

پاسخ گندم تلقیح شده با قارچ *Piriformospora indica* به شوری و رقابت با علف‌هرز یولاف (*Avena ludoviciana* L.)

Response of *Piriformospora indica*- inoculated wheat to salinity and wild oat weed (*Avena ludoviciana* L.) competition

نسرین کریمی^۱، محمدجواد زارع^{۲*}، یونس رضایی دانش^۳، ابراهیم محمدی گل تپه^۴

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه ایلام

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۳- دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۴- استاد گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

*نویسنده مسئول: mj.zarea@ilam.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۸

چکیده

شوری خاک و آب از اصلی‌ترین نگرانی‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. ریزسازواره‌های همزیست و محرک رشد گیاه می‌توانند موجب کاهش اثر تنش‌های محیطی مانند شوری گردند. در این ارتباط در آزمایشی اثر به کارگیری و عدم کاربرد قارچ درون‌زیست *Piriformospora indica* بر عملکرد و برخی صفات گندم با تداخل با علف‌هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) و نیز چهار سطح شوری (شوری آب معمولی، متوسط، شدید و بسیار شدید) در سال ۱۳۹۰ تحت شرایط گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد قارچ موجب افزایش عملکرد گندم در شرایط وجود و عدم وجود تنش شوری و نیز تداخل آن با علف‌هرز یولاف می‌گردد. گیاهان تلقیح شده با قارچ از غلظت بیشتر فسفر در کل گیاه، تجمع پرولین و محتوای کلروفیلی بیشتری تحت شوری و تداخل با علف‌هرز بودند. بر اساس نتایج حاصله از این آزمایش، کاربرد این قارچ می‌تواند در مدیریت‌های زراعی مناطق شور مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: شوری، علف‌هرز، عملکرد دانه، قارچ *Piriformospora indica*، گندم

مقدمه

شوری از مهمترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی در سراسر جهان به خصوص مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌گردد. بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از نواحی خشکی جهان تحت تاثیر پدیده شوری و سدیمی خاک است (Munns & Gilliam, 2015). گزارش گردیده است که از ۲۳۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی فاریاب جهان در حدود ۱۵ درصد آن متاثر از پدیده شوری است (Munns & Gilliam, 2015). تقریباً ۳۸/۷٪ از کل ۱۴/۸ میلیون هکتار اراضی کشاورزی ایران را اراضی فاریاب تشکیل می‌دهد که از این وسعت در حدود ۳۰٪ آن با پدیده شوری ثانویه مواجه است (Ashraf et al., 2009).

عدم تعادل در جذب عناصر، سمیت یونی و کاهش جذب آب به علت فشار بالای اسمزی ناشی از تجمع زیاد املاح محلول خاک از عوامل تاثیرگذار بر رشد گیاه تحت شوری است (Greenway & Munns, 1980). کاهش فعالیت فتوسنتزی ناشی از کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و ظرفیت فتوسنتزی از دیگر اثرات شوری بر گیاه است (Francisco et al., 2002). تحت شرایط شوری، گیاه با محدودیت جذب عناصر مختلف به خصوص نیتروژن و فسفر مواجه می‌گردد. گیاهان ساز و کارهای متفاوتی را جهت تحمل و کاهش اثرهای سوء شوری اتخاذ می‌نمایند. حفظ توازن اسمزی از پاسخ پاسخ‌های معمول و عمومی گیاهان زراعی به تنش شوری است که به واسطه بیوسنتز و تجمع محلول‌های تنظیم کننده اسمزی مانند پرولین و قندهای محلول امکانپذیر می‌گردد. پرولین به عنوان یکی از ترکیب‌های تنظیم کننده اسمزی در حفظ فشار اسمزی و پایداری غشاء سلولی است (Ashraf & Harris, 2004).

ماس و هافمن (Mass & Hoffman, 1977) گیاهان زراعی را بر اساس تحمل پذیری آنها به شوری به چهار گروه متحمل، نیمه متحمل، نیمه حساس و

حساس تقسیم بندی و گیاه گندم را با حد آستانه شوری برابر ۶ دسی‌زیمنس بر متر و شیب کاهش عملکرد برابر ۷/۱٪، گیاهی نیمه متحمل معرفی نمودند. گندم عمده غله تولیدی مناطق نیمه خشک و خشک ایران است که تولید و عملکرد آن متاثر از پدیده شوری خاک با کاهش و محدودیت‌هایی مواجه شده است. در اثر تغییرات اقلیمی، کاهش بارندگی‌ها، افزایش تبخیر و محدودیت منابع آب شیرین، روند افزایش در میزان شوری اراضی کشاورزی و یا گسترش بیشتر اراضی شور قابل انتظار است. مقابله با پدیده شوری یکی از چالش‌های حال حاضر و آینده کشاورزی نواحی خشک است. روش‌های موفقیت‌آمیز مختلفی مانند تولید گیاهان متحمل به شوری از طریق مهندسی ژنتیک یا آبخوبی خاک‌های شور برای مقابله با تنش شوری ارائه، اما روش‌های مذکور با وجود کارایی، نیاز به فن‌آوری‌های پیچیده و یا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و در کوتاه مدت کاربردی نمی‌باشند (Cantrell & Linderman, 2001). امروزه استفاده از قابلیت ریزوباکتر و قارچ‌های محرک رشد گیاه و نیز قارچ‌های میکوریز از روش‌های نوین در جهت تقلیل تاثیر شوری نام برده می‌شود (Bacilio et al., 2004; Zarea et al., 2012; Zarea et al., 2013a, b) وجود قارچ‌های آربوسکولار میکوریز در خاک‌های شور و ایجاد همزیستی با ریشه بسیاری از گیاهان در این شرایط نشان می‌دهد که احتمالاً برخی از این قارچ‌ها در برابر تنش شوری مقاوم و در هم‌زیستی آن با گیاهان، از طریق بهبود رشد گیاه، تحمل گیاه را در برابر شوری افزایش می‌دهد (Al-Karaki, 2000; Zarea et al., 2012; Zarea et al., 2013a, b).

قارچ *Piriformospora indica* از قارچ‌های درون‌زیست ریشه است که در سال ۱۹۹۸ از ریشه-سپهر گیاهان کهور (*Prosopis juliflora*) و گنار (*Zizyphus nummularia*) در کشور هندوستان جداسازی شد (Verma et al., 1998). این قارچ را به سبب دارا بودن وجوه مشترک با قارچ‌های میکوریز و نیز توانایی آن در هم‌زیستی با ریشه گیاهان مختلف و القاء رشد گیاه میزبان شبه میکوریز می‌نامند (Varma

تا ۶۲٪ بسته به تراکم آن در واحد سطح می‌شود (Barroso et al., 2004).

گندم از عمده‌ترین محصولات کشاورزی مناطق خشک ایران است. یکی از محدودیت‌های مناطق خشک وجود شوری خاک و آب آبیاری می‌باشد که موجب عدم تولید مطلوب گیاهان زراعی در این مناطق می‌گردد. بنابراین به کارگیری روش‌های مختلفی در افزایش تحمل به تنش شوری و زراعت در مناطق خشک حائز اهمیت است مطالعات اندکی در خصوص نقش باکتری و قارچ‌های محرک رشد گیاه بر گیاهان زراعی تحت شرایط شوری و رقابت با علف‌های هرز انجام گرفته است. در پژوهش حاضر کارایی قارچ *Piriformospora indica* بر کاهش تنش شوری گیاه گندم تحت تداخل علف‌هرز یولاف وحشی مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که هر دو گیاه زراعی و علف‌هرز میزبان قارچ است بنابراین بررسی بهره‌مندی این دو گیاه تحت عدم شوری و شوری می‌تواند حائز اهمیت باشد زیرا اگر گیاه زراعی بهره‌مندی بیشتری از قارچ داشته باشد به کمک آن در رقابت با علف‌هرز کمک بیشتری خواهد نمود. بنابراین هدف اصلی این تحقیق بررسی تاثیر شوری بر تداخل و یا رقابت علف‌هرز-گیاه زراعی تحت همزیستی و عدم همزیستی با قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر به کارگیری قارچ درون‌زی ریشه *Piriformospora indica* بر رقابت بین علف‌هرز یولاف وحشی با گندم نان تحت تنش شوری آب آبیاری آزمایشی گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی ایلام به اجرا در آمد. انجام این آزمایش در خاکی با بافت متوسط انجام گردید. عمل استریل خاک‌ها با استفاده از آون در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مدت چهار ساعت و در سه روز متوالی انجام گرفت. همزمان با استریل کردن خاک، کود دامی و شن نیز استریل شدند. بعد از استریل کردن خاک، شن و کود دامی به نسبت ۲:۱:۱ به میزان چهار کیلوگرم به گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع و قطر

(2004, 2001, et al.). همچنین پتانسیل وسیعی در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی مانند شوری و خشکی و نیز تنش‌های زیستی مانند بیماری‌های گیاهی دارد (Waller et al., 2005). بالتروشات و همکاران (Baltruschat et al., 2008) گزارش دادند که قارچ *Piriformospora indica* موجب افزایش رشد و تحمل گیاه جو به سطوح بالای تنش شوری گردید. تحمل این قارچ به شوری زیاد و شوری‌های در حد ۴۰۰ میلی‌مول کلرید سدیم را تحمل (Zarea et al., 2012) و از طریق اتخاذ ساز و کارهای مختلف تحمل گیاه میزبان به شوری را افزایش می‌دهد (Zarea et al., 2013a).

در بین تنش‌های زنده، علف‌های هرز بیشترین خسارت را به گیاهان زراعی وارد می‌کنند (Sanjari et al., 2006). بیان گردیده درصد افزایش هزینه‌های تولید ناشی از وجود علف‌های هرز در غلات ۳۰٪ است (Wenz, 2000). این گیاهان از طریق رقابت با گیاه زراعی و مانع شدن از دسترسی مطلوب گیاه زراعی به منابع رشد موجب کاهش عملکرد می‌گردد (Koochaki et al., 1994). یولاف وحشی بومی اروپا بوده و علف‌هرز بیش از ۲۰ گیاه زراعی در ۵۵ کشور جهان است و بی‌تردید مهم‌ترین علف‌هرز باریک برگ مزارع گندم، جو و سایر غلات بهاره در سراسر جهان، از ایسلند و آمریکا تا جنوبی‌ترین نقطه نیم‌کره جنوبی محسوب می‌شود (Mennan & Isik, 2003). یولاف وحشی یکی از علف‌های هرز مشکل‌زا برای غلات دانه ریز در ۱۱ میلیون هکتار از اراضی آمریکا مطرح است (Mennan & Isik, 2003). در بیشتر مناطق ایران نیز انواع یولاف وحشی زمستانه (گونه‌های *Avena fatua* و *Avena ludoviciana*) از سطح انتشار بیشتری در دنیا برخوردار هستند (Sorkhy-Laleou et al., 2008). علف‌هرز یولاف وحشی یکی از علف‌های هرز عمومی در مزارع غلات نواحی مدیترانه محسوب می‌گردد. بیان می‌گردد که این علف‌هرز موجب کاهش در عملکرد گندم بین ۱۷

پوشش پلاستیکی قرار داده شدند که شرایط آن نزدیک به شرایط طبیعی بود.

اعمال تیمار شوری به منظور جلوگیری از شوک ناگهانی شدید گیاه گندم به صورت تدریجی اعمال شد. کود نیتروژن و کود فسفات یک ماه پس از رشد به همه گلدان‌ها به ترتیب به میزان سه و یک گرم در کیلوگرم خاک اضافه گردید (Zarea et al., 2012). رشد گیاه گندم در گلخانه طی شش ماه با طول دوره روشنایی ۱۲-۱۰ ساعت صورت گرفت. گلخانه از نوع گلخانه معمولی با پوششی شیشه‌ای و شرایط آن نزدیک به شرایط محیطی بود. دما و میزان رطوبت نسبی گلخانه در طول دوره رشد گیاه گندم به ترتیب ۲۵-۵ درجه سانتی‌گراد و ۶۰-۴۵٪ بود.

قبل از برداشت اقدام به اندازه‌گیری کلروفیل و پرولین گردید. استخراج کلروفیل کل با استون و میزان جذب نور عصاره با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر که روی طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر تنظیم شده بود از برگ‌های جوان، اندازه‌گیری شد (Strain & Svec, 1966). میزان پرولین در مرحله سنبله رفتن و توسط روش بیتز و همکاران (Bates et al., 1973) اندازه‌گیری گردید. غلظت پرولین برگ به صورت میکرومول در هر گرم وزن تر برگ محاسبه شد. برداشت گندم در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک یعنی هنگامی که کل بوته به رنگ زرد و درصد رطوبت دانه ۱۴ درصد گردید انجام شد. بخش‌های هوایی هر بوته از نزدیک سطح خاک قطع و جهت تعیین وزن خشک و عملکرد دانه در آن با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. بعد از این مرحله عملکرد کل دانه ثبت گردید. همچنین میزان فسفر بخش‌های هوایی با استفاده از روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات- وانادات) تعیین گردید (Zarea et al., 2011). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و آزمون مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD, $P \leq 0.05$) انجام شد.

دهانه به ترتیب ۲۱ و ۲۲ سانتی‌متر اضافه شد. میزان اسیدیته و هدایت الکتریکی محیط کشت (مخلوط شن، خاک و کود دامی) به ترتیب ۶/۸ و ۴ دسی-زیمنس بر متر بودند. برخی از خصوصیات دیگر محیط کشت در جدول ۱ ذکر گردیده است. آزمایش در قالب طرح فاکتوریل سه عاملی (۲×۲×۴) بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی اجرا گردید. تداخل علف‌هرز با گندم در دو سطح، کشت خالص (۱:۰) و مخلوط گندم (رقم سرداری) با علف‌هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) (۱:۱) و تلقیح با قارچ در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح با قارچ) در سه تکرار انجام یافت. تراکم بوته در هر گلدان شش بوته بود. بنابراین برای یکسان بودن تراکم بوته در گلدان در تداخل گندم و علف هرز نسبت ۳:۳ گندم به علف‌هرز اعمال گردید. نیمی از گلدان‌ها با قارچ تلقیح و نیمی دیگر به‌عنوان تیمارهای شاهد با قارچ تلقیح داده نشدند. مایه تلقیح قارچ *Piriformospora indica* که توسط دکتر ابراهیم محمدی گل‌تپه در دانشگاه تربیت مدرس تهیه شده بود، در محیط مایع قارچ *Piriformospora indica* به صورت تازه کشت و تکثیر یافت. پس از طی مدت زمان لازم برای رشد آن در انکوباسیون از مایع به دست آمده که حاوی میسلیم‌های قارچ بود برای تلقیح ریشه‌های گندم و علف هرز یولاف استفاده شد. سپس چهار سطح شوری آب معمولی، سطح شوری متوسط، زیاد و بسیار شدید (به ترتیب ۰/۲، ۰/۶، ۱۲ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) اعمال گردید. ۱۶ مرتبه آبیاری با سه سطح شوری ۰/۶، ۱۲ و ۱۸ دسی‌زیمنس در متر در کل دوره رشد بر اساس نیاز به‌عنوان تیمار شوری مورد استفاده قرار گرفت. از آب معمولی با شوری ۰/۲ دسی‌زیمنس به‌عنوان تیمار شاهد و برای سایر تیمارها از کلرید سدیم جهت اعمال شوری استفاده گردید. میزان شوری در انتهای رشد برای سه سطح شوری اعمال شده ۱۰/۸۵، ۱۵/۸۷ و ۲۰/۸۳ و برای شاهد ۴/۴ دسی‌زیمنس در متر برآورد گردید. جهت عدم وارد شدن شوک ناشی از شوری، شوری به تدریج اعمال تا سطوح شوری مورد نظر حاصل گردید. گلدان‌ها تحت شرایط گلخانه با

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد استفاده.

Table 1- Characteristics of the used soil.

اندازه ذرات (Particle size)	ظرفیت زراعی (درصد) Field capacity (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) $EC \times 10^3$ (dS/m)	کربنات کلسیم (درصد) $CaCO_3$ (%)	سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) N (mg/kg)	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K available (mg/kg)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P available (mg/kg)
کمتر از ۰/۵ میلی‌متر (Less than 0.5 mm)	25	3.97	11.8	126	11.13	1.21

رشد بهتری برخوردار بود (داده نشان داده نشده است).

تحت شرایط تداخل با علف هرز، در حالی که گیاهان گندم تلقیح یافته با قارچ تحت شوری سطح چهارم از محتوای فسفر بیشتری برخوردار بود، اما گیاهان کنترل تحت همین شرایط محتوای بسیار کم فسفر را نشان دادند.

در مناطق خشک و نیمه خشک ایران فسفر با کلسیم که از محتوای بالایی در این خاکها برخوردار است، تولید ترکیب نامحلول و غیر قابل دسترس فسفات کلسیم را می‌نماید. بنابراین کشاورزان ناگزیرند از کودهای فسفاته بیشتری استفاده نمایند. طبق گزارشات منتشر شده در حدود ده درصد فسفر اضافه شده از طریق کودهای شیمیایی جذب گیاه و مابقی به صورت تثبیت و غیر قابل جذب در می‌آید (Rashidi *et al.*, 2012). هر چند تحت چنین شرایطی گیاهان با اتخاذ یکسری راه‌کارها موفق به حل نمودن و جذب فسفر تثبیت شده می‌گردند. ترشحات اسیدی به-خصوص پروتون راه‌کار اتخاذ شده گیاهان بدین منظور است (Zarea *et al.*, 2011). البته در بین گیاهان این میزان انتشار پروتون و اسیدی نمودن متفاوت و جوابگوی تمامی احتیاج گیاه نیست (Zarea *et al.*, 2011).

نتایج و بحث

جذب فسفر در گیاه گندم

نتایج آزمون تجزیه واریانس داده‌های محتوای فسفر گندم تحت تاثیر تیمارهای مختلف شوری، تداخل و تلقیح با قارچ و اثر متقابل سه گانه بین شوری، تلقیح با قارچ و تداخل با علف هرز بر محتوای فسفر گندم در سطح احتمال آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

آزمون مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط تنش شوری، تلقیح گیاه با قارچ موجب بهبود جذب فسفر توسط گیاه گندم گردید. پاسخ گیاه به جذب فسفر در سطوح مختلف شوری روند یکسانی نداشت و وابستگی زیادی به سطح شوری و نوع کشت (خالص یا تداخل با علف‌هرز) داشت (شکل ۱). شوری‌های سطوح پایین منجر به افزایش غلظت فسفر گیاه گندم گردید (شکل ۱). گندم‌های تلقیح نشده با قارچ تا سطوح سوم شوری روندی افزایشی در محتوای فسفر خود داشتند، ولی در سطح چهارم میزان فسفر آنها کاهش یافت (شکل ۱). در سطح سوم شوری میزان محتوای فسفر گیاهان گندم تلقیح شده با قارچ تحت شرایط تداخل آنها با علف هرز یولاف کاهش یافت که دلیل آن برتری رشد گیاه یولاف در این سطح از شوری و تحت تلقیح با قارچ بود (داده‌ها نشان داده نشده است). در گیاهان کنترل (تلقیح داده نشده با قارچ) شوری سطح دوم و تداخل با علف‌هرز منجر به کاهش محتوای فسفر گیاه گردید. علف‌هرز یولاف در این سطح از شوری (بدون تلقیح با قارچ) از

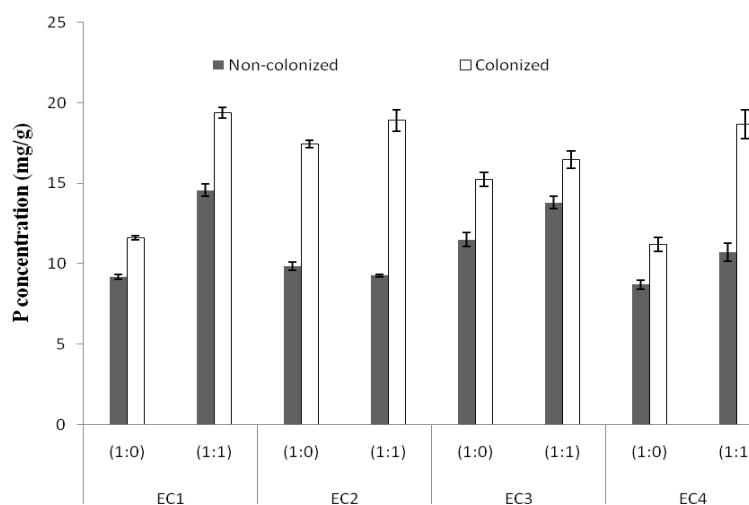
جدول ۲- تجزیه واریانس (مجموع میانگین مربعات) تاثیر اعمال تیمارهای مختلف سطوح شوری، تداخل، تلقیح با قارچ *P. indica* و اثرات متقال آنها بر میزان فسفر، محتوای پرولین، میزان کلروفیل، عملکرد کل و اقتصادی و کاه.

Table 2- Analysis of variance (mean square) of the effect of salinity levels, interference, and endophytic fungus *P. indica* on measured characteristics of wheat of P concentration, proline accumulation, chlorophyll content, total and economical yield and straw.

منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	غلظت فسفر P concentration	عملکرد کل Total yield	میزان پرولین برگ Leaf proline content	کلروفیل کل Total chlorophyll (ab)
شوری (Salinity)	3	7.26**	1580**	2066**	0.068**
تداخل (Interference)	3	145.09**	226*	77.65**	0.033**
قارچ (Fungi)	1	240.06**	1949*	44.18**	0.03**
بلوک (Block)	3	57.0 ^{ns}	34	0.0007 ^{ns}	0.0005*
شوری × تداخل (Salinity × Interference)	9	24.64**	322*	6.68**	0.0046**
شوری × قارچ (Salinity × Fungi)	3	23.03**	67*	14.84**	0.0048**
تداخل × قارچ (Interference × Fungi)	3	32.61**	171*	8.48**	0.000440 ^{ns}
شوری × تداخل × قارچ (Interference × fungi × Salinity)	9	19.144**	49*	0.275**	0.0017**
خطای آزمایش (Error)	30	0.88	21	0.065	0.00017
ضریب تغییرات (CV %)	-	6.98	6.59	3.37	7.1

***, **, * : به ترتیب معنی دارد سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ ns: غیر معنی دار

*, **, *: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; ns: means non-significant



شکل ۱- مقایسه میانگین تاثیر تلقیح و عدم تلقیح با قارچ *P. indica* بر غلظت فسفر (میلی گرم بر گرم) گندم تحت شرایط عدم (۱:۰) و تداخل با علف هرز یولاف (۱:۱) و سطوح شوری مختلف معمولی، متوسط (EC= 6 dS/m)، زیاد (EC= 12 dS/m) و شدید (EC= 18 dS/m).

Fig 1- Mean comparisons of the effect of inoculation and non inoculation with *P. indica* P concentration (mg/ g) of wheat under non-interference and interference with wild oat as well as salinity levels of mild (EC= 6 dS/m), high (EC= 12 dS/m), and severe (EC= 18 dS/m).

b) افزایش جذب فسفر توسط قارچ *Piriformospora indica* مورد تاکید است (Zarea et al., 2013a) و نیز حاجی نیا و همکاران (Haji Nia et al., 2012)

در شرایط شوری میزان جذب فسفر خاک کمتر است. به دلیل جایگزین شدن عناصر کلر به جای فسفر و بر هم خوردن تعادل یونی، گیاهان مناطق شور با کاهش جذب فسفر مواجه اند (Zarea et al., 2013a)

(Zarea et al., 2012). بنابراین رنگیتهای فتوسنتزی می‌توانند به نوعی منعکس کننده تاثیر تنش شوری بر گیاه باشند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تحت تداخل و عدم تداخل با علف‌هرز کاربرد قارچ میکوریزا منجر به افزایش، یا حفظ و نیز کاهش کمتر محتوای کلروفیل تحت شوری گردید.

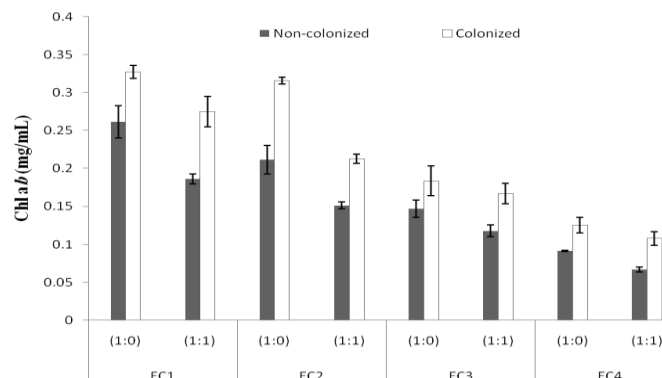
میزان پرولین برگ گندم

در این تحقیق اثر متقابل بین تنش شوری، تداخل و تلقیح با قارچ *Piriformospora indica* بر تجمع پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول ۲). وجود یا عدم وجود علف هرز یولاف وحشی موجب کاهش پرولین نگردید. نتایج مقایسه میانگین بیانگر اختلاف معنی‌دار اثرات تنش شوری، تداخل و تلقیح با قارچ *Piriformospora indica* بر تجمع پرولین بود (شکل ۳). همچنین اثرات متقابل شوری×تداخل×قارچ بر صفت مورد اشاره نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). آزمون مقایسه میانگین نشان داد که وجود یا عدم وجود علف‌هرز یولاف وحشی موجب کاهش پرولین نگردید (شکل ۳). تحت شرایط تداخل افزایش اسید آمینه پرولین به مراتب کمتر از عدم تداخل علف‌هرز بود. همچنین تلقیح با قارچ موجب افزایش میزان پرولین تحت شرایط تداخل و عدم تداخل گردید (شکل ۳). بیشترین میزان پرولین تحت عدم تداخل در سطح شوری شدید (سطح چهارم) و از تلقیح با قارچ میکوریزا مشاهده گردید. تحت تداخل نیز چنین روند مشابهی با سطح شوری شدید و تلقیح با قارچ حاصل شد (شکل ۳). گیاهان در مواجهه به تنش شوری و خشکی به جهت اجرای مکانیسم تنظیم اسمزی اقدام به تولید ترکیب‌های سازگار مانند کربوهیدرات و پرولین می‌نمایند که از راه‌کارهای معمولی گیاهان جهت مقابله با تنش شوری محسوب می‌شود (Zarea et al., 2013a, b). نتایج تحقیق حاضر نیز مبنی بر ارتباط افزایش تولید پرولین همزمان با افزایش سطوح شوری در برگ گندم است.

(2012) گزارش دادند که قارچ *Piriformospora indica* موجب کاهش کمتر عملکرد گندم تحت تنش شوری گردید. راه‌کار این قارچ در افزایش تحمل به تنش شوری از طریق القاء سیستم دفاعی گیاه به شوری است. به‌طور کلی، تغییرات فسفر گندم تحت تاثیر سطوح شوری و تداخل قرار گرفت و روند پاسخگویی گندم به جذب فسفر متأثر از سطح شوری و قارچ، بستگی به پاسخ علف‌هرز به این شرایط دارد.

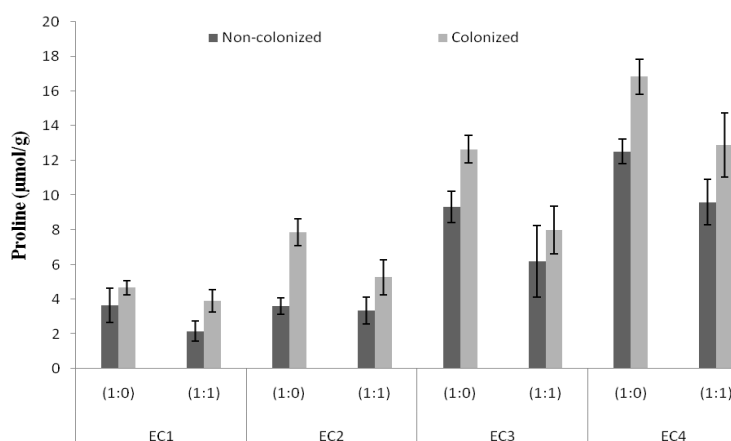
رنگیتهای فتوسنتزی برگ

اثر تنش شوری، تداخل، تلقیح با قارچ *Piriformospora indica* و اثرات متقابل بین شوری × تداخل × قارچ بر مجموع دو رنگدانه *a* و *b* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مجموع رنگیتهای فتوسنتزی کل (*ab*) گندم با افزایش شوری کاهش یافت. چنین روند مشابهی ناشی از تاثیر علف‌هرز یولاف بر مجموع رنگیته گندم مشاهده شد، اما کاربرد قارچ سبب کاهش آن گردید (شکل ۲). در کشت خالص گندم (عدم تداخل با علف‌هرز) افزایش شوری تا میزان ۶ دسی‌زیمنس بر متر (سطح دوم) موجب افزایش میزان رنگیتهای کلروفیلی گردید و سپس به موازات افزایش در غلظت شوری از محتوای مجموع این دو رنگیته کاسته شد. تلقیح با قارچ موجب افزایش رنگیتهای کلروفیلی و نیز جلوگیری از کاهش زیاد این رنگیتهای کلروفیلی تحت تنش شوری در مقایسه با گیاهان شاهد (غیر تلقیح شده) بود (شکل ۲). تداخل با علف هرز موجب کاهش در محتوای رنگیته کل گردید هر چند تحت تداخل، تلقیح با قارچ منجر به حفظ رنگیتهای کلروفیلی تحت تنش شوری گردید (شکل ۲). از عواملی که تحت تاثیر شوری تغییر می‌کند رنگیتهای فتوسنتزی است. تحت تنش شوری که زوال رنگیته‌ها با سرعت بیشتری اتفاق می‌افتد حفظ آن از عوامل مهم جهت عدم کاهش رشد و تولید گیاه زراعی است (Zarea et al., 2013). شوری زوال رنگیته‌ها را سریعتر و بنابراین گیاهان تحت تنش شوری از رنگیته‌های کمتر فتوسنتزی برخوردار خواهند بود



شکل ۲- مقایسه میانگین تاثیر تلقیح و عدم تلقیح با قارچ *P. indica* بر غلظت کلروفیل (میلی گرم بر میلی لیتر) گندم تحت شرایط عدم (۱:۰) و تداخل با علف هرز یولاف (۱:۱) و سطوح شوری مختلف معمولی، متوسط (EC= 6 dS/m)، زیاد (EC= 12 dS/m) و شدید (EC= 18 dS/m).

Fig 2- Mean comparisons of the effect of inoculation and non inoculation with *P. indica* on chlorophyll content (mg/ml) of wheat under non-interference and interference with wild oat as well as salinity levels of mild (EC= 6 dS/m), high (EC= 12 dS/m), and severe (EC= 18 dS/m).



شکل ۳- مقایسه میانگین تاثیر تلقیح و عدم تلقیح با قارچ *P. indica* بر محتوای پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر) گندم تحت شرایط عدم (۱:۰) و تداخل با علف هرز یولاف (۱:۱) و سطوح شوری مختلف معمولی، متوسط (EC= 6 dS/m)، زیاد (EC= 12 dS/m) و شدید (EC= 18 dS/m).

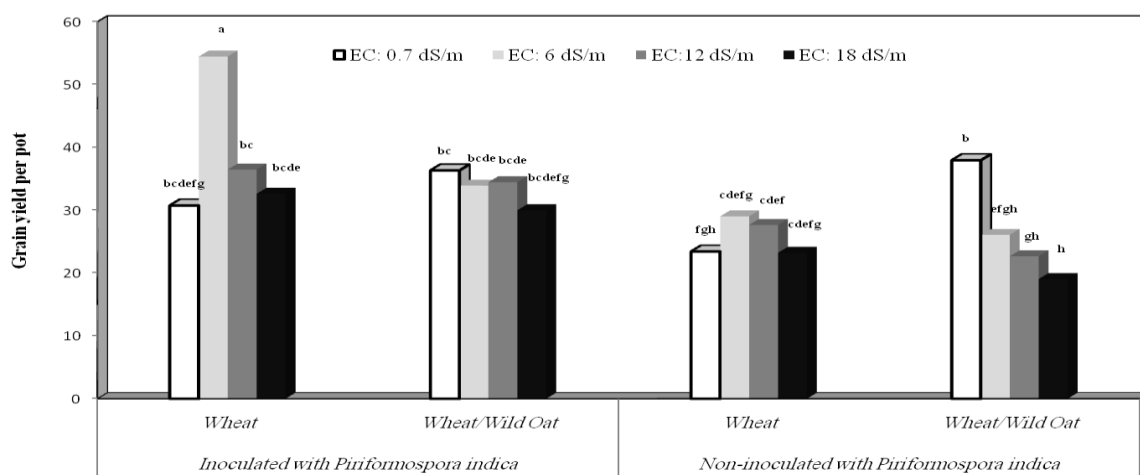
Fig 3. Mean comparisons of the effect of inoculation and non inoculation with *P. indica* on proline content ($\mu\text{mol g fresh weight}^{-1}$) of wheat under non-interference and interference with wild oat as well as salinity levels of mild (EC= 6 dS/m), high (EC= 12 dS/m), and severe (EC= 18 dS/m).

عملکرد (جدول ۲). تداخل در صورت تلقیح با قارچ موجب عملکرد بیشتر اقتصادی گندم تحت تنش شوری گردید (شکل ۳). همچنین تحت عدم تداخل با علف هرز میزان عملکرد دانه افزایش و در تلقیح با قارچ این میزان افزایش در مقایسه با عدم تلقیح قابل چشمگیر بود (شکل ۴). هرچند متوسط عملکردهای گندم تحت عدم تداخل با علف هرز در سه سطح شوری و نیز عدم

عملکرد تجزیه آنالیز کاربرد تیمارهای مختلف قارچ و سطوح مختلف شوری بر عملکرد دانه گیاه زراعی گندم تحت شرایط تداخل و عدم تداخل آن با گیاه علف هرز یولاف در جدول ۲ نشان داده شده است. اثرات تیمارهای مختلف اعمال شده، شوری، قارچ و تداخل و نیز اثرات متقابل بر این صفت معنی دار بود

کمترین عملکرد از سطح چهارم شوری حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه گندم تحت شرایط تداخل و عدم تلقیح با قارچ از سطح اول شوری و کمترین آن از سطح چهارم شوری حاصل گردید. گیاهان تلقیح شده با قارچ در مقایسه با گیاهان شاهد و تحت تداخل با علف‌هرز با افزایش غلظت شوری آب آبیاری از عملکرد بالاتری برخوردار بودند. علت آن می‌تواند مربوط به نقش قارچ در افزایش تحمل به تنش شوری گیاه گندم باشد (Waller *et al.*, 2005) که موجب افزایش توان رقابتی گیاه زراعی با علف‌هرز گردیده است.

شوری در گیاهان تلقیح نشده کمتر از گیاهان تلقیح شده با قارچ بود اما به صویت مشابه بیشترین عملکرد گندم از شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (سطح دوم شوری) حاصل گردید و سپس با افزایش سطح شوری از عملکرد دانه کاسته شد. م (شکل ۴). ت عملکرد مشابه، هرچند میزان عملکرد کمتر از تیمارهای تلقیح زارع و همکاران (Zarea *et al.*, 2012) و حاجی‌نیا و همکاران (Haji Nia *et al.*, 2012) نیز نتایج مشابهی مبنی بر اینکه وجود حداقلی از شوری موجب افزایش عملکرد گیاه گندم می‌گردد را گزارش کرده اند. بالاترین عملکرد گندم تحت شرایط تداخل با علف‌هرز و در تلقیح با قارچ از شوری سطح اول و



شکل ۴- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد و عدم کاربرد قارچ *Piriformospora indica* بر عملکرد دانه گندم در کشت خالص و تحت شرایط تداخل با علف‌هرز یولاف (گندم/یولاف وحشی) تحت سطوح شوری مختلف معمولی، متوسط (EC= 6 dS/m)، زیاد (EC= 12 dS/m) و شدید (EC= 18 dS/m).

Fig 4- Mean comparisons of the effect of applied the fungus *P. indica* and on wheat economical yield under sole culture and interference with wild oat salinity levels of mild (EC= 6 dS/m), high (EC= 12 dS/m), and severe (EC= 18 dS/m).

آنجایی که علف‌های هرز از توانایی رقابت بالاتری در مقایسه با گیاهان زراعی از نظر جذب منابع رشدی برخوردارند. به نظر می‌رسد که هر عاملی که توانمندی گیاه زراعی را در تداخل با علف‌هرز افزایش دهد منجر به کاهش اثرهای سوء وجود علف‌هرز خواهد شد. همچنین، امکان افزایش اثرات مضر وجود علف‌هرز تحت وجود تنش‌های دیگر مانند شوری وجود دارد. بنابراین امکان افزایش توانایی علف‌هرز در کاربرد این ریزسازواره‌ها ممکن است موجب کاهش بیشتر عملکرد گیاه زراعی گردد. اما با توجه به نتایج حاصل از

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر پتانسل قارچ محرک رشد گیاه *Piriformospora indica* بر افزایش تحمل به تنش شوری در گیاه گندم تحت شرایط تداخل با علف‌هرز بیانگر کارآمدی ریزسازواره‌های مفید در شرایط شور است. افزایش جذب فسفر، جلوگیری از زوال کلروفیل، تنظیم اسمزی مطلوب‌تر به‌واسطه تجمع پرولین بیشتر و عملکرد بالاتر از سودمندی‌های این قارچ تحت شوری و تداخل با علف‌هرز یولاف وحشی بود. از

گندم در مقایسه با علف‌هرز یولاف بر سر جذب منابع مختلف رشدی بوده و این رابطه همزیستی به آن کمک نموده است.

آزمایش چنین به نظر می‌رسد که علی‌رغم سودمندی قارچ *Piriformospora indica* بر هر دو گیاه، گیاه گندم از سودمندی بیشتر این رابطه همزیستی برخوردار بوده است که شاید از دلایل آن توانایی کمتر

References

- Al-Karaki, G.N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. **Mycorrhiza**. 10: 51-54.
- Ashraf, M. and Harris, P. 2004. Potential biochemical indicators of salt tolerance in plants. **Plant Sci**. 166: 3-16.
- Ashraf, M., Ozturk, M. and Athar, H.R. 2009. Salinity and Water Stress. **Springer Science & Business Media**. B.V. 237p.
- Bacilio, M., Rodríguez, H., Moreno, J., Hernández, P. and Bashan, Y. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. **Biol. Fert. Soils**. 40: 188–193.
- Baltruschat, H., Fodor, J., Harrach, B.D., Niemczyk, E., Barna, B., Gullner, G., Janeczko, A., Kogel, K.H., Schafer, P. and Schwarczinger, I. 2008. Salt tolerance of barley induced by the root endophyte *Piriformospora indica* is associated with a strong increase in antioxidants. **New Phytol**. 180: 501–510.
- Barroso, J., Fernandez-Quintanilla, C., Ruiz, D., Hemaize, P. and Rew, L.J. 2004. Spatial stability of *Avena sterilis ssp. ludoviciana* populations under annual applications of low rates of imazamethabenz. **Weed Res**. 44: 178-186.
- Bates, L. S., Waldren, R. O. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-tress studies. **Plant Soil**. 39: 205–207.
- Cantrell, I.C. and Linderman, R.G. 2001. Pre-inoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. **Plant Soil**. 233: 269-281.
- Francisco, G., Jhon, L., Jifon, S., Micaela, C. and James, P.S. 2002. Gas exchange, Chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation in 'sunburst' mandarin grafted on different root stocks. **Plant Sci**. 35:314-320.
- Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Ann. Rev. Pl. Physiol**. 31: 141-190.
- Haji Nia, S., Zarea, M.J., Mohammadi Goltapeh, E. and Rejali, F. 2012. Investigate effect of *Piriformospora indica* and *Azospirillum sp.* in enhancement tolerance of wheat. **Environ. Stress. crop Sci**. 4: 21-31.
- Koochaki, A., Rahimiyan, H., Nassiri Mahallati, M. and Kheyabani, H. 1994. **Weed Ecology**. Jahad Daneshgahi Mashad. 244 P.
- Mass, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop tolerance current assessment. **J. Irrig. Drain. Div**. 103: 115-134.
- Mennan, H. and Isik, D. 2003. The competitive ability of oat and *Alopecurus myosuroides* Huds. influenced by different wheat cultivars. **Turk. J. Agric. Forest**. 28: 245-251.
- Munns, R. and Gilliam, M. 2015. Salinity tolerance of crops – what is the cost? **New Phytol**. 162: 645-663.
- Rashidi, Z., Zarea, M.J., Rejali, F. and Mehrabi, A. 2012. Effect of soil tillage and integrated chemical fertilizer and biofertilizer on quantity and quality yield of bread wheat and soil biological activity under dry land farming. **EJCP**. 4: 189-206.
- Sanjari, P.A., Valizadeh, M., Majidi, I. and Shiri, M. 2006. Evaluation of new bread wheat genotypes under different drought stress conditions for grain yield and some important agronomic and physiologic characters. **Agric. Sci**. 16: 97-112.
- Shanon, M.C. 1997. Adaptation of plants to salinity. **Adv. Agro**. 60: 75-120.
- Sorkhy-Lalelou, F., Dabagh-Mohammadinasab, A. and Javanshir, A. 2008. Evaluation of leaf characteristics and root:shoot ratio in sub and up ground organs interference and different densities of wild oat. **J. Sci. Tech. Agric. Nat. Res**. 45: 435-446.

- Strain, H.H. and Svec, W.A. 1966. Extraction, separation, estimation and isolation of chlorophylls. *In*: L. P. Vernon and G. R. Seely (eds.). **The Chlorophylls**. Academic Press, New York, Pp. 21-66.
- Varma, A., Abbott, L.K., Werner, D. and Hampp, R. 2004. The state of plant surface microbiology. *In*: A. Varma, L. Abbott, D. Werner and R. Hampp (eds). **Plant Surface Microbiology**. Springer, Berlin Heidelberg New York, Pp. 1-11.
- Varma, A., Singh, A., Sudha, A., Sahay, N.S., Sharma, J., Roy, A., Kumari, M., Rana, D., Thakran, S., Deka, D., Bharti, K., Hurek, T., Bleichert, O., Rexer, K.H., Kost, G., Hahn, A., Maier, W., Walter, M., Strack, D. and Kranner, I. 2001. *Piriformospora indica*, a cultivable mycorrhiza-like endosymbiotic fungus. *In*: B. Hock (eds). **Mycota IX**. Springer, Berlin Heidelberg New York, Pp. 123-150.
- Verma, A., Savita, S., Sahay, N., Butehorn, B. and Franken, P.H. 1998. *Piriformospora indica*, A cultivable plant-growth-promoting root endophyte. **App. Environ. Microbiol.** 65: 2741-2744.
- Waller, W., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., Heier, T., Huckelhoven, R., Neumann, C., Wettstein, D., Franken, P. and Kogel, K.H. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt stress tolerance, disease resistance and higher yield. **Proc. Nat. Acad. Sci. USA.** 102: 13386-13391.
- Wenz, J. 2000. Wheat Production Guide. **Weed Management and Control** [Online]. Available at: www.weedsci.com.
- Zarea, M.J., Chordia, P., Varma, A. 2013a. *Piriformospora indica* Versus Salt Stress. *In*: A. Varma, Kost G. and R. Oelmüller (eds.). ***Piriformospora indica*, Soil Biology 33**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Pp 263-284.
- Zarea, M.J., Ghalavand, A. and Mohammadi Goltapeh, E. 2011. **Rhizosphere ecology**. Avaye Noor Publication., 195p.
- Zarea, M.J., Hajinia, S., Karimi, N., Mohammadi Goltapeh, E., Rejali, F. and Varma, A. 2012. Effect of *Piriformospora indica* and *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil on mitigation of the effects of NaCl. **Soil Biol. Biochem.** 45: 139-146.
- Zarea, M.J., Mohammadi Goltapeh, E., Karimi, N. and Varma, A. 2013b. Sustainable Agriculture in Saline-Arid and Semiarid by Use Potential of AM Fungi on Mitigates NaCl Effects. *In*: E.M. Mohammadi Goltapeh, Y. Rezaee Danesh and A. Varama (eds.). **Fungi as Bioremediators**. Soil Biology 32, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Pp. 340-370.

Response of *Piriformospora indica*- inoculated wheat to salinity and wild oat weed (*Avena ludoviciana* L.) competition

Nasrin Karimi¹, Mohammad Javad Zarea^{2*}, Younes Rezaee Danesh³, Ebrahim Mohammadi Goltapeh⁴

1- MSc. Former Student, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

2- Associate Professor, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

3- Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

4- Professor, Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

*Corresponding authors: mj.zarea@ilam.ac.ir

Received: 2014.03.09

Accepted: 2014.09.01

Abstract

Salinity of soil and irrigation water is one of the major concern for crop production under salt-affected arid and semi-arid areas of the world. Using beneficial plant growth promoting microorganisms such as plant symbiotic fungi and plant growth promoting bacteria can be an implement in alleviating deleterious effect of salinity. In this regards, a greenhouse experiment was conducted out in 2012 to investigate the effects of salinity irrigation (low, mild, high and severe) and *Piriformospora indica* inoculation on grain yield and some physiological traits of wheat under interference with wild oat weed (*Avena ludoviciana* L.). Experimental design was factorial arranged in randomized complete block with three replications. *P. indica* increased grain yield of wheat under both non-salinity and salinity conditions. Wheat plants in sole culture and in interference with wild oat weed had higher grain P content, proline accumulation and chlorophyll content of leaf. In conclusion, *P. indica* sustained or improve grain yield of salt-stressed wheat under competition with wild oat through improvement of P uptake, proline accumulation and chlorophyll content. Result of this study showed that inoculation seed of wheat with *P. indica* may be considered as a new method to manage crop-weed interference under salt-affected areas.

Keywords: Salinity stress, Weed, *P. indica*, Wheat, Yield