

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 ثوابی^{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 ($EC_e = 10/1 \text{ dS/m}$) 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 سویه‌های ۴، ۹ و ۱۲)، سه سطح قارچ (سطح بدون قارچ، قارچ‌های گلوموس اتونیکاتوم و گلوموس اینترادیسز) بر دو رقم گندم (رقم‌های سیستان و چمران به ترتیب مقاوم و نیمه مقاوم به شوری) بررسی شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) 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 و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۱۲ دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه بود. تلقیح مشترک قارچ گلوموس اینترادیسز و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۱۲ میزان کلروفیل برگ پرچم رقم سیستان را به طور معنی‌داری افزایش داد. پیشنهاد می‌شود جهت تأیید نتایج تیمارهای فوق، آزمایش‌های مزرعه‌ای نیز صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: شوری، قارچ‌های میکوریز آربسکولار، باکتری‌های محرک رشد گیاه، شاخص‌های رشد و عملکرد گندم

مقدمه

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 آستانه شوری برابر ۶ دسی زیمنس بر متر و شیب کاهش عملکرد برابر ۷/۱ درصد می‌باشد (۲۳). از نظر 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 مفید خاکزی، می‌توان به قارچ‌های

افزایش روزافزون نیاز غذایی مردم در اثر رشد سریع جمعیت، ایجاد می‌کند که میزان تولید محصولات کشاورزی افزایش یابد. شوری آب و خاک از مهمترین موانع افزایش تولید محصولات کشاورزی در جهان به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. 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

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

(Email: savagheb@ut.ac.ir)

* نویسنده مسئول :

۳ و ۵ - استادیاران پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران

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^۶ سویه ۴ (B1)، سودوموناس فلورسنس سویه ۹ (B2)، سودوموناس فلورسنس سویه ۱۲ (B3))، سه سطح قارچ (بدون تلقیح قارچ (F0)، گلوموس اتونیکاتوم^۷ (F1) و گلوموس اینترادیسز^۸ (F2)) و دو رقم گندم (ارقام سیستان و چمران به ترتیب مقاوم و نیمه مقاوم به شوری) بود. برای ایجاد تنش شوری (با در نظر گرفتن ۳۰ درصد کاهش عملکرد) در گندم، بر اساس حد آستانه شوری و شیب کاهش عملکرد آن، از خاکی با EC برابر ۱۰/۱ dS/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 باکاس^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 نترات نقره و برای اندازه‌گیری آهن، روی، منگنز و مس قابل جذب از DTPA به عنوان عصاره‌گیر استفاده شد (۱).

کشت گلخانه‌ای

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 اینترادیسز بود که از خاک‌های شور دشت تبریز جداسازی شده بودند

میکوریز آربسکولار^۱ و باکتری‌های محرک رشد گیاه^۲ (PGPR) اشاره کرد. باکتری‌های آزادی ریزوسفر را که به طور مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود رشد و سلامت گیاه می‌شوند، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌نامند (۷). در روش غیر مستقیم باکتری‌های محرک رشد با استفاده از مکانیسم‌های خاصی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را تعدیل نموده و به این طریق موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند. اما در روش مستقیم این باکتری‌ها با تثبیت آزادی نیتروژن، تولید متابولیت‌های مؤثر در رشد گیاه، مانند هورمون‌های 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 دامیناز^۳ مؤثر در کاهش اثرات سوء اتیلن تنشی، به رشد بهتر گیاه کمک می‌کنند (۱۹). تعداد زیادی از باکتری‌های PGPR با تولید آنزیم ACC دامیناز، پیش ماده تولید اتیلن در گیاه یعنی ACC را به آمونیوم و آلفا کتوتیترات^۴ هیدرولیز کرده و مانع تولید بیش از حد اتیلن تنشی در گیاه و کاهش رشد ریشه می‌شوند (۱۸ و ۲۸). در یک بررسی نشان دادند که تلقیح گندم با باکتری‌های سودوموناس فلورسنس موجب افزایش رشد گیاه شد (۴۰). همچنین گزارش کردند که باکتری *Achromobacter piechaudii* ARV۸ ACC دامیناز 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 دامیناز 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^۵ 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 بیمارزا 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

- 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*

هوایی (عملکرد بیولوژیک) اندازه‌گیری و شاخص برداشت گیاه^۱ (HI) نیز محاسبه شد.

$$\text{عملکرد دانه} \times 100 = \frac{\text{عملکرد بیولوژیک}}{\text{شاخص برداشت}} \text{ (HI)}$$

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 بخش‌های 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 گلیسرین - 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 میانگین‌ها 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 ($10/1 \text{ dSm}^{-1}$) 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 (جدول ۴ و ۵). 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 نمی‌باشد. در تحقیقی مردوخ 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

و جمعیت آنها در مایه تلقیح استفاده شده $10^4 \times 1/6$ 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 دیش‌های حاوی آب - آگار یک درصد پخش و در داخل انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد 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 حفره‌های 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 میلی‌گرم P_2O_5 در کیلوگرم همزمان با کاشت و کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک همزمان با کاشت و ۷۰ میلی‌گرم 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 شاخص‌های رشد و عملکرد

قبل از برداشت

بعد از ظاهر شدن کامل برگ پرچم گیاه، میزان کلروفیل آن توسط دستگاه کلروفیل متر 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 دوره 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

تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه بود (جدول ۴ و ۵). استفاده از قارچها و باکتریها تغییر معنی داری در اجزای عملکرد رقم چمران ایجاد نکرد. کاربرد توأم قارچ گلوموس *اینترا/ادیسز* 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 *اینترا/ادیسز* و سویه های ۴ و ۹ معنی دار بود (جدول ۴). قارچهای میکوریزی و باکتریهای محرک رشد با بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور باعث افزایش عملکرد آنها می شوند. 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 *اینترا/ادیسز* مشاهده کردند (۵). افزایش عملکرد دانه گندم بر اثر تلقیح با سویه های 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 معنی داری وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم را افزایش داد (۲۶). تلقیح مشترک قارچهای گلوموس *اینترا/ادیسز* و گلوموس *اینترا/ادیسز* و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۴ شاخص برداشت رقم چمران را به طور معنی داری نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد (جدول ۴). در تحقیقی گزارش کردند که باکتریهای سودوموناس به طور معنی داری شاخص برداشت گندم را افزایش دادند (۳۹). نوع برهم کنش قارچ میکوریز آریسکولار و باکتری PGPR بستگی به محیط خاک، نوع باکتری، قارچ و گیاه دارد. باکتریهای PGPR می توانند با تأثیر بر میزان تمایل و پذیرش ریشه برای قارچ و رشد و جوانه زنی اسپورها و همچنین تغییر ترشحات ریشه ای و محیط ریزوسفر، تشکیل و عملکرد قارچهای میکوریزی را تحت تأثیر قرار دهند (۳۸). اثر کاربرد توأم باکتری حل کننده فسفات و قارچ میکوریز آریسکولار 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.

ریشه در اثر تلقیح با قارچهای میکوریزی افزایش یافت که تأثیر قارچ گلوموس *اینترا/ادیسز* بیشتر بود. البته این افزایش تنها در رقم سیستان تلقیح شده با قارچ گلوموس *اینترا/ادیسز* معنی دار بود (جدول ۶). کاربرد مجزای قارچ گلوموس *اینترا/ادیسز* 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 معنی دار بود (جدول ۴). تلقیح مشترک قارچ و باکتری نتوانست افزایش معنی داری در میزان این پارامترها ایجاد کند. تلقیح مجزای قارچ گلوموس *اینترا/ادیسز* در هر دو رقم سیستان و چمران، وزن خشک ریشه را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد. سویه های باکتری نیز وزن خشک ریشه دو رقم را افزایش دادند ولی معنی دار نبود (جدول ۵). کاربرد توأم قارچ گلوموس *اینترا/ادیسز* و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۹ سطح برگ پرچم رقم چمران را به طور معنی داری نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد (جدول ۵). تلقیح مشترک قارچ گلوموس *اینترا/ادیسز* و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۱۲ میزان کلروفیل رقم سیستان را به طور معنی داری نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد (جدول ۵). در پژوهشی گزارش کردند که گیاه *Strophostyles helvala* تلقیح شده با *Glomus mosseae* به طور معنی داری 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 می دهند (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 معنی داری نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش داد (۸). همچنین محققین دریافتند که باکتری *Pseudomonas putida* UW4 با توانایی تولید آنزیم ACC دامیناز به طور معنی داری وزن خشک اندام هوایی کلزا را در شرایط شور تا ۵ برابر افزایش داد، در حالی که سویه موتانت UW4 فاقد فعالیت ACC دامیناز رشد گیاه را افزایش نداد (۱۰). تلقیح مجزای رقم سیستان با قارچ گلوموس *اینترا/ادیسز* و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۱۲ دارای بیشترین

(جدول ۱) - خصوصیات باکتری های مورد استفاده در این تحقیق (۲)

نام باکتری	فعالیت آنزیم ACC دامیناز $\mu\text{moles mg}^{-1} \text{h}^{-1}$	اکسین $\mu\text{g ml}^{-1}$	جمعیت باکتری در مایه تلقیح $\text{Cfu}^1 \text{ ml}^{-1}$
<i>P. fluorescens</i> strain4	۸/۱۷	۲/۳۸	$7/7 \times 10^9$
<i>P. fluorescens</i> strain9	۴/۴۵	۰/۹۳	$2/1 \times 10^9$
<i>P. fluorescens</i> strain12	۴/۶۱	۱/۲	$2/5 \times 10^9$

آماده سازی و کاشت بذرها

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

کربن آلی (%)	گچ (%)	کربنات کلسیم معادل (%)	بیکربنات (meqL ⁻¹)	کربنات	EC (dSm ⁻¹)	pH	FC (%)	SP (%)	بافت خاک	رس	سیلت	شن
										(%)	(%)	(%)
۰/۴۴	۳/۲۱	۱۱/۷۵	۴/۳۴	۰	۱۰/۱	۷/۷۸	۲۳/۹۶	۳۹/۵	لومی	۲۶	۳۶	۳۸
نیترژن کل												
عصاره گیری با DTPA (mgkg ⁻¹)			SAR		سدیم محلول (meqL ⁻¹)		پتاسیم قابل جذب (mgkg ⁻¹)		فسفر قابل جذب (mgkg ⁻¹)		نیترژن کل (%)	
۱/۳۵۹	۱/۹۴۵	۷/۸۵۷	۲/۸۳۹	۱۲/۶۱	۸/۲۶	۴۰/۵۵	۶۲/۳۱	۲۹۴/۸	۴/۵۶	۰/۰۳۸		

(جدول ۳) - تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر شاخصهای رشد و عملکرد گندم

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
شاخص برداشت	عملکرد دانه	وزن تر اندام هوایی	وزن سنبله	وزن هزاردانه	وزن خشک ریشه	وزن کاه و کلش	وزن خشک اندام هوایی		
۳۶/۲۰**	۰/۰۲۹**	۰/۰۴۲ ^{ns}	۰/۰۳۸*	۱۸/۶۸ ^{ns}	۰/۱۵۴ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۱۴۸ ^{ns}	۲	قارچ
۲۷/۹۳**	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۱۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۱۰/۷۲ ^{ns}	۰/۰۵۹ ^{ns}	۰/۱۱۰*	۰/۳۳۲ ^{ns}	۳	باکتری
۱۸۴۳/۵۴**	۰/۰۰۷ ^{ns}	۲۲/۰۳۳**	۰/۳۸۳**	۱۴/۲۱ ^{ns}	۲۰/۳۶۹**	۱۶/۶۰۸**	۴۴۳/۶۷۴**	۱	رقم
۱۰/۹۳ ^{ns}	۰/۰۱۳*	۰/۱۵۱*	۰/۰۲۲*	۱۱/۹۷ ^{ns}	۰/۱۹۷*	۰/۰۶۷*	۰/۴۳۰ ^{ns}	۶	قارچ × باکتری
۱/۱۷ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۳۴ ^{ns}	۰/۰۲۰ ^{ns}	۲۸/۵۳*	۰/۴۲۴**	۰/۰۳۰ ^{ns}	۰/۱۹۵ ^{ns}	۲	قارچ × رقم
۱۶/۶۷ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۱۴/۴۶ ^{ns}	۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۰۸۹ ^{ns}	۱/۱۴۳*	۳	باکتری × رقم
۴/۳۵ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۱۲۰ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۱۱/۳۵ ^{ns}	۰/۰۵۶ ^{ns}	۰/۰۸۶*	۰/۴۵۹ ^{ns}	۶	قارچ × باکتری × رقم
۶/۲۶ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۵۴ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۷/۶۰ ^{ns}	۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۰۳۳ ^{ns}	۰/۴۱۵ ^{ns}	۷۲	خطا
۱۱/۰۹	۱۴/۳	۱۰/۰۶	۱۱/۳۶	۹/۶۴	۱۴/۹	۱۲/۰۷	۶/۹۹		ضریب تغییرات

ادامه جدول ۳

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
درصد کلونیزاسیون ریشه	سطح برگ پرچم	میزان کلروفیل	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	طول گیاه		
۲۶۲۵/۵۰**	۷/۱۶ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۱۳/۹۶۳ ^{ns}	۰/۶۳۶*	۴/۱۷ ^{ns}	۲	قارچ
۷۲/۵۲ ^{ns}	۴/۱۲ ^{ns}	۸/۴۸*	۲/۰۸۵ ^{ns}	۰/۲۰۴ ^{ns}	۱۴/۰۹*	۳	باکتری
۱۷۲/۰۰*	۴۴/۰۱**	۷۷۸/۵۱**	۰/۳۴۰ ^{ns}	۳۷/۲۰۱**	۷۹۸/۸۰**	۱	رقم
۷۸/۲۱*	۷/۳۱*	۱/۲۱ ^{ns}	۸/۱۳۱ ^{ns}	۰/۳۷۳*	۳/۶۱ ^{ns}	۶	قارچ × باکتری
۳۰۴/۴۱**	۱/۰۷ ^{ns}	۱/۰۹ ^{ns}	۱۷/۶۷۰*	۰/۷۹۵*	۳/۴۰ ^{ns}	۲	قارچ × رقم
۲۰۸/۲۵**	۲/۹۵ ^{ns}	۲/۱۳ ^{ns}	۸/۰۳۱ ^{ns}	۰/۱۵۸ ^{ns}	۳/۶۹ ^{ns}	۳	باکتری × رقم
۲۵۹/۵۸**	۳/۸۱ ^{ns}	۴/۶۴ ^{ns}	۸/۸۷۹ ^{ns}	۰/۰۵۶ ^{ns}	۴/۲۷ ^{ns}	۶	قارچ × باکتری × رقم
۳۱/۳۳ ^{ns}	۳/۱۳ ^{ns}	۲/۶۴ ^{ns}	۴/۵۶۸ ^{ns}	۰/۱۶۴ ^{ns}	۳/۹۳ ^{ns}	۷۲	خطا
۱۸/۸۸	۱۸/۹۳	۲/۸۵	۱۲/۲	۴/۵۳	۴/۴۷		ضریب تغییرات

***، ** به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد

(جدول ۴) - مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخصهای رشد و عملکرد گندم

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

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

مزرعه توصیه می‌شود.

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 می‌نماید.

در جدول شش اثر تیمارها بر درصد کلونیزاسیون ریشه آورده شده است. همانطوریکه نتایج نشان می‌دهد درصد کلونیزاسیون از ۱۹/۶۴ در تیمار بدون قارچ به ۳۲/۰۳ 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

(جدول ۵) - مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخصهای رشد و عملکرد گندم

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

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

(جدول ۶) - مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر درصد کلونیزاسیون ریشه

تیمارها	درصد کلونیزاسیون ریشه
بدون قارچ	۱۹/۶۴ ^c
گلموس اتونیکاتوم	۳۲/۰۳ ^b
گلموس 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

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد به روش آزمون دانکن می‌باشند.

منابع

- ۱- احيایي م. و بهبهانی‌زاده ع.ا. ۱۳۷۰. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه شماره ۹۸۳. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.
- ۲- اخگر ع. ۱۳۸۷. جداسازی، شناسایی و بررسی کارایی باکتریهای ریزوسفری دارای توان تولید آنزیم ACC دامیناز 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 قارچ‌های میکوریز آربسکولار در جذب عناصر غذایی و عملکرد گندم در شرایط شور. پایان‌نامه 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: 30V-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

- 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.

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. Sadat¹ - Gh. Savaghebi^{2*} - F. Rejali³ - M. Farahbakhsh⁴ - K. Khavazi⁵ - M. Shirmardi⁶

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 ($EC=10/1 \text{ dSm}^{-1}$). 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

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 Institute, Tehran

(* - Corresponding author Email: savagheb@ut.ac.ir)