بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد (PGPR) بر شاخص‌های رشد گندم تحت تنش شوری

کبری ثقفی[1]*، جعفر احمدی، احمد اصغرزاده و اشرف اسمعیلی‌زاد

دانشجوی کارشناسی ارشد سابق دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره) و کارشناس ارشد موسسه تحقیقات خاک و آب؛ Kobra_saghafi@yahoo.com

دانشیار، عضو هیأت علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)؛ njahmadi910@yahoo.com

استادیار پژوهش، عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ a_asgharzadeh_2000@yahoo.com

کارشناس ارشد میکروبیولوژی آزمایشگاه بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب؛ nobless55@yahoo.com

چکیده

با توجه به روند افزایشی توسعه اراضی شور و کمبود اراضی زراعی مطلوب برای کشاورزی شناسایی راهکارهایی که باعث افزایش مقاومت این گیاهان در برابر شرایط شور می‌شود از اهمیت زیادی برخوردار است. استفاده از باکتری‌های محرک رشد یکی از این راهکارها محسوب می‌شود. بنابراین به منظور بررسی تأثیر چند گونه از باکتری‌های محرک رشد و ترکیب این گونه‌ها در شرایط تنش شوری بر شاخص‌های رشد دو رقم گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش شوری در سه سطح (0/335 (شوری آب آبیاری به عنوان شاهد)، 6 و 14 دسی‌زیمنس بر متر (که از طریق اضافه نمودن نمک به آب با EC 335 میکروزیمنس بر مترتهیه گردید)) و فاکتور باکتریهای PGPR در هشت سطح شامل 1- (تیمار بدون باکتری به عنوان شاهد (Control)) 2- (*آزوسپیریلوم لیپوفروم سویه of*) 3- (*ازتوباکتر کروکوکوم سویه 5*) 4- (*سودوموناس فلورسنس سویه 169*) 5- (*آزوسپیریلوم لیپوفروم سویه of+ ازتوباکتر کروکوکوم سویه 5*) 6- (*آزوسپیریلوم لیپوفروم سویه of + سودوموناس فلورسنس سویه 169*) 7- (*ازتوباکتر کروکوکوم سویه5 + سودوموناس فلورسنس سویه 169*) و 8 - (*آزوسپیریلوم لیپوفروم سویه of + ازتوباکتر کروکوکوم سویه 5 + سودوموناس فلورسنس سویه 169*) در گلخانه موسسه تحقیقات خاک و آب و به روش کشت در شن (Sand Culture) انجام شد. ارقام مورد استفاده در آزماش شامل دو رقم کویر (متحمل به شوری) و قدس (حساس به شوری) بودند. نتایج نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری برشاخص‌های مرتبط با ریشه و اندام هوایی دارد (P<0.01). به نحوی که با افزایش میزان شوری آب آبیاری، میانگین صفات مذکور کاهش یافت. همچنین نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار و مثبت باکتری‌های PGPR به ویژه ترکیب چند باکتری از جنس‌های متفاوت در شرایط شور بود (P<0.01). در مجموع میانگین اکثر صفات در نمونه‌هایی که بذرها به وسیله باکتری‌های ترکیبی با جنس‌های متفاوت تلقیح شده بودند بالاتر بود براساس نتایج حاصل از مقایسه بین ارقام نتایج بیانگر تأثیر بیشتر باکتری‌ها در رقم حساس بوده است. بنابراین،بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش مشخص شد که در سطوح شوری مورد مطالعه، تلقیح با باکتری‌های منتخب باعث کند شدن روند کاهش رشد در صفات مورد مطالعه می‌گردد و باکتری‌های PGPR توانستند شاخص‌های رشد گیاه را در شرایط شور به طور معنی‌داری بهبود بخشند.

واژه‌های کلیدی: *آزوسپیریلوم، ازتوباکتر*، تنش شوری، *سودوموناس*، گندم، مورفولوژیک

مقدمه

شوری خاک و آب از عوامل محدود کننده رشد و حاصلخیزی محصولات کشاورزی در اکثر نقاط کشور از

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: کرج، میدان استاندارد، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی، موسسه تحقیقات خاک و آب کد پستی 311-31785

* دریافت: 91/9/20 و پذیرش: 92/2/5

Archive of SID

www.SID.ir

جمله نواحی خشک و نیمه خشک می‌باشد. برابر آمار موجود، در مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی، حدود 6/8 میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور دارای خاک‌هایی با درجات مختلف شوری تشخیص داده شده است. حدود 1/1 میلیون هکتار (27/5درصد) از این اراضی دارای شوری 14 تا 16 دسی‌زیمنس بر متر و بیش از 2/4 میلیون هکتار (57 درصد) دارای شوری 16 تا 32 دسی‌زیمنس بر مترند که در این شرایط فقط تعداد معدودی از گیاهان خیلی متحمل به شوری قادر به رشد و تولید رضایتبخش هستند. (مومنی، 1389). از اینرو شناسایی و ایجاد راهکار برای گیاهان جهت رشد در مناطق شور بسیار حائز اهمیت است. شوری آب و خاک معلول، وجود مقادیر زیاد نمک بوده و اثرات تنش شوری ناشی از کاهش میزان آب در گیاه، عدم تعادل تغذیه‌ای گیاه، سمیت یون‌های سمی مانند Na^+ و Cl^- و تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[1] می‌باشد (کافی و همکاران، 1379). برای مقابله با تنش شوری روش‌های مختلفی از جمله آبشویی خاک‌های شور، مدیریت مناسب آبیاری و کشت، استفاده از ارقام گیاهی مقاوم به شوری، دست‌ورزی ژنتیکی و شناسایی و استفاده ازراهکارهای بیولوژیک یعنی استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه جهت تلقیح بذر یا گیاهچه برای تسهیل رشد گیاهان در خاک‌های شور می‌باشد (باسیلیو و همکاران 2004؛ مایاک و همکاران، 2004 الف و ب). در سال‌های اخیر به دلیل مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش رو به رشد بهای کودهای شیمیایی از یک سو و مسائل زیست محیطی مرتبط با مصرف غیر اصولی این کودها از قبیل ایجاد آلودگی‌های محیطی، افت سطح حاصلخیزی خاک و کاهش کیفیت محصولات از سوی دیگر، محققان را بر آن داشته تا در پی شناسایی و استفاده از راهکارهای بیولوژیک با استفاده از بیوتکنولوژی میکروبی در جهت حل این معضلات باشند. قرار گرفتن ایران در اقلیم گرم و خشک و شور و قلیایی بودن درصد بالایی از زمین‌های زراعی کشور ضرورت استفاده از راهکارهای بیولوژیک را بیش از پیش نمایان می‌سازد (ICID, 2002).

گیاهان در مواجهه با تنش شوری همانند سایرتنش‌های دیگر نظیر سرما، گرما، فلزات سنگین از طریق افزایش سطح هورمون اتیلن به تنش‌های محیطی و بیولوژیکی پاسخ می‌دهند. اتیلن در خاک توسط مکانیسم‌های زیستی و غیر زیستی تولید می‌شود. (کلوپر، 2003) تحقیقات نشان داده است که باکتری‌های ریزوسفری می‌توانند از افزایش غلظت اتیلن در گیاهان در هنگام بروز تنش جلوگیری نموده و سبب کاهش اثرات منفی این هورمون در رشد و توسعه اندام‌های گیاهی به ویژه ریشه شوند. باکتری‌های PGPR[2] از طریق تولید آنزیم ACC– دآمیناز[3] میزان تولید اتیلن را تنظیم می‌کنند. این آنزیم به صورت غیر مستقیم و عمدتاً از طریق کاهش سطح اتیلن تنشی در گیاه باعث تداوم رشد گیاه می‌گردد (گریکو و گلیک، 2001).

همچنین محققان زیادی با مطالعه و بررسی تأثیر سویه‌های مختلف PGPR بر تعدیل اثرات تنش شوری، در انواع گیاهان (شوکلا و همکاران، 2011) گیاه Arachis hypogaea و (ژانگ و همکاران، 2006) بر سویا، (چنگ و همکاران، 2007) گیاه کلزا، (مایاک و همکاران، 2003) بر رو ی گیاه گوجه‌فرنگی و کلزا، (نادیم و همکاران، 2007) بر روی گیاه ذرت، (هان ولی، 2005) کاهو، (مارسلی و همکاران، 1999) گیاه تربچه (مسلمی و همکاران، 2011) گیاه ذرت و (ساراوانکومر و سامیاپن، 2007) گیاه بادام زمینی)، توانایی سویه‌های مختلف را در افزایش مقاومت به تنش‌ها را به کاهش فعالیت اتیلن توسط آنزیم ACC deaminase در این باکتری‌ها نسبت داده‌اند.

مکانیسم اثر گذاری باکتری بر تعدیل اثرات مضر ناشی از تنش می‌تواند متأثر از سایر ویژگی‌های باکتری نیز باشد باکتری‌ها همچنین با تولید انواع متابولیت‌های میکروبی مانند اکسین، جیبرلین، سیتوکنین و ... مورفولوژی و فیزیولوژی ریشه و در نتیجه جذب آب و مواد غذایی را تغییر می‌دهند. از طرفی این باکتری‌ها با ترشح انواع آنتی بیوتیک ها، سیانید هیدروژن، سیدروفور و آنزیم‌های لیتیک قادر به کنترل برخی از عوامل بیماری-زای ریشه هستند.

دوبلاری و همکاران (2003) مشاهده کردند که تلقیح گیاهان با انواع باکتری‌هایی که توانایی تولید اکسین را داشته‌اند در مقایسه با شاهد، ریشه‌های بلندتر، تارهای کشنده طویل‌تر و انشعابات ریشه فرعی بیشتری را درپی داشته است. کاهش رشد می‌تواند در اثر تغییر در توازن تنظیم کننده‌های رشد گیاهی (فیتو هورمون‌ها) در اثر تنش باشد. تحت شرایط نامساعد محیطی سطوح درونزای فیتو-هورمون‌ها دچار تغییرات اساسی می‌شود و برخی از سویه‌های PGPR قادرند از طریق دخالت در غلظت فیتوهورمون‌های شناخته شده، رشد و نمو گیاهان را افزایش دهند. این فیتوهورمون‌ها روی الگوی رشد ریشه گیاه تأثیر گذاشته و باعث تولید ریشه‌های بزرگتر، با

[1] Reactive Oxyegen Species

[2] Plant Growth Promoting Bacteria

[3] ۱ aminocyclopropane-1-carboxylate

Archive of SID

www.SID.ir

انشعابات و سطح مؤثر بیشتر می‌گردد. بنابراین تیمار گیاهان با باکتری‌های محرک رشد که مولد تنظیم‌کننده‌های رشدی هستند به عنوان یک عامل متقابل روی گیاهان متأثر از تنش می‌تواند روشی ممکن جهت بهبود اثرات تنش‌های محیطی غیر زیستی شود.

تأثیر تلقیح با سویه‌هایی متفاوت از باکتری سودوموناس، در افزایش شاخص‌های رشد از طریق شاخص‌های فیزیولوژیکی نظیر میزان آب نسبی برگ و پتانسیل آب برگ در سطوح مختلف شوری، در گیاه کلزا توسط (جلیلی و همکاران، 2009) گزارش شده است. آنان عنوان کردند که باکتری‌های PGPR گیاه را جهت تولید متابولیت‌های سازگار ترغیب نموده، در نتیجه با افزایش پتانسیل اسمزی در داخل گیاه شرایط برای جذب آب در محیط شور فراهم می‌شود. عمو آقایی و همکاران (1384) در تحقیقی برای اثر آزوسپریلوم در شرایط شور بر عملکرد گندم، تجمع مواد تنظیم کننده اسمتیک نظیر پرولین و گلایسین بتائین رادر بالا بردن تحمل به شوری در هر سویه را علت مقاومت به شوری بیان کرده‌اند و گزارش کردند که در شرایط تنش رطوبتی، گیاهچه ذرت تلقیح شده با باکتری آزوسپیریلوم به طور قابل توجهی غلظت پرولین بالاتری نسبت به تیمار کنترل (بدون تلقیح) نشان داد. همچنین بسیاری از تنش‌های محیطی باعث می‌شوند که گونه‌های اکسیژن فعال بیش از ظرفیت دفاعی سیستم طبیعی گیاه تولید شده و باعث خسارت به گیاه شود (پان و همکاران، 2006). گزارش کردند باکتری‌ها با تغییر در مکانیزم دفاعی گیاه سبب پاکسازی یا کاهش رادیکال‌های مخرب اکسیژن شده واز میزان خسارت ناشی از اثرات مضر تنش جلوگیری می‌کند

بنابراین با توجه به گستردگی قابل تأمل خاک‌های شور در ایران و نظر به جایگاه و اهمیت گندم به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک و با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت به کارگیری روش‌های مناسب برای کاهش اثرات شوری و از آنجا که تحقیقات در زمینه اثرکاربرد کودهای بیولوژیک مخصوصاً به صورت ترکیبی از باکتری‌های PGPR بسیار محدود بوده است، این تحقیق با هدف بررسی اثر کودهای بیولوژیک مختلف در فرمولاسیون‌های ترکیبی و منفرد در شرایط شور بر دو رقم حساس و مقائم به شوری گندم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال 1389 در آزمایشگاه بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک وآب و گلخانه آن مؤسسه در کرج به مورد اجرا در آمد. آزمایش به روش کشت در شن (Sand Culture) انجام شد. تهیه بستر کشت ماسه مورد نیاز از سواحل دریای مازندران تهیه شد و جهت کاهش هدایت الکتریکی ناشی از نمک‌های رسوب کرده بر روی ذرات ماسه و جلوگیری از افزایش pH ناشی از محلولیت نمک‌ها، آب‌شویی و اسیدشویی با استفاده از محلول 10 درصد اسید کلریدریک رقیق انجام شد. پس از هر نوبت اسیدشویی سه مرتبه با آب معمولی آب کشی شدند در نهایت پس از خشک شدن، ماسه‌ها در آون با دمای 180 درجه سانتی‌گراد به مدت 4 ساعت استریل گردیدند. گندم مورد نیاز برای انجام آزمایش از بخش غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردید. بذرها با استفاده از الکل 96 درصد به مدت یک دقیقه و محلول هیپوکلریت سدیم با 1/5 درصدکلر فعال به مدت 5 دقیقه استریل سطحی شده و به منظور حذف سمیت هیپوکلریت سدیم بذرها با استفاده از آب مقطر استریل 10 بار آبکشی شدند.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با دو فاکتور و در سه تکرار و برای هر یک از ارقام به طور جداگانه در شرایط کاملاً مشابه انجام شد. فاکتور یک: شامل تنش شوری در سه سطح (0/335 (شوری آب آبیاری به عنوان شاهد)، 6 و 14 دسی‌زیمنس بر متر (که از طریق اضافه نمودن نمک به آب با EC 335 میکروزیمنس بر متر تهیه گردید)) و فاکتور باکتری‌های PGPR در هشت سطح شامل 1- (تیمار بدون باکتری به عنوان شاهد (Control)) 2-(*ازوسپیریلوم لیپوفروم* سویه *of-*) 3- (*ازتوباکتر کروکوکوم* سویه *5*) 4- (*سودوموناس فلورسنس* سویه *169*) 5- (*ازوسپیریلوم لیپوفروم* سویه *of* + *ازتوباکتر کروکوکوم* سویه *5*) 6- (*ازوسپیریلوم لیپوفروم* سویه *of* + *سودوموناس فلورسنس* سویه *169*) 7- (*ازتوباکتر کروکوکوم* سویه *5* + *سودوموناس فلورسنس* سویه *169*) و 8 - (*ازوسپیریلوم لیپوفروم* سویه *of* + *ازتوباکتر کروکوکوم* سویه *5* + *سودوموناس فلورسنس* سویه *169*) در این آزمایش از ارقام گندم هگزاپلوئید (*Triticum aestivum* L.)قدس (حساس به شوری) و کویر (متحمل به شوری) استفاده شد

برای تهیه مایه تلقیح ابتدا یک لوپ از جدایه باکتری مورد نظر به طور اسپتیک به ارلن‌های100 میلی‌لیتری حاوی 50 میلی‌لیتر محیط کشت عمومی[1] (*NB*) انتقال داده شد و به منظور رشد سوسپانسیون مورد نظر روی شیکر –انکوباتور به مدت 48 ساعت قرار داده شد. مایه تلقیح‌های ترکیبی نیز از ترکیب مایه تلقیح‌های اصلی با نسبت‌های یکسان در ارلن‌هایی که از قبل استریل شده

[1] Nutrient Broth

Archive of SID

www.SID.ir

بود تهیه و استفاده شد. برای کشت باکتری‌ها رقت‌های 10^{-4} تا 10^{-7} انتخاب گردید. مقدار یک دهم میلی‌لیتر از هر رقت به تعداد دو تکرار به پلیت‌های خالی حاوی محیط کشت اختصاصی هر باکتری منتقل شد. محیط کشت اختصاصی مورد نظر برای رشد باکتری *ازتو باکتر LG*، برای *آزوسپریلوم*[1] *RC* و برای *سودوموناس*[2] *KB* بود. قبل از تلقیح، تراکم جمعیت باکتری‌ها به روش شمارش کلونی تعیین گردید به طوری که در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح 10^8سلول باکتری وجود داشت

جهت آغشته کردن بذرهای مربوط به هر تیمار با مایه تلقیح باکتریایی از ماده چسباننده صمغ عربی برای چسبندگی بهتر بذرها استفاده شد. پس از آماده سازی، بذور هر رقم با باکتری‌های مورد نظر تلقیح شده، و بر روی پتری‌دیش‌های حاوی آب-آگار یک درصد پخش و در داخل انکوباتور در دمای 27 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت جوانه‌دار شدند. برای کاشت بذرها از گلدان-های پلاستیکی به ارتفاع 30 سانتی‌متر با قطر دهانه 25 سانتی‌متر استفاده شده و به هر گلدان 4/5 کیلوگرم ماسه اضافه شد. در هر گلدان تعداد 15 بذر جوانه زده در عمق 2 سانتی‌متری و با فواصل مساوی کاشته شدند. یک هفته بعد از کشت جهت آبیاری گلدان‌ها و به منظور تأمین نیازهای غذایی از محلول غذایی هوگلند[3] استفاده شد. این محلول هفته‌ای 3 بار به مقدار توصیه شده و متناسب با تعداد گلدان‌ها تهیه و پس از تنظیم pH تا حد رطوبت Fc[4] به گلدان‌ها اضافه شد. آبیاری و تغذیه گیاهان تا آغاز مرحله سه برگی توسط محلول غذایی هوگلند (تایز و زایگر، 2002) فاقد شوری و پس از مرحله سه برگی با اعمال تیمارهای شوری بود. برای جلوگیری از وارد شدن شوک به گیاهان، تیمارهای شوری به صورت تدریجی اعمال گردید. هم چنین به منظور اطمینان از حصول شوری مورد نظر هر هفته یک بار هدایت الکتریکی آب زیر گلدانی اندازه‌گیری می‌شد.

پس از اتمام دوره رشد، گیاهان از سطح خاک قطع شده و سپس شاخص‌های رشد، پارامترهای مربوط به اندام هوایی (شامل وزن تر و خشک و ارتفاع اندام هوایی) و همچنین پارامترهای مربوط به ریشه (شامل وزن تر و خشک، حجم، طول و سطح ریشه) اندازه‌گیری شد. در این آزمایش جهت اندازه‌گیری حجم ریشه، پس از برداشت ابتدا جهت سهولت جداسازی ریشه‌ها از گلدان‌ها، هر یک از گلدان‌ها به مدت یک ساعت در ظرفی حاوی آب قرار داده شده و پس از آن عمل جدا سازی و شستشوی ریشه‌ها انجام گردید. سپس ریشه‌ها در استوانه‌ای مدرج با حجم معین آب قرار داده شد. میزان افزایش حجم آب در استوانه مدرج پس از قرار گرفتن ریشه در آن به عنوان حجم ریشه ثبت گردید اندازه‌گیری وزن‌تر ریشه پس از اندازه‌گیری حجم انجام شد به و با ترازو وزن تر هر یک از ریشه‌ها تعیین شد. برای سنجش وزن خشک ریشه و اندام هوایی نمونه-ها در آون با دمای 72 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت خشک شده و با ترازوی با دقت 0/01گرم توزین شدند. طول ریشه‌ها با رابطه زیر براورد گردید (نیومن، 1966).

طول ریشه (cm) = [وزن ریشه (mg)] × 0/89

همچنین برای اندازه‌گیری سطح ریشه از رابطه اتکینسون به شرح زیر استفاده شد (بهن، 1979).

سطح ریشه (m^2) = 2[حجم ریشه(m^3) × طول ریشه (cm) × π]$^{0/5}$

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار9.2 SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال مربوطه انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای صفات وزن تر وخشک ریشه و اندام هوایی و همچنین حجم، طول و سطح ریشه برای هر دو رقم قدس و کویر درجدول شماره 1 ارائه شده است. برای هر دو رقم اثرات اصلی فاکتور شوری و باکتری در سطح احتمال ($P\leq0.01$) معنی‌دار گردید. هر چند در نتایج تجزیه واریانس صفات اثر متقابل شوری × باکتری برای تعدادی از صفات تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد، اما مقایسه میانگین اثر متقابل با آزمون دانکن تیمارها را از لحاظ آماری در گروه‌های غیر یکسان قرار داد.

اثر فاکتور شوری بر صفات مورد بررسی

نتایج مقایسه میانگین (جدول 2) برای صفات مورد بررسی بیانگر این بود که با افزایش سطح شوری، مقدار حجم ریشه، طول و سطح ریشه و همچنین وزن‌تر و خشک ریشه و وزن‌تر و خشک اندام هوایی کاهش می-یابد به این ترتیب که با افزایش غلظت نمک تیمار شاهد (غیرشور) به تیمار با شوری 14 دسی‌زیمنس بر متر شاهد مقدار کاهش در: حجم ریشه در رقم قدس30 درصد و در رقم کویر17درصد، در وزن تر ریشه در رقم قدس35 درصد و در رقم کویر 28 درصد و مقدار کاهش در وزن خشک ریشه در رقم قدس 36 درصد و در رقم کویر 33

---

1. Rejo-Congo
2. King-B
3. Hogland
4. Field Capacity

Archive of SID

www.SID.ir

درصد بود. با افزایش غلظت نمک به ترتیب 39 و 34 درصد کاهش در وزن‌تر اندام هوایی و 29 و 21 درصد کاهش در وزن خشک اندام هوایی در ارقام قدس و کویر مشاهده شد. تنش شوری سبب کاهش در ارتفاع گیاهان شده و متوسط مقدار کاهش در ارتفاع گیاهان با افزایش غلظت نمک در رقم قدس 28 درصد و در رقم کویر 18 درصد بود. همچنین نتایج نشان داد که سطح و طول ریشه نیز از اثرات سوء نمک در محیط کشت متأثر شده و به طور متوسط مقدار کاهش درسطح و طول ریشه در رقم قدس و کویر به ترتیب 16 و 13درصد بود

نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش شوری تمام صفات مورد مطالعه کاهش معنی‌داری داشتند به عبارتی شوری با شاخص‌های رشد رابطه معکوس داشت. کاهش شاخص‌های رشد در ریشه از جمله طول ریشه با افزایش غلظت نمک به دلیل ارتباط مستقیم ریشه با نمک می‌باشد. اندام ریشه چون بیشتر از سایر اندام‌ها در معرض تماس نمک می باشد به عنوان یک فیلتر عبور یون‌ها را کنترل کرده و نسبت مطلوب یون‌های سدیم و پتاسیم را برای فعالیت‌های سلول فراهم می‌سازد (کافی و همکاران، 1379). در این مطالعه کاهش وزن تر و خشک ریشه و ساقه در هر دو ژنوتیپ قدس و کویر کاملاً مشهود بود. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش شاخص‌های رشد در اثر افزایش شوری را می‌توان به کاهش پتانسیل اسمزی و در نتیجه کاهش انرژی آب آزاد دانست.

(روند تغییر در صفات مختلف در سطوح مختلف شوری در نمودارهای شکل 1 نشان داده شده است).

اثر فاکتور باکتری بر صفات مورد بررسی

نتایج تجزیه واریانس (جدول 1) در مورد کلیه صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌دار فاکتور باکتری بر صفات در سطح احتمال ($P\leq 0/01$) را نشان داد. همچنین نتایج مقایسه میانگین (جدول 3)، گروه‌بندی تیمارهای باکتری در مورد صفات تحت بررسی و میزان تغییر ایجاد شده در اثر تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد که سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در هر دو رقم نسبت به شاهد (عدم تلقیح با باکتری) شده است را نشان داد.

منحنی روند تغییر در شاخص‌های مورد مطالعه در اثر تلقیح با باکتری نسبت به شاهد (عدم تلقیح با باکتری) در نمودارهای شکل 2 نشان داده شده است).

اثر متقابل شوری و باکتری در صفات مورد بررسی

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ترکیب باکتری با سطوح شوری در جدول شماره 4 ارائه شده است. در اکثر صفات مورد بررسی تیمارها در گروه آماری متفاوتی قرار گرفتند و تلقیح با باکتری تا حد زیادی سبب تعدیل اثرات مخرب ناشی از تنش در کلیه صفات مورد بررسی گردید.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها ملاحظه شد که کاربرد باکتری‌ها به صورت تیمارهای مرکب باکتری‌ها از چند جنس دارای تأثیر بیشتری در افزایش شاخص‌های رشدی و تعدیل شرایط تنش بوده است اثرات هم افزایی متقابل کاربرد ترکیبی این باکتری‌ها دلیل افزایش شاخص‌های رشد در تیمارهای ترکیبی می‌باشد. به نظر می‌رسد که تلقیح بذور گیاهان با باکتری‌های محرک رشد با افزایش رشد ریشه‌ها باعث افزایش فراهمی آب و مواد غذایی شده و رشد رویشی و زایشی گیاه را افزایش داده و باعث افزایش شاخص‌های رشد و نهایتاً عملکرد محصولات می‌گردد (حمیدی و همکاران، 1389).

کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم به صورت ترکیبی با باکتری سودوموناس در این آزمایش ضمن داشتن قابلیت تحریک رشد گیاه به علت اثرات سینرژیستی باکتری‌ها بر روی یکدیگر باعث بهبود مضاعف رشد گیاه می‌شوند (رخزادی و همکاران، 1389). (آگامبردیوا، 2009) نیز در مطالعه‌ای افزایش 52 درصدی رشد ریشه گندم در اثر تلقیح *Pseudomonas aureantiaca* TSAU22, *Pseudomonas extremorientalis TSAU6* و *Pseudomonas extremorientalis TSAU20* با توان تولید آنزیم ACC دآمیناز را مشاهده کردند و کلونیزاسیون ریشه که باعث تولید فیتوهورمون‌ها می‌شود را عامل سازگاری گیاهان در شرایط شور اعلام کردند. همچنین (رودلاس و همکاران، 1999) عنوان کردند علاوه بر اثرات انفرادی باکتری‌های محرک رشد، تحریک رشد گیاه می‌تواند به وسیله تلقیح دوگانه با سایر میکروارگانیسم‌ها به واسطه اثرات سینرژیستی یا تشدیدکنندگی بهبود یابد. (تیلاک و همکاران، 1982) نیز اثرات تلقیح توأم *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* را در تولید زیست‌توده خشک ذرت و سورگوم را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. (رای و گاور، 1988) در یک آزمایش گلدانی اثرات منفرد و توأم *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* را بر رشد و عملکرد گندم مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آنها نشان داد که تأثیر توأم این دو باکتری بیشتر از اثر منفرد هر یک از آنها است.

نتایج حاصله از این آزمایش در مورد هر دو رقم قدس و کویر بیانگر تأثیر متفاوت کارایی جدایه‌های مختلف بر شاخص‌های رشدی گندم بود. به همین دلیل برای استفاده از پتانسیل مفید این باکتری‌ها در تحریک رشد و نمو گیاهان، تحقیق برای انتخاب سویه‌های برتر کاملاً ضرورت دارد. همچنین نتایج این تحقیق بیانگر الزام

Archive of SID

www.SID.ir

دقت عمل در استفاده از سویه‌های مناسب برای ارقام مختلف و یا در مناطق مختلف بوده و ضرورت تحقیق برای یافتن سویه‌های هومولوگ با هر رقم زراعی و نیز سازگار با شرایط اقلیمی برای افزایش کارایی باکتری‌ها را در شرایط شور یا سایر شرایط نشان می‌دهد. (بهاتاری و هس ،1993) اعلام کرده‌اند که هر نوع سویه با رقم خاصی از گندم سازگاری دارد و تعبیر رقم هومولوگ و سویه را به کار برده‌اند. (یوان و اسکروت، 1986) نیز در گزارش آزمایش تلقیح گیاهان زینتی با سویه‌های مختلف سودوموناس فلورسنس و افزایش رشد بوسیلهٔ سویهٔ E6 عنوان کردند.

نتایج این آزمایش نشان داد شوری باعث تأخیر و اختلال در رشدگردیده است ولی تیمار بذر با باکتری-های محرک رشد سبب خنثی کردن شرایط ناشی از تنش شده و سبب تقویت صفات مرتبط با رشد گردیده است.بنابراین می‌توان گفت باکتری‌ها نقش مؤثری در القای تحمل به شوری و برطرف نمودن محدودیت‌های ایجاد شده توسط این تنش محیطی از قبیل اثرات اسمزی، سمیت یونی و عدم تعادلات تغذیه‌ای را دارد. نتیجه قابل توجه دیگرکه در بررسی اثرات باکتری‌ها به وضوح قابل مشاهده است تأثیر ناچیز و یا کم سویه منتخب باکتری ازتو باکتریا سویه‌های ترکیب شده با این سویه، مخصوصاً در رقم کویر، در تعدیل اثرات تنش شوری در برخی صفات است بنابراین به نظر می‌رسد شاید بتوان این مسئله را به سازگاری سویه با رقم نسبت داد. و اینگونه عنوان کرد که هر نوع سویه با رقم خاصی از گندم ساز گاری دارد و تعبیر رقم هومولوگ و سویه را به کار برد. نتایج این تحقیق همچنین بیانگر الزام در دقت عمل، در استفاده از سویه‌های مناسب برای ارقام مختلف و در مناطق مختلف می‌باشد و ضرورت تحقیق برای یافتن سویه‌های هومولوگ با هر رقم زراعی و نیز سازگار با شرایط اقلیمی، برای کارایی بهتر باکتری‌ها را در شرایط شور یا سایر شرایط نشان می‌دهد.

ضرایب همبستگی ساده پیرسونی

بررسی ضرایب همبستگی ساده پیرسونی بین شاخص‌های رشد در هر دو رقم قدس و کویر به تفکیک در جدول شماره 6 ارائه شده است.

بررسی این ضرایب در هر دو رقم مشخص ساخت که در داخل هر رقم بین کلیه صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. در رقم کویر بیشترین ضریب همبستگی بین وزن خشک ریشه با وزن تر ریشه (0/94)، وزن تر اندام هوایی (0/94) و وزن خشک اندام هوایی (0/92) و در رقم قدس بین وزن تر ریشه با وزن خشک اندام هوایی (0/96) و حجم ریشه (0/94) مشاهده شد. به طورکلی با توجه به همبستگی صفات ریشه‌ای با سایر صفات مورفولوژیکی می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که باکتری‌های محرک رشد مورد بررسی در این پژوهش احتمالاً با ساز و کار تولید هورمون‌های گیاهی تحریک کننده رشد سبب افزایش رشد و نمو و توسعه ریشه شده و جذب آب و عناصر غذایی افزایش یافته و در نتیجه موجب افزایش رشد گیاه و اندام هوایی در ارقام مورد بررسی شده است. تقویت رشد اندام هوایی گیاهان تحت شرایط تنش توسط باکتری‌ها می‌تواند مربوط به افزایش جذب آب به خاطر افزایش نفوذ پذیری غشاء و یا به خاطر افزایش دسترسی ترکیبات آلی محلول باشد که در نتیجه تراوش ریشه گیاه تولید می‌شود. ریشه‌ها، ترکیبات قابل حل در آب مانند اسیدها، قندها و اسیدهای آلی را آزاد می‌کنند که به مصرف میکروارگانیسم می‌رسند. در حقیقت، میکروارگانیسم‌های تراوشات ریشه را از طریق تولید هورمون‌های گیاهی و یا به طور مستقیم به وسیله آسیب فیزیکی ریشه‌ها افزایش می‌دهند. اگر چه با اطمینان نمی‌توان گفت که کدامیک از این شاخص‌ها کاملاً با تحمل به شوری همبستگی دارد، ولی این شاخص‌ها درجات مختلفی از همبستگی با تحمل به شوری را نشان می‌دهند.

جدول 1- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک مورد بررسی در ارقام قدس و کویر تحت تنش شوری و تیمارهای باکتری

			میانگین مربعات							
			ریشه						اندام هوایی	
رقم	منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم ریشه(m^3)	وزن تر ریشه ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک ریشه ($g.plant^{-1}$)	طول ریشه (mm)	سطح ریشه (cm^2)	ارتفاع ساقه (cm)	وزن تر اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)
قدس	باکتری	7	6/364**	17.29**	2/16**	171/31**	120/88**	164/42**	4/48*	2/36
	شوری	2	45/64**	124/49**	17/35**	2786/56**	1966/25**	1386/27**	87/93**	17/67**
	شوری× باکتری	14	0/742^{ns}	0/87^{ns}	0/358^{ns}	28/43*	20/06**	75/05^{ns}	0/52^{ns}	0/152^{ns}

Archive of SID

www.SID.ir

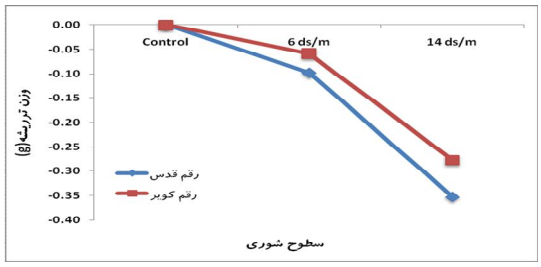
	خطا	48	1/94	3/06	0/894	7/19	10/23	71/23	2/89	1/04
	ضریب تغییرات		18/42	16/18	19/36	5/43	7/72	17/86	21/41	20/42
	باکتری	7	8/49**	15/28**	5/44**	431/08**	1674/12**	331/42**	14/98**	4/35**
	شوری	2	20/19**	72/59**	29/95**	2372/57**	304/18**	682/79**	86/53**	12/17**
کویر	شوری x باکتری	14	1/44 ns	2/07 ns	0/246 ns	19/56*	13/80*	20/01 ns	0/69 ns	0/171 ns
	خطا	48	2/45	2/95	0/53	6/79	5/06	63/65	2/43	0/96
	ضریب تغییرات		14/6	16/27	13/17	5/16	5/3	15/45	16/96	17/72

* و ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5% و 1% و غیر معنی‌دار

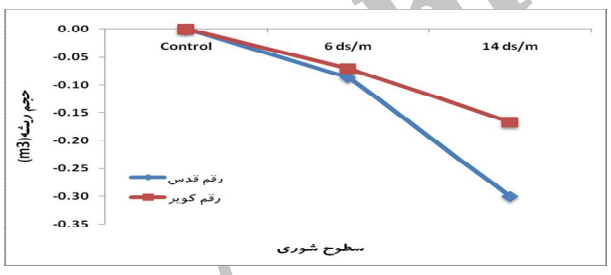
جدول 2- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک مورد بررسی در سه سطح شوری در ارقام قدس و کویر با آزمون دانکن

رقم	سطوح شوری	ریشه					اندام هوایی		
		حجم ریشه (m^3)	وزن تر ریشه ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک ریشه ($g.plant^{-1}$)	طول ریشه (mm)	سطح ریشه (cm^2)	ارتفاع ساقه (cm)	وزن تر اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)
قدس	شاهد (آب غیر شور)	8/93 a	12/50 a	6/60a	58/69 a	49/30 a	54/10a	9/59 a	5/77 a
	6 دسی زیمنس بر متر	8/16 a	11/28 b	5/81 b	51/70 b	43/43 b	48/54 b	8/38 b	5/31 b
	14 دسی زیمنس بر متر	6/25 b	8/09 c	4/22 c	37/54 c	31/53 c	39/07 c	5/84 c	4/10 b
کویر	شاهد (آب غیر شور)	10/66 a	11/89 a	6/55 a	58/31 a	48/98 a	57/37 a	11/17 a	5/99 a
	6 دسی زیمنس بر متر	9/91 a	11/20 a	6/04 b	53/74 b	45/14 b	50/59 b	9/02 b	5/89 b
	14 دسی زیمنس بر متر	8/88 b	8/59 b	4/41 c	27/39 c	96/32 c	46/84 b	7/38 c	4/71 b

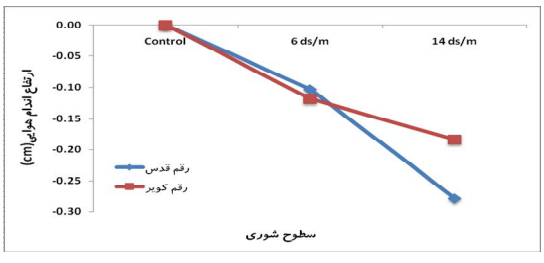
در هر ستون و برای هر صفت میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.



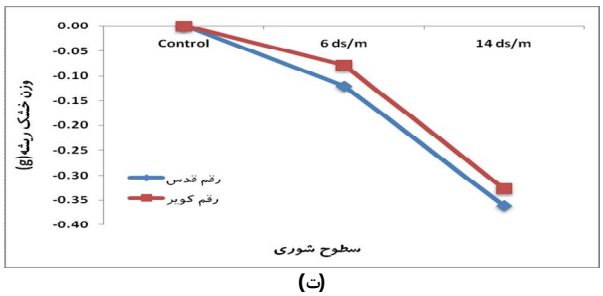
(الف)



(ب)



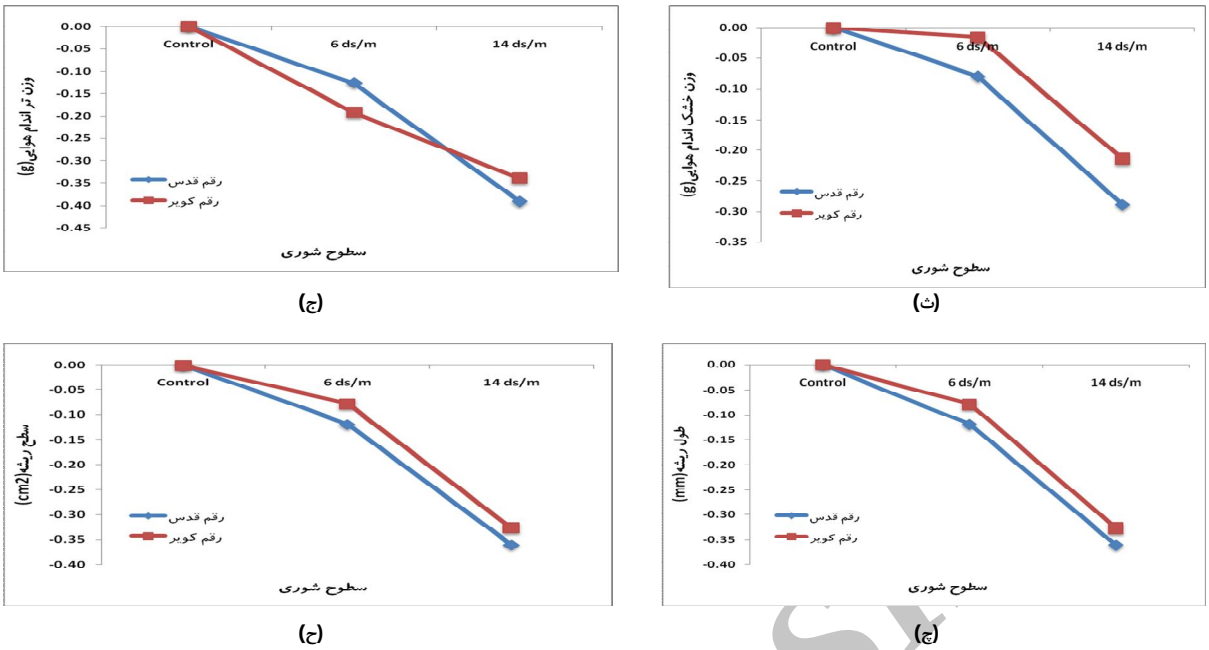
(پ)



(ت)

Archive of SID

www.SID.ir



(ج) (ث)

(ح) (چ)

شکل 1- درصد و روند تغییرات تیمارهای مختلف شوری نسبت به شاهد
(الف) وزن تر ریشه، (ب) حجم ریشه، (پ) ارتفاع اندام هوایی ، (ت) وزن خشک ریشه، (ث) وزن خشک اندام هوایی، (ج) وزن تر اندام هوایی، (چ) سطح ریشه (ح) طول ریشه

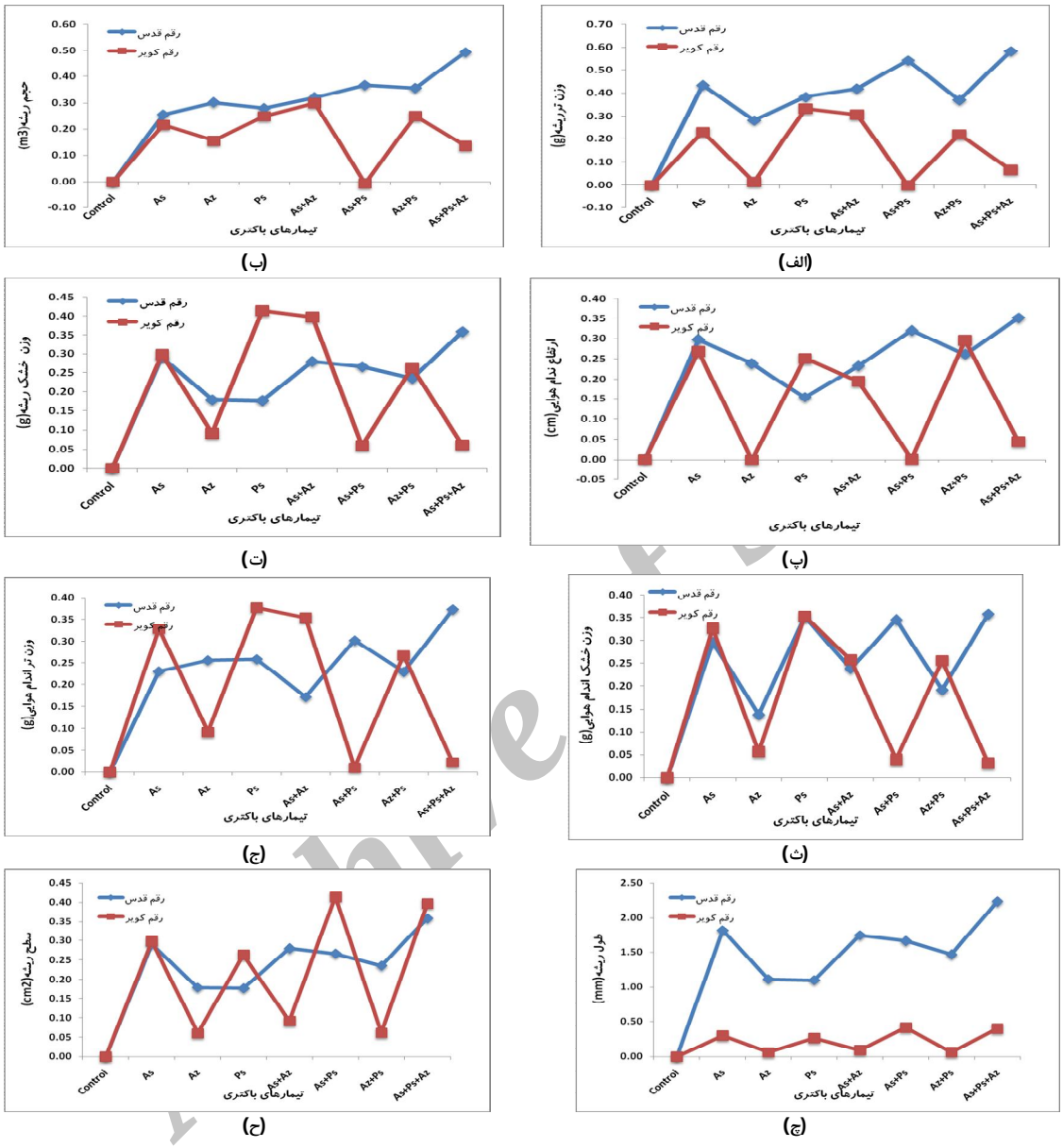
جدول 3- مقایسه میانگین بین تیمارهای باکتریایی مورد بررسی در ارقام قدس و کویر با آزمون دانکن

رقم	باکتری	ریشه							اندام هوایی	
		حجم ریشه(m^3)	وزن تر ریشه ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک ریشه ($g.plant^{-1}$)	طول ریشه (mm)	سطح ریشه (cm^2)	ارتفاع ساقه (cm)	وزن تر اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)
قدس	*Control*	6/00b	7/72c	4/53b	40/32d	33/86d	38/36d	6/47b	4/08b
	As(of)	7/53a	11/06ab	5/85a	52/03b	43/71ab	76/49a	7/95ab	5/29a
	Az(5)	7/81a	9/89b	5/34ab	47/52c	39/92c	47/49b	8/12ab	4/65b
	Ps(169)	7/68a	10/67ab	5/33ab	47/43c	39/84c	44/24c	8/14ab	5/51a
	As+Az	7/92a	10/95ab	5/80a	51/59b	43/33ab	47/26bc	7/58ab	5/05ab
	As+Ps	8/20a	11/90a	5/74a	51/05b	42/88ac	50/61a	8/42a	5/49a
	Az+Ps	8/13a	10/57ab	5/60a	49/81bc	41/84bc	48/38b	7/95ab	4/86ab
	As+Ps+Az	8/96a	12/22a	6/15a	54/76a	46/01a	58/81a	8/88a	5/54a
کویر	*Control*	8/44b	9/22c	4/73b	42/09d	35/36d	45/60c	8/78c	4/74c
	As(of)	10/27a	11/33ab	6/14a	54/64b	45/90b	57/83a	10/33a	6/29a
	Az(5)	8/39b	9/20c	5/01a	44/61cd	37/48cd	46/62c	7/86c	4/93c
	Ps(169)	10/56a	11/23ab	5/98a	53/19b	44/68b	59/09a	9/86ab	5/96ab
	As+Az	9/75ab	9/34c	5/16a	45/95c	38/60c	45/52c	8/49bc	5/01bc
	As+Ps	10/55a	12/29a	6/69a	59/54a	50/01a	57/06a	10/71a	6/42a
	Az+Ps	9/59ab	9/83c	5/02b	44/67cd	37/53cd	47/59bc	7/95c	4/89c
	As+Ps+Az	10/98a	12/04a	6/61a	58/82a	49/41a	54/48ab	10/53a	5/96b

در هر ستون و برای هر صفت میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 2- درصد تغییرات در تیمارهای مختلف باکتری نسبت به شاهد (بدون تلقیح با باکتری)

(الف) وزن تر ریشه، (ب) حجم ریشه، (پ) ارتفاع اندام هوایی، (ت) وزن خشک ریشه،(ث) وزن خشک اندام هوایی (ج) وزن تر اندام هوایی (ح) سطح ریشه(چ) طول ریشه

www.SID.ir

جدول 4- مقایسه میانگین صفات صفات مورفولوژیک برای اثر متقابل شوری و باکتری در رقم قدس و کویر با آزمون دانکن

			ریشه						اندام هوایی	
رقم	شوری	باکتری	حجم ریشه(m^3)	وزن تر ریشه ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک ریشه ($g.plant^{-1}$)	طول ریشه (mm)	سطح ریشه (cm^2)	ارتفاع ساقه (cm)	وزن تر اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)
		0	7/00 af	9/05 ag	5/39 ch	47/97 fg	40/30 fh	44/27 ef	7/81 df	4/70 dg
		As(of)	9/00 ad	13/30 ac	7/12 ab	63/37 b	53/23 ab	52/56 a	9/83 ac	6/26 ab
		Az(5)	8/90ae	11/90 ae	6/61 ac	58/83 bd	49/42 bd	53/50 ad	9/58 ad	5/23 ag
	شاهد	*Ps(169)*	8/33 ae	11/92 ae	6/22 af	55/36 de	46/50ce	57/50 a	10/17 a	5/81ad
		As+ Az	9/20 ac	12/80 ad	6/85 ac	60/97 bc	51/21 bc	54/00 ac	8/94 ad	5/80 ad
		As+ Ps	10/00 a	13/90 ab	6/54 ad	58/21 cd	48/89 bd	57/00 a	9/99 ab	6/28 ab
		Az +Ps	8/80 ae	12/90 ad	6/29 ae	55/98 de	47/03 ce	56/00 a	10/00 ab	5/51 ae
		As+ Ps + Az	10/20 a	14/20 a	7/74 a	68/89 a	57/87 a	58/00 a	10/43a	6/53 a
		0	6/40 bf	8/03 gf	4/88 ch	43/43gh	36/48 gi	37/80f	6/90 eg	4/34 eh
		As(of)	8/00 ae	11/79 ae	6/20 af	55/18 de	46/35 ce	54/71 a	8/06 ce	5/39 af
		Az(5)	8/20 ae	10/21 cf	5/67 ag	50/ 46 f	42/39 eg	45/00 cf	9/39 ad	4/78 cf
قدس	6	*Ps(169)*	8/10 ae	11/84 ae	5/62 ag	50/20 f	42/02 eg	51/82 ab	8/11 ce	6/10 ac
	(ds.m)	*As+ Az*	8/30 ae	12/20 ae	5/64 af	50/20 f	42/17 eg	44/91 bf	7/93 de	5/36 af
		As+ Ps	8/60 ae	12/80 ad	6/31 ae	56/16ce	47/17 eg	51/63 ab	8/85 ad	5/71 ad
		Az +Ps	8/00 ae	10/50 cf	5/83 af	51/89 ef	43/59 df	49/10 ae	8/24 be	4/99 cg
		As+ Ps + Az	9/67 ab	12/90 ad	6/33 ce	56/34 ce	47/32 ce	53/33 a	9/56 ad	5//80 ad
		0	4/60f	6/07 g	3/32 h	29/ 55 k	24/82 k	33/00 g	4/69 i	3/20 h
		As(of)	5/60 ef	8/10 gf	4/22 eh	37/56 ij	31/55 ij	42/00 ef	5/97 gh	4/21 eh
		Az(5)	6/33 cf	7/57 gf	3/74 gh	29/33jk	27/96 jk	43/96 cf	5/40 gh	3/93 gh
		Ps(169)	6/60 bf	8/26 gf	4/15 eh	36/94 ij	31/03 ij	23/39 f	6/14 fh	4/63 dg
	14	*As+ Az*	6/27 cf	7/84 gf	4/09 fh	43/61 gh	36/63 gi	42/88 df	5/86 gh	4/00 gh
	(ds.m)	*As+ Ps*	6/00 bf	9/00 gf	4/36 dh	38/80 hi	32/60 ij	43/21 cf	6/43eh	4/48 dh
		Az +Ps	7/60 af	8/31 gf	4/67 ch	41/56 hi	34/91 hi	40/03 f	5/61 gh	4/09 fh
		As+ Ps + Az	7/00 af	9/55 df	4/39 dh	39/07 hi	32/82 ij	44/10 cf	6/64 eg	4/29 eh
		0	9/33 ac	10/43 ch	5/43 cf	48/33 gi	40/60 gh	52/00 eh	9/36 bd	5/3.5 ag
		As(of)	10/67 ac	12/18 be	7/24 ab	64/44bc	54/13 bc	59/93 ac	12/57 a	6/84 a
		Az(5)	9/28 ac	10/21 ch	5/63 bf	50/11 gh	42/09 gh	53/27 dg	9/27 bd	5/25 ag
	شاهد	*Ps(169)*	11/00 ac	11/91cf	6/98 ac	62/12 cd	52/18 ab	62/48 a	11/91 a	6/53 ac
		As+ Az	10/00 ac	10/33 ch	5/66 bg	50/31 gh	42/32 gh	50/38 eh	10/00 b	5/58 ag
		As+ Ps	11/33 ab	14/80 a	7/65 a	68/09 ab	57/19 ab	64/26 a	13/29 a	6/69 ba
		Az +Ps	12/00 a	10/78 cg	5/84 bf	51/98 g	43/66 fg	56/41 cd	9/62 bc	5/44 ag
		As+ Ps + Az	11/67 a	14/49 ab	7/99 a	71/11 a	59/73 a	60/20 ac	13/30 a	6/20 ae
		0	8/67 ac	9/93 dh	5/03 dh	44/77 ij	37/61 ij	47/80 gh	7/81dg	4/98 di
		As(of)	10/67 ac	11/15 cg	6/35 ae	56/52 ef	47/47 ef	58/11 ac	9/86 b	6/72 a
		Az(5)	8/47 ac	10/30 ch	5/62 bg	50/02 gh	42/02 gh	42/00 j	7/83 dg	5/20 du
کویر	6	*Ps(169)*	11/13 ac	12/41 ad	6/48 ae	57/67 de	48/45 de	60/40 ab	9/99 b	6/38 ad
	(ds.m)	*As+ Az*	9/33 ac	9/70 ei	5/87 bf	52/24 gf	43/89 fg	43/69 ij	8/69 bcd	5/60 af
		As+ Ps	11/00 ac	12/87 ac	6/97 ac	62/03 cd	52/11 cd	54/61 cf	10/02 b	6/89 a
		Az +Ps	9/10 ac	10/67 ch	5/21 cg	46/37 hj	38/95 gi	44/05 lh	7/99 cf	4/84 ei
		As+ Ps + Az	10/93 ac	12/55 ad	6/78 ad	60/34 ce	50/69 ce	54/03 df	9/99 b	6/50 ad
		0	7/33 c	7/29 i	3/73 h	33/20m	27/89 m	37/00 j	6/16 g	3/90 gi
		As(of)	9/47 ac	10/66 ch	4/83 eh	42/99 jk	36/11 jk	55/45 df	8/57 bd	5/32 bf
		Az(5)	7/43 bc	7/10 li	3/79 h	33/73 m	28/33 m	41/60 j	6/48 gf	4/35 gi
	14	*Ps(169)*	9/54 ac	9/38 fi	4/47 fh	39/78 kl	33/42 kl	54/40 df	7/67 dg	4/96 ei
	(ds.m)	*As+ Az*	9/93 ac	8/00 ih	3/96 gh	35/24 m	29/61 ml	42/50 aj	6/78 eg	3/86 ih
		As+ Ps	9/33 ac	9/19 gi	5/45 ch	48/51 gi	40/75 gi	52/30 dg	8/82 bd	5/67 af
		Az +Ps	7/67 bc	8/03 ih	4/01 hg	35/69 lm	29/98 ml	42/30 j	6/24 g	4/40 fi
		As+ Ps + Az	10/33ac	9/09 gi	5/06 dh	45/03 ij	37/83 ij	49/20fh	8/30 be	5/19 di

در هر ستون و برای هر صفت میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 5- ضرایب همبستگی ساده پیرسونی در بین صفات مورد بررسی در دو رقم کویر (متحمل به شوری) و قدس(حساس به شوری)

صفات	رقم	ارتفاع ساقه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	حجم ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	طول ریشه	سطح ریشه
ارتفاع ساقه	قدس	1							
	کویر	1							
وزن تر اندام هوایی	قدس	0/81**	1						
	کویر	0/86**	1						
وزن خشک هوایی	قدس	0/87**	0/89**	1					
	کویر	0/83**	0/85**	1					
حجم ریشه	قدس	0/87**	0/90**	0/90**	1				
	کویر	0/83**	0/80**	0/75**	1				
وزن تر ریشه	قدس	0/84**	0/91**	0/96**	0/94**	1			
	کویر	0/81**	0/90**	0/85**	0/79**	1			
وزن خشک ریشه	قدس	0/67**	0/77**	0/87**	0/80**	0/81**	1		
	کویر	0/79**	0/94**	0/92**	0/80**	0/94**	1		
طول ریشه	قدس	0/85**	0/94**	0/85**	0/77**	0/90**	0/92**	1	
	کویر	0/75**	0/80**	0/65**	0/83**	0/69**	0/76**	1	
سطح ریشه	قدس	0/86**	0/91**	0/83**	0/87**	0/89**	0/94**	0/85**	1
	کویر	0/79**	0/83**	0/87**	0/67**	0/77**	0/70**	0/91**	1

* و ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5% و 1% و غیر معنی‌دار.

فهرست منابع:

1. اخگر، ع.، ن. صالح راستین، ح. رحیمیان و م. ج. ملکوتی. 1387 جداسازی، شناسایی و بررسی کارایی باکتری‌های ریزوسفری دارای توان تولید آنزیم ACC دآمیناز در کاهش اثرات تنش شوری بر رشد کلزا . رساله دکتری خاکشناسی، دانشگاه تهران. 163 صفحه.
2. جلیلی، ف.، ک. خاوازی، ا. پذیرا و ه. اسدی رحمانی. 1386 بررسی تأثیر باکتری‌های سودوموناس فلورسنت محرک رشد گیاه بر تعدیل اثرات مضر شوری در کشت کلزا. رساله دکتری خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. 124 صفحه.
3. حمیدی، آ.، ا. اصغرزاده، ر. چوگان، م. دهقان شعار، ا. قلاوند و م. ج. ملکوتی. 1389. بررسی کاربرد کودهای ریزوباکتریایی افزاینده رشد گیاه (PGPR) در زراعت ذرت با نهاده کافی. مجله علوم محیطی. سال 4، شماره 4، صفحات 20-1.
4. رخزادی، ا.، ا. اصغرزاده، ف. درویش، ق. نورمحمدی، ا. مجیدی و و. توشیح. 1387. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک آزوسپیریلوم، ازوتوباکتر، پسودوموناس و مزوریزوبیوم بر تجمع ماده‌ی خشک و عملکرد نخود (Cicer arietinum L.) دهمین کنگره علوم زراعت و اصالح نباتات ایران
5. عموآقایی، ر.، ا. مستأجران.، و گ. امتیازی. 1384. اثر آزوسپیریلوم و اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست شناسی. جلد 18، شماره 3، صفحات 256– 248.
6. کافی، م.، م. لاهوتی، ا. زند.، ح. ر. شریفی و م. گلدانی. 1379. فیزیولوژی گیاهی (جلد اول). انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد. 456 صفحه.

Archive of SID

www.SID.ir

7. مستأجران، ا.، ر. عموآقایی و گ. امتیازی. 1384. اثر آزوسپیریلوم و اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست شناسی. جلد 18، شماره 3، صفحات 256– 248.

8. مومنی، ع. 1389. پراکنش جغرافیائی و سطوح شوری منابع خاک ایران. پژوهش های خاک، شماره 3، صفحات 15-1

9. Bacilio, M. Rodriguez, H. Moreno, M. Hernandez, J. P. and Bashan, Y. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedling by agfp-taged *Azospirillum lipoferum*. Biology and Fertiliity of Soils 40: 188-193
10. Bhattarai, T. and Hess ,D. 1993. Yeild responses of Nepalese spring wheat (*Triticum aestivum*) cultivars to inculation with *Azospirillum* spp of Nepalese origin.Plant and Soil 151: 67-76.
11. Bohn, W. 1979. Methods of studying root systems. Ecological Studies 33:188. Springer-Verlag, Berlin.
12. 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.
13. Dobbelaere, S. Vanderleyden, J. and Okon, Y. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Reviews in Plant Sciences 22: 107-149.
14. Grichko, V. P. and Glick, B. R. 2001. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase containing plant growth promoting bacteria. Plant Physiology and. Biochemestry 39:11-17.
15. Han, H. S. and Lee, K. D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of Lettuce under soil salinity. esearch Journal of Agriculture and Biological Sciences 1: 210-215.
16. ICID (International Commission on Irrigation and Drainage). 2002. Irrigation and Food Production Information about ICID Network Countries [online]. Available at http://icid.org/
17. Klopper, J. W. 2003. A review of mechanisms for plant growth promoting by PGPR. 6th international PGPR workshop, 5-10 october 2003, calculla, India.
18. Marcelis, L.F.M. and Hooijdonk, H.V. 1999. Effect of salinity on growth, water use and nutrient use in radish (*raphanus sativus* L.). journal of *Plant and Soil* 215: 57-64.
19. Mayak, S. Tirosh, T. and Glick, B. G. 2004a. Plant Growth promoting bacteria confer resistance in tomato plants salt stress. Plant Physiology and. Biochemestry 42:565-572.
20. Mayak, S. T. Tirosh, T. and Glick, B. G.. 2004b. Plant growth promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. Plant Science 166:524-530.
21. Moslemi, Z. Habibi, D. Asgharzadeh, A. 2011 .Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. African Journal of Agriculture Research 6:4471–4476
22. 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 : 1141-1149.
23. Newman, E. I. 1966. A method of estimating the total length of root in asampel. Journal of Applied Ecology 3:139-145.
24. Pan. Y. Wu, L. J. Yu, Z. L. 2006. Effect of salt and drought stress on antioxidant enzymes activities and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis fisch*). Plant Growth Regul 49: 157-165.
25. Patten, C. L. and Glick, B. R. 2002. The Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic acid in development of the host plant root system. Applied and Enviromental Microbiology 68:3795-3801.

Archive of SID

www.SID.ir

26. Rai, S. N. and Gaur, A. C. 1988. Characterization of *Azotobacter* SPP. and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-Uptake of wheat crop. Plant Soil 109: 131-134.
27. Rodelas, B. Lopez, J. G. Toledo, M. V. Pozo, C. and Salmeron, V. 1999. Influence of Rhizobium/Azotobacter and Rhizobium/Azospirillum combined inoculation on mineral composition of faba bean (Vicia faba L.). Biology and Fertiliity of Soils 29: 165–169.
28. Saravanakumar, D. and Samiyappan, R. (2007). ACC deaminase from Pseudomonas fluorescens mediated saline resistance in groundnut (Arachis hypogea) plants. Jouranal of Applied Microbiology 102:1283-1292
29. SAS Institute. 2011. *SAS/STAT Users Quide*, version 9.2. SAS Institute. Inc. Cary, NC.
30. Shukla, P. Agarwal, P. K. and Jha , B. 2011. Improved salinity tolerance of Arachis hypogaea (L.) by the interaction of halotolerant plant growth promoting rhizobacteria, Journal of Plant Growth Regulation**.** (DOI: 10.1007/s00344-011-9231-y).
31. Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. Plant Physiology, Third edition.
32. Tilak, K. V. B. R. Singh,C. S. V. Roy, K. and Subba Rao, N. S. S. 1982. *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum: effect on yield of maize (Zea mays L.) and sorghum (*sorghum bicolor*). Soil Biolgy &Biochemistry 14: 417-418.
33. Yuen G. Y. and Schroth, M. N. 1986. Interaction of *Pseudomonads fluorescens* strains E6 with ornamental plants and its effect on the composition of root colonization microflora. Phytopathology 76:176-179.
34. Zhang, M., L. Duan, X. Tian, Z. He, J. Li, B. Wang and Z. Li. 2006. Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. journal of Plant Physiology 164: 709-717.

Archive of SID

www.SID.ir