یک گیاه بومی ایران است، پیشنهاد می‌شود در آینده پژوهش‌های بیش‌تری برای شناخت این گیاه، به‌ویژه از نظر خصوصیات دارویی، روغنی و علوفه‌ای انجام شود.

۴- برای تکمیل و ارزیابی دقیق‌تر آزمایش مربوطه، بهتر است آزمایش در شرایط مزرعه و مناطق مختلف نیز تکرار گردد.

۷. تشکر و قدردانی

از دانشگاه یاسوج به خاطر حمایت مالی و از سرکار خانم مهندس یاسمین کرمی مسئول آزمایشگاه ژنتیک دانشکده کشاورزی به‌خاطر آماده‌سازی تجهیزات جهت اندازه‌گیری صفات موردمطالعه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

اسماعیل پور، بهروز؛ جلیل‌وند، پریسا و هادیان، جواد (۱۳۹۲). تأثیر تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد مرزه. *نشریه بوم‌شناسی کشاورزی*، ۵(۲)، ۱۶۹-۱۷۷.

1. Asery
2. *Cichorium pumilum* Jacq

اصلانی، زهرا؛ حسنی، عباس؛ رسولی صدقیانی، میرحسن؛ سفیدکن، فاطمه و برین، محسن (۱۳۹۰). تأثیر دو گونه قارچ آربوسکولار مایکوریزا (*Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) بر رشد، مقادیر کلروفیل و جذب فسفر در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت شرایط تنش خشکی. *فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۷(۳)، ۴۸۶-۴۷۱.

امامی، عاکفه (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه گیاه. *نشریه فنی مؤسسه تحقیقات آب و خاک، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی*، ۱(۹۸۲)، ۵۸-۲۸.

امیدبیگی، رضا (۱۳۸۴). *تولید و فرآوری گیاهان دارویی*. مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی.

بابایی، کیوان؛ امین دهقی، مجید؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد و جباری، رضا (۱۳۸۹). اثر تنش کم‌آبی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.). *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۶(۲)، ۲۳۹-۲۵۱.

بزازی، نجمه؛ خدامباشی، محمود و محمدی، شهرام (۱۳۹۲). تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله. *مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۸(۳)، ۲۲-۱۱.

بسطامی، اسما و مجیدیان، مجید (۱۳۹۴). تأثیر میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی بر مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتز و عملکرد گشنیز (*Coriandurum sativum* L.). *مجله تولیدات گیاهی*، ۳۸(۴)، ۴۹-۶۰.

بش، زینب؛ دانش شهرکی، عبدالرزاق؛ قبادی نیا مهدی و سعیدی، کرامت‌اله (۱۳۹۹). اثر باکتری‌های محرک رشد بر برخی صفات فیزیولوژیک سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) تحت تنش کمبود آب. *مجله اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۴۰(۱۲)، ۲۴۹-۲۳۹.

بیرانوند، معصومه؛ رضایی‌نژاد عبدالحسین و حسینی، سیده زهرا (۱۳۹۶). تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae* و *G. intradices*) بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.) تحت تنش شوری. *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۸(۱)، ۱۲۰-۱۰۷.

جعفرزاده، لیلا؛ امیدی، حشمت و بستانی، عبدالامیر (۱۳۹۳). بررسی تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه‌بهار. *مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)*، ۲۷(۲)، ۱۹۳-۱۸۰.

حیدری، مصطفی و کرمی، وحید (۱۳۹۲). بررسی اثر تنش خشکی و گونه‌های میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، میزان کلروفیل و ترکیبات بیوشیمیایی آفتابگردان، *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۶(۱)، ۲۶-۱۷.

حیدری، نرگس؛ پوریوسف، مجید و توکلی، افشین (۱۳۹۳). تأثیر تنش کم‌آبی بر فتوسنتز، پارامترهای وابسته به آن و محتوای نسبی آب گیاه انیسون (*Pimpinella anisum* L.). *مجله پژوهش‌های گیاهی*، ۲۷(۵)، ۸۲۹-۸۳۸.

دهقان‌زاده، حمید و نوزاد نمینی، کریم (۱۳۸۸). تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری بر تجمع پرولین، قندهای آزاد محلول و پتاسیم در ارقام گندم نان. *فصلنامه علمی اکوفیزیولوژیکی گیاهان زراعی*، ۱(۱)، ۲۰-۱۶.

رحیمی، زلیخا؛ مظفری، حمید و حسن‌پور درویشی، حسین (۱۳۹۵). بررسی اثر هیومیک‌اسید در آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزار. *مجله زراعت و اصلاح نباتات*، ۱۲(۱)، ۱۰۶-۹۵.

رضایی چیانه، اسماعیل؛ خرمدل، سرور؛ مولودی، آرزو و رحیمی، امیر (۱۳۹۶). اثر کود نانوکلات روی و تلقیح با قارچ میکوریزا بر برخی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) در شرایط تنش خشکی. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۵ (۱)، ۱۶۸-۱۸۴.

ساعدی، سرور؛ رجالی، فرهاد؛ اردکانی، محمدرضا؛ درزی، محمدتقی و بیگدلی، محسن (۱۳۸۹، اسفند). *بررسی اثر کودهای زیستی (قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات) و سطوح مختلف فسفر بر روی برخی خواص کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی*. همایش ملی گیاهان دارویی. ساری، ایران.

سلیمانی، فاروق و پیرزاد، علیرضا (۱۳۹۴). تأثیر چند قارچ میکوریز بر غلظت مالون‌دی‌آلدهید و برخی فرایندهای متابولیسمی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) تحت تنش کمبود آب. *زیست‌شناسی گیاهی ایران*، ۲۴(۷)، ۱۵-۲۶.

شبانکاره، حسین؛ اصغری‌پور، محمدرضا و فاخری، براتعلی (۱۳۹۴). اثر کودهای زیستی بر شاخص‌های رشد و اسانس بادرشبو تحت تنش خشکی. *مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۷(۲۳)، ۱۹۴-۱۸۵.

شیرمردی، مصطفی؛ ثواقبی، غلامرضا؛ خاوازی؛ کاظم، فرحبخش، محسن؛ رجالی، فرهاد و سادات، عبدالوهاب (۱۳۸۹). بررسی برهم‌کنش قارچ میکوریز و باکتری سودوموناس بر پتانسیل آب برگ و عملکرد دو رقم آفتابگردان (*Heliantus annuus* L.) در یک خاک شور. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۴۱(۲)، ۲۲۸-۲۲۱.

صاحب حسن، مهدی؛ صالح ورزی، یحیی؛ نباتی، جعفر و عزیزی، مجید (۱۳۹۹). تأثیر تنش خشکی و کودهای زیستی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک، بیوشیمیایی و رنگدانه‌های فتوسنتزی گل همیشه‌بهار. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۹(۳۶)، ۱۳۶-۱۵۱.

صالحی، امین؛ قلاوند امیر؛ سفیدکن، فاطمه و اصغرزاده، احمد (۱۳۹۰). تأثیر کاربرد زئولیت، مایه تلقیح میکروبی و ورمی‌کمپوست بر غلظت عناصر N،P،K میزان اسانس و عملکرد اسانس در کشت ارگانیک گیاه دارویی بابونه آلمانی *Matricaria* (L. *chamomilla*). *فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۷(۲)، ۱۸۸- ۲۰۱.

عبداله زارع، سودابه؛ فاتح، اسفندیار و آینه بند، امیر (۱۳۹۱). بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کشت و روش‌های مختلف تغذیه‌ای (شیمیایی و آلی) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه خار مریم Gaertn (*Silybum marianum* L.). *تولیدات گیاهی*، ۳۵(۱)، ۱۵۳-۱۳۹.

عظیمی، ریحانه؛ جنگجو، محمد و اصغری، حمیدرضا (۱۳۹۲). تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر استقرار اولیه و خصوصیات مورفولوژیک گیاه دارویی آویشن باغی در شرایط عرصه طبیعی. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۱(۴)، ۶۷۶-۶۶۶

فرح وش، فرهاد؛ میرشکاری، بهرام؛ فرزانیان، مریم و حسین زاده مقبلی، امیر هوشنگ (۱۳۹۴). اثر سولفات روی و اسید آسکوربیک بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیک سرخارگل در شرایط تنش کم آبی. *مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۹(۱)، ۷۸-۵۷.

قلی‌نژاد، اسماعیل (۱۳۹۶). تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا بر عملکرد کمی و کیفی دانه توده‌های محلی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در سطوح مختلف تنش خشکی. *پژوهش های زراعی ایران*، ۱۵(۱)، ۱۶۷-۱۵۰.

قلی‌نژاد، رعنا؛ سیروس‌مهر، علیرضا و فاخری، براتعلی (۱۳۹۳). تأثیر تنش کم آبی و کودهای آلی بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، پرولین و عملکرد گاوزبان (*Borago officinalis* L.). *نشریه علوم باغبانی*، ۲۸(۳)، ۳۲۸-۳۴۶.

قنبری، مجید؛ مختصی بیدگلی، علی و طالبی سیه‌سران، پرنیان (۱۳۹۷). اثر کودهای زیستی بر اجزای عملکرد، عملکرد، پروتئین و روغن سویا تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۵۲(۱۳)، ۱۵-۱.

کاظمی اسکوئی، بیتا؛ بنده حق، علی؛ ساریخانی، محمدرضا و قاسم‌زاده، توراج (۱۴۰۰). تاثیر باکتری محرک رشد *Enterobacter* sp. S16-3 در تعدیل تنش خشکی در ارقام کلزا (*Brassica napus*). *نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار*. ۳۱(۴)، ۶۶-۴۹.

مجیدی، عزیز و امیری پرنگ (۱۳۹۹). بررسی تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا-آربوسکولار در سطوح مختلف تنش رطوبتی بر برخی ویژگی‌های رشدی ذرت. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۳(۱)،۱۲۹-۱۲۱.

محمدپور وشوایی، رقیه؛ رمرودی، محمود و فاخری، براتعلی (۱۳۹۶). اثر تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.). *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۹(۱)، ۴۹-۳۱.

محمودزاده، مهدی؛ رسولی صدقیانی، میرحسن و عسگری لجایر، حمایت (۱۳۹۴). تأثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا بر خصوصیات ریخت‌شناسی و غلظت عناصر پُرمصرف گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) در شرایط گلخانه. *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۲۴ (۶)، ۱۶۷-۱۵۵.

مزارعی، ایوب؛ سیروس‌مهر، علیرضا و بابایی، زهرا (۱۳۹۶). تأثیر قارچ میکوریزا بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی خارمریم (*Silybum marianum* L.) تحت تنش کم‌آبی. *مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۳(۴)،۶۳۵-۶۲۰

معراجی‌پور، مینا؛ موحدی‌دهنوی، محسن؛ دهداری، اشکبوس؛ فرجی، هوشنگ و معراجی‌پور، میترا (۱۳۹۱). تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چهار رقم گلرنگ بهاره در منطقه یاسوج. *مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۵(۲)، ۱۳۴-۱۲۵.

موحدی دهنوی، محسن؛ نیکنام، نسرین؛ بهزادی، یعقوب؛ محتشمی، رهام و باقری، رضا (۱۳۹۶). مقایسه پاسخ‌های فیزیولوژیک کتان به تنش خشکی و شوری و محلول پاشی با سالیسیلیک‌اسید. *مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران*، ۳۳(۹)، ۶۲-۳۹.

نصری، فردین. و قادری، ناصر (۱۳۹۳). اثر سالیسیلیک‌اسید بر جوانه‌زنی و رشد چمن فستوکا و لولیوم حت شرایط تنش شوری. *نشریه فناوری و تولیدات گیاهی*، ۱۴(۲)، ۱۴۸-۱۳۹.

نقیبی، راهله؛ رضوانی‌مقدم، پرویز؛ بالندری، احمد و قربانی، رضا (۱۳۹۴). تأثیر کودهای آلی، تلقیح میکوریزایی (*Glomus mosseae* و *G. intraradices*) بر عملکرد کمی و کیفی برداشت مختلف گیاه دارویی کاسنی پاکوتاه (*Cichorium pumilum* Jacq.). *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۲۹(۲)، ۳۰۲-۳۱۳.

References

Abdolahzareh, S., Fateh, E., & Aynehband, A. (2012). Investigation in to different sowing dates and fertilization methods (chemical and organic) on yield and yield components of milk thistle (*Silybum marianum* L.). *Journal of Plant Productions*, *35*(1), 139-153. (In Persian).

Arquero, O., Barranco, D., & Benlloch, M. (2006). Potassium starvation increases stomata conductance in olive trees. *Horticulture Science*, *41*(2), 433-436.

Asery, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V., & Meghwal, P. R. (2008). Biofertilizeas improve plant growth, fruit yield, nutrition, and metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian. Tha desert, *Scientica Horticulturae*, *117*(2), 130-135.

Ashraf, H., Zakizadeh, H., Ehteshami, S. M., & Biglouei, M. H. (2016). Evalution the symbiosis of three mycorrhizal fungi species on biochemical characteristics of Agropyron (*Agropyron elongatum*) and Kentucky Bluegrass (*Poa pratensis*) under water stress. *Journal of plant production research*, *24*(4), 44-25. (In Persian).

Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, *59*, 206-216.

Aslani, Z., Hassani, A., Rasouli Sadaghiani, M. H., Sefidkan, F., & Brin, M. (2011). The effects of two species of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) on the growth, chlorophyll content and phosphorus uptake of Basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *27*(3), 471-486. (In Persian).

Azimi, R., Jang ju, M., & Asghari, H. R. (2014). Effects of Mycorrhiza Symbiosis on Initial Establishment and Morphological Traits of Thyme (*Thymus vulgaris*) Under Natural Conditions. *Research Article Iranian Journal of Field Crops Research*, *11*(4), 666-676. (In Persian).

Babaei, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S. A. M., & Jabari, R. (2010). Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *26*(2), 239-251. (In Persian).

Bahreininejad, B., Razmjoo, J., & Mirza, M. (2013). Influence of water stress on morphophysiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. *International Journal of Plant Production*-7,151-166.

Bairva, M., Meena, S. S., & Mehta, R. S. (2012). Effect of bio-fertilizers and plant growth regulators on growth and yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *International Journal of Seed Spices*, *2*(1), 28-33.

Bastami, A., & Majidian, M. (2016). Effects of mycorrhiza, phosphatic biofertilizer on photosynthetic pigments and yield in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Plant Production*, 38(4), 49-60. (In Persian).

Bazazi, N., Khodabashi, M., & Mohammadi, S.H. (2013). The effect of drought stress on morphological characteristics and yield components of fenugreek. *Journal of Crop Production and Processing*, *8*(3), 11-22. (In Persian).

Beiranvand, M., Rezaei Nejad, A., & Hosseini, S. Z. (2017). Effects of two mycorrhiza species (*Glomus mosseae* and *G. interaradices*) on some morphological and physiological characteristics of *Pelargonium graveolens* L. under salinity stress. *Soil and plant relations*, *8*(1), 107-121. (In Persian).

Besh, Z., Danesh Shahraki, A., Ghobadinia, M., & Saeeidi K. (2019). The effect of plant growth promoting rhizobacteria on some physiological traits of black Cumin (*Nigella sativa* L.) under water deficit stress. *Journal of Plant Ecophysiology*, *40*(12), 239-249. (In Persian).

Dehghanzadeh, H., & Nouzadnamini, K. (2010). Effects of deficit irrigation regimes on prolin, soluble sugars and potassium accumulation in three bread Wheat cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*, *1*(1),16-20. (In Persian).

Emami, A. (1996). Analytical methods for plant analyses. Soil and Water Research Institute, Research Department, Agricultural Education and Development, Iran. *Technical Report, 1*(982), 28-58. (In Persian).

Farahvash, F., Mirsehkari, B., Farzanian, M., & Hosseinzadeh Moghbeli, A.E. (2014). effect of zinc sulfate and ascorbic acid on some morphophysiological traits of Sarkhargol under water stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, *9*(1), 57-78. (In Persian).

Ghanbari, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., & Talebi-Siah Saran, P. (2018). The effect of bio-fertilizers on yield component, yield, protein and oil in soybean (*Glycine max* Merrill) under different irrigation regimes. *Journal of Plant Environmental Physiology (JPEP), 52*(13), 1-15. (In Persian).

Gholinejad, R., Sirousmehr, A., & Fakheri, B. (2014). Effect of drought stress and organic fertilizer on activity of some antioxidant enzymes, photosynthetic pigments, proline and yield of Borage (*Borago officinalis*). *Journal of horticulture science*, *28*(3), 328-346. (In Persian).

Gholinezhad, E. (2017). Effect of two species of mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces in different levels of drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *15*(1), 150-167. (In Persian).

Heidari, F., Bandehagh, A., Farajzadeh, D., Kazemi Oskuei, B., & Motie Noparvar, P. (2015). Response of spring Canola (*Brassica napus* L.) cultivars inoculated with P. fluorescens FY 32 to drought stress. *Crop Research*, *50*, 55-62.

Heidari, M., & Karami, V. (2013). Effects of water stress and different mycorrhiza species on grain yield, yield components, chlorophyll content and biochemical components of Sunflower, *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *6*(1),17-26. (In Persian).

Heidari, N., Pouryousef, M., & Tavakoli A. (2014). Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of Anise (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Plant Research*, *27*(5), 828-838. (In Persian).

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W., & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated Alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. *Physiologia Plantarum*, *84*, 55-60.

Jafarzadeh, L., Omidi, H., & Bostani, A. A. (2014). The study of drought stress and bio fertilizer of nitrogen on some biochemical traits of marigold medicinal plant (*Calendula officinalis*). *Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology), 27*(2), 180-193. (In Persian).

Kazemi Oskuei, B., Bandehagh, A., Sarikhani, M. R., & Ghasemzadeh, T. (2021). Effect of Enterobacter S16-3 as plant growth-promoting rhizobacteria on drought stress reduction in Canola (*Brassica napus*) cultivars. *Journal of agricultural knowledge and sustainable production, 31*(4), 49-66. (In Persian).

Khalafallah, A. A., & 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.

Mahmoudzadeh, M., Rassouli Sedghiani, M. H., & Asgari Lagayer, M. (2015). The effect of rhizobacteria growth stimulator and arbuscular mycorrhizal fungi on morphological characteristics and high contaminated elements of Peppermint (*Mentha piperita* L.) in greenhouse conditions. *Science and technology of greenhouse crops*, *24*(6), 155-167. (In Persian).

Majidi, A., & Amiri, P. (2020). Effect of two species of mycorrhizal-arbuscular fungi in different levels of moisture stress on some growth characteristics of Maize. *Environmental Stresses in Crop Sciences, 13*(1), 121-129. (In Persian).

Mazaraie, A., Sirousmehr, A. R., & Babaei, Z. (2017). Effect of mycorrhizal fungi on some morphological and physiological charactristics of Milk thistle (*Silybum marianum* L.) Gaertn. under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 33*(4), 620-635. (In Persian).

Meerajipour, M., Movahhedi Dehnavi, M., Dehdari, A., Farajee, H., & Meerajipour, M. (2013). Effect of drought stress on some physiological characteristics of four spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in yasouj environmental stresses. *Crop Sciences*, *5*(2), 125-134. (In Persian).

Mishra, A., & Choudhuri, M. A. (1999). Effects of salicylic acid on heavy metal induced membranes deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biologia Plantarum, 42*, 409-415.

Mohammadi, M., Ghassemi Golezani, K., ZehtabSalmasi, S., & Nasrollahzade. S. (2016). Assessment of some physiological traits in spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under water stress. *International Journal of Life Sciences, 10*(1), 58-64.

Mohammadpour Vashvaei, R., Ramroudi, M., & Fakheri, B. A. (2017). .Effects of Drought Stress and Bio-fertilizer Inoculation on Quantitative and Qualitative Characteristics of Marian Thistle (*Silybum marianum* L.). *Journal of Agroecology*, *9*(1), 31-49. (In Persian).

Movahhedidehnavi, M., Niknam, N., Behzadi, Y., Mohtashami, R., & Bagheri, R. (2017). Comparison of physiological responses of linseed (*Linum usitatissimum*) to drought and salt stress and salicylic acid foliar application. *Iranian Journal of Plant Biology*, *33*(9), 39-62. (In Persian).

Naghibi, R., Rezvani Moghadam, P., Balandari, A., & Ghorbani, Z. (2015). The effects of organic fertilizers and mycorrhizae inoculation (*Glomus mosseae* and *G. intraradices*) on quantitative and qualitative yield of Dwarf Chicory (*Cichorium pumilum* Jacq.) in different cuttings. *Journal of Horticultural Science, 29*(2), 302-313. (In Persian).

Nasri, F., & Qadri, N. (2015). Effect of salicylic acid on red Fescue (*Festuca rubra*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*) turfgrass germination and growth nder salinity Stress. *Journal of plant technology and production, 14*(2), 139-148.

Nishant, M., Singh, C. P., & Mishra, U. S. (2011). Effect of Bio-fertilizers on Bio-nutrients, Nitrogen, Total Protein, Extractable Lipid and Mineral Contents of Cultivated Variety of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Phytology, 3*(8), 15-17.

Novozamsky, I., Van Eck, R., Van Schouwenburg, C. H., & Walinga, I. (1974). Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 22, 3-5.

Paquine, R., & Lechasseur, P. (1979). Observations sur one method dosage la Libra dans les de planets. *Canadian Journal of Botany, 57*, 1851-1854.

Peterson, J. R., Flanagan, J., & Shmac, K. T. (2002). PAM application method and electrolyte source effects on plot-scale runoff and erosion. *Trans ASAE, 45*(6),1859-1867.

Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society, 55*, 158-161.

Rahimi, Z., Mozaffari, H., & Hassanpour Darvishi, H. (2016). Investigation the effect of humic acid in irrigation water on yield and yield components of rapeseed. *Journal of Agronomy and Plant Breeding, 12*(1), 95-106. (In Persian).

Rezaeichiyaneh, E., Khorramdel, S., Movludi, A., & Rahimi, A. (2017). Effects of nano chelated zinc and mycorrhizal fungi inoculation on some agronomic and physiological characteristics of Safflower (*Carthamus Tinctorius*) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research, 15*(1), 168-184. (In Persian).

Rezaei-Chiyaneh., E., Khorramdel, S., Movludi, A., & Rahimi, A .(2017). Effects of Nano Chelated Zinc and Mycorrhizal Fungi Inoculation on Some Agronomic and Physiological Characteristics of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Drought Stress Conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research, 15*(1), 168-184. (In Persian).

Ruíz-Lozano, J. M., Porcel, R., Azcón, C., & Aroca, R. (2012). Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. *Journal of Experimental Botany*. *63*, 4033-4044.

Saedi, S., Rejali, F., Ardakani, M. R., Darzi, M. T., & Bigdali, M. (2010, March). Investigating the effect of biofertilizers (mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving bacteria) and different levels of phosphorus on some quantitative and qualitative properties of German chamomile medicinal plant. In *National Conference of Medicinal Plants*. Sari, Iran. (In Persian).

Sahib Hasan, M., Selahvarzi, Y., Nabati, J., & Azizi, M. (2019). Effects of drought stress and biofertilizers on some growth, photosynthetic pigments, morphophysiological and biochemical traits of Calendula officinalis. *Journal of* plant process and function, *9*(36), 136-151. (In Persian).

Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., & Asgharzade, A. (2011). The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27*(2), 188-201. (In Persian).

Shabankareh, H., Asgharipour, M. R., & Fakheri, B. A. (2014). The effect of bio fertilizers on some growth parameters and essential oil of Moldavian dragonhead under drought condition. *Scientific research journal of plant ecophysiology, 7*(23),185-194. (In Persian).

Shirmardi, M., Savaghebi, Gh. R., Khavazi, K., Farahbakhsh, M., Rejali, F., & Sadat, A. V. (2011). The Effects of Some Microbial Inoculants on Water Relationships and Agronomic Indices of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a Saline Soil. *Journal of water and soil research in Iran, 41*(2), 221-228. (In Persian).

Smaielpour, B., Jalilvand, P., & Hadian, J. (2013). The effect of drought stress and mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of Savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology, 5*(2), 169-177. (In Persian).

Soleymani, F., & Pirzad, A. (2015). The effect of mycorrhizal fungi on malondialdehyde concentration and some metabolic processes in Hyssop (*Hyssopus officinalis*) under water deficit stress, *Iranian Journal of Plant Biology*, *24*(7), 15-26. (In Persian).

Tarraf, W., Ruta, C., Tagarelli, A., De Cillis, F., & De Mastro, G. (2017). Influence of arbuscular mycorrhizae on plant growth, essential oil production and phosphorus uptake of *Salvia officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, *102*, 144-153.

Uçan, K., Killi, F., Gencoglan, C., & Merdun, H. (2007). Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition*. Field Crops Research*, *101*, 249-254.

Whitmore, A. P., & Whalley, W. R. (2009). Physical effects of soil drying on roots and crop growth. *Journal of Experimental Botany, 60*(10), 2845-2857.