فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی چمانواش بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) با کاربرد قارچ‌ریشه‌های آربوسکولار و باکتری-ریشه‌های محرک رشد گیاهی در دورهای مختلف آبیاری

سید محمد احسان مهدوی[1*]، حسن صالحی[2]، علی اکبر کامگار حقیقی[3] و مهدی زارعی[4]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، شیراز. ۲- استاد بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، شیراز. ۳- استاد بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی، شیراز. ۴- دانشیار بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی، شیراز.

*نویسنده مسئول: smemq@yahoo.com

چکیده

موضوع آب و تغییرهای اقلیمی در حال حاضر از مهم‌ترین بحث‌های مطرح پژوهشگران در سطح جهان است. تنش خشکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی مؤثر بر رشد و کیفیت سبزفرش به عنوان اسکلت اولیه در فضای سبز می‌باشد. چمانواش بلند از مناسب‌ترین سبزفرش‌های فصل سرد در ایران محسوب می‌شود. اثر مایه‌زنی دو قارچ-ریشه آربوسکولار (*Funneliformis mosseae* و *Rhizophagus intraradices*) و یک باکتری-ریشه محرک رشد گیاهی (*Pseudomonas fluorescens*) بر رشد دو رقم چمانواش بلند ('J-r' و 'H-d') در سه دور آبیاری (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) روی سه آنزیم آکسیدانی از جمله سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز به صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی بررسی گردید. در این پژوهش تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف بر صفت‌های مورد ارزیابی مشاهده شد. تیمارهای قارچ-ریشه و باکتری-ریشه دارای برتری نسبی در جلوگیری از اثرهای تنش خشکی نسبت به شاهد بدون قارچ-باکتری بودند.

کلمات کلیدی: فعالیت آنزیم، خشکی، قارچ ریشه‌های آربوسکولار، باکتری ریشه‌های محرک رشد گیاهی، چمانواش بلند

مقدمه

آب برای استفاده در سیستم آبیاری سبزفرش‌ها[1] به طور فزاینده‌ای در حال محدود شدن است، که اغلب منجر به کاهش در کیفیت سبزفرش، به ویژه در مناطق نیمه خشک و خشک می‌شود. بنابراین، نگهداری از آب نگرانی اصلی مدیران سبزفرش و پرورش دهندگان می‌باشد به همین دلیل صنعت سبزفرش سعی در استفاده از شیوه‌های نگهداری آب بر اساس پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاهان به تنش خشکی[2]، از جمله استفاده هماهنگ‌سازی برنامه‌های کاربردی کودی برای بهبود شرایط تحمل به خشکی می‌باشد (McCann & Huang, 2007). قارچ-ریشه‌های آربوسکولار[3] و باکتری-ریشه‌های محرک رشد گیاهی[4] قادرند اثرات نامطلوب تنش خشکی در گیاهان را تعدیل کنند. تعداد زیادی از آزمایش‌ها نشان داده است که قارچ-ریشه‌ها و باکتری-ریشه‌ها باعث تغییر روابط آبی گیاه و پیشگیری از تنش خشکی در شرایط ویژه می‌شوند (Troeh & Loynachan, 2003; Bharti *et al.*, 2013).

مواد و روش‌ها

۱- Turfgrass
۲- Drought stress
۳- Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF)
۴- Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

پژوهش حاضر در گلخانه پژوهشی بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. برای اعمال دورهای آبیاری[۱] در این پژوهش از گلدان‌های ۲۵ کیلوگرمی استفاده شد. ظرفیت مزرعه به روش گلدانی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. این آزمایش با ۴ تیمار شاهد، دو گونه قارچ-ریشه (*Funneliformis mosseae* و *Rhizophagus intraradices*) و یک گونه باکتری-ریشه (*Pseudomonas fluorescens*)، بر روی پنجه[۲] ۲ رقم چمانواش بلند (رقم متحمل به خشکی 'J-r' و رقم حساس‌تر به خشکی 'H-d') در ۳ دور آبیاری (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار به مدت سه ماه (اسفند تا اردیبهشت) پس از استقرار پنجه-های چمانواش بلند (۳۰ روز) انجام شد. در پایان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی یعنی سوپراکسید دیسموتاز[۳]، کاتالاز[۴] و پراکسیداز[۵] مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای اندازه‌گیری میزان فعالیت کمی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از روش Beauchamp و Fridovich (۱۹۷۱)، آنزیم کاتالاز از روش Dhindsa و همکاران (۱۹۸۱) و آنزیم پراکسیداز از روش Chance و Maehly (۱۹۵۵) استفاده شد.

نتایج

بر اساس نتایج اثرهای اصلی حاصل از این پژوهش، بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌ها در رقم J-r بود و با افزایش دور آبیاری میزان فعالیت آنزیم‌ها در چمانواش بلند افزایش یافتند. هم‌چنین دراثرهای اصلی قارچ-ریشه‌ها و باکتری-ریشه دارای برتری معنی داری نسبت به شاهد در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در سبزفرش بودند (جدول ۱). نتایج حاصل از برهمکنش رقم، قارچ-باکتری و دور آبیاری در آنزیم سوپراکسید دسموتاز نشان داد رقم H-d و *Funneliformis mosseae* در دور آبیاری ۲۱ روز دارای بالاترین و رقم H-d و شاهد در دور آبیاری ۷ روز دارای پائین‌ترین میزان فعالیت در این آنریم بود. مقایسه میانگین بر همکنش رقم، قارچ-باکتری و دور آبیاری در آنزیم کاتالاز نشان داد رقم J-r و *Pseudomonas fluorescens* در دور آبیاری ۲۱ روز دارای بیش‌ترین و رقم H-d در دور آبیاری ۷ روز دارای کم‌ترین میزان فعالیت در این آنزیم بود.

جدول ۱- نتایج حاصل از اثرهای اصلی رقم، قارچ-باکتری و دور آبیاری بر میزان فعالیت آنزیم‌ها (u/g وزن تر).

	تیمارها	SOD	CAT	POD
رقم	H-d	۱۱۷/۸۹^{b*}	۲۹/۹۷^{b}	۷۶/۷۵^{b}
	J-r	۱۳۱/۴۲^{a}	۴۳/۹۳^{a}	۸۵/۰۰^{a}
قارچ-باکتری	شاهد بدون قارچ-باکتری	۱۰۹/۴۴^{b}	۳۰/۳۹^{c}	۸۱/۹۷^{a}
	Rhizophagus intraradices	۱۰۴/۲۸^{b}	۴۰/۹۶^{ab}	۸۷/۹۸^{a}
	Funneliformis mosseae	۱۴۸/۵۰^{a}	۴۱/۳۷^{a}	۶۷/۰۳^{b}
	Pseudomonas fluorescens	۱۳۶/۳۹^{a}	۳۵/۰۸^{bc}	۸۶/۵۳^{a}
دور آبیاری	۷ روز	۱۰۰/۱۳^{c}	۳۱/۰۶^{b}	۸۱/۷۲^{b}
	۱۴ روز	۱۲۵/۶۳^{b}	۳۴/۷۱^{b}	۶۷/۴۹^{c}
	۲۱ روز	۱۴۸/۲۱^{a}	۴۵/۰۹^{a}	۹۳/۴۳^{a}

* در هر ستون، حروف یکسان سطح معنی‌دار مشابهی را توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهند.

۱- Irrigation intervals
۲- Bunch
۳- Superoxide Dismutases (SOD)
٤- Catalase (CAT)
٥- Peroxidases (POD)

در برهمکنش رقم، قارچ-باکتری و دور آبیاری در آنزیم پراکسیداز نیز تفاوت معنی‌داری شاهد بودیم به این صورت که بیش‌ترین میزان فعالیت پراکسیداز در رقم J-r و *Pseudomonas fluorescens* در دور آبیاری ۲۱ روز و کم‌ترین در رقم H-d در همین دور آبیاری بود (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج حاصل از اثرهای متقابل رقم، قارچ-باکتری و دور آبیاری بر میزان فعالیت آنزیم‌ها (u/g وزن تر).

رقم	قارچ-باکتری	دور آبیاری	SOD	CAT	POD
H-d	شاهد بدون قارچ-باکتری	۷ روز	۳۴/۰۰^{l*}	۲۱/۴۸$^{i-k}$	۸۲/۴۳$^{c-h}$
		۱۴ روز	۷۴/۰۰^{jk}	۳۵/۱۵$^{e-i}$	۶۹/۹۷^{gh}
		۲۱ روز	۹۳/۳۳^{ij}	۲۸/۲۹$^{g-k}$	۹۶/۱۹$^{b-f}$
	Rhizophagus intraradices	۷ روز	۵۸/۶۷^{kl}	۳۷/۳۳$^{e-h}$	۸۲/۵۶$^{c-h}$
		۱۴ روز	۱۴۸/۶۷$^{b-f}$	۲۰/۸۱$^{i-k}$	۷۴/۴۹$^{f-h}$
		۲۱ روز	۱۳۶/۰۰$^{d-g}$	۲۷/۴۱$^{h-k}$	۱۰۱/۷۳$^{a-e}$
	Funneliformis mosseae	۷ روز	۴۹/۳۳^{kl}	۱۵/۵۱^{k}	۱۰۶/۱۴$^{a-c}$
		۱۴ روز	۱۶۴/۳۳$^{b-d}$	۳۱/۶۹$^{f-j}$	۳۷/۹۹^{ij}
		۲۱ روز	۲۸۴/۶۷^{a}	۶۰/۷۴$^{a-c}$	۱۷/۳۹^{j}
	Pseudomonas fluorescens	۷ روز	۹۴/۳۳$^{h-j}$	۱۹/۹۴^{jk}	۷۴/۵۶$^{f-h}$
		۱۴ روز	۱۲۳/۳۳$^{e-i}$	۳۰/۷۷$^{g-j}$	۷۹/۵۲$^{d-h}$
		۲۱ روز	۱۵۴/۰۰$^{b-e}$	۳۰/۵۷$^{g-j}$	۹۸/۱۲$^{b-f}$
J-r	شاهد بدون قارچ-باکتری	۷ روز	۱۶۹/۳۳^{b}	۱۵/۹۶^{k}	۸۴/۳۹$^{b-g}$
		۱۴ روز	۱۴۸/۳۳$^{b-f}$	۲۷/۵۲$^{h-k}$	۶۱/۵۳$^{g-i}$
		۲۱ روز	۱۳۷/۶۷$^{c-f}$	۵۳/۹۳$^{a-d}$	۹۷/۳۲$^{b-f}$
	Rhizophagus intraradices	۷ روز	۱۰۵/۳۳$^{g-i}$	۶۱/۲۵^{ab}	۱۰۲/۵۸$^{a-e}$
		۱۴ روز	۵۴/۶۷^{kl}	۵۲/۶۰$^{b-d}$	۵۸/۳۷^{hi}
		۲۱ روز	۱۲۲/۳۳$^{f-i}$	۴۶/۳۸$^{c-e}$	۱۰۸/۲۰^{ab}
	Funneliformis mosseae	۷ روز	۱۲۲/۰۰$^{f-i}$	۵۲/۵۴$^{b-d}$	۵۸/۲۷^{hi}
		۱۴ روز	۱۴۵/۶۷$^{b-f}$	۴۲/۴۱$^{d-g}$	۷۸/۲۵$^{e-h}$
		۲۱ روز	۱۲۵/۰۰$^{e-h}$	۴۵/۳۵$^{d-f}$	۱۰۴/۱۶$^{a-d}$
	Pseudomonas fluorescens	۷ روز	۱۶۸/۰۰^{bc}	۲۴/۴۵$^{h-k}$	۶۲/۸۳$^{g-i}$
		۱۴ روز	۱۴۶/۰۰$^{b-f}$	۳۶/۷۶$^{e-h}$	۷۹/۸۲$^{d-h}$
		۲۱ روز	۱۳۲/۶۷$^{e-g}$	۶۸/۰۱^{a}	۱۲۴/۳۴^{a}

* در هر ستون، حروف یکسان سطح معنی‌دار مشابهی را توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهند.

بحث

مشخص شده است گیاهان برای مقابله با خسارت ناشی از رادیکال‌های آزاد اکسیژن به یک سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی مجهز شده‌اند که به گیاه کمک می‌کند در شرایط تنش به رشد خود ادامه دهد (Kocsy *et al.*, 1996). نتایج آزمایش حاضر نشان داد که با افزایش میزان تنش خشکی بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسدانی افزوده می‌شود که با نتایج Sarmast و همکاران (۲۰۱۵) روی ۴ رقم چمانواش بلند در تنش خشکی روی هر سه آنزیم آنتی‌اکسدانی همسو بود. در این پژوهش مشخص شد که گیاهان با تیمار قارچ و باکتری فعالیت آنزیمی بالاتری نسبت به شاهد دارند. در این راستا در پژوهش‌هایی مشخص شده است که قارچ-ریشه‌های آربوسکولار(Goicoechea *et al.*, 2005) و باکتری-ریشه‌های محرک رشد گیاهی (Ghorbanpour *et al.*, 2013) در شرایط تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌ها از جمله سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیدازمی‌شوند.

منابع

1. Beauchamp, C., & Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. Analytical biochemistry. 44: 276-287.
2. Bharti, N., Yadav, D., Barnawal, D., Maji, D., & Kalra, A. 2013. Exiguobacterium oxidotolerans, a halotolerant plant growth promoting rhizobacteria, improves yield and content of secondary metabolites in Bacopa monnieri Pennell under primary and secondary salt stress. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 29: 379-387.
3. Chance, B. & A. C. Maehly. 1995. Assay of catalase and peroxidase. 764-765p. In: S.P. Culowic and N.O. Kaplan (eds). Methods in Enzymology Vol. 2. Academic Press. Inc. New York. U.S.A. 764-765.
4. DHINDSA, R. S., Plumb-Dhindsa, P. A. M. E. L. A., & THORPE, T. A. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental botany. 32: 93-101.
5. Ghorbanpour, M., Hatami, M., & Khavazi, K. 2013. Role of plant growth promoting rhizobacteria on antioxidant enzyme activities and tropane alkaloid production of Hyoscyamus niger under water deficit stress. Turkish Journal Of Biology. 37: 350-360.
6. Goicoechea, N., Merino, S., & Sánchez-Díaz, M. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi can contribute to maintain antioxidant and carbon metabolism in nodules of Anthyllis cytisoides L. subjected to drought. Journal of plant physiology. 162: 27-35.
7. Kocsy, G., Brunner, M., Rüegsegger, A., Stamp, P., & Brunold, C. 1996. Glutathione synthesis in maize genotypes with different sensitivities to chilling. Planta. 198: 365-370.
8. McCann, S. E., & Huang, B. 2007. Effects of trinexapac-ethyl foliar application on creeping bentgrass responses to combined drought and heat stress. Crop science. 47: 2121-2128.
9. Sarmast, M. K., Salehi, H., & Niazi, A. 2015. Biochemical differences underlie varying drought tolerance in four Festuca arundinacea Schreb. genotypes subjected to short water scarcity. Acta Physiologiae Plantarum. 37: 1-13.
10. Troeh, Z. I., & Loynachan, T. E. 2003. Endomycorrhizal fungal survival in continuous corn, soybean, and fallow. Agronomy Journal. 95: 224-230.

Antioxidant enzymes activity of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) by application of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria under different irrigation intervals

S.M.E. Mahdavi[1*], H. Salehi[2], A.A. Kamgar-Haghighi [3], M. Zarei[4].

1- M. Sc. Student, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture Shiraz University. 2- Professor, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture Shiraz University. 3- Professor, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture Shiraz University. 4- Associate Professor, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture Shiraz University.

*Corresponding author: smemq@yahoo.com

Abstract

The issue of water and climate change is present in the universe. Drought stress is one of the main abiotic stresses influencing turfgrass growth and quality as the basic foundation in green spaces. Tall fescue is the most suitable cool-season turfgrass in iran. Effect of inoculation of two arbuscular mycorrhizal fungi (*Funneliformis mosseae* & *Rhizophagus intraradices*) and one plant growth promoting rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens*) on two tall fescue cultivars ('J-r' & 'H-d') in three irrigation intervals (7, 14 & 21 days) on three antioxidant enzymes including superoxide dismutase, catalase and peroxidases in a completely randomized design with factorial arrangement was evaluated. In this research, a significant difference was observed between the various treatments on evaluated traits. AMF and PGPR treatments in comparison with control had the comparative advantage in preventing effects of drought stress.

Key words: Enzyme activity, Drought, AMF, PGPR, Tall fescue