Archive of SID

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۸۴-۴۷۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 471-484

تأثیر قارچ میکوریزا (*Glomus* spp.) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticumaestivum*) تحت تأثیر کیفیت آب

سمانه حبیبی[۱]- موسی مسکرباشی[۲]- معصومه فرزانه[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۰

چکیده

باتوجه به کاهش کیفیت آب به دلیل شور شدن منابع آبی در اثر خشک‌سالی به‌عنوان یک عامل محدودکننده در تولید، مقابله با آثار مخرب آن به روش‌های مختلف مانند کاربرد قارچ‌های میکوریزا حائز اهمیت است. به‌منظور بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم یک آزمایش گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شده عبارت بودند از فاکتور اصلی شامل شوری آب (کیفیت آب) در چهار سطح آب تصفیه ($EC \leq 1$ dS m^{-1})، آب شهری ($EC = 1/7-3$ dS m^{-1})، آب شهری همراه نمک و آب تصفیه همراه نمک ($EC = 8$ dS m^{-1}) و دو فاکتور استریلیزاسیون خاک شامل خاک استریل و خاک غیراستریل و فاکتور تلقیح با قارچ‌های میکوریزا با سه گونه *Glomusmosseae*، *G. intraradices*، *G. geosporum*، مخلوط سه گونه قارچ و شاهد (عاری از قارچ) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی اعمال شد. از اجزای عملکرد و عملکرد در مرحله رسیدگی و از درصد کلونیزاسیون ریشه در مرحله گل‌دهی اندازه‌گیری به‌عمل آمد. نتایج نشان داد که اعمال شوری درصد کلونیزاسیون ریشه و تعداد دانه در سنبله را کاهش داد ولی بر عملکرد و دیگر اجزای عملکرد اثر معنی‌داری نداشت. تیمار خاک غیراستریل که شامل دیگر میکروارگانیسم‌ها نظیر قارچ‌های بومی خاک نیز بود با وجود افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه سبب تغییرات معنی‌داری در عملکرد و اجزای عملکرد نشد. تلقیح با سه گونه قارچ میکوریزا موفقیت‌آمیز بوده و در میان تیمارهای تلقیح قارچ، به‌طور میانگین ۱۵ تا ۳۲ درصد کلونیزاسیون و ۷ تا ۱۳ درصد وابستگی میکوریزایی مشاهده شد و سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، تعداد سنبله و تعداد دانه در بوته شد. علاوه بر درصد کلونیزاسیون در تمامی اجزای عملکرد به‌جز تعداد سنبله در بوته برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا معنی‌دار شد. در میان اجزای عملکرد برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا تنها بر سنبله در بوته و تعداد دانه در سنبله و درصد کلونیزاسیون معنی‌دار شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد کلونیزاسیون با تعداد سنبله، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: درصد کلونیزاسیون ریشه، شوری، قارچ‌های بومی، وابستگی میکوریزایی

مقدمه

همزیستی قارچ‌های میکوریزا با گیاهان این امکان را فراهم می‌سازد تا با گسترش هیف‌های خود حجم زیادی از خاک را اشغال کنند و با گسترش سطح جذب گیاه سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده (Sharma, 2002) و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهند که کمیت آن به‌وسیله پاسخ رشد میزبان محاسبه می‌شود و اصطلاحاً به آن وابستگی میکوریزایی[۴](MD) گفته می‌شود که توسط Gerdemann (۱۹۷۵) به‌عنوان سودمندی میکوریزایی یا درجه‌ای که گیاه بسته به وضعیت میکوریزایی بیشترین عملکرد و یا رشد را در یک سطح خاص حاصلخیزی تولید می‌کند، گفته می‌شود (Ortas, 2012). افزایش وابستگی میکوریزایی گندم (*Triticumaestivum*) به میکوریزا در شرایط تنش شوری به اثبات رسیده است (Abdel-Fattah & Asrar, 2012). تنش شوری تأثیر منفی بر رشد، عملکرد زیست توده و دیگر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه دارد و زمانی‌که گیاه با قارچ میکوریزا تلقیح شود اثرات منفی شوری بر گیاه کاهش می‌یابد (El–Amri *et al.*, 2013). آزمایشات انجام شده در خاک‌هایی با

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- استادیار گروه زراعت- فیزیولوژی علف‌های‌هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: (Email: m.farzaneh@scu.ac.ir

4- Mycorrhizal Dependency (MD)

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت اندک فسفر نشان می‌دهد کلونیزاسیون میکوریزا افزایش عملکرد گندم را به‌دنبال داشته است (Ruiz-Lozano & Azcon, 2000). همزیستی گیاه با میکوریزا با افزایش سطح جذب ریشه، جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر توسط هیف‌ها و انتقال آن به ریشه گیاه سبب بهبود وضعیت غذایی و کاهش اثرات منفی تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Abdel-Fattah & Asrar, 2012; Alqarawi *et al.*, 2014). گندم میکوریزایی رشد بهتری در مقایسه با گندم غیرمیکوریزایی در شرایط تنش شوری دارد (Ibrahim *et al.*, 2011) چرا که تلقیح با قارچ میکوریزا با جلوگیری از جذب و انتقال سدیم به اندام هوایی اثرات شوری بر گندم را کاهش داده و با افزایش جذب فسفر در کاهش جذب سدیم مؤثر عمل کرده (Abdel-Fattah & Asrar, 2012) و با تجمع عناصر غذایی و نمک‌های محلول به تنظیم اسمزی و خنثی کردن خسارت اکسیداتیو ناشی از تنش شوری در ژنوتیپ‌های گندم کمک می‌کند (El –Amri *et al.*, 2013). البته گونه‌های مختلف قارچ ظرفیت متفاوتی در ایجاد کلونیزاسیون ریشه دارند و همچنین تأثیر متفاوتی بر رشد گیاه می‌گذارند. تنش شوری علاوه بر تأثیر بر گیاهان میزبان بر قارچ‌های میکوریزا نیز تأثیرگذار است (Ortas *et al.*, 2011). سمیت یونی و تنش اسمزی به‌وجود آمده بر اثر شوری از رشد هیف‌های قارچ جلوگیری می‌کند. علاوه بر تنوع گونه‌ای قارچ‌های میکوریزای موجود در خاک، کمیت و کیفیت نمک به‌کار رفته در محلول خاک نیز رشد هیف را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mcmillen *et al.*, 1998; Ruiz-Lozano & Azcon, 2000; Hajiboland *et al.*, 2010). افزایش غلظت نمک‌ها در خاک و آب آبیاری سبب مختل شدن توانایی ایجاد کلونیزاسیون، جوانه‌زنی اسپور و رشد هیف‌های قارچی می‌شود (Juniper & Abbott, 1993; Evelin *et al.*, 2009). حضور قارچ‌های میکوریزا بهبود رشد گیاه در مواجه با شوری را به دنبال دارد (Juniper & Abbott, 1993). از طرفی توانایی قارچ‌های میکوریزا برای حفاظت گیاه در مقابل اثرات تنش شوری در میان گونه‌های قارچی متفاوت است (Evelin *et al.*, 2009) و البته بالا بودن جمعیت قارچ‌های میکوریزای بومی در خاک دلیل بالاتر بودن کلونیزاسیون قارچ در ریشه محسوب نمی‌شود (Füzy *et al.*, 2008). اهداف این تحقیق شامل مقایسه چند گونه قارچ میکوریزا در ترکیب با یکدیگر و کاربرد جداگانه آن‌ها و همچنین در تقابل با قارچ‌های میکوریزای بومی خاک در بهبود عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد و درصد کلونیزاسیون با توجه به کیفیت آب بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلدانی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌اجرا درآمد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت در جدول ۱ آمده است.

فاکتورهای بررسی‌شده شامل فاکتور اول (اصلی) سطوح شوری شامل آبیاری با آب تصفیه ($EC \leq 1 dS\ m^{-1}$) و آب شهری ($EC = 1/7-3\ dS\ m^{-1}$) و آب شهری همراه نمک و آب تصفیه همراه نمک ($EC = 8\ dS\ m^{-1}$) با نمک NaCl (مرک)، فاکتور دوم استریلیزاسیون خاک، شامل خاک استریل و خاک غیراستریل و فاکتور سوم تلقیح با قارچ میکوریزا شامل سه گونه *Glomusmosseae*، *G. intraradices*، *G. geosporum* مخلوط سه گونه قارچ (تیمار ترکیبی) و شاهد (عاری از قارچ) بود. ترکیبات عامل دوم و سوم به‌صورت فاکتوریل در سطوح فاکتور اصلی ایجاد شدند. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک عمق ۳۰- ۰ سانتی‌متر محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties in 0-30 cm depth

بافت خاک (Soil texture)	هدایت الکتریکی (EC)	pH	نیتروژن کل (Total nitrogen)	فسفر قابل دسترس (Available P)	پتاسیم K^+	سدیم Na^+	مواد آلی (Organic matter)
	($dS\ m^{-1}$)		(%)	($mg\ kg^{-1}$)			(%)
لومی رسی (Clay loam)	5.38	7.6	0.071	13	151	165	0.55

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

Table 2- Chemical properties of irrigation water

آب آبیاری (Irrigation water)	EC	pH	K^+	Na^+	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{+2}	Mg^{+2}
	($dS\ m^{-1}$)		($mg\ l^{-1}$)					
آب تصفیه (Water purification)	0.50	7.32	8.15	9.12	17.75	5.04	3.20	2.10
آب شهری (Urban water)	2	8.50	11.60	34	53.25	19.20	14.31	12.75

www.SID.ir

Archive of SID

خاک استفاده‌شده (به نسبت ۳ سهم ماسه و ۱ سهم خاک) برای اعمال تیمارهای خاک استریل، قبل از پرشدن گلدان‌های ۵ کیلوگرمی به ابعاد ۲۰ ×۲۰ سانتی‌متر در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت استریل شد. مایه تلقیح شامل اسپور، ریشه قارچ و قطعات ریشه کلونیزه به میزان ۳۰ گرم در گلدان با خاک بستر بذر در زمان کاشت مخلوط شد (تهیه‌شده از زیست فناور توران). در تیمار ترکیبی، بذور گندم با مخلوطی ۳۰ گرمی به نسبت‌های مساوی از سه گونه قارچ مورد استفاده تلقیح شدند. به‌منظور یکسان‌سازی بین تیمارهای محتوی قارچ و شاهد، ۳۰ گرم از مخلوط ماده تلقیح هر سه گونه قارچ پس از استریل در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد برای اطمینان از عدم زنده بودن قارچ به گلدان‌های تیمار شاهد (عاری از قارچ) اضافه شد. ۱۲ عدد بذر گندم (رقم چمران) ضدعفونی شده با هیپوکلریت سدیم یک درصد در بستر کشت روی ماده تلقیح مربوطه قرار گرفته سپس با لایه‌ای از شن و خاک پوشانده شدند (زمان کشت اوایل آذر). در مرحله ۲–۳ برگی، تعداد بوته‌ها در گلدان به ۸ بوته تنک شد. برای جلوگیری از وارد آمدن شوک به گیاه، تیمار شوری به‌صورت پلکانی در دو مرحله (اولین آبیاری با $EC = 4\ dS\ m^{-1}$) پس از استقرار کامل گیاهچه و قبل از شروع پنجه‌زنی هم‌زمان با هر بار آبیاری اعمال شد و همواره تا زمان رسیدگی کامل دانه (اواسط اردیبهشت) ادامه پیدا کرد. شوری آب ورودی و خروجی به هر گلدان در این مدت با دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (Multi Parameter PCTester 35) کنترل شد. برای تعیین تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نمونه‌های گیاه در مرحله رسیدگی کامل برداشت شدند و در مورد درصد کلونیزاسیون ریشه در مرحله گل‌دهی اندازه‌گیری به‌عمل آمد. بعد از جداسازی سنبله‌ها، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس صفات مورد نظر بررسی شد. وابستگی میکوریزایی طبق رابطه (۱) محاسبه شد (Gerdemann, 1975).

$$MD = (Ym - Ynm)/Ym \qquad (۱)$$

که در آن وابستگی میکوریزایی با MD، وزن خشک گیاه میکوریزایی با Ym و وزن خشک گیاه غیرمیکوریزایی با Ynm نشان داده شده است.

برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه، از ریشه‌ها یک زیر نمونه به وزن یک گرم انتخاب و ریشه‌ها پس از شستشو و تمیز شدن به قطعات ۲–۱ سانتی‌متری برش داده شد. رنگ‌آمیزی ریشه‌ها با روش فیلیپس و هیمن انجام شد (Philips & Hayman, 1970). به‌منظور شفاف شدن ریشه‌ها در لوله آزمایش حاوی هیدروکسید پتاسیم ۱۰٪ به مدت ۴۵ دقیقه در بن‌ماری در دمای ۹۰–۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و پس از شستشو در آب مقطر توسط محلول رنگی تریپان بلو ۰/۰۵ درصد به مدت ۳۰ دقیقه رنگ‌آمیزی شدند. ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده با استفاده از استریومیکروسکوپ به کمک روش خطوط متقاطع[1] (Giovannetti & Mosse, 1980) مورد مطالعه قرار گرفتند و درصد کلونیزاسیون ریشه تعیین شد (Giovannetti & Mosse, 1980). محاسبات آماری با کمک نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد کلونیزاسیون ریشه

نتایج آزمایش نشان داد شوری تأثیری معنی‌دار بر میزان کلونیزاسیون قارچ در ریشه داشت (جدول ۳). اعمال شوری سبب کاهش درصد کلونیزاسیون قارچ در ریشه شد (جدول ۴). بیشترین درصد کلونیزاسیون در تیمارهای با آب تصفیه و آب شهری به‌ترتیب ۳۱/۴۰ و ۳۰/۶۶ درصد بود که اختلاف بین این دو معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد اعمال شوری (۸ دسی‌زیمنس بر متر) چه با آب تصفیه و چه با آب شهری، درصد کلونیزاسیون را کاهش داد ولی تیمار آب تصفیه همراه نمک نسبت به تیمار آب شهری همراه نمک سبب کاهش شدیدتر درصد کلونیزاسیون (سطح ۱٪) شد که درصد کلونیزاسیون در این دو تیمار به‌ترتیب ۷/۶۳ و ۲۲/۱۳ درصد بود (جدول ۴). به گزارش رجالی و همکاران با افزایش سطوح شوری از $EC = 4dS\ m^{-1}$ به ۸ دسی‌زیمنس بر متر درصد کلونیزاسیون ریشه گندم میکوریزایی (رقم چمران) کاهش یافت (Rejali *et al.*, 2010). شوری مانع از جوانه‌زنی اسپورهای قارچ میکوریزا شده و با جلوگیری از رشد هیف در خاک و گسترش هیف‌ها پس از آلودگی اولیه در خاک و کاهش تعداد آربوسکول سبب کاهش کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزا می‌شود (Garg & Manchanda, 2009).

نتایج آزمایش نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون قارچ در ریشه داشت (جدول ۳) و در میان تیمارهای قارچی به‌طور متوسط ۱۵ تا ۳۲ درصد کلونیزاسیون ریشه مشاهده شد (جدول ۴). اختلاف تیمار ترکیبی با دیگر تیمارها معنی‌دار شد و بیشترین درصد کلونیزاسیون (۳۲/۸۰٪) را به‌خود اختصاص داد. درصد کلونیزاسیون حاصل از گونه‌های *G.mosseae* و *G.geosporum* اختلاف معنی‌داری با شاهد (عدم تلقیح) نشان داد و کمترین کلونیزاسیون در ریشه توسط گونه *G.intraradices* ایجاد شد (۱۷/۰۸٪) که با شاهد (۱۵/۰۴٪) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

1- Gridline intercept method

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳-تجزیه واریانس(میانگین مربعات) درصد کلونیزاسیون قارچ در ریشه، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم تلقیح یافته با قارچ میکوریزا در شرایط شور

Table 3- Analysis of variance (means of squares) for root AMF colonization, yield and yield component of inoculated wheat with AMF under the salinity conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلونیزاسیون ریشه Root colonization	سنبله در بوته Spike per plant	دانه در سنبله Grain per spike	دانه در بوته Grain per plant	وزن هزار دانه Thousand grains weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	وابستگی میکوریزایی Mycorrhizal dependency
بلوک (Block)	2	17.73	0.09	2.72	47.19	38/72	0.10	5.70	65.90
شوری (Salinity)	3	3656.42**	0.32$^{n.s}$	12.94**	551.90$^{n.s}$	2.98$^{n.s}$	0.59$^{n.s}$	717.27**	50.76$^{n.s}$
خطای اصلی (Error a)	6	5.88	0.20	1.40	177.32	43.28	0.16	88.34	134.48
استریلیزاسیون خاک (Soil sterilization)	1	7584.30**	0.01$^{n.s}$	9.07$^{n.s}$	20.62$^{n.s}$	0.19$^{n.s}$	0.03$^{n.s}$	9.63$^{n.s}$	43.94$^{n.s}$
میکوریزا (Mycorhiza)	4	1174.30**	0.07**	6.20$^{n.s}$	88.60**	16.17$^{n.s}$	0.18**	16.40**	739.26**
شوری × استریلیزاسیون (Salinity×Sterilization)	3	620.1**	0.01$^{n.s}$	2.76$^{n.s}$	41.21$^{n.s}$	6.47$^{n.s}$	0.01$^{n.s}$	4.66$^{n.s}$	35.52$^{n.s}$
شوری× میکوریزا (Salinity×Mycorhiza)	12	189.66**	0.01$^{n.s}$	16.76**	74.38**	25.92**	0.01$^{n.s}$	6.83$^{n.s}$	20.70$^{n.s}$
استریلیزاسیون × میکوریزا (Sterilization×Mycorhiza)	4	798.57**	0.05**	20.28**	1.54$^{n.s}$	1.58$^{n.s}$	0.01$^{n.s}$	10.86**	5.90$^{n.s}$
شوری × استریلیزاسیون× میکوریزا(Salinity×Sterilization×Mycorhiza)	12	62.45$^{n.s}$	0.01$^{n.s}$	6.00$^{n.s}$	24.51$^{n.s}$	9.03$^{n.s}$	0.01$^{n.s}$	4.49$^{n.s}$	23.50$^{n.s}$
خطای فرعی (Error b)	72	35.52	0.01	4.62	1144.92	9.80	0.01	4.05	27.18
ضریب تغییرات (CV)	-	25.83	7.20	6.77	8.34	10.57	6.23	7.05	27.38

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد; ns: غیر معنی‌دار ** and *: significant at the 1%, 5% probability levels, respectively;ns: not significant

www.SID.ir

جدول ٤ - مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای شوری، استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر صفات مورد اندازه‌گیری

Table 4- Mean comparisons of salinity, Soil sterilization and mycorrhiza fungi treatments on measured traits

تیمارها Treatments	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (٪)	سنبله در بوته Spike per plant (Number)	دانه در سنبله Grain per spike (Number)	دانه در بوته Grain per plant (Number)	وزن هزار دانه Thousand grains weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (g/plant)	شاخص برداشت Harvest index (٪)	وابستگی میکوریزایی Mycorrhizal dependency (٪)
آب تصفیه (Water purification)	31.40	1.69	32.43	54.45	29.81	1.60	25.06	8.37
آب شهری (Urban water)	30.66	1.70	32.13	54.20	29.79	1.61	25.26	7.66
آب شهری همراه نمک (Urban water with salt)	22.13	1.55	31.13	46.13	29.14	1.33	35.53	9.36
آب تصفیه همراه نمک (Water purification with salt)	7.63	1.50	31.12	47.87	29.66	1.41	28.33	10.48
LSD	3.2	ns	1.08	ns	ns	ns	9	ns
استریل (Steril)	15.11	1.61	31.45	50.25	29.56	1.47	28.83	8.48
غیراستریل (Non –steril)	31.01	1.60	32.00	51.08	29.64	1.50	28.26	9.69
LSD	2.86	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Glomusmosseae	29.50	1.67	32.08	52.81	29.98	1.56	28.16	13.10
Glomusintraradices	17.08	1.60	31.87	50.93	30.20	1.52	29.33	11.95
Glomusgeosporum	24.62	1.64	32.00	52.08	30.25	1.55	27.95	12.83
Mixture of species	32.08	1.62	30.83	49.40	29.24	1.44	27.75	7.56
Control	15.04	1.52	31.83	48.12	28.32	1.36	29.54	0.0
LSD	4.53	0.08	ns	3.2	ns	0.07	0.015	2.89

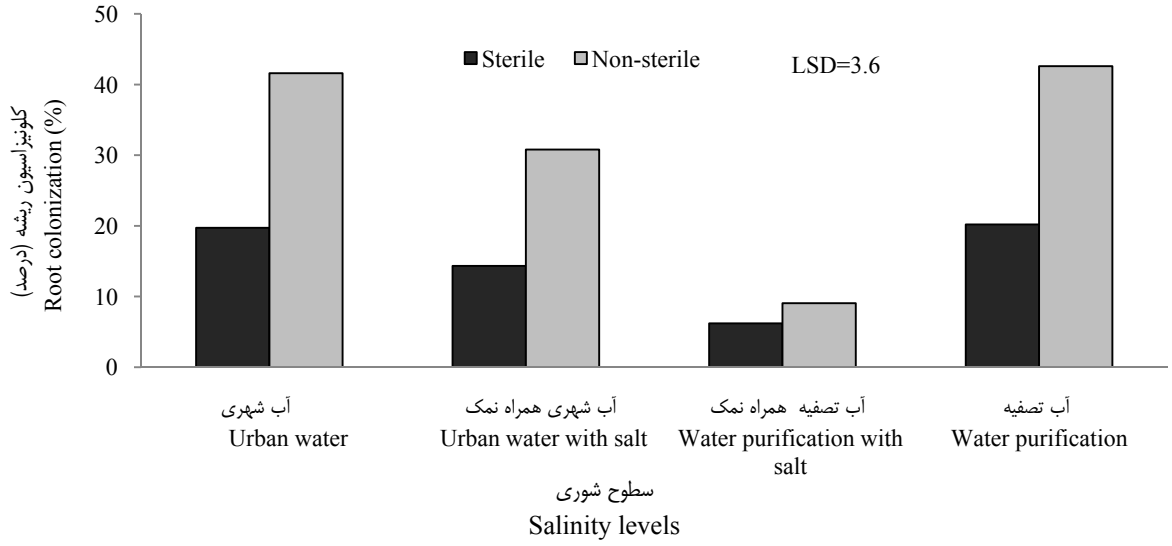
میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد (در ستون شاخص برداشت در سطح ۵ درصد) اختلاف معنی دار با یکدیگر ندارند.

Different letters in each column indicate significant differences for means from three replicates at the 1% probability(in harvest index column: at the 5% probability)according to LSD.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- تأثیر شوری بر درصد کلونیزاسیون میکوریزای ریشه گندم در شرایط استریلیزاسیون خاک
Figure 1- Effect of salinity on percent of wheat root colonization under soil sterilization

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری و استریلیزاسیون خاک (شکل ۱) نشان می‌دهد بدون اعمال شوری همواره درصد کلونیزاسیون خاک‌های غیراستریل نسبت به خاک‌های استریل بیشتر بود در حالی‌که در زمان اعمال شوری این روند تا حدودی تغییر کرد. زمانی‌که شوری با آب تصفیه اعمال شد، درصد کلونیزاسیون گیاهان کاشته شده در خاک‌های غیراستریل به شدت کاهش یافت و با تیمارهای استریل در یک گروه آماری قرار گرفتند (سطح ۱٪) درحالی‌که در زمان اعمال شوری با آب شهری، تیمارهای غیراستریل نسبت به تیمارهای استریل برتری خود در درصد کلونیزاسیون را (همانند روند در سطوح غیرشور) حفظ کردند.

برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا در جدول ۵ نشان می‌دهد که در تیمارهای آب تصفیه و شهری، *G. mosseae* بعد از تیمار ترکیبی بالاترین درصد کلونیزاسیون را داشت و بعد از آن *G. geosporum* و *G. intraradices* قرار گرفتند که البته نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشتند. با اعمال شوری درصد کلونیزاسیون بسته به کیفیت آب فرق می‌کرد. با اعمال شوری با آب شهری باز هم درصد کلونیزاسیون ناشی از تمام گونه‌های قارچی به‌جز *G. intraradices* نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشتند و اختلافات بین گونه‌ها نیز معنی‌دار شد. گونه *G. geosporum* (۳۲/۶۷٪) و تیمار ترکیبی (۳۰/۵۰٪) بیشترین درصد کلونیزاسیون را به‌خود اختصاص دادند و بعد از آن *G. mosseae* (۱۹/۵۰٪) و *G. intraradices* (۱۳/۱۶٪) قرار گرفتند. زمانی‌که شوری با آب تصفیه انجام شد، بیشترین درصد کلونیزاسیون (۱۰/۸۳٪) متعلق به *G. mosseae* بود که البته تفاوت درصد کلونیزاسیون بین تیمارهای قارچی معنی‌دار نبود در حالی‌که نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری در درصد کلونیزاسیون نشان دادند.

برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر استریلیزاسیون خاک بر درصد کلونیزاسیون ریشه نیز در سطح ۱٪ معنی دار گردید. برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا نشان می‌دهد (جدول ۶) در خاک غیراستریل درصد کلونیزاسیون ریشه حاصل از قارچ‌های میکوریزای بومی (شاهد در خاک غیراستریل) با تیمارهای قارچی اختلاف معنی‌داری نداشت و فقط تیمار ترکیبی نسبت به شاهد در رده آماری بالاتری قرار گرفت، در ریشه تیمارهای شاهد در خاک استریل، ریشه کلونیزه شده‌ای مشاهده نشد. درصد کلونیزاسیون ناشی از تیمارهای قارچی به‌جز گونه *G. mosseae* در خاک غیراستریل نسبت به استریل افزایش داشت، از طرفی در خاک استریل بین تمام تیمارهای قارچی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و به‌ترتیب *G. mosseae* (۲۵/۶۶٪)، تیمار ترکیبی (۲۵/۰۰٪)، *G. geosporum* (۲۰/۱۶٪) و *G. intraradices* (۴/۷۵٪) نسبت به شاهد (صفر) درصد کلونیزاسیون بالاتری داشتند در حالی‌که در خاک غیراستریل (علاوه بر قارچ‌های میکوریزای بومی خاک هر تیمار شامل ماده تلقیحی قارچ مربوطه‌اش نیز بود) فقط تیمار ترکیبی نسبت به شاهد (شامل قارچ‌های میکوریزای بومی و فاقد قارچ تلقیحی) درصد کلونیزاسیون بیشتری تولید کرد ولی سه گونه قارچ نسبت به شاهد درصد کلونیزاسیون بیشتری ایجاد نکردند. درصد کلونیزاسیون مشاهده شده در تیمار شاهد (عاری از قارچ تلقیحی) خاک غیراستریل مربوط به قارچ‌های میکوریزای بومی موجود است که قادر به کلونیزاسیون ریشه‌های گندم بودند (جدول ۶). نتایج این آزمایش نشان داد که

www.SID.ir

Archive of SID

کلونیزاسیون قارچ در شرایط غیراستریل بیشتر از استریل بود این موضوع نقشی که گونه‌های بومی قارچ میکوریزا و دیگر میکروارگانیسم‌های همزیست خاک در ایجاد کلونیزاسیون قارچ در ریشه دارند را آشکار می‌کند که با نتایج Marulanda و همکاران مطابقت دارد (Marulanda *et al.*, 2006).

نتایج به‌دست آمده از تیمارهای مورد آزمایش روی درصد کلونیزاسیون نیز نشان می‌دهد که اعمال شوری با هر دو نوع آب کاهش درصد کلونیزاسیون را به دنبال داشت ولی آب تصفیه همراه نمک اثر کاهشی بیشتر و معنی‌داری نسبت به آب شهری همراه نمک داشت که با توجه به EC برابر در هر دو تیمار بعد از اعمال شوری و مقایسه یونی آب‌ها قبل از اعمال شوری (جدول ۲) ممکن است این تفاوت ناشی از نسبت‌های یونی مختلف در این دو نوع آب باشد. اثر شوری به‌ویژه زمانی‌که با آب تصفیه اعمال شد علاوه بر گونه‌های قارچی بر قارچ‌های میکوریزای بومی خاک نیز اثر منفی داشت تا جایی‌که اثر افزایشی قارچ‌های میکوریزای بومی در همکاری با قارچ‌های تلقیح شده برای کلونیزاسیون ریشه را خنثی ساخت. تأثیر شوری بر درصد کلونیزاسیون بسته به گونه قارچ و کیفیت آب متفاوت بود. *G. mosseae* بدون اعمال شوری درصد کلونیزاسیون بالایی داشت که تحت تأثیر شوری به شدت کاهش یافت درحالی‌که *G. geosporum* با حفظ درصد کلونیزاسیون در آب شهری همراه نمک، تحمل نسبی به شوری نشان داد ولی در تیمار آب تصفیه همراه نمک درصد کلونیزاسیون آن مانند دیگر تیمارها به شدت کاهش یافت (جدول ۵). این در حالی بود که درصد کلونیزاسیون حاصل از تیمارهای *G.mosseae* تحت تأثیر قارچ‌های میکوریزای بومی خاک قرار نگرفت در حالی‌که گونه *G. intraradices* و *G. geosporum* در خاک‌های غیراستریل تحت تأثیر قارچ‌های میکوریزای بومی افزایش درصد کلونیزاسیون نشان دادند. از طرفی توانایی قارچ‌های میکوریزای بومی (شاهد بدون تلقیح گونه‌های قارچی در خاک غیراستریل) در ایجاد کلنی در ریشه با گونه‌های قارچی برابری می‌کرد (جدول ۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه و برخی اجزای عملکرد در گیاه گندم

Table 5- Mean comparisons of interaction effect of salinity stress and mycorrhizal fungi on root colonization and some yield component of wheat

تیمار شوری Salinity treatment	گونه‌های قارچ Fungi species	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	دانه در سنبله Grain per spike (Number)	دانه در بوته Grain per plant (Number)	وزن هزار دانه Thousand grains weight (g)
آب تصفیه (Water purification)	*G. mosseae*	38.16	35.66	63.04	26.98
	G. intraradices	26.00	33.33	54.27	30.59
	G. geosporum	27.83	30.50	50.04	33.33
	ترکیب سه گونه قارچ	45.83	30.83	53.33	29.69
	شاهد	19.16	32.33	51.58	28.77
آب شهری (Urban water)	*G. mosseae*	37.50	31.0	54.27	30.53
	G. intraradices	24.33	32.83	57.56	28.04
	G. geosporum	26.83	33.16	56.35	30.14
	ترکیب سه گونه قارچ	42.33	30.83	51.04	31.55
	شاهد	22.33	32.83	51.79	28.70
آب شهری همراه نمک (Urban water with salt)	*G. mosseae*	19.50	31.50	48.13	30.40
	G. intraradices	13.16	31.33	46.83	30.44
	G. geosporum	32.67	33.16	49.73	27.99
	ترکیب سه گونه قارچ	30.50	30.16	44.54	27.54
	شاهد	14.83	29.50	41.46	2.32
آب تصفیه همراه نمک (Water purification with salt)	*G. mosseae*	10.83	30.16	45.81	32.31
	G. intraradices	4.83	30.00	45.04	31.74
	G. geosporum	9.00	31.66	52.19	29.56
	ترکیب سه گونه قارچ	9.66	31.50	48.67	28.18
	شاهد	3.83	32.66	47.65	26.51
	LSD	5.71	2.02	4.05	3.01

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد اختلاف معنی دار با یکدیگر ندارند.

Different letters in each column indicate significant differences for means from three replicates at the 1% probability according to LSD

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ‌میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون و برخی اجزای عملکرد گیاه گندم

Table 6- Mean comparisons of interaction effect soil sterilization and mycorrhizae fungi on percent of colonization and yield component of wheat

استریلیزاسیون خاک Soil sterilization	گونه قارچ Fungi species	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (٪)	سنبله در بوته Spike per plant (Number per plant)	دانه در سنبله Grain per spike (Number per plant)	Harvest index (%)
استریل Sterile	*G. mosseae*	25.66	1.75	30.33	28.08
	G. intraradices	4.75	1.60	31.75	29.41
	G. geosporum	20.16	1.62	32.08	27.75
	Mixture of species	25.00	1.61	30.50	27.91
	Control	0.0	1.47	32.58	31.00
غیراستریل Non-Sterile	*G. mosseae*	27.33	1.59	33.83	28.25
	G. intraradices	29.41	1.61	32.00	29.25
	G. geosporum	29.08	1.65	31.91	28.16
	Mixture of species	39.16	1.62	31.16	27.58
	Control	8.30	1.56	31.08	28.08
	LSD	4.04	0.078	1.428	0.013

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد اختلاف معنی دار با یکدیگر ندارند.

Different letters in each column indicate significant differences for means from three replicates at the 1% probability according to LSD

عملکرد و اجزای عملکرد

تعداد سنبله در بوته

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان می‌دهد که اعمال شوری و استریلیزاسیون خاک اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله در بوته نداشت در حالی‌که اثر تیمار قارچ میکوریزا و برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر تعداد سنبله در بوته اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ایجاد کرد (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که تیمارهای قارچی نسبت به شاهد تعداد سنبله بیشتری در بوته تولید کردند که البته این افزایش در تیمارهای تلقیح شده با گونه *G. intraradices* معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا نشان داد در حالی‌که در خاک غیراستریل تفاوتی بین تیمارهای قارچی نبود، در خاک استریل نه تنها تلقیح نسبت به شاهد سبب افزایش سنبله در بوته شد بلکه در بین تیمارهای قارچی هم اختلاف معنی‌داری وجود داشت که بیشترین تعداد سنبله در بوته (۱/۷۵ سنبله در بوته) به قارچ *G. mosseae* در خاک استریل و کمترین تعداد نیز به تیمار شاهد در خاک استریل (۱/۴۷ سنبله در بوته) اختصاص یافت (جدول ۶). روند تعداد سنبله در گلدان تیمارهای قارچی در خاک استریل و غیراستریل تا حدودی شبیه روند درصد کلونیزاسیون این تیمارها در این دو نوع خاک است. گونه *G. mosseae* با درصد کلونیزاسیون بالاتر در خاک استریل تعداد سنبله بیشتری تولید کرد. همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = ۰/۳۰^{**}$) بین درصد کلونیزاسیون و تعداد سنبله در بوته (جدول ۷) مشاهده شد. رقابت بین گونه‌های قارچ به‌کار رفته و میکوریزای بومی و دیگر میکروارگانیسم‌ها در خاک غیراستریل ممکن است نقش قارچ‌های میکوریزا را تحت تأثیر قرار دهد (Azcon & Ocampo, 1981).

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر شوری قرار گرفت و با اعمال شوری کاهش یافت که این کاهش در زمان اعمال شوری نسبت به آب تصفیه معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان از نبود تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای قارچی و استریلیزاسیون بود و برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا و همچنین استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا در جدول ۵ نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب از تأثیر گونه‌های قارچی در افزایش تعداد دانه در سنبله کاسته می‌شود. در بین گونه‌های قارچی بیشترین تعداد دانه در سنبله متعلق به *G. mosseae* و *G. intraradices* در آب تصفیه (به‌ترتیب به میزان ۳۵/۶۶ و ۳۳/۳۳ دانه در سنبله) و کمترین آن نیز بعد از شاهد در آب شهری همراه نمک (۲۹/۵۰ دانه در سنبله) مربوط به همین گونه‌ها در آب تصفیه همراه نمک بود (به‌ترتیب ۳۰/۱۶ و ۳۰ دانه در سنبله). در این میان *G. geosporum* و تیمار ترکیبی کمتر تحت تأثیر شوری قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا نشان داد که *G. mosseae* در خاک غیراستریل دانه در سنبله بیشتری و در خاک استریل، دانه در سنبله کمتری نسبت به شاهد تولید کرد. کم بودن دانه در سنبله تیمار *G. mosseae* در خاک استریل ممکن است نتیجه توزیع دانه‌ها در تعداد سنبله بیشتر در بوته نسبت به شاهد باشد (جدول ۶).

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد دانه در بوته

جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که فقط اثر قارچ میکوریزا و برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد که بوته‌های تلقیح شده با گونه‌های قارچی نسبت به شاهد تعداد دانه بیشتری داشتند هرچند تفاوت بین تیمار ترکیبی و شاهد معنی‌دار نبود. در بین گونه‌های قارچی، *G. mosseae* بیشترین تعداد دانه در گلدان (۵۲/۸۱ دانه در بوته) را داشت. برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا نشان می‌دهد (جدول ۵) که تیمارهای قارچی نسبت به شاهد تعداد دانه بیشتری در بوته داشتند، هر چند توانایی *G. mosseae* و *G. intraradices* در تولید دانه شدیداً تحت تأثیر شوری قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در گلدان مربوط به این دو گونه در آب تصفیه بود، در حالی‌که با اعمال شوری با آب تصفیه این دو گونه کمترین تعداد دانه در گلدان را نسبت به شاهد نشان دادند. *G. geosporum* ثبات بیشتری برای تعداد دانه در گلدان تحت تأثیر تنش شوری نشان داد.

وزن هزار دانه

بررسی نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اختلافات معنی‌داری از اثرات شوری، استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه را نشان نداد و فقط برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا نشان می‌دهد که با اعمال شوری نوسانات وزن هزار دانه نسبت به تعداد دانه در گلدان کمتر تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۵).

در میان تیمارهای قارچی، کمترین وزن هزار دانه متعلق به *G. mosseae* در آب تصفیه و بیشترین وزن هزار دانه مربوط به بوته‌های تیمار شده با *G. intraradices* و *G. mosseae* در آب تصفیه همراه نمک بود. وزن دانه بوته‌های تیمار شده با *G. geosporum* نیز با اعمال شوری کاهش یافت. زمانی‌که تیمارهای قارچی سبب افزایش تعداد دانه در بوته شد وزن هزاردانه آن کاهش یافت و بالعکس، با توجه به همبستگی بالا و منفی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته ($r = -۰/۴۶^{**}$) می‌توان گفت که در فرآیند انتقال مجدد، مواد کمتری به تعداد دانه بیشتری تعلق گرفته است.

عملکرد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر شوری و استریلیزاسیون خاک قرار نگرفت. اثر قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمارهای قارچی عملکرد دانه بالاتری نسبت به شاهد (در سطح ۱٪) داشتند و اختلاف تیمار ترکیبی با دیگر تیمارهای قارچی معنی‌دار شد و در سطح پایین‌تری قرار گرفت (جدول ۴). ضریب‌های همبستگی بین صفات مورد ارزیابی (جدول ۷) نشان داد که عملکرد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد کلونیزاسیون ($r = ۰/۳۲^{**}$) دارد که با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار درصد کلونیزاسیون با تعداد سنبله در بوته ($r = ۰/۳۰^{**}$) و تعداد دانه در بوته ($r = ۰/۳۰^{**}$)، عملکرد دانه نیز همبستگی بالایی با این دو صفت (به‌ترتیب $r = ۰/۶۲^{**}$ و $r = ۰/۶۱^{**}$) نشان داد. علاوه بر این صفات، وزن هزار دانه ۴۱٪ در افزایش عملکرد دانه نقش داشت. گندم گیاهی نسبتاً مقاوم به شوری، با حد آستانه شوری برابر ۸–۶ دسی‌زیمنس بر متر و شیب کاهش عملکرد برابر ۷/۱٪ است (Munns *et al.*, 2006; Maas, 2012). گندم از نظر میزان حساسیت به شوری، مرحله رویشی آن بیشترین، مرحله بلوغ کمترین حساسیت و مرحله زایشی بینابین این دو مرحله قرار دارد. حسین و همکاران در آزمایشی نشان دادند که کاهش عملکرد در شرایط شور همبستگی بیشتری با تعداد دانه نسبت به وزن دانه داشت. اثر شوری بر تشکیل اندام‌های زایشی، بیشتر با تأثیر شوری در مراحل قبلی یعنی رشد رویشی و تشکیل اندام‌های زایشی تا قبل از مرحله گرده‌افشانی انجام می‌شود (Ibrahim *et al.*, 2011). مردوخی و همکاران بیان کردند تلقیح گندم با ۳ گونه *G. etunicatum* و *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به کاربرد جداگانه آنها سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (رقم چمران) شد (۲۰). Daei و همکاران نیز گزارش کردند *G. etunicatum* در مقایسه با *G. mosseae* در ۲ ژنوتیپ گندم (کویر و طبسی) عملکرد دانه را در شرایط شور در سطح بالاتری حفظ کردند ولی در ژنوتیپ روشن گونه *G. mosseae* سبب افزایش عملکرد دانه شد (Daei *et al.*, 2009). Al-Karaki و همکاران در آزمایشی بر روی گندم در شرایط تنش خشکی بیان کردند که گونه *G. etunicatum* در مقایسه با *G. mosseae* سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد و این افزایش را به بالاتر بودن زیست توده گیاه در شرایط تلقیح با میکوریزا نسبت دادند (Al-Karaki *et al.*, 2004).

شاخص برداشت

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تأثیر شوری بر شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در این آزمایش نیز شاخص برداشت با افزایش شوری افزایش یافت. بین تیمار آب شهری همراه نمک و آب تصفیه همراه نمک که بالاترین شاخص برداشت را نشان دادند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که البته بین تیمار آب تصفیه همراه نمک و آب تصفیه و آب شهری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تأثیر تیمارهای قارچی و برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت معنی‌دار بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورد اندازه‌گیری در گندم تلقیح یافته با میکوریزا در شرایط تنش شوری در دو خاک استریل و غیراستریل
Table 7- Correlation coefficient between measured traits in AMF inoculated wheat under salinity stress in both sterile and non-sterile

	کلونیزاسیون ریشه Root colonization	سنبله در بوته Spike per plant	دانه در سنبله Grain per spike	دانه در بوته Grain per plant	وزن هزار دانه Thousand grains weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	وابستگی میکوریزایی Mycorrhizal dependency
کلونیزاسیون ریشه	1							
سنبله در بوته	0.30^{**}	1						
دانه در سنبله	$0.07^{n.s}$	$-0.08^{n.s}$	1					
دانه در بوته	0.30^{**}	0.81^{**}	0.52^{**}	1				
وزن هزار دانه	$0.01^{n.s}$	-0.22^{*}	-0.46^{**}	-0.46^{**}	1			
عملکرد دانه	0.32^{**}	0.62^{**}	$0.13^{n.s}$	0.61^{**}	0.41^{**}	1		
شاخص برداشت	-0.56^{**}	$-0.15^{n.s}$	$-0.13^{n.s}$	-0.20^{*}	$0.17^{n.s}$	$-0.06^{n.s}$	1	
وابستگی میکوریزایی	$0.05^{n.s}$	$-0.04^{n.s}$	$-0.01^{n.s}$	$-0.04^{n.s}$	0.41^{**}	0.30^{**}	$0.1^{n.s}$	1

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد; ns: غیر معنی‌دار
**,*: significant at the 0.01, 0.05 probability levels, respectively; ns: not significant

در میان گونه‌های قارچی تنها *G. intraradices* اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۴). برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا نشان داد که در میان تیمارهای قارچی تنها اختلاف شاهد استریل و غیراستریل معنی‌دار بود (جدول ۶). مانز بیان نمود شاخص برداشت (سهم بیوماس کل اندام‌های هوایی که در دانه ذخیره شده است) می‌تواند بسته به زمان و شدت اعمال تیمارهای شوری از ۲۰ تا ۵۰ درصد متغیر باشد. در واقع در سطوح پایین شوری تا آستانه تحمل به شوری ممکن است شاخص برداشت به‌رغم کاهش سطح برگ و زیست توده اندام هوایی کاهش پیدا نکند یا حتی در برخی مواقع افزایش یابد (Munns *et al.*, 2006). در این آزمایش نیز شاخص برداشت با افزایش شوری افزایش یافت (جدول ۴).

وابستگی میکوریزایی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد وابستگی میکوریزایی تحت تأثیر شوری قرار نگرفت، ولی اثر تیمار قارچ میکوریزا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اختلاف تیمار ترکیبی در مقایسه با ۳ گونه قارچ معنی‌دار بود و در سطح پایین‌تری (۷/۶ درصد) قرار گرفت (جدول ۴). کمپانلی و همکاران در آزمایشی بر روی یونجه (*Medicago sativa* L.) (Campanelli *et al.*, 2012) و نیز ربیع و المدینی بر روی باقلای (*Viciafaba*) کشت شده (Rabie & Almadini, 2005) در شرایط تنش شوری مشاهده کردند که با افزایش سطوح شوری ناشی از کلرید سدیم، وابستگی میکوریزایی گیاه کاهش یافت. در این آزمایش اگرچه اعمال شوری سبب کاهش معنی‌دار درصد کلونیزاسیون ریشه شد ولی وابستگی میکوریزایی گندم کمی افزایش یافت که بسته به تیمارهای قارچی تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول‌های ۳ و ۴). Tian و همکاران (Tian *et al.*, 2004) بر روی پنبه (*Gossypiumarboreum* L.) در شرایط اعمال تنش شوری و Nadian (Nadian, 2011) نیز بر روی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در شرایط تنش خشکی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند، به‌عبارتی در مدت اعمال تنش شوری میزان سودمندی میکوریزایی (وابستگی میکوریزایی) در مقایسه با درصد کلونیزاسیون ریشه از اهمیت بیشتری برخوردار است. میزان وابستگی یک گیاه به قارچ‌های میکوریزا تحت تأثیر عواملی نظیر نوع خاک، محتوی فسفر خاک و گونه قارچ قرار می‌گیرد، برخی گیاهان هرگز میکوریزایی نمی‌شوند و بنابراین وابستگی میکوریزایی ندارند (Azcon & Ocampo, 1981; Evelin *et al.*, 2009). اگرچه گندم وابستگی میکوریزایی چندان بالایی در شرایط مطلوب نشان نداده است (Azcon & Ocampo, 1981; Hetrick *et al.*, 1993) ولی بهبود رشد پس از میکوریزایی شدن در شرایط شوری نسبت به شاهد در گیاهان مختلف، نشانگر توانایی قارچ میکوریزا در برقراری همزیستی فعال و ارزشمند به‌ویژه در شرایط تنش است (Al-Karaki, 2000; Garg & Manchanda, 2009).

نتیجه‌گیری

عملکرد دانه در این آزمایش تحت تأثیر شوری اعمال شده قرار نگرفت. برای اجتناب از اثرات مضر شوری بر عملکرد گندم، میزان شوری آب در این آزمایش نزدیک به آستانه تحمل گندم انتخاب شد

www.SID.ir

Archive of SID

تا نتایج بیش از آن‌که نتیجه اثرات شوری بر گندم باشد، اثر شوری بر قارچ میکوریزا را بر روی رشد گندم منعکس کند. ترکیبی از گونه‌های قارچی (تیمار ترکیبی) و قارچ‌های میکوریزای بومی (خاک‌های غیراستریل) درصد کلونیزاسیون بیشتری نسبت به کاربرد جداگانه این گونه‌ها ایجاد کرد ولی این سبب عملکرد بیشتر در اثر قارچ‌های میکوریزای بومی نشد و با وجود این‌که تیمار ترکیبی نسبت به شاهد عملکرد دانه بهتری داشت ولی نسبت به گونه‌های قارچی، عملکرد دانه کمتری تولید کرد. تمام تیمارهای قارچی بدون اختلاف در وزن هزار دانه بلکه با تفاوت‌هایی که در تعداد دانه در گلدان داشتند عملکرد دانه را افزایش دادند. اعمال شوری علاوه بر کاهش درصد کلونیزاسیون حاصل از تیمارهای قارچی بر درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزای بومی نیز اثر سوء داشت. تأثیر شوری و استریلیزاسیون خاک بسته به گونه قارچ و کیفیت آب متفاوت بود. اعمال شوری با آب تصفیه درصد کلونیزاسیون تمام تیمارهای قارچی را به شدت کاهش داد ولی *G. geosporum* با حفظ درصد کلونیزاسیون در آب شهری همراه نمک تحمل نسبی به شوری نشان داد و درصد کلونیزاسیون حاصل از تیمارهای *G. mosseae* نیز تحت تأثیر قارچ‌های میکوریزای بومی خاک قرار نگرفت. در این آزمایش وابستگی میکوریزایی تحت تأثیر شوری قرار نگرفت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز برای تأمین هزینه مورد نیاز این تحقیق که قسمتی از قرارداد به شماره ۶۳۶۴۱۰ است، قدردانی می‌شود.

References

1. Abdel-Fattah, G. M., and Asrar, A. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal application to improve growth and tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in saline soil. Acta Physiology Plant 34: 267-277.
2. Al-Karaki, G., McMichael, B., and Zak, J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhizae 14: 263-269.
3. Al-Karaki, G. N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza 10: 51-54.
4. Alqarawi, A. A., Abd Allah, E. F., and Abeer H. 2014. Alleviation of salt-induced adverse impact via mycorrhizal fungi in Ephedra aphylla Forssk. Journal of Plant Interactions 9 (1): 802-810.
5. Azcon, R., and Ocampo, J. A. 1981. Factors affecting the vesicular- arbuscular infection and mycorrhizal dependency of Thirteen wheat cultivars. New Phytologist 87: 677-685.
6. Campanelli, A., Ruta, C., Mastro, G. D., and Morone-Fortunato, I. 2012. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in alleviating salt stress in *Medicago sativa* L. var. icon. Symbiosis 1-12.
7. Daei, G., Ardekani, M. R., Rejali, F., Teimuri, S., and Miransari, M. 2009. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components and nutrient uptake using arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. Journal of Plant Physiology 166: 617-625.
8. El – Amri, S. M., Mohamed, H., Al -Whaibi, Abdel-Fattah, G. M., and Siddiqui, M. H. 2013. Role of mycorrhizal fungi in tolerance of wheat genotypes to salt stress. African Journal of Microbiology Research 7 (14): 1286-1295.
9. Evelin, H., Giri, B., and Kapoor, R. 2012. Contribution of *Glomus intraradices* inoculation to nutrient acquisition and mitigation of ionic imbalance in NaCl - stressed *Trigonellafoenum - graecum*. Mycorrhiza 22: 203-217.
10. Evelin, H., Kapoor, R., and Giri, B. 2009. Arbuscularmycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Annals of Botany 104: 1263-1280.
11. Füzy, A., Biro, B., Toth, T., Hildebrandt, U., and Bothe, H. 2008. Drought, but not salinity, determines the apparent effectiveness of halophytes colonized by arbuscularmycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology 165: 1181-1192.
12. Garg, N., and Manchanda, G. 2009. Role of arbuscularmycorrhizae in the alleviation of ionic, osmotic and oxidative stresses induced by salinity in *Cajanuscajan* (L.) Mill sp. (pigeonpea). Journal Agronomy and Crop Science 195: 110-123.
13. Gerdemann, J. W. 1975. Vesicular–arbuscular mycorrhizae. In: Torrey JG, Clarkson DT (eds) The development and function of roots. Academic, London, pp 575-591.
14. Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.
15. Hajiboland, R., Aliasgharzadeh, N., FarsadLaiegh, Sh., and Poschenrieder, Ch. 2010. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. Plant Soil 331: 313-327.
16. Hetrick B. A. D., Wilson G. W. T., and Cox T. S. 1993. Mycorrhizal dependence of modern wheat cultivars and ancestors: a synthesis. Candian Journal of Botany 71: 512-517.
17. Husain, Sh., Munns, R., and Condon, A. G. 2003. Effect of sodium exclusion trait on chlorophyll retention and growth of durum wheat in saline soil. Australian Journal of Agricultural Research 54: 589-597.

www.SID.ir

Archive of SID

18. Ibrahim, A. H., Abdel-Fattah, G. M., Eman, F. M., AbdEl_Aziz, M. H., and Shohr, A. E. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi and spermine alleviate the adverse effects of salinity stress on electrolyte leakage and productivity of wheat plants. Phyton (in Press).
19. Juniper, S., and Abbott, L. 1993. Vesicular arbuscular mycorrhizas and soil salinity. Mycorrhiza 4: 45-57.
20. Maas, E. V. 2012. USDA-ARS. US Salinity Laboratory, Fiber, Grain and Special Crops (http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8908).
21. Mardukhi, B., Rejali, F., Malakuti, M. J., and Mardukhi, V. 2008. Effect of Symbiosis Mycorrhizal Fungus on Yield and Yield Component of two varieties resistant and Partially resistant of wheat in different levels of salinity. Journal of Soil and Water 22 (1): 83-95.
22. Marulanda, A., Barea, J. M., and Azcon, R. 2006. An indigenous drought-tolerant strain of *Glomus intraradices* associated with a native bacterium improves water transport and root development in *Retama sphaerocarpa*. Microbial Ecology 52: 670-678.
23. Mcmillen Ben, G., Juniper, S., and Abbott, L. K. 1998. Inhibition of hyphal growth of a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus in soil contaning sodium chloridlimits the spread of infection from spores. Soil Biology Biochemistry 3013: 1639-1646.
24. Miransari, M., and Smith, D. L. 2007. Overcoming the stressful effects of salinity and acidity on soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] nodulation and yields using signal molecule genistein under field conditions. Journal Plant Nutrition 30: 1967-1992.
25. Munns, R. James, R. A. and Laüchli, A. 2006.Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany 57: 1025-1043.
26. Nadian, H. 2011. Effect of drought stress and mycorrhizal symbiosis on the growth and absorption of phosphorus by two different sorghum cultivars in root morphology. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Science 15: 127-140.
27. Ortas, I. 2012. The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. Field Crops Research 125: 35-48.
28. Ortas, I., Akpinara, N. S., and HalitYetisir, C. 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. Scientia Horticulturae 128: 92-98.
29. Philips, J. M., and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhiza fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
30. Rabie, A. M., and Almadini, G. H. 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Viciafaba* plants under salinity stress. African Journal of Biotechnology 4 (3): 210-222.
31. Rejali, F., Malakuti, M. J., and Mardukhi, B. 2010. Effect of Mycorrhizal Symbiosis on Water use efficiency, *proline* accumulation and Nutrient Uptake of wheat under the salinity conditions. Journal of Water Research in Agriculture 24 (2): 112-122.
32. Rubio, R., Borie, F., Schalchli, C., Castillo, C., and Azcón, R. 2003. Occurrence and effect of arbuscular mycorrhizal propagules in wheat as affected by the source and amount of phosphorus fertilizer and fungal inoculation. Applicatin Soil Ecology 23: 245-255.
33. Ruiz-Lozano, J. M., and Azcon, R. 2000. Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal *Glomus* sp. from saline soils and *Glomus deserticola* under salinity. Mycorrhiza 10: 137-143.
34. Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture.Agrobios, India, 300 p.
35. Tian, C.Y., Feng, G., and Li, X. L. 2004. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants. Applied Soil Ecology 26: 143-148.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 471-484

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۸۴-۴۷۱

Effect of Mycorrhizal Fungus (*Glomus* spp) on Wheat (*Triticumaestivum*) Yield and Yield Components with Regard to Irrigation Water Quality

S. Habibi[1]- M. Meskarbashee[2]- M. Farzaneh[3*]

Received: 26-02-2013
Accepted: 09-02-2015

Introduction

Decrease in water quality affected by salinization of the water resources due to the drought is one of the limiting factors of plant production. Using mycorrhizal fungi is an important approach to deal with damaging effects during stress conditions. The symbiosis of arbuscular mycorrhiza (AM) with the host plant and hence, the production of a very extensive network of hypha, enhances nutrient acquisition and improves water uptake in the host plant. The specialized network of hypha raises the uptake and translocation of nutrients to the plant, whereas it inhibits high uptake of Na and Cl and their transport to plant shoots compared with plant roots. Hence, AM can alleviate the stress of salinity on plant growth and increases their tolerance to the stresses.

Materials and Methods

In order to evaluate the influence of mycorrhizal fungi on yield and yield components of wheat, a greenhouse experiment was conducted in research farm of Shahid Chamran Ahvaz University. Experimental design was a randomized complete block design arranged in split factorial with three replications. The factors were water salinity (water quality) including filtered water (EC $\leq$ 1 dS m^{-1}), tap water (EC = 1/7-3 ds m^{-1}), tap water plus NaCl and filtered water plus NaCl (EC = 8 ds m^{-1}). Soil sterilization included sterilized and non-sterilized soil and mycorrhizal inoculation were in five levels (non-inoculated, inoculated with *Glomusmosseae*, *G. intraradices*, *G. geosporum* and mixture of them). Yield and yield components were measured at crop maturity and colonization percentage of root was determined at flowering stage. Root colonization by AM was determined through preparing root samples at 1 g in each experimental unit, and roots were stained using the Gridline- Intersect Method. The harvest index and mycorrhizal dependency were also measured. Salinity levels determined approximate the threshold of wheat –tolerate- salinity before the results would rather reflect saline stress on mycorrhizal symbiosis than on wheat plants.

Results and Discussion

The results showed that salinity decreased colonization percentage and grain number per spike but it did not affect yield and yield components significantly. In non- inoculated soil, the formed mycorrhizal symbiosis by indigenous fungi improved colonization percentage, while it did not result in significant differences of the yield and its components. The inoculation with mycorrhiza fungi was successful. Mycorrhizal colonization rates of 15-32% and mycorrhizal dependency rates of 7-13% were observed in the inoculated treatments, and this effect led to significantly higher grain yield, spike number and grain number per plant in compare with control. Furthermore, there was a significant interaction on colonization percentage and whole yield components between AMF inoculation and salinity except for spike number. Spike per plant, grain number per spike and colonization percentage affected by mycorrhizal inoculation in interaction with soil sterilization. Colonization percentage was positively correlated with spike number, grain number per plant and grain yield (significant at α=1%).

Conclusions

Enhanced yield under all mycorrhizal treatments related to higher grain number per plant, whereas there was no significant difference between these treatments for grain weight. Although the colonization levels of individual mycorrhizal treatments were generally lower, the fostering of grain yield was even strongly more pronounced than with mixed mycorrhizal treat (significant at α=1%). Effects of salinity and soil sterilization varied depending on the species of fungi and water quality. In comparison with other mycorrhizal treatment, *G. geosporum* showed higher salt tolerant relatively on display of superior colonization percentage and grain number per plant in salinity with tap water; and the colonization percentage by *G. mosseae* was not affected by

1- MSc. Student, Department of Agronomy, college of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz
2- Associate Professor in Agronomy, college of Agriculture, Shahid Chamran University Ahvaz
3- Assistant Professor in weed physiology, college of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz
(*- Corresponding Author Email: m.farzaneh@scu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

soil indigenous fungi. The results showed that salinity decreased colonization percentage of inoculated mycorrhiza besides indigenous fungi, whereas mycorrhizal dependency was not influenced by salinity levels. Mycorrhizal dependency would probably provide a more consistent basis for the relative benefit provided by mycorrhiza at the saline condition than the colonization percentage. Reductions of the mycorrhizal dependency to wheat plants caused by increasing soil water or nutrient availability however enhancement of plant growth have been indicated especially when mycorrhizal wheat plants exposed to saline stress.

Keywords: Indigenous fungi, Mycorrhizal dependency, Root colonization percentage, Salinity

www.SID.ir