# تغییرات مورفوفیزیولوژیک و کیفیت گل شاخه بریده ژربرا (*Gerbera jamesonii*) تحت تأثیر تلقیح بسترکشت با قارچ‌های مایکوریزا در سیستم بدون خاک

خالد قادری[۱] و محمد جواد نظری دلجو[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۳۰)


## چکیده

**این آزمایش در راستای بررسی تأثیر آغشته‌سازی بستر ترکیبی کوکوپیت- پرلیت، به‌عنوان مهمترین و متداول‌ترین بستر مورد استفاده در کشت بدون خاک ژربرا، با دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices* و *Glomus mosseae*)، بر پارامترهای مورفوفیزیولوژیک و کیفیت گل شاخه بریده ژربرا اجرا گردید. نتایج، بیانگر وجود همزیستی بین قارچ میکوریزا و ژربرا و افزایش معنی‌دار صفات مورفولوژیک شامل تعداد برگ و گل در بوته، وزن گل، وزن خشک بوته و بهبود واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ژربرا شامل هدایت روزنه‌ای، رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز، محتوای نسبی آب، قند محلول و پرولین بود. همچنین، کیفیت گل ژربرا شامل طول ساقه گل‌دهنده، قطر و ماندگاری گل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر همزیستی قارچ مایکوریزا قرار گرفت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، تفاوت معنی‌داری بین کارایی یا تأثیر دو گونه قارچی، بجز در صفات قند محلول و پرولین، مشاهده نگردیده و در بیشتر موارد دارای تأثیر یکسانی بودند. عملکرد یا تعداد گل برداشت شده در بوته در بسترهای تلقیح شده با دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به ترتیب افزایش ۱۶/۳۳ و ۱۹/۰۹ درصدی و ماندگاری گل افزایش چهار روزه نسبت به تیمار شاهد نشان داد. بر اساس نتایج آزمایش مبنی بر تأثیر مثبت تلقیح بستر کشت با قارچ‌های مایکوریزا و در نتیجه بهبود پارامترهای رشد و نموی، عملکرد و کیفیت گل تولیدی در سیستم بدون خاک، آزمایش‌های تکمیلی جهت تعیین راندمان جذب عناصر معدنی در راستای استفاده بهینه و متعادل از کودهای شیمیایی در سیستم بدون خاک پیشنهاد می‌گردد.**


**کلمات کلیدی: استانزا، همزیستی، بستر کشت، کیفیت پس از برداشت، عملکرد، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان**

## مقدمه

ژربرا (*Gerbera jamesonii*) گیاهی چندساله از تیره کاسنی (Compositeae)، بومی منطقه ترانسوال آفریقای جنوبی، و پنجمین گل شاخه بریده جهان محسوب می‌شود (۸). در تجارت جهانی، تنها محصولات با کیفیت مناسب توانایی رقابت با سایر محصولات مشابه و کسب رضایت مشتریان را تضمین می‌نمایند. بدیهی است که همبستگی زیادی بین شاخص‌های کیفی گل (جذابیت رنگ، طول و قطر ساقه، اندازه گل، شادابی و

۱. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nazarideljou@yahoo.com

عمر گل) با شرایط محیطی و رشد و نموی گیاه وجود دارد (۳). با توجه به حذف خاک در سیستم‌های آبکشت، طیف وسیعی از موجودات مفید شامل قارچ‌ها و باکتری‌های محرک رشد نیز حذف گردیده و بنابراین استفاده از کودهای زیستی یک روش مناسب برای جایگزینی این موجودات در سیستم بدون خاک می‌باشد (۱۳). کودهای زیستی شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی بوده که توانایی تبدیل عناصر غذایی پُرمصرف را از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرایندهای بیولوژیک داشته و منجر به توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای می‌گردند (۱۸و۴۲). در این بین، قارچ‌های مایکوریزا به عنوان یکی از پُراهمیت‌ترین میکروارگانیسم‌های مفید (۴۰) موجب افزایش رشد (۵۰ و۵۴) و عملکرد محصول از طریق بهبود جذب مواد غذایی (۴۱)، تعادل یونی (۲۱)، افزایش غلظت کلروفیل (۱۱) و توسعه مقاومت به عوامل تنش‌های زنده و غیر زنده می‌شوند. قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار (AMF) با کاهش تعداد روزهای رسیدن به گل‌دهی (۴۶)، تعداد گل در بوته (۳۶) و طول عمر گل را افزایش می‌دهند (۴۵). محققین نشان داده‌اند که تلقیح مایکوریزا گل‌دهی زودهنگام در گل داودی را تحریک نموده (۴۷) و سبب افزایش تعداد و اندازه گل باغچه‌ای آهار می‌گردد (۳۳). همچنین، نتایج بررسی‌های علیزاده اجیرلو و فرخ‌پور (۶) در گل جعفری آفریقایی نشان داد که تلقیح گیاه توسط قارچ‌های مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع و قطر گل در مقایسه با گیاهان غیر مایکوریزا می‌گردد. در تحقیقی دیگر، رشد رویشی گل اطلسی، مینای چینی و گل حنا تحت تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا و کودهای شیمیایی در خاک‌های با فسفر کم، افزایش یافت (۱۹).

تحقیقات متعددی در خصوص همزیستی قارچ‌های مایکوریزا با محصولات باغبانی صورت پذیرفته، لیکن عمده تحقیقات انجام شده در ارتباط با تنش‌های محیطی از قبیل خشکی و شوری و در بستر خاک و نه بسترهای بدون خاک و آبکشت می‌باشد. در همین راستا، نتایج بررسی‌های انتظاری و همکاران (۱۵) نشان داد که آغشته‌سازی بستر کشت توسط قارچ مایکوریزا منجر به افزایش قطر میوه، مقدار کلروفیل کل، سطح و تعداد برگ و وزن تر و خشک برگ شلغم و همچنین افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط هیدروپونیک بود (۱۳). با توجه به اهمیت و اثرهای مفید قارچ‌های مایکوریزا، افزایش سطح زیر کشت گل‌های شاخه بریده به روش بدون خاک و همچنین مشکلات مربوط به تنش‌های اسمزی یا شوری محلول‌های غذایی ناشی از تأمین تمامی عناصر غذایی با استفاده از کودهای شیمیایی، مهمترین هدف این تحقیق بررسی تأثیر آغشته‌سازی مهمترین بستر کشت مورد استفاده در ژربرا (پرلیت و کوکوپیت) با دو گونه مهم قارچ مایکوریزا بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و کیفیت گل شاخه بریده ژربرا در سیستم بدون خاک بود.

## مواد و روش‌ها

### شرایط رشد و نموی و مواد گیاهی

این تحقیق در فصول بهار، تابستان و پاییز تحت شرایط هیدروپونیک در گلخانه تحقیقاتی دانشجویان تحصیلات تکمیلی، در سیستم باز با پوشش پلی‌اتیلن، دمای روزانه/شبانه ۲۵/۱۸±۲ °C و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد اجرا گردید. نشاهای ژربرا رقم 'Stanza' حاصل از کشت بافت از شرکت مزارع نوین ایرانیان واقع در شهرستان پاکدشت استان تهران تهیه و در مرحله چهار برگی به درون گلدان‌های ۳/۵ لیتری حاوی بستر استریل شده پرلیت (۴۰٪ حجمی) و فیبر نارگیل (۶۰٪ حجمی) منتقل گردیدند.

### تیمارهای آزمایش

قبل از انتقال نشاها به گلدان‌ها، بسترهای آماده شده با توجه به تیمارهای مورد بررسی با ۷۵ گرم از دو گونه مهم از قارچ‌های مایکوریزا، شامل *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*، تهیه شده از مؤسسه توران شاهرود واقع در استان سمنان، آغشته گردید. پس از انتقال نشا، گلدان‌ها روزانه سه بار آبیاری شده و پس از یک هفته استقرار کامل نشاها، بسته به شرایط

**جدول ۱. غلظت عناصر پُرمصرف و ریزمغذی مورد استفاده در آزمایش (۲۰)**

| عنصر پُرمصرف (میلی‌مولار) | | عنصر کم‌مصرف غلظت (میکرومولار) | |
|---|---|---|---|
| نیتروژن | ۵/۵ | آهن | ۴۰ |
| فسفر | ۱ | بر | ۲۵ |
| پتاسیم | ۲/۴ | مس | ۱ |
| کلسیم | ۲/۷ | روی | ۳ |
| منیزیم | ۰/۹ | منگنز | ۳ |
| سولفات | ۱ | مولیبدن | ۱ |

محیطی، تبخیر و تعرق و دمای گلخانه روزانه ۵-۳ بار در طول آزمایش به گلدان‌ها محلول غذایی (جدول ۱) با EC برابر یک دسی‌زیمنس بر متر و pH برابر ۶/۵ اضافه گردید. سیستم کودآبیاری در این آزمایش به صورت باز بود.

## پارامترهای مورد بررسی

### صفات مورفولوژیک

جهت بررسی تأثیر همزیستی قارچ‌های مایکوریزا بر پارامترهای رشد و نموی و مورفولوژیک ژربرا، تعداد برگ، وزن خشک بوته و عملکرد یا تعداد گل در بوته طی آزمایش اندازه‌گیری گردید.

### صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی

### ظرفیت فتوسنتزی

ظرفیت فتوسنتزی گیاه شامل تعداد برگ، هدایت روزنه‌ای و رنگیزه‌های فتوسنتزی طی آزمایش مورد سنجش قرار گرفتند. هدایت روزنه‌ای یا تبادلات روزنه‌ی زیر برگ ژربرا با دستگاه پرومیتر (Leaf Porometer, SN: LP2402, Decagon, US) طی ساعات اولیه صبح تعیین گردید.

### سنجش مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی

جهت سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b و کلروفیل کل، از برگ‌های کاملاً توسعه یافته نمونه‌برداری شد و پس از هضم توسط استن ۸۰٪ و سانتریفیوژ نمودن نمونه‌ها، مقدار جذب هر نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS Lambda 25) در طول موج‌های ۶۶۳/۲ و ۶۴۶/۸ نانومتر به ترتیب برای کلروفیل a و b قرائت و مقادیر رنگیزه‌ها برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر طبق روابط (۱) تا (۳) محاسبه گردید (۳۴):

$$\text{Chlorophyll a} = (12.25 \times A_{663.2}) - (2.79 \times A_{646.8}) \quad [۱]$$

$$\text{Chlorophyll b} = (21.21 \times A_{646.8}) - (5.1 \times A_{663.2}) \quad [۲]$$

$$\text{Total Chlorophyll (a+b)} = (7.15 \times A_{663.2} + 18.71 \times A_{646.8}) \quad [۳]$$

### محتوای نسبی آب برگ

چهار تا پنج قطعه از برگ تازه به قطر ۱ سانتی‌متر برش و توزین شدند (FW). سپس، نمونه‌ها در پتری‌دیش همراه با مقداری آب به مدت ۴ ساعت در انکوباتور در دمای ۴ $^{o}$C قرار داده شده و مجدداً نمونه‌ها توزین شدند (TW). در انتها، نمونه‌ها را به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۲ $^{o}$C قرار داده و مجدداً توزین گردیدند (DW). در پایان، با استفاده از رابطه (۴)، محتوای نسبی آب برگ محاسبه گردید (۴۳).

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times ۱۰۰ \quad [۴]$$

### فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان گایاکول پراکسیداز (GPX, EC 1.11.1.7)

جهت سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، ابتدا ۰/۵ گرم از بافت تر برگ به همراه ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج تریس- اسید کلریدریک ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷) محتوی ۳ میلی‌مولار کلرید منیزیم، ۱ میلی‌مولار EDTA سدیم در هاون سرد ساییده شد. هموژنات حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴$^{o}$C با سرعت

۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Hermle Z216, MK, Germany) گردید. سپس، محلول رویی در فریزر ۲۶°C- جهت سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نگهداری شد (۱۵). فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز به روش آپادهایا و همکاران (۴۸) اندازه‌گیری شد.

## فنل کل برگ

فنل کل به روش شناساگر Folin-Ciocalteu تعیین گردید (۳۹). بدین منظور، ابتدا ۵۰ گرم از برگ در ۵۰۰ میلی‌لیتر از حلال متانول ۸۰٪ به مدت ۴۸ ساعت همونیژه گردیده و سپس عصاره‌ها با ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و محلول رویی جهت سنجش فنل مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه، ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره رقیق از هر عصاره گیاه یا اسید گالیک (ترکیب استاندارد فنل) با ۵ میلی‌لیتر شناساگر فولین سیکالتو و سپس ۴ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۱ مولار به آنها اضافه شد. مخلوط‌ها در دمای اتاق به مدت ۱۵ دقیقه نگهداری و سپس جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Perkin Elmer, UV/VIS Lambda 25) در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت و نهایتاً فنل کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن خشک بیان گردید.

## متابولیت‌های سازگار (پرولین و قندهای محلول)

جهت سنجش میزان پرولین، ۰/۱ گرم از بافت تر برگ در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳٪ اسید سولفوسالیسیلیک ساییده و مخلوط یکنواختی تهیه گردید. عصاره حاصل با استفاده از سانتریفیوژ (Hermle Z216, MK)، به مدت ۱۵ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. سپس، ۲ میلی‌لیتر از مایع رویی را با ۲ میلی‌گرم معرف نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص مخلوط کرده و ۱ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس حمام آب گرم قرار گرفت. بعد از این مدت، جهت قطع انجام کلیه واکنش‌ها، لوله‌های محتوی مخلوط در حمام یخ، سرد گردید. سپس، ۴ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه گردید و لوله‌ها میکس کرده و با ثابت نگه داشتن لوله‌ها به مدت ۱۵-۲۰ ثانیه، ۲ لایه کاملاً مجزا در آن‌ها تشکیل شد. از لایه رنگی فوقانی که حاوی تولوئن و پرولین بود، برای اندازه‌گیری غلظت پرولین استفاده گردید. جذب مقدار مشخصی از این ماده رنگی در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین و مقدار پرولین هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد، تعیین گردید (۱۱).

جهت سنجش قندهای محلول برگ، ۰/۵ گرم از پودر خشک برگ‌ها را در داخل هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ اضافه و کاملاً مخلوط کرده، و به مدت ۲۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس، ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون +۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲٪) را با یک میلی‌لیتر از هر کدام از عصاره‌ها مخلوط کرده و در طول موج ۵۱۷ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS Perkin Elmer, Lambda 25) قرائت شد. مقادیر قند نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد براساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ارزیابی شد (۲۷).

## کیفیت پس از برداشت گل ژربرا

در هر بار برداشت گل، ارتفاع ساقه گل‌دهنده توسط خط‌کش اندازه‌گیری و ثبت شد جهت اندازه‌گیری قطر ساقه و گل، ساقه گل‌های برداشت شده را از سه قسمت پایین شاخه، وسط شاخه و قسمت پایین گل‌آذین به‌وسیله کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری و ثبت گردید. دوام عمر گل توسط سنجش تعداد روزهای پس از برداشت که گل حالت شادابی و زیبایی خود را بدون بروز علایم پژمردگی شدید، ریزش گلبرگ‌ها و یا خمیدگی کمتر از ۹۰ درجه حفظ می‌کند، کنترل و ثبت گردید (۲۵).

## طرح آزمایشی و تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در محیط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ انجام وآزمون مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

**جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر قارچ‌های مایکوریزا بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک ژربرا رقم 'Stanza'**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن خشک بوته | وزن تر گل | تعداد گل | تعداد برگ | کلروفیل a | کلروفیل b | کلروفیل کل | هدایت روزنه‌ای | محتوای نسبی آب |
| قارچ مایکوریزا | ۲ | ۰/۳۳** | ۵۰/۶** | ۱/۰۹** | ۲۵/۶۱** | ۰/۰۰** | ۰/۰۰** | ۰/۰۰** | ۲۰۸۳/۶** | ۲۳۰/۵** |
| خطای آزمایشی | ۶ | ۰/۰۱ | ۱/۶۳ | ۰/۰۴ | ۱/۰۶ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۸۶/۷ | ۹/۵۵ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۳/۹ | ۴/۲ | ۳/۸ | ۳/۸ | ۳/۹ | ۳/۹ | ۱/۵۸ | ۳/۹ | ۳/۸ |

** بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪

**جدول ۳. مقایسه میانگین تأثیر قارچ‌های مایکوریزا بر صفات مورفولوژیک و ظرفیت فتوسنتزی ژربرا رقم 'Stanza'**

| قارچ مایکوریزا | وزن خشک بوته (g) | وزن تر گل (g) | تعداد برگ در بوته | کلروفیل a (mg/g Fw) | کلروفیل b (mg/g Fw) | کلروفیل کل (mg/g Fw) | هدایت روزنه‌ای ($mM/m^2.s^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاهد | ۲/۶۵±۰/۰۷† b | ۲۵/۱۲±۰/۱b | ۲۳/۱۵±۰/۶b | ۰/۰۳۴±۰/۰b | ۰/۰۲۴±۰/۰b | ۰/۰۶۴±۰/۰b | ۲۰۸/۳±۶/۱b |
| *G. mosseae* | ۳/۱۷±۰/۰۸†† a | ۳۲/۵۱±۰/۷a | ۲۷/۶۷±۰/۷a | ۰/۰۴۱±۰/۰a | ۰/۰۲۸±۰/۰a | ۰/۰۶۸±۰/۰a | ۲۴۹/۱±۶/۴a |
| *G. intradices* | ۳/۲۸±۰/۰۳a | ۳۱/۹۲±††۱a | ۲۸/۶۲±۰/۳a | ۰/۰۴۲±۰/۰a | ۰/۰۲۹±۰/۰a | ۰/۰۶۹±۰/۰a | ۲۵۷/۶±۲/۶a |

†میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ می‌باشند.

†† بیانگر خطای استاندارد(Mean ±SE) می‌باشد.

## نتایج و بحث

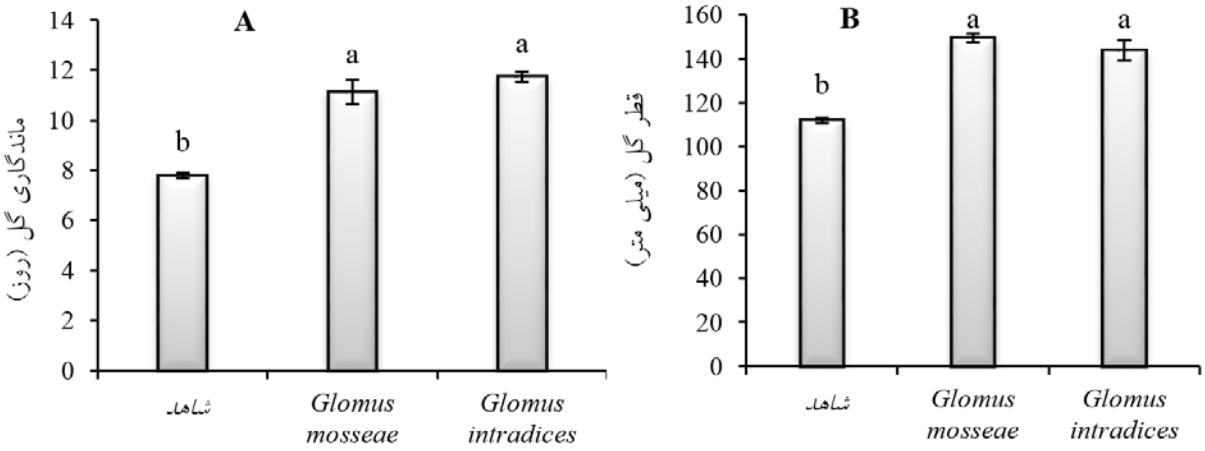
### وزن خشک بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، وزن خشک بوته به‌طور معنی‌داری (P<0.01) تحت تأثیر دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* قرار گرفت.

بوته‌های تلقیح شده با دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* نسبت به بوته‌های تلقیح نشده به ترتیب دارای ۱۶/۳۷ و ۱۹/۱۳ درصد وزن خشک بیشتری بودند (جدول ۳). قارچ‌های میکوریزا با ایجاد پوشش وسیع میسیلیومی در منطقه ریشه و تارهای کشنده و با نفوذ هیف‌های قارچ به درون کورتکس ریشه و از آنجا به منطقه آندودرم، با ایجاد یک مسیر کم‌مقاومت در عرض ریشه، جذب آب و عناصر غذایی ضروری پرمصرف و کم‌مصرف غیر متحرک در خاک (۲) را افزایش می‌دهند و از این طریق باعث افزایش تولید ماده خشک در گیاه هم‌زیست می‌گردند (جدول ۳). این نتایج با نتایج سایر محققین مبنی بر تأثیر مثبت قارچ‌های مایکوریزا در افزایش ماده خشک گیاه همخوانی دارد (۵۱). در گزارشی دیگر، تلقیح ریشه گیاه شوید و نوعی زیره با دو نوع قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی آنها نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی شد (۲۸).

### وزن تر گل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار (P<0.01) قارچ‌های مایکوریزا بر وزن تر گل بود (جدول ۲)، به طوری که وزن گل بوته‌های ژربرا تلقیح شده با دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به ترتیب با ۳۲/۵۱ و ۳۱/۹۳ گرم دارای بیشترین وزن تر گل بودند (جدول ۳). افزایش وزن گل تحت تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا قبلاً توسط محققین گزارش شده است (۴۷). قارچ‌های مایکوریزا با افزایش جذب آب در گیاه و حفظ تورژسانس در سلول‌ها، نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی، منجر به افزایش حجم سلول‌ها شده (۱۶) که افزایش وزن تر گیاه را در پی دارند (جدول ۳).




**شکل ۱. تأثیر آغشته سازی بستر کشت ژربرا ('Stanza') با قارچ‌های مایکوریزا بر عملکرد (A) و محتوای نسبی آب برگ (B). حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (P<0.05) وخطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد**

## تعداد گل در بوته

تعداد گل برداشت شده در بوته (عملکرد) به‌طور معنی‌داری (P<0.01) تحت تأثیر همزیستی ژربرا با قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* قرار گرفت (جدول ۲)، به‌طوری که نسبت به بوته‌های غیر مایکوریزایی به ترتیب ۱۶/۳۳ و ۱۹/۰۹ درصد عملکرد بیشتری داشتند (شکل 1A). افزایش تعداد گل ژربرا تحت تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (۲۹)، که با نتایج این بررسی همخوانی دارد. نتایج یافته‌های محققین در مورد گل‌های لیسیانتوس، حاکی از افزایش تعداد گل تحت تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا بود (۳۸). افزایش عملکرد تحت تأثیر قارچ های مایکوریزا می‌تواند به دلیل بهبود ظرفیت فتوسنتزی شامل هدایت روزنه‌ای، کلروفیل و تعداد برگ (جدول ۳) توسط این گونه قارچ‌ها بوده باشد، که نتیجه در افزایش رشد و نمو و در نهایت عملکرد (شکل 1A) دارد.

## ظرفیت فتوسنتزی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، آغشته‌سازی بستر کشت ژربرا توسط قارچ‌های مایکوریزا تأثیر معنی‌داری (P<0.01) بر ظرفیت فتوسنتزی (تعداد برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و هدایت روزنه‌ای) داشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، گیاهان ژربرا تلقیح شده با دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* دارای بیشترین ظرفیت فتوسنتزی نسبت به گیاهان شاهد بودند، به طوری که به ترتیب ۱۶/۳۳ و ۱۹/۰۹ درصد برگ بیشتر، ۱۶/۳۸ و ۱۹/۱۴ درصد کلروفیل a و b و همچنین ۶/۸۴ و ۸/۱۵ درصد کلروفیل کل بیشتری نسبت به گیاهان غیر تلقیح شده داشتند (جدول ۳). بیشترین هدایت روزنه‌ای نیز با مقدار ۲۴۹/۱ و ۲۵۷/۶ (میلی‌مولار بر متر مربع بر ثانیه) به ترتیب مربوط به برگ بوته‌های تلقیح شده با دو گونه *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بود که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۳).

نقش مثبت قارچ‌های مایکوریزا در افزایش ظرفیت فتوسنتزی توسط محققین متعددی گزارش شده است (۱۴، ۳۰ و ۳۵). فتوسنتز به عنوان مهمترین شاخص فعالیت‌های فیزیولوژیک در گیاه، وابستگی زیادی به محتوای کلروفیل دارد. قارچ‌های میکوریزا با بهبود شرایط تغذیه‌ای و آبی برای گیاه میزبان، تأثیر قابل توجهی بر غلظت کلروفیل برگ و در نهایت

**جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس تأثیر قارچ‌های مایکوریزا بر برخی صفات فیزیولوژیک و کیفیت گل ژربرا رقم 'Stanza'**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | کاتالاز | گایاکول پراکسیداز | پرولین | قند محلول | فنول | ارتفاع ساقه | قطر ساقه | ماندگاری گل | قطر گل |
| مایکوریزا | ۲ | ۰/۰۵$^{ns}$ | ۰/۰۶$^{**}$ | ۴۴/۹$^{*}$ | ۲/۸۱$^{**}$ | ۰/۰۰۰۹$^{**}$ | ۱۰۳/۵$^{**}$ | ۱/۰۹$^{**}$ | ۱۳/۵۹$^{**}$ | ۱۲۲۶/۷$^{**}$ |
| خطای آزمایشی | ۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۷/۸۲ | ۰/۱۹ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۴/۳۱ | ۰/۰۴ | ۰/۲۷ | ۲۵/۱ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۹/۱ | ۳/۷ | ۳/۶ | ۲/۱ | ۱ | ۳/۹ | ۴/۷ | ۵/۱۶ | ۳/۷ |

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

**جدول ۵. مقایسه میانگین تأثیر قارچ‌های مایکوریزا بر صفات مورفوفیزیولوژیک ژربرا رقم 'Stanza'**

| قارچ مایکوریزا | ارتفاع ساقه گل‌دهنده (cm) | قطر ساقه (mm) | آنزیم گایاکول پراکسیداز (µmol/min/g Fw) | پرولین (µg /g Fw) | قند محلول (mg/g Fw) | فنول (mg/g Fw) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شاهد | ۴۶/۴۳±۱/۳۷b$^{\dagger}$ | ۳/۷۹±۰/۱۴b | ۰/۷۸±$^{\dagger\dagger}$۰/۰b | ۷۹/۸۳±۱/۷۳a | ۱۹/۶۸±۰/۱۱b | ۰/۴۹±۰/۰۰۱a |
| *Gl. mosseae* | ۵۷/۴۲±۰/۵۹a | ۴/۷۲±۰/۱۵a | ۱/۰±۰/۰۳a | ۷۸/۱±۵a | ۱۹/۵±۰/۳۸b | ۰/۴۹±۰/۰۰۳a |
| *G. intraradices* | ۵۵/۵۳±۱/۴۴a | ۴/۹۲±۰/۰۶a | ۱/۰۴±۰/۰۱a | ۷۲/۴±۱/۵۸b | ۲۱/۲۶±۰/۱۸a | ۰/۴۶±۰/۰۰۱b |

$^{\dagger}$میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ می‌باشند.

$^{\dagger\dagger}$ بیانگر خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد.

سرعت فتوسنتز دارند (۷). افزایش مقدار کلروفیل تحت تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا توسط محققین گزارش شده است (۵۳)، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. همچنین قارچ‌های مایکوریزا با بهبود روابط آبی گیاه از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه، طویل کردن سیستم ریشه گیاه میزبان و جذب بیشتر آب منجر به افزایش هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز در گیاه می گردند (۱۰ و ۴۴).

## محتوای نسبی آب

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار (P<0.01) دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بر محتوای نسبی آب بود (جدول ۲)، که به ترتیب دارای ۸۳/۰۳ و ۸۵/۸۶ درصد محتوای نسبی آب در برگ بودند (شکل 1B). افزایش محتوای نسبی آب برگ تحت قارچ‌های مایکوریزا قبلاً توسط سایر پژوهشگران ثابت شده است (۲۳). قارچ‌های میکوریزا با تأثیر بر روابط آبی گیاه و میزان آب بافت‌های گیاهی و تبادلات گازی برگ‌ها، سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ و کاهش تبخیر و تعرق می‌گردند (۹). همچنین، قارچ‌های مایکوریزا با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها به گیاه، تجمع یون‌ها یا مولکول‌های آلی را در واکوئل سلول های برگ افزایش داده و با کاهش پتاسیل اسمزی برگ سبب حفظ نسبت آب در گیاهان می‌شوند (۱).

## آنزیم آنتی‌اکسیدان گایاکول پراکسیداز

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴)، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز به‌طور معنی‌داری (P<0.01) تحت تأثیر دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* قرار گرفت، به‌طوری که نسبت به بوته‌های غیر مایکوریزایی به ترتیب ۲۲/۰۴ و ۱۴/۲۵ درصد فعالیت بیشتری داشت (جدول ۵).

در کشت‌های بدون خاک، با اضافه کردن کودهای شیمیایی برای تأمین عناصر غذایی، نوعی تنش شوری به واسطه تغییر

EC بستر کشت به گیاه وارد می‌شود. قارچ‌های مایکوریزا در این شرایط با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، بهبود فعالیت‌های بیوشیمیایی (جدول ۵) و افزایش غلظت کلروفیل، در تعدیل این تنش به گیاه کمک می‌کنند. نقش مثبت قارچ‌های میکوریزا در افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تنش شوری توسط محققین گزارش شده است (۵). کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش پراکسیده شدن لیپیدها سبب پیری و کاهش عمر گیاهان می‌گردد (۳۶). قارچ‌های مایکوریزا با افزایش فعالیت این آنزیم‌ها (جدول ۵) مانع پیری گیاه و افزایش عمر گیاهان می‌گردند. مکانیسم مشخصی برای افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاه توسط قارچ‌های مایکوریزی هنوز ارائه نشده است. ولی در گزارش‌هایی آمده است که افزایش جذب فسفر دلیل افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز می‌باشد (۳۷). قارچ‌های میکوریز با افزایش محتوای آب نسبی (شکل ۱B) می‌توانند موجب بهبود جذب فسفر از خاک شده و در نهایت نقش مؤثری در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان آنزیمی و رشد گیاه داشته باشند (۳۱).

### صفات بیوشیمیایی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴)، تلقیح بوته‌های ژربرا با دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* تأثیر معنی‌داری بر صفات بیوشیمیایی (پرولین ($P<0.05$)، قند محلول و فنل ($P<0.01$)) برگ داشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، با آغشته‌سازی بستر کشت با قارچ *Glomus intradices* محتوای پرولین و فنل بوته‌های ژربرا به ترتیب کاهش ۹/۳۱ و ۶/۷۳ درصدی و مقدار قند محلول افزایش ۷/۴۱ درصدی نسبت به بوته‌های غیر میکوریزایی داشت. اما تلقیح ژربرا با گونه *Glomus mosseae* تأثیر معنی داری بر مقدار پرولین، قند محلول و فنل کل نسبت به تیمار شاهد نداشت (جدول ۵).

همان‌گونه که در قسمت قبل شرح داده شد در محیط هیدروپونیک، نوعی تنش اسمزی با افزایش عناصر غذایی به گیاه وارد می‌شود. تحت شرایط تنش گیاه، با مصرف کربوهیدارت‌های تولیدی همچون ساکارز و تبدیل آن به پرولین، منجر به حفظ فشار اسمزی و تحمل به شرایط تنش می‌گردد (۴۹). سنتز پرولین یکی از عوامل کاهنده رشد می باشد. قارچ‌های مایکوریزا با کاهش مقدار پرولین (جدول ۵) و افزایش قندهای محلول، از مصرف کربوهیدارت‌ها جلوگیری کرده و با حفظ فشار اسمزی و محتوای آب برگ (شکل) منجر به توسعه سلولی و افزایش رشد گیاه می‌گردند (۵۲).

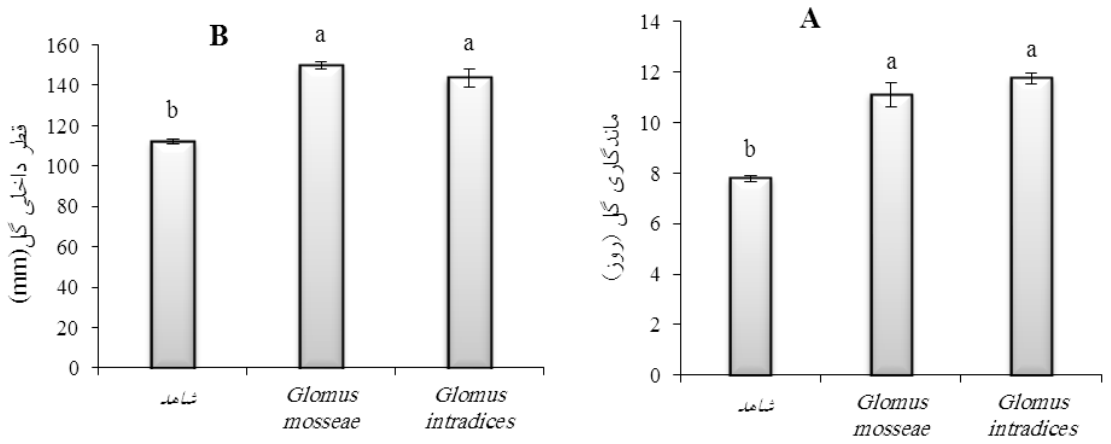
تجمع پرولین (۱۱)، افزایش محتوای فنل (۲۴) و کاهش کربوهیدرات‌ها (۳۲) شاخص‌های بیوشیمیایی مهمی در زمان پیری هستند. پیری در گل‌ها با تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی زیادی همراه است. گزارش مقدسان و همکاران (۷) نشان داد که تلقیح گیاه همیشه بهار با قارچ‌های مایکوریزا سبب کاهش مقدار پرولین شد. در بررسی اسماعیل پور و همکاران (۱) نیز مقدار پرولین در گیاه دارویی مرزه تحت تلقیح با قارچ های مایکوریزا کاهش یافت، که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. با توجه به نتایج این پژوهش، قارچ گونه *Glomus intraradices* بیشترین تأثیر مثبت را بر صفات بیوشیمیایی داشت (جدول ۵).

## شاخص‌های کیفی پس از برداشت گل

### ارتفاع و قطر ساقه گل دهنده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار ($P<0.01$) دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بر ارتفاع و قطر ساقه گل‌دهنده بود (جدول ۴)، به‌طوری که نسبت به بوته‌های غیر تلقیح شده ژربرا به ترتیب ۱۹/۱۳ و ۱۶/۳۷ درصد بلندتر و ۱۹/۷۹ و ۲۲/۹۸ درصد دارای قطر ساقه بیشتری بودند (جدول ۵).

مطالعات متعددی در زمینه تأثیر مثبت قارچ‌های مایکوریزا بر افزایش رشد رویشی و قطر ساقه گزارش شده است (۳۰). قارچ‌های مایکوریزا به واسطه افزایش در




**شکل ۲. مقایسه میانگین اثر دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بر ماندگاری گل (A) و قطر داخلی گل (B). حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (P<0.05) وخطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشند**

فرایندهای آنابولیک (به‌خصوص فتوسنتز) به واسطه جذب بهتر و تحرک (انتقال) عناصر ضروری و آب، باعث بهبود رشد در گیاهان می‌شود (۱۲) که در نتیجه آن، ارتفاع و قطر ساقه گل‌دهنده افزایش می‌یابد (جدول ۵). نتایج یافته‌های سایر محققین نیز بر گل داودی (۴۷)، جعفری (۶) و نعناع (۲۲) حاکی از افزایش ارتفاع ساقه در گیاهان مایکوریزایی نسبت به گیاهان غیر مایکوریزایی بود که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

## قطر داخلی گل

با توجه به نتایج این بررسی، قطر گل ژربرا به‌طور معنی‌داری (P<0.01) تحت تأثیر دو گونه قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* قرار گرفت (جدول ۴)، به‌طوری که به ترتیب با ۱۴۹/۶۲ و ۱۴۳/۶۸ میلی‌متر بیشترین قطر گل را داشتند. (شکل 2B). قطر گل یکی از صفات کیفی مهم در گل های شاخه بریده محسوب می‌شود و هرچه گل‌ها بیشتر باز شوند کیفیت بهتری دارند. همان‌گونه که براساس نتایج این تحقیق ذکر گردید، بوته‌های ژربرا تلقیح شده با قارچ مایکوریزا قطر گل بیشتری نسبت به بوته‌های غیر تلقیح شده داشتند که نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر پژوهشگران مبنی بر افزایش قطر گل تحت تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا بر داوودی (۴۷) و گل شاخه بریده لیزیانتوس (۴) همخوانی دارد. افزایش قطر گل تحت تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا می‌تواند به دلیل بالا بودن فشار تورژسانس سلول و شادابی گلبرگ‌ها از طریق افزایش جذب آب توسط کربوهیدارت‌های تولیدی (۲۶) یا محتوای نسبی آب (شکل 1B) و هدایت روزنه‌ای (جدول ۳) از طریق ریسه‌های این قارچ‌ها باشد (۹).

## ماندگاری گل

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴)، قارچ‌های میکوریزا تأثیر معنی‌داری (P<0.01) بر ماندگاری گل ژربرا پس از برداشت داشتند (جدول ۲)، به‌طوری که گلِ بوته‌های تلقیح شده با دو گونه قارچ *Glomus mossae* و *Glomus intraradices* به ترتیب با ۱۵/۱۲ و ۱۵/۷۵ روز ماندگاری، حدود ۴ روز طول عمر بیشتری نسبت به گلِ بوته های تلقیح نشده داشتند (شکل 2A). بر اساس نتایج این بررسی، بوته‌های تلقیح شده با قارچ مایکوریزا دارای گل‌هایی با ماندگاری بیشتر نسبت به بوته‌های غیر تلقیح شده بودند، که

نتایج این بررسی با یافته‌های خندان میرکوهی و همکاران (۴) بر گل شاخه بریده لیزیانتوس مبنی بر تأثیر قارچ‌های مایکوریزا بر افزایش ماندگاری گل مطابقت دارد. نتایج گزارش‌های متعدد بیانگر ارتباط بین ماندگاری گل‌های شاخه بریده با قطر گل و ساقه گل‌دهنده بود (۱۷ و ۲۴). قارچ‌های مایکوریزا با افزایش ظرفیت فتوسنتزی (جدول ۳) و تولید کربوهیدرات، باعث بهبود تجمع ماده خشک (جدول ۳) و محتوای آبی گیاه (شکل 1B) شدند. کربوهیدرات‌های تجمع یافته با جذب بیشتر آب و حفظ فشار تورژسانس سلول‌ها و شادابی گیاه باعث افزایش قطر گل (شکل 2B) و ساقه (جدول ۵) و همچنین استحکام ساقه گل دهنده شدند. از طرف دیگر، قارچ‌های مایکوریزا با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (جدول ۵) و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدان سلولی و بهبود واکنش‌های بیوشیمیایی (جدول ۵) پیری را در گل‌ها به تأخیر انداخته و باعث افزایش طول عمر گل‌های شاخه بریده می‌شوند (شکل 1A).

## نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که همزیستی قابل توجهی بین ژربرا (رقم استانزا) و گونه‌های قارچی مورد بررسی وجود دارد. بر همین اساس، بسیاری از صفات مورد بررسی جهت اثبات اثر همزیستی از قبیل صفات رشد و نموی، عملکرد و کیفیت گل به طور معنی‌داری در محیط هیدروپونیک تحت تأثیر قرار گرفتند. لذا، آزمایش‌های تکمیلی از قبیل کارایی جذب عناصر پُرمصرف و کم‌مصرف و همچنین بررسی تأثیر همزیستی این قارچ‌ها بر تنش‌های اسمزی محلول‌های غذایی ناشی از استفاده از کودهای شیمیایی در سیستم بدون خاک که همواره یکی از چالش‌های تولیدکنندگان در سیستم‌های بدون خاک می‌باشد، مورد تأکید و پیشنهاد می‌گردد.

## منابع مورد استفاده


۱. اسماعیل‌پور، ب.، پ. جلیلوند. و ج. هادیان. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیک و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی ۵(۲): ۱۶۷-۱۷۷.

۲. آقابابایی، ف. و ف. رئیسی. ۱۳۸۸. اثر همزیستی میکوریزایی بر میزان کلروفیل، فتوسنتز و راندمان مصرف آب در چهار ژنوتیپ بادام در استان چهار محال و بختیاری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک) ۱۵(۵۶): ۹۱-۱۰۱.

۳. خندان میرکوهی، ع.، م. بابالار، ر. نادری و م.ع. عسگری. ۱۳۸۶. تأثیر نسبت‌های متفاوت نیتروژن آمونیومی و نیتراتی بر تولید گل بریدنی ورد رقم "وارلون". علوم و فنون باغبانی ایران ۸(۳): ۱۳۹-۱۴۸.

۴. خندان میرکوهی، ع.، م. شیخ اسدی، م. ر. طاهری و م. بابالار. ۱۳۹۴. تأثیر قارچ‌های آربوسکولار و سطوح مختلف فسفر بر برخی جنبه‌های رشد گیاه لیزیانتوس. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۶(۲۲): ۵۷-۶۷.

۵. عباسپور، ح. و م. ر. فلاحیان. ۱۳۸۷. تأثیر قارچ آندومیکوریز بر سیستم آنتی‌اکسیدان و رنگیزه‌های گیاه پسته تحت تنش شوری. دانش زیستی ایران ۳(۲): ۴۷-۵۴.

۶. علیزاده اجیرلو، س. و س. فرخ پور. ۱۳۹۳. تأثیر سه گونه قارچ میکوریزا بر رشد و نمو، مقدار کلونیزاسیون و غلظت فسفر ریشه گیاه گل جعفری آفریقایی (*Tagets erecta*). دانش آب و خاک ۲۴(۴): ۱۲۹-۱۳۸.

۷. مقدسان، ش.، ا. صفی‌پور افشار. و ف. سعید نعمت پور. ۱۳۹۴. نقش میکوریزا در تحمل به خشکی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۹(۴): ۵۲۱-۵۳۲.

8. Anisha, P.N. 2009. Studies on inducing variability *in vitro* and use of mycorrhizal in hardening of gerbera. MSc.

Thesis, University of Agricultural Science, Dharwad, India.
9. Anjum, M.A., F. Naveed, F. Shakeel and S. Amin. 2001. Effect of some chemicals on keeping quality and vase life of Tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cut flowers. J. Res. Sci. 12(1): 1-7.
10. Auge, R.M., H.D. Toler and A.M. Saxton. 2015. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: A meta-analysis. Mycorrhiz. 25(1): 13-24.
11. Bates, L.S., R.P. Waldern and I.D. Teave. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205-107.
12. Colla, G., Y. Rouphael, M. Cardarelli, M. Tullio, C. M. Rivera and E. Rea. 2008. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. Biol. Fert. Soil 44: 501-509.
13. Dasgan, H.Y., S. Kusvuran and I. Ortas. 2008. Responses of soilless grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal (*Glomus fasciculatum*) colonization in recycling and open systems. Afr. J. Biotech. 7: 3606-3613.
14. Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhizal on some physiological growth parameters of pepper. Turk. J. Biol. 28: 85-90.
15. Entezari, Sh., M. Saadatmand and M. Pirzadeh. 2012. Effect of vermicompost (cow manure) and mycorrhizal on some physiological characteristics of turnip (*Brassica Rapa* L.) in hydroponic culture. The 1th International and the 4th National Congress on Recycling of Organic Waste in Agriculture, Isfahan, Iran, pp. 26-27.
16. Fagbola, O., O. Osonubi, K. Mulongoy and S. Odunfa. 2001. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhiza on the growth of *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp, and *Leucaena leucocephala* in simulated eroded soil conditions. Mycorrhiz. 11(5): 215-223.
17. Ferrante, A., D.H. Hunter. W.P. Hackett and M. Reid. 2002. Thidiazuron- a potent inhibitor of leaf senescence in alstroemeria. Postharvest Biol. Tech. 25: 333-338.
18. Garg, N. and S. Chandel. 2010. Arbuscular mycorrhizal networks: Process and functions. A review. Agron. Sustain. Dev. 30(3): 581-599.
19. Gaur, A., A. Gaur and A. Adholeya. 2004. Growth and flowering in *Petunia hybrida*, *Callistephus chinensis* and *Impatiens balsamina* inoculated with mixed AM inocula or chemical fertilizers in a soil of low P fertility. Sci. Hort. 84: 151-162.
20. Gerardo, M. 2004. Gerbera Cultivation in Greenhouse. The Schreurs Publication, The Netherlands.
21. Giri, B., R. Kapoor and K. G. Mukerji. 2007. Improved tolerance of *Acacea nilotica* to salt stress by arbuscular mycorrhiza, Glomus fasciculatum may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues. Microbiol. Ecol. 54: 753-760.
22. Gupta, M.L., A. Prasad, M. Ram and S. Kumar. 2002. Effect of the vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresour. Technol. 81(4): 77-79.
23. Hammer, E.C., H. Nasr, J. Pallon, P.A. Olsson and H. Wallander. 2011. Elemental composition of arbuscular mycorrhizal fungi at high salinity. Mycorrhiz. 21: 117-129.
24. Hunter, D.A., A. Ferrante, P. Vernieri and M.S. Reid. 2004. Role of abscisic acid in perianth senescence of daffodil (*Narcissus pseudonarcissus* 'Dutch Master'). Physiol. Plant. 121: 313-321.
25. Ichimora, K. and R. Goto. 2002. Extension of vase life of cut *Narcissus tazetta* var. Chinensis flowers by combined treatment with STS and Gibberelin A3. Jap. J. Hort. Sci. 71: 216-230.
26. Irigoyen, J., D. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiol. Plant. 84: 55-60.
27. Jin, J., S.H. Ningwei, M. Nan, B. Jinhe and C. Junping. 2006. Regulation of ascorbate peroxidase at the transcript level is involved in tolerance to post harvest water deficit stress in the cut rose samanta, Postharvest Biol. Tech. 40: 236-243.
28. Kapoor, R., B. Giri and K.G. Mukerji. 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. J. Sci. Food Agric. 82(4): 339-342.
29. Karishma, K. Yadav, A. Tanwar and A. Aggarwal. 2013. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* with various levels of superphosphate on growth enhancement and flowering response of Gerbera. J. Ornam. Plants 3(3): 161-170.
30. Khalvati, M.A., A. Mozafar and V. Schmidhalter. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth water relations and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biol. (Stuttg.) 7(6): 706-712.
31. Krishna, H., S.K. Singh and R.R. Sharma. 2005. Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculated during ex vitro acclimatization. Sci. Hort. 106: 554-567.
32. Lay-Yee, M., A.D. Stead and M.S. Reid. 1992. Flower senescence in daylily (Hemerocallis). Physiol. Plant. 86:

308-314.
33. Liang-Kun, L., Q. Yao, Y.H. Huang, R.H. Yang, J. Guo and H.H. Zhu. 2010. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on Zinnia and the different colonization between Gigaspora and Glomus. World J. Microb. Biotech. 26: 1527-1531.
34. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148: 350-382.
35. Lu, N., X. Zhou, M. Cui, M. Yu, J. Zhou, Y. Qin and Y. Li. 2015. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi promotes the growth of *Morus Alba* L. seedlings under greenhouse conditions. Forests 6(3): 734-747.
36. Marie, O. 1995. Alteration in lipid composition and antioxidative protection during senescence in drought stressed plants and non-drought stressed plants of *Pisum sativum*. Plant Physiol. Biochem. 33: 547-53.
37. Mathur, N. and A. Vyas. 1996. Biochemical changes in *Ziziphus xylopyrus* by VA mycorrhizae. Bot. Bull. Acad. 37: 209-212.
38. McDonald, S., P.D. Prenzler, M. Antolovich and K. Robards. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chem. 73 (1): 73-84.
39. Meir, D., S. Pivonia, R. Levita, I. Dori and L. Ganot. 2010. Application of mycorrhizae to ornamental horticultural crops: Lisianthus (*Eustoma gradiflorum*) as a test case. Span. J. Agric. Res. 8(S1): 5-10.
40. Parniske, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: The mother of plant root endosymbiosis. Nat. Rev. Microb. 6: 763-775.
41. Prasad, K., A. Aggarwal, K. Yadav and A. Tanwar. 2012. Impact of different levels of superphosphate using arbuscular mycorrhizal fungi and Pseudomonas fluorescens on *Chrysanthemum indicum* L. J. Soil Sci. Plant Nutr. 12(3): 451-462.
42. Rajendran, K. and P. Devaraj. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass Bioenerg. 26: 235-249.
43. Ritchie, S.W. and H.T. Nguyen. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105-111.
44. Ruiz-Sanchez, M., E. Armada, Y. Munoz, I.E. Garcia de Salamone, R. Aroca, J. M. Ruiz-Lozano and R. Azcon. 2011. Azospirillum and arbuscular mycorrhizal colonization enhance rice growth and physiological traits under wellwatered and drought conditions. J. Plant Physiol. 168: 1031-1037.
45. Scagel, C.F. 2004. Soil pasteurization and mycorrhizal inoculation alter flower production and corm composition of *Brodiaea laxa* ‘Queen Fabiola’. Hort. Sci. 39: 1432-1497.
46. Scagel, C.F. and R.P. Schreiner. 2006. Phosphorus supply alters tuber composition, flower production, and mycorrhizal responsiveness of container-grown hybrid Zantedeschia. Plant Soil 283: 323-337.
47. Sohn, B.K., K.Y. Kim, S.J. Chung, W.S. Kim, S.M. Park, J.G. Kang, Y.S. Rim, J.S. Cho, T.H. Kim and J.H. Lee. 2003. Effect of the different timing of AMF inoculation on plant growth and flower quality of chrysanthemum. Sci. Hort. 98(2): 173-183.
48. Upadhyaya, A., D. Sankhla, T.D. Davis, N. Sankhla and B.N. Smidth. 1985. Effect of paclobutrazol on the activities of some enzymes of activated oxygen metabolism and lipid peroxidation in senescing soybean leaves. Plant Physiol. 121(5): 453-461.
49. Wang, Z., B. Quebedeaux and G.W. Stutte. 1996. Partitioning of ($^{14}C$) glucose into sorbitol and other carbohydrates in apple under water stress. Aust J. Plant Physiol. 23: 245-251.
50. Wright, D.P., J.D. Scholes and D.J. Read. 1998. Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *Trifolium repens* L. Plant Cell Environ. 21: 209-16.
51. Wu, Q.S. and R.X. Xia. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. J. Plant Physiol. 163: 417-425.
52. Wu, R. and A. Garg. 2003. Engineernig rice plants with trehalose producing genes improves tolerance to drought, salt and low temperature. ISB News, February.
53. Yadav, K., A. Aggarwal and N. Singh. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) induced acclimatization and growth enhancement of *Glycyrrhiza glabra* L. - A potential medicinal plant. Agric. Res. 2: 43-47.
54. Yadav, K., N. Singh and A. Aggarwal. 2012. Arbuscular mycorrhizal (AM) technology for the growth enhancement of micropropagated *Spilanthes acmella* Murr. J. Plant Protec. Sci. 48: 31-36.