Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

The effect of mycorrhizal fungi, water stress and year on flower yield and some characteristics of medicinal plant of Borage (*Borago officinalis* L.) in Yasouj region

Ali Rahimi[1*]

[1] Forests, rangelands and watershed Research Department, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran
Email: rahimi.ali1362@yahoo.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 13.06.2023
Revised: 23.07.2023
Accepted: 04.08.2023
Published:22.12.2023

Keywords
Irrigation
Harvest Index
Biological Yield
Flower yield
Phosphorus
Mycorrhiza

Abstract

Identifying the critical time and timing of plant irrigation based on a precise and basic plan is the key to water conservation, improvement of irrigation operations and plant tolerance to water shortage in agriculture. In recent years, vesicular arbuscular *mycorrhizal fungi* have been used in many plants to deal with dehydration and drought stress. In this regard, an experiment was conducted as split-plot in the form of randomized complete block design with 3 replications in the Yasuj region at years 2015 and 2016. Water stress was considered as the main factor in the form of irrigation after 30, 60, 90, 120 and 150 mm of evaporation from the evaporation pan class A and mycorrhizal fungus was considered as a secondary factor in the form of no application, application of *Glomus mosseae* and application of *Glomus intraradices*. The results showed that the interaction of irrigation and mycorrhizal fungi on flower phosphorus, flower yield, biological yield and water use efficiency of Borage was significant. In irrigation levels after 60, 90, 120 and 150 mm of water evaporation from the evaporation pan, the use of mycorrhizal fungi *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices* compared to the absence of fungi respectively increased the yield of plant flowers (30.04% and 27.35 %), (90.2% and 90.98%), (93.21% and 94.1%) and (81.73% and 78.86%), also, at these levels of irrigation, biological yield and water use efficiency of Borage flower achieved a significant increase in the presence of mycorrhizal fungus, compared to the absence of mycorrhizal fungus application. Application of both strains of mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices* in irrigation levels after 90, 120 and 150 mm of water evaporation from the evaporation pan compared to no application of mycorrhizal fungus, respectively, resulted in a significant increase in the harvest index of Borage flower (44.55% and 43.36%), (13.21% and 15.96%) and (5.6% and 5.41%) and flower phosphorus (44.69% and 20.45%), (150% and 125%) and (267.74% and 235.48%). *Mycorrhizal fungus* was able to moderate the negative effects of drought stress and increase the above-mentioned traits in those irrigation levels, and based on the results of this study, irrigation treatment after 90 mm of water evaporation from the evaporation pan + the use of *Glomus mosseae mycorrhizal fungi* is recommended.

Cite this article as: Rahimi, A. (2023). The effect of mycorrhizal fungi, water stress and year on flower yield and some characteristics of medicinal plant of Borage (*Borago officinalis* L.) in Yasouj region. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 18(4): 19-35.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تاثیر قارچ مایکوریزا، تنش آب و سال بر عملکرد گل و برخی خصوصیات گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.) در منطقه یاسوج

علی رحیمی[1*]

۱ بخش تحقیقات جنگلها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران ، رایانامه: rahimi.ali1362@yahoo.com

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۳
تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

واژه‌های کلیدی:
آبیاری
شاخص برداشت
عملکرد زیستی
عملکرد گل
فسفر
مایکوریزا

چکیده

شناسایی زمان بحرانی و زمان‌بندی آبیاری گیاه بر مبنای یک برنامه دقیق و اساسی، کلیدی برای نگهداری آب، بهبود عملیات آبیاری و قابلیت تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی است. در سال‌های اخیر برای مقابله با کم‌آبی و تنش خشکی قارچ‌های مایکوریزای وزیکولار آربوسکولار در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است. در این راستا، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ در منطقه یاسوج اجرا گردید. تنش آب به‌عنوان عامل اصلی بصورت آبیاری پس از ۳۰، ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و قارچ مایکوریزا به‌عنوان عامل فرعی بصورت عدم کاربرد، کاربرد *Glomus mosseae* و کاربرد *Glomus intraradices* در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا بر فسفر گل، عملکرد گل، عملکرد زیستی و کارایی مصرف آب گاوزبان معنی‌دار بود. در سطوح آبیاری پس از ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، کاربرد قارچ‌های مایکوریزا *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* نسبت به عدم وجود قارچ به ترتیب موجب افزایش عملکرد گل گیاه (۳۰/۰٤ و ۲۷/۳۵ درصد)، (۹۲/۲ و ۹۰/۹۸ درصد)، (۹٤/۱ و ۹۳/۲۱ درصد) و (۸۱/۷۳ و ۷۸/۸٦ درصد) شدند، همچنین در این سطوح از آبیاری، عملکرد زیستی و کارایی مصرف آب گل گاوزبان در شرایط حضور قارچ مایکوریزا نسبت به عدم کاربرد قارچ افزایشی معنی‌دار حاصل نمودند. کاربرد هر دو سویه قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا به ترتیب موجب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت گل گاوزبان (٤٤/۵۵ و ٤۳/۳٦ درصد)، (۱۳/۲۱ و ۱۵/۹٦ درصد) و (۵/٦ و ۵/٤۱ درصد) و فسفر گل (٤٤/٦۹ و ۲۰/٤۵ درصد)، (۱۵۰ و ۱۲۵ درصد) و (۲٦۷/۷٤ و ۲۳۵/٤۸ درصد) شدند. قارچ مایکوریزا توانست باعث تعدیل اثرات منفی تنش کم‌آبی و موجب افزایش صفات فوق در آن سطوح آبیاری گردد و بر اساس نتایج این بررسی، تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر + کاربرد قارچ مایکوریزای *Glomus mosseae* توصیه می‌شود.

استناد: رحیمی، علی. (۱٤۰۲). تاثیر قارچ مایکوریزا، تنش آب و سال بر عملکرد گل و برخی خصوصیات گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.) در منطقه یاسوج *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۸ (٤)، ۳۵-۱۹.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

گاوزبان اروپایی (*Borago officinails* L.) گیاهی یکساله و علفی است (Ahwaziand Rezwani Moghadam, 2010) و در خاک‌هایی با محدوده ۸/۲ pH=٤/٥- قادر به رشد است و متوسط pH مناسب برای رشد گاوزبان ٦/٦ گزارش شده است (Taghipour Lahroudi et al.,2017) و حاوی ترکیبات مختلفی نظیر موسیلاژ، تانن، ساپونین، اسانس و آلکالوئید پیرولیزیدین، ویتامین C، کلسیم و پتاسیم است که در طب سنتی برای درمان ورم و التهاب، استرس، اسپاسم، سرفه و سایر مشکلات تنفسی کاربرد دارد. همچنین دارای خاصیت گشاد کننده عروق و آرام‌بخش قلب است (Farhadi and Balashahri, 2012). آب از منابع کمیاب در ایران است که تحت تأثیر میزان بارندگی است. اثر تنش آبی به مدت زمان و اندازه کمبود آن بستگی دارد (Pandey et al., 2008). در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، باغی و دارویی، تنش کمبود آب مهم‌ترین عامل کاهش تولید بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (Reddy et al., 2004). شناسایی زمان بحرانی و زمان‌بندی آبیاری گیاه بر مبنای یک برنامه دقیق و اساسی، کلیدی برای نگهداری آب، بهبود عملیات آبیاری و قابلیت تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی است (Ngouajio et al., 2007). به‌طور کلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد و سبب کاهش رشد و عملکرد می‌شود (Anjum et al., 2011). در سال‌های اخیر برای مقابله با کم‌آبی و تنش خشکی قارچ‌های مایکوریزا *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (Gogoi and Singh, 2011). مایکوریزا همزیستی مسالمت‌آمیز انواعی از قارچ‌های خاکزی و ریشه گیاهان است، همزیستی قارچی مواد کربوهیدارتی را عمدتاً به شکل ساکارز از گیاه دریافت می‌کند و عناصر غذایی (عمدتاً فسفر) را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Smith et al., 2010). تنش خشکی جذب مواد غذایی بوسیله ریشه‌ها و انتقال این مواد به گیاه را کاهش می‌دهد که این کاهش به‌دلیل محدود شدن سرعت تعرق، آسیب رساندن به انتقال فعال و کاهش قابلیت نفوذ غشایی است (Arndt et al., 2001). جذب مواد غذایی از محلول خاک با وضعیت آب خاک ارتباط دارد، به‌طوری که با کاهش رطوبت خاک جریان انتشاری مواد غذایی از خاک به سطح ریشه‌ها کاهش می‌یابد (Arndt et al., 2001). قارچ‌های مایکوریزا بواسطه ایجاد ارتباطات بین گیاه و قارچ، منجر به افزایش سرعت فتوسنتز و سایر عوامل مرتبط با تبادل گازها و در نتیجه رشد گیاهان میزبان در شرایط تنش می‌گردند (Begum et al., 2019). در یک بررسی، گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا در مقایسه با گیاهان مایه‌کوبی نشده، از میزان فسفر بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش برخوردار بودند (Aslani et al., 2011). در تحقیقی روی گیاه دارویی همیشه بهار بیان گردید که احتمالاً استفاده از قارچ*Glomus intraradices*، اثرات تشدیدکنندگی بر فعالیت میکروبی خاک داشته و متعاقباً با افزایش سهل‌الوصول شدن عنصر فسفر موجود در خاک برای گیاه، عملکرد گیاه بهبود پیدا می‌کند (Hoseini Mazinani and Hadipour, 2014). در آزمایشی، قارچ‌های مایکوریزا بر گیاه دارویی گاوزبان هندی (*Plectranthus amboinicus*) Indian Borage تاثیر مثبت و رابطه همزیستی داشتند و موجب افزایش عملکرد گاوزبان هندی شدند (Hemalatha and Selvaraj, 2003). از شاخص‌های اساسی در تعیین کارایی استفاده از آب جهت تولید

محصولات کشاورزی، شاخص کارایی مصرف آب می‌باشد (Heydari, 2013). البته (Akbarinia et al., 2008) نشان دادند که کارایی مصرف آب گاوزبان ایرانی در دور آبیاری ١٤ روزی یکبار نسبت به بقیه تیمارها بیشترین مقدار را نشان داد. بر اساس نتایج به دست آمده از یک پژوهش، دو گونه قارچ *Glomus macrocarpum* و *Glomus fasciculatum* با توسعه شاخ و برگ سبب افزایش عملکرد ماده خشک گیاه دارویی درمنه گشت و بازده مصرف آب گیاه دارویی درمنه را در شرایط تنش بهبود بخشید (Chaudhary et al., 2007). نظر به تأثیر قارچ مایکوریزا بر تعدیل تأثیر تنش آبی بر عملکرد گیاهان دارویی، در این پژوهش به بررسی تاثیر قارچ مایکوریزا بر عملکرد و برخی خصوصیات دیگر گاوزبان تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی در منطقه یاسوج پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات طرح آزمایشی، کاشت و روش اجرا: این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی چم‌خانی در ۱۳ کیلومتری شهر یاسوج، با طول جغرافیایی ٤٩ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۷۳٤ متر از سطح دریا، در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ و در سه تکرار اجرا گردید. اطلاعات هواشناسی (دما، رطوبت، میزان بارندگی) منطقه در سال‌های آزمایش در جدول (۱) نشان داده شده است. تنش آب به عنوان عامل اصلی آزمایش به صورت آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر (I_{30})، آبیاری پس از ٦٠ میلی‌متر (I_{60})، آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر (I_{90})، آبیاری پس از ۱۲۰میلی‌متر (I_{120}) و آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر (I_{150}) تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A (جهت اندازه‌گیری مقدار تبخیر مورد نظر، از یک استوانه مدرج که داخل تشتک نصب شده، استفاده شد)، و قارچ مایکوریزا به عنوان عامل بصورت عدم کاربرد Non mycorrhiza (NM)، کاربرد گونه گلاموس موسه‌آ *Glomus mosseae* (GM) و کاربرد گونه گلاموس اینتراردیسز *Glomus intraradices* (GI) لحاظ شد. پس از عملیات شخم در ۲۰ آبان‌ماه و تهیه بستر کاشت در ۲۸ اسفندماه، کرت‌هایی به ابعاد ۳×۵ متر تهیه شد. فاصله بین کرت‌های اصلی آزمایش ۳ متر، کرت‌های فرعی ۱ متر و بین تکرارها نیز ۳ متر در نظر گرفته شد. همزمان با کاشت بذر گل گاوزبان در تاریخ ۱۵ فروردین ماه، حدود ۷ گرم از ماده حاوی قارچ مایکوریزای (حدود ۱۰۰ اسپور در هرگرم قارچ) تولید شده توسط کلنیک گیاه‌پزشکی ارگانیک-اسدآباد همدان، در هر حفره کاشت گاوزبان ریخته شد (Enteshari and Hajihashemi, 2010). بذر گاوزبان در ۱۵ فروردین ماه و با فواصل بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر کاشت شد، که ۱۵ ردیف کاشت با حاشیه کرت ۲۵ سانتی‌متر از هر طرف در هر کرت ایجاد گردید. جدول (۲) نتایج تجزیه خاک را نشان می‌دهد. هیچ میزان کودی به مزرعه اضافه نشد. عملیات کاشت به روش دستی و به‌صورت جوی و پشته انجام گردید. زمان سبز شدن تا مرحله چهار الی پنج برگچه‌ای، آبیاری به فاصله هر سه روز یک‌بار انجام شد. بعد از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها (مرحله سه برگچه‌ای)، عملیات تنک و کنترل علف‌های هرز (وجین دستی) انجام گرفت، پس از آن سطوح آبیاری با استفاده از کنتور آب اعمال گردید. اولین زمان برداشت گل از گیاه گل گاوزبان در تاریخ ١٤ خرداد ماه انجام گرفت و آخرین زمان برداشت گل این گیاه در تاریخ ۷ تیر ماه بود. نیاز آبی گیاه با استفاده از تشتک تبخیر محاسبه شد. تبخیر روزانه از تشتک تبخیر اندازه‌گیری و بر اساس ضریب

تشتک و ضریب گیاهی، میزان آب مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری تعیین گردید. آبیاری کرت‌ها توسط لوله‌های پلی‌اتیلن و حجم آب ورودی به کرت‌ها با کنتور آب کنترل شد.

محاسبه میزان آب آبیاری: با استفاده از روابط مربوطه زیر بدست آمد. مقادیر ضریب گیاهی (K_c) برای مراحل مختلف رشد اولیه، توسعه، میانی و پایانی به‌ترتیب برابر ۰/۲۰، ۰/۸، ۱/۰۵ و ۰/٦۵ قبلا توسط نتایج آزمایش (Mirzaei, 2014) به دست آمد. ضریب تشت برآورده شده (K_{pan}) توسط (Akbari Nodehi, 2010) طبق معادلات مورد استفاده در تحقیقشان بین ۰/۷ تا ۰/۹۸ متغیر بود، که در این آزمایش برای ضریب تشت (K_{pan}) مقدار ۱ در نظر گرفته شد.

میزان تبخیرتعرق پتانسیل با رابطهٔ ۱ محاسبه شد (Doorenbos and Pruitt, 1975).

$ET_o=Kpan. EP$ (رابطهٔ ۱)

ET_o تبخیرتعرق پتانسیل، Kpan ضریب تشت و EP میزان تبخیر از تشت در یک دورهٔ زمانی مشخص است.

میزان تبخیرتعرق گیاه با رابطهٔ ۲ محاسبه شد (Doorenbos and Pruitt, 1975).

$ET =K_c. ET_o$ (رابطهٔ ۲)

ET تبخیرتعرق گیاه مورد نظر و Kc ضریب گیاهی است. میزان حجم آبیاری برای هر کرت با رابطهٔ ۳ محاسبه شد (Doorenbos and Pruitt, 1975).

$VT = ET_o. A$ (رابطهٔ ۳)

VT حجم آب آبیاری (m^3) و A مساحت هر کرت (m^2) است.

جدول ۱: خلاصه آمار ماهیانه ایستگاه هواشناسی مزرعه تحقیقاتی چم‌خانی یاسوج در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵

ماه	دما (درجه‌سانتی‌گراد)				رطوبت نسبی (درصد)				تبخیر (میلی‌متر)		بارندگی (میلی‌متر)	
	حداقل		حداکثر		حداقل		حداکثر		مجموع		مجموع	
	سال ۱۳۹٤	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹٤	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹٤	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹٤	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹٤	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹٤	سال ۱۳۹۵
فروردین	٦/۳	٤/۳	۱۹/۲	۱۷/٤	۲۷	۲٦	۸۱	۸۲	۳٤/۸	۸۵	۱٤۸/۹	۱۱٦/۱
اردیبهشت	۹/۸	۹/۹	۲۵/۹	۲۸/۷	۱٦	۱۵	٦۸	۷۲	۲۲۰/٦	۲۲۸/۳	۱٦/٦	۱۸/۸
خرداد	۱٤	۱۱/۵	۳۳/۳	۳٤/۳	٦	٦	٤۱	٤۱	۲۹۸/۹	۳۱۷	۰	۰
تیر	۱۸/۲	۱۷/۹	۳۵/۸	۳۵/۸	۸	۸	۳۷	٤۳	۳۲۷/۸	۳۷۲/۵	۰	۰
مرداد	۱۷/۲	۱۷/٤	۳٤/۹	۳۵/٤	۷	۹	٤۰	۵۱	۳۰۳/۵	۳۳٦/۵	۰/۵	۰/۲
شهریور	۱٤/٤	۱٤	۳۲/٤	۳۲/۹	۱۰	۸	٤۹	٤۲	۲٦۹/٤	۲۸۲/۵	۰/۳	۰

عملکرد گل (عملکرد اقتصادی): پس از برداشت سه چین گل گاوزبان به فاصله هر ۸ روز یک‌بار، از بوته‌های واقع در یک مترمربع هر کرت فرعی در زمان گلدهی (از تاریخ ۱٤ خرداد الی ۷ تیرماه)، عملکرد گل بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

عملکرد زیست‌توده در زمان گلدهی (پس از برداشت سه چین گل گاوزبان): پس از برداشت بوته‌های واقع در یک متر مربع هر کرت فرعی در زمان گلدهی (پس از برداشت سه چین گل گاوزبان) عملکرد زیست توده در زمان گلدهی (از تاریخ ۱٤ خرداد الی ۷ تیرماه) بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید.

جدول ۲: نتایج تجزیه خاک محل آزمایش قبل از کشت گاوزبان در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

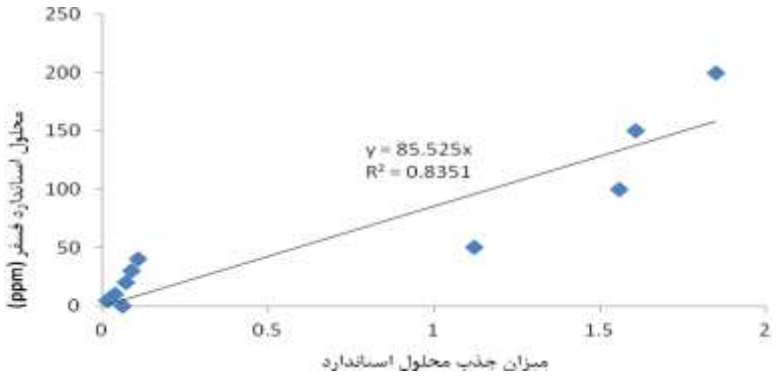
مشخصات	واحد	اندازه	مشخصات	واحد	اندازه
اشباع (Sp)	درصد	۳٦	منگنز قابل جذب	ppm	۱٤/٤
هدایت الکتریکی	dS/m	۰/٤	آهن قابل جذب	ppm	۱۳
اسیدیته کل اشباع (pH)	-	۷/۹	روی قابل جذب	ppm	۰/۷
مواد خنثی شونده T.N.V	درصد	٤۷	رس	درصد	۲٦
درصد کربن آلی	درصد	۰/۹	لای	درصد	٤٦
نیتروژن کل	درصد	۰/۰۹	شن	درصد	۲۸
فسفر قابل جذب	ppm	۱۰	بافت خاک	-	لومی
پتاسیم قابل جذب	ppm	۲۰٦			
مس قابل جذب	ppm	۲٦			

شاخص برداشت گل: جهت محاسبه شاخص برداشت گل از فرمول زیر استفاده شد (Mirshkari, 2001).

$$\text{شاخص برداشت گل (درصد)} = \frac{\text{عملکرد گل خشک}}{\text{عملکرد زیست توده}} \times ۱۰۰$$

کارآیی مصرف آب گل (کیلوگرم بر مترمکعب): پس از اندازه‌گیری میزان کل آب مصرف شده (متر مکعب در هکتار) در هر سطح آبیاری و اندازه‌گیری عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)، از تقسیم عملکرد گل بر کل آب مصرف شده، کارآیی مصرف آب گل (کیلوگرم بر متر مکعب) محاسبه گردید (Alizadeh, 2011).

اندازه‌گیری میزان فسفر گل به روش اسپکتروفتومتری (Askari and Amini, 2010): در زمان گلدهی برای اندازه‌گیری فسفر گل و زمان رسیدگی دانه برای اندازه‌گیری فسفر دانه از خاکستر گیاهی استفاده شد. برای انجام این آزمایش ابتدا بر روی خاکستر حاصل از یک گرم ماده خشک گیاهی درون کوزه چینی چند قطره آب مقطر ریخته شد. سپس به منظور حل کردن خاکستر گیاهی ۲ mL اسید نیتریک ۱:۲ به آن افزوده شد و با یک میله شیشه‌ای خوب ساییده شد. محلول حاصله با کمک کاغذ صافی درون یک بالن ژوژه ۱۰۰ mL صاف شد. داخل کوزه با چند میلی‌لیتر آب مقطر شسته و محلول حاصل روی کاغذ صافی ریخته شد و به محلول اسیدی خاکستر درون بالن اضافه گردید. محلول حاصله با آمونیاک ۱:۱ خنثی گردید، سپس ۵ mL اسید نیتریک ۱:۲ و ۱۵ mL معرف وانادات مولیبدات به آن افزوده شد و حجم نهایی محلول با آب مقطر به ۱۰۰ mL رسانیده شد. جذب محلول فوق در طول موج ٤۵۰ نانومتر در دستگاه اسپکتوفتومتر مدل UV/VIS 911 اندازه‌گیری گردید. جذب محلول‌های استاندارد (۲۰۰ppm-۰) نیز در طول موج ٤۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. شاهد برای محلول نمونه خاکستر و محلول‌های استاندارد محلول ppm ۰ استاندارد است. برای رسم منحنی استاندارد، اعداد بدست آمده از جذب محلول‌های استاندارد روی محور X و غلظت محلول‌های استاندارد روی محور Y برده شد و منحنی استاندارد (نمودار ۱) ترسیم شد، سپس با کمک منحنی استاندارد مقدار فسفر نمونه گیاهی بر حسب میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاهی تعیین شد (Askari and Amini, 2010).



شکل ۱: منحنی استاندارد فسفر

محاسبات آماری و نرم افزارهای مورد استفاده در آزمایش: جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزارهای MSTATC و SAS نسخه SAS 9.4 M6 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LS. Means استفاده شد. قبل از تجزیه آماری داده‌ها، آزمون بارتلت برای تمام صفات مورد بررسی انجام گرفت و با توجه به معنی‌دار نشدن آزمون بارتلت برای صفات مذکور، تجزیه واریانس مرکب بر روی داده‌های آزمایش انجام گرفت.

نتایج

عملکرد گل: عملکرد گل و عملکرد زیستی در مرحله گلدهی و شاخص برداشت گل گاوزبان طی دو سال آزمایش دچار تغییر معنی‌دار نشدند، ولی آبیاری و قارچ مایکوریزا بر خصوصیات مذکور، اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا بر عملکرد گل گاوزبان معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر قارچ مایکوریزا بر عملکرد گل گاوزبان در برخی سطوح آبیاری (آبیاری پس از ٦٠، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) معنی‌دار بود (جدول ٤). کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در سطح آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر (I_{30}) نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا موجب تغییر معنی‌دار عملکرد گل گیاه گاوزبان نشدند. اما کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در سطوح آبیاری پس از ٦٠، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا موجب افزایش معنی‌دار (۳۰/۰٤ و ۲۷/۳۵ درصد)، (۹۲/۲ و ۹۰/۹۸ درصد)، (۹٤/۱ و ۹۳/۲۱ درصد) و (۸۱/۷۳ و ۷۸/۸٦ درصد) عملکرد گل گیاه شدند (جدول ۵). نتایج نشان دهنده این بود که سطوح آبیاری، تنش آبی برای گیاه ایجاد کردند و موجب کاهش عملکرد گل گاوزبان شدند، اما کاربرد قارچ مایکوریزا باعث تعدیل اثرات منفی تنش آب و موجب افزایش عملکرد گل گیاه در شرایط تنش آب گردید.

عملکرد زیست‌توده در مرحله گلدهی(پس از برداشت سه چین گل گاوزبان): نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا بر عملکرد زیست‌توده در مرحله گلدهی گاوزبان معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج برش‌دهی نشان دهنده معنی‌دار بودن اثر قارچ مایکوریزا بر عملکرد زیست‌توده در مرحله گلدهی گل گاوزبان دربرخی سطوح آبیاری (آبیاری پس از ٦٠، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) بود

(جدول ٤). براساس نتایج مقایسه میانگین، در برخی سطوح آبیاری (آبیاری پس از ٦٠، ٩٠، ١٢٠ و ١٥٠ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) به‌دلیل تنش آبی عملکرد زیست‌توده در مرحله گلدهی گل گاوزبان کاهش یافت، اما کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در آن سطوح آبیاری (آبیاری پس از ٦٠، ٩٠، ١٢٠ و ١٥٠ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا به ترتیب موجب افزایش عملکرد زیست‌توده (٢٩/٩٩ و ٢٧/٤٠ درصد)، (٩٢/٣٢ و ٩١/١٦ درصد)، (٩٤/٠٢ و ٩٣/١٦ درصد) و (٨١/٧٧ و ٧٩/٠٦ درصد) در مرحله گلدهی گیاه شدند(جدول ٦). همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در هر سطحی از آبیاری که تنش کمبود آب برای گیاه گاوزبان ایجاد شده، کاربرد قارچ مایکوریزا باعث کاهش اثرات منفی تنش آب و موجب افزایش عملکرد زیست‌توده در مرحله گلدهی گیاه در شرایط تنش آب گردید.

شاخص برداشت گل: شاخص برداشت بیان کننده توزیع نسبی مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی و سایر مخازن موجود در گیاه می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا بر شاخص برداشت گل گاوزبان معنی‌دار شد (جدول ٣). اثر قارچ مایکوریزا بر شاخص برداشت گل گاوزبان در برخی سطوح آبیاری (آبیاری پس از ٩٠، ١٢٠ و ١٥٠ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) معنی‌دار بود (جدول ٤) نشان دهنده معنی‌دار بودن. طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ٧)، کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در سطوح آبیاری پس از ٣٠ و ٦٠ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا موجب تغییر معنی‌دار شاخص برداشت گل گیاه گاوزبان نشدند، در صورتی‌که در سایر سطوح آبیاری (آبیاری پس از ٩٠، ١٢٠ و ١٥٠ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر)، کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در آن سطوح آبیاری نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا موجب تغییر و افزایش معنی‌دار (٤٤/٥٥ و ٤٣/٣٦ درصد)، (١٣/٢١ و ١٥/٩٦ درصد) و (٥/٦ و ٥/٤١ درصد) شاخص برداشت گل گاوزبان شدند.

جدول ٣: نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر سال، تنش آب و قارچ مایکوریزا بر خصوصیات گاوزبان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد گل	عملکرد زیستی در مرحله گلدهی	شاخص برداشت گل	کارایی مصرف آب گل	فسفر گل
سال	١	٣٠٩ ns	٧٢٩٧٩٩ ns	٠/٠٩٣ ns	٠/٠٠٠٠٤٧٥ ns	٠/٠٣٠٢٠٠ ns
تکرار در سال	٤	١١٣	١٦٣٠٤٧	٠/٢٢١	٠/٠٠٠١٩٥٨٣	١/٠٤٤٢٢٢
آبیاری	٤	٦٣٤٢٦**	٣٦٩٣٧٧٩٢**	٢/٧٦٥**	٠/٠٢٢١٥٤٥١**	١٢/٩٦٧١٩٣**
سال × آبیاری	٤	٥/٢٧٦ ns	٢٢٥٣٩ ns	٠/٠٣٢ ns	٠/٠٠٠١٧٦٩٢ ns	٠/٠٠٠٢٠٣٠٠ ns
خطای a	١٦	١٩/٢٩٤	١٦٨٣٦٢	٠/٢١٥	٠/٠٠٠١٨٨٤٤٠	٠/٠٨٧٦٨٢٥
قارچ مایکوریزا	٢	١٨٧٢٧**	٨١٧٤٤٤٣**	١/٤١١*	٠/٠١٨٢٧٧١٦**	٣/٥٨٧٠٢١**
سال × قارچ‌مایکوریزا	٢	٢٢/٠١١ns	١٦٣٤٧٨ ns	٠/٠٠٨ ns	٠/٠٠٠٠٣٥٥ ns	٠/٠٠١٢٠٣٠٠ ns
آبیاری×قارچ‌مایکوریزا	٨	٢٠٦٤**	٤٨٣٨١٥**	٠/٦٩٤**	٠/٠٠١٨٢٨٢٤**	٠/٢٨١٤٩١**
سال×آبیاری×مایکوریزا	٨	١٠٨١ ns	٥٦٦٠ ns	٠/٠٢٥ ns	٠/٠٠٠٠٠٩٧٤ ns	٠/٠٠١٣٠٠ns
خطایb	٤٠	١٠٦	٥٢١٧٦٠	٠/٤٢٩	٠/٠٠٠٠٩١٥٠	٠/٠٩١٣٣٠٦
ضریب تغییرات (درصد)		٧/٦٧٠	١٩/٣٢٠	١٨/٤٧٠	٨/٦٤	١٧/١٩٢

ns، **،* ، به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

جدول ٤: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برش‌دهی اثر قارچ مایکوریزا در هر سطح آبیاری بر خصوصیات گل گاوزبان

سطوح آبیاری	درجه آزادی	عملکرد گل	عملکرد زیستی در مرحله گلدهی	شاخص برداشت گل	کارایی مصرف آب گل	فسفر گل
I_{30}	۲	۲٤/۰٥٥^{ns}	۱۹٦۷٥^{ns}	۰/۰۰۱٤^{ns}	۰/۰۰۰۰٥۹۹۱^{ns}	۰/۰۷٥۲۲۷^{ns}
I_{60}	۲	۳٦٦٤**	۳۱٦٥٥٦۲**	۰/۰۱٦٥ ^{ns}	۰/۰۰۲۲۱۸٥۹**	۱/٦٥۸۹۲٦^{ns}
I_{90}	۲	۱٦۲۳۲**	۲۳۸٦٥۹٦*	۳/۷٤٦*	۰/۰۱٤۷۹۹٥٥**	۰/٥۲۷۷۰۷**
I_{120}	۲	٥٤۹٥**	۳۲۳٥۷۸۷**	۰/۳۳۹۸۱*	۰/۰۰٦۳۷۳٦۳**	۰/۲۱٤٥۲۰۸۹**
I_{150}	۲	۱٥٦۹**	۱۳۲۰۸۲**	۰/۰٥۷۳۳*	۰/۰۰۲۱۳۸٤٤**	۱/۲۳٦٦۰**

(I_{30}) آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر، (I_{60}) آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر، (I_{90}) آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر، (I_{120}) آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر و (I_{150}) آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر.

ns، **، *، به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

جدول ٥: برهمکنش تنش آب و قارچ مایکوریزا بر عملکرد گل (کیلوگرم بر هکتار) گاوزبان

سطوح آبیاری	قارچ مایکوریزا			میانگین
	عدم کاربرد مایکوریزا	گونه *G. mosseae*	گونه *G. intraradices*	
I_{30}	۱۸۹/۳۰^{a}	۱۹۳/۳^{a}	۱۹۱/٥^{a}	۱۹۱/٤ ^{a}
I_{60}	۱٤۸/۸۰^{b}	۱۹۳/٥^{a}	۱۸۹/٥^{a}	۱۷۷/۳ ^{b}
I_{90}	۹۸/۳۳ ^{b}	۱۸۹/۰ ^{a}	۱۸۷/۸ ^{a}	۱٥۸/٤ ^{c}
I_{120}	٥٦/۰۰ ^{b}	۱۰۸/۷ ^{a}	۱۰۸/۲ ^{a}	۹۰/۹ ^{d}
I_{150}	۳٤/۸۳ ^{b}	٦۳/۳ ^{a}	٦۲/۳ ^{a}	٥۳/٥ ^{e}
میانگین	۱۰٥/٥۰ ^{b}	۱٤۹/٦ ^{a}	۱٤۷/۹ ^{a}	

در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LS. Means در سطح احتمال ۵ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (I_{30}) آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر، (I_{60}) آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر، (I_{90}) آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر، (I_{120}) آبیاری پس از ۱۲۰میلی‌متر و (I_{150}) آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر.

جدول ٦: برهمکنش تنش آب و قارچ مایکوریزا بر عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) در مرحله گلدهی گاوزبان

سطوح آبیاری	قارچ مایکوریزا			میانگین
	عدم کاربرد مایکوریزا	گونه *G. mosseae*	گونه *G. intraradices*	
I_{30}	٥۱۲٤^{a}	٥۲۳۸^{a}	٥۱۸۹^{a}	٥۱۸٤ ^{a}
I_{60}	٤۰۳٥^{b}	٥۳۱٦^{a}	٥۲٦۸^{a}	٤۸۷۳ ^{a}
I_{90}	۳۲۱۲^{b}	٤۳۲٥^{a}	٤۲۸۲^{a}	۳۹٤۰ ^{b}
I_{120}	۲۱۸٥^{b}	۳٤۸۹^{a}	۳٤۲۳^{a}	۳۰۳۲ ^{bc}
I_{150}	۱۱۲۹ ^{b}	۱۹٥٦^{a}	۱۹۱٤^{a}	۱٦٦٦ ^{c}
میانگین	۳۱۳۷ ^{b}	٤۰٦٥ ^{a}	٤۰۱٥ ^{a}	

در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LS. Means در سطح احتمال ۵ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (I_{30}) آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر، (I_{60}) آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر، (I_{90}) آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر، (I_{120}) آبیاری پس از ۱۲۰میلی‌متر و (I_{150}) آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر.

جدول ۷: برهمکنش تنش آب و قارچ مایکوریزا بر شاخص برداشت گل(درصد)

سطوح آبیاری	قارچ مایکوریزا			میانگین
	عدم کاربرد مایکوریزا	گونه *G. mosseae*	گونه *G. intraradices*	
I_{30}	۳/۷۲۲^{a}	۳/۷٤۲^{a}	۳/۷۱۲^{a}	۳/۷۲٥^{ab}
I_{60}	۳/۷۳۲^{a}	۳/٦۸۰^{a}	۳/٦۲۷^{a}	۳/٦۷۹^{ab}
I_{90}	۳/۱۲۰^{b}	٤/٥۱۰^{a}	٤/٤۷۳^{a}	٤/۰۳٤^{a}
I_{120}	۲/۸۰۷^{b}	۳/۱۷۸^{a}	۳/۲٥٥^{a}	۳/۰۸۰^{b}
I_{150}	۳/۱۰۳^{b}	۳/۲۷۷^{a}	۳/۲٦۸^{a}	۳/۲۱٦^{b}
میانگین	۳/۲۹۷^{b}	۳/٦۷۷^{a}	۳/٦٦۷^{a}	

در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LS. Means در سطح احتمال ٥ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (I_{30}) آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر، (I_{60}) آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر، (I_{90}) آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر، (I_{120}) آبیاری پس از ۱۲۰میلی‌متر و (I_{150}) آبیاری پس از ۱٥۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر.

جدول ۸: برهمکنش تنش آب و قارچ مایکوریزا بر کارایی مصرف آب گل (کیلوگرم بر متر مکعب) گاوزبان

سطوح آبیاری	قارچ مایکوریزا			میانگین
	عدم کاربرد مایکوریزا	گونه *G. mosseae*	گونه *G. intraradices*	
I_{30}	۰/۰۹٦۱۳^{a}	۰/۰۹۸۱۱^{a}	۰/۰۹۷۲٤^{a}	۰/۰۹۷۱^{c}
I_{60}	۰/۱۱٥۷^{b}	۰/۱٥۰٤^{a}	۰/۱٤۷٤۱^{a}	۰/۱۳۷^{b}
I_{90}	۰/۰۹۳۸^{b}	۰/۱۸۰٤^{a}	۰/۱۷۹۳۱^{a}	۰/۱٥۱^{a}
I_{120}	۰/۰٦۰۳۰^{b}	۰/۱۱۷۰^{a}	۰/۱۱٦٤۸^{a}	۰/۰۹۷^{c}
I_{150}	۰/۰٤۰٦۰^{b}	۰/۰۷۳۸^{a}	۰/۰۷۲۷۰^{a}	۰/۰٦۲^{d}
میانگین	۰/۰۸۱^{b}	۰/۱۲۳^{a}	۰/۱۲۲^{a}	

در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LS. Means در سطح احتمال ٥ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (I_{30}) آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر، (I_{60}) آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر، (I_{90}) آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر، (I_{120}) آبیاری پس از ۱۲۰میلی‌متر و (I_{150}) آبیاری پس از ۱٥۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر.

جدول ۹: برهمکنش تنش آب و قارچ مایکوریزا بر میزان فسفر گل گاوزبان (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)

سطوح آبیاری	قارچ مایکوریزا			میانگین
	عدم کاربرد مایکوریزا	گونه *G. mosseae*	گونه *G. intraradices*	
I_{30}	۲/٤٤٥^{a}	۲/٦٦۸^{a}	۲/٥۷۱^{a}	۲/۷۰٤^{a}
I_{60}	۲/۳٤۲^{a}	۳/۳۰۸^{a}	۲/٤٦٤^{a}	۲/٥٦۱^{a}
I_{90}	۱/۳۲۱^{b}	۱/۹۱٤^{a}	۱/٥۹۷^{a}	۱/٦۱۰^{b}
I_{120}	۰/٥٦٤۰^{b}	۱/٤۰۱^{a}	۱/۲٦۸^{a}	۱/۰۷۷^{b}
I_{150}	۰/۳۱۲۰^{b}	۱/۱٤۰۰^{a}	۱/۰٤۸٦^{a}	۰/۸۳۳٥^{c}
میانگین	۱/۳۹۷^{c}	۲/۰۸٦^{a}	۱/۷۸۹^{b}	

در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LS. Means در سطح احتمال ٥ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (I_{30}) آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر، (I_{60}) آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر، (I_{90}) آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر، (I_{120}) آبیاری پس از ۱۲۰میلی‌متر و (I_{150}) آبیاری پس از ۱٥۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر.

کارایی مصرف آب گل: کارآیی مصرف آب اغلب مترادف با تحمل به خشکی است که عملکرد گیاهان زراعی تحت تنش را بهبود می‌بخشد و به عنوان یک صفت مطلوب برای ایجاد تحمل به خشکی در گیاهان در مطالعات مد نظر می‌باشد (Koucheki and Sarmadanya, 2005). نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر کارایی مصرف آب گل و دانه گاوزبان معنی‌دار نگردید، ولی اثر آبیاری بر کارایی مصرف آب گل و دانه گیاه معنی‌دار شد (سطح ۱٪). اثر قارچ مایکوریزا بر کارایی مصرف آب گل گیاه در سطح ۱٪ نیز معنی‌دار شد، همچنین برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا بر کارایی مصرف آب گل گیاه معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج برش دهی(جدول ٤) نشان می دهد که اثر قارچ مایکوریزا بر کارایی مصرف آب به جز در سطح آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر که معنی‌دار نشد در سایر سطوح آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بر اساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۸)، در سطح آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا موجب تغییر معنی‌دار کارایی مصرف آب گل گاوزبان نشدند. اما در سطوح دیگر آبیاری (آبیاری پس از ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر)، به ترتیب تغییر و افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب گل گاوزبان (۲۹/۹۹ و ۲۷/٤۰ درصد)، (۹۲/۳۲ و ۹۱/۱٦ درصد)، (۹٤/۰۲ و ۹۳/۱٦ درصد) و (۸۱/۷۷ و ۷۹/۰٦ درصد) در شرایط کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا در آن سطوح حاصل شد.

محتوای فسفر گل: فسفر با تنظیم هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد. از طرفی نقش مهمی در تولید مواد فتوسنتزی داشته و سبب تولید انرژی در گیاه نیز می‌شود. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر فسفر گل گاوزبان معنی‌دار نگردید. نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده اثر معنی‌دار آبیاری، قارچ مایکوریزا و همچنین برهمکنش آنها بر فسفر گل شد اما اثر سال بر این صفت معنی دار نشد (جدول ۳). قارچ مایکوریزا توانست در برخی سطوح آبیاری (آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) میزان فسفر گل گاوزبان را به طور معنی‌داری تغییر دهد (جدول ٤). افزایش در میزان فسفر گل (٤٤/٦۹ و ۲۰/٤۵ درصد)، (۱۵۰ و ۱۲۵ درصد) و (۲٦۷/۷٤ و ۲۳۵/٤۸ درصد) در شرایط کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، که تنش آبی برای گاوزبان ایجاد شده، مشاهده گردید (جدول ۹).

بحث

نتایج این آزمایش نشان داد که سطوح متفاوت آبیاری، تنش آبی برای گیاه ایجاد کردند و موجب کاهش عملکرد گل گاوزبان شدند، اما کاربرد قارچ مایکوریزا باعث تعدیل اثرات منفی تنش آب و موجب افزایش عملکرد گل گیاه در شرایط تنش آب گردید، که با بررسی (Heydari and Minaei, 2014) مطابقت دارد، که نشان دادند که با بالا رفتن شدت تنش و رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه، مقادیر عملکرد گل تولیدی، عملکرد زیست توده و عملکرد سرشاخه گلدار گاوزبان کاهش یافتند، همچنین با بررسی (Jafarzadeh et al., 2014) همخوانی دارد، که تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آنها بر صفت عملکرد گل گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) تأثیر

معنی‌داری داشت، به طوری‌که بیشترین میزان عملکرد گل در آبیاری مطلوب حاصل شد و تحت تنش شدید عملکرد گل به ۲۰ درصد تقلیل یافت و بیشترین عملکرد گل، زمانی حاصل شد که از کود زیستی بصورت بذرمال استفاده شد. البته (Chaudhary et al., 2007) نشان دادند که دو گونه قارچ *Glomus macrocarpum* و *Glomusfasciculatum* با توسعه شاخ و برگ گیاه دارویی درمنه، سبب افزایش عملکرد ماده خشک در این گیاه گردید. البته تنش آبی از جمله تنش‌های محیطی مهم است که با ایجاد اختلال در عمل روزنه‌ها و سامانه فتوسنتزی موجب کاهش عملکرد گیاه دارویی ریحان شد (Soha et al., 2010). همچنین مطالعات نشان می‌دهند که قارچ‌های مایکوریزا از طریق کاهش تنش و افزایش جذب آب و عناصر غذایی، به رشد و عملکرد گیاهان تحت شرایط تنش خشکی کمک می‌کنند (Ruiz-Sanchez et al., 2011). بنابراین عملکرد گل گیاه، عملکرد اقتصادی گاوزبان محسوب می‌شود و وابسته به مطلوب بودن دیگر اندام‌ها و شرایط فیزیولوژیکی گاوزبان است و برای سازگاری با این شرایط تنش آبی، تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک در ساختار و ترکیب‌ها و فرآیندهای شیمیایی ایجاد می‌کند تا با این تنش‌ها مقابله نمایند.

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در هر سطحی از آبیاری که تنش کمبود آب برای گیاه گاوزبان ایجاد شده، کاربرد قارچ مایکوریزا باعث کاهش اثرات منفی تنش آب و موجب افزایش عملکرد زیست‌توده در مرحله گلدهی گیاه در شرایط تنش آب گردید. در یک بررسی نشان داده شد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر پارامترهای رشدی و عملکرد اندام رویشی مرزه (*Satureja hortensis* L.) داشت و با افزایش تنش خشکی وزن خشک اندام هوایی و میزان فسفر برگ کاهش یافت. تلقیح با قارچ مایکوریزا، وزن خشک اندام هوایی گیاه مرزه را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Jalilvand et al., 2011). همچنین کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن باغی با مایکوریزا *Glomus mosseae* سبب افزایش وزن خشک کل گیاه آویشن باغی شد (Azimi et al., 2013)، که مطالعات فوق با نتایج این بررسی همخوانی دارد. البته اصطلاح عملکرد زیستی برای نشان دادن تجمع ماده خشک در سیستم گیاهی بکار گرفته می‌شود. عملکرد یک گیاه را می‌توان از طریق افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه بالا برد (Koucheki and Sarmadanya, 2005).

شاخص برداشت گل وابسته به عملکرد گل و عملکرد زیست‌توده در مرحله گلدهی است و افزایش عملکرد گل می‌تواند موجب افزایش این شاخص شود، البته همان‌طور که در این آزمایش کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در سطوح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گل گیاه شدند، متعاقبا باعث افزایش شاخص برداشت گل گاوزبان در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر شدند (بدون سطح آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر که به نظر می‌رسد در این سطح آبیاری، اسمیلات ساخته شده گیاه به رشد رویشی گیاه اختصاص داده شده و باعث افزایش عملکرد زیست‌توده در مرحله گلدهی و متعاقبا کاهش شاخص برداشت گل گاوزبان گردیده است) و نیز می‌توان بیان نمود که کاربرد قارچ مایکویرزا نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر باعث شد تا گاوزبان از آب بهره‌برداری خوب نماید و

با یک رشد رویشی مناسب که اندام‌ها را به بهترین وجه حمایت کرده، موجب انتقال بهتر اسمیلات ساخته شده گیاه به مقصد مورد نظر (گل‌های گاوزبان) گردد و باعث افزایش عملکرد گل و متعاقبا افزایش شاخص برداشت گل گاوزبان گردد، اما لازم است تأکید شود که انتقال مواد فتوسنتزی به مقصدهای مصرف کننده مواد متابولیکی (برای مثال ریشه، ساقه‌های جدید و میوه‌های در حال رشد) بی‌نهایت پیچیده بوده و سازوکارها یا نیروی جاذبه‌ای که توزیع مواد فتوسنتزی را به سوی مقصدهای مصرف کننده مواد متابولیکی هدایت یا تنظیم می‌کند هنوز شناخته نشده‌اند (Mirshkari, 2001). در واقع شاخص برداشت ضریب توزیع اسیمیلات‌هاست می‌باشد و نشان می‌دهد که چه بخشی از اسمیلات ساخته شده به مخزن مورد نظر انتقال یافته است. شاخص برداشت، هدف نیست و صرفاً داشتن شاخص بالا ملاک نمی‌باشد (Koucheki and Sarmadanya, 2005).

گیاهانی که از کارآیی مصرف آب بالاتری برخوردار هستند به ازای مصرف آب کمتر تولید بیشتری دارند. میزان کارآیی مصرف آب گل گاوزبان در سطوح آبیاری پس از ٦٠، ٩٠، ١٢٠ و ١٥٠ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر و در شرایط حضور مایکوریزا، نسبت به عدم کاربرد مایکوریزا افزایش نشان داد. البته نتایج یک بررسی نشان داد که تلقیح با گونه‌های مایکوریزا، کارایی مصرف آب را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. تلقیح با قارچ مایکوریزا با بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزایش فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی، موجب بهبود کارایی مصرف آب گردید، که این تأثیر برای گونه *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بود (Koucheki et al., 2015) و در گیاه اسفرزه، نتایج آزمایشی نشان داد که کارایی مصرف آب در شرایط تلقیح مایکوریزایی توأم با تنش خشکی افزایش یافت (Ghasemi and Fallah, 2014)، همچنین نتایج بررسی دیگری نشان داد که اثر تنش خشکی بر کارآیی مصرف آب گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و اثر قارچ مایکوریزا بر بازده مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین بازده مصرف آب از کاربرد قارچ مایکوریزا بدست آمد (Aliabadi Farahani et al., 2007) و با نتایج این بررسی تطابق دارند که در برخی **از** سطوح آبیاری (آبیاری پس از ٦٠، ٩٠، ١٢٠ و ١٥٠ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) و در شرایط حضور مایکوریزا، که میزان کارآیی مصرف آب گل گاوزبان نسبت به عدم کاربرد مایکوریزا افزایش نشان داد. زیرا حضور قارچ مایکوریزا می‌تواند از طریق تولید هیف، سطح جذب رطوبت را برای گیاه افزایش دهد و به دلیل بهبود افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز گیاه منجر به ساخته شدن مواد فتوسنتزی و عملکرد گل بیشتر شده و در نتیجه موجب افزایش کارآیی مصرف آب گل گاوزبان شده است، چون کارآیی مصرف آب گل وابسته به عملکرد گل و میزان کل آب مصرفی است و بهبود عملکرد گل می‌تواند موجب افزایش این شاخص شود. به‌طورکلی گونه‌های قارچ‌ریشه با افزایش پایداری غشاء یاخته‌ای و میزان فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده (آنتی اکسیدانت) و غلظت نشانگر زیستی (بیومارکر) مالون دی‌آلدئید، به دنبال افزایش تنش آبی در تیمارهای قارچ‌ریشه‌ای نسبت به گیاهان شاهد، در تعدیل تنش کمبود آب و افزایش بازدهٔ مصرف آب مؤثر بوده‌اند (Pirzan and Solimani, 2014).

فسفر با تنظیم هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد. از طرفی نقش مهمی در تولید مواد فتوسنتزی داشته و سبب تولید انرژی در گیاه نیز می‌شود. در شرایط تنش کاهش جذب عناصر به ویژه فسفر همراه می‌باشد و انتقال این مواد به سمت اندام‌ها و مخازن (بذرها) کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش مواد فتوسنتزی می‌شود. در این آزمایش در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، کاهش رطوبت خاک می‌تواند برای گیاه گاوزبان اتفاق افتد و نتایج بیانگر آن بود که کاربرد قارچ مایکوریزا احتمالاً با اثرات تشدیدکنندگی بر فعالیت میکروبی خاک و جذب فسفر از محلول خاک باعث کاهش اثرات منفی تنش آب و موجب افزایش فسفر گل گیاه گاوزبان در شرایط تنش آب گردید. البته جذب مواد غذایی از محلول خاک با وضعیت آب خاک ارتباط دارد، به طوری که با کاهش رطوبت خاک جریان انتشاری مواد غذایی از خاک به سطح ریشه‌ها کاهش می‌یابد و بدون فسفر رشد گیاه امکان‌پذیر نیست و افزایش آن می‌تواند باعث افزایش عملکرد گیاه شود و افزایش این عنصر در حضور کاربرد قارچ مایکوریزا در شرایط تنش آب توانست عملکرد را افزایش دهد. بر اساس نتایج آزمایشی (Soltanian and Tadayon, 2015)، اثر تنش خشکی بر میزان فسفر گیاه بزرک معنی‌دار شد. تنش خشکی باعث کاهش جذب عنصر فسفر شد. مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار صفت مورد بررسی گردید، همچنین اثر متقابل مایکوریزا و تنش خشکی بر میزان فسفر معنی‌دار بود. همزیستی بزرک با قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار توانست موجب افزایش صفت مورد بررسی در شرایط تنش خشکی گردد. کاربرد هر دو گونه قارچ تأثیر بیش‌تری نسبت به عدم کاربرد قارچ روی صفت اندازه‌گیری نشان داد. تأثیر کاربرد هر دو گونه قارچ *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* تقریباً یکسان بود. نتایج تحقیقی دیگر نشان داد که قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* در شرایط تنش خشکی سبب افزایش مقدار فسفر اندام هوایی گیاه دارویی پونه گردید (Khaosaad et al., 2006)، همچنین نشان داده شد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر میزان فسفر برگ داشت و با افزایش تنش خشکی، میزان فسفر برگ گیاه مرزه کاهش یافت. تلقیح با قارچ مایکوریزا *Glomus etunicatum* و *Glomus versiformis*، محتوای فسفر برگ گیاه را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به طور معنی‌داری افزایش داد (Jalilvand et al., 2011). تنش خشکی جذب مواد غذایی بوسیله ریشه‌ها و انتقال این مواد به گیاه را کاهش می‌دهد که این کاهش به‌دلیل محدود شدن سرعت تعرق، آسیب رساندن به انتقال فعال و کاهش قابلیت نفوذ غشایی است. جذب مواد غذایی از محلول خاک با وضعیت آب خاک ارتباط دارد، به‌طوری‌که با کاهش رطوبت خاک جریان انتشاری مواد غذایی از خاک به سطح ریشه‌ها کاهش می‌یابد (Arndt et al., 2001). احتمالاً استفاده از کودهای زیستی اثرات تشدیدکنندگی بر فعالیت میکروبی خاک داشته و متعاقباً با افزایش سهل‌الوصول شدن عنصر فسفر موجود در خاک برای گیاه و همچنین برقراری تعادل این عناصر با فاز فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار را بهبود بخشیده‌اند (Hosseini Mazinani and Hadipour, 2014).

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی در آبیاری پس از ٦٠، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) که تنش کم‌آبی برای گیاه دارویی گاوزبان ایجاد کردند، موجب کاهش عملکرد گل، عملکرد زیست‌توده در مرحله گلدهی و کارایی مصرف آب گل گاوزبان شدند، همچنین در

سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، شاخص برداشت و میزان فسفر گل گل گاوزبان کاهش نشان داد. درحالی‌که قارچ مایکوریزا توانست باعث تعدیل اثرات منفی تنش کم‌آبی و موجب افزایش صفات فوق در آن سطوح آبیاری گردد و بر اساس نتایج این بررسی، تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر + کاربرد قارچ مایکوریزای *Glomus mosseae* توصیه می‌شود.

References

Akbarinia, A., Karamati Taroghi, M., and Hadi Tavatouri, M. H. (2008). Investigating the effect of irrigation cycle on the yield of Iranian Borage flowers. Journal of research and construction in natural resources, 76: 128-122.

Akbari Nodehi, D. (2010). Estimating the coefficient of evaporation pan in order to calculate evaporation-transpiration. Journal of Research in Agricultural Sciences, 2 (7): 65-74.

Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, M. H., Shiranirad, A. H., Valadabadi, S. A. R., Hamidi, A., and Alizadeh Sehzabi, A. (2007). The effects of *Glomus hoi* fungi, different levels of phosphorus and drought stress on some physiological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(3): 405-416.

Ahwazi, M., and Rezwani Moghadam, A. (2010). Morphology, physiology and medicinal properties of medicinal plant seeds. Jahad University Publications, Tehran branch, 236 pages.

Alizadeh, A. (2011). The relationship between water, soil and plants. 12th edition Publications of Imam Reza University, Mashhad. 615 pages.

Askari, M., and Amini, F. (2010). A practical guide to plant physiology. First Edition. Arak University Press. 293 pages.

Aslani, Z., Hassani , A., Rasooli Sadaghiyani, M., Sefidkon, F., and Barin, M. (2011). Effect of two fungi species of arbuscular mycorrhizal (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) on growth, chlorophyll contents and P concentration in Basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant, 27(3): 471-486. (In Persian).

Azimi, R., Jangjoo, M., and Asghari, H. R. (2013). The effect of inoculation with mycorrhizal fungi on the initial establishment and morphological characteristics of the medicinal plant is is *Thymus vulgaris* in the natural field. Iranian Agricultural Research Journal, 11 (4): 666-676.

Anjum, Sh. A., Xie, X. Y., Wang, Ch. L., Saleem, M. F., Man, Ch., and Lei, W.(2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research, 6: 2026-2032.

Arndt S. K. K., Clifford S. C., Wanek W., Jones H. G., and Popp, M. (2001). Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. Tree Physiology, 21: 705-715.

Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Ahmed, N., and Zhang, L. (2019). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. Frontiers in Plant Science, 10: 1068. doi: 10.3389/fpls.2019.01068.

Chaudhary, V., Kapoor, R., and Bhatnagar, A. K. (2007). Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Journal of Mycorrhiza, 17: 581-587.

Doorenbos, J., and Pruitt, W. O. (1975). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, Rome.

Enteshari, S. H., and Hajihashemi, F. (2010). Effect of Two Arbuscular Mycorrhizal Fungi Species on Root Nodulation and Amounts of Some Elements in Soyabean on Salt Stress Condition, Journal of Plant Protection, 24(3): 315-323. (In Persian).

Farhadi, R., and Balashahri, M. S. (2012). Pharmacology of Borage (*Borago officinalis* L.) medicinal plant. International Journal of Agronomy and Plant Production, 3(2): 73-77.

Ghasemi, K., and Fallah, S. A. (2014). Effect of drought stress and different fertilizers on biomass and efficiency of water consumption and biomass of *Plantago ovata* Forssk. Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), 28 (3): 510-501.

Gogoi, P., and Singh, R. K. (2011). Different effect of some arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Piper longum* L. (Piperaceae). Indian Journal of Sciences and Technology, 4(2): 119- 125.

Heydari, N. (2013). Challenges and solutions to increase the water use efficiency of agricultural plants in Iran. Scientific-Promotion Journal of Research Findings in Agricultural and Garden Plants, 2(1): 25-51.

Hosseini Mazinani, S. M., and Hadipour, A. R. (2014). Improving the quantitative and qualitative performance of the medicinal plant *Calendula officinalis* L. by using biofertilizers. Journal of Medicinal Plants, 15 (2): 83-91.

Hemalatha, M., and Selvaraj, T. (2003). Association of AM fungi with Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) and its influence on growth and biomass production, Mycorrhiza News, 15(1): 18-21.

Heydari, M., and Minaei, A. (2014). Effect of drought stress and humic acid on flower yield and concentration of essential nutrients in Borage medicinal plant (*Borago officinalis* L.). Plant Production Research Journal, (1): 167-182.

Jafarzadeh, L. omidi, H., and Bostani, A. A. (2014). The study of drought stress and Bio fertilizer of nitrogen on some biochemical traits of Marigold medicinal plant (*Calendula officinalis* L.). Plant Research Journal (Iranian Biology Journal), (2): 180-193. (In Persian).

Jalilvand, P., Ismailpour, B., Hadian, J., and Rasulzadeh, A. (2011). Effect of drought stress and mycorrhizal fungus on growth and secondary metabolites of savory. The 7th Congress of Horticultural Sciences of Iran. Isfahan University of Technology. Page 2.

Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K., and Novak, J.(2006). Arbuscular mycorrhiza alters the concentration of essential oils in oregano (*Origanum sp., Lamiaceae*). Journal of Mycorrhiza, 16 (6):443-446.

Koucheki, A., Bakshaei, S., Khorramdel, S., Mokhtari, V., and Taherabadi, Sh. (2015). The effect of symbiosis with mycorrhizal fungi species on yield, yield components and water consumption efficiency of sesame (*Sesamum indicum* L.) under the influence of different irrigation regimes in Mashhad. Agricultural Research of Iran, 13 (3): 460-448.

Koucheki, A., and Sarmadanya, Gh. (2005). Physiology of agricultural plants. second edition. Publications of Dibagaran Cultural and Artistic Institute of Tehran. 360 pages.

Hoseini Mazinani, M., and Hadipour, A. (2014). Increasing Quantitative and Qualitative Yield of *Calendula officinalis* L. by Using Bio-Fertilizer. J. Med. Plants, 13 (50) :83-91.

Mirshkari, b. (2001). Science of crop plant production. Second volume, first edition. Publications of the Islamic Azad University, Tabriz Branch. 608 pages.

Mirzaei, Sh. (2014). Determining evaporation-transpiration and plant coefficients of Borage at Karakej research station of Tabriz University. Master's thesis. Soil science and engineering. Tabriz University.

Ngouajio, M., Wang, G., and Goldy, R. (2007). Withholding of drip irrigation between transplanting and flowering increases the yield of field-grown tomato under plastic mulch. Agricultural water management 87: 285-291.

Pandey, R. K., Maranville, J. W., and Admou, A. (2001). Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. European Journal of Agronomy, 15: 93-105.

Pirzad, A. R., and Solimani, F. (2014). The effect of fungi symbiotic mycorrhizae (VAM) on physiological and biochemical indices of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under conditions of water scarcity. PhD thesis. Urmia University, College of Agriculture.

Reddy, A. R., Chaitanya, K. Y., and Vivekanandan, M. (2004). Drought induced resposes of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Environmental and Experimental Botany, 161: 1189-1202.

Ruíz-Sánchez, M., Armada, E., Munoz, Y., Salamonec, G., Aroca, R., Ruíz-Lozano, J. M., and Azcón, R. (2011). Azospirillum and arbuscular mycorrhizal colonization enhance rice growth and physiological traits under well-watered and drought conditions. Journal of Plant Physiology, 168: 1031–1037.

Smith, S. E., Facelli, E., and Pope, S. (2010). Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of *arbuscular mycorrhizas*. Plant and Soil, 326: 3-20.

Soha, E., Nahed, G., and Bedour, H. (2010). Effect of water stress, ascorbic acid and spraying time on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. Journal of American Sciences, 6(12): 33-44.

Soltanian, M., and Tadayon, A. (2015). The effect of symbiosis of arbuscular mycorrhizal fungi on some agricultural characteristics of linseed (*Linum ussitatissimum* L.) under drought stress conditions in Shahrekord Region. Plant Production Research Journal, 22 (2): 2-24.

Taghipour Lahroudi, Z., Amoui, A. M., and Nazarian, H. (2017). Borrow flower production entrepreneurship package. Asrar Alam Publications, Tehran. First Edition. 68 pages.