



اثر قارچ‌ریشه بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی دانهال به در شرایط کمبود آهن

ساره رحیمی^{۱*}، بهرام بانی نسب^۲، مجید طالبی^۳، مهدیه غلامی^۴

۱،۲،۴ گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

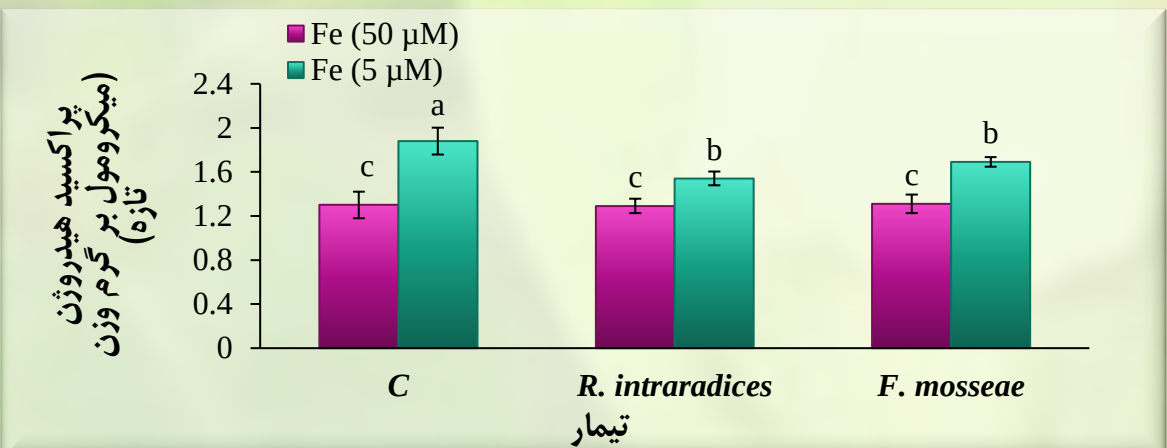
۳ گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

sareh.rahimi@ag.iut.ac.ir

نتایج و بحث

غلظت پراکسید هیدروژن برگ

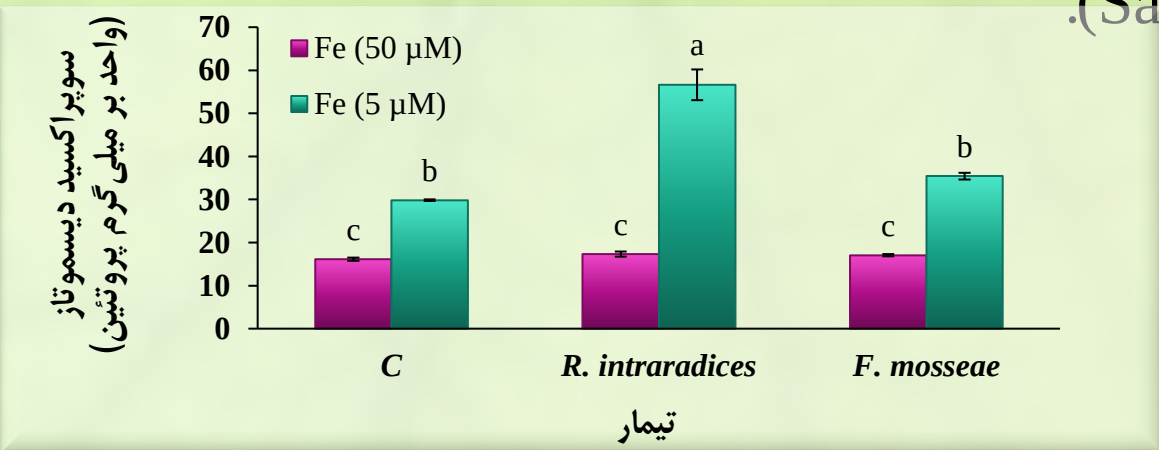
نتایج نشان داد هر چند در شرایط غلظت بهینه آهن (۵۰ میکرومولار) کاربرد تیمارهای قارچ‌ریشه تأثیری بر غلظت پراکسید هیدروژن برگ نداشت اما در شرایط کمبود آهن (۵ میکرومولار) کاربرد هر دو گونه قارچ‌ریشه به‌طور معنی‌داری پراکسید هیدروژن را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد (شکل ۱). از آنجا که آهن جزء ضروری زنجیره انتقال الکترون در کلروپلاست و میتوکندری می‌باشد بنابراین کمبود آهن با اختلال در زنجیره انتقال الکترون، تولید گونه‌های اکسیژن فعال را افزایش داده و منجر به تجمع پراکسید هیدروژن در بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌شود (Donnini et al., 2011). در پژوهش حاضر کاهش معنی‌دار پراکسید هیدروژن در تیمارهای قارچ‌ریشه را می‌توان به نقش احتمالی این ریزموجودات در جذب بهتر آهن در شرایط کمبود نسبت داد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار قارچ‌ریشه و غلظت آهن محلول غذایی بر غلظت پراکسید هیدروژن برگ دانهال به. میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح ۵٪ از مون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. بارها نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد. C: شاهد (عدم تلقیح)

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

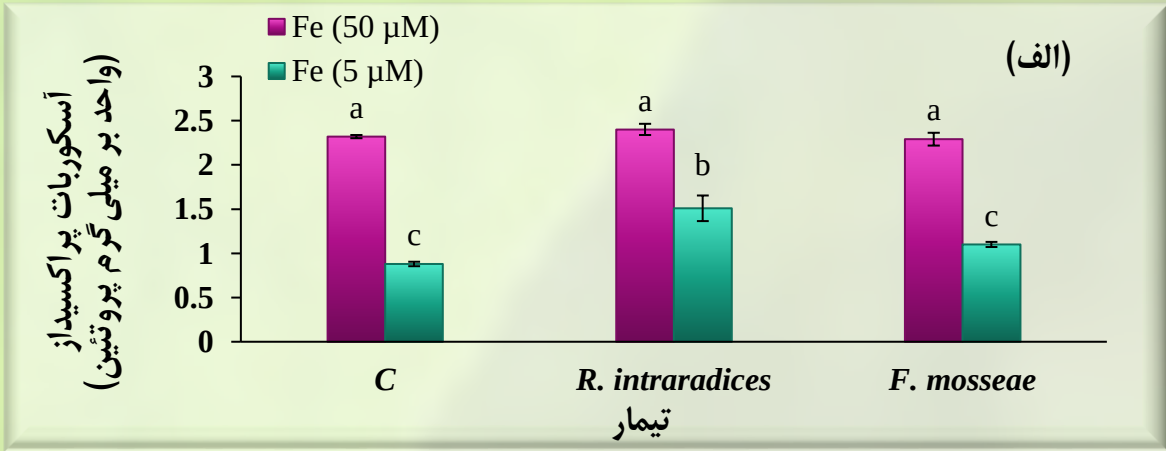
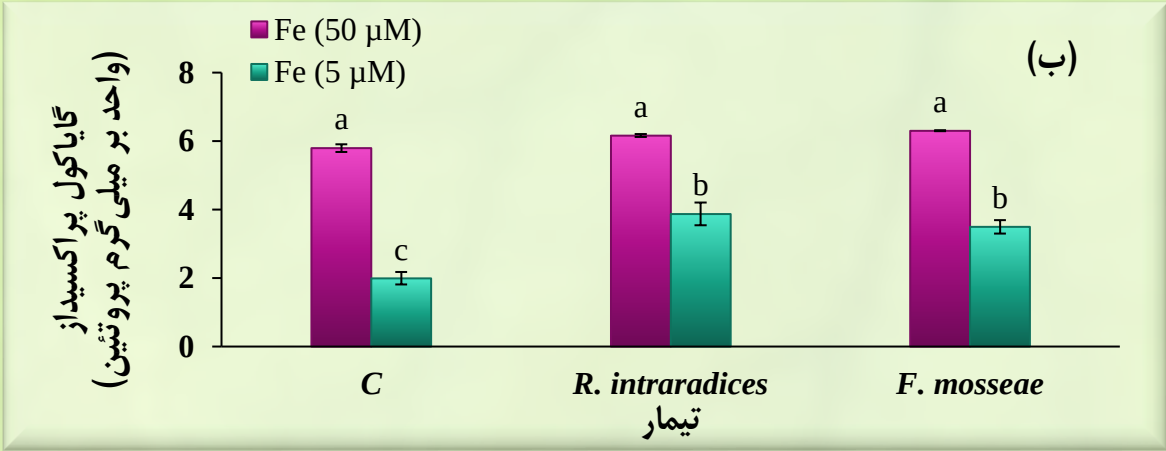
در شرایط بهینه آهن تیمارهای قارچ‌ریشه از لحاظ آماری اثر معنی‌داری بر فعالیت سوپراکسید دیسموتاز نداشتند. این در حالی است که با کاهش غلظت آهن محلول غذایی کاربرد قارچ‌ریشه *R. Intraradices* سبب افزایش ۱/۹ برابری فعالیت این آنزیم در مقایسه با شاهد شد (شکل ۲). مشابه با نتایج پژوهش حاضر گزارش شده است که میزان فعالیت این آنزیم در گیاهان آفتابگردان تلقیح شده با قارچ‌ریشه *R. intraradices* در شرایط کمبود آهن در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده بیش‌تر بود که نشان‌دهنده القاء فعالیت این آنزیم در ارتباط با قارچ‌ریشه می‌باشد (Kabir et al., 2015). سوپراکسید دیسموتاز، رادیکال‌های سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل کرده و به عنوان اولین خط دفاعی گیاه در برابر گونه‌های اکسیژن فعال شناخته شده است (Santos et al., 2019).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار قارچ‌ریشه و غلظت آهن محلول غذایی بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برگ دانهال به. میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح ۵٪ از مون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. بارها نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد. C: شاهد (عدم تلقیح)

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد هیچ یک از تیمارها در شرایط بهینه آهن اثر معنی‌داری بر فعالیت این دو آنزیم نداشتند. در شرایط کمبود آهن کاهش فعالیت این آنزیم‌ها در تمامی تیمارها مشاهده شد در حالی‌که افزایش معنی‌داری در فعالیت آسکوربات پراکسیداز با کاربرد قارچ‌ریشه *R. intraradices* و نیز گایاکول پراکسیداز با کاربرد دو گونه قارچ‌ریشه نسبت به گیاهان شاهد مشاهده شد (شکل ۳ الف و ب). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به وضعیت تغذیه‌ای ناشی از تلقیح گیاهان ذرت با قارچ‌ریشه *R. intraradices* در مقایسه با شاهد نسبت داده شده است (Balakrishnan et al., 2017).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار قارچ‌ریشه و غلظت آهن محلول غذایی بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (الف) و گایاکول پراکسیداز (ب) برگ دانهال به. میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح ۵٪ از مون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. بارها نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد. C: شاهد (عدم تلقیح)

چکیده

درخت به از جمله درختان میوه دانه‌دار بومی ایران است که به دلیل حساسیت به کلروز ناشی از کمبود آهن با کاهش کمیت و کیفیت محصول مواجه می‌باشد. پژوهش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به منظور بررسی تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در دانهال‌های به رقم اصفهان انجام گرفت. فاکتورها شامل سه سطح قارچ‌ریشه (عدم تلقیح، *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae*) و دو سطح آهن (۵ و ۵۰ میکرومولار) بود. بستر کاشت مخلوطی از شن کوآرتز و پرلیت استریل شده بود. چهار ماه پس از تلقیح تیمار کمبود آهن (۵ میکرومولار) شروع شد و ۹۰ روز پس از آن نمونه‌های گیاهی برای اندازه‌گیری فاکتورهای مورد نظر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد در شرایط کمبود آهن دانهال‌های به تلقیح با قارچ‌ریشه‌ها در مقایسه با تیمار شاهد به صورت معنی‌داری غلظت پراکسید هیدروژن کم‌تری داشتند. کاربرد *R. intraradices* در مقایسه با تیمار عدم تلقیح نیز در این شرایط سبب افزایش ۱/۹ و ۱/۷ برابری در فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز شد. افزایش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز نیز در هر دو تیمار قارچی در مقایسه با شاهد مشاهده شد.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، آهن، پراکسید هیدروژن، *Rhizophagus intraradices*، *Funneliformis mosseae*

مقدمه

از آنجا که آهن جزء ضروری زنجیره انتقال الکترون در کلروپلاست و میتوکندری می‌باشد بنابراین کمبود آهن با اختلال در زنجیره انتقال الکترون و تولید گونه‌های اکسیژن فعال سبب ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود (Donnini et al., 2011). گیاهان به منظور کاهش اثرات مخرب ناشی از تنش اکسیداتیو از مکانیسم‌های حفاظتی از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بهره می‌گیرند (Jelali et al., 2014). آهن جزء ساختمانی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و یا کوفاکتور آن‌ها می‌باشد بنابراین در شرایط کمبود آهن فعالیت این آنزیم‌ها کاهش می‌یابد (Santos et al., 2019). به از جمله درختان حساس به شرایط کمبود آهن است و در چنین شرایطی به صورت قابل توجهی افزایش در تجمع گونه‌های اکسیژن فعال را نشان می‌دهد (Valipour et al., 2020). زمانی که گیاه از کمبود آهن رنج می‌برد میکروارگانیسم‌های ریزوسفری ترکیباتی مانند سیدروفورها، اسیدهای آلی و نیز پروتون به محیط ریزوسفر ترشح می‌کنند که موجب افزایش دسترسی آهن توسط ریشه‌های گیاه و بهبود فعالیت سیستم‌های آنزیمی می‌گردد (Jin et al., 2014). اطلاعات اندکی در رابطه با نقش قارچ‌ریشه‌ها در جذب آهن و اثر بر سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان در دسترس است. از این رو مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر قارچ‌ریشه‌ها بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانهال‌های به رقم اصفهان در شرایط کمبود آهن انجام شد.

مواد و روشها

پژوهش حاضر بر روی دانهال‌های به رقم اصفهان در گلخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه صنعتی اصفهان و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل کاربرد دو گونه قارچ‌ریشه *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae* و فاکتور دوم دربرگیرنده تیمار آهن-آهن (Fe-EDDHA) در دو سطح ۵ و ۵۰ میکرومولار بود. بذره‌های جوانه‌زده به در گلدان‌های پلاستیکی با حجم چهار لیتر حاوی محیط کشت شن و پرلیت (به نسبت حجمی ۱ به ۱) استریل شده کشت شدند. قبل از کاشت بذرها، ۱۴۰ گرم مایه‌ی تلقیح (هر گرم حاوی ۱۰ اسپور) در فاصله‌ی ۳-۲ سانتی‌متری زیر بذرها قرار گرفت. از زمان کاشت بذرها تا استقرار کامل دانهال‌ها و شروع تیمارهای آهن، تمامی گلدان‌ها ۲ مرتبه در طول هفته (به مدت ۳ ماه) با ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول غذایی هوگلند (pH ۶±۰/۱) تغذیه شدند. سه ماه پس از کاشت بذرها تیمار آهن با دو سطح ۵ میکرومولار (شرایط کمبود) و ۵۰ میکرومولار (حد بهینه) اعمال شد و با مشاهده علائم کمبود آهن در برگ‌ها نمونه‌گیری از برگ‌ها جهت اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر صورت گرفت.

منابع

- Balakrishnan, N., Subramanian, K.S. 2017. Arbuscular mycorrhizal fungus inoculation on antioxidant enzyme activities in maize plants at different levels of Fe and Zn fertilization. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6: 1754-1768.
- Donnini, S., Dell'Orto, M., Zocchi, G. 2011. Oxidative stress responses and root lignification induced by Fe deficiency conditions in pear and quince genotypes. Tree Physiology, 31: 102-113.
- Jelali, N., Bonnini, S., Dell'Orto, M., Abdelly, C., Gharsalli, M., Zocchi, G. 2014. Root antioxidant responses of two *Pisum sativum* cultivars to direct and induced Fe deficiency. Plant Biology, 16: 607-614.
- Kabir, A.H., Rahman, M.M., Haider, S.A., Paul, N.K. 2015. Mechanisms associated with differential tolerance to Fe deficiency in okra (*Abelmoschus esculentus* Moench). Environmental and Experimental Botany, 112: 16-26.
- Santos, C.S., Ozgur, R., Uzilday, B., Turkan, I., Roriz, M., Rangel, A.O.S.S., Carvalho, S.M.P., Vasconcelos, M.W. 2019. Understanding the role of the antioxidant system and the tetrapyrrole cycle in iron deficiency chlorosis. Plants, 8: 348.
- Valipour, M., Baninasab, B., Khoshgofarmanesh, A.H., Gholami, M. 2020. Oxidative stress and antioxidant responses to direct and bicarbonate-induced iron deficiency in two quince rootstocks. Scientia Horticulturae, 261: 108933.