

تأثیر بیوپرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام مختلف چغندر قند (*Beta vulgaris* L.)

فاطمه بهرامیان^۱، علی عباسی سورکی^{۲*}، عبدالحسین جمالی زواره^۲، فرزاد شریف زاده^۳

۱- کارشناس ارشد علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه شهرکرد

۲- عضو هیات علمی دانشگاه شهرکرد

۳- عضو هیات علمی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۷)

چکیده

بیوپرایمینگ و کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است. استفاده از میکروارگانیسم‌های دوستدار محیط زیست در رشد و کیفیت محصولات کشاورزی ثابت شده است. به منظور بررسی امکان استفاده از تکنیک بیوپرایمینگ در بهبود کارایی بذر چغندر قند، توانایی دو سویه باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا در بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی ارقام مختلف چغندر قند مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل استفاده از باکتری در ۳ سطح، باکتری سودوموناس فلورسنس، باکتری سودوموناس پوتیدا و بدون باکتری به عنوان شاهد و فاکتور دوم شامل ارقام چغندر قند پارس، تربت و لاین ۳۱۷۸۲ بود. میزان درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر رقم، بیوپرایمینگ و اثر متقابل این دو صفت قرار گرفت، اما صفت سرعت جوانه‌زنی فقط تحت تأثیر تیمار بیوپرایمینگ قرار گرفت. بالاترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار باکتری سودوموناس پوتیدا و رقم پارس بود. استفاده از باکتری نسبت به شاهد سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد. مقایسات میانگین‌ها برای دیگر صفات نشان داد استفاده از باکتری سودوموناس فلورسنس باعث افزایش طول ریشه‌چه، اندام‌هوایی و گیاهچه شد و ارقام پارس و تربت دارای طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه بیشتری نسبت به لاین ۳۱۷۸۲ بودند. بیوپرایمینگ بذر با باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا باعث بهبود شاخص ویگور I شد، در حالی که شاخص ویگور II فقط تحت تأثیر رقم قرار گرفت. ارقام پارس و تربت دارای صفات جوانه‌زنی و شاخص ویگور I و II بالاتری نسبت به لاین ۳۱۷۸۲ بودند و واکنش بهتری به تیمارهای مورد استفاده نشان دادند. تیمارهای بیوپرایمینگ نیز در مجموع واکنش ارقام مختلف را نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار دادند. در مورد اکثر صفات این دو سویه باکتری یکسان عمل کردند اما باکتری سودوموناس پوتیدا اثر بیشتری بر جوانه‌زنی رقم پارس نشان داد.

کلمات کلیدی: بیوپرایمینگ، ارقام چغندر قند، جوانه‌زنی بذر، ویگور بذر.

Effect of bio-priming on germination and growth of Sugar Beet cultivars (*Beta vulgaris* L.)

F. Bahrmanian¹, A. Abbasi Surki^{2*}, A. Jamali Zavare², F. Sharaifzadeh³

1- MSc. Of seed science and technology

2- Faculty members of Shahrekord University

3- Faculty members of Tehran University

(Received: Oct. 10, 2016 – Accepted: Feb. 25, 2017)

Abstract

Bio-priming and application of bio-fertilizer has special importance in crop production and sustainable soil fertility. Growth and quality improvement with environment-friendly microorganism have been proved in crops. In order to evaluation of bio-priming possibility in seed improvement of sugar beet cultivars, effects of two bacteria species including *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida* on seed germination and growth indices were evaluated. Experiment was directed as factorial in randomized complete block design with four replication, there in experimental factors were bacteria species including *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* and no bacteria as control for first factor, and beet cultivars including Pars, Torbat and line 31782 as second factor. Germination percentage affected with cultivar, bio-priming and their interaction, but germination rate was only affected by bio-priming. The highest germination percentage and was related to *Pseudomonas putida* and Pars cultivar. Application of bacteria increased germination rate versus control. Other mean comparison showed that *Pseudomonas fluorescens* increased root length, shoot length and seedling length and Pars and Torbat cultivars has more root and shoot length rather than Line 31782. Bio-prime with *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida* enhanced Vigor Index I, but Vigor Index II was only affected by cultivar. Pars and Torbat cultivar had higher germination traits and Vigor Index I and II to Line 31782 and showed more reactions to treatments. Generally, Bio-priming treatments affected sugar beet cultivars versus control. Both bacterial strain act identically but *Pseudomonas putida* had more effects on cv. Pars.

Key words: Bio-priming, sugar beet cultivars, seed germination, Vigor Index.

* Email: aabasi59@yahoo.com

سیب‌زمینی (Frommel *et al.*, 1993) را افزایش دادند.

احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 2005) گزارش کردند که گونه‌های ازتوباکتر پتانسیل تولید میزان بالایی از ایندول-۳-استیک اسید (IAA) (۷/۳-۳۲/۸ mg/ml) را دارند. تولید اتیلن به واسطه IAA، میزان بیوماس ریشه و تعداد ریشه موین را افزایش داده و به تبع آن سطح ریشه با تلقیح باکتری‌های محرک رشد گیاهی در بوته‌های گوجه‌فرنگی افزایش می‌یابد (Ribaud *et al.*, 2006). این باکتری‌ها در تولید سیتوکینین در شروع رشد ریشه از طریق تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول و افزایش سطح ریشه گیاه باعث افزایش ریشه‌های جانبی و نابجا می‌شوند (Werner *et al.*, 2003).

بیوپرایمینگ یک روش جدید برای تیمار بذر است که جنبه‌های بیولوژیکی و فیزیولوژیکی کنترل بیماری را ادغام می‌کند و شامل استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید یا عوامل کنترل بیولوژیکی در ریشه یا بذر است که بهبود رشد گیاه یا کنترل بیماری‌ها را فراهم می‌کند و اخیراً به عنوان یک روش جایگزین برای کنترل بسیاری از بیماری‌های بذر و عوامل بیماری‌زای خاک‌زاد استفاده می‌شود (Bennett and Whipps, 2008). در حال حاضر، تقویت زیستی بذر با به کارگیری باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه از جمله کارآمدترین روش‌های پرایمینگ بذر بوده و در حال جایگزینی تدریجی با تیمارهای شیمیایی می‌باشد. باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه از طریق سازوکارهای متفاوت بر شاخص‌های مختلف رشد آن تأثیر می‌گذارند. از جمله این سازوکارهای مختلف می‌توان به تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مثل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، تثبیت نیتروژن، توان حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول و سایر عناصر غذایی و نیز کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی اشاره کرد (Bashan *et al.*, 2004). هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر بیوپرایمینگ باکتری‌های سودوموناس فلورسنت بر پارامترهای جوانه‌زنی و رشد ارقام چغندر قند در شرایط آزمایشگاه می‌باشد.

مقدمه

باکتری‌های محرک رشد (Plant growth promoting rhizobacteria) گروهی از باکتری‌ها هستند که به طور فعال روی ریشه‌های گیاه رشد کرده و باعث افزایش رشد گیاه و عملکرد آن می‌شوند (Wu *et al.*, 2005). از جمله مکانیسم‌هایی که این باکتری‌ها باعث رشد گیاه می‌شوند مانند توانایی تولید فیتوهورمون‌ها (Egamberdiyeva *et al.*, 2007)، تثبیت نیتروژن (Salantur *et al.*, 2006)، تولید سیدروفور علیه میکروارگانیسم‌های فیتوپاتوزنیک و همچنین تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و ترکیبات ضد قارچی (Ahmad *et al.*, 2006) و همچنین قابلیت انحلال فسفات‌های معدنی و سایر مواد مغذی (Cattelan *et al.*, 1999) می‌باشد. افزایش قابل توجهی در رشد و عملکرد محصولات مهم زراعی در پاسخ به تلقیح با این باکتری‌ها گزارش شده است. چند گونه از PGPR مانند *Achromobacter xylosoxidans*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus*, *Brevibacterium halotolerans* و *Pseudomonas putida* شناسایی شده‌اند که نقش حیاتی در افزایش طول سلول، افزایش فعالیت‌های ACC دی‌آمیناز و ارتقاء رشد گیاه دارند (Sgroy *et al.*, 2009). سودوموناس‌ها در همه جای خاک، آب و سطح گیاه ساکن‌اند. بسیاری از سودوموناس‌ها با استفاده از مواد مغذی تراوش یافته از گیاه با گیاهان رابطه‌ی هم‌زیستی دارند. این گونه‌های هم‌زیست با سرکوب آفات، افزایش دسترسی به مواد مغذی، تغییر فرآیندهای فیزیولوژیکی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی آثار عمیقی بر گیاهان دارند. سودوموناس‌ها دارای قابلیت‌های استثنایی برای تولید گسترده انواع متابولیت‌ها، از جمله آنتی‌بیوتیک هستند که برای پاتوزن‌های گیاهی سمی هستند (Haas and Keel, 2003). سویه‌هایی از سودوموناس پوتیدا و سودوموناس فلورسنتس رشد ریشه و ساقه کلزا (Glick *et al.*, 1997)، گندم (De Freitas *et al.*, 1992) و

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش تیمارها شامل باکتری در سه سطح (باکتری سودوموناس فلورسنس، باکتری سودوموناس پوتیدا و بدون باکتری به عنوان شاهد) به عنوان فاکتور اول و ارقام در سه سطح (رقم پارس، رقم تربت و لاین ۳۱۷۸۲) به عنوان فاکتور دوم بودند. برای ضد عفونی سطحی بذرها، ابتدا بذور به مدت ۳۰ ثانیه در الکل ۹۶ درصد طبی و سپس به مدت ۵ دقیقه در هیپوکلریت سدیم ۲ درصد قرار داده و سپس طی چند مرحله با آب مقطر استریل شستشو شدند. جدایه سودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida* PTCC 1694) از کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های ایران و سودوموناس فلورسنس (*Pseudomonas fluorescens* 1062) از انستیتو پاستور ایران تهیه شد. به منظور تهیه سوسپانسیون باکتری جهت بیوپرایمینگ با بذور، باکتری‌ها بر روی محیط TSA کشت داده شدند، پس از رشد کلونی‌های باکتریایی روی محیط کشت TSA، با استفاده از لوپ از هر جدایه یک تک کلونی جدا شده و به محیط TSB انتقال و به مدت ۳۶ ساعت روی شیکر ۱۲۰ دور در دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد. به منظور رسیدن به یک جمعیت خاص و مشابه در مورد همه باکتری‌ها ابتدا با اندازه‌گیری میزان جذب در طول موج ۶۰۰ nm با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری و تراکم هر باکتری در محیط کشت TSB مشخص شد. سپس با توجه به میزان به دست آمده برای هر باکتری، با استفاده از آب مقطر استریل حاوی ۱٪ کربوکسی متیل سلولز اقدام به رقیق سازی محلول‌ها جهت دستیابی به تراکم مایه تلقیح 5×10^8 CFU/ml گردید که در این میزان تراکم جذب آنها در طول موج ۶۰۰ nm به ۰/۵ می‌رسد (بورد و همکاران، ۱۹۹۸). سپس سلول‌های باکتریایی با استفاده از سانتریفوژ ۶۰۰۰ دور در دقیقه از محیط کشت جدا گردید و سوسپانسیونی با جمعیت باکتری در آب مقطر استریل

حاوی ۱٪ کربوکسی متیل سلولز تهیه گردید. توده بذری به مدت سه ساعت در سوسپانسیون‌های تهیه شده از جدایه‌های باکتری قرار داده شد و همچنین یک توده بذری نیز به عنوان شاهد در محلول متیل سلولز فاقد باکتری به مدت سه ساعت قرار گرفت. پس از اعمال تیمار، ۵۰ عدد بذر از هر تیمار در بستر ماسه کشت شده و در ژمیناتور با دمای متناوب ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد در تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی به مدت ۱۴ روز نگهداری شدند و بذور جوانه‌زده بصورت روزانه با فاصله زمانی ۲۴ ساعت شمارش شدند (ISTA, 2011). به منظور اندازه‌گیری طول ریشه‌چه، اندام‌هوایی و گیاهچه، ۱۰ نمونه از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و به آرامی از بستر ماسه خارج و با آب شستشو داده و سپس با استفاده از خط کش با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد و پس از خشک شدن نمونه‌ها وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ضریب آلومتری، شاخص ویگور I و شاخص ویگور II توسط روابط (۱)، (۲)، (۳)، (۴) و (۵) محاسبه شد.

رابطه ۱: درصد جوانه‌زنی (Ikic et al, 2012)

$$GP = (\text{Number of germination seeds} / \text{Total number of seeds}) \times 100$$

رابطه ۲: سرعت جوانه‌زنی (Karsa and Abebie, 2012)

$$\text{Germination Rate (GR)} = \Sigma(Gt / Dt)$$

که در آن، GR = سرعت جوانه‌زنی، Gt = تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز t ام و Dt = تعداد روزهای پس از کاشت.

رابطه ۳: ضریب آلومتری (ISTA, 2011)

$$CA = Ls / Lr$$

که در آن، LS = طول ساقه‌چه و LR = طول ریشه‌چه.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی ارقام مختلف چغندر قند نشان داد که درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر بیوپرایمینگ بذر، رقم و اثر متقابل بیوپرایمینگ بذر با رقم به ترتیب در سطح احتمال ۱، ۵، ۱ و درصد قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که باکتری سودوموناس پوتیدا بیشترین اثر را بر رقم پارس گذاشته بنحوی که درصد جوانه‌زنی این رقم از ۶۰٪ در سطح شاهد را به ۸۶٪ رسانده و کمترین درصد جوانه‌زنی نیز در تیمار شاهد لاین ۳۱۷۸۲ مشاهده شد، در سایر ارقام نیز استفاده از باکتری‌های محرک رشد میزان درصد جوانه‌زنی را نسبت به شاهد افزایش داد و در مجموع کاربرد باکتری نسبت به شاهد سبب بالا رفتن میزان جوانه‌زنی استاندارد شده است (شکل ۱).

رابطه ۴: شاخص ویگور I (ISTA, 2011)

$$\text{Vigor Index} = \text{Standard Germination} \times \text{Seedling Root length (cm)}$$

که در این رابطه، SG = درصد جوانه‌زنی استاندارد،
SRL = طول ریشه چه (cm).

رابطه ۵: شاخص ویگور II (ISTA, 2011)

$$\text{Vigor Index} = \text{Standard Germination} \times \text{Seedling dry weight (mg)}$$

که در این رابطه، SG = درصد جوانه‌زنی استاندارد،
SDW = وزن خشک گیاهچه (mg).

داده‌ها با نرم افزار SAS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند.

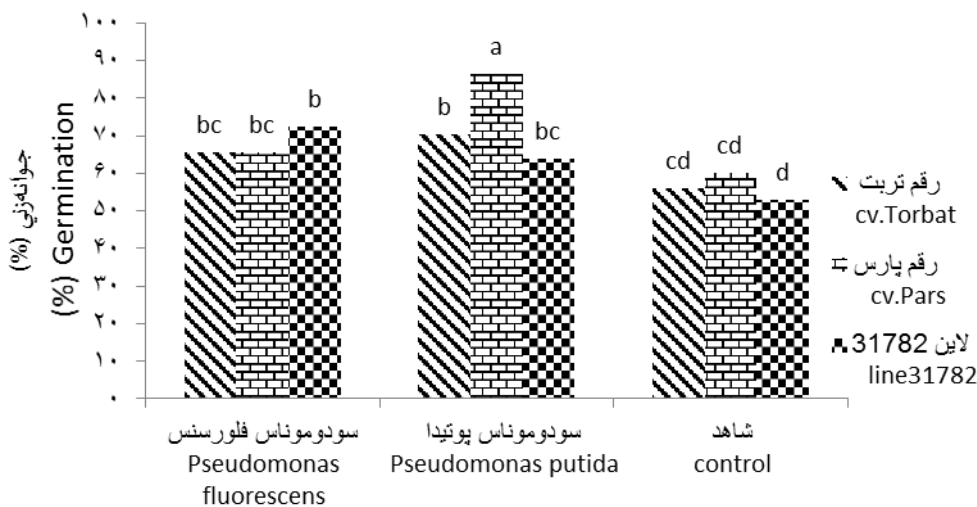
جدول ۱- میانگین مربعات صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه چه، اندام هوایی و گیاهچه، وزن ریشه چه، ساقه چه و گیاهچه و ضریب آلومتری تحت تأثیر بیوپرایمینگ در ارقام مختلف چغندر قند

Table 1- Mean squares of germination percentage, germination rate, radicle, shoot and seedling length, radicle, shoot and seedling weight, and Allometry coefficient rate affected by Bio-priming for sugar beet cultivars

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of free	میانگین مربعات Mean squares								
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (1/day)	طول ریشه چه Radical length (Cm)	طول اندام هوایی Shoot length (Cm)	طول گیاهچه Seedling length (Cm)	وزن ریشه چه Radicle weight (gr)	وزن اندام هوایی Shoot weight (gr)	وزن گیاهچه Seedling weight (gr)	ضریب آلومتری Allometry coefficient
تکرار Replication	3	0.002 ^{ns}	8.340 ^{ns}	0.091 ^{ns}	0.228 ^{ns}	0.554 ^{ns}	0.049 ^{ns}	0.104 ^{ns}	0.081 ^{ns}	0.003 ^{ns}
بیوپرایمینگ Bio-priming	2	0.093 ^{**}	273.774 ^{**}	3.734 ^{**}	0.305 ^{ns}	6.026 ^{**}	0.246 ^{ns}	0.047 ^{ns}	0.447 ^{ns}	0.044 ^{**}
رقم cultivar	2	0.020 [*]	24.398 ^{ns}	22.665 ^{**}	6.738 ^{**}	53.849 ^{**}	1.155 ^{**}	0.955 ^{**}	4.201 ^{**}	0.097 ^{**}
بیوپرایمینگ × رقم Bio-priming × cultivars	4	0.022 ^{**}	17.036 ^{ns}	0.269 ^{ns}	0.649 [*]	0.149 ^{ns}	0.086 ^{ns}	0.064 ^{ns}	0.256 ^{ns}	0.020 ^{ns}
خطا Error	24	0.004	22.336	0.286	0.156	0.108	0.111	0.055	0.190	0.012
ضریب تغییرات % Coefficient variation %	-	10.518	20.942	7.442	5.548	4.596	23.663	13.987	14.100	10.939

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns, * and ** are respectively non-significant, Significant at 5% and 1% probability level.



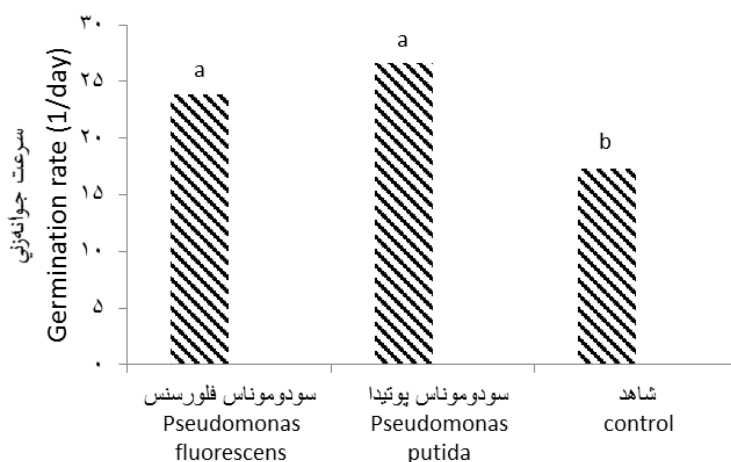
شکل ۱- اثر متقابل بیوپرایمینگ بذر و رقم بر درصد جوانه‌زنی ارقام مختلف چغندر قند

Fig 1- Interaction of biopriming and cultivar on germination percentage of sugar beet cultivars

ترتیب با مقدار ۲۳/۸۴۷ و ۲۶/۵۷۳ بذر در روز نسبت به شاهد با مقدار ۱۷/۲۸۱ بذر در روز سرعت جوانه‌زنی را افزایش دادند (شکل ۲). معین زاده و همکاران (Moeinzadeh *et al.*, 2010) نیز با تیمار بذور آفتابگردان با باکتری سودموناتس فلورسنس شاهد افزایش معنی‌داری در فاکتورهای بذر از جمله سرعت جوانه‌زنی بودند. گزارش شده است که تحریک رشد گیاه توسط سودموناتس فلورسنس به دلیل تولید هورمون سیتوکین و تحریک تقسیم سلولی توسط آن می‌باشد (Nadjafi., ۲۰۰۲). احتمالاً باکتری‌های محرک رشد گیاه با توانایی تولید آنزیم آمینو سیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات دی آمیناز می‌توانند میزان اتیلن گیاه را کاهش دهند و جوانه‌زنی گیاه را بهبود بخشند. باکتری‌های محرک رشد گیاه وقتی به سطح بذرها می‌چسبند در پاسخ به ترشح اسیدهای آمینه ترشح شده در بذر، اسید ایندول استیک سنتز می‌کنند که این اسید باعث تحریک سلول‌های گیاه و طویل شدن آن‌ها می‌شود در نتیجه می‌تواند بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرها مؤثر باشند. افزایش سرعت جوانه‌زنی و عملکرد توسط باکتری‌های آزوسپریلیوم، از تو باکتر و سودموناتس را در گیاهان جو (Sahin *et al.*, 2004)، گندم (Cakmakci *et al.*, 2007) و ذرت (Pal., 1998)

نوماوو و همکاران (Noumavo *et al.*, 2013) گزارش کردند که افزایش درصد جوانه‌زنی می‌تواند به واسطه افزایش سنتز مواد تنظیم کننده رشد گیاهی از قبیل جیبرلین باشد که فعالیت آنزیم‌های خاصی از جمله آلفا آمیلاز، پروتئاز و نوکلئاز را موجب می‌شود. این امر منتج به فعالیت بهتر آنزیم‌های میتوکندریائی می‌گردد که سبب افزایش مصرف اکسیژن و بالطبع جوانه‌زنی می‌گردد. شوکت و همکاران، (Shaukat *et al.*, 2006) گزارش کردند که نژادهایی از آزوسپریلیوم، سودموناتس و از تو باکتر بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت تأثیر مثبت و معنی‌داری داشتند. نتایج مشابهی نیز توسط غلامی و همکاران (Gholami *et al.*, 2009) مبنی بر بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت بواسطه تلقیح با باکتری‌های رشد گزارش شده است. تلقیح بذور لویا سبز با باکتری‌های محرک رشد شامل سودموناتس فلورسنس، آزوسپریلیوم و باسیلوس سوبتیلیس نیز سبب افزایش درصد جوانه‌زنی شد (Peirdashtie *et al.*, 2013).
 سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر بیوپرایمینگ بذر در سطح احتمال ۱ درصد فرار گرفت و سایر اثرات بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد باکتری‌های سودموناتس فلورسنس و پوتیدا به

نیز گزارش شده است.

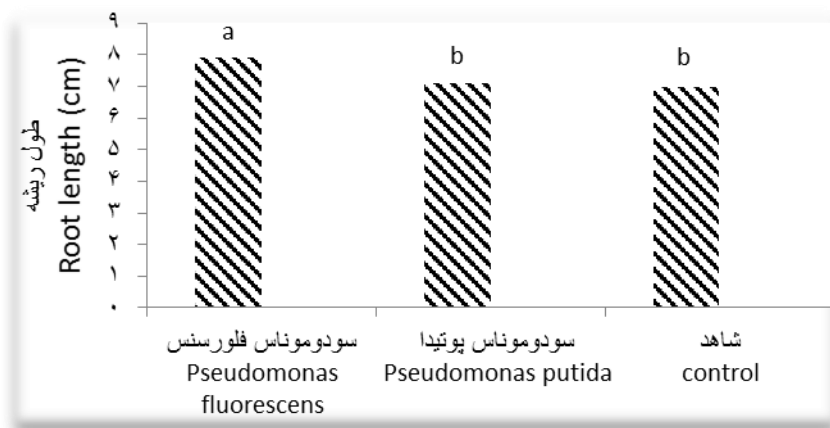


شکل ۲- اثر بیوپرایمینگ بذر بر سرعت جوانه‌زنی ارقام مختلف چغندر قند

Fig 2- Effect of biopriming on germination rate of sugar beet cultivars

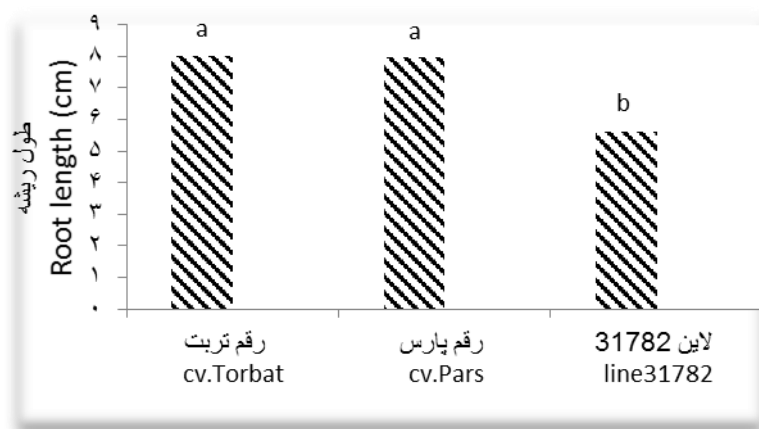
بیوپرایمینگ بذر با رقم بود و به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی دار شد، اما اثر تیمار بیوپرایمینگ بذر بر این صفت معنی دار نشد (جدول ۱). باکتری سودوموناس پوتیدا بر روی رقم تربت بیشترین اثر را گذاشته و دارای میانگین طول اندام هوایی به میزان ۸ سانتی‌متر می‌باشد و کمترین مقدار طول اندام هوایی مربوط به همین تیمار باکتری بر روی لاین ۳۱۷۸۲ می‌باشد (شکل ۵). مشاهده شده که (IAA) نقش مهمی در افزایش طول ساقه‌چه دارد (Mia et al., 2009). باکتری‌های *Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Azospirillum* و *Rhizobium* دارای فعالیت ACC deaminase می‌باشند (Govindasamy et al., 2008). پس می‌توان این گونه استنباط کرد که باکتری سودوموناس پوتیدا با توجه به فعالیت ACC deaminase باعث افزایش طول اندام هوایی چغندر قند شده است. همچنین طی مرحله جوانه‌زنی بذر، آنزیم آلفا آمیلاز در لایه آلورون نقش مهمی در هیدرولیز نشاسته بازی می‌کند که گلوکز حاصل، انرژی لازم برای رشد ساقه‌چه را فراهم می‌آورد (Akazawa and Hara-Mishimura., 1985) که با تولید آنزیم‌های مؤثر در رشد توسط این باکتری‌ها همخوانی دارد.

تجزیه واریانس نشان می‌دهد که طول ریشه‌چه تحت تأثیر بیوپرایمینگ بذر و رقم قرار گرفته و در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است اما اثر متقابل بیوپرایمینگ بذر و رقم معنی دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد باکتری سودوموناس فلورسنس باعث افزایش رشد ریشه‌چه نسبت به سایر تیمارها شد و با سایر تیمارها تفاوت آماری داشت (شکل ۳)، همچنین رقم تربت و پارس دارای گسترش ریشه‌ای بیشتری نسبت به لاین ۳۱۷۸۲ بوده و دارای تفاوت آماری با این لاین هستند (شکل ۴). باکتری سودوموناس فلورسنس آنزیم آمینو سیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات را به پیش ماده اتیلن برای ساخت آمونیاک و آلفاکتوبوتیرات تجزیه می‌کند. کاهش غلظت آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات درون گیاه باعث کاهش مقدار اتیلن در گیاه و به دنبال آن سبب کاهش اثر بازدارندگی اتیلن بر تولید ریشه گیاه و هدایت به سمت تولید شدن ریشه می‌گردد (Patten and Glick., 2002). استرین‌های سودوموناس پوتیدا و سودوموناس فلورسنس قادرند طول ریشه و ساقه را در کلزا (Glick et al., 1997)، گندم (De Freitas et al., 1992) و سیب زمینی (Frommel et al., 1993) افزایش دهند. طول اندام هوایی متأثر از تیمار رقم و اثر متقابل



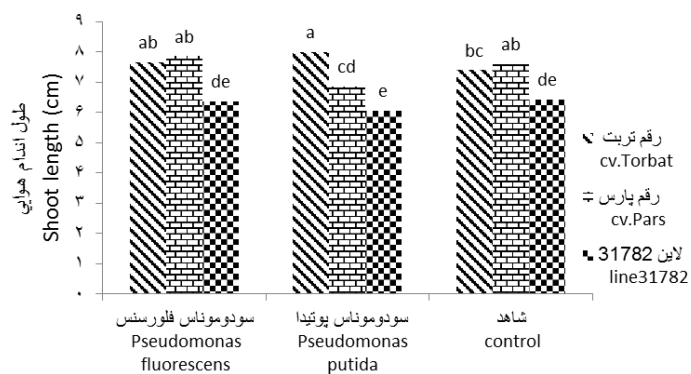
شکل ۳- اثر بیوپرایمینگ بذر بر طول ریشه چغندرقد

Fig 3- Biopriming effect on Radicle length of sugar beet cultivars



شکل ۴- اثر رقم بر طول ریشه بذر چغندرقد

Fig 4- The effect of cultivar on Radicle length of sugar beet seed

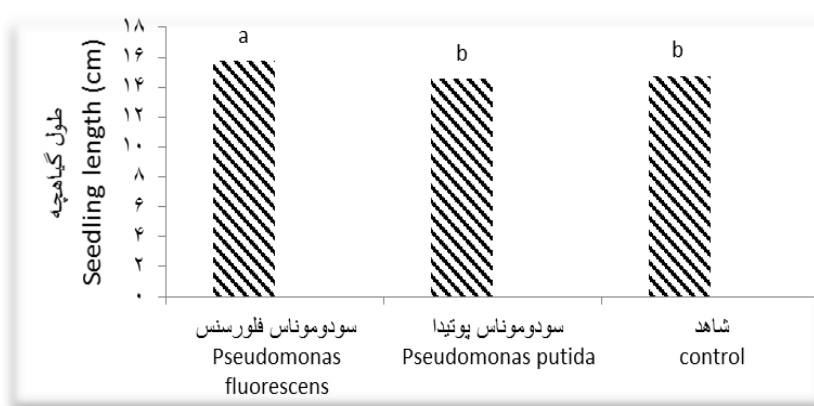


شکل ۵- اثر متقابل بیوپرایمینگ بذر و رقم بر طول اندام هوایی ارقام مختلف چغندرقد

Fig 5- Interaction of biopriming and cultivar on Shoot length of sugar beet cultivars

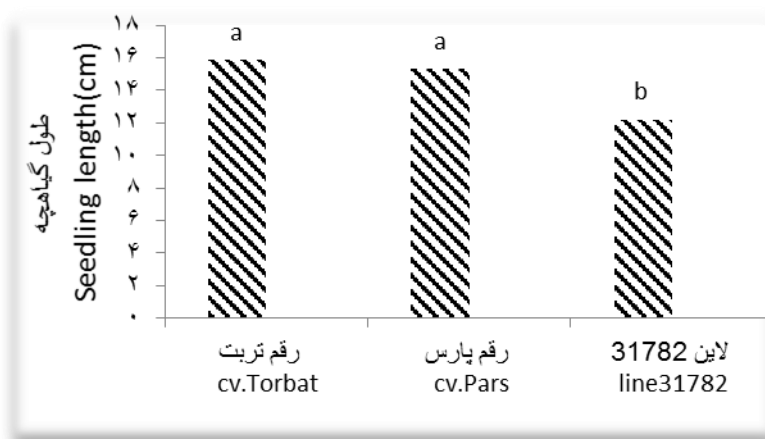
همان‌طور که در شکل ۷ ملاحظه می‌گردد ارقام تربیت و پارس دارای طول گیاهچه بالاتری نسبت به لاین ۳۱۷۸۲ هستند و با این لاین دارای تفاوت آماری می‌باشند. در برخی منابع افزایش رشد را به افزایش تولید آمونیم نسبت داده‌اند (Yadav *et al.*, 2010) همچنین تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد باعث ترشح ترکیبات تحریک کننده رشد و یا برخی مواد تنظیم کننده و بهبود رشد گیاهچه می‌شوند.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای بیوپرایمینگ بذر و رقم بر طول گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود ولی اثر متقابل بیوپرایمینگ بذر و رقم معنی دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های طول گیاهچه نشان داد تیمار باکتریایی سودوموناس فلورسنس اختلاف معنی داری با تیمار شاهد و باکتری سودوموناس پوتیدا داشته و تیمار سودوموناس پوتیدا اختلاف معنی داری با تیمار شاهد نشان نداد (شکل ۶).



شکل ۶- اثر بیوپرایمینگ بذر بر طول گیاهچه ارقام چغندر قند

Fig 6- Bioprimering effect on seed Seedling length of sugar beet cultivars



شکل ۷- اثر رقم بر طول گیاهچه بذر چغندر قند

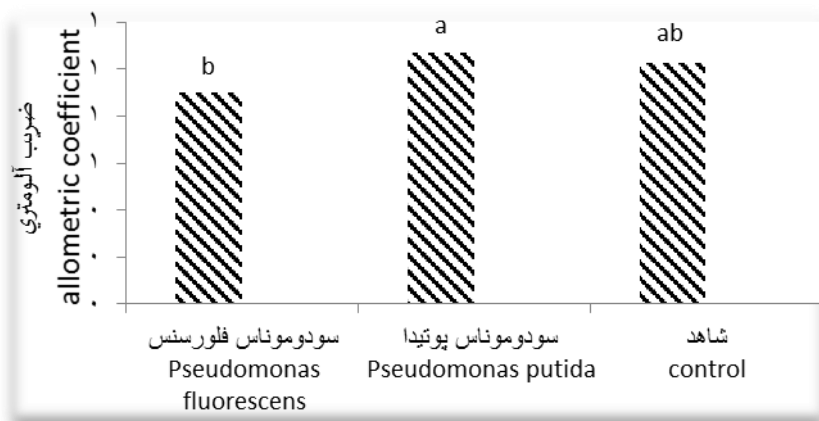
Fig 7- The effect of cultivar on seedling length of sugar beet seed

و رقم به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار بود، اما برهمکنش بیوپرایمینگ بذر و رقم معنی دار نشد. با

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشاهده می‌شود پاسخ ضریب آلومتری به بیوپرایمینگ بذر

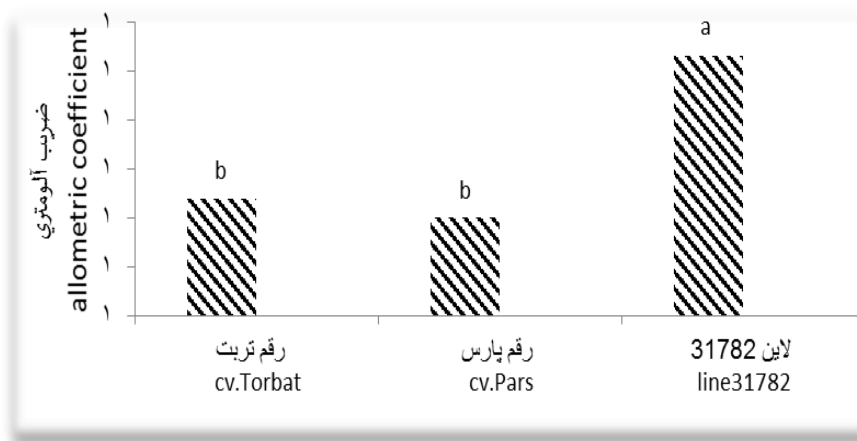
است (شکل ۸). با توجه به شکل ۹ لاین ۳۱۷۸۲ دارای بیشترین ضریب آلومتری بوده و با سایر ارقام دارای تفاوت آماری می‌باشد که به دلیل پایین بودن طول ریشه‌چه این رقم نسبت به سایر ارقام می‌باشد.

توجه به مقایسه میانگین‌ها در بین تیمارهای باکتریایی مشاهده شد که ضریب آلومتری در سودوموناس پوتیدا بیشتر از سایر تیمارها بوده ولی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد و پایین بودن طول ریشه‌چه در تیمار سودوموناس پوتیدا دلیل افزایش ضریب آلومتری بوده



شکل ۸- اثر بیوپرایمینگ بذر بر ضریب آلومتری ارقام چغندرقد

Fig 8- Biopriming effect on Allometric coefficient of sugar beet cultivars

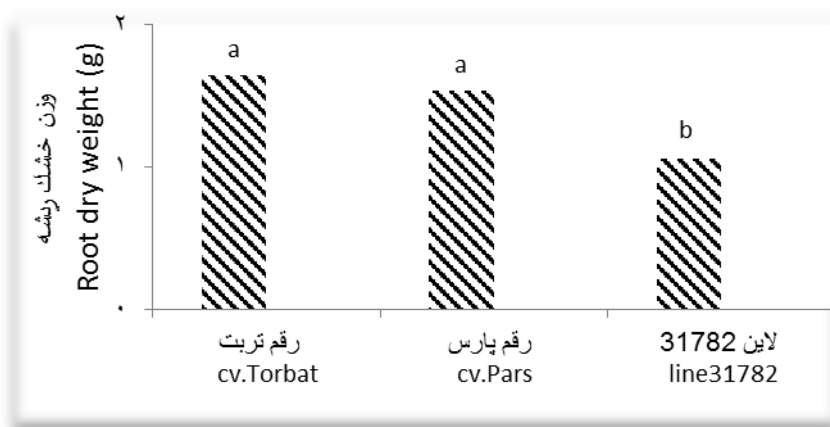


شکل ۹- اثر رقم بر ضریب آلومتری بذر چغندرقد

Fig 9- Effect of cultivar on Allometry coefficient of sugar beet seed

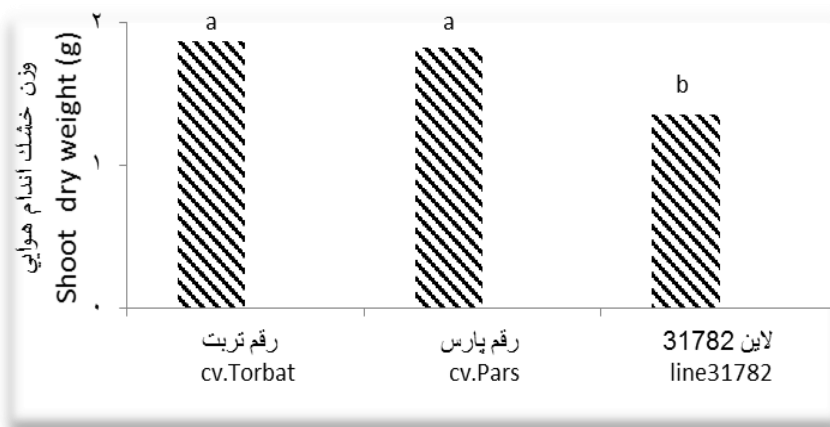
میانگین داده‌ها نشان داد که ارقام تربت و پارس دارای وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک اندام هوایی بالاتری نسبت به لاین ۳۱۷۸۲ بود (شکل ۱۰ و ۱۱ و ۱۲).

وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک گیاهچه تحت تأثیر رقم قرار گرفتند ولی بیوپرایمینگ بذر و اثر متقابل بیوپرایمینگ بذر و رقم اثری بر روی صفات مذکور نداشتند (جدول ۳). نتایج مقایسه



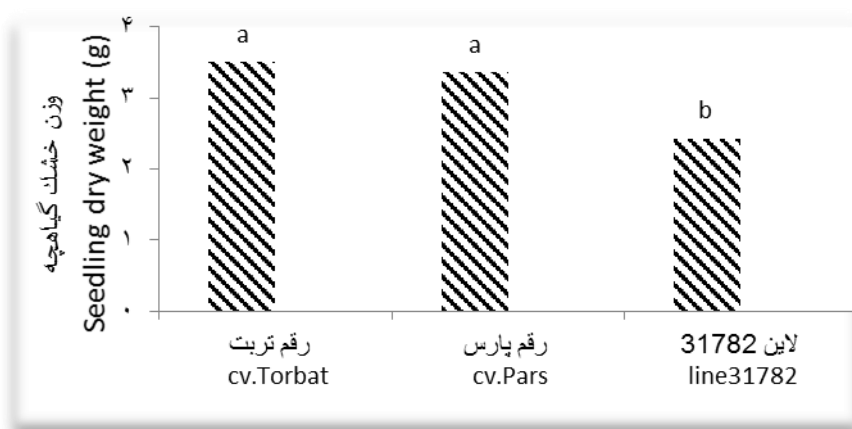
شکل ۱۰- اثر رقم بر وزن خشک ریشه ۷چه بذر چغندررقند

Fig 10- Effect of cultivar on radicle weight of sugar beet seed



شکل ۱۱- اثر رقم بر وزن خشک اندام هوایی بذر چغندررقند

Fig 11- Effect of cultivar on Shoot weight of sugar beet seed



شکل ۱۲- اثر رقم بر وزن خشک گیاهچه چغندررقند

Fig 12- The effect of cultivar on Shoot weight of sugar beet

احتشامی و همکاران (Ehteshami *et al.* 2010) نشان داد بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر کلزا تحت تنش شوری در تلقیح بذر با باکتری سودوموناس فلورسنس استرین ۱۶۹ و بیشترین طول ساقچه‌چه و ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه در تلقیح بذر با باکتری سودوموناس فلورسنس استرین ۱۰۳ بدست آمد. تحقیقات باسط میا و همکاران (Baset Mia *et al.*, 2010) نشان داد باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش تقسیمات در لایه خارجی قشر نوک ریشه گیاهچه ذرت و گندم می‌شوند. نتایج تجزیه واریانس شاخص ویگور II حاکی از معنی‌دار بودن اثر تیمار رقم در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد و تیمار بیوپرایمینگ بذر و اثر متقابل بیوپرایمینگ بذر با رقم برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). ارقام تربت و پارس دارای شاخص ویگور II بالاتری نسبت به لاین ۳۱۷۸۲ می‌باشند و دارای اختلاف معنی‌داری با این لاین هستند (شکل ۱۵).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر بیوپرایمینگ بذر و رقم شاخص ویگور I را در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر قرار داد ولی برهمکنش بیوپرایمینگ بذر و رقم اثری بر این صفت نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین شاخص ویگور I مربوط به تیمار باکتری سودوموناس فلورسنس و پوتیدا با میانگین به ترتیب ۵/۲۷۶ و ۵/۰۴۵ بود که نسبت به تیمار شاهد با میانگین ۳/۷۳۵ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (شکل ۱۳). با توجه به شکل ۱۴ ارقام تربت و پارس دارای اختلاف معنی‌داری با لاین ۳۱۷۸۲ از نظر شاخص ویگور I هستند. غلامی و همکاران (Gholami *et al.*, 2009) در تحقیقی بیان کردند که افزایش جوانه‌زنی می‌تواند به دلیل تأثیر باکتری‌ها در افزایش تولید برخی هورمون‌ها به ویژه جیبرلین باشد، زیرا این هورمون با فعال کردن برخی آنزیم‌ها مانند آمیلاز که در سوخت و ساز نشاسته دخالت دارند، جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج تحقیقات

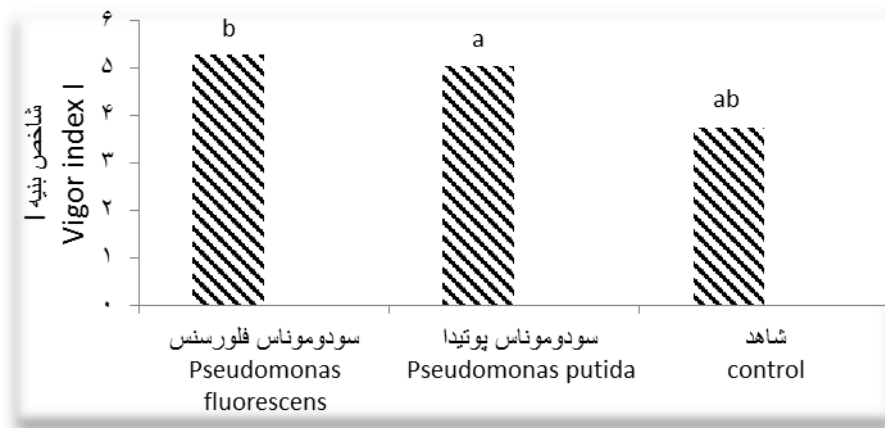
جدول ۲- میانگین مربعات صفات شاخص ویگور I و شاخص ویگور II

Table 2- mean squares of Vigor index I and II

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares	
		شاخص ویگور I Vigor index I	شاخص ویگور II Vigor index II
تکرار Replication	3	0.104 ^{ns}	0.046 ^{ns}
بیوپرایمینگ Bio-priming	2	8.289 ^{**}	0.304 ^{ns}
رقم cultivar	2	16.513 ^{**}	2.265 ^{**}
بیوپرایمینگ × رقم Bio-priming × cultivar	4	1.575 ^{ns}	0.259 ^{ns}
خطا Error	24	0.445	0.141
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	-	14.247	18.483

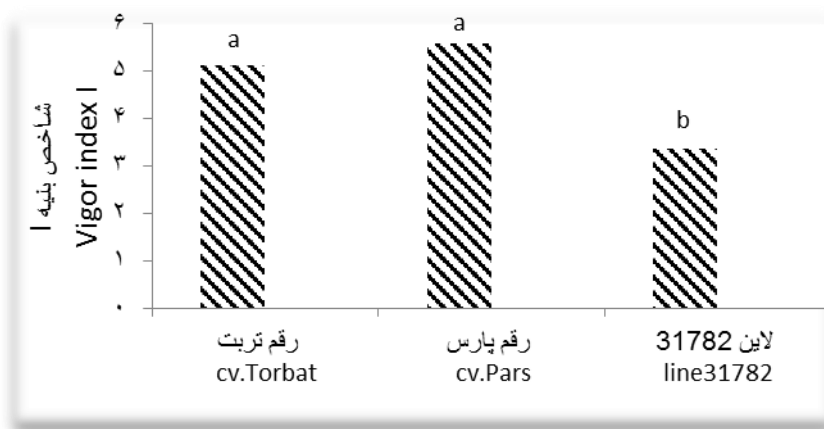
ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns, * and ** respectively non signification, Significant at 5% and 1% probability level.



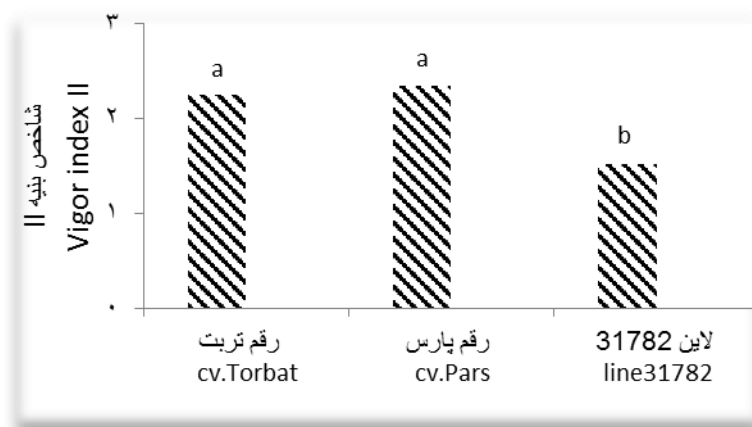
شکل ۱۳- اثر بیوپرایمینگ بر شاخص بنیه I چغندر قند

Fig 13- Biopriming effect on Vigor index I of sugar beet cultivars



شکل ۱۴- اثر رقم بر شاخص بنیه I بذر چغندر قند

Fig 14-The effect of cultivar on Vigor index I of sugar beet seed



شکل ۱۵- اثر رقم بر شاخص بنیه II چغندر قند

Fig 15-The effect of cultivar on Vigor index II of sugar beet

باکتری سودوموناس فلورسنس تأثیر بسزایی را در افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد ریشه چغندر قند داشته است و با توجه به اینکه عملکرد اقتصادی چغندر قند منوط به تولید ریشه‌های مناسب و سالم می‌باشد، کاربرد این باکتری می‌تواند در تولید ریشه‌های چغندر قند مؤثر باشد. همچنین نتایج پژوهش نشان داد باکتری سودوموناس پوتیدا نیز نقش مؤثری در افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد اندام هوایی دارد و کاربرد باکتری سودوموناس فلورسنس و باکتری سودوموناس پوتیدا باعث ارتقاء شاخص ویگور I می‌شود. از ارقام مورد استفاده در این آزمایش رقم تربت به دلیل گسترش بهتر ریشه و اندام هوایی در پاسخ به تلقیح با باکتری جهت کاشت توصیه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

کاربرد باکتری‌های محرک رشد در کشاورزی یک مسئله بالقوه در افزایش تقاضای بین‌المللی برای مواد غذایی و بهبود کیفیت محیط زیست است. باکتری‌های محرک رشد بطور مداوم به منظور افزایش رشد گیاه، سبز شدن بذر و بطور کلی عملکرد محصولات کشاورزی در نظام‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Minorsky., 2008). موارد بسیاری از کاربردهای موفقیت‌آمیز سودوموناس‌های فلورسنت مانند *P. putida* و *P. fluorescens* وجود دارد که نشان دهنده توانایی آنها در بهبود شرایط محیطی ریشه و کنترل بیولوژیک برخی از پاتوژن‌های گیاهی است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد

References

منابع

- Ahmad, F., I. Ahmad, and M.S. Khan. 2005. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and *Pseudomonas fluorescens* in the presence and absence of tryptophan. *Turkish J. Biol.* 29:29–34.
- Ahmad, F., I. Ahmad, and M.S. Khan. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol. Res.* 36:1-9, 2006.
- Akazawa, T., and I. Hara-Mishimura. 1985. Topographic aspects of biosynthesis, extracellular section and intracellular storage of proteins in plant cells. *Annu. Rev. Phytopathol.* 70: 441-472.
- Baset Mia, M.A., Z.H. Shams Uddin, and Z. Wahab. 2010. Marziah M. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth and nitrogen incorporation of tissue-cultured musa plantlets under nitrogen-free hydroponics condition. *Aust. J. Crop Sci.* 4(2):85–90,
- Bashan, Y., G. Holguin, and L.E. de-Bashan. 2004. Azospirillum- plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. *Can. J. Microbiol.* 50: 521–577.
- Bennett, A., and J. Whipps. 2008. Beneficial microorganism survival on seed, roots and in rhizosphere soil following application to seed during drum priming. *Biol. Control.* 44:349–361.
- Cakmakci, R., M. Erat, U.G. Erdoman, and M.F. Donmez. 2007. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170: 288-295.
- Cattelan, A.J., P.G. Hartel, and J.J. Fuhrmann. 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 1670–1680.
- De Freitas, J.R., and J.J. Germida. 1992. Growth promotion of winter wheat by fluorescent pseudomonads under growth chamber conditions. *Soil Biol. Biochem.* 24: 1127-1135.
- Egamberdiyeva, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. *Appl. Soil Ecol.* 36: 184-189.
- Ehteshami, S.M.R., P. Tusi, Z. Amindeldar, and K Khavazi. 2010. Effect of seed inoculation with promoting growth bacteria in germination and growth of *Brassica napus* L. under different level of salinity. 1th National Oilseed Plants Conference. (In Persian with English Abstracts)

- Frommel, M.I., J. Nowak, and G. Lazarovits. 1993.** Treatment of potato tubers with a growth promoting *Pseudomonas* sp.: Plant growth responses and bacterium distribution in the rhizosphere. *Plant Soil*. 150 (1): 51- 60.
- Gholami, A., S. Shahsavani, and S. Nezarat. 2009.** The Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *Proceedings of Word Academy of Science. Int. J. Agr. Biol. Eng.* 37: 2070-3740.
- Glick, B.R., L. Changping, G. Sibdas, and E.B. Dumbroff. 1997.** Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. *Soil Biol. Biochem.* 29: 1233-1239.
- Govindasamy, V., M. Senthilkumar, K. Gaikwad, and K. Annapurna. 2008.** Isolation and characterization of ACC deaminase gene from two plant growth-promoting rhizobacteria. *Curr. Microbiol.* 57(4):312–317.
- Haas, D., and C. Keel. 2003.** Regulation of antibiotic production in root-colonizing *Pseudomonas* spp. and relevance for biological control of plant disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 41: 117–153.
- Ikic, I., M. Maric evic, S. Tomasovic, J. Gunjaca, Z.S. Atovic, and H.S. Arcevic. 2012.** The effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheat. *Euphytica*. 188:25-34.
- International Seed Testing Association. 2011.** International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Karsa, K. K., and B. Abebie. 2012.** Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* (Ten.). *Afr. J. Agric. Res.* 21:3202-3208.
- Mia, M.A. B., Z.H. Shams Uddin, W. Zakaria, and M. Mariah. 2009.** The effect of rhizobacterial inoculation on growth and nutrient accumulation of tissue-cultured banana plantlets under low N-fertilizer regime. *Afr. J. Biotechnol.* 8: 5855-5866.
- Minorsky, P.V., 2008.** On the inside. *Plant Physiol.* 146:323–324.
- Moeinzadeh, A., F. Sharif-Zadeh, M. Ahmadzadeh, and F. Heidari Tajabadi. 2010.** Biopriming of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed with *Pseudomonas fluorescens* for improvement of seed invigoration and seedling growth. *Aust. J. Crop Sci.* 4(7): 564-570.
- Nadjafi, F. 2002.** Effect of irrigation intervals and plant density on quantity and quality of Isubgol (*Plantago ovate* Forsk). M.Sc.Thesis: 45-52.
- Noumavo, P.A., E. Kochoni, Y.O. Didagbe, A. Adjanohoun, M. Allagbe, M. Sikirou, E.W. Gachomo, S.O. Kotchoni, and L. Baba-Moussa. 2013.** Effect of different plant growth promoting rhizobacteria on maize seed germination and seedling development. *AJPS.* 4: 1013-1021.
- Pal, S.S. 1998.** Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. *Plant Soil.* 198: 169-177.
- Patten, C.L., and B.R. Glick. 2002.** The role of bacterial indole acetic acid in the development of the host plant root system. *Appl. Environ. Microb.* 68: 3795–3801.
- Peirdashtie, H., H. hosseini, H. Firuzie, and P. Moradi. 2013.** Study of some seed germination parameters of *phaseolus vuigaris* (green beans) under pretreatment with PGPR. 12th Agronomy and Breeding Congress of Iran. 14 to 16 septemer. Islamic Azad University of Karaj. (In Persian with English Abstracts)
- Ribaud, C., E. Krumpholz, F. Cassan, R. Bottini, M. Cantore, and A. Cura. 2006.** *Azospirillum* sp. promotes root hair development in tomato plants through a mechanism that involves ethylene. *J. Plant Growth Regul.* 24:175–185.
- Sahin, F., R. Cakmakci, and F. Kantar. 2004.** Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂- fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil.* 265: 123-129.
- Salantur, A., A. Ozturk, and S. Akten. 2006.** Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. *Plant Soil Environ.* 52(3):111–118.
- Sgroy, V., F. Cassan, O. Masciarelli, and M.F. Del Papa. 2009.** Lagares A, Luna V. Isolation and characterization of endophytic plant growth-promoting (PGPB) or stress homeostasis-regulating (PSHB) bacteria associated to the halophyte *Prosopis strombulifera*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 85:371–381.

Shaukat, K., S. Affrasayab, and S. Hasnain. 2006. Growth responses of *Helianthus annuus* to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. J. Agric. Res. 1 (6): 573-581

Werner, T., V. Motyka, V. Laucou, R. Smets, H.V. Onckelen, and T. Schmulling. 2003. Cytokinin-deficient transgenic Arabidopsis plants show multiple developmental alterations indicating opposite functions of cytokinins in the regulation of shoot and root meristem activity. Plant Cell. 15:2532–2550.

Wu, S.C., Z.H. Cao, Z.G. Li, K.C. Cheung, and M.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125: 155–166.

Yadav, J., J.P. Verma, and K.N. Tiwari. 2010. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Seed Germination and Plant Growth Chickpea (*Cicer arietinum L.*) under in Vitro Conditions. Biol. Forum Int. J. 2: 15-18.

