**Iranian Journal of Horticultural Science**
Vol 49, No 2, Summer 2018 (407-415)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.220274.1127

**علوم باغبانی ایران**
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷ (ص ۴۱۵-۴۰۷)

# تأثیر قارچ مایکوریزا بر عملکرد دانه، میزان روغن دانه و کارآیی مصرف آب گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinails* L.) تحت شرایط تنش آبی

**علی رحیمی[۱]، شاهرخ جهانبین[۲*]، امین صالحی[۲] و هوشنگ فرجی[۳]**
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، استادیار و دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه یاسوج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/٤/۳)

## چکیده

خشکی یکی از عامل‌های اثرگذار بر گیاهان دارویی است و از سویی، قارچ قارچریشه (میکوریز) نقش مؤثری در بهبود عملکرد گیاهان رویارو با تنش خشکی دارد، لذا به همین منظور، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در منطقهٔ بویراحمد، در سه تکرار و در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل سطوح آبیاری (عامل اصلی) در پنج سطح شامل آبیاری پس از ۳۰، ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A و قارچ قارچریشه (عامل فرعی) در سطوح بدون کاربرد قارچ، کاربرد گونهٔ *Glomus mosseae* و کاربرد گونهٔ *Glomus intraradices* لحاظ شد. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد، اثر متقابل قارچ قارچریشه و تنش آب بر عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده (بیوماس)، وزن هزاردانه، درصد روغن و کارایی مصرف آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. در تیمار $W_{30}GM$، بیشترین عملکرد دانه (۲۷٦/۵ کیلوگرم در هکتار) و در تیمار $W_{150}NG$، کمترین مقدار عملکرد دانه (٦۹ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. در تیمار $W_{30}GM$، بیشترین عملکرد زیست‌توده (۵۳۸۹ کیلوگرم در هکتار) و در تیمار $I_{150}NG$، کمترین مقدار عملکرد زیست‌توده (۱۵۱۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. در تیمار $W_{90}NG$ بیشترین درصد روغن دانه (۲۹/۳۸ درصد) و در تیمار $W_{150}NG$، کمترین مقدار این صفت (۱٤/۹۷ درصد) به دست آمد. در تیمار $W_{90}GM$، بیشترین کارایی مصرف آب دانه (۰/۰۲٤٦۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و در تیمار $W_{120}NG$، کمترین مقدار این صفت (۰/۰۱۱۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد، در شرایط تنش آبی، کاربرد قارچ قارچریشه می‌تواند، در تعدیل تنش کمبود آب و افزایش عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، وزن هزاردانه، درصد روغن و کارایی مصرف آب گاوزبان نسبت به گیاهان شاهد مؤثر واقع شود.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری، گلاموس موسه‌آ، گلاموس اینترادیسز، وزن هزاردانه.

# The effect of mycorrhiza on yield, oil content and water use efficiency of medicinal plant of Borage (*Borago officinails* L.) under water stress

**Ali Rahimi[1], Sharokh Jahanbin[2*], Amin Salehi[3] and Hooshang Farajee[4]**
1, 2, 3. Former Ph.D. Student of Crop Physiology, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Iran
(Received: Dec. 12, 2016 - Accepted: Jun. 24, 2017)

## ABSTRACT

Drought is one of the factors that affect medicinal plants and on the other hand, the role of mycorrhizal fungi was effective in improving the performance of some medicinal plants exposed to water stress. For this purpose, an experiment was conducted split-plot in randomized complete block design in the Boyerahmad region in three replications during years 2015 and 2016. The studied factors consisted of irrigation levels (primary factor) as irrigation after $W_1$= 30, $W_2$= 60, $W_3$= 90, $W_4$= 120 and $W_5$= 150 mm water evaporation from evaporation pan class A and mycorrhiza fungi (sub-factor) at the levels of non application, application with *Glomus mosseae* species and application with *Glomus intraradices* species. Results of analysis of variance showed that the interaction between mycorrhizal fungi and water stress on grain yield, biological yield, 1000 grain weight, oil content and water use efficiency was significant at the level of 1%. In the treatment $W_{30}GM$, the highest grain yield (276/5 kg/ha) and in the treatment $W_{150}NG$, the lowest value of grain yield (69 kg) were obtained. In the treatment $W_{30}GM$, the highest biological yield (5389 kg/ha) and in the treatment $W_{150}NG$, the lowest value of biological yield (1517 kg/ha) were obtained. In the treatment $W_{90}GM$, the highest seed oil percentage (29.38%) and in the treatment $W_{150}NG$, the lowest value of seed oil percentage (14.97%) was obtained. In the treatment $W_{90}GM$, the highest water use efficiency for grain (0.02460 kg/m$^3$) and in the treatment $W_{120}NG$, the lowest value of seed oil percent (0.01185 kg/m$^3$) were obtained. Results showed that under water stress conditions, the use of mycorrhizal fungi could be effective in moderate water stress and increased grain yield, biological yield, grain weight, oil content and water use efficiency of borage compared to the control plants.

**Keywords:** *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*, irrigation, 1000 grain weight.

* Corresponding author E-mail: jahanbin@yu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

## مقدمه

در بین عامل‌های بازدارندهٔ محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، باغی و دارویی، خشکی مهم‌ترین عامل کاهش تولید به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود (Reddy *et al.*, 2004). تغییر الگوی کاشت و استفاده از گونه‌های جایگزین از جمله گیاهان دارویی متحمل به تنش خشکی می‌تواند امکان استفادهٔ بهینه از منابع محدود آبی را فراهم سازد (Jami Ahmadi *et al.*, 2005). قارچ‌های قارچریشه (میکوریز) در مواردی که گیاه با محدودیت‌ها و از جمله تنش‌های محیطی روبه رو باشد، بقاء و افزایش رشد و نمو گیاه میزبان را حمایت می‌کند (Koucheki *et al.*, 2012).

با بررسی تأثیر قارچ‌های قارچریشهٔ *G. mosseae* و *G. intraradices* بر رشد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش خشکی مشخص شد با کاهش میزان رطوبت خاک عملکرد کاهش یافت، درحالی‌که گیاهان مایه‌کوبی‌شده با قارچ‌های آربوسکولار قارچریشه در مقایسه با گیاهان مایه‌کوبی نشده، عملکرد بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش داشتند و تأثیر قارچ*G. mosseae* در کاهش تأثیر خشکی بیشتر از قارچ *G. intraradices* بود (Aslani *et al.*, 2011). نتایج تحقیق Karami & Sepehri (2015) نشان داد، کم‌آبیاری و تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری روی عملکرد دانهٔ گیاه دارویی گاوزبان داشتند. در بین تیمارهای کودی مصرف ۵۰ درصد از کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی در شرایط کم آبیاری موجب بهبود شاخص نام‌برده شد و بیشترین عملکرد دانه (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط بدون کم آبیاری و با مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی- زیستی به دست آمد. همچنین نشان داده شد، عملکرد دانهٔ آفتابگردان با استفاده از قارچ قارچریشه در شرایط تنش خشکی نسبت به گیاه بدون تلقیح افزایش یافت (Jamshidi *et al.*, 2009).

در نتایج بررسی دیگری، تأثیر قارچ‌های قارچریشهٔ *G. mosseae* و *G. intraradices* بر رشد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش خشکی مشخص شد که با کاهش میزان رطوبت خاک عملکرد کاهش یافت، درحالی‌که گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ‌های آربوسکولار قارچریشه در مقایسه با گیاهان مایه‌کوبی نشده، عملکرد بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش داشتند و تأثیر قارچ *G. mosseae* در کاهش تأثیر خشکی بیشتر از قارچ *G. intraradices* بود (Aslani *et al.*, 2011). نتایج تحقیق Karami & Sepehri (2015) نشان داد، کم‌آبیاری و تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری روی عملکرد دانهٔ گیاه دارویی گاوزبان داشتند. در بین تیمارهای کودی مصرف ۵۰ درصد از کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی در شرایط کم آبیاری موجب بهبود شاخص نام‌برده شد و بیشترین عملکرد دانه (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط بدون کم آبیاری و با مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی- زیستی به دست آمد. همچنین نشان داده شد، عملکرد دانهٔ آفتابگردان با استفاده از قارچ قارچریشه در شرایط تنش خشکی نسبت به گیاه بدون تلقیح افزایش یافت (Jamshidi *et al.*, 2009).

قارچ‌های آربوسکولار قارچریشه در مقایسه با گیاهان مایه‌کوبی نشده، عملکرد بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش داشتند و تأثیر قارچ *G. mosseae* در کاهش تأثیر خشکی بیشتر از قارچ *G. intraradices* بود (Aslani *et al.*, 2011). نتایج بررسی دیگر نشان داد، تأثیر تنش خشکی و قارچ قارچریشه بر عملکرد زیست‌تودهٔ (بیوماس) ذرت معنی‌دار بود و تنش خشکی باعث کاهش عملکرد شد، این درحالی بود که قارچ قارچریشه باعث افزایش این صفت شد (Mobasser & Tavassoli, 2013). در تحقیقی دیگر، دو گونه قارچ *G. macrocarpum* و *G. fasciculatum* با توسعهٔ شاخ و برگ گیاه دارویی درمنه سبب افزایش عملکرد مادهٔ خشک شد (Chaudhary *et al.*, 2007). در نتایج پژوهش دیگری نشان داده شد، عملکرد روغن آفتابگردان با استفاده از قارچ قارچریشه در شرایط تنش خشکی نسبت به گیاه بدون تلقیح افزایش یافت (Jami Ahmadi *et al.*, 2005). بنابر نتایج به‌دست‌آمده از یک پژوهش، دو گونه قارچ *G. macrocarpum* و *G. fasciculatum*، بازدهٔ مصرف آب گیاه دارویی درمنه را در شرایط تنش بهبود بخشیدند (Chaudhary *et al.*, 2007). به‌طورکلی گونه‌های قارچریشه با افزایش پایداری غشاء یاخته‌ای و میزان فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده (آنتی‌اکسیدانت) و غلظت نشانگر زیستی (بیومارکر) مالون‌دی‌آلدئید، 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 & Solimani, 2014).

گاوزبان از جمله گیاهان دارویی است که به دلیل خواص درمانی و طعم مطلوبی که دارد به‌میزان چشمگیر در میان مردم بسیاری از کشورهای مختلف جهان استفاده می‌شود. یک چالش در تولید این گیاه، کم آگاهی از نحوهٔ کشت و کار و نیز تأثیر فراسنجه (پارامتر)های محیطی مهم بر این گیاه است. ازآنجاکه خشکی یکی از عامل‌های تأثیرگذار بر توسعهٔ کشاورزی استان است و از سویی، نقش قارچ قارچریشه در بهبود عملکرد برخی گیاهان رویارو با تنش کمبود آب مؤثر بوده است، لذا در این پژوهش به بررسی تأثیر قارچ قارچریشه بر عملکرد دانه، میزان روغن و کارایی مصرف

Archive of SID

www.SID.ir

آب گاوزبان (*Borago officinails* L.) تحت تنش آب در منطقهٔ بویراحمد پرداخته شد.

## مواد و روش‌ها

یک آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در منطقهٔ بویراحمد، در سه تکرار و در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل سطوح آبیاری (عامل اصلی) در پنج سطح شامل آبیاری پس از W=۳۰، W=۶۰، W=۹۰، W=۱۲۰ و W=۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A (برای اندازه‌گیری مقدار تبخیر مورد نظر، از یک استوانهٔ مدرج که درون تشتک نصب‌شده، استفاده شد) و قارچ قارچریشه (عامل فرعی) در سطوح بدون کاربرد، کاربرد گونهٔ *Glomus mosseae* (گلاموس موسه‌آ) و کاربرد گونهٔ *Glomus intraradices* (گلاموس اینترادیسز) لحاظ شد. پس از عملیات شخم و تهیهٔ بستر، کرت‌هایی به ابعاد ۴×۵ متر تهیه شد. فاصلهٔ بین کرت‌های اصلی آزمایش از هم ۳ متر، کرت‌های فرعی۱ متر و بین تکرارها نیز ۳ متر در نظر گرفته شد.

پیش از اجرای آزمایش، آزمون خاک صورت گرفت (جدول ۱). پیش از کاشت بذر گاوزبان، حدود ۷ گرم از مایهٔ تلقیح حاوی اسپور قارچ قارچریشه در هر حفره کاشت گاوزبان ریخته شد (Enteshari & Haji Hashim, 2010). بذر گاوزبان در نیمهٔ اول فروردین و با فاصله‌های بین ردیف و روی ردیف ۵۰×۳۰ سانتی‌متر کشت شد (Karami & Sepehri, 2013). عملیات کاشت به روش دستی و جوی و پشته انجام شد. تا زمان سبز شدن، آبیاری به فاصلهٔ هر دو روز یک‌بار انجام گرفت. پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها (مرحلهٔ سه برگچه‌ای)، عملیات تنک و وجین علف‌های هرز انجام شد. پس از آن تیمارهای آبیاری اعمال شد.

### اندازه‌گیری عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت دانه

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده، بوته‌های واقع در ۱ مترمربع وسط هر کرت فرعی در پایان دورهٔ رسیدگی (زمان رسیدن بذرها) اندازه‌گیری شد، سپس شاخص برداشت دانه با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری شد.

$$\text{شاخص برداشت دانه} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد زیست‌توده}} \times ۱۰۰$$

### اندازه‌گیری وزن هزاردانه، روغن بذر و کارایی مصرف آب دانه

برای اندازه‌گیری وزن هزاردانه از هر کرت ۴ نمونه ۱۰۰۰ تایی وزن و میانگین آن‌ها برای وزن هزاردانه نهایی در نظر گرفته شد. درصد روغن بذر با دستگاه سوکسله[1] اندازه‌گیری شد. در این بررسی پس از اندازه‌گیری میزان کل آب مصرف‌شده در هر کرت فرعی با استفاده از کنتور آب (میزان آب مصرف‌شده بر اساس مترمکعب با استفاده از کنتور آب خانگی اندازه‌گیری شد) و اندازه‌گیری عملکرد دانهٔ گاوزبان، از تقسیم عملکرد دانه بر کل آب مصرف‌شده، کارایی مصرف آب دانه (کیلوگرم بر مترمکعب) محاسبه شد (Alizadeh, 2012).

برای تجزیه‌وتحلیل آماری از نرم‌افزار MSTATC و برای مقایسهٔ میانگین تیمارها از آزمون دانکن استفاده شد.

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ خاک پیش از کشت گاوزبان

Table 1. The results of analysis of the soil before planting of Borage

| Characteristic | | Characteristic | |
|---|---|---|---|
| Depth (cm) | 0-30 | Clay (%) | 26 |
| Electrical conductivity (ds/m) | 0.4 | Sand (%) | 28 |
| Acidity (pH) | 7.9 | Soil texture | loam |
| Neutralized materials T.N.V (%) | 47 | Cu (ppm) | 2 |
| Organic carbon (%) | 0.9 | Mn (ppm) | 14.4 |
| Total nitrougen (%) | ./09 | Fe (ppm) | 13 |
| P (ppm) | 100 | Zn (ppm) | 2.7 |
| K (ppm) | 206 | | |

1. Soxhlet

Archive of SID

www.SID.ir

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه

نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب (جدول ۲) نشان می‌دهد، اثر سال بر عملکرد دانهٔ گیاه دارویی گاوزبان معنی‌دار نبود. اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ قارچریشه بر عملکرد دانهٔ گاوزبان نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲) و بنابر جدول ۳ مقایسهٔ میانگین اثر متقابل، تغییرات قابل توجهی در عملکرد دانه ایجاد شد و نتایج نشان داد، کاربرد قارچ‌های گلاموس موسهآ و گلاموس اینترادیسز در سطح آبیاری ۳۰ میلی‌متر نسبت به شاهد (بدون کاربرد قارچ در این سطح) به ترتیب ۰/۵۸ و ۰/۰۳۷ درصد و نسبت تیمار کمترین عملکرد دانه $W_{150}$N.G (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچ قارچریشه) به ترتیب ۷۵ و ۷۴ درصد افزایش عملکرد دانه داشتند. کاربرد قارچ‌های گلاموس موسهآ و گلاموس اینترادیسز در سطح آبیاری۶۰ میلی‌متر نسبت به شاهد (بدون کاربرد قارچ در این سطح) به ترتیب ۲۶ و ۲۶ درصد و نسبت تیمار مربوط به کمترین عملکرد دانه ($W_{150}$N.G) به ترتیب ۷۵ و ۷۵ درصد افزایش عملکرد دانه داشتند. کاربرد قارچ‌های گلاموس موسهآ و گلاموس اینترادیسز در سطح آبیاری۹۰ میلی‌متر نسبت به شاهد (بدون کاربرد قارچ در این سطح) به ترتیب ۳۵ و ۳۳ درصد و نسبت به تیمار مربوط به کمترین عملکرد دانه ($W_{150}$N.G) به ترتیب ۷۳ و ۷۲ درصد افزایش عملکرد دانه داشتند و همان‌طورکه نتایج نشان می‌دهند، می‌توان دریافت که با افزایش تنش خشکی عملکرد دانهٔ گیاه گاوزبان کاهش یافت و کاربرد گرفتن قارچ قارچریشه در کنار گیاه گاوزبان از شدت تنش کم‌آبی کاسته شد. تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی مهم است که با ایجاد اختلال در عمل روزنه‌ها و سامانهٔ نورساختی (فتوسنتزی، Soha *et al*., 2010)، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها (Heidari & Karami, 2013)، کاهش سطح برگ (Arabs, 2012)، و ریزش گل و میوه (Safavi Gardini, 2013)، موجب کاهش عملکرد (Farouki Nia *et al*., 2011) گیاهان می‌شود، همچنین در این بررسی با افزایش تنش خشکی عملکرد دانهٔ گیاه گاوزبان کاهش یافت و کاربرد گرفتن قارچ قارچریشه در کنار گیاه گاوزبان از شدت تنش کم‌آبی کاسته شد.

### عملکرد زیست‌توده

اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ قارچریشه بر عملکرد زیست‌تودهٔ دانهٔ گاوزبان نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲) و طبق جدول ۳ مقایسهٔ میانگین اثر متقابل، تغییرات قابل توجهی در عملکرد زیست‌تودهٔ دانه ایجاد شد و نتایج نشان داد، کاربرد قارچ‌های گلاموس موسهآ و گلاموس اینترادیسز در سطح آبیاری ۳۰ میلی‌متر نسبت به شاهد (بدون کاربرد قارچ در این سطح) به ترتیب ۱/۸۲ و ۱/۲۲ درصد و نسبت تیمار کمترین عملکرد زیست‌تودهٔ دانه $W_{150}$N.G (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچ قارچریشه) به ترتیب ۷۲ و ۷۲ درصد افزایش عملکرد زیست‌تودهٔ دانه داشتند.

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر قارچ قارچریشه و تنش آب بر ویژگی‌های گاوزبان

Table 2. Variance analysis of the impact of mycorrhizal fungi and water stress on the traits of borage

| Variation Source | d.f | Mean Squares | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Grain yield | Biological yield (kg/ha) | Weight of 1000 seed | Harvest Index | Grain oil | Water use efficiency for grain |
| Year | 1 | 2.001 $^{ns}$ | 1249643.616 $^{ns}$ | 57.600 $^{ns}$ | 0.003$^{ns}$ | 3.211 $^{ns}$ | 0.858 $^{ns}$ |
| Year × replication | 4 | 1.533 $^{ns}$ | 187157.585 $^{ns}$ | 2.167 $^{ns}$ | 0.052 $^{ns}$ | 195.922 $^{ns}$ | 0.629 $^{ns}$ |
| Factor water stress | 4 | 104.434$^{**}$ | 29679445.705$^{**}$ | 124.872$^{**}$ | 0.088$^{*}$ | 378.344 $^{**}$ | 2.665 $^{**}$ |
| Year × water stress | 4 | 0.441 $^{ns}$ | 22166.184 $^{ns}$ | 1.239 $^{ns}$ | 0.008 $^{ns}$ | 2.218 $^{ns}$ | 0.270 $^{ns}$ |
| Error | 16 | 1.986 | 174194.192 | 3.514 | 0.028 | 291.131 | 0.329 |
| Factor mycorrhizae fungi | 2 | 69.091$^{**}$ | 5663154.430$^{*}$ | 160.900$^{**}$ | 0.321$^{*}$ | 1.140 $^{ns}$ | 4.275 $^{ns}$ |
| Year ×mycorrhizae fungi | 2 | 0.328 $^{ns}$ | 226818.165 $^{ns}$ | 4.433 $^{ns}$ | 0.002 $^{ns}$ | 1.512 $^{ns}$ | 0.135 $^{ns}$ |
| Water stress× mycorrhizae fungi | 8 | 5.495$^{**}$ | 394012.250$^{**}$ | 10.456$^{**}$ | 0.030$^{**}$ | 84.541$^{**}$ | 0.706$^{*}$ |
| Year ×water stress× mycorrhizae fungi | 8 | 0.115 $^{ns}$ | 11878.405 $^{ns}$ | 0.156 $^{ns}$ | 0.002 $^{ns}$ | 1.706 $^{ns}$ | 0.319 $^{ns}$ |
| Error | 40 | 4.953 | 649995.041 | 12.478 | 0.142 | 1038.751 | 0.671 |
| Coefficient of Variation (%) | | 15.69 | 20.92 | 18.02 | 15.49 | 23.49 | 19.31 |

ns، *، **: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد هستند.

ns, *, **: Non-significant, significantly differens 5% and 1% at probability levels, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل قارچ قارچریشه و تنش آب بر ویژگی‌های گاوزبان

Table 3. Mean comparison of interaction of water stress and mycorrhizal fungi on characteristics of borage

| Treatments of water stress + mycorrhizae fungi | Grain yield (kg/ha) | Biological yield (kg/ha) | Weight of 1000 seed (gr) | Harvest index (%) | Grain oil (%) | Water use efficiency for grain (kg/m$^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $W_{30}$N.G | 274.9 $^{a}$ | 5291$^{a}$ | 22.33$^{a}$ | 5.198 $^{c}$ | 21.51$^{b}$ | 0.01396 $^{c}$ |
| $W_{30}$GM | 276.5 $^{a}$ | 5389 $^{a}$ | 22.67 $^{a}$ | 5.090 $^{c}$ | 21$^{b}$ | 0.01403 $^{c}$ |
| $W_{30}$GI | 275 $^{a}$ | 5356 $^{a}$ | 22.17 $^{a}$ | 5.085 $^{c}$ | 20.48 $^{b}$ | 0.01396 $^{c}$ |
| $W_{60}$N.G | 203.3 $^{b}$ | 4301 $^{b}$ | 19 $^{c}$ | 4.588 $^{d}$ | 24.64 $^{ab}$ | 0.02843 $^{a}$ |
| $W_{60}$GM | 275.4 $^{a}$ | 4964 $^{a}$ | 24 $^{a}$ | 5.683 $^{b}$ | 22.35 $^{b}$ | 0.02142 $^{b}$ |
| $W_{60}$GI | 275 $^{a}$ | 4812 $^{ab}$ | 21.67 $^{b}$ | 5.853 $^{b}$ | 24 $^{ab}$ | 0.02140 $^{b}$ |
| $W_{90}$N.G | 166.5 $^{c}$ | 3386 $^{c}$ | 16 $^{d}$ | 4.993 $^{d}$ | 29.38 $^{a}$ | 0.01589 $^{b}$ |
| $W_{90}$GM | 257.7$^{a}$ | 4435 $^{b}$ | 22 $^{a}$ | 5.763 $^{b}$ | 28.33 $^{a}$ | 0.02460 $^{ab}$ |
| $W_{90}$GI | 249.3 $^{a}$ | 4242 $^{b}$ | 20.83 $^{b}$ | 5.840 $^{b}$ | 27.33 $^{ab}$ | 0.02380 $^{ab}$ |
| $W_{120}$N.G | 110 $^{d}$ | 2279 $^{d}$ | 15.17 $^{d}$ | 5.145 $^{c}$ | 17.29 $^{cd}$ | 0.01185 $^{d}$ |
| $W_{120}$GM | 233.5 $^{ab}$ | 3561 $^{c}$ | 21.33 $^{b}$ | 6.738 $^{a}$ | 19.85 $^{bc}$ | 0.02515 $^{ab}$ |
| $W_{120}$GI | 231.8 $^{ab}$ | 3487 $^{bc}$ | 19.83 $^{c}$ | 6.548 $^{a}$ | 20.31 $^{b}$ | 0.02497 $^{ab}$ |
| $W_{150}$NG | 69 $^{e}$ | 1517 $^{e}$ | 12.67 $^{e}$ | 4.865 $^{d}$ | 14.97 $^{d}$ | 0.02099 $^{b}$ |
| $W_{150}$GM | 130.2 $^{d}$ | 2417 $^{d}$ | 17.67 $^{d}$ | 5.865 $^{b}$ | 17.63 $^{c}$ | 0.01518 $^{c}$ |
| $W_{150}$GI | 127.7 $^{d}$ | 2357 $^{d}$ | 16.67 $^{d}$ | 5.905 $^{b}$ | 16.33 $^{c}$ | 0.01489 $^{c}$ |

GM= گلاموس موسه‌آ؛ GI= *گلاموس اینترارادیسز*؛ NG= بدون کاربرد قارچ؛ W= تنش آب

W= Water stress; NG= non application of mycorrhizae fungi; GI= *G. intraradices*, GM= *G. mosseae.*

کاربرد قارچ گلاموس موسه‌آ در سطح آبیاری ۶۰ میلی‌متر نسبت به شاهد (بدون کاربرد قارچ در این سطح) ۱۴ درصد و نسبت تیمار کمترین عملکرد زیست‌تودهٔ دانه $W_{150}$N.G (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچ قارچریشه) ۶۷ درصد افزایش عملکرد زیست‌تودهٔ دانه داشت. نتایج این بررسی نشان داد، با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد زیست‌تودهٔ دانه کاهش یافت، اما کاربرد قارچ قارچریشه توانست عملکرد زیست‌تودهٔ دانهٔ گاوزبان را در شرایط تنش خشکی در این بررسی افزایش دهد و از میزان اثرگذاری‌های منفی تنش خشکی بکاهد. افزایش مادهٔ خشک اندام‌های گیاهی در تلقیح با قارچ قارچریشه در مقایسه با بدون تلقیح به‌احتمال زیاد به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش نورساخت گیاه است که منجر به ساخته‌شدن مواد نورساختی بیشتری می‌شود (Ansari Jovini *et al.*, 2011). همچنین در آزمایشی نشان داده شد، قارچ قارچریشهٔ *G. mosseae* در شرایط تنش خشکی سبب افزایش عملکرد زیست‌توده در گیاه دارویی پونه شد (Khaosaad *et al.*, 2006). نتایج بررسی Mobasser & Tavassoli (2013) نشان داد، تأثیر تنش خشکی و قارچ قارچریشه بر عملکرد زیست‌تودهٔ ذرت معنی‌دار بود و تنش خشکی باعث کاهش صفت یادشده شد، ولی قارچ قارچریشه باعث افزایش این صفت شد. در بررسی دیگری دو گونه قارچ *G. macrocarpum* و *G. fasciculatum* با توسعهٔ شاخ و برگ گیاه دارویی درمنه سبب افزایش عملکرد مادهٔ خشک در این گیاه شد (Chaudhary *et al.*, 2007).

**شاخص برداشت**

اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ قارچریشه بر شاخص برداشت دانهٔ گاوزبان نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱) و طبق جدول ۳ مقایسهٔ میانگین اثر متقابل، تیمارهای $W_{120}$GM و $W_{120}$GI با بیشترین شاخص برداشت دانه در کلاس اول قرار گرفتند، اما تیمارهای $W_{60}$N.G، $W_{90}$N.G و $W_{150}$N.G کمترین شاخص برداشت دانه را داشتند. اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ قارچریشه تغییرات قابل توجهی در شاخص برداشت دانهٔ گاوزبان ایجاد کرد و آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد قارچ قارچریشه با کاهش عملکرد زیست‌تودهٔ دانه نسبت به آبیاری پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر + بدون و کاربرد قارچ قارچریشه و افزایش عملکرد دانه نسبت به آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر + بدون و کاربرد قارچ قارچریشه موجب افزایش شاخص برداشت دانهٔ گاوزبان نسبت به دیگر تیمارها شد. این در حالی است که (Sepeheri *et al.*, 2011) دریافتند تأثیر رطوبت بر شاخص برداشت گندم تأثیر معنی‌داری داشت. با افزایش رطوبت شاخص برداشت کاهش یافت. نتایج گزارشی دیگر نشان داد، مصرف قارچ قارچریشه شاخص برداشت

Archive of SID

www.SID.ir

ذرت را نسبت به شرایط بدون قارچ قارچریشه افزایش داد، اما تنش خشکی باعث کاهش صفت نام‌برده شد (Sajedi & Madani, 2006). نتایج بررسی ( Mobasser & Tavassoli, 2013)، نشان داد، تأثیر تنش خشکی و قارچ قارچریشه بر شاخص برداشت ذرت معنی‌دار بود و تنش خشکی باعث کاهش صفت یادشده شد، ولی قارچ قارچریشه باعث افزایش این صفت شد.

**وزن هزاردانه**

نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب (جدول ۲) نشان می‌دهد، تأثیر سال بر وزن هزاردانهٔ گیاه داروئی گاوزبان معنی‌دار نبود. اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ قارچریشه بر وزن هزاردانهٔ گاوزبان نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲) و طبق جدول ۳ مقایسهٔ میانگین اثر متقابل، تغییرات قابل توجهی در وزن هزاردانه ایجاد شد و نتایج نشان داد، کاربرد قارچ‌های گلاموس موسهآ و گلاموس اینترادیسز در سطح آبیاری ۳۰ میلی‌متر نسبت به شاهد (بدون کاربرد قارچ در این سطح) به ترتیب ۱/۵ افزایش وزن هزاردانه و ۰/۷۲ درصد کاهش وزن هزاردانه و نسبت تیمار کمترین وزن هزاردانه $W_{150}N.G$ (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچ قارچریشه) به ترتیب ۴۵ و ۴۳ درصد افزایش وزن هزاردانه داشتند. کاربرد قارچ گلاموس موسهآ در سطح آبیاری ۶۰ میلی‌متر نسبت به شاهد (بدون کاربرد قارچ در این سطح) ۲۱ درصد و نسبت تیمار مربوط به کمترین وزن هزاردانه ($W_{150}N.G$) ۴۷ درصد افزایش وزن هزاردانه داشتند. کاربرد قارچ گلاموس موسهآ در سطح آبیاری ۹۰ میلی‌متر نسبت به شاهد (بدون کاربرد قارچ در این سطح) ۲۸ درصد و نسبت تیمار مربوط به کمترین وزن هزاردانه ($W_{150}N.G$) ۴۳ درصد افزایش وزن هزاردانه داشتند و نتایج این بررسی نشان داد، با افزایش شدت تنش خشکی، وزن هزاردانه کاهش یافت، اما کاربرد قارچ قارچریشه توانست وزن هزاردانهٔ گاوزبان را در شرایط تنش خشکی در این بررسی افزایش دهد و از میزان اثر منفی تنش خشکی بکاهد. هنگامی گیاه با خشکی روبه‌رو شود، روزنه‌هایش نیمه بسته یا بسته می‌شود و این موضوع موجب کاهش جذب $CO_2$ می‌شود و از سوی دیگر گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می‌کند. همچنین گیاه در هنگام تنش، مواد نورساختی را کاهش می‌دهد و به دلیل کاهش مواد نورساختی وزن هزاردانهٔ گیاه گشنیز کاهش یافت (Alizadeh & Alizadeh, 2007). همچنین نتایج این بررسی نشان داد، با افزایش شدت تنش خشکی، وزن هزاردانه کاهش یافت، اما کاربرد قارچ قارچریشه توانست وزن هزاردانهٔ گاوزبان را در شرایط تنش خشکی در این بررسی افزایش دهد و از میزان اثر منفی تنش خشکی بکاهد. این در حالی بود که نتایج تحقیقی نشان داد، قارچ قارچریشه *G. mosseae* در شرایط تنش خشکی سبب افزایش وزن هزاردانه در گیاه دارویی پونه شد (Khaosaad *et al.*, 2006). نتایج یک بررسی گویای آن بود که وزن هزاردانهٔ سورگوم دانه‌ای تحت تأثیر تیمارهای دور آبیاری و قارچ قارچریشه قرار گرفتند. به‌طوری‌که، بیشترین مقدار وزن هزاردانه به گونهٔ *G. mosseae* تعلق گرفت ( Hamzei & Sadeghi Myabadi, 2014). همچنین نتایج تحقیقی دیگر نشان داد، قارچ قارچریشهٔ *G. mosseae* در شرایط تنش خشکی موجب افزایش وزن هزاردانه نیز شد ( Khaosaad *et al.*, 2006).

**روغن دانه**

نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب (جدول ۲) نشان داد، تأثیر سال بر روغن دانهٔ گاوزبان معنی‌دار نبود. اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ قارچریشه بر درصد روغن دانهٔ گاوزبان نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱) و طبق جدول ۳ مقایسهٔ میانگین اثر متقابل، تغییرات قابل توجهی بر درصد روغن دانه ایجاد شد. آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر + بدون و کاربرد قارچ قارچریشه بیشترین درصد روغن دانهٔ گاوزبان را نسبت به دیگر سطوح آبیاری داشتند. تیمارهای آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر + بدون کاربرد قارچ قارچریشه و آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر + کاربرد قارچ گلاموس موسهآ به ترتیب ۴۹ و ۴۷ درصد، میزان روغن دانه را نسبت به آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر + بدون کاربرد قارچ قارچریشه افزایش دادند. البته خشکی یکی از عامل‌های اثرگذار بر گیاهان دارویی است و از سویی، نقش قارچ قارچریشه در بهبود عملکرد برخی گیاهان دارویی روبه‌رو با تنش خشکی

Archive of SID

www.SID.ir

مؤثر بوده است و در تحقیقی، در شرایط کم‌آبی در آفتابگردان، عملکرد روغن در گیاهان تلقیح شده با قارچریشه از گیاهان تلقیح نشده بیشتر بود و آن‌ها، افزایش عملکرد روغن را ناشی از افزایش شمار دانه‌ها، کاهش میزان پوکی و وزن هزاردانه گزارش کردند (Jamshidi *et al.*, 2009). همچنین بنابر نتایج آزمایشی، اثر متقابل قارچریشه و تنش خشکی بر صفت گیاه بزرک معنی‌دار بود. همزیستی بزرک با قارچ‌های قارچریشهٔ آربوسکولار توانست موجب افزایش صفت مورد بررسی در شرایط تنش خشکی شود. کاربرد هر دو گونهٔ قارچ تأثیر بیشتری نسبت به بدون کاربرد روی صفت اندازه‌گیری نشان داد. تأثیر کاربرد هر دو گونهٔ قارچ *G. intraradices* و *G. mosseae* تا حدودی یکسان بود (Soltanian & Tadayone, 2015). در یک بررسی، تنش خشکی باعث کاهش میزان روغن گیاه ذرت شد، درحالی‌که قارچ قارچریشه میزان روغن گیاه ذرت را در شرایط تنش رطوبتی افزایش داد (Ghorchiani *et al.*, 2010). نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقی نشان داد، کاربرد قارچ قارچریشه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش شدید خشکی باعث بهبود درصد روغن گلرنگ شد (Raei *et al.*, 2015).

**کارایی مصرف آب**

نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب (جدول ۲) نشان می‌دهد، تأثیر سال بر کارایی مصرف آب دانهٔ گیاه دارویی گاوزبان معنی‌دار نبود. اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ قارچریشه بر کارایی مصرف آب دانهٔ گاوزبان نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲) و طبق جدول ۳ مقایسهٔ میانگین اثر متقابل، تغییرات قابل توجهی در کارایی مصرف آب دانه ایجاد شد. تیمار $W_{60}N.G$ بیشترین مقدار کارایی مصرف آب دانه را داشت، اما تیمار $W_{120}N.G$ کمترین کارایی مصرف آب دانه را داشت. با توجه به فرمول محاسبهٔ کارایی مصرف آب دانه (از تقسیم عملکرد دانه بر کل آب مصرف‌شده)، با کمتر شدن میزان آب مصرف‌شده در آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر نسبت به آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر + کاربرد قارچ قارچریشه و همچنین افزایش عملکرد دانه نسبت به آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر + بدون و کاربرد قارچ قارچریشه باعث افزایش کارایی مصرف آب دانه نسبت دیگر تیمارها شد. اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ قارچریشه نیز تغییرات قابل توجهی در کارایی مصرف آب دانهٔ گاوزبان ایجاد کرد و با افزایش شدت تنش کم‌آبی، کارایی مصرف آب دانه کاهش یافت، اما کاربرد قارچ قارچریشه باعث کاهش اثر منفی تنش آب نشد و نتوانست کارایی مصرف آب دانهٔ گیاه گاوزبان را در شرایط تنش خشکی در این بررسی افزایش دهد. البته در نتایج تحقیقی دیگر، (Akbarinia *et al.*, 2008) نشان دادند، کارایی مصرف آب گاوزبان ایرانی در دور آبیاری ۱۴ روزی یک‌بار نسبت به دیگر تیمارها بیشترین مقدار را نشان داد. این در حالی است که نتایج بررسی (Ahmadinejad *et al.*, 2014) نشان داد، تأثیر رژیم آبیاری بر کارایی زراعی مصرف آب محصول دانهٔ کنجد معنی‌دار نشد. تأثیر کاربرد قارچ قارچریشهٔ *Glomus mosseae* بر کارایی زراعی مصرف آب محصول دانه معنی‌دار شد. بیشترین کارایی زراعی مصرف آب محصول دانه مربوط به رژیم آبیاری تأمین ۸۰ درصد کمبود رطوبتی خاک و تلقیح شده با قارچ قارچریشه بود. نتایج آزمایشی نشان داد، همزیستی قارچ‌های قارچریشه به‌طور معنی‌داری کارایی مصرف آب را افزایش داد .اثر متقابل تنش کم‌آبی و همزیستی قارچریشه‌ای بر کارایی مصرف آب در ذرت معنی‌دار بود. بیشترین کارایی مصرف آب از کاربرد گونهٔ *Glomus mosseae* و شرایط تنش شدید و کمترین میزان آن از بوته‌های شاهد در شرایط بدون تنش به‌دست آمد (Shah Hossini *et al.*, 2012).

**نتیجه‌گیری کلی**

همان‌گونه که بررسی‌های بوم‌شناسی و فیزیولوژیکی نیز اثبات کرده‌اند که رابطهٔ همزیستی قارچریشه با گریز از خشکی، گیاهان را در مقابل تنش حفظ می‌کند و این کار را با افزایش جذب آب و عنصرهای ضروری برای رشد و توسعهٔ گیاهان انجام می‌دهد، بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی برای دستیابی به عملکرد مطلوب دانه و روغن دانهٔ گاوزبان، آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر + کاربرد قارچ قارچریشه برای کشاورزان منطقهٔ بویراحمد توصیه می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

## REFERENCES


1. Ahmadinejad, A., Abedi Koupai, J. & Mousavi, C. F. (2014). The effect of irrigation regimes and application of mycorrhiza fungi on the agronomic efficiency of water use of *Sesamum indicum* L. product. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences*, 17(69), 59-49. (in Farsi)
2. Alizadeh, A. (2012). *Plants and soil-water relationships*. Imam Reza University. (pp. 561-564). (in Farsi)
3. Alizadeh, A. & Alizadeh, A. (2007). The effect of Mycorrhizal in moisture different condition on uptake nutrition elements in Maize. *Iran Agricultural Research*, 3(1), 101-108. (in Farsi)
4. Akbarinia, A. M., Keramati Terghi, M. & Hadi Tavateri, M. H. (2008). Check the impact of Irrigation regimes on *Echium amoenum* flower yield. *Journal of research and development in natural resources*, 76, 128-122. (in Farsi)
5. Ansari Jovini, M., Chaichi, M. R., Keshavarz Afshar, R. & Ehteshami, M. R. (2011). Effect of biological and chemical phosphorous fertilizers on grain yield of two grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars under deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Seed and Plant production*, 27(4), 471-490. (in Farsi)
6. Arabs, S. (2012). Effect of ascorbic acid and sodium nitroprusside spraying on safflower under deficit irrigation. In: Proceedings of *12th Congress of Agronomy*, 14-16 September, Islamic Azad University, Karaj Iran, pp. 254-259. (in Farsi)
7. 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. *Iran Medicinal and Aromatic Plants Research*, 53(3), 486-471. (in Farsi)
8. Chaudhary, V., Kapoor, R. & Bhatnagar, A. K. (2007). Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Journal of Mycorrhiza*, 17, 581-587.
9. Enteshari, Sh. & Haji Hashim, F. (2010). The effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on root nodulation and absorption content of some nutrients in soybean under saline conditions. *Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology)*, 24(3), 315-323. (in Farsi)
10. Farouki Nia, M. M., Roshdi, B., Poshtiban Islam, M. & Sasndost, R. (2011). Examine yield and some physiological characteristics of safflower under water deficit. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 42(3), 545-553. (in Farsi)
11. Ghorchiani1, M., Akbari, G., Alikhani, H. A., Allahdadi, I. & Zarei, M. (2010). Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Pseudomonas fluorescence Bacterium on the Ear Traits, Chlorophyll Content and Yield of Zea Maize under Moisture Stress Conditions. *Journal of Soil and Water*, 21(1), 95-114.
12. Hamzei, J. & Sadeghi Myabadi, F. (2014). The effect of irrigation intervals and arbuscular mycorrhizal fungi on chlorophyll index, yield and yield component of grain sorghum. *Journal of crop production and processing*, 4 (12), 211-221.
13. Heidari, M. & Karami, A. V. (2013). Examine the effects of stress and strains of mycorrhiza on yield, yield components, chlorophyll and biochemical composition of sunflower, *Environmental Stress in Crop Science*, 6(1), 17-26. (in Farsi)
14. Jami Ahmadi, M., Kafi, M. & Nasiri Mohalati, M. (2005). The investigation of seed germination characteristics of *Kochia scoparia* in response to different levels of salinity in a controlled environment. *Journal of agricultural researches of Iran*, (2), 159-151. (in Farsi)
15. Jamshidi, E., Ghalavand, A., Salehi, A., Zare, M. J. & Jamshidi, A. R. (2009). Effect of Arbuscular mycorrhizal on yield, yield components and plant characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Science*, 11(1), 136-150. (in Farsi)
16. Karami, A. & Sepehri, A. (2013). The effect of application of *Nitroxin* and *Biophosphat* bio-fertilizers on use efficiency of elements and harvest index of Borage (*Borago officinalis* L.) under water stress conditions. *Journal of agricultural science and sustainable production*, 23 (3), 143-156. (in Farsi)
17. Karami, A. & Sepehri, A. (2015). Effects of deficit irrigation and application of biofertilizers on the growing characteristics and water use efficiency on borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Agricultural Plant Production*, 38(1), 91-102.
18. Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K. & Novak, J. (2006). Arbuscular mycorrhiza alters the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., Lamiaceae). *Journal of Mycorrhiza*, 16(6), 443-446.
19. Koucheki, A., Nasiri Mohalati, M., Mondani, F. & Khorramdel, S. (2012). *New aspect on Ecological physiological aspects of crop plants*. Ferdowsi Mashhad University. (pp. 610-613). (in Farsi)
20. Mobasser, H. R. & Tavassoli, A. (2013). Study of vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi symbiosis with maize root and it effect on yield components, yield and protein content of maize in water deficit condition. *Journal of Novel Applied Sciences*, 2 (10), 456-460.


Archive of SID

www.SID.ir

21. Pirzad, A. R. & 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.
22. Raei, Y., Shariati, J. & Weisany, W. (2015). Effect of Biological Fertilizers on Seed Oil, Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at Different Irrigation Levels. *Journal of agricultural science and sustainable production*, 25 (1), 67-83.
23. Reddy, A. R., Chaitanya, K. Y. & Vivekanandan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 161, 1189-1202.
24. Safavi Gardini, M. (2013). *Effect of super absorbent polymer, potassium and manure on drought resistance in pumpkin*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture Zabol University, Iran. (in Farsi)
25. Sajedi, N. & Madani, H. (2006). Interaction effect of drought stress, Zinc and mycorrhiza on yield, yield components and harvest index of maize. *Journal of Agriculture Science*, 2 (7), 271-283. (in Farsi)
26. Sepeheri, A., Safari Snjani, A. A. & Mirzadeh Qsabklayi, S. H. (2011). *Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the phenology stage and morpho-physiological traits affecting on yield and component yield of wheat under water stress*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Bu-Ali Sina University, Iran. (in Farsi)
27. Shah Hossini, Z., Gholami, A. & Asghari, H. R. (2012). The effect of mycorrhizal symbiosis and the use of humic acid on water use efficiency and physiological indicators of corn growth in shortage irrigation condition. *Journal of research scientific of dry land*, 2 (1), 57-39. (in Farsi)
28. Soltanian, M. & Tadayone, A. (2015). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on some agronomic characteristics on linseed (*Linum ussitatissimum* L.) under drought stress, *Journal of Plant Production Research*, 22 (2), 24-2. (in Farsi)
29. Soha, E., Nahed, G. & 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.

Archive of SID

www.SID.ir