بررسی نقش قارچ‌های ریشه‌ای آربسکولار بر رشد و روابط آبی گیاه آهار در شرایط تنش خشکی

واحد باقری[۱]، زینب صادقی*[۱]، محمدحسین شمشیری[۱]
1گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان، ایران
*نویسنده مسئولsadeghi.z9292@gmail.com:

چکیده

این آزمایش به¬منظور بررسی اثر سه ایزوله شناسایی شده از قارچ‌های ریشه‌ای آربسکولار بر رشد و روابط آبی گیاه آهار در شرایط تنش خشکی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل (دو فاکتور) براساس طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار در دانشگاه ولی عصر (عج)، اجرا گردید. فاکتورها شامل پنج سطح قارچ ریشه آربسکولار (بدون مایکوریزا به‌عنوان شاهد، *Rhizophagus irregularis*، *Rhizophagus intraradisces*، *Funneliformis mosseae* و ترکیب سه ایزوله) و چهار سطح تنش خشکی (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌عنوان شاهد، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود. دانهال‌ها در مرحله چهار برگی به گلدان‌های پلاستیکی ۱/۵ کیلوگرمی انتقال داده شدند و بلافاصله با گونه‌های قارچ ریشه تلقیح شدند. گیاهان به مدت ۵۰ روز با آب مقطر آبیاری شدند و پس از اطمینان از میزان آلودگی، چهار سطح تنش خشکی به مدت چهار هفته دریافت کردند. براساس نتایج به‌دست آمده، بیوماس گیاه با افزایش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج همچنین نشان داد که تحت تنش خشکی محتوای آب نسبی برگ و پتانسیل فشار آوندهای چوبی ساقه کاهش و کارایی استفاده از آب افزایش یافت. کاربرد قارچ ریشه به‌طور قابل ملاحظه‌ای زیست‌توده، محتوای آب نسبی برگ و پتانسیل فشار آوندهای چوبی ساقه را کاهش و کارایی استفاده از آب را تحت تنش خشکی بهبود بخشید. در مجموع نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تلقیح گیاه آهار با قارچ‌های قارچ ریشه سبب افزایش مقاومت به خشکی در آنها می‌گردد که حداقل بخشی از آن به افزایش در جذب برخی از یون‌های معدنی کم تحرک از قبیل فسفر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : تنش خشکی، روابط آبی، میکوریزا

مقدمه

گیاه آهار از تیره میناسانان گیاهی است یک‌ساله و یا چند ساله که ۱۷ گونه مختلف دارد و به‌دلیل گوناگونی بسیار بالای رنگ و اندازه گل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. از محبوب‌ترین گونه‌های این جنس می‌توان به *Zinnia elegans* L. اشاره کرد. گیاه آهار هر چند به عنوان یک گیاه مقاوم به دمای بالا و کم آبی شناخته شده است اما از دست رفتن رطوبت خاک باعث کاهش کیفیت و تعداد گل‌ها می‌شود (Dole and Wilkins, 2005). استفاده از گل آهار در چند سال اخیر در شهرستان رفسنجان به‌عنوان یک منطقه نیمه خشک اهمیت فراوانی پیدا کرده است.

خشکسالی در بخش‌هایی از دنیا و ایران در سال‌های اخیر به‌شدت موجب کاهش تولید گیاهان زراعی و باغی شده و امنیت غذایی و اقتصاد کشورها از جمله ایران را مورد تهدید جدی قرار داده است. کاهش تولید محصول به‌دلیل شرایط جغرافیایی خاص ایران و مشکل کمبود رطوبت در بسیاری از مناطق کشاورزی حتی در سال‌هایی که در ایران پدیده خشکسالی وجود نداشته، دیده شده است. بنابراین با توجه به پیامدهای خشکی اهمیت اولویت‌های پژوهشی در این زمینه قابل درک می‌باشد.

امروزه استفاده از قارچ‌های همزیست ریشه (قارچ–ریشه) برای رویارویی با کم آبی و تنش خشکی در بسیاری از گیاهان مورد بررسی قرار گرفته است (Huang *et al*., 2011). مشخص شده است که قارچ ریشه توانا به افزایش رشد و عملکرد گیاهان تحت تنش خشکی می‌باشند. بر همین اساس، بیشتر گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک همزیستی مناسبی با قارچ ریشه برقرار می‌کنند و از این رو این گیاهان توانا می‌باشند که تنش خشکی را بهتر تحمل نمایند (Pagano and Dhar, 2015). این قارچ‌ها به‌تقریب ۹٪ تا ۵۵٪ زیست‌توده ریزانداموارهای خاک را در اراضی کشاورزی شامل می‌شوند. یک قطعه ریشه گیاه، ممکن است به‌وسیله آمیخته‌ای از گونه‌های قارچ ریشه–آربسکولار (AM) کلونیزه شود. بررسی‌های مزرعه‌ای با استفاده از روش‌های ریخت‌شناسی و ملکولی نشان داده‌اند

که جامعه قارچی مشخص می‌تواند با میزبان‌های مختلف همراه باشد. مشخص شده است که این قارچها در اکوسیستم‌های مختلف از جمله آلوده به فلزات سنگین و سایر اکوسیستم‌ها وجود دارند و در تحمل تنش‌های مختلف شامل عناصر غذایی، غرقابی، خشکی، شوری، فلزات سنگین و عوامل بیماریزا و همچنین افزایش رشد گیاهان نقش به‌سزایی دارند.

شواهد بسیار زیادی نشانگر این واقعیت است که قارچ ریشه–آربسکولار می‌تواند سبب تغییرهایی در روابط آبی گیاه و بهبود تحمل به خشکی و یا تحمل در گیاه میزبان شود. بسیاری از پژوهشگران این خصوصیت را یک واکنش ثانویه در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی می‌دانند. هیف‌های قارچ ریشه نقش مهمی در جذب و انتقال آب از توده خاک به گیاه میزبان دارند (Egerton-Warburton *et al.*, 2007). هیف‌های قارچ ریشه‌ها می‌توانند که به‌طور قابل توجهی فسفات و نیتروژن را از خاک به گیاه انتقال دهند اما هیچ شواهدی دال بر انتقال مستقیم آب توسط هیف به گیاهان وجود ندارد. به‌خوبی شناخته شده است که هیف‌های قارچ ریشه دارای قطر ۲ تا ۵ میکرومتر هستند به‌طوری‌که در منفذ خاک جاهایی که برای ریشه‌های موبین با قطر بین ۱۰ تا ۲۰ میکرومتر غیرقابل دسترس هستند نفوذ می‌کنند در نتیجه دسترسی بیشتری به آب دارند (Smith *et al.*, 2010).

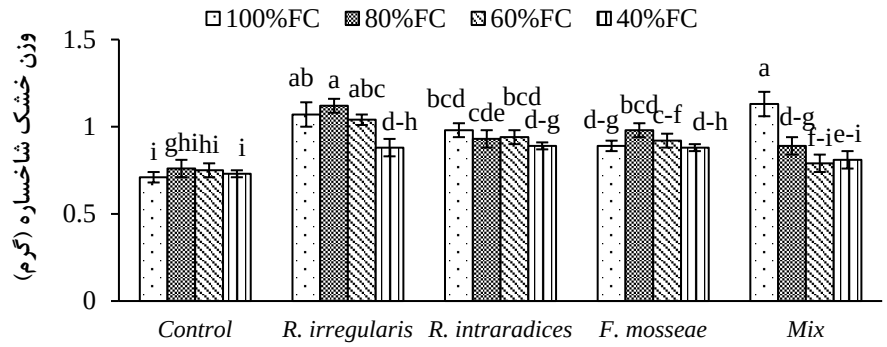
با توجه به اهمیت و لزوم افزایش کارایی مصرف آب در مناطق خشک و نیمه خشک، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات سه ایزوله شناسایی شده بومی به‌صورت جداگانه (*R. irregularis*، *R. intraradisces*، *F. mosseae*) و ترکیب آنها (Mix) بر میزان رشد و روابط آبی گیاه آهار در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان انجام شد. خاک مورد استفاده به نسبت ۳:۲ به ترتیب از خاک الک شده (دو میلی‌متر) مزرعه و ماسه تهیه و اتوکلاو شد. مقدار یک کیلوگرم از خاک اتوکلاو شده درون گلدان‌های پلاستیکی ۱/۵ کیلوگرمی (ارتفاع ۱۷ سانتی‌متر و قطر ۱۴ سانتی‌متر) ریخته شد. بذور F1 گیاه آهار (*Zinnia elegans* L.var.Magellan Red) پس از ضدعفونی در سینی‌های کشت با نسبت ۱:۱ کوکوپیت و پرلایت ضدعفونی شده کشت گردید. سینی‌های کشت در داخل اتاقک رشد با شرایط دمایی ۲۱/۲۸ درجه سانتی‌گراد روز و شب و رطوبت نسبی ۵۰ درصد قرار داده شدند. دانهال‌های سالم و یکنواخت بعد از گذشت چهار هفته و در مرحله چهار برگ حقیقی به گلدان‌ها منتقل شدند. در این آزمایش قارچ AM در پنج سطح [بدون قارچ ریشه (شاهد)، *R. irregularis*، *R. intraradisces*، *F. mosseae* و ترکیب سه ایزوله] استفاده شد. مایه تلقیح به مقدار ۲۰ گرم شامل اسپور (۲۱۰ اسپور به ازای هر گلدان برای سه ایزوله به‌صورت جداگانه و از هر ایزوله ۷۰ اسپور برای تیمار ترکیبی)، قطعات ریشه آلوده، میسلیوم و خاک به ازای هر گلدان مورد استفاده قرار گرفت. قبل از انتقال نشاء، حفره‌ای در مرکز گلدان ایجاد و مایه تلقیح در کف حفره قرار داده شد و سپس به ازای هر گلدان یک عدد دانهال کشت گردید. برای تیمارهای بدون قارچ ریشه همان مقدار مایه تلقیح اتوکلاو شده استفاده گردید. گیاهان در این آزمایش به‌مدت چهار هفته تحت تأثیر چهار سطح تنش خشکی شامل ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌عنوان شاهد ($FC_{۱۰۰}$)، ۸۰ درصد ($FC_{۸۰}$)، ۶۰ درصد ($FC_{۶۰}$) و ۴۰ درصد ($FC_{۴۰}$) ظرفیت زراعی قرار گرفتند که طی این مدت، به‌صورت روزانه توزین و مقدار آب لازم (با توجه به سطح تیمار خشکی) با آب مقطر به آنها اضافه گردید. در این آزمایش میزان بیوماس گیاه، محتوای آب نسبی برگ، پتانسیل فشار آوندهای چوبی ساقه و کارایی استفاده از آب اندازه گیری گردید.

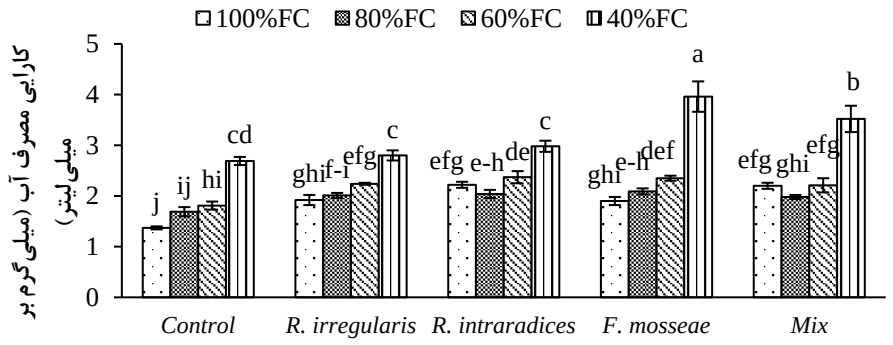
نتایج و بحث

نتایج نشان داد وزن خشک شاخساره تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت به‌نحوی‌که بیشترین وزن خشک شاخساره در $FC_{۱۰۰}$ به مقدار ۰/۹۶ گرم به‌دست آمد. براساس نتایج به‌دست آمده گیاهان تحت تیمار قارچ ریشه و بدون قارچ ریشه پاسخ‌های متفاوتی در ارتباط با وزن خشک شاخساره به تنش خشکی داشتند. به‌عنوان مثال، در گیاهان بدون قارچ ریشه اختلافی بین سطوح خشکی در وزن خشک شاخساره مشاهده نشد (شکل ۱). همچنین در ارتباط با وزن خشک شاخساره در تیمارهای *R. irregularis* و *F.mosseae* نیز خشکی نتوانست اثر قابل توجهی داشته باشد.



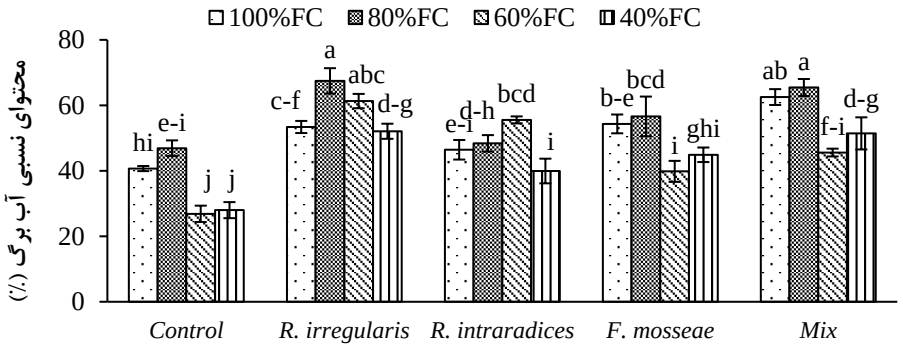
شکل ۱- برهمکنش سطوح مختلف تنش خشکی و تیمارهای قارچ ریشه بر وزن خشک شاخساره گیاهان ۱۱۰ روزه آهار (*Zinnia elegans* L. cv. Magellan Red) ۲۸ روز پس از آغاز تنش خشکی

همان‌طورکه نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد با افزایش تنش خشکی از سطح مطلوب آبیاری ($FC_{۱۰۰}$) تا شدیدترین سطح ($FC_{۴۰}$) کارایی مصرف آب به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد به‌طوری‌که این افزایش چشمگیر بود. این افزایش ناشی از تنش به‌طور بسیار مشابهی در تیمارهای قارچ ریشه و غیرقارچ ریشه مشاهده شد. بیشترین میزان افزایش در *F. mosseae* به‌دست آمد به‌طوری‌که کارایی مصرف آب در $FC_{۴۰}$ نسبت به $FC_{۱۰۰}$ حدود دو برابر گزارش شد. گیاهان پاسخ مثبتی به کاربرد قارچ ریشه داشتند به‌نحوی‌که در بیشتر سطوح تنش خشکی کارایی مصرف آب در گیاهان قارچ ریشه بالاتر از گیاهان بدون قارچ ریشه بود در شرایطی که بیشترین عملکرد به ترتیب از آن تیمار ترکیبی، *F. mosseae* ، *R. intraradisces* و *R. irregularis* بود هر چند که بین سه سطح اول اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۲).



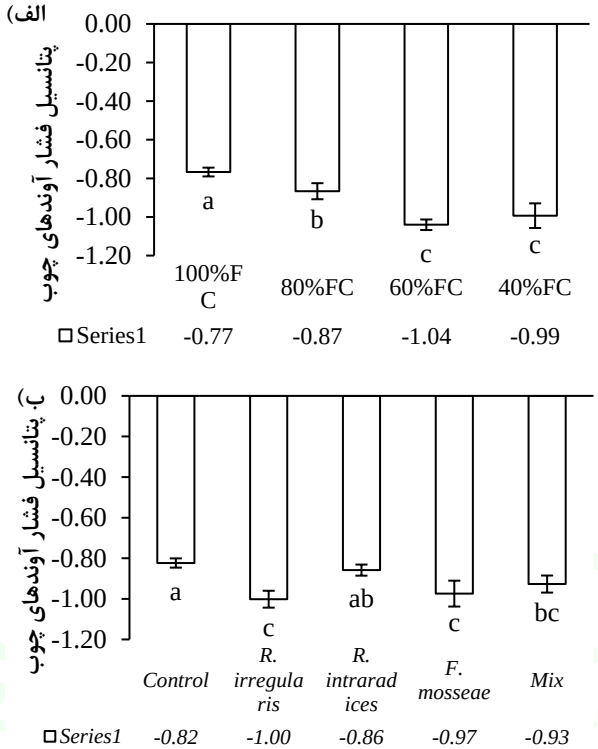
شکل ۲- برهمکنش سطوح مختلف تنش خشکی و تیمارهای قارچ ریشه بر کارایی مصرف آب گیاهان ۱۱۰ روزه آهار (*Zinnia elegans* L. cv. Magellan Red) ۲۸ روز پس از آغاز تنش خشکی

براساس نتایج مقایسه میانگین، با افزایش تنش از $FC_{۱۰۰}$ به $FC_{۸۰}$ محتوای آب نسبی برگ در گیاهان قارچ ریشه و غیرقارچ ریشه افزایش نشان داد هر چند که این افزایش تنها در *R. irregularis* معنی‌دار بود اما با افزایش تنش از $FC_{۸۰}$ به $FC_{۴۰}$ روند محتوای آب نسبی برگ به‌تقریب کاهشی بود به‌نحوی‌که کمترین مقدار در $FC_{۴۰}$ مشاهده شد. به‌طور مثال، در گیاهان شاهد از $FC_{۸۰}$ به $FC_{۴۰}$ محتوای آب نسبی برگ نزدیک به ۷۰٪ کاهش نشان داد. با کاربرد قارچ ریشه محتوای آب نسبی برگ در تمام سطوح خشکی افزایش یافت (شکل ۳).



شکل ۳- برهمکنش سطوح مختلف تنش خشکی و تیمارهای قارچ ریشه بر محتوای آب نسبی برگ گیاهان ۱۱۰ روزه آهار (*Zinnia elegans* L. cv. Magellan Red) ۲۸ روز پس از آغاز تنش خشکی

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش پتانسیل فشار منفی آوندهای چوبی ساقه شد به‌طوری‌که سطوح $FC_{۸۰}$، $FC_{۶۰}$ و $FC_{۴۰}$ نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بودند. کمترین مقدار در $FC_{۱۰۰}$ با ۰/۷۷- و بیشترین در $FC_{۸۰}$ با ۱/۰۴- مگاپاسکال ثبت شد (شکل ۴- الف). نتایج همچنین نشان داد که با کاربرد قارچ ریشه گیاهان از میزان پتانسیل فشار منفی‌تری برخوردار شدند و تیمارهای *R. irregularis*، *F. mosseae* و ترکیبی با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند اما اختلاف تیمار *R. inttraradices* با شاهد معنی‌دار نبود. به‌طور مثال، پاسخ گیاهان تحت تیمار *R. irregularis* نسبت به گیاهان شاهد ۲۱٪ کاهش در پتانسیل فشار آوندهای چوبی ساقه بود (شکل ۴- ب).



شکل ۴- اثر مستقل سطوح مختلف خشکی (الف) و قارچ ریشه (ب) بر پتانسیل فشار آوندهای چوبی گیاهان ۱۱۰ روزه آهار (*Zinnia elegans* L. cv. Magellan Red)

قارچ ریشه با استفاده از شیوه‌های مختلف بر رشد رویشی تأثیر گذار است. یکی از مهم‌ترین روش‌ها تغییر در مورفولوژی ریشه و طویل کردن سیستم ریشه گیاه میزبان و افزایش سطح جذب از طریق هیف‌های قارچ می‌باشد که باعث افزایش جذب آب و باعث بهبود

روابط آبی گیاه میزبان می‌گردد (Auge, 2004). مکانیسم مهم دیگری که در این رابطه وجود دارد تأثیر قارچ ریشه بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک است (Abdelhafez and Abdel-Monsief, 2006). قارچ ریشه‌های-آربسکولار توانا می‌باشند که از طریق هیف‌های خود آب بیشتری از خاک جذب و در اختیار گیاه میزبان قرار دهند، این موضوع منجر به بهبود شرایط آبی گیاهان در شرایط تنش شده و در نتیجه گیاه میزبان با باز نگه داشتن روزنه‌ها و انجام فتوسنتز بیشتر ماده خشک بیشتری تولید می‌کند (Zhu *et al*., 2012).

منابع

Abdelhafez, A. A. and Abdel-Monsief, R. A. 2006. Effects of VA mycorrhizal inoculation on growth, yield and nutrient content of Cantaloupe and Cucumber under different water regimes. Journal of Agricultural and Biological Science, 6: 503–508.

Auge, R. M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canadian Journal of Soil Science, 84: 373–381.

Dole, J. M. and Wilkins, H. F. 2005. *Floriculture principles and species. Person education* (2*rd ed.*). Upper Saddle River *Pearson/Prentice Hall,* New Jersey, USA.

Egerton-Warburton, L. M., Querejeta, J. I. and Allen, M. F. 2007. Common mycorrhizal networks provide a potential pathway for the transfer of hydraulically lifted water between plants. Journal of Experimental Botany, 58: 1473–1483.

Huang, Z., Zou, Z., He, C., He, Z., Zhang, Z. and Li, J. 2011. Physiological and photosynthetic responses of Melon (*Cucumis melo* L.) seedlings to three Glomus species under water deficit. Plant and Soil, 339: 391–399.

Pagano, M. C. and Dhar, P. P. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi: association and production of bioactive compounds in plants. Biotechnology of Bioactive Compounds Sources and Applications, 112: 225–243.

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

Zhu, X. C., Song, F. B., Liu, S. Q., Liu, T. D. and Zhou, X. 2012. Arbuscular mycorrhizae improves photosynthesis and water status of *Zea mays* L. under drought stress. Plant Soil Environment, 58: 186–191.

Investigating the Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on growth and *water relations* of zinnia plant under drought stress conditions

This experiment was conducted to study the effects of three identified isolates of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on growth and *water relations* of zinnia plants (*Zinnia elegans* L.var.Magellan Red) under water stress conditions. A factorial (two factors) experiment was planned based on a completely randomized design (CRD) with six replications at the greenhouse of *Vali-e Asr University* of Rafsanan. The factors included five AMF treatment (no mycorrhizae as control, *Rhizophagus irregularis* ،*Rhizophagus intraradisces* ، *Funneliformis mosseae*, mixture of three species) and four irrigation levels 100% FC as control, 80% FC, 60% FC and 40% FC. Seedlings with four true leaves were transplanted into 1.5 L pots and immediately inoculated with each of above symbionts. The plans were irrigated with distilled water for 50 days to obtain certain amount of infection, then four irrigation regimes were achieved for *four weeks*. According to results, biomass was reduced significantly with increasing drought stress levels. Results also showed that leaf RWC and xylem pressure potential were decreased and water use efficiency was increased under drought stress levels. Used AMF improved biomass, RWC , xylem pressure potential and water use efficiency, considerably .In conclusion, it is suggested that AMF inoculation improves drought tolerance of zinnia plants at least in part through the enhanced uptake of slowly diffusing mineral ions such as phosphorus.

Keywords: Drought Stress, Water relations, Mycorrhiza