

تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت (*Zea mays* L.)

رئوف سید شریفی^{۱*} و کاظم خاوازی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چهار هیبرید ذرت (*Zea mays* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۸۸ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار هیبرید ذرت SC-434، Kenez، DC-370 و SC-301 و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه *آزوسپریلوم لیوفوروم* سویه OF، *ازتوباکتر کروکوکوم* سویه پنج و عدم تلقیح با باکتری به عنوان شاهد بودند. نتایج نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر رشد گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی داشت. در بین هیبریدهای مورد بررسی نیز، از نظر شاخص‌های جوانه‌زنی و پرایمینگ بذر با باکتری‌ها تفاوت معنی داری وجود داشت. پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه، شاخص‌های جوانه‌زنی را افزایش نشان داد. بذرهای تلقیح یافته با باکتری *آزوسپریلوم* از افزایش در طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه بیشتری در مقایسه با تلقیح با *ازتوباکتر* و عدم تلقیح برخوردار بودند. بنابراین می‌توان پیشنهاد کرد که به منظور بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، پرایمینگ بذر ذرت هیبرید SC-434 با باکتری *آزوسپریلوم* به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های PGPR، بیوپرایمینگ بذر، شاخص‌های جوانه‌زنی

مقدمه

کودهای دامی، گیاهی و کود سبز اطلاق نمی‌گردد، بلکه ریز جانداران باکتریایی و قارچی به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)^۱ و مواد حاصل از فعالیت آنها از جمله مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌گردند (Manaffee & Klopper., 1994). این باکتری‌ها با توجه به تأثیر افزایش‌دهنده بر رشد و نمو گیاهان زراعی اصطلاحاً باکتری محرک عملکرد نیز نامیده می‌شوند (Vessy, 2003). بهره‌گیری از باکتری‌های محرک رشد گیاه، می‌تواند بسیار حایز اهمیت باشد. مکانیسم‌هایی که باکتری‌های محرک رشد گیاه جهت افزایش رشد به کار می‌برند به طور کامل شناخته نشده است، ولی در حالت کلی می‌توان به قابلیت تولید برخی هورمون‌های محرک رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین (Shaharoon et al., 2006)؛ Egamberdiyeva., 2007، مشارکت در تثبیت زیستی نیتروژن (Salantur et al., 2006)، مبارزه با پاتوژن‌های گیاهی از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و قارچ‌کش‌ها (Bharathi et al., 2004)، حلالیت فسفر معدنی و معدنی کردن فسفات آلی (Dobbelaere

پرایمینگ بذر روشی است که با جوانه‌زنی سریع، همزمان و یکنواخت بذر موجب بهبود استقرار گیاهچه در مزرعه می‌شود و هیدروپرایمینگ، هیدروترموپرایمینگ، اسموپرایمینگ، بیوپرایمینگ و انواعی دیگر را شامل می‌شود. در این راستا، کارلان و همکاران (Carlan et al., 1991) اظهار داشتند که بیوپرایمینگ بذر ذرت شیرین، منجر به استقرار بهتر گیاهچه در مزرعه شد. راج و همکاران (Raj et al., 2004) گزارش کردند که بیوپرایمینگ بذر ارزن با سویه‌های *سودوموناس* به افزایش رشد و مقاومت گیاه در برابر بیماری کمک نمود. امروزه در نظام‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک، کاربرد بیوپرایمینگ و کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (Sharma, 2003). اصطلاح کودهای زیستی منحصراً به مواد آلی حاصل از

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی و استادیار موسسه تحقیقات آب و خاک

* - نویسنده مسئول: (E-mail: Raouf_ssharifi@yahoo.com)

ای برخوردار است، ولی به کارگیری تراکم مناسب بوته در واحد سطح از مهمترین عوامل به زراعی موثر در عملکرد این گیاه محسوب می‌شود، زیرا عدم تولید پنجه و تک بلال بودن از ویژگی‌های مهم هیبریدهای اصلاح شده است که بر اهمیت تعداد بوته استقرار یافته و تراکم مطلوب این گیاه زراعی می‌افزاید. به دلیل اینکه مرحله جوانه‌زنی تضمین‌کننده دوام، استقرار و عملکرد نهائی گیاهان بوده و تراکم نهایی بوته در واحد سطح زمانی بدست می‌آید که بذرها کاشته شده بطور کامل و با سرعت کافی جوانه‌زنند. از اینرو، این آزمایش به منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه از طریق تلقیح بذرها چهار هیبرید ذرت با سویه‌های خالص باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلوم* در مقایسه با عدم تلقیح به عنوان شاهد بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت، آزمایشی در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار هیبرید ذرت (SC-434، Kenez، DC-370 و SC-301) و پرایمینگ بذر با سویه‌های مختلف باکتری محرک رشد *آزوسپریلوم لیپوفروم* سویه OF، *ازتوباکتر* کروکوکوم سویه پنج و عدم تلقیح با باکتری به عنوان شاهد بودند. هر دو این باکتری‌ها بومی خاک‌های کشور بوده و مایه تلقیح آنها از بخش تحقیقات بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. برای پرایمینگ بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال می‌باشد، استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. بذر این هیبریدها از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان اردبیل تهیه شد. سپس ۲۰ بذر سالم تلقیح شده با باکتری‌های فوق در پتری‌دیش‌ها قرار داده شدند. در این بخش کشت بذرها در پتری‌دیش انجام گرفت، به طوری که کف هر پتری‌دیش کاغذ صافی قرار گرفت. ابتدا بذرهاي تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد در پتری‌دیش قرار داده شده و کاغذ صافی دیگری با همان ابعاد روی بذرها قرار داده شد. شمارش بذرهاي جوانه‌زده در فواصل زمانی کمتر از ۲۴ ساعت انجام گرفت. قابل ذکر است که در هنگام شمارش، بذرهایی جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشه چه آنها حداقل دو میلی‌متر بود. شمارش تازمانی ادامه یافت که برای مدت سه روز متوالی تعداد بذرهاي جوانه‌زده در هر نمونه ثابت بماند.

(Lucy et al., 2004)، تولید فیتوهورمون‌ها و ویتامین‌ها و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه اشاره نمود. این باکتری‌ها قادرند با افزایش در سرعت جوانه‌زنی، افزایش طول و وزن ریشه‌چه (Khan et al., 2001)، تسریع در طویل شدن ریشه و استقرار گیاه، افزایش تعداد ریشه‌های جنینی و جانبی (Cakmakci et al., 2007b)، منجر به افزایش کمی و کیفی گیاهان مختلف شوند (et al., 2003)، (Dobbelaere)، آزمایش انجام گرفته بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت (*Zea mays* L.) نشان داده است که این باکتری‌ها قادر به افزایش جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه ذرت می‌باشند (Gholami et al., 2009). افزایش عملکرد و سرعت جوانه‌زنی توسط این باکتری‌ها در گیاهان مهمی همچون جو (*Hordeum vulgare* L.) (2001) (Sahin et al., 2004; Cakmakci et al., 2007b) (*aestivum* L.)، ذرت (Pal, 1998) و نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) (Sundara et al., 2002) گزارش شده است. چاکماکسی و همکاران (Cakmakci et al., 2007) (et نشان دادند که تلقیح بذرهاي جو با باکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه، موجب افزایش طول و وزن ریشه‌های جو می‌گردد. آنان افزایش وزن ریشه جو در واکنش به تلقیح با برخی باکتری‌ها را در مقایسه با تیمار شاهد، بیش از ۳۲ درصد و وزن اندام‌های هوایی بواسطه تلقیح با باکتری‌ها را ۲۸/۸ تا ۴۵/۲ درصد بسته به نوع باکتری گزارش نمودند. افزایش وزن تر و خشک گیاهچه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس *آزوسپریلوم* توسط کاپولینگ و همکاران (Kapulnik et al., 1982) گزارش شده است. هرناندز و همکاران (Hernandez et al., 1995)، افزایش وزن تر و خشک گیاهچه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس *سودوموناس* گزارش نمودند. برخی بررسی‌ها نشان داده است که باکتری‌های جنس *آزوسپریلوم*، *سودوموناس* و *ازتوباکتر* بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت از تأثیر مثبت و معنی‌داری برخوردارند (et al., 2006) (Shaukat)، در یک مطالعه دیگر که بر روی کلزا (*Brassica napus* L.) انجام گرفت مشخص شد که گونه‌های *سودوموناس پوتیدا*^۱ و *سودوموناس فلورسنس*^۲ منجر به افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شوند (Glick, 1998). نتایج مشابهی نیز در مورد گندم و سیب-زمینی (*Solanum tuberosum* L.) توسط سالنچور (et al., 2006) گزارش شده است.

ذرت گیاهی است که نسبت به سایر غلات از تنوع ژنتیکی بیشتری برخوردار است و به لحاظ بهره‌گیری از ویژگی چهارگانه بودن مسیر فتوسنتزی، سهولت کشت و کار، قابلیت انبارداری بالا و برخوردار از عملکرد بالا در مقایسه با دیگر گیاهان از اهمیت ویژه-

1- *Pseudomonas putida*

2- *Pseudomonas fluorescens*

جدول ۱ - نتایج تجزیه واریانس تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر مولفه های جوانه زنی هیبریدهای ذرت
 Table 1- Variance analysis (means of squares) of influence of plant growth promoting rhizobacteria on germination components in corn hybrids

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه چه Radicle length	طول ساقه چه Plumule length	وزن خشک ریشه چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه چه Plumule dry weight	وزن خشک کل گیاهچه Seedling total dry weight	جوانه زنی Germination	سرعت جوانه زنی Speed germination	یکنواختی جوانه زنی Uniformity of germination
S.O.V	df								n
تلقیح بذر Seed inoculation	2	199.06*	408.49**	15.56**	176.08**	301.66**	522.33**	0.000018**	225.78**
هیبریدهای ذرت Maize hybrids	3	2793.71**	332.17**	10.74**	278.04**	426.26**	531.81**	0.000103**	581.46**
تلقیح بذر × هیبریدهای ذرت Seed inoculation × Maize hybrids	6	5.50	0.65	0.021	0.54	0.915	1.04	0.00000002	1.14
خطا Error	24	26.06	49.12	1.88	21.48	36.81	63.54	0.00000235	27.71

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
 * and ** are significant at 5 and 1 % probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و عدم تلقیح

Table 3- Means comparisons of germination components and seedling growth affected by seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria and no inoculation

تلقیح بذر Seed inoculation	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ساقچه (میلی‌متر) Plumule Length (mm)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم) Radicle dry weight (mg)	وزن خشک ساقچه (میلی‌گرم) Plumule dry weight (mg)	وزن خشک کل گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling total dry weight (mg)
عدم تلقیح no Inoculation	34.30c*	55.00c	5.40 c	5.80c	11.40c
تلقیح با آزوتوباکتر Inoculation with <i>Azotobacter</i>	39.80b	63.80b	7.90 b	8.30 b	1.60 b
تلقیح با آزوسپرلیوم Inoculation with <i>Azospirillum</i>	43.60a	72.1a	9.52a	10.80a	17.80a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.
at $\alpha=5\%$ based on LSD. * Means with similar letters in each column are not significantly different

جدول ۲- مقایسه میانگین مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در ارقام ذرت

Table 2- Means comparisons of germination components and seedling growth in corn hybrids

هیبریدهای ذرت Maize hybrids	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ساقچه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم) Radicle dry weight (mg)	وزن خشک ساقچه (میلی‌گرم) Plumule dry weight (mg)	وزن خشک کل گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling total dry weight (mg)
SC-434	47.00 a*	77.00 A	15.3 a	52.00 a	69.00 a
KENEZ	a48.00	76.00a	c13.1	50.00b	63.50b
DC-370	41.00 b	69.00 b	14.3 b	46.00 c	61.00c
SC-301	37.00 c	65.6 c	13.2 c	40.10 d	52.70 d

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.
at $\alpha=5\%$ based on LSD. * Means with similar letters in each column are not significantly different

میانگین‌ها نشان داد که سرعت جوانه‌زنی در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت. از نظر سرعت جوانه‌زنی تیمار شاهد کمترین و تلقیح با *آزوسپریلوم* بیشترین مقدار را داشت (جدول ۴). در بین هیبریدهای مختلف، حداکثر سرعت جوانه‌زنی به هیبرید SC-434 با ۰/۰۷ در ساعت و حداقل آن به هیبرید SC-301 با ۰/۰۴۶ در ساعت تعلق داشت (جدول ۵). افزایش سرعت جوانه‌زنی و عملکرد توسط این باکتری‌ها در گیاهان مهمی همچون جو (Sahin et al., 2004; Cakmakci et al., 2007a)، گندم (Pal, 1998) نیز گزارش شده است.

یکنواختی جوانه‌زنی: مقایسه میانگین این صفت در سطوح مختلف پرایمینگ نشان داد که پرایمینگ بذر با باکتری‌ها به خصوص باکتری *آزوسپریلوم* بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی و عدم تلقیح بذر کمترین یکنواختی جوانه‌زنی را دارا بود (جدول ۴). در بین هیبریدهای مختلف بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی به هیبرید SC-434 و کمترین آن به هیبرید SC-301 تعلق داشت (جدول ۵). طبق نتایج سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2001) که گزارش نمودند هر چه عدد محاسبه شده برای یکنواختی جوانه‌زنی کمتر باشد، یکنواختی بیشتر است، لذا این صفت به ویژه در حالت پرایمینگ بذر با *آزوسپریلوم* به علت یکنواختی در سبز کردن مزرعه و بهبود تراکم، می‌تواند در مدیریت مزرعه و در نهایت در عملکرد نهایی حایز اهمیت باشد.

طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه: عدم تلقیح بذر با باکتری‌ها منجر به کاهش معنی‌دار در طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید. ضمن آنکه تلقیح بذر با باکتری نیز منجر به افزایش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه گردید. طول ریشه‌چه از ۳۴/۳ میلی‌متر در شاهد یا عدم تلقیح به ۳۹/۸ و ۴۳/۶ میلی‌متر به ترتیب در تلقیح با *آزوتوباکتر* و *آزوسپریلوم* افزایش یافت (جدول ۳). طول ساقه‌چه نیز از ۵۵ میلی‌متر در حالت عدم تلقیح به ۷۲/۱ میلی‌متر در تلقیح با *آزوسپریلوم* افزایش یافت. روند مشابهی نیز در وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه مشاهده گردید. بین هیبریدهای مورد بررسی نیز تفاوت معنی‌داری از این لحاظ وجود داشت، به طوری‌که بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به SC-434 و کمترین آن به SC-301 تعلق داشت (جدول ۲). چاکماکسی و همکاران (Cakmakci et al., 2007a) نشان دادند که تلقیح بذرهای جو با باکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه، موجب افزایش طول و وزن ریشه‌های جو گردید. آنان افزایش وزن ریشه جو در واکنش به تلقیح با برخی باکتری‌ها را در مقایسه با تیمار شاهد، بیش از ۳۲ درصد و وزن اندام‌های هوایی بواسطه تلقیح با باکتری‌ها را ۲۸/۸ تا ۴۵/۲ درصد بسته به نوع باکتری گزارش نمودند. کاپولنیک و همکاران (Kapulnik et al., 1982) افزایش وزن تر و خشک گیاهچه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس *آزوسپریلوم* گزارش کردند.

برای ارزیابی اجزای جوانه‌زنی، منحنی پیشرفت درصد جوانه‌زنی تجمی در مقابل زمان از کاشت بذر (برحسب ساعت) ترسیم شد و سپس از این منحنی‌ها زمان از کاشت بذر تا رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی (D_{10})، ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D_{50}) و ۹۰ درصد جوانه‌زنی (D_{90}) محاسبه گردیدند و حداکثر جوانه‌زنی با استفاده از روش درون یابی خطی محاسبه شد. محاسبه اجزای مذکور با استفاده از برنامه Germin انجام گردید (Soltai et al., 2001). سرانجام سرعت جوانه‌زنی به صورت عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D_{50}) و یکنواختی جوانه‌زنی بصورت تفاضل زمان رسیدن از ۱۰ درصد جوانه‌زنی (D_{10}) به ۹۰ درصد جوانه‌زنی (D_{90}) محاسبه شدند. لازم به ذکر است که در یکنواختی جوانه‌زنی هر چه عدد بدست آمده کمتر باشد، نشان‌دهنده یکنواختی بیشتر است (Soltai et al., 2001). بنابراین مدت زمان تا شروع جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب با استفاده از معادلات (۱) تا (۳) تعیین شدند:

$$\text{معادله (۱)} \quad D_{10} = \text{مدت زمان تا شروع جوانه‌زنی (ساعت)}$$

$$\text{معادله (۲)} \quad D_{10} - D_{90} = \text{یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت)}$$

$$\text{معادله (۳)} \quad 1/D_{50} = \text{سرعت جوانه‌زنی (در ساعت)}$$

برخی پارامترها اعم از طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه اندازه‌گیری شدند. داده‌های بدست آمده با نرم افزار SAS 6.12 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: معنی‌دار شدن درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر فاکتورهای مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد (جدول ۱) و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که پرایمینگ بذر با *آزوتوباکتر* و *آزوسپریلوم*، درصد جوانه‌زنی را به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در مقایسه با عدم تلقیح افزایش داد (جدول ۴). به طوری که درصد جوانه‌زنی از ۷۹/۲ درصد در سطح شاهد به ۸۴/۵ و ۸۹ درصد به ترتیب در پرایمینگ بذر با *آزوتوباکتر* و *آزوسپریلوم* رسید. در بین هیبریدهای مورد بررسی، هیبرید SC-434 با ۹۱ درصد بیشترین درصد جوانه‌زنی و هیبرید SC-301 با ۷۲ درصد جوانه‌زنی، کمترین آن را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). شاکوات و همکاران (Shaukat al., 2006) گزارش کردند که نژادهایی از *آزوسپریلوم*، *سودوموناس* و *آزوتوباکتر* بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت از تأثیر مثبت و معنی‌داری برخوردار است. نتایج مشابهی نیز توسط غلامی و همکاران (Gholami et al., 2009) مبنی بر بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت بواسطه تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گزارش شده است.

سرعت جوانه‌زنی: سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر فاکتورهای مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در هیبرید های ذرت
in corn hybrids Table 5- Means comparisons of germination characteristics

هیبرید های ذرت Maize hybrids	سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) Speed germination (per hour)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	یکپوشایی جوانه‌زنی Uniformity of germination	زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی Time of 10% germination	زمان تا ۲۰ درصد جوانه‌زنی Time of 20% germination	زمان تا ۳۰ درصد جوانه‌زنی Time of 30% germination	زمان تا ۴۰ درصد جوانه‌زنی Time of 40% germination	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی Time of 50% germination	زمان تا ۶۰ درصد جوانه‌زنی Time of 60% germination	زمان تا ۷۰ درصد جوانه‌زنی Time of 70% germination	زمان تا ۸۰ درصد جوانه‌زنی Time of 80% germination	زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی Time of 90% germination
SC-301	0.046d	72.00c*	48.40a	63.00b	72.11b	79.50b	84.20b	93.70b	100.60b	107.00	112.50ab	119.80ab
Kenez	0.067b	83.20ab	39.00c	70.00a	79.00a	85.30a	91.50a	98.60a	103.40a	108.50a	113.60a	117.67b
SC-434	0.07a	91.00a	33.00d	61.60c	67.31c	72.30c	78.00c	82.20c	89.20d	94.50b	102.11b	105.80c
DC-370	0.52c	81.50b	44.00b	63.11b	71.40b	77.00bc	A7/A1 b	92.50b	97.19c	106.50ab	114.40a	121.70a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.
at $\alpha=5\%$ based on LSD. * Means with similar letters in each column are not significantly different

جدول ۴- مقایسه میانگین خصوصیات جوانه‌زنی متاثر از تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد
Table 4- Means comparisons of germination characteristics affected by seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria

باکتری‌های محرک رشد Seed inoculation with PGPR	سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) Speed germination (per hour)	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	یکپوشایی جوانه‌زنی Uniformity of germination	زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی Time of 10% germination	زمان تا ۲۰ درصد جوانه‌زنی Time of 20% germination	زمان تا ۳۰ درصد جوانه‌زنی Time of 30% germination	زمان تا ۴۰ درصد جوانه‌زنی Time of 40% germination	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی Time of 50% germination	زمان تا ۶۰ درصد جوانه‌زنی Time of 60% germination	زمان تا ۷۰ درصد جوانه‌زنی Time of 70% germination	زمان تا ۸۰ درصد جوانه‌زنی Time of 80% germination	زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی Time of 90% germination
آزوسپریلیوم <i>Azospirillum</i>	0.0195a	89.00a*	43.20c	49.00c	51.20c	54.31c	56.70c	58.80c	64.70c	69.75c	71.17c	76.7c
آزوتوباکتر <i>Azotobacter</i>	0.016b	84.50b	52.00b	59.30b	61.50b	73.80b	75.20b	86.5b	92.50b	98.75b	107.20b	117.5 b
شاهد (عدم تلقیح) no inoculation	0.014c	79.20c	59.00a	65.00a	74.30a	87.50a	98.70a	107.20a	114.00a	119.40a	121.50a	137.2 a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.
at $\alpha=5\%$ based on LSD. * Means with similar letters in each column are not significantly different

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه منجر گردید، ولی بین هیبریدهای مورد بررسی از نظر صفات مورد بررسی تفاوت‌هایی وجود داشت. بذرهاى تلقیح یافته با باکتری *آزوسپریلوم* از افزایش در طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه بیشتری نسبت به تلقیح با *ازتوباکتر* و عدم تلقیح برخوردار بود. بنابراین، به نظر می‌رسد که به منظور تسریع در رشد گیاهچه و مؤلفه‌های جوانه‌زنی بهتر است تلقیح بذر ذرت هیبرید SC-434 با باکتری *آزوسپریلوم* صورت گیرد.

هرناندز و همکاران (Hernandez et al., 1995) افزایش وزن تر و خشک گیاهچه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس *سودوموناس* گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

نتیجه این که گرچه تلقیح بذرها با باکتری‌های محرک رشد به خصوص باکتری *آزوسپریلوم* منجر به افزایش وزن خشک گیاهچه،

منابع

- 1- Bharathi, R., Vivekananthan, R., Harish, S., Ramanathan, A., and Samiyappan, R. 2004. Rhizobacteria-based bioformulations for the management of fruit rot infection in hillies. *Crop Protection* 23: 835-843.
- 2- Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman, U.G., and Donmez, M.F. 2007b. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170: 288-295.
- 3- Cakmakı, R., Kantar, F., and Fiahin, F. 2001. Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 164: 527-31.
- 4- Callan, N.W., Mathre, D.E., and Miller, J.B. 1991. Yield performance of sweet corn seed bioprimered and coated with *Pseudomonas fluorescens* AB254. *Horticulture Science* 26: 1163-1165.
- 5- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., and yacovokon, Y. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Review Plant Science* 22: 107-149.
- 6- Egamberdiyeva, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. *Applied of Soil and Ecology* 36: 184-189.
- 7- Gholami, A., Shahsavani, S., and Nezarat, S. 2009. The Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *Proceedings of Word Academy of Science. Engineering and Technology* 37: 2070-3740.
- 8- Glick, B.R. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentration by PGPR. *Journal of Theoretical and Biology* 190: 63-68.
- 9- Hernandez, A.N., Hernandez, A., and Heydrich, M. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. *Journal of Tropicale Science* 6: 5-8.
- 10- Kapulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okon, Y., and Henis, Y. 1982. The effect of *Azospirillum* inoculation on growth and yield of corn. *Journal of Botany* 31: 247-255.
- 11- Khan, M.R., Talukdar, N.C., and Thakuria, D. 2003. Detection of *Azospirillum* and PSB in rice rhizosphere soil by protein and antibiotic resistance profile and their effect on grain yield of rice. *Indian Journal of Biotechnology* 2: 246-250.
- 12- Lucy, M., Reed, E., and Glick, B.R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Soil Science* 86: 1-25.
- 13- Manaffee, W.F., and Kloppe, J.W. 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: soil biota management in sustainable farming systems, Pankburst, C.E., Double, B. M., Gupta, V.V.S.R., and Grace, P.R., eds. Pp: 23-31 CSIRO, Pub. East Melbourne, Australia.
- 14- Pal, S.S. 1998. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. *Plant and Soil* 198: 169-177.
- 15- Raj, N., Shetty, N., and Shetty, H. 2004. Seed bioprimering with *Pseudomonas fluorescens* strains enhances growth of pearl millet plants and induces resistance against downy mildew. *Integrated Journal of Pest Management* 50(1): 41-48
- 16- Sahin, F., Cakmakci, R., and Kantar, F. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil* 265: 123-129.
- 17- Salantur, A., Ozturk, A., and Akten, S. 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. *Plant Soil and Environment* 52 (3): 111-118.
- 18- Shaharoon, B.M., Arshad, Z., Zahir, A., and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 2971-2975.
- 19- Sharma, A K. 2003. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. *Agrobios India*. 255 pp.
- 20- Shaikat, K., Affrasayab, S., and Hasnain, S. 2006. Growth responses of *Helianthus annus* to plant growth

- promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. *Journal of Agriculture Research* 1 (6): 573-581.
- 21- Soltai, A.S, Galeshi, Zenali, E., and Latif, N. 2001. Germination seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology* 30: 51-60.
- 22- Sundara, B., Natarajan,V., and Hari, K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yield. *Field Crop Research* 77: 43-49.
- 23- Vessy, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil* 3: 255-258.

Archive of SID