نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۶۲-۵۳

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar- Apr 2010, p. 53-62

تأثیر چند نوع قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور

عبدالوهاب سادات[۱] – غلامرضا ثواقبی[۲*] – فرهاد رجالی[۳] – محسن فرحبخش[۴] – کاظم خاوازی[۵] – مصطفی شیرمردی[۶]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۳

چکیده

هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر چند نوع قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور (ECe = ۱۰/۱ dS/m) بود. بدین منظور در قالب یک آزمایش فاکتوریل و طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار، تأثیر چهار سطح باکتری (سطح بدون باکتری، باکتری‌های سودوموناس فلورسنس سویه‌های۴، ۹ و ۱۲)، سه سطح قارچ (سطح بدون قارچ، قارچ‌های گلوموس اتونیکاتوم و گلوموس اینترارادیسز) بر دو رقم گندم (رقم‌های سیستان و چمران به‌ترتیب مقاوم و نیمه مقاوم به شوری) بررسی شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) متفاوت بود. کاربرد مجزای قارچ گلوموس اتونیکاتوم و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۹ وزن تر و خشک اندام هوایی رقم سیستان را افزایش داد. تلقیح مجزای قارچ گلوموس اتونیکاتوم در رقمهای سیستان و چمران، وزن خشک ریشه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. تلقیح مجزای رقم سیستان با قارچ گلوموس اتونیکاتوم وباکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۱۲ دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه بود. تلقیح مشترک قارچ *گلوموس اینترارادیسز* و باکتری *سودوموناس فلورسنس* سویه ۱۲ میزان کلروفیل برگ پرچم رقم سیستان را به طور معنی‌داری افزایش داد. پیشنهاد می‌شود جهت تایید نتایج تیمارهای فوق، آزمایش‌های مزرعه‌ای نیز صورت پذیرد.

واژه های کلیدی: شوری، قارچ های میکوریز آربسکولار، باکتریهای محرک رشد گیاه، شاخص‌های رشد و عملکرد گندم

مقدمه

افزایش روزافزون نیاز غذایی مردم در اثر رشد سریع جمعیت، ایجاب می کند که میزان تولید محصولات کشاورزی افزایش یابد. شوری آب و خاک از مهمترین موانع افزیش تولید محصولات کشاورزی در جهان به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک می باشد. ۲۰ درصد کل اراضی ایران (۳۴ میلیون هکتار) تحت تأثیر شوری قرار دارد (۱۳). بر اساس مطالعات انجام شده سطح کل اراضی فاریاب ایران حدود ۸/۱ میلیون هکتار است که تقریباً نیمی از آن یعنی ۴/۰۵ میلیون هکتار به درجات مختلف مبتلا به تنش شوری می‌باشد (۲۱). سطح زیر کشت گندم دیم و آبی در سال زراعی ۸۵-۸۴ در کشور، به ترتیب ۴/۲ و ۲/۷ میلیون هکتار برآورد شد، که از این میزان سطح زیر کشت، ۴/۵ میلیون تن، گندم دیم و ۱۰ میلیون تن گندم آبی برداشت شد (۳). شوری با ایجاد تنش اسمزی و کاهش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در اثر غلظت بیش از حد یونهای سدیم و کلر موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (۳۲). علاوه بر این، تنش شوری مانند سایر تنشهای دیگر (سرما، گرما، فلزات سنگین و ...) از طریق افزایش سطح هورمون اتیلن در گیاه، باعث کاهش رشد ریشه و رشد عمومی گیاه می‌شود (۲۴). گندم گیاهی نسبتاً مقاوم به شوری، با حد آستانهٔ شوری برابر ۶ دسی زیمنس بر متر و شیب کاهش عملکرد برابر ۷/۱ درصد می‌باشد (۲۳). ازنظر میزان حساسیت به شوری، مرحله رویشی بیشترین، مرحله بلوغ کمترین حساسیت و مرحله زایشی بینابین این دو مرحله قرار دارد. برای مقابله با تنش شوری روشهای مختلفی از جمله آبشویی خاکهای شور، مدیریت مناسب آبیاری و کشت، استفاده از ارقام گیاهی مقاوم به شوری و کاربرد کودهای بیولوژیک وجود دارد. از مهمترین ریزموجودات مفیدخاکزی، می‌توان به قارچهای

۱، ۲، ۴ و ۶ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
(* - نویسنده مسئول : Email: savagheb@ut.ac.ir)
۳ و ۵- استادیاران پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران

Archive of SID
www.SID.ir

میکوریز آربسکولار[1] و باکتریهای محرک رشد گیاه[2] (PGPR) اشاره کرد. باکتری های آزادزی ریزوسفر را که به طور مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبور رشد و سلامت گیاه می‌شوند، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌نامند (۷). در روش غیر مستقیم باکتریهای محرک رشد با استفاده از مکانیسم های خاصی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را تعدیل نموده و به این طریق موجب افزایش رشد گیاه می شوند. اما در روش مستقیم این باکتریها با تثبیت آزادزی نیتروژن، تولید متابولیت‌های مؤثر در رشد گیاه، مانند هورمون های گیاهی(اکسین، سیتوکینین، جیبرلین)، افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول مثل فسفر و پتاسیم از طریق تولید اسیدهای معدنی و آلی، تولید سیدروفورها و افزایش فراهمی عناصر کم مصرف بویژه آهن و تولید آنزیم ACC دآمیناز[3] مؤثر در کاهش اثرات سوء اتیلن تنشی، به رشد بهتر گیاه کمک می کنند (۱۹). تعداد زیادی از باکتریهای PGPR با تولید آنزیم ACC دآمیناز، پیش ماده تولید اتیلن در گیاه یعنی ACC را به آمونیوم و آلفاکتوبوتیرات[4] هیدرولیز کرده و مانع تولید بیش از حد اتیلن تنشی درگیاه و کاهش رشد ریشه می‌شوند (۱۸و۲۸). در یک بررسی نشان دادند که تلقیح گندم با باکتریهای سودوموناس فلورسنت موجب افزایش رشد گیاه شد (۴۰). همچنین گزارش کردند که باکتری *Achromobacter piechaudii* ARV۸ دارای فعالیت ACC دآمیناز به طور معنی‌داری وزن خشک و تر نهال‌های گوجه‌فرنگی رشد کرده در شرایط شور را افزایش داد (۲۴). در تحقیقی مشاهده شد که گیاهان ذرت تلقیح شده با باکتریهای تولید کننده ACC دآمیناز در شرایط شور رشد بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده داشتند (۲۷).

قارچهای میکوریز آربسکولار نیز نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور دارند، به نحوی که بعضی آنها را به عنوان اصلاح کنندگان زیستی[5] خاکهای شور می‌نامند (۳۵). قارچهای میکوریزی با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه عناصر کم‌تحرک فسفر، روی، مس افزایش و موجب بهبود رشد آنها می‌شوند (۲۲). همچنین، این قارچها با تولید هورمونهای رشد مانند اکسین، سیتوکینین و ...، افزایش مقاومت گیاه در مقابل عوامل بیماریزا و بهبود ساختمان خاک از طریق اتصال ذرات خاک به یکدیگر، رشد گیاه را افزایش می‌دهند (۴). نشان داده شد که تحت تنش شوری، گیاه ذرت میکوریزی ماده خشک بیشتری نسبت به ذرت تلقیح نشده داشت و گوجه‌فرنگی میکوریزی نیز در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی دارای افزایش معنی‌داری در وزن خشک ریشه و اندام هوایی بود (۶). اثر قارچ *Glomus intraradices* را در شرایط شور بر نوعی عدس بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که این قارچ رشد گیاه را در شرایط شور بهبود بخشید (۳۳). با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت بکارگیری روشهای مناسب برای کاهش اثرات سوء شوری، هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر قارچهای میکوریز آربسکولار و باکتریهای محرک رشد بر برخی شاخصهای رشد و عملکرد گندم در شرایط تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح باکتری (بدون تلقیح باکتری (B0)، *سودوموناس فلورسنس*[6] سویه ۴ (B1)، سودوموناس فلورسنس سویه ۹ (B2)، سودوموناس فلورسنس سویه ۱۲ (B3))، سه سطح قارچ (بدون تلقیح قارچ (F0)، *گلوموس اتونیکاتوم*[7] (F1) و *گلوموس اینترارادیسز*[8] (F2)) و دو رقم گندم (ارقام سیستان و چمران به ترتیب مقاوم و نیمه مقاوم به شوری) بود. برای ایجاد تنش شوری (با در نظرگرفتن ۳۰ درصد کاهش عملکرد) در گندم، بر اساس حد آستانه شوری و شیب کاهش عملکرد آن، از خاکی با EC برابر ۱۰/۱dS/m از منطقه اشتهارد کرج استفاده شد. این نمونه‌ها کوبیده و بعد از عبور از الک چهار میلی‌متری برای کشت گلخانه‌ای مورد استفاده قرار گرفتند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری شده در آزمایشگاه تعیین شد. بافت به روش هیدرومتر بایکاس(۳)، کربن آلی به روش اصلاح شده والکلی و بلاک، درصد گچ به روش استون، کربنات کلسیم معادل به روش کلسیمتری، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال (۱)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (۹)، پتاسیم قابل جذب با روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال، سدیم محلول با فلیم فتومتر، کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره و برای اندازه‌گیری آهن، روی، منگنز و مس قابل جذب از DTPA به عنوان عصاره‌گیر استفاده شد (۱).

کشت گلخانه ای

تهیه مایه تلقیح‌های میکروبی

مایه تلقیح‌های قارچی و باکتریایی به صورت پودر و در بسته‌های جدا از بانک میکروبی موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شدند. مایه تلقیح قارچی حاوی قارچهای *گلوموس اتونیکاتوم* و *گلوموس اینترارادیسز* بود که از خاک‌های شور دشت تبریز جداسازی شده بودند

1- Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AM)
2- Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)
3- Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC)
4- α -ketobutyrate
5- Bio-ameliorators
6- Pseudomonas fluorescens
7- Glomus etunicatum
8- Glomus intraradices

Archive of SID

www.SID.ir

و جمعیت آنها در مایه تلقیح استفاده شده $۱/۶ \times ۱۰^{۴}$ عدد پروپاگول در هر گرم بود. مایه تلقیح باکتریایی حاوی *سودوموناس فلورسنس* سویه‌های ۴، ۹ و ۱۲ بود. دو خصوصیت مهم محرک رشدی این باکتریها و جمعیت آنها در مایه تلقیح در جدول ۱ آورده شده است.

در این آزمایش از دو رقم گندم بهاره سیستان (مقاوم به شوری) و چمران (نیمه مقاوم به شوری) تهیه شده از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، استفاده شد. جهت ضدعفونی کردن سطحی، بذرها به مدت ۷ دقیقه در آب ژاول ۲/۵ درصد غوطه‌ور شده و ۸ تا ۱۰ مرتبه با آب مقطر استریل شستشو شدند. بذرها استریل شده روی پتری دیش های حاوی آب- آگار یک درصد پخش و در داخل انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت جوانه‌دار شدند. برای کاشت بذرها از گلدان‌های پلاستیکی فاقد زهکش به ارتفاع ۲۲cm و قطر دهانه ۲۰cm استفاده و به هر گلدان مقدار ۳/۵ کیلوگرم خاک آون خشک شور اضافه شد. بر اساس تیمارهای مختلف، مایه‌های تلقیح باکتریایی و قارچی (هر دو به صورت پودری) در حفره های تعبیه شده در هر گلدان (۵ حفره) ریخته شدند. سپس به ازای هر حفره، یک بذر جوانه دار شده روی مایه تلقیح جایگذاری و با خاک پوشانده شد. به منظور عدم تغییر شوری خاک و نداشتن زه آب، گلدانها تا پایان دوره رشد پنج ماهه با آب مقطر به روش وزنی در حد رطوبت FC آبیاری شدند. بر اساس آزمون خاک، عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از طریق کود به خاک اضافه و کاملاً با آن مخلوط شدند. فسفر به میزان ۲۰ میلی گرم P_2O_5 در کیلوگرم همزمان با کاشت و کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۵۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک همزمان با کاشت و ۷۰ میلی گرم در کیلوگرم در اواسط دوره رشد به صورت سرک استفاده شد. گلدانها در فضای گلخانه‌ای با شدت نور ۱۵۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰ لوکس، دمای ۲۵ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و طول مدت نوردهی ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

اندازه‌گیری شاخص های رشد و عملکرد

قبل از برداشت

بعد از ظاهر شدن کامل برگ پرچم گیاه، میزان کلروفیل آن توسط دستگاه کلروفیل‌متر مدل SPAD-502 اندازه‌گیری شد (۲۴). سطح برگ پرچم نیز توسط دستگاه Leaf Area Meter، مدل GATE HOUSE اندازه‌گیری و نتایج بر حسب سانتی‌مترمربع گزارش شد.

بعد از برداشت

پس از اتمام دورهٔ رشد پنج ماهه، گیاه برداشت شد و پارامترهایی مثل، طول گیاه، طول و وزن سنبله، وزن دانه در سنبله (عملکرد دانه)، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، وزن کاه و کلش و وزن تر اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک) اندازه‌گیری و شاخص برداشت گیاه[1] (HI) نیز محاسبه شد.

$$\text{شاخص برداشت (HI)} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون ریشه

برای جدا کردن ریشه‌ها از خاک، پس از اشباع کردن گلدان‌ها، خاک گلدان‌ها با آب به آرامی شسته شد. پس از تمیز کردن ریشه‌ها از بخش های مختلف ریشه حدود یک گرم نمونه تهیه و در ظروف حاوی آب و الکل نگهداری شد.به منظور رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها به مدت یک ساعت در محلول KOH ده درصد و دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند، پس از شستشو به مدت ۲۰ دقیقه در محلول آب اکسیژنه قلیایی ۱۰ درصد عمل رنگبری انجام شد. مجدداً ریشه‌ها چندین بار شسته شده و برای اسیدی شدن به مدت سه دقیقه در محلول HCl یک درصد قرار داده شد. سپس ریشه‌ها در محلول لاکتو گلیسیرین – تریپان بلو به مدت ۴۸ ساعت قرار داده تا ریشه‌ها رنگ بگیرند (۳۰). برای تعیین درصد کلونیزاسیون، ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شدند و با روش Grindline Intersect درصد کلونیزاسیون ریشه تعیین شد (۱۷).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و Mstatc و گروه بندی میانگین ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک قبل از کشت در جدول ۲ آمده است. نمونه‌های خاک تهیه شده دارای EC مورد نظر ($۱۰/۱ \ dSm^{-1}$) بودند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که شاخص‌های وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن کاه و کلش، وزن خشک ریشه، طول گیاه و سنبله در رقم سیستان به طور معنی‌داری بیشتر از رقم چمران بود. اما در مورد اجزای عملکرد گیاه یعنی تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری بین دو رقم وجود نداشت (جداول۴و۵). البته در کل کارایی رقم سیستان در شرایط شور بیشتر از رقم چمران بود که با توجه به مقاومت بیشتر رقم سیستان به شوری، چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نمی باشد. در تحقیقی مردوخی و رجالی (۵) نیز نشان دادند که رشد رقم سیستان در شرایط شور بیشتر از چمران بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که درصد کلونیزاسیون

1- Harvest Index

Archive of SID

www.SID.ir

ریشه در اثر تلقیح با قارچهای میکوریزی افزایش یافت که تأثیر قارچ *گلوموس اینترارادیسز* بیشتر بود. البته این افزایش تنها در رقم سیستان تلقیح شده با قارچ *گلوموس اینترارادیسز* معنی‌دار بود (جدول ۶). کاربرد مجزای قارچ *گلوموس اتونیکاتوم* و باکتری *سودوموناس فلورسنس* سویه ۹ وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن کاه و کلش رقم سیستان را نسبت به شاهد تلقیح نشده افزایش داد که در مورد وزن تر اندام هوایی و وزن کاه و کلش افزایش معنی‌دار بود (جدول ۴). تلقیح مشترک قارچ و باکتری نتوانست افزایش معنی‌داری در میزان این پارامترها ایجاد کند. تلقیح مجزای قارچ *گلوموس اتونیکاتوم* در هر دو رقم سیستان و چمران، وزن خشک ریشه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. سویه‌های باکتری نیز وزن خشک ریشه دو رقم را افزایش دادند ولی معنی دار نبود (جدول ۵). کاربرد توأم قارچ *گلوموس اینترارادیسز* و باکتری *سودوموناس فلورسنس* سویه ۹ سطح برگ پرچم رقم چمران را به طور معنی‌داری نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد (جدول ۵). تلقیح مشترک قارچ *گلوموس اینترارادیسز* و باکتری *سودوموناس فلورسنس* سویه ۱۲ میزان کلروفیل رقم سیستان را به طور معنی‌داری نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد (جدول ۵). در پژوهشی گزارش کردند که گیاه *Strophostyles helvala* تلقیح شده با *Glomus mosseae* به طور معنی‌داری وزن خشک اندام هوایی و ریشه و کلروفیل بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی داشتند (۳۶). قارچهای میکوریزی با افزایش جذب عناصر غذایی، رشد و عملکرد گیاهان را در شرایط تنش شوری افزایش می‌دهند (۱۶، ۳۷ و ۴۱). در تحقیقی نشان دادند که باکتری محرک رشد *Azospirillum lipoferum* ارتفاع ساقه، وزن خشک برگ و ریشه گیاه گندم را در شرایط شور به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش داد (۸). همچنین محققین دریافتند که باکتری *Pseudomonas putida* UW4 با توانایی تولید آنزیم ACC دآمیناز به طور معنی‌داری وزن خشک اندام هوایی کلزا را در شرایط شور تا ۵ برابر افزایش داد، در حالی که سویه موتانت UW4 فاقد فعالیت ACC دآمیناز رشد گیاه را افزایش نداد (۱۰). تلقیح مجزای رقم سیستان با قارچ *گلوموس اتونیکاتوم* و باکتری *سودوموناس فلورسنس* سویه ۱۲ دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه بود (جداول۴و۵). استفاده از قارچها و باکتریها تغییر معنی‌داری در اجزای عملکرد رقم چمران ایجاد نکرد. کاربرد توأم قارچ *گلوموس اینترارادیسز* و هر سه سویه باکتری سودوموناس وزن سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه رقم سیستان را نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد که افزایش وزن هزاردانه در تلقیح مشترک قارچ *گلوموس اینترارادیسز* و سویه‌های ۴ و ۹ معنی‌دار بود (جدول ۴). قارچهای میکوریزی و باکتریهای محرک رشد با بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور باعث افزایش عملکرد آنها می‌شوند. در یک بررسی نشان دادند که اجزای عملکرد در گیاه گندم تلقیح شده با قارچهای میکوریزی افزایش یافت (۲۰). افزایش عملکرد گندم را در شرایط شور در اثر تلقیح با قارچ *گلوموس اینترارادیسز* مشاهده کردند (۵). افزایش عملکرد دانه گندم بر اثر تلقیح با سویه‌هایی از سودوموناس را نیز گزارش کردند (۱۴). در آزمایشی اثر باکتری *Azospirillum lipoferum* را بر رشد و عملکرد گندم در شرایط شور بررسی کردند و دریافتند که این باکتری به طور معنی‌داری وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم را افزایش داد (۲۶). تلقیح مشترک قارچهای *گلوموس اتونیکاتوم* و *گلوموس اینترارادیسز* و باکتری *سودوموناس فلورسنس* سویه ۴ شاخص برداشت رقم چمران را به طور معنی‌داری نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد (جدول ۴). در تحقیقی گزارش کردند که باکتریهای سودوموناس به طور معنی‌داری شاخص برداشت گندم را افزایش دادند (۳۹). نوع برهم‌کنش قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری PGPR بستگی به محیط خاک، نوع باکتری، قارچ و گیاه دارد. باکتریهای PGPR می‌توانند با تأثیر بر میزان تمایل و پذیرش ریشه برای قارچ و رشد و جوانه زنی اسپورها و همچنین تغییر ترشحات ریشه‌ای و محیط ریزوسفر، تشکیل و عملکرد قارچهای میکوریزی را تحت تأثیر قرار دهند (۳۸). اثر کاربرد توأم باکتری حل کننده فسفات و قارچ میکوریز آربسکولار بر عملکرد گندم بررسی کردند. نتیجه این آزمایش نشان داد که میزان عملکرد دانه در اثر کاربرد توأم قارچ و باکتری افزایش یافت (۳۱). در بعضی تحقیقات برهمکنش خنثی (۱۲) و منفی (۲۵) نیز بین قارچهای میکوریزی و باکتری های محرک رشد گزارش شده است.

(جدول۱)- خصوصیات باکتری‌های مورد استفاده در این تحقیق (۲)

نام باکتری	فعالیت آنزیم ACCدآمیناز $\mu moles\ mg^{-1}\ h^{-1}$	اکسین $\mu g\ ml^{-1}$	جمعیت باکتری در مایه تلقیح $Cfu^{1}\ ml^{-1}$
P. fluorescens strain4	۸/۱۷	۲/۳۸	$۷/۷ \times ۱۰^{۹}$
P. fluorescens strain9	۴/۴۵	۰/۹۳	$۲/۱ \times ۱۰^{۹}$
P. fluorescens strain12	۴/۶۱	۱/۲	$۲/۵ \times ۱۰^{۹}$

آماده سازی و کاشت بذرها

1- Colony forming unit

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۲)- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از کشت

شن	سیلت	رس	بافت خاک	SP (٪)	FC (٪)	pH	EC (dSm^{-1})	کربنات	بیکربنات ($meql^{-1}$)	کربنات کلسیم معادل (٪)	گچ (٪)	کربن آلی (٪)
(٪)												
۳۸	۳۶	۲۶	لومی	۳۹/۵	۲۳/۹۶	۷/۷۸	۱۰/۱	۰	۴/۳۴	۱۱/۷۵	۳/۲۱	۰/۴۴

نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	سدیم	کلسیم	منیزیم	SAR	آهن	منگنز	مس	روی
			محلول ($meql^{-1}$)				عصاره گیری با DTPA ($mgkg^{-1}$)			
۰/۰۳۸	۴/۵۶	۲۹۴/۸	۶۲/۳۱	۴۰/۵۵	۸/۲۶	۱۲/۶۱	۲/۸۳۹	۷/۸۵۷	۱/۹۴۵	۱/۳۵۹

(جدول۳)- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر شاخصهای رشد و عملکرد گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن خشک اندام هوایی	وزن کاه و کلش	وزن خشک ریشه	وزن هزاردانه	وزن سنبله	وزن تر اندام هوایی	عملکرد دانه	شاخص برداشت
قارچ	۲	۰/۱۴۸^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۱۵۴^{ns}	۱۸/۶۸^{ns}	۰/۰۳۸*	۰/۰۴۲^{ns}	۰/۰۲۹**	۳۶/۲۰**
باکتری	۳	۰/۳۲۲^{ns}	۰/۱۱۰*	۰/۰۵۹^{ns}	۱۰/۷۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۱۱۱^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۲۷/۹۳**
رقم	۱	۴۴۳/۶۷۴**	۱۶/۶۰۸**	۲۰/۳۶۹**	۱۴/۲۱^{ns}	۰/۳۸۳**	۲۲/۰۳۲**	۰/۰۰۷^{ns}	۱۸۴۳/۵۴**
قارچ × باکتری	۶	۰/۴۳۰^{ns}	۰/۰۶۷*	۰/۱۹۷*	۱۱/۹۷^{ns}	۰/۰۲۲*	۰/۱۵۱*	۰/۰۱۳*	۱۰/۹۳^{ns}
قارچ × رقم	۲	۰/۱۹۵^{ns}	۰/۰۳۰^{ns}	۰/۴۲۴**	۲۸/۵۳*	۰/۰۲۰^{ns}	۰/۰۳۴^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۱/۱۷^{ns}
باکتری × رقم	۳	۱/۱۴۳*	۰/۰۸۹^{ns}	۰/۰۷۱^{ns}	۱۴/۴۶^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۶۶^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۱۶/۶۷^{ns}
قارچ × باکتری × رقم	۶	۰/۴۵۹^{ns}	۰/۰۸۶*	۰/۰۵۶^{ns}	۱۱/۳۵^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۱۲۰^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۴/۳۵^{ns}
خطا	۷۲	۰/۴۱۵^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۰/۰۷۱^{ns}	۷/۶۰^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۵۴^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۶/۲۶^{ns}
ضریب تغییرات		۶/۹۹	۱۲/۰۷	۱۴/۹	۹/۶۴	۱۱/۳۶	۱۰/۰۶	۱۴/۳	۱۱/۰۹

ادامه جدول ۳

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول گیاه	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	میزان کلروفیل	سطح برگ پرچم	درصد کلونیزاسیون ریشه
قارچ	۲	۴/۱۷^{ns}	۰/۶۳۶*	۱۳/۹۶۳^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۷/۱۶^{ns}	۲۶۲۵/۵۰**
باکتری	۳	۱۴/۰۹*	۰/۲۰۴^{ns}	۲/۰۸۵^{ns}	۸/۴۸*	۴/۱۲^{ns}	۷۲/۵۲^{ns}
رقم	۱	۷۹۸/۸۰**	۳۷/۲۰۱**	۰/۳۴۰^{ns}	۷۷۸/۵۱**	۴۴/۰۱**	۱۷۲/۰۰*
قارچ × باکتری	۶	۳/۶۱^{ns}	۰/۳۷۳*	۸/۱۳۱^{ns}	۱/۲۱^{ns}	۷/۳۱*	۷۸/۲۱*
قارچ × رقم	۲	۳/۴۰^{ns}	۰/۷۹۵*	۱۷/۶۷۰*	۱/۰۹^{ns}	۱/۰۷^{ns}	۳۰۴/۴۱**
باکتری × رقم	۳	۳/۶۹^{ns}	۰/۱۵۸^{ns}	۸/۰۳۱^{ns}	۲/۱۳^{ns}	۲/۹۵^{ns}	۲۰۸/۲۵**
قارچ × باکتری × رقم	۶	۴/۲۷^{ns}	۰/۰۵۶^{ns}	۸/۸۷۹^{ns}	۴/۶۴^{ns}	۳/۸۱^{ns}	۲۵۹/۵۸**
خطا	۷۲	۳/۹۳^{ns}	۰/۱۶۴^{ns}	۴/۵۶۸^{ns}	۲/۶۴^{ns}	۳/۱۲^{ns}	۳۱/۳۲^{ns}
ضریب تغییرات		۴/۴۷	۴/۵۳	۱۲/۲	۲/۸۵	۱۸/۹۳	۱۸/۸۸

**،* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول٤)- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخصهای رشد و عملکرد گندم

سطوح رقم، قارچ و باکتری			وزن تر اندام هوایی	وزن کاه و کلش	وزن سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	وزن خشک اندام هوایی ($gpot^{-1}$)	درصد شاخص برداشت
			$gplant^{-1}$						
رقم سیستان	F0	B0	۲/۵۸cd	۱/۷۵de	۰/۸۳ abcdef	۲۶/۷۳bcd	۰/۴۸abcdef	۱۱/۲۷abc	۱۸/۴۱fg
		B1	۲/۶۴bcd	۱/۷۸cde	۰/۸۷abcde	۲۷/۹۴bcd	۰/۴۹abcdef	۱۰/۸۸c	۱۸/۶۲fg
		B2	۳/۰۱ab	۲/۱۰ab	۰/۹۱abc	۲۷/۴۹bcd	۰/۵۴abcde	۱۲/۱۲a	۱۷/۷۵fg
		B3	۲/۷۷abc	۱/۸۳bcde	۰/۹۴ab	۲۸/۷۵bc	۰/۵۷abc	۱۱/۲۳abc	۲۰/۳۷ef
	F1	B0	۳/۱۳a	۲/۲۱a	۰/۹۳ab	۲۹/۰۳bc	۰/۵۵abcd	۱۱/۴۴abc	۱۷/۴۶fg
		B1	۲/۷۸abc	۱/۹۵abcd	۰/۸۳abcdef	۲۹/۷۴abc	۰/۴۹abcdef	۱۱/۵۱abc	۱۷/۳۸fg
		B2	۲/۷۴bcd	۲/۰۰abcd	۰/۷۴def	۲۷/۵bcd	۰/۴۱f	۱۱/۰۶abc	۱۴/۷۸g
		B3	۲/۳۹d	۱/۶4e	۰/۷۵def	۲۹/۷۶abc	۰/۴۲ef	۱۲/۰۱ab	۱۷/۳۰fg
	F2	B0	۲/۷۵bcd	۱/۸۶bcde	۰/۸۹abcd	۲۵/۸۶cd	۰/۴۷abcdef	۱۰/۹۱c	۱۷/۱۰fg
		B1	۲/۸۲abc	۱/۸۹bcde	۰/۹۳ab	۳۳/۵۳a	۰/۵۸ab	۱۱/۰۱bc	۲۰/۳۷ef
		B2	۲/۹۱abc	۱/۹۶abcd	۰/۹۵a	۳۰/۷۹ab	۰/۵۹a	۱۱/۲۷abc	۲۰/۰۹ef
		B3	۲/۹۹ab	۲/۰۵abc	۰/۹۴ab	۳۰/۶۱abc	۰/۵۵abcd	۱۱/۷۱abc	۱۸/۴۳fg
رقم چمران	F0	B0	۱/۹۵e	۱/۲۴f	۰/۷۱f	۲۹/۰۱bc	۰/۴۷abcdef	۶/۷۴d	۲۴/۵۲cd
		B1	۱/۹۵e	۱/۱۸f	۰/۷۷cdef	۲۷/۹۶bcd	۰/۵۲abcdef	۷/۲۶d	۲۶/۵۵abcd
		B2	۱/۸۲e	۱/۰۱f	۰/۸۱abcdef	۲۸/۸۵bc	۰/۵۳abcdef	۷/۱۶d	۲۹/۴۸a
		B3	۱/۷۰e	۰/۹۸f	۰/۷۲ef	۳۰/۶۶ab	۰/۴۹abcdef	۶/۹۴d	۲۸/۷۶ab
	F1	B0	۱/۹۵e	۱/۲۱f	۰/۷۴def	۲۷/۲۹bcd	۰/۴۵bcdef	۷/۱۲d	۲۳/۳۱de
		B1	۱/۸۹e	۱/۰۸f	۰/۸۱abcdef	۲۸/۲۶bcd	۰/۵۳abcdef	۷/۳۴d	۲۷/۹۰abc
		B2	۱/۶۹e	۰/۹۸f	۰/۷۱f	۲۸/۴bc	۰/۴۵cde	۷/۰۶d	۲۶/۵۱abcd
		B3	۱/۷۱e	۱/۰۲f	۰/۶۹f	۲۳/۷۸d	۰/۴۴def	۶/۸۱d	۲۶/۰۲abcd
	F2	B0	۱/۹۶e	۱/۲۴f	۰/۷۲ef	۲۸/۲۷bcd	۰/۴۹abcdef	۶/۹۲d	۲۵/۱۹bcd
		B1	۱/۷۵e	۰/۹۹f	۰/۷۷cdef	۲۸/۴۷bc	۰/۵۲abcdef	۷/۴۲d	۳۰/۱۰a
		B2	۱/۸۷e	۱/۰۸f	۰/۷۹bcdef	۲۸/۸bc	۰/۵۳abcdef	۷/۴۳d	۲۸/۴۸abc
		B3	۱/۷۸e	۱/۰۳f	۰/۷۵def	۲۸/۷۵bc	۰/۴۸abcdef	۶/۶۴d	۲۶/۴۱abcd

* – میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد به روش دانکن می‌باشند

در جدول شش اثر تیمارها بر درصد کلونیزاسیون ریشه آورده شده است. همانطوریکه نتایج نشان می دهد درصد کلونیزاسیون از ۱۹/۶۴ در تیمار بدون قارچ به۳۲/۰۳ در تیمار گلوموس اتونیکاتوم و ۳۷/۲۸ در تیمار گلوموس اینترادایسز افزایش یافت. همچنین درصد کلونیزاسیون رقم چمران بیشتر از رقم سیستان بود.

نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارهای قارچی و باکتریایی می‌توانند در افزایش مقاومت گیاه به شوری و تولید عملکرد بهتر در شرایط تنش شوری مؤثر باشند. انجام بررسی های بیشتر در شرایط مزرعه توصیه می شود.

سپاسگزاری

از قطب علمی بهبود کیفیت خاک برای تغذیه متعادل گیاه در دانشگاه تهران و مؤسسه تحقیقات خاک و آب که امکانات اجرای این پژوهش را فراهم نمودند تشکر و قدردانی می نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول۵)- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخصهای رشد و عملکرد گندم

			طول گیاه (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد دانه در سنبله	کلروفیل Measured SPAD value	سطح برگ (cm^{-2})	وزن خشک ریشه ($gpot^{-1}$)
رقم سیستان	F0	B0	۴۸/۶۸ab	۹/۴۹abc	۱۷/۸۱abc	۶۰/۰۴abc	۹/۲۵abc	۱/۸۹bcd
		B1	۴۷/۹۳abc	۹/۴۷abc	۱۷/۶۵abc	۶۰/۲۷abc	۹/۰۰abc	۱/۹۴bc
		B2	۴۶/۷۲abc	۹/۵۷abc	۱۹/۴۸ab	۵۸/۵۸bc	۸/۵۰bc	۲/۲۱ab
		B3	۴۵/۸۴bc	۹/۵۶abc	۱۹/۶۵a	۶۰/۳۰abc	۹/۷۵abc	۲/۲۹ab
	F1	B0	۴۷/۴۱abc	۹/۷۱abc	۱۸/۸۹ab	۵۹/۴۵abc	۸/۲۵bc	۲/۵۰a
		B1	۴۵/۳۳cd	۹/۲۳bcd	۱۶/۳۱abcd	۶۱/۱۹ab	۹/۷۵abc	۲/۴۴a
		B2	۴۵/۹۷bc	۹/۰۶cde	۱۴/۸۳cd	۶۰/۱۶abc	۷/۲۵c	۲/۵۲a
		B3	۴۷/۶۶abc	۹/۴۵abc	۱۳/۹۶d	۵۹/۶۶abc	۸/۲۵bc	۲/۲۵ab
	F2	B0	۴۹/۹۱a	۱۰/۰۵a	۱۸/۱۰abc	۵۷/۷۱c	۹/۷۵abc	۲/۱۷ab
		B1	۴۶/۹۲abc	۹/۵۸abc	۱۷/۳۰abcd	۶۰/۳۱abc	۸/۵۰bc	۲/۱۴ab
		B2	۴۶/۵۳bc	۹/۷۰abc	۱۸/۹۳ab	۶۰/۲۳abc	۸/۲۵bc	۲/۲۸ab
		B3	۴۸/۱۶abc	۹/۸۴ab	۱۸/۰۰abc	۶۱/۶۵a	۷/۵۰c	۲/۲۹ab
رقم چمران	F0	B0	۴۲/۴۱de	۷/۸۱h	۱۶/۳۰abcd	۵۳/۱۷d	۱۱/۲۵ab	۱/۲۳fg
		B1	۴۱/۷۷e	۸/۰۳fgh	۱۸/۵۰abc	۵۴/۵۶d	۱۰/۰۰abc	۱/۴۹defg
		B2	۴۲/۲۶de	۸/۵۶efg	۱۸/۴۱abc	۵۵/۰۶d	۱۰/۰۰abc	۱/۵۶cdef
		B3	۴۰/۶۲e	۷/۹۴gh	۱۵/۸۵bcd	۵۵/۳۰d	۱۱/۲۵ab	۱/۳۵efg
	F1	B0	۴۲/۳۲de	۸/۶۹def	۱۶/۸۵abcd	۵۳/۵۹d	۱۰/۰۰abc	۱/۶۷cde
		B1	۴۲/۶۷de	۸/۳۸fgh	۱۸/۶۱ab	۵۳/۴۱d	۱۲/۰۰a	۱/۲۹efg
		B2	۳۹/۵۰e	۸/۱۹fgh	۱۵/۸۵bcd	۵۴/۶۹d	۹/۲۵abc	۱/۱۷fg
		B3	۴۰/۸۰e	۸/۶۶def	۱۸/۷۵ab	۵۴/۸۸d	۸/۷۵bc	۱/۰۶g
	F2	B0	۴۲/۱۵e	۸/۳۶fgh	۱۷/۳۰abcd	۵۳/۶۷d	۷/۷۵c	۱/۲۱fg
		B1	۴۰/۹۳e	۸/۲۲fgh	۱۸/۲۸abc	۵۴/۵۲d	۱۰/۲۵abc	۱/۲۰fg
		B2	۴۱/۶۶e	۸/۳۶fgh	۱۸/۴۰abc	۵۴/۲۷d	۱۱/۲۵ab	۱/۳۹efg
		B3	۴۰/۷۴e	۸/۵۶efg	۱۶/۳۸abcd	۵۴/۰۷d	۸/۵۰bc	۱/۲۶efg

* - میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد به روش دانکن می‌باشند

(جدول ٦)- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر درصد کلونیزاسیون ریشه

تیمارها	درصد کلونیزاسیون ریشه
بدون قارچ	۱۹/۶۴^{c}
گلوموس اتونیکاتوم	۳۲/۰۳^{b}
گلوموس اینترادایسز	۳۷/۲۸^{a}
بدون باکتری	۲۸/۱۷^{a}
باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۴	۲۹/۱۷^{ab}
باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۹	۳۲/۱۷^{a}
باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۱۲	۲۹/۱۰^{ab}
رقم سیستان	۲۸/۳۱^{b}
رقم چمران	۳۰/۹۹^{a}

میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد به روش آزمون دانکن می باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- احیایی م. و بهبهانی‌زاده ع.ا. ۱۳۷۰. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه شماره۹۸۳. مؤسسه تحقیقات خاک و آب .تهران .ایران.

۲- اخگر ع. ۱۳۸۷. جداسازی، شناسایی و بررسی کارایی باکتریهای ریزوسفری دارای توان تولید آنزیم ACC دآمیناز در کاهش اثرات تنش شوری بر رشد کلزا. پایان‌نامه دکتر خاکشناسی، دانشگاه تهران.۱۶۳ صفحه.

۳- بینام. ۱۳۸۵. بانک اطلاعات زراعت. سال زراعی ۸۵-۸۴. وزارت جهاد کشاورزی
http://dbagri.agri-jahad.org/zrtbank

۴- خاوازی ک. و ملکوتی م. ج.۱۳۸۰ . ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.۶۰۴ صفحه.

۵- مردوخی ب. و رجالی ف. ۱۳۸۵. نقش قارچ های میکوریز آربسکولار در جذب عناصر غذایی و علکرد گندم در شرایط شور. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

6- Al-Karaki G.N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza, 10:51-54.

7- Asghar H.N., Zahir Z.A., Arshad M. and Khaliq A. 2002. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. Biol . Fertil. Soils., 35:231-237.

8- Bacilio M., Rodriguez H., Moreno M. and Hernandez J. P. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedling by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. Biol Fertil Soils, 40:188–193.

9- Black A.L., Miller R.H. and Keeney D.R. 1989. Methods of Soil Analysis. Part II ASA, I. SSSA, No.9.

10- Cheng Z., Park E. and Glick B.R. 2007. 1-Aminocyclopropane-1- carboxylate deaminase from Pseudomonas putida UW4 facilitates the growth of canola in the presence of salt. Canadian Journal of Microbiology 53:912-918.

11- Cottenie A. 1980. Methods of Plant Analysis. In: Soil and Plant Testing . pp. 64-100. FAO Soils Bulletin 38/2. Rome, Italy.

12- Edwards S.G., Young J.P.W. and Fitter A.H. 1998. Interactions between Pseudomonas fluorescens biocontrol agents and *Glomus mosseae*, an arbuscular mycorrhizal fungus, within the rhizosphere. FEMS Microbiology Letters 166:297–303.

13- FAO. 2000. Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt-affected Soils. Country Specific Salinity Issues – Iran. Rome, Italy: FAO. http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/degrad.asp?country=iran

14- Frietas, J. and Germida, J. J. 1990. Plant growth promoting rhizobacteria for winter wheat. Can. J. Microbiol. 36: 265-272.

15- Ghazi N. and Al-Karaki G.N. 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. Sci Hort, 109:1–7.

16- Giri B. and Mukerji K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza, 14: 30۷–312.

17- Giovannetti M. and Mosse B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytol, 84:489–500.

18- Glick B.R., Penrose D.M. and Jiping L.I. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentration by plant growth-promoting bacteria. J. Theor. Biol., 190: 63-68.

19- Glick B.R., Patten C.L., Holguin G. and Penrose D.M. 1999. Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria. Imperial Cllege Press London United Kingdom. P267.

20- Goh T.B., Banerjee M.R., Shihua T. and Burton D.L. 1997. VA mycorrhizae mediated uptake and translocation of P and Zn by wheat in a calcareous soil. Canadian Journal of Plant Science, 77: 339-346.

21- ICID (International Commission on Irrigation and Drainage). 2002. Irrigation and Food Production Information about ICID Network Countries. Available at http://www.icid.org/index_e.html

22- Marschner H. and Dell B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil 159: 89-102.

23- Mass E.V. and Hoffman G.J. 1977. Crop tolerance – current assessment. J. Irrig. Drain Div. Am. Soc. Civil Eng. 103: 115-134.

24- Mayak S., Tirosh T. and Glick B.R. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiol. Biochem., 42:565–572.

25- McAllister C.B., García-Romera I., Martin J., Godeas A. and Ocampo J.A. 1995. Interaction between *Aspergillus niger* van Tiegh. and *Glomus mosseae* (Nicol. and Gerd.) Gerd. And Trappe. New Phytologist, 129, 309-316.

26- Nabila Zaki M., Hassanein M.S., Karima M. and Gamal EL-Din. 2007. Growth and yield of wheat cultivars irrigated with saline water in newly cultivated land as affected by biofertilization. Journal of Applied Sciences Research 3(10): 1121-1126.

27- Nadeem S., Zahir Z.A., Naveed M. and Arshad M. 2007. Preliminary investigations on inducing salt tolerance in

Archive of SID

www.SID.ir

maize through ACC-deaminase activity.Canadian Journal of Microbiology., 53 (10) 1141-1149.
28- Penrose D.M. and Glick B.R. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. Physiol. Plant., 18:10-15.
29- Fox R.H., Piekielek W.P., and Macneal K.M. 1994. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 25:171–181.
30- Phillips J. and Hayman D. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans Br Mycol Soc 55:158–161.
31- Raja A.R., Shah K.H., Aslam M. and Memon M.Y. 2002. Response of phosphobacterial and mycorrhiza inoculation in wheat. Asian Journal of Plant Science, 4: 322-323.
32- Sairam R.K. and Tyagi A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science 86:407-421.
33- Sannazzaro A.I., Ruiz O.A., Alberto E.O. and Menendez A.B. 2006. Alleviation of salt stress in lotus glaber by Glomus intradices.Plant Soil., 285:279-287.
34- Sheldrick B.H. & Wang C. 1993. Particle size distribution. P.499-511. In:M.R. carter. Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers.
35- Singh R.P., Choudhary A., Gulati A., Dahiya H.C., Jaiwal P.K. and Sengar R.S. 1997. Response of plants to salinity in interaction with other abiotic and factors. In: Jaiwal P.K., Singh, R.P., Gulati, A. (eds) Strategies for improving salt tolerance in higher plants. Science Publishers, Enfield, N.H. pp 25–39.
36- Tasang A., and Maum M.A. 1999. Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of Strophostyles helvola in coastal foredunes. University of Waterloo, Canada. Plant Ecology, 144:159–166.
37- Tian C.Y., Feng G., Li X.L. and Zhang F.S. 2004. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants. Appl Soil Ecol., 26:143–148.
38- Toro M., Azcon R. and Barea J.M. 1997. Improvement of arbuscular mycorrhizal development by inoculation with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (32P) and nutrient cycling. Applied and Environmental Microbiology, 63:4408–4412.
39- Walley F.L., and Germida J.J. 1997. Response of spring wheat (*Triticum aestivum*) to interactions between Pseudomonas species and *Glomus clarum* NT4. Biol. Fertil. Soils, 24:365–371.
40- Weller, D. M. and Cook, R. J. 1986. Increased growth of wheat by seed treatment with *fluorescent pseudomonas* , and implication of pythumcontrol. Can. J. Plant Pathol., 8:328-334.
41- Yano-Melo A.M., Saggin O.J., and Maia L.C. 2003. Tolerance of mycorrhized banana (Musa sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. Agric Ecosyst Environ., 95:343–348.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar- Apr 2010, p. 53-62

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۶۲-۵۳

Effects of some Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a saline soil

A. Sadat[1] - Gh. Savaghebi[2*]- F. Rejali[3]- M. Farahbakhsh[4] - K. Khavazi[5] - M. Shirmardi[6]

Abstract

The objective of this study was to assess the effects of few arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a saline soil (EC=10/1 dSm^{-1}). A factorial experiment with completely randomized design with four replications was conducted to investigate the effects of three levels of fungal inoculation (non inoculation, inoculation with *Glomus etunicatum* and with *Glomus intradices*) and four levels of bacterial inoculation (non inoculation, inoculation with P. fluorescens strains 4, 9, 12) on two wheat varieties (Sistan and Chamran) as tolerant and semi-tolerant to salinity, respectively. Our results showed that the growth and yield indices of two varieties were significantly ($P<0/05$) different. Single inoculation of Sistan with *Glomus etunicatum* and *P. fluorescens*, strains 9, increased fresh and dry weight of shoot. Single inoculation of both varieties with *Glomus etunicatum* significantly increased the root dry weight. Single inoculation of Sistan with *Glomus etunicatum* and *P. fluorescens,* strains 12, resulted in highest grain number in spike, spike weight, thousand grains weight and final grain yield. Co-inoculation of *Glomus intradices* and *P. fluorescens,* strains 12, of Sistan variety significantly increased the chlorophyll content of the flag leaf. Field trials, considering same treatments are advised to further support of this study results.

Keywords: Salinity, Wheat, Arbuscular mycorrhizal fungi, Plant growth promoting rhizobacteria, Growth and yield indices

Archive of SID

1,2,4,6– Former Graduate Student, Associate Prof., Assistant Prof. and Former Graduate Student, Respectively. College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran
3, 5- Assistant Professor, Soil & Water Research Institue, Tehran
(* - Corresponding author Email: savagheb@ut.ac.ir)

www.SID.ir