نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۵۷۲-۵۶۲

Journal of Plant Protection
Vol. 30, No. 4, Winter 2017, P. 562-572

# تأثیر همزیستی قارچ آربسکولار میکوریزا سویه (*Glomus intraradice*) بر گل جالیز مصری (*Orobanche aegyptiaca*. Pers) در کشت گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.)

مجتبی ظفریان[1*]- علی تدین[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۱

## چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر همزیستی قارچ آربسکولار میکوریزا بر گل جالیز مصری (*Orobanche aegyptiaca*. Pers) و تعیین اثرات آن بر رشد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.)، آزمایشی گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل قارچ آربسکولار میکوریزا سویه (*Glomus intraradice*) در ۴ سطح ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (از بسته‌بندی تجاری) و ۲ شاهد با و بدون علف‌هرز گل جالیز بودند. نتایج نشان داد در بین تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا دو تیمار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده گل جالیز و گوجه‌فرنگی تفاوت معنی‌داری با شاهد با گل جالیز نداشتند. اما کاربرد تیمارهای ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا باعث کاهش معنی‌دار صفات تعداد گرهک گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی، وزن خشک گل جالیز، زمان ظهور گل جالیز در سطح خاک، نسبت وزن خشک گل جالیز به وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی و در مقابل باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و درصد وزن ریشه به اندام هوایی گوجه‌فرنگی شدند. بطوری‌که در صفات درصد وزن ریشه به وزن خشک کل گوجه‌فرنگی و وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی بر تیمار شاهد بدون گل جالیز هم برتری داشتند. در مجموع با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار قارچ آربسکولار میکوریزا (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) با تیمار قارچ آربسکولار میکوریزا (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، انتخاب تیمار قارچ آربسکولار میکوریزا (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) با کاهش رهاسازی ترکیبات محرک جوانه‌زنی سبب کاهش صفات گل جالیز و با تقویت گیاه میزبان سبب افزایش مقدار صفات گوجه‌فرنگی خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** زمان ظهور گل، علف‌هرز انگلی، قارچ میکوریزا، گرهک، وزن خشک اندام هوائی، وزن خشک ریشه

## مقدمه

همزیستی میکوریزائی یکی از رایج‌ترین و سابقه‌دارترین روابط هم زیستی در سلسلهٔ گیاهی است (۸) به طوری‌که اکثر گیاهان (حدود ۸۰٪ گونه‌های گیاهان آوندی) حداقل یکی از تیپ‌های میکوریزا را دارا هستند (۱۳). مهم‌ترین قارچ‌های اندومیکوریزی که در کشاورزی نقش به سزایی دارند قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار[3] می‌باشند (۱۲). میکوریزا به معنی قارچ ریشه که از ترکیب دو کلمه یونانی مایکو[4] به معنی قارچ و ریزا [5] به معنی ریشه تشکیل شده است که یک رابطه همزیستی از نوع همیاری بین قارچ و یک موجود فتوسنتزکننده می‌باشد. این رابطه بین قارچ و گیاه، گسترده‌ترین رابطه همزیستی در طبیعت بوده که طی این همزیستی، قارچ کربوهیدرات، ویتامین‌ها و ماده مترشحه از ریشه گیاه را برای رشد و تحریک جوانه‌زنی اسپور مصرف می‌کند و در عوض قارچ در جذب فسفر، پتاسیم، نیتروژن و آب از خاک به گیاه کمک می‌کند. این قارچ‌ها تا ۲۰ درصد کربن تثبیت شده میزبان را مصرف می‌کند و در عوض تا ۸۰ درصد فسفر مورد نیاز گیاه و ۲۵ درصد نیتروژن از طریق قارچ فراهم می‌گردد (۱۵). وابستگی تعدادی از گونه‌های گیاهی به قارچ‌های میکوریزا به حدی زیاد است که بدون وجود این همزیستی، گیاهان نمی‌توانند به خوبی رشد کنند (۲۸). این قارچ‌ها با اکثریت قریب به اتفاق گیاهان روی زمین تشکیل گسترده‌ترین نوع همزیستی را دارند (۱۰). همچنین این قارچ‌ها می‌توانند علاوه بر اینکه گیاه میزبان خود را با عرضه آب و مواد معدنی حمایت می‌کنند درجه خاصی از حفاظت در برابر عوامل بیماری‌زا را هم برای آنها فراهم آورند (۲۹). قارچ‌ها می‌توانند مقاومت به پاتوژن‌ها و سایر استرس‌های زیستی را در گیاه

۱ و ۲- دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: (Email: zafarian.mojtaba@gmail.com
DOI: 10.22067/jpp.v30i4.43672

۳- علامت اختصاری VAM یا AM

4- Myco
5- Rhiza

میزبان خود بواسطه القای عملکرد ژن‌های دفاعی ایجاد نمایند (۲۶ و ۳۲).

بنابراین کاربرد این قارچ می‌تواند یکی از چندین استراتژی‌های جایگزین برای مقابله با مشکل علف‌های هرز انگلی در برنامه‌های کنترل بیولوژیکی مورد توجه قرار گیرد. به عنوان مثال، قارچ گونه *Fusarium* spp در برابر *Orobanche Cumana* و *Orobanche aegyptiaca* مورد استفاده قرار گرفته است (۶). اما قارچ آربوسکولار میکوریزا زمانی مورد علاقه خاص واقع شد که در تحقیقات مشخص شد ترکیب استرایگولاکتون که توسط ریشه‌های گیاه میزبان به داخل ریزوسفر ترشح می‌شود محرک جوانه‌زنی گل جالیز است (۲) و در اینجا به عنوان سیگنال‌های تشخیص میزبان، محرک فعالیت‌های متابولیسمی و شاخه‌زنی هیف‌ها برای قارچ عمل می‌نماید (۲۴)، بطوری‌که توسعه سریع قارچ و فرآیندهای متابولیسمی آن به شدت به این ترکیبات وابسته است (۳). لندزمو و کویپر (۱۷) برای اولین بار نشان دادند که تلقیح میکوریزا می‌تواند آسیب‌های ناشی بوسیله علف‌هرز استریگا (*Striga hermonthica*) را در سورگوم کاهش دهد و در برخی موارد حتی می‌تواند کاهش سطح آلودگی میزبان را موجب شود. این اثر بعدها به کاهش انتشار محرک‌های جوانه‌زنی در گیاهان میکوریزایی نسبت داده شد (۱۸ و ۳۰). در مطالعه لوپز و همکاران (۲۰)، کاهش در تولید استریگولاکتون‌ها[1] در خلال همزیستی در گیاه گوجه‌فرنگی نشان داده شده است، که این پاسخ حفاظت شده در سایر گونه‌های دو لپه و تک لپه نیز وجود دارد. مطالعات دیگری نیز نشان داده‌اند که همزیستی قارچ آربوسکولار میکوریزا با سورگوم و ذرت می‌تواند تهاجم گیاهان انگل را کاهش دهد (۱۸). چنین تأثیری در مورد نخودفرنگی نیز گزارش شده است (۱۱). علاوه بر این، کاهش استریگولاکتون‌ها توسط همزیستی قارچ آربوسکولار میکوریزا برای اولین بار توسط کروماتوگرافی جرمی[2] نیز نشان داده شد. البته در تحقیق لورن و همکاران (۲۱) نه تنها به کاهش محرک‌های جوانه‌زنی گل جالیز در همزیستی آفتابگردان با قارچ آربوسکولار میکوریزا اشاره شده است بلکه ترشحات ریشه همزیست با قارچ آربوسکولار میکوریزا خود نیز باعث کاهش جوانه‌زنی بذر گل جالیز *Orobanche cumana* گردیده است. بنابراین استفاده از قارچ آربوسکولار میکوریزا می‌تواند به عنوان یک جایگزین مناسب در برنامه‌های کنترل علف‌های هرز انگلی مورد بحث قرار گیرد (۱۶). بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی پتانسیل همزیستی قارچ آربسکولار میکوریزا سویه (*Glomus intraradice*) با ریشه‌های گوجه‌فرنگی و نقش آن در کاهش استقرار گل جالیز و افزایش رشد گوجه‌فرنگی بود.

1- Strigolactone
2- LC-MS/MS

## مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر همزیستی قارچ آربسکولار میکوریزا سویه (*Glomus intraradice*) بر کاهش استقرار گل جالیز مصری و افزایش رشد گوجه‌فرنگی طی تابستان سال ۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل قارچ آربسکولار میکوریزا در ۴ سطح ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۲ شاهد با و بدون علف‌هرز گل جالیز بودند. در این آزمایش از نشاء گوجه‌فرنگی رقم اسپیدی[3] که در بستر کشت مخلوط کوکوپیت و پیت ماس تولید شد جهت کاشت استفاده شد. گلدان‌های مورد استفاده با قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر با خاکی به نسبت ۴:۱:۱ کود گاوی، ماسه و خاک رس که با ۵۰ میلی‌گرم بذر گل جالیز جمع‌آوری شده در سال قبل مخلوط شده بود پر شدند. لازم به ذکر است خاک گلدان‌ها قبلاً به مدت ۷۲ ساعت در حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد ضدعفونی شد تا اثرات پتانسیل جمعیت میکروبی موجود در خاک در کاهش احتمالی جوانه‌زنی وجود نداشته باشد (۱۱ و ۳۱). سپس به هر گلدان مایه تلقیح قارچی که شامل خاک شنی، اندام‌های قارچی و قطعات ریشه گیاه که دارای اندام‌های قارچی بودند، اضافه شد. سویه قارچ مورد استفاده در این تحقیق از کلینیک گیاه‌پزشکی واقع در همدان تهیه گردید. همچنین تغذیه گوجه‌فرنگی بعد از انتقال به گلدان‌ها با محلولپاشی کود کامل ریز مغذی ۲۰-۲۰-۲۰ هر ۷ روز یکبار در شرایط گلخانه صورت گرفت. در ادامه در طول فصل صفات تعداد ساقه، تعداد گرهک روی ریشه گوجه‌فرنگی، زمان ظهور گل جالیز در سطح خاک، وزن خشک گل جالیز، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به صفات گوجه‌فرنگی و گل جالیز (پس از انجام آزمون نرمالیتی کلموگروف– اسمیرنوف) بطور جداگانه با استفاده از نرم افزار SAS V 9.2 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون Fisher LSD در سطح احتمال پنج و یک درصد و رسم نمودارها در Excel انجام شد.

3- Speedy

## نتایج و بحث

### تعداد گرهک گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی

صفت تعداد گرهک گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری در سطح ۱٪ تحت تأثیر تیمار قارچی قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گل جالیز در تیمار قارچ آربسکولار مایکوریزا

**Table 1- Analysis of variance (mean squares) of the measured treatments of orobanche in *Arbuscular Mycorrhizal***

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | تعداد گرهک گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی Number of orobanche nodules on the roots of tomato | تعداد ساقه گل جالیز Orobanche stem number | وزن خشک گل جالیز Orobanche dry weight | زمان ظهور گل جالیز در سطح خاک Time of emergence of orobanche on the soil surface | نسبت وزن خشک گل جالیز به وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی Orobanche dry weight: tomato shoot dry weight |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تیمار Treatments | 4 | 12.99** | 0.55* | 20.81 ** | 76.57* | 0.78** |
| خطا Error | 15 | 0.71 | 0.19 | 0.56 | 21.71 | 0.007 |
| ضریب تغییرات (%)CV | | 10.30 | 10.07 | 19.34 | 14.11 | 17.84 |

* و**: در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار

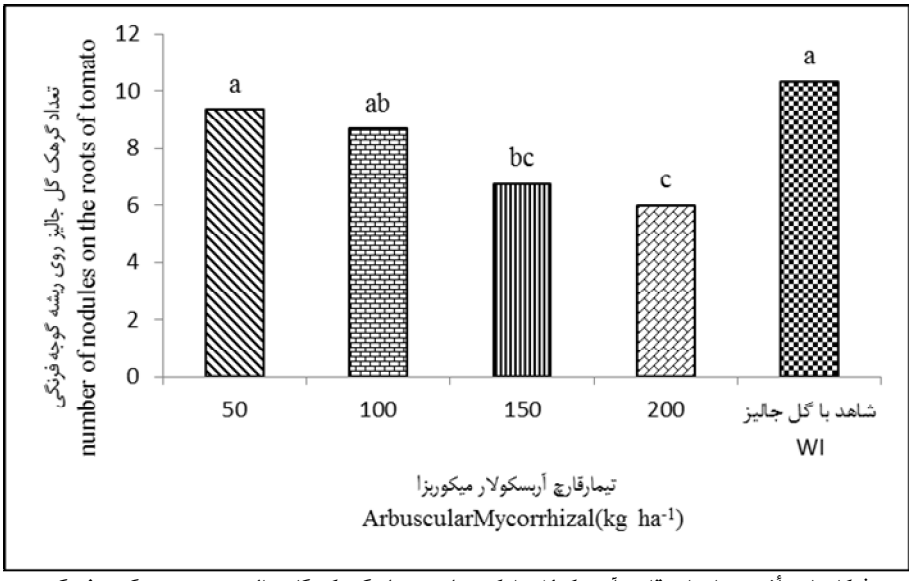
* and **: significant at the 1% and 5% probability levels

در بین تیمارهای آزمایشی، بیشترین مقدار این صفت را شاهد با گل جالیز (۱۰/۳۳ عدد) و کمترین آن را تیمار قارچ آربسکولار مایکوریزا به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (۶ عدد) داشتند (شکل ۱). این تفاوت می‌تواند به علت فعالیت زیاد قارچ آربسکولار مایکوریزا بر روی ریشه گوجه‌فرنگی باشد که باعث شده است سطح قابل توجهی از ریشه توسط این قارچ پوشیده شود و از نفوذ مکینه‌های گل جالیز به داخل ریشه میزبان ممانعت به عمل آید. ریشه میزبان این کار را با ترشح سیگنال‌های مولکولی بنام فاکتورهای شاخه‌دهی[1](BFs) انجام می‌دهد که شاخه‌دهی گسترده هیف را در قارچ آربسکولار مایکوریزا القا می‌نماید (۴). در تحقیق فرناندز و همکاران (۱۱) جوانه‌زنی بذر دو گونه علف‌هرز (*Orobanche crenata*) و (*Phelipanche aegyptiaca*) در حضور ترشحات ریشه گیاه نخودفرنگی (*Pisum sativum*) که توسط قارچ آربسکولار مایکوریزا سویه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* کلونیزه شده بود کاهش یافت. چنین نتیجه‌ای در تحقیق لندزمو و همکاران (۱۸ و ۱۹) در کاهش جوانه‌زنی *Striga hermonthica* (Delile) Benth) نیز گزارش شده است. البته همان‌طور که ملاحظه می‌شود در مورد تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ با شاهد دارای گل جالیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد که نشان می‌دهد در صورت وجود تراکم یکنواختی از بذر گل جالیز آماده جوانه‌زنی در مجاورت ریشه گوجه‌فرنگی و عدم وجود اشغال کافی ریشه توسط قارچ اعمال این تیمارها توان چندانی در ممانعت از جوانه‌زنی این علف‌هرز و استقرار آن بر روی ریشه گوجه‌فرنگی ندارند. عدم وجود اشغال کافی ریشه می‌تواند اولاً به علت عدم وجود تعداد کافی قارچ و ثانیاً شرایط نامساعد محیط رشد ریشه میزبان برای تکثیر و رشد قارچ باشد. در این تحقیق به نظر می‌رسد با توجه به کاهش قابل ملاحظه تعداد گرهک روی ریشه گوجه‌فرنگی با افزایش مقدار قارچ به ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار دلیل اول علت محتمل‌تر باشد. البته لورن و همکاران (۲۱) علت این نتیجه را کاهش ترکیبات محرک جوانه‌زنی ندانستند بلکه اثرات منفی این ترشحات را علل کاهش جوانه‌زنی و تولید گرهک تعیین کردند. با این حال ویرهلینگ (۳۳) کاهش ترکیبات محرک جوانه‌زنی (استریگولاکتون) در حضور همزیستی قارچ آربسکولار مایکوریزا را علت کاهش شناسایی و اتصال بذرهای گل جالیز به ریشه‌های کلونیزه شده با قارچ آربسکولار مایکوریزا دانستند.

### تعداد ساقه گل جالیز

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای مختلف قارچ میکوریزائی بر تعداد ساقه گل جالیز در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). در بین تیمارهای مختلف قارچ بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این صفت به ترتیب مربوط به تیمار شاهد با حضور گل جالیز (۷/۶۷ عدد) و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا (۳/۳ عدد) بود (شکل ۲). البته بین تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا با تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار این قارچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تحقیق لورن و همکاران (۲۱) کاهش ۲۵ تا ۷۵ درصدی در جوانه‌زنی و تولید گرهک بسته به میزان اشغال و مقدار ترشحات ریشه آفتابگردان دیده شد که باعث کاهش تعداد و سرعت ظهور ساقه گل جالیز در سطح خاک شد. کاهش تعداد ساقه‌های گل جالیز می‌تواند منجر به کاهش تعداد گل‌آذین و تولید بذر و در نهایت تضعیف بانک بذر گل جالیز در خاک شود (۱).

1- Branching factors

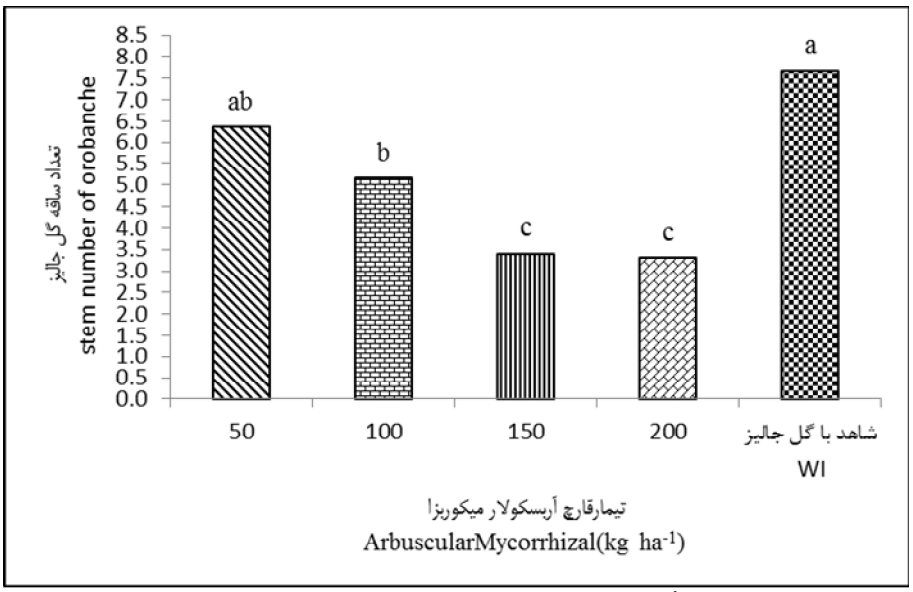



**شکل ۱- تأثیر تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا بر تعداد گرهک گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی**

**Figure 1- The effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on the number of orobanche nodules on the roots of tomato**

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد ندارند (LSD)

Columns with the same letter do not significantly differ at the 1% level (LSD)




**شکل ۲- تأثیر تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا بر تعداد ساقه گل جالیز**

**Figure 2- The effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on the stem number of orobanche**

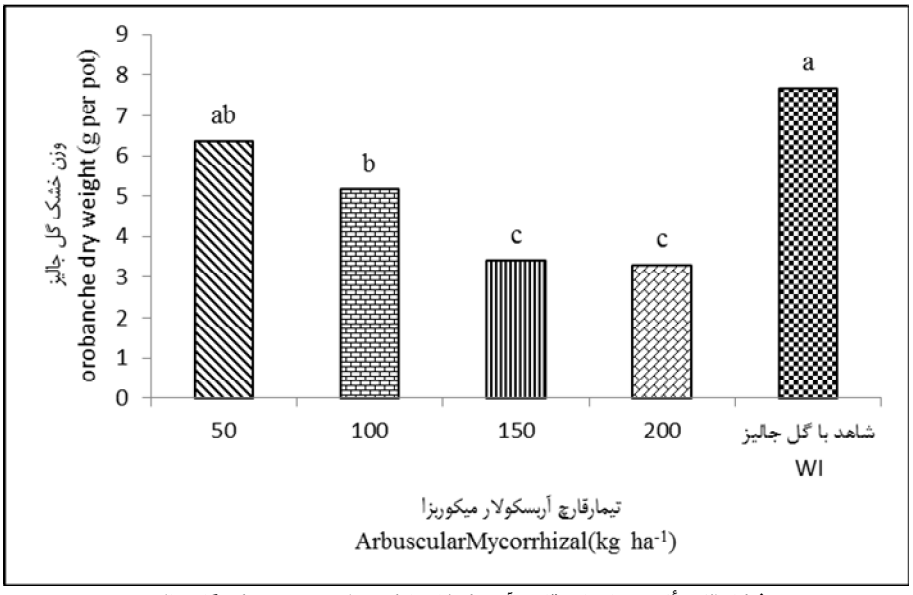
ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد ندارند (LSD)

Columns with the same letter do not significantly differ at the 1% level (LSD)

### وزن خشک گل جالیز

مطابق نتایج آنالیز واریانس در جدول ۱، وزن خشک گل جالیز به‌طور معنی‌داری در سطح ۱٪ تحت تأثیر تیمار قارچی قرار گرفت. در این آزمایش تیمار شاهد در بین تیمارهای مورد مطالعه بیشترین وزن خشک گل جالیز (۷/۶۷ گرم) و تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ کمترین مقدار این صفت (۳/۳ گرم) را نشان داد (شکل ۳). البته اثرات

تیمار ۵۰ با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۵۰ با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مشابه یکدیگر بودند. با توجه به شکل ۱ این نتیجه بر اثر کاهش تعداد گرهک گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی در این تیمارهاست که باعث استقرار تعداد بوته‌های کمتر گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی شده و بالطبع کاهش تجمع ماده خشک در علف‌هرز را بدنبال داشته است. لذا مقادیر قارچ بویژه در سطوح بالا توانسته یک سد دفاعی در مقابل گل جالیز ایجاد نماید و یک ابزار قابل قبول برای کنترل علف‌های هرز انگلی باشد (۱۱).




**شکل ۳- تأثیر تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا بر وزن خشک گل جالیز**

**Figure 3- The effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on orobanche dry weight**

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد ندارند (LSD)

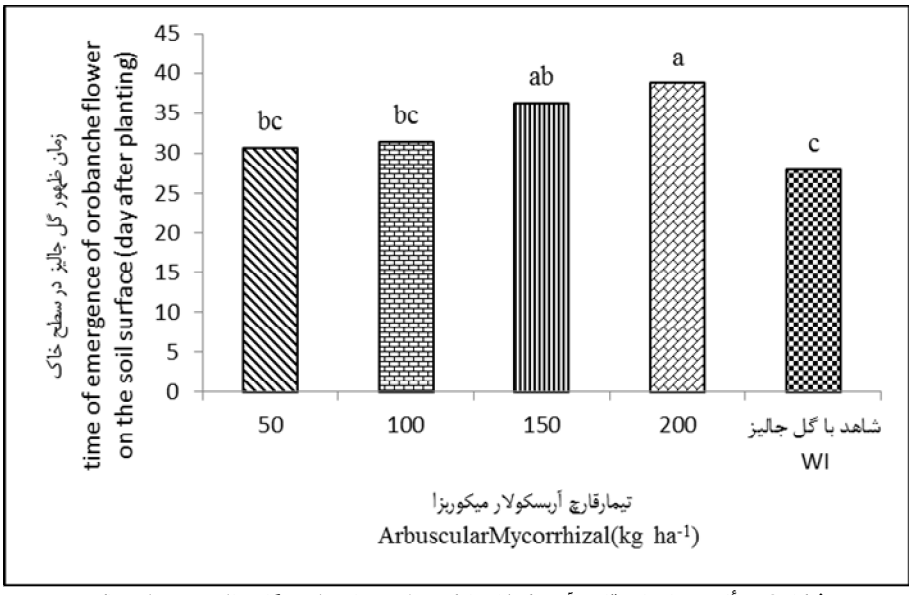
Columns with the same letter do not significantly differ at the 1% level (LSD)

### زمان ظهور گل جالیز در سطح خاک

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر زمان ظهور گل جالیز در سطح خاک در سطح آماری ۵٪ معنی‌داری بود (جدول ۱). در بین این تیمارها با توجه به شکل ۴، بیش‌ترین و کم‌ترین زمان برای ظهور گل جالیز در سطح خاک به ترتیب مربوط تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا (۳۹ روز) و شاهد با گل جالیز (۲۸ روز) بود. البته تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا نیز مشابه تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که با بقیه تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا فاقد تفاوت معنی‌داری بود (شکل ۴). بنابراین به نظر می‌رسد با اضافه کردن مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا به خاک گلدان تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد با گل جالیز بروز نکرده است و با افزایش سطوح کود به میزان ۱۵۰ و بویژه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اثرات معنی‌دار ظاهر شده است. در حقیقت گل جالیز بعد از استقرار بر روی گوجه‌فرنگی بخش قابل توجهی از ترکیبات فتوسنتزی دریافتی از میزبان را به رشد طولی ساقه‌های خود اختصاص می‌دهد تا سریعاً ظهور ساقه‌های خود را در سطح خاک داشته باشد و پس از طی دوره زایشی مقادیر بالایی بذر را جهت بقاء در سالیان آینده به بانک بذر خود اضافه نماید. ولی قارچ آربسکولار مایکوریزا این ترکیبات را دریافت کرده و مانع از انتقال بیش از اندازه آنها به گل جالیز می‌شود و تأخیر در ظهور آن را موجب می‌گردد. بر اساس تحقیق بازوبندی و همکاران (۹) بخشی از مواد غذایی میزبان که می‌توانسته موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی شود صرف ساختن اجزای گل جالیز شده است. در این تحقیق نیز افزایش صفت وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی و بروز تفاوت معنی‌دار در تیمارهای ۱۵۰ و بویژه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نشان می‌دهد که همزیستی قارچ آربسکولار مایکوریزا باعث تجمع ماده خشک بیشتر در گوجه‌فرنگی و انتقال کمتر آن به گل جالیز شده است که در نتیجه ظهور گل جالیز و تولید و انتشار بذر آن را به تأخیر انداخته است.

### نسبت وزن خشک گل جالیز به وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار قارچ آربسکولار مایکوریزا بر نسبت وزن خشک گل جالیز به وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱).

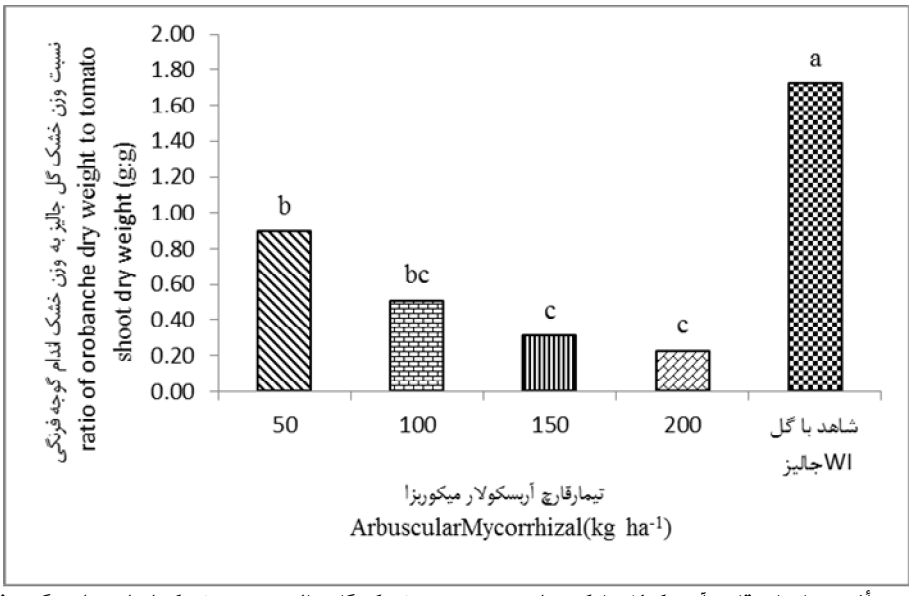



**شکل ٤- تأثیر تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا بر زمان ظهور گل جالیز در سطح خاک**

**Figure 4- The effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on time of emergence of orobanche on the soil surface**

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد ندارند (LSD)

Columns with the same letter do not significantly differ at the 1% level (LSD)



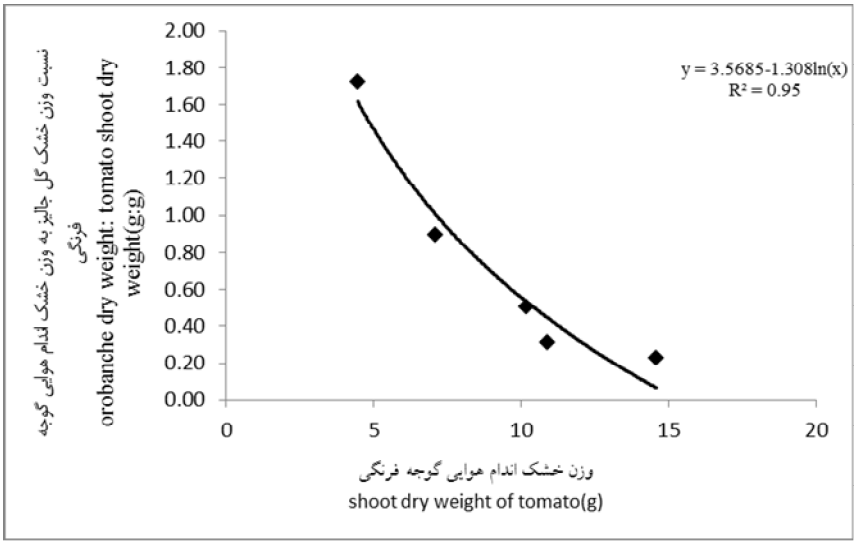

**شکل ٥- تأثیر تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا بر نسبت وزن خشک گل جالیز به وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی**

**Figure 5- The effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on ratio of orobanche dry weight: tomato shoot dry weight**

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد ندارند (LSD)

Columns with the same letter do not significantly differ at the 1% level (LSD)

مطابق شکل ۵ بیش‌ترین مقدار این صفت مربوط به شاهد با گل جالیز (۱/۷۲) و کمترین آن مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا (۰/۲۳) بود. البته بین تیمارهای ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. این کاهش محسوس بازخورد اثرات این تیمارها در کاهش وزن خشک گل جالیز و افزایش وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی بود.




**شکل ٦- ارتباط بین وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی با نسبت وزن خشک گل جالیز به وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی**

**Figure 6- The relationship between tomato shoot dry weight with orobanche dry weight: tomato shoot dry weight**

در تحقیق حسن و آباکر (۱۴) تیمار قارچ آربسکولار مایکوریزا همراه با باکتری B2[1] در مقایسه با شاهد دارای گل جالیز کاهش ۱۰۰ درصدی سبز شدن گل جالیز و افزایش ۳۸ درصدی مجموع وزن خشک باقلا را نسبت به شاهد با گل جالیز به همراه داشت. همچنان که افزایش آن در شاهد با گل جالیز مربوط افزایش وزن خشک گل جالیز و از سوی دیگرکاهش زیست توده گوجه‌فرنگی بود. در این تحقیق کاهش یا افزایش این نسبت تنها بواسطه کاهش یا افزایش صورت و یا مخرج این نسبت نبوده است بلکه با توجه به اشکال ۲ و ۴ اثرات مکمل آنها بطور همزمان بر این نسبت تأثیر گذاشته‌اند.

بنابراین با ایجاد شرایط مناسب برای گوجه‌فرنگی و نامناسب کردن شرایط برای گیاه انگل می‌توان با افزایش زیست‌توده بوته‌های گوجه‌فرنگی سهم گل جالیز از زیست‌توده تولید شده توسط میزبان را کاهش داد. گزارش‌های زیادی وجود دارد که تلقیح گیاهان با قارچ‌های مایکوریزا رشد و مقدار جذب مواد غذایی را در گیاه افزایش می‌دهد و به دنبال آن مقاومت به تنش‌های محیطی و بیماری‌ها و همچنین عملکرد آن ها افزایش یافته است (۲۵ و ۲۷). به عبارت دیگر، هر چه گیاه میزبان قوی‌تر باشد و زیست‌توده بیشتری داشته باشد، گل جالیز خسارت کمتری وارد می‌کند (۲۲). در شکل ۶ این نتیجه به صورت یک روند غیرخطی کاهشی نشان داده شده است.

همچنین در این تحقیق جهت پیداکردن یک صفت که بتوان از روی ظاهر و مورفولوژی گل جالیز پی به برآورد خسارت احتمالی آن روی گوجه‌فرنگی برد، صفات گل جالیز مورد بررسی قرار گرفت و ارتباط معکوسی بین تعداد گرهک گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی و وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی مشاهده شد به نحوی که با افزایش و کاهش تعداد گرهک گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی، وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی به طور معکوس به ترتیب روند کاهشی و افزایشی را دنبال کرد. همان‌طور که قبلاً شرح داده شد با افزایش تعداد گرهک گل جالیز روی ریشه گوجه‌فرنگی تعداد گل جالیز استقرار یافته در رقابت با گوجه‌فرنگی هم افزایش یافته که نتیجه آن تجمع ماده خشک بیشتر در گل جالیز و کاهش وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی خواهد بود که البته با توجه با پایین بودن مقدار R (حدود ۷۰ درصد) چنین نتیجه‌ای به طور قطع قابل توصیه نمی‌باشد و نیاز به تحقیق بیشتری دارد. در تحقیق اروجی و همکاران (۲۲) از روی تعداد ساقه گل جالیز به میزان خسارت‌زایی آن روی گوجه‌فرنگی استناد شده است.

وزن خشک اندام‌هوایی گوجه‌فرنگی

وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی در سطح ۱ درصد تحت تأثیر تیمارهای قارچی قرار گرفت (جدول ۲).

در بین تیمارهای تحقیق تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا و شاهد بدون گل جالیز بیش‌ترین وزن خشک بوته (به ترتیب ۱۴/۵۸ و ۱۲/۸۱ گرم) و تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا و تیمار شاهد با گل جالیز کم‌ترین وزن خشک بوته (به ترتیب ۷/۰۹ و ۴/۴۵ گرم) را داشتند (شکل ۷). به عبارت دیگر تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا نسبت به شاهد با گل جالیز افزایش ۶۹ درصدی وزن خشک گوجه‌فرنگی را ایجاد کرد.

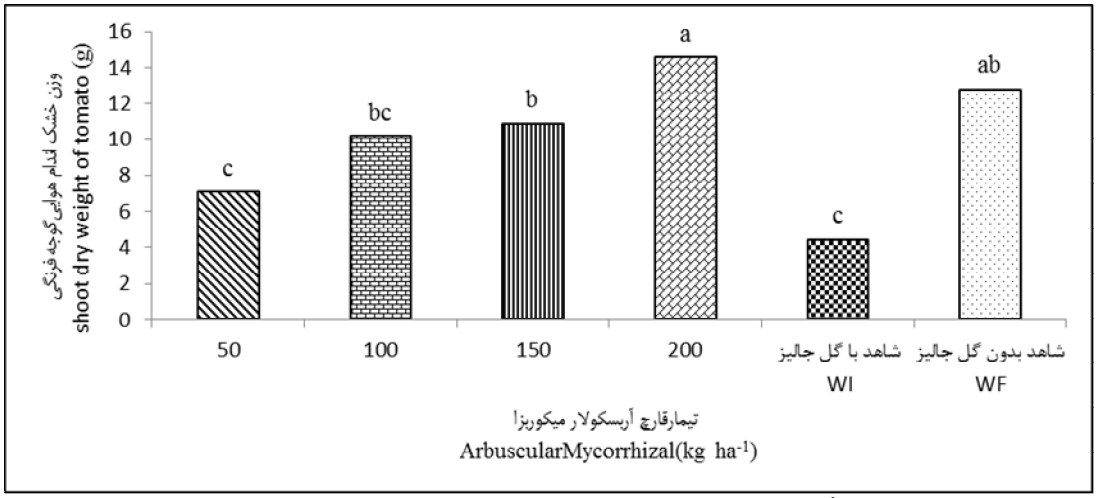
1- (B2) {TAL 1399 plus A. brasilense}

**جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری‌شده گوجه‌فرنگی در تیمار قارچ آربسکولار مایکوریزا**
**Table 2- Analysis of variance (mean squares) of the measured treatments of tomato in Arbuscular Mycorrhizal**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | وزن خشک اندام‌هوایی گوجه‌فرنگی Shoot dry weight of tomato | درصد وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی به وزن خشک کل گوجه‌فرنگی Percent of root dry weight: total dry weight of tomato |
|---|---|---|---|
| تیمار Treatments | 5 | 43.74** | 53.46* |
| خطا Error | 18 | 0.78 | 10.19 |
| ضریب تغییرات (٪)CV | | 8.12 | 13.87 |

* و**: در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار
* and **: significant at the 1% and 5% probability levels

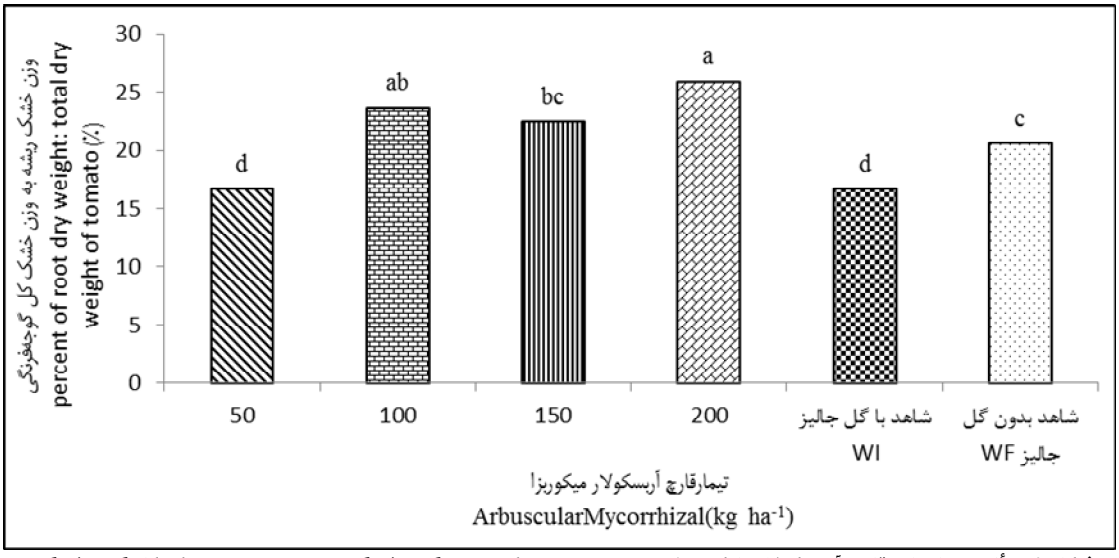
در تحقیق حسن و آباکر (۱۴) بیش‌ترین وزن خشک باقلا در تیمار با قارچ آربسکولار مایکوریزا همراه با باکتری B2 در مقایسه با شاهد دارای گل جالیز و سایر تیمارهای قارچ بدست آمد. با توجه به شکل ۷، می‌توان گفت از یک سو با افزایش سطوح تیماری به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار هنوز تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد با گل جالیز اتفاق روی نداد و این تفاوت در سطوح تیماری ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مشهود بود. از طرف دیگر تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اگرچه فاقد تفاوت معنی‌داری با شاهد بدون حضور گل جالیز بود ولی وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی در آن بیشتر بود. این افزایش می‌تواند مربوط به کاهش رقابت و غلبه گل جالیز بر گوجه‌فرنگی است و اثر این عامل برای بهبود شرایط رشد و جذب عناصر غذایی به خاطر همزیستی قارچ آربسکولار مایکوریزا با ریشه گوجه‌فرنگی است. علیزاده اسکویی و همکاران (۵) در تحقیق خود دریافتند که قارچ‌های میکوریزائی با افزایش سطح جذب کننده توسط هیف‌ها، جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهند. ارتوس و هریس (۲۳) نیز اظهار داشتند که استفاده از قارچ مایکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته است، به طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. عبدالفتاح و همکاران (۱) نیز گزارش کردند که با تلقیح گیاه باقلا با قارچ مایکوریزا، کلونیزاسیون ریشه، تولید ماده خشک و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش می‌یابد، و این دقیقا مشابه نتایجی (افزایش کلونیزاسیون ریشه و تولید ماده خشک) است که در این تحقیق حاصل شد. برین و همکاران (۷) با بررسی اثر تلقیح قارچ میکوریزی بر روی خصوصیات رشدی و تغذیه‌ای گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی نسبت به گیاهان تلقیح نشده با قارچ میکوریزی از درصد کلونیزاسیون بالاتری برخوردار بودند.




**شکل ۷- تأثیر تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی**
**Figure 7- The effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on shoot dry weight of tomato**
ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد ندارند (LSD)
Columns with the same letter do not significantly differ at the 1% level (LSD)

### درصد وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی به وزن خشک کل گوجه‌فرنگی

درصد وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی به وزن خشک کل گوجه‌فرنگی در سطح ۱ درصد تحت تأثیر تیمارهای قارچی قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به شکل ۸ اعمال تیمار قارچ آربسکولار مایکوریزا باعث افزایش درصد وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی نسبت به وزن خشک کل گوجه‌فرنگی شد. در بین تیمارهای تحقیق تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا بیش‌ترین مقدار این صفت (۲۶ درصد) و تیمار شاهد با گل جالیز و تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا کمترین مقدار (۱۷ درصد) را داشتند. بنابراین با افزایش سطح تیمارها، گوجه‌فرنگی بخش بیشتری از ماده خشک خود را به ریشه اختصاص داده است. این می‌تواند بدلیل تأثیر مثبت قارچ آربسکولار میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست توده در ریشه باشد چون در تعامل بین قارچ و گیاه فعالیت بیشتر قارچ تقاضا برای دریافت ترکیبات فتوسنتزی را افزایش داده است و در نتیجه رشد بیشتر ریشه را بدنبال داشته است. در تحقیق زارعی و همکاران (۳۴) تجمع ماده خشک در ریشه شبدر ایرانی همزیست با قارچ آربسکولار مایکوریزا (*G. mosseae*) ۴ تا ۶ برابر افزایش یافت و علاوه بر این فعالیت میکروبی خاک نیز افزایش چشمگیری داشت.




**شکل ۸- تأثیر تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا بر درصد وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی نسبت به وزن خشک کل گوجه‌فرنگی**

**Figure 8- The effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on the percent of root dry weight: total dry weight of tomato**

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد ندارند (LSD)

Columns with the same letter do not significantly differ at the 1% level (LSD)

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا باعث کاهش معنی‌دار آلودگی گوجه‌فرنگی به گل جالیز و افزایش وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی شد. البته در بین تیمارهای قارچ آربسکولار مایکوریزا دو تیمار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده گل جالیز و گوجه‌فرنگی یا دارای تفاوت معنی‌داری با شاهد با گل جالیز نبودند و یا تفاوت موجود بقدری ضعیف و کم تأثیر بود که قابل اطمینان نبود. اما در مقابل اثر دو تیمار ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار این قارچ نسبت به سایر تیمارها و بویژه شاهد با گل جالیز در صفات ذکر شده بسیار معنی‌دار بود بطوری‌که در صفات درصد وزن خشک ریشه به وزن خشک کل گوجه‌فرنگی و اندام هوایی گوجه‌فرنگی تیمار شاهد بدون گل جالیز را هم پشت سر گذاشتند. عملکرد مثبت قارچ آربسکولار مایکوریزا در کاهش آلودگی گوجه‌فرنگی به گل جالیز و افزایش رشد گوجه‌فرنگی می‌تواند به دلایل مختلفی باشد که سه دلیل عمده آن که در تحقیقات گذشته آزمایشگاهی و این تحقیق به اثبات رسیده است از جمله: ۱) اثرات همزیستی این قارچ باعث شد تا سطحی از ریشه گوجه‌فرنگی که می‌توانست توسط مکینه‌های قارچ مورد هجوم و اشغال واقع گردد توسط هیف‌های قارچ پوشیده شود. ۲) ترشحات ریشه گوجه‌فرنگی همزیست با این قارچ دارای ترکیبات محرک جوانه‌زنی کمتری است و ۳) عملکرد مناسب هیف‌های قارچ در

افزایش سطح جذب باعث جذب بیشتر عناصر غذایی بویژه فسفر شده است که رشد مطلوب‌تر گوجه‌فرنگی را حتی نسبت به تیمار شاهد بدون گل جالیز موجب شد. در مجموع به نظر می‌رسد با توجه به نتایجی که از تیمارهای ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قارچ آربسکولار مایکوریزا در این تحقیق بدست آمد می‌توان در شرایط مزرعه‌ای هم آنها را مورد بررسی قرار داد تا با اطمینان بیشتری بتوان آنها را توصیه کرد. چرا که در شرایط مزرعه‌ای بواسطه حاکمیت شرایط بسیار متغیر مدیریتی، اقلیمی و محیطی اثرات مربوط به تیمارها تشدید یا تضعیف می‌گردد.

## منابع


1- Abdel-fattah G.M., Migaher F.F., and Ibrahim A.H. 2002. Interactive effects of endomycorryhizal fungus Glomus etunicatum and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences, 5: 835-841.
2- Akiyama K., Matsuzaki K., and Hayashi H. 2005. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. Nature journal, 435: 824–827.
3- Akiyama K., and Hayashi H. 2006. Strigolactones: Chemical Signals for Fungal Symbionts and Parasitic Weeds in Plant Roots. Annals of Botany, 97: 925–931.
4- Akiyama K., Ogasawara S., Ito S., and Hayashi H. 2010. Structural requirements of strigolactones for hyphal branching in AM fungi. Plant Cell Physiology journal, 51: 1104–1117.
5- Alizadeh Oskouei P., Ali Asgharzadeh N., Shariatmadari H., Asgharzadeh A., and Bagheban Sh. 2010. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi in reducing the toxicity of cadmium in tomato plants with different levels of phosphorus. Journal of Soil Science (soil and water), 23: 228-217.
6- Amsellem Z., Barghouthi S., Cohen B., and Goldwasser Y. 2001. Recent advances in the biocontrol of Orobanche sp.(broomrape) species. Biocontrol Journal, 46: 211–228.
7- Barin M., Ali Asgharzadeh N., and Samadi A. 2006. Effect of inoculation with mycorrhizal fungi on growth characteristics and nutrition of tomato. p. 57-61. Proceedings of the 9th Soil Science Congress of Iran, Tehran, Iran.
8- Barker S.J., Tague D., and Drlp G. 1998. Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbiosis. Plant Physiology journal, 116: 1201-1207.
9- Bazoubandi M., Shirin Bahadur A., Norouzzadeh Sh., and Abbas Pour M. 2012. Effects of transplanting date of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) on the density of Orobanche (*Orobanche aegyptiaca*. Pers). Journal of weed ecology, 2: 11-18.
10- Brachmann A., and Parniske M. 2006. The most widespread symbiosis on Earth. Plant Signal and Behavior 4: 1111-1112.
11- Ferna´ndez-Aparicio M., Garcı´a-Garrido J.M., Ocampo J.A., and Rubiales D. 2010. Colonization of field pea roots by arbuscular mycorrhizal fungi reduces Orobanche and Phelipanche species seed germination. Weed Research, 50: 262–268.
12- Hamel C. 1996. Prospects and problems pertaining to the management of arbuscular mycorrhizae in agriculture. Agriculture, Ecosystem and Environment, 60: 197-210.
13- Harrison MJ. 2005. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Annual Review of Microbiology, 59: 19–42.
14- Hassan M.M., and Abakeer R.A. 2013. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Bacterial Strains on *Orobanche crenata* Forsk, on Faba Bean. Universal Journal of Applied Science, 1: 27-32.
15- Kocheki A., Zand A., Banayan M., Rezvani P., Mahdavi Damghani A., Jami Al-Ahmadi M., and Vesal C.R. 2006. Plant Ecophysiology (translation). SID Press of Mashhad, Mashhad.
16- Kohlen W., Charnikhova T., Lammers M., Pollina T., To´th P., Haider I., Pozo M.J., de Maagd R.A., Ruyter-Spira C., Bouwmeester H.J., and Lo´pez-Ra´ez J.A. 2012. The tomato Carotenoid Cleavage Dioxygenase8 (SlCCD8) regulates rhizosphere signaling, plant architecture and affects reproductive development through strigolactone biosynthesis. New Phytologist journal, 196: 535–547.
17- Lendzemo V., and Kuyper T. 2001. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on damage by *Striga hermonthica* on two contrasting cultivars of sorghum, *Sorghum bicolor*. Agriculture, Ecosystem and Environment journal, 87: 29–35.
18- Lendzemo V., Kuyper T., Matusova R., Bouwmeester H.J., and Van Ast A. 2007. Colonization by arbuscular mycorrhizal fungi of sorghum leads to reduced germination and subsequent attachement and emergence of *Striga hermonthica*. Plant Signaling and Behavior journal, 2: 58–62.
19- Lendezmo V., Kuyper T.W., and Vierheiling H. 2009. *Striga* seed-germination activity of root exudates and compounds present in stems of *Striga* host and nonhost (trap crop) plants are reduced due to root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi. Mycorrhiza journal, 19: 287–294.
20- López-Ráeza J.A., Charnikhovab T., Fernándeza I., Bouwmeesterb H., and Pozoa M.J. 2011. Arbuscular

mycorrhizal symbiosis decreases strigolactone production in tomato. Journal of Plant Physiology, 168: 294–297.
21- Louarn J., Carbonne F., Delavault Ph., Becard G., and Rochange S. 2012. Reduced germination of *orobanche cumana* seeds in the presence of Arbuscular Mycorrhizal fungi or their exudates. PLOS One, 711: 1-10.
22- Oroji K., Rashed Mohassel M.H., Rezvani Moghadam P., and Nasiri Mahalati M. 2014. Effects of different types and amounts of organic amendments on the management of parasitic weed broomrape (*Orobanche aegyptiaca* Perss.) In tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Agronomy Journal, 23: 209-218.
23- Ortus I., and Harris P.J. 1996. Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. Plant and Soil journal, 184: 225-264.
24- Parniske M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbiosis. Natural Review Microbiology, 6: 763–775.
25- Porras-Soriano A., Soriano-Martín M.L., Porras-Piedra A., and Azcón R. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. Journal of Plant Physiology. 166: 1350-1359.
26- Pozo M.J., and Azco´n-Aguilar C. 2007. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. Current Opinion in Plant Biology, 10: 393–398.
27- Quilambo O.A. 2000. Functioning of peanut (*Arachis hypogaea* L.) under nutrient deficiency and drought stress in relation to symbiotic associations. PhD thesis. University of Groningen, the Netherlands. Van Denderen B.V., Groningen.ISBN 903671284X.
28- Sharifi M., Karimi F., and Khanpur Ardestani N. 2011. Mycorrhiza (Physiology and Biotechnology). Biology Publishing House, Tehran.
29- Smith S., and Read D. 2008. Mycorrhizal symbiosis (3rd ed.). Academic Press. London, UK.
30- Sun Z., Has J., and Walter M.H. 2008. Cloning and characterization of a maize carotenoid cleavage dioxygenase (ZmCCD1) and its involvement in the biosynthesis of apocarotenoids with various roles in mutualistic and parasitic interactions. Planta journal 228: 789–801.
31- Sylvia D.M. 1994. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. PP. 351-378. *In:* R. W. Weaver et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Microbial and biochemical properties. American Society of Agronomy, Madison, WI.
32- Taylor J., and Harrier L.A. 2003. Expression studies of plant genes differentially expressed in leaf and root tissues of tomato colonized by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Plant Molocular Biology, 51: 619–629.
33- Vierheiling H. 2004. Regulatory mechanisms during the plant arbuscular mycorrhizal fungus interaction. Canadian Journal of Botany, 82: 1166–1176.
34- Zarea M.J., Karimi N., Mohammadi Goltapeh E., and Ghalavand A. 2011. Effect of cropping systems and arbuscular mycorrhizal fungi on soil microbial activity and root nodule nitrogenase. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 10: 109–120.