نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، ص. ۵۱۳-۵۰۶

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 4, Winter 2012, p. 506-513

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

رئوف سید شریفی[1*] و کاظم خاوازی[2]

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 درسال 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 لیپوفروم* 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 معنی‌داری وجود داشت. پرایمینگ بذرها با باکتری‌های محرک رشد گیاه، شاخص‌های جوانه‌زنی را افزایش نشان داد. بذرهای تلقیح یافته با باکتری *آزوسپریلوم* از افزایش در طول ریشه چه، ساقه‌چه و نسبت ریشه چه 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: باکتری‌هایPGPR، بیوپرایمینگ بذر، شاخص‌های جوانه‌زنی

مقدمه

پرایمینگ بذر روشی است که با جوانه‌زنی سریع، همزمان و یکنواخت بذر موجب بهبود استقرار گیاهچه در مزرعه می‌شود و هیدروپرایمینگ، هیدروترموپرایمینگ، اسموپرایمینگ، بیو پرایمینگ 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 سویه های *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 ویژه ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (Sharma, 2003). اصطلاح کودهای زیستی منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، گیاهی و کود سبز اطلاق نمی گردد، بلکه ریز جانداران باکتریایی و قارچی به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)[3] و مواد حاصل از فعالیت آنها از جمله مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌گردند (Manaffee & Klopper., 1994). این باکتری‌ها با توجه به تأثیر افزایندگی بر رشد و نمو گیاهان زراعی اصطلاحاً باکتری محرک عملکرد نیز نامیده می‌شوند (Vessy, 2003). بهره گیری از باکتری‌های محرک رشد گیاه، می‌تواند بسیار حایز اهمیت باشد. مکانیسم‌هایی که باکتری‌های محرک رشد گیاه جهت افزایش رشد به کار می‌برند به طورکامل شناخته نشده است، ولی در حالت کلی می‌توان به قابلیت تولید برخی هورمون‌های محرک رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین (Shaharoona 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

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

3- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

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 (Dobbelaere et al., 2003). آزمایش انجام گرفته برجوانه‌زنی 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.) (Sahin et al., 2004; Cakmakci et al., 2001)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (Cakmakci et al., 2007b)، ذرت (Pal, 1998) و نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) (Sundara et al., 2002) گزارش شده است. چاکماکسی و همکاران (Cakmakci et al., 2007) نشان دادند که تلقیح بذرهای 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 (Shaukat et al., 2006). در یک مطالعه دیگر که بر روی کلزا (*Brassica napus* L.) انجام گرفت مشخص شد که گونه‌های *سودوموناس پوتیدا*[1] و *سودوموناس فلورسنس*[2] منجر به افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شوند (Glick, 1998). نتایج مشابهی نیز در مورد گندم و سیب-زمینی (*Solanum tuberosum* L.) توسط سالنچور (Salantur 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 چهارکربنه بودن مسیر فتوسنتزی، سهولت کشت و کار، قابلیت انبارداری بالا و برخورداری از عملکرد بالا در مقایسه با دیگر گیاهان از اهمیت ویژه-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 براهمیت 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 بذرهای کاشته شده بطور کامل و با سرعت کافی جوانه‌زنند. از اینرو، این آزمایش به منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه از طریق تلقیح بذرهای 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 مؤلفه های 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 هرگرم 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 بذرسالم تلقیح شده با باکتری‌های فوق در پتری‌دیش‌ها قرار داده شدند. در این بخش کشت بذرها در پتری دیش انجام گرفت، به طوری که کف هر پتری‌دیش کاغذ صافی قرار گرفت. ابتدا بذرهای تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد در پتری‌دیش قرار داده شده و کاغذ صافی دیگری با همان ابعاد روی بذرها قرار داده شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده در فواصل زمانی کمتر از۲۴ 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 بذرهای جوانه‌زده در هر نمونه ثابت بماند.

1- *Pseudomonas putida*
2- *Pseudomonas fluorecens*

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر مؤلفه های جوانه‌زنی هیبریدهای ذرت

Table 1- Variance analysis (means of squares) of influence of plant growth promoting rhizobacteria on germination components in corn hybrids

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	وزن‌خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن‌خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	وزن‌خشک کل گیاهچه Seedling total dry weight	جوانه‌زنی Germination	سرعت جوانه‌زنی Speed germination	یکنواختی جوانه‌زنی Uniformity of germination
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	0.0000002	1.14
خطا Error	24	26.06	49.12	1.88	21.48	36.81	63.54	0.00000235	27.71

* و ** به ترتیب معنی‌دار 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 ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule Length (mm)	وزن‌خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم) Radicle dry weight (mg)	وزن‌خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم) Plumule dry weight (mg)	وزن‌خشک کل‌گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling total dry weight (mg)
عدم تلقیح no Inoculation	34.30c*	55.00c	5.40 c	5.80c	11.40c
تلقیح با ازتوباکتر Inoculation with *Azotobacter*	39.80b	63.80b	7.90 b	8.30 b	1.60 b
تلقیح با آزوسپریلوم Inoculation with *Azosprilium*	43.60a	72.1a	9.52a	10.80a	17.80a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف اماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

at α=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 ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	وزن‌خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم) Radicle dry weight (mg)	وزن‌خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم) Plumule dry weight (mg)	وزن‌خشک کل‌گیاهچه (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 اماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

at α=5% based on LSD. * Means with similar letters in each column are not significantly different

برای ارزیابی اجزای جوانه‌زنی، منحنی پیشرفت درصد جوانه‌زنی تجمعی در مقابل زمان از کاشت بذرها (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}) و۹۰ درصدجوانه‌زنی (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 (D50) و یکنواختی جوانه‌زنی بصورت تفاضل زمان رسیدن از۱۰ 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:

معادله (۱) D_{10}= مدت زمان تا شروع جوانه‌زنی (ساعت)

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

معادله (۳) $1/D_{50}$= 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 *ازتوباکتر* 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 *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم* رسید. در بین هیبریدهای مورد بررسی، هیبرید SC-434 با ۹۱ درصد بیشترین درصد جوانه‌زنی و هیبرید SC-301با ۷۲ درصد جوانه‌زنی، کمترین آن را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). شاکوات و همکاران (et 2006 Shaukat al.,) گزارش کردند که نژادهایی از *آزوسپریلوم*، *سودوموناس* و *ازتوباکتر* 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 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 (2001 al., Sahin et al., 2004; Cakmakci et al., 2007a)، گندم (Cakmakci et al., 2007a) و ذرت (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 درطول ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید. ضمن آنکه تلقیح بذرها 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 میلی متر به ترتیب در تلقیح با *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم* افزایش یافت (جدول ۳). طول ساقه‌چه نیز از ۵۵ میلی‌متر در حالت عدم تلقیح به۷۲/۱ 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 ریشه های 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. کاپولینگ و همکاران (Kapulnik et al.,1982) افزایش وزن تر و خشک گیاهچه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس *آزوسپریلوم* گزارش کردند.

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	درصدجوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی(در ساعت) Speed germination(per hour)	یکنواختی جوانه‌زنی uniformity of germination	زمان تا ۱۰ درصدجوانه‌زنی Time of 10% germination	زمان تا ۲۰ درصد جوانه‌زنی Time of 20% germination	زمان تا ۳۰ درصد جوانه‌زنی Time of 30% germination	زمان تا ٤٠ درصد جوانه‌زنی Time of 40% germination	زمان تا ۵۰ درصدجوانه‌زنی Time of 50% germination	زمان تا ٦٠ درصد جوانه‌زنی Time of 60% germination	زمان تا ۷۰ درصدجوانه‌زنی Time of 70% germination	زمان تا ۸۰ درصد جوانه‌زنی Time of 80% germination	زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی Time of 90% germination
SC-301	72.00c*	0.046d	48.40a	63.00b	72.11b	79.50b	84.20b	93.70b	100.60b	107.00	112.50ab	119.80ab
Kenez	83.20ab	0.067b	39.00c	70.00a	79.00a	85.30a	91.50a	98.60a	103.40a	108.50a	113.60a	117.67b
SC-434	91.00a	0.07a	33.00d	61.60c	67.31c	72.30c	78.00c	82.20c	89.20d	94.50b	102.11b	105.80c
DC-370	81.50b	0.52c	44.00b	63.11b	71.40b	77.00bc	۸۲/۸۱ b	92.50b	97.19c	106.50ab	114.40a	121.70a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف اماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

at α=5% based on LSD. * Means with similar letters in each column are not significantly different

جدول ٤- 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

تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد Seed inoculation with PGPR	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) Speed germination (per hour)	یکنواختی جوانه‌زنی Uniformity of germination	زمان تا۱۰ درصدجوانه‌زنی Time of 10% germination	زمان تا۲۰ درصدجوانه‌زنی Time of 20% germination	زمان تا۳۰ درصدجوانه‌زنی Time of 30% germination	زمان تا٤٠ درصدجوانه‌زنی Time of 40% germination	زمان تا۵۰ درصدجوانه‌زنی Time of 50% germination	زمان تا٦٠ درصدجوانه‌زنی Time of 60% germination	زمان تا۷۰ درصدجوانه‌زنی Time of 70% germination	زمان تا۸۰ درصدجوانه‌زنی Time of 80% germination	زمان تا۹۰ درصدجوانه زنی Time of 90% germination
آزوسپریلوم *Azosprilium*	89.00a*	0.0195a	43.20c	49.00c	51.20c	54.31c	56.70c	58.80c	64.70c	69.75c	71.17c	۷۵/۴ c
آزتوباکتر *Azotobacter*	84.50b	0.016b	52.00b	59.30b	61.50b	73.80b	75.20b	86.5b	92.50b	98.75b	107.20b	۱۱۴/۵ b
شاهد (عدم تلقیح) no inoculation	79.20c	0.014c	59.00a	65.00a	74.30a	87.50a	98.70a	107.20a	114.00a	119.40a	121.50a	۱۳۴/۲ a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف اماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

at α=5% based on LSD. * Means with similar letters in each column are not significantly different

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، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه منجر گردید، ولی بین هیبریدهای مورد بررسی از نظر صفات مورد بررسی تفاوت‌هایی وجود داشت. بذرهای تلقیح یافته با باکتری *آزوسپریلوم* از افزایش در طول ریشه چه، 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.

منابع

1- Bharathi, R., Vivekananthan, R., Harish, S., Ramanathan, A., and Samiyappan, R. 2004. Rhizobacteria-based bio-formulations 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 N_2-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 bioprimed 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 Theorical 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 Klopper, 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 biopriming 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- Shaharoona, 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- Shaukat, 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.