علوم و تحقیقات بذر ایران
سال چهارم/ شماره سوم/ ۱۳۹۶ (۹۳ - ۷۷)

DOI: 10.22124/jms.2017.2509

تأثیر باکتری‌های محرک رشد و پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) رقم بسنطی در دمای پایین

سمیه بهادری[۱]، بهروز اسماعیل‌پور*[۲]، احمد جوادی[۲]، سرور خرم‌دل[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۲۰

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بامیه رقم بسنطی در دماهای متفاوت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف دما (۱۰، ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد (سویه‌های ۱، ۱۰، ۱۹ و ۱۵۰ سودوموناس پوتیدا، سویه‌های ۶۹ و ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت، تیمار تلفیقی سویه ۱۹ باکتری سودوموناس پوتیدا و سویه ۱۵۹ باکتری سودوموناس فلورسنت و شاهد (بدون تلقیح)) و پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بود. در این پژوهش شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش نشان‌داد که با کاهش دما شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بامیه کاهش یافت و بهترین دما برای جوانه‌زنی بامیه ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. از سوی دیگر تلقیح بذرها با باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی بامیه در دماهای متفاوت شد. بطوری‌که سویه ۱۵۰ از باکتری سودوموناس پوتیدا و سویه ۶۹ باکتری سودوموناس فلورسنت بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های جوانه‌زنی تحت تنش دمای پایین در مقایسه با شاهد نشان‌داد. همچنین پیش‌تیمار بذر بامیه با اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار تمامی صفت‌های اندازه‌گیری شده بامیه اعم از درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و گیاهچه، شاخص‌های طولی و وزنی قدرت در دماهای متفاوت شد. کاربرد پیش‌تیمار با غلظت ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک برای بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تنش دمای پایین مطلوب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: بامیه، بیوپرایمینگ، جوانه‌زنی بذر، سرما، هورمون پرایمینگ

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- به ترتیب دانشیار و دانشجوی دکترا، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- استادیار زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
* نویسنده مسئول: Behsmaiel@yahoo.com

مقدمه

مصرف محصولاتی مانند بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) نقش مهمی در مقابله با سوتغذیه ایفا می‌کند (Aminigo and Akingbala, 2004)، چراکه بامیه منبع مهمی از ویتامین‌های A، B و C و عناصر معدنی مانند کلسیم و پتاسیم بوده و غنی از پروتئین می‌باشد (Daneshvar, 2008). گیاه بامیه از محصولات گرمسیری و حساس به سرما است (Conway *et al.,* 2001). دمای مناسب خاک برای جوانه‌زنی بذر این گیاه ۲۴ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است و در دمای زیر ۱۶ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی آن بسیار ضعیف بوده و بهترین رشد را در دماهای بین ۲۴ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد دارد (Miri, 2006).

به طورکلی، تنش سرما که شامل خسارت سرمازدگی (دماهای صفر تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) و خسارت یخ‌زدگی (کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد) می‌باشد، از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده موثر بر رشد و عملکرد گیاهان است (Thakur *et al*., 2010)، به طوری که در مناطق معتدله وقوع تنش سرما در زمستان، در اغلب مواقع سبب بروز خسارت‌های شدید در گیاهان می‌شود. تأثیر دمای پایین طی جوانه‌زنی بذر می‌تواند سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و اختلال در خروج ریشه‌چه و در نهایت تاخیر در جوانه‌زنی بذر گردد (Patade *et al.,* 2011). پایین بودن سرعت جوانه‌زنی در بذرهای بامیه تحت تأثیر دمای پایین خاک باعث شیوع بیماری‌های قارچی و مرگ گیاهچه می‌شود، چرا که در شرایط تنش سرما و یخبندان نشت مواد درون سلولی افزایش می‌یابد، که در این شرایط امکان رشد و توسعه عوامل آلوده کننده در بستر کشت بذور افزایش می‌یابد (Conway *et al.,* 2001). یکی از عوامل مهم در رسیدن به عملکرد بالقوه در گیاهان زراعی، جوانه‌زنی سریع و یکنواخت در مزرعه است (Subedi and Ma, 2005). با افزایش سرعت جوانه‌زنی و تسریع در استقرار بذر در مزرعه، گیاهچه قادر به جذب سریع‌تر آب و عناصر غذایی می‌شود و همچنین می‌تواند از نور خورشید بهره بیش‌تری ببرد (Finch-Savage *et al.,* 2004).

تاکنون فناوری‌های مختلفی در جهت ارتقای کیفیت بذر با هدف افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه تحت شرایط نامساعد محیطی توسط محققین مورد ارزیابی قرار گرفته است. یکی از این فناوری‌ها، پیش‌تیمار یا پرایمینگ بذر می‌باشد (Ashraf and Foolad, 2005). پیش‌تیمار بذر تکنیکی است که به واسطه آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر کشت از لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند (Ashraf and Foolad, 2005). پرایمینگ بذر انواع مختلفی دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به اسموپرایمینگ، هیدروپرایمینگ، هالوپرایمینگ، بیوپرایمینگ و هورمون پرایمینگ اشاره کرد (Patade *et al.,* 2011). در این راستا، 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 منحصرا به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، گیاهی و کود سبز اطلاق نمی‌شود، بلکه ریز جانداران باکتریایی و قارچی به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR[1]) و مواد حاصل از فعالیت آنها از جمله مهم‌ترین کودهای زیستی محسوب می‌گردند (Manafee and Klopper., 1994). مکانیسم‌هایی که این باکتری‌ها 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 سیتوکینین (Shaharoona *et al.,* 2006; Egamberdiyeva, 2007)، مشارکت در تثبیت نیتروژن (Salantur *et al.,* 2006)، مبارزه با پاتوژن‌های گیاهی از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و قارچ‌کش‌ها (Bharathi *et al.,* 2004)، افزایش حلالیت فسفر معدنی و معدنی کردن فسفات آلی (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.,*

[1] Plant Growth Promoting Rhizobacteria

2003)، تسریع در طویل شدن ریشه‌های جنینی و جانبی (Cakmakci *et al.,* 2007)، منجر به افزایش کمی و کیفی جوانه‌زنی بذر گیاهان مختلف شوند (Dobbelaere *et al.,* 2003).

استفاده از پرایمینگ هورمونی یکی دیگر از روش‌هایی است که از طریق به خدمت گرفتن مواد تنظیم کننده رشد گیاهی به منظور بهبود جوانه‌زنی بذر، بویژه زمانی که تحت شرایط تنش‌های محیطی قرار گرفته باشند، مطرح می‌باشد. بکارگیری مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی که به عنون آنتی‌اکسیدان یا تحریک کننده فعالیت سیستم‌های آنتی‌اکسیدان در سلول عمل می‌کنند شرایط بهتری را برای رشد جنین و سبز شدن گیاهچه در سطح خاک فراهم می‌کنند (Kafi *et al.,* 2009). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنولی است که به طور معمول در گیاهان تولید می‌شود و می‌تواند به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد عمل کند. گذشته از این، اسید سالیسیلیک می‌تواند در ردیف هورمون‌های گیاهی نیز قرار گیرد (Raskin, 1992). این ماده یک علامت مهم برای تغییر پاسخ‌های گیاه به تنش‌های محیطی است (Afzal *et al.,* 2006). پژوهشگران متعددی اعلام نموده‌اند که، اسید سالیسیلیک در واکنش گیاه به شرایط نامطلوب محیطی از جمله تنش سرما و بمنظور ایجاد مقاومت به این شرایط نامطلوب در گیاهان تولید می‌گردد (Janda *et al.,* 1999; Borsani *et al.,* 2001; Singh and Usha, 2003; Arfan *et al.,* 2007). پیش تیمار با اسید سالیسیلیک وزن خشک گیاهچه در آفتابگردان (Wahid *et al*, 2007) و ویژگی‌های کیفی بذر از جمله قدرت بذر، درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه در فلفل تند (Khan *et al.,* 2009) را بهبود بخشیده است. لذا باتوجه به اهمیت مرحله جوانه‌زنی بذر و حساسیت آن بذر نسبت به تنش‌های محیطی بخصوص تنش دمای پایین، استفاده از تیمارهایی که بتواند موجب بهبود جوانه‌زنی و تسریع رشد و نمو گیاهچه در شرایط تنش دمای پایین گردد، ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تلقیح بذر بامیه رقم بسنطی با باکتری‌های محرک رشد و پرایمینگ آن توسط اسید سالیسیلیک بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه بوده است.

مواد و روش‌ها

بذر مادری بامیه رقم بسنطی تولیدی سال ۱۳۹۳ از شرکت سپاهان رویش اصفهان تهیه گردید. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه در این پژوهش شامل دما در سه سطح (۱۰، ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد در ۸ سطح (سویه‌های ۱، ۱۰، ۱۹ و ۱۵۰ از باکتری سودوموناس پوتیدا، سویه‌های ۶۹ و ۱۵۹ از باکتری‌های سودوموناس فلورسنت، تیمار تلفیقی سویه ۱۹ باکتری سودوموناس پوتیدا و سویه ۱۵۹ باکتری سودوموناس فلورسنت و شاهد (بدون تلقیح)) و ۵ سطح پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بود. در این پژوهش تاثیر اسید سالیسیلیک و باکتری‌های محرک رشد بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های بامیه در دماهای پایین به صورت دو آزمایش جداگانه مورد مطالعه قرار گرفتند. در راستای اجرای این پژوهش، باکتری‌های محرک رشد از آزمایشگاه بیولوژی دانشکده کشاورزی پردیس کرج تهیه شد و تا قبل از شروع آزمایش در یخچال در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس جهت تلقیح بذرهای بامیه با سویه‌های مختلف باکتری، تعداد ۲۰۰ بذر برای هر تیمار به صورت کاملاً تصادفی از توده بذری انتخاب شد و به ظروف حاوی محلول سوسپانسیون باکتری‌های محرک رشد که هر گرم آن حاوی 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود، انتقال داده شدند و به مدت ۴۵ دقیقه در محلول باکتری غوطه‌ور گردیدند تا عمل تلقیح به‌طور کامل انجام گیرد. بعد از انجام تلقیح، بذرها در دمای اتاق تا رسیدن به رطوبت اولیه خشک شدند. هورمون پرایمینگ بذر با قرار گیری بذرها بین دولایه کاغذ حوله‌ای مرطوب شده با غلظت‌های تعیین شده اسید سالیسیلیک به مدت ۲۴ ساعت (زمان تا قبل از خروج ریشه‌چه) اعمال شد، سپس بذرها در دمای اتاق تا رسیدن به رطوبت اولیه خشک گردیدند.

آزمون جوانه‌زنی استاندارد مطابق با استانداردهای انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA, 2014) با چهار تکرار ۵۰

بذری، به مدت ۲۱ روز در دمای ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد به روش روی کاغذ انجام شد. شمارش تعداد بذور جوانه زده (خروج دو میلی‌متری ریشه‌چه) به طور مرتب و روزانه صورت گرفت و تا پایان روز بیست و یکم از شروع آزمایش ادامه یافت. در پایان آزمایش، درصد جوانه‌زنی استاندارد، طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه در هر واحد آزمایشی تعیین گردید. در ادامه شاخص طولی قدرت و شاخص وزنی قدرت مطابق رابطه‌های زیر به دست آمد:

رابطه (۱) درصد جوانه‌زنی×طول گیاهچه = شاخص طولی قدرت

رابطه (۲)درصد جوانه‌زنی×وزن خشک= شاخص وزنی قدرت

سرعت جوانه‌زنی بذرها نیز با استفاده از فرمول زیر (Ellis and Roberts, 1981) محاسبه شد:

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \frac{\sum Dn}{\sum n} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

n= تعداد بذور جوانه زده در هر روز، D= تعداد روز از آغاز آزمایش

در پایان، داده‌های حاصل از این آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تمام شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای بامیه رقم بسنطی به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی دما و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد قرار گرفتند. اثر متقابل دما و باکتری‌های محرک رشد بر طول ساقه‌چه، گیاهچه، وزن خشک، شاخص طولی و وزنی قدرت بامیه معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بامیه در شرایط دماهای مختلف

Table 1. Analysis of variance of effects of Inoculation by PGPR on characteristics related with germination and seedling growth of okra in different temperatures

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	Mean Square میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک گیاهچه seedling dry weight	شاخص طولی قدرت vigor index	شاخص وزنی قدرت vigor index
دما (T) Temperature	2	52274**	16**	9130**	4183**	25582**	0.18**	281846345**	1774**
تلقیح (P) Inoculation	7	257*	0.08*	150**	65.9**	370**	0.001**	4425949**	22.2**
P × T	14	146 ns	0.04ns	24.9ns	15.6*	69.8*	0.0006*	1272748*	11.7*
خطا Error	69	119	0.038	15.5	7.8	33.5	0.0003	537453	7.1
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		16.3	16.3	15.7	15.6	13.5	17.5	19.6	26.1

ns، *، **به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و۱ درصد

ns, * and ** : Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که، کاهش دما موجب کاهش چشمگیری در درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه بامیه گردید. به طوری که کمترین میزان این صفات در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و بیشترین آنها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. از سوی دیگر استفاده از باکتری‌های محرک رشد در بذرهای بامیه میزان درصد جوانه‌زنی بذور را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. به طوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به سویه ۱۵۰باکتری سودوموناس پوتیدا (۷۲ درصد) و سویه ۶۹ باکتری سودوموناس فلورسنت (۷۱ درصد) بود که نسبت به شاهد (عدم تلقیح) و بذرهایی که با سویه ۱۵۹ باکتری سودوموناس فلورسنت + سویه ۱۹ باکتری سودوموناس

فلورسنت تلقیح یافته بودند، اختلاف معنی‌داری نشان دادند و کمترین مقدار درصد جوانه‌زنی نیز به شاهد (۶۱/۵ درصد) اختصاص داشت (جدول ۲).

سرعت جوانه‌زنی بذرهای تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد افزایش قابل توجهی از خود نشان داند. بطوری که سرعت جوانه‌زنی بذرهای تلقیح شده با سویه ۱۵۰باکتری سودوموناس پوتیدا (۱/۲۸) و سویه ۶۹ باکتری سودوموناس فلورسنت (۱/۲۶ یک بر روز) نسبت به شاهد افزایش یافت. با این حال، بین سویه‌های ۱، ۱۰، ۱۹ و ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا و سویه ۱۵۹ باکتری سودوموناس فلورسنت اختلاف معنی‌داری از نظر سرعت جوانه‌زنی مشاهده نشد. در این میان کمترین میزان سرعت جوانه‌زنی (۱/۰۹ یک بر روز) مربوط به شاهد بود (جدول ۲).

باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش طول ریشه‌چه در گیاهچه‌های بامیه گردید. بطوری‌که استفاده از سویه ۶۹ باکتری سودوموناس فلورسنت نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش حدود ۳۵ درصدی طول ریشه‌چه را از خود نشان‌داد. طول ریشه‌چه در تلقیح بذر با سایر باکتری‌ها (به استثناء سویه ۱۵۹ باکتری سودوموناس فلورسنت + سویه ۱۹ باکتری سودوموناس پوتیدا) نسبت به شاهد افزایش مشهودی داشت، بطوری‌که کمترین طول ریشه‌چه (۱۸/۴ میلی‌متر) به تیمار شاهد تعلق داشت (جدول ۲).

با کاهش دما، طول ساقه‌چه بامیه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت، اما تلقیح بذور بامیه با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش طول ساقه‌چه‌های حاصل گردید. به صورتی‌که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین طول ساقه‌چه نسبت به شاهد در تیمار بذرها با سویه ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا مشاهده گردید، که با سویه ۶۹ سودوموناس فلورسنت و سویه ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت در یک گروه آماری قرار گرفت. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، طول ساقه‌چه سویه‌های ۱ و ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را از خود نشان دادند، اما بین سایر باکتری‌ها و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، طول ساقه‌چه سویه ۶۹ و ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت نسبت به شاهد حدود ۱۰ میلی‌متر افزایش یافت (جدول ۳).

میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش دما طول گیاهچه‌ها به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد، بطوری‌که کمترین طول به دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و بالاترین طول گیاهچه به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعلق داشت. تلقیح بذور با باکتری‌های محرک رشد در دماهای مختلف اثرات متفاوتی بر طول گیاهچه‌های بامیه از خود بر جای گذاشت. به صورتی‌که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و کمترین مقدار (۲/۲۵ میلی‌متر) مربوط به شاهد و باکتری سودوموناس سویه ۱۵۹ فلورسنت + سویه ۱۹ پوتیدا بود. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین طول گیاهچه (۴۳/۳۸ میلی‌متر) از تلقیح با سویه ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا حاصل شد و گیاهچه‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با سویه ۱۵۹ باکتری سودوموناس فلورسنت (۴۱/۲۱) در رتبه بعدی قرار گرفت که نسبت به تیمار شاهد به لحاظ آماری تفاوت داشتند. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، تمام تیمارها نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار نشان دادند و بالاترین طول گیاهچه در این دما به سویه ۶۹ سودوموناس فلورسنت (افزایش حدود ۲۴ میلی‌متری نسبت به شاهد) تعلق داشت (جدول ۳).

وزن خشک گیاهچه‌های بامیه با کاهش دما روند نزولی را از خود نشان‌دادند. از سوی دیگر تلقیح بذرهای بامیه با باکتری‌های محرک رشد در دماهای متفاوت اثرات متفاوتی را بروز دادند. بدین صورت که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به لحاظ عددی سویه ۱۵۰ سودوموناس پوتیدا بالاترین میزان وزن خشک را نسبت به شاهد از خود نشان‌داد، اما این تفاوت به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، بالاترین میزان وزن خشک به گیاهچه‌های حاصل از بذور تلقیح شده با سویه ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا حاصل شد. کمترین مقدار برای این صفت مربوط به باکتری سودوموناس سویه ۱۵۹ فلورسنت + سویه ۱۹ پوتیدا بود. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیز سویه ۱ باکتری سودوموناس پوتیدا بالاترین میزان وزن خشک را نسبت به شاهد به خود اختصاص داد (جدول ۳).

جدول ۲- میانگین خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تأثیر دما و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد

Table 2. Mean characteristics related with germination and seedling growth of okra affected by Germination Temperature and Inoculation by PGPR

Treatment		درصد جوانه‌زنی (٪) germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (یک بر روز) Germination rate(1/d)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length(mm)
دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature °C	10	8.2 c*	0.14 c	2.29 d
	15	71.8 b	1.28 b	21.3 c
	25	96.2 a	1.71 a	41 a
تلقیح با باکتری‌های محرک رشد Inoculation by PGPR	سویه ۱ سودوموناس پوتیدا *P. putida* strain 1	69 ab	1.23 ab	27.12 a
	سویه ۱۰ سودوموناس پوتیدا *P. putida* strain 10	66.5 ab	1.18 ab	25.6 ab
	سویه ۱۹ سودوموناس پوتیدا *P. putida* strain 19	66 a	1.17 ab	25 ab
	سویه ۱۵۰ سودوموناس پوتیدا *P. putida* strain 150	72 a	1.28 a	27.22 a
	سویه ۱۵۰ سودوموناس فلورسنت *P. fluorescens* strain 150	71 a	1.26 a	28.14 a
	سویه ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت *P. fluorescens* strain 159	67.5 ab	1.2 ab	25.5 ab
	سویه ۱۹سودوموناس پوتیدا+ سویه ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت *P. putida* strain 19 + *P. fluorescens* strain 159	61 b	1.08 b	23.4 b
	شاهد control	61.5 b	1.09 b	18.4 c

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد براساس آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Duncan test.

شاخص طولی قدرت گیاهچه‌های بامیه در اثر کاهش دما افت قابل توجهی را از خود نشان داد. بطوری‌که، شاخص طولی قدرت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش ۹۹ درصدی نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد از خود نشان داد. از سوی دیگر تلقیح بذرهای بامیه با باکتری‌های محرک رشد در دمای نسبتا پایین موجب بهبود اثرات سوء ناشی از سرما در مورد این صفت گردید. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین مقدار شاخص طولی قدرت مربوط به سویه ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا بود که نسبت به شاهد حدود ۴۸ درصد افزایش نشان داد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، تمام باکتری‌های تلقیح شده با بذر نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. بطوریکه بیشترین مقدار شاخص طولی قدرت از سویه ۱۵۹ باکتری سودوموناس فلورسنت (۷۴۹۳) به‌دست آمد که با سویه‌های سویه‌های ۱، ۱۰، ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا و ۶۹ باکتری سودوموناس فلورسنت به لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳).

میانگین داده‌ها نشان داد که کاهش دما موجب کاهش قابل ملاحظه شاخص وزنی قدرت گردید. از طرفی تلقیح بذرهای بامیه با باکتری‌های محرک رشد موجب بهبود نسبی اثرات سوء ناشی از دمای پایین در مورد این صفت گردید. در این ارتباط می‌توان گفت که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد باکتری‌های محرک رشد به لحاظ آماری اثری بر شاخص وزنی قدرت نداشتند. اما در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد باکتری‌های محرک رشد موجب تعدیل اثرات منفی حاصل از تنش سرما گردیدند، بطوری‌که بیشترین مقدار شاخص وزنی قدرت (۱۲/۹۲) نسبت به شاهد (عدم تلقیح) از سویه ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا حاصل شد. کمترین مقدار (۵/۷۶) برای این صفت مربوط به باکتری سودوموناس سویه ۱۵۹ فلورسنت می‌باشد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، سویه‌های ۱، ۱۰ باکتری سودوموناس پوتیدا و سویه‌های ۶۹،

۱۵۹ باکتری سودوموناس فلورسنت باعث افزایش معنی‌دار شاخص وزنی قدرت گردیدند. بیشترین مقدار این صفت از سویه ۱ باکتری سودوموناس پوتیدا حاصل شد که نسبت به شاهد حدود ۳۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثرات اصلی دما و اسید سالیسیلیک بر تمام شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای بامیه معنی‌دار بود. اثر متقابل دما و اسید سالیسیلیک بر شاخص درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه ساقه‌چه، گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه و گیاهچه، شاخص طولی و وزنی قدرت معنی‌دار بود و وزن خشک ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها با کاهش دما تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای بامیه به طور معنی‌داری کاهش یافت. اما غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در مورد تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی به جز وزن خشک ریش‌چه اثرات سوء ناشی از تنش سرما را تعدیل نمود (جدول ۵). به طوری‌که در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد، بذور پیش‌تیمار شده با غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به طور معنی‌داری نسبت به شاهد (غلظت صفر اسید سالیسیلیک) از درصد و سرعت جوانه‌زنی بیشتری برخوردار بودند بطوری‌که بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی با غلظت ۰/۰۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تعلق داشت. با رسیدن دما به ۱۵ درجه سانتی‌گراد، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور پیش‌تیمار شده با غلظت ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد و سایر سطوح اسید سالیسیلیک افزایش یافت. در این دما غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک موجب افزایش حدود ۱۶ درصدی سرعت و درصد جوانه‌زنی شد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، پیش‌تیمار بذور بامیه با تمام غلظت‌های اسید سالیسیلیک اثرات مثبت و معنی‌داری بر صفت درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت (جدول ۵). تنش دمای پایین موجب کاهش معنی‌دار طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه بامیه گردید. از طرفی پیش‌تیمار بذور با اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد سبب بهبود اثرات شود ناشی از دمای پایین در مورد صفات مذکور شد (جدول ۲). در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه را نسبت به شاهد افزایش دادند بطوری‌که تمامی غلظت‌ها در یک گروه آماری قرار گرفتند. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، اثرات بهبود دهنده پیش‌تیمار بذر با سطوح ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار بر صفات مذکور بیشتر مشهود بود. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، تمامی غلظت‌های اسید سالیسیلیک طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه بامیه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند و بیشترین مقدار عددی صفات مذکور در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۵).

وزن خشک ساقه‌چه گیاهچه‌های بامیه با تشدید تنش سرما کاهش قابل توجهی نمودند. از سوی دیگر استفاده از تکنیک هورمون-پرایمینگ موجب بهبود خسارت ناشی از تنش سرما در ارتباط با این صفت گردید. بطوری‌که، در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، پیش‌تیمار بذرها با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد موجب افزایش وزن خشک ساقه چه شد. در این دما تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با افزایش حدود ۷۴ درصدی وزن خشک ساقه‌چه نسبت به شاهد بالاترین وزن خشک را به خود اختصاص داد. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد وزن خشک ساقه‌چه بالاتری داشتند، اما غلظت ۰/۱ میلی مولار، بیشترین وزن خشک ساقه‌چه (۰/۱۱ گرم) را به خود اختصاص داد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۰/۰۵ تا ۰/۵ میلی‌مولار ، وزن خشک ساقه‌چه به‌طور قابل توجهی نسبت به شاهد افزایش یافت، اما غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به لحاظ وزن خشک ساقه‌چه با تیمار شاهد در یک گروه آماری بود. (جدول ۵).

با کاهش دما در محیط جوانه‌زنی بذرهای بامیه وزن خشک گیاهچه‌های حاصل به طور قابل توجهی کاهش یافت. از طرفی در هریک از سطوح تنش، وزن خشک گیاهچه بامیه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد (جدول ۵). به‌طوری‌که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، گیاهچه‌های حاصل از بذور پیش‌تیمار شده با اسید سالیسیلیک، وزن خشک بالاتری را نسبت به شاهد از خود نشان دادند. در دمای ۱۵ درجه

سانتی‌گراد، غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک موجب افزایش وزن خشک گیاهچه نسبت به تیمار شاهد گردیدند. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بذور پیش‌تیمار شده با غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک از نظر صفت مذکور نسبت به بذور شاهد برتری داشتند اما بالاترین مقدار مربوط به غلظت ۰/۱ میلی-مولار بود که با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار به لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۵).

جدول ۳- میانگین خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تأثیر دما و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد

Table 3. Mean of effects of inoculation by PGPR on seedling growth characteristics of okra at different tempratures

دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)	تلقیح با باکتری‌های محرک رشد Inoculation by PGPR	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length(mm)	طول گیاهچه (میلی‌متر) Seedling length (mm)	وزن خشک گیاهچه (گرم) seedling dry weight	شاخص طولی قدرت vigour index	شاخص طولی قدرت vigour index
10	*P. putida* strain 1 سویه ۱ سودوموناس پوتیدا	1.68 h*	3.25 m	0.003 i	40 f	0.052 f
	P. putida strain 10 سویه ۱۰ سودوموناس پوتیدا	4fj	7 m	0.001 i	47 f	0.007 f
	P. putida strain 19 سویه ۱۹ سودوموناس پوتیدا	1.16 h	2,72 m	0.0001 i	35 f	0.021 f
	P. putida strain 150 سویه ۱۵۰ سودوموناس پوتیدا	6.75 f	11.5 m	0.005 i	91 f	0 f
	P. fluorescens strain 150 سویه ۱۵۰ سودوموناس فلورسنت	4.2 fj	9.8 m	0.004 i	211 f	0.142 f
	P. fluorescens strain 159 سویه ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت	4.8 fj	8.75 m	0.004 i	95 f	0.095 f
	سویه ۱۹سودوموناس پوتیدا+ سویه ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت *P. putida* strain 19 + *P. fluorescens* strain 159	0.87 h	2.25 m	0.0001 i	18 f	0 f
	شاهد control	0.5 h	2.25 m	0.0001 i	27 f	0 f
15	*P. putida* strain 1 سویه ۱ سودوموناس پوتیدا	18.92 d	37.9 k-j	0.112 gh	3017 de	9.12 de
	P. putida strain 10 سویه ۱۰ سودوموناس پوتیدا	13.39 e	35.5 i-l	0.105 h	2517 e	7.74 e
	P. putida strain 19 سویه ۱۹ سودوموناس پوتیدا	13.56 e	33.17 j-l	0.109 gh	2586 e	8.84 de
	P. putida strain 150 سویه ۱۵۰ سودوموناس پوتیدا	19 d	43.38 g-i	0.143 d-f	3895 cd	12.92 cd
	P. fluorescens strain 150 سویه ۱۵۰ سودوموناس فلورسنت	13.46 e	31.17 kl	0.100 h	2187 e	7.5 e
	P. fluorescens strain 159 سویه ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت	13.31 e	42.21 h-j	0.087 h	2694 e	5.76 e
	سویه ۱۹سودوموناس پوتیدا+ سویه ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت *P. putida* strain 19 + *P. fluorescens* strain 159	13.18 e	36.4 i-l	0.082 h	2222 e	6.04 e
	شاهد control	13.32 e	28.1 l	0.093 h	2018 e	6.72 e
25	*P. putida* strain 1 سویه ۱ سودوموناس پوتیدا	28.87 ab	74.32 a	0.194 a	7432 a	19.4 a
	P. putida strain 10 سویه ۱۰ سودوموناس پوتیدا	27.76 ab	70.84 ab	0.174 a-d	7010 ab	17.23 ab
	P. putida strain 19 سویه ۱۹ سودوموناس پوتیدا	24.84 bc	66.45 a-e	0.157 b-f	6011 b	14.26 bc
	P. putida strain 150 سویه ۱۵۰ سودوموناس پوتیدا	28.72 ab	71.59 ab	0.158 b-f	6975 ab	15.47 ab
	P. fluorescens strain 150 سویه ۱۵۰ سودوموناس فلورسنت	31.13 a	74.47 a	0.187 ab	7447 a	18.7 a
	P. fluorescens strain 159 سویه ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت	31.55 a	73.92 a	0.186 ab	7493 a	18.6 a
	سویه ۱۹سودوموناس پوتیدا+ سویه ۱۵۹ سودوموناس فلورسنت *P. putida* strain 19 + *P. fluorescens* strain 159	23.48 c	64 b-e	0.170 a-e	6231 b	16.53 ab
	شاهد control	21.66 cd	50.1 f-h	0.146 c-f	4342 c	12.71 cd

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد براساس آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Duncan test.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بامیه در دماهای مختلف

Table 4. Analysis of variance of effects of priming by salicylic acid on germination and seedling growth characteristics of okra in different temperatures

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	Mean Square میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک گیاهچه seedling dry weight	شاخص طولی قدرت vigor index	شاخص وزنی قدرت vigor index
Temperatures (T) دما	2	52274**	16**	9130**	4183**	25582**	0.18**	281846345**	1774**
Inoculation (P) تلقیح	7	257*	0.08*	150**	65.9**	370**	0.001**	4425949**	22.2**
T × P	14	146ns	0.04ns	24.9ns	15.6*	69.8*	0.0006*	1272748*	11.7*
Error خطا	69	119	0.038	15.5	7.8	33.5	0.0003	537453	7.1
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		16.3	16.3	15.7	15.6	13.5	17.5	19.6	26.1

ns، *، **به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و۱ درصد

ns, * and ** : Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

کاهش دمای جوانه‌زنی، افت قابل ملاحظه‌ای را در شاخص طولی و وزنی قدرت در پی داشت. اما پیش‌تیمار بذرهای بامیه با اسید سالیسیلیک سبب بهبود اثرات سو ناشی از تنش سرما به لحاظ این دو شاخص گردید. بطوری که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، پیش‌تیمار با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک اثر مثبت و معنی‌داری بر صفت های یاد شده داشتند. در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیز، بیشترین مقدار شاخص طولی و وزنی قدرت در مقایسه با شاهد از غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۵- میانگین خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تأثیر دما و غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک

Table 5. Mean germination and seedling growth characteristics of okra as affected by Germination Temperature and salicylic acid tratments

دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)	غلظت (میلی‌مولار) Concentration (mM)	درصد جوانه‌زنی (٪) germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (یک بر روز) Germination rate(1/d)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length(mm)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length(mm)	طول گیاهچه (میلی‌متر) Seedling length (mm)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Plumule dry weight	وزن خشک گیاهچه (گرم) seedling dry weight	شاخص طولی قدرت vigour index	شاخص وزنی قدرت vigour index
10°C	0	46 d*	0.82 d	3.4 g	2.3 e	5.8 g	0.008 g	0.014 g	273 f	0.663 h
	0.05	77 bc	1.37 bc	8.6 f	10.9 d	19.5 f	0.052 e	0.067 e	1499 e	5.38 g
	0.1	70 c	1.25 c	8.2 f	11.3 d	19.5 f	0.051 e	0.067 e	1379 e	4.67 g
	0.5	69 c	1.23 c	8.2 f	9.4 d	17.6 f	0.046 ef	0.061 e	1221 e	4.21 g
15°C	1	47 d	0.83 d	8.1 f	8.8 d	17 f	0.031 f	0.04 f	796 ef	1.92 gh
	0	81 bc	1.44 bc	22 d	22.3 d	44.3 e	0.074 d	0.109 d	3601 d	8.87 f
	0.05	80 bc	1.42 bc	22.8 d	21.9 c	44.8 e	0.075 d	0.117 d	3596 d	9.44 f
	0.1	97 a	1.73 a	26.3 bc	24.6 bc	50.9 d	0.11 b	0.155 c	4944 c	15.11 c
	0.5	89 ab	1.58 ab	29.5 a	27 b	56.5 c	0.089 cd	0.137 c	5030 bc	12.26 de
	1	74 c	1.32 c	24.2 cd	23.5 c	47.7 e	0.077 d	0.111 d	3547 d	8.36 f
25°C	0	76 bc	1.35 bc	16.4 e	26.8 b	43.2 e	0.104 bc	0.138 c	3294 d	10.54 ef
	0.05	96 a	1.71 a	23.9 cd	36.1 a	60.1 bc	0.146 a	0.186 b	5806 ab	17.86 b
	0.1	99 a	1.76 a	25.1 cd	38.1 a	63.3 ab	0.157 a	0.208 a	6272 a	20.62 a
	0.5	97 a	1.73 a	28.5 ab	39 a	67.5 a	0.152 a	0.193 ab	6582 a	18.75 ab
	1	89 ab	1.58 ab	23.9 cd	27.1 b	5.1 d	0.118 b	0.157 c	4590 c	13.89 cd

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد براساس آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Duncan test.

به‌طور کلی کاهش دما سبب کاهش وزن خشک ریشه‌چه بامیه شد. اما در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد وزن خشک ریشه‌چه یکسان بود و به لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند و کمترین وزن خشک ریشه‌چه به دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد تعلق گرفت (جدول ۶).

جدول ۶- میانگین وزن خشک ریشه‌چه تحت تأثیر دمای جوانه‌زنی

Table 6. Mean radicle dry weight of okra affected by Germination Temperature

دمای جوانه‌زنی (درجه سانتی‌گراد) Germination Temperature (°C)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry Weight (g)
10	0.012 b
15	0.041 a
25	0.041a

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد براساس آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

Means within a columns followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to Duncan test.

پیش‌تیمار بذرهای بامیه با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۰۵ تا ۰/۵ میلی‌مولار موجب افزایش وزن خشک ریشه‌چه گردید بطوری‌که غلظت ۰/۱ میلی‌مولار بالاترین وزن حشک ریشه‌چه را به خود اختصاص داد. غلظت بالای اسید سالیسیلیک (۱ میلی‌مولار) به لحاظ آماری اثر قابل ملاحظه‌ای بر این صفت نداشت و با تیمار شاهد (صفر میلی‌مولار) در یک گروه آماری قرار گرفت. (جدول ۷).

جدول۷- میانگین وزن خشک ریشه‌چه تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک

Table 7. Mean dry weight of okra affected by salicylic acid

غلظت‌های اسید سالیسیلیک (مولار) Concentrations of Salicylic Acid (M)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry Weight(g)
0	0.025 c
0.05	0.032 b
0.1	0.037 a
0.5	0.034 ab
1	0.027 c

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد براساس آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

Means within a columns followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to Duncan test.

بحث

دمای پایین در طی جوانه‌زنی می‌تواند سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و اختلال در خروج ریشه‌چه بذر در گونه‌های مختلف و ارقام زراعی گردد (Patade *et al.,* 2011). به گونه‌ای که تنش سرما با تحریک تولیدگونه‌های فعال اکسیژن سبب اختلال در جریان انتقال الکترون در فرآیند متابولیسم می‌شود و منجر به آسیب غشاهای سلولی و تجمع ترکیبات تیوباربیتوریک اسید همراه با پراکسیداسیون چربی می‌گردد (Purvis and Shewfelt, 1993). علاوه بر این افزایش تدریجی سرما باعث کاهش نفوذپذیری غشاء سلول‌های ریشه‌چه نسبت به آب شده و در نتیجه جذب آب و به دنبال آن رشد ریشه‌چه کاهش می‌یابد (Baraka *et al.,* 2006). پایین بودن دمای خاک در هنگام کشت نیز باعث می‌شود جذب اولیه آب استحکام غشاء را از بین برده، نشت الکترولیت‌ها را افزایش داده و در نهایت جوانه‌زنی بذرها کاهش یابد (Kafi *et al.,* 2009). موارد ذکر شده بالا می‌تواند تا حدودی دلایل احتمالی کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای بامیه رقم بسنطی در اثر کاهش دما را بازگو نماید.

از طرفی، طی مطالعات انجام گرفته، نقش موثر بیوپرایمینگ بر افزایش قابلیت جوانه‌زنی بذور مورد تأیید قرار گرفته است

(Saatovich, 2006). امروزه تحقیقات انجام شده در مورد پیش‌تیمار باکتریایی بذور گیاهان بر عملکرد و اجزای آن متعدد می‌باشد. این امر در حالی است که بندرت به نقش این باکتری‌ها در بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه پرداخته شده است. در این راستا مشاهده گردید که تلقیح بذور سویا با باکتری‌های محرک‌رشد باعث افزایش رشد اولیه گیاهچه شد (Cattelan *et al.,* 1999). همچنین، تلقیح بذرهای سویا با سودوموناس و ریزوبیوم ژاپونیکوم جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه را بهبود بخشید (Zaidi, 2003). در آزمایش حاضر نیز اثر مثبت پیش‌تیمار بذرهای بامیه با باکتری‌های محرک رشد در دماهای مختلف بر شاخص‌های جوانه‌زنی موید اثر بخشی مثبت این تیمار در شرایط تنش سرما می‌باشد. باتوجه به نتایج حاصل از این پژوهش و سایر تحقیقات انجام شده، به نظر می‌رسد به‌کارگیری پیش‌تیمارهای باکتریایی به دلیل تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین، سیتوکنین و جیبرلین، نقشی کارآمد در ارتقای جوانه‌زنی بذور داشته باشد (Gutierrez Mañero *et al.,* 2003). توران و همکاران (Turan *et al.,* 2006) در بررسی باکتری‌های محرک رشد بر جوانه‌زنی بذرهای ذرت نشان دادند که این باکتری‌ها موجب بهبود سرعت جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و سطح برگ گیاه شده‌اند. علت اصلی افزایش سرعت جوانه‌زنی در حضور این گونه از باکتری‌ها تولید هورمون‌های رشد بیان شده است (Sturz and Christie, 2003). گزارش شده که باکتری‌های محرک‌رشد توانایی افزایش رشد گیاه، سرعت جوانه‌زنی، سرعت ظهور گیاهچه و حفاظت گیاه از عوامل تنش‌زای خارجی را دارند (Dobbelaere *et al.,* 2002). طبق برخی از گزارش‌ها تولید هورمون اکسین توسط باکتری محرک رشد مخصوصاً سودوموناس و آزوسپریلیوم می‌تواند عامل اصلی افزایش ریشه، تعداد و طول تارهای کشنده و سطح ریشه می‌باشد (Zahoor *et al.,* 2004). گزارش شده است که باکتری سودوموناس آنزیم آمینوسیکلوپروپان ۱- کربوکسیلات‌دی‌آمیناز تولید می‌کند که بلافاصله آمینوسیکلوپروپان - ۱- کربوسیلات که پیش‌ماده مستقیم اتیلن در گیاهان است را به آمونیاک و آلفاکتوبوتیرات تجزیه می‌کند. کاهش غلظت آمینوسیکلوپروپان – ۱- درون گیاه باعث کاهش مقدار اتیلن تولید شده در گیاه و بدنبال آن سبب کاهش اثر بازدارندگی اتیلن بر طویل شدن ریشه می‌گردد (Glick *et al.,* 1997). باکتری سودوموناس می‌تواند سبب افزایش طول ریشه و ارتفاع اندام‌های هوایی در کلزا، کاهو و گوجه‌فرنگی گردد (Glick *et al.,* 1997). گزارش شده است تأثیر باکتری سودوموناس فلورسنت در تحریک رشد گیاه به علت تولید هورمون سیتوکنین بوده و تقسیم سلولی در حضور سیتوکنین افزایش می‌یابد (Nadjafi, 2002). علت افزایش رشد در حضور سودوموناس فلورسنت تغییر در غلظت ترکیبات تنظیم‌کننده رشد مانند سیتوکنین، جیبرلین و اتیلن می‌باشد (Zaidi, 2003). گزارش شده است که تلقیح گیاهچه‌های انگور با باکتری سودوموناس رشد گیاه و فعالیت فیزیولوژیکی آن را در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به علت فعالیت آنزیم ACC دی‌آمیناز افزایش داده است (Compant *et al.,* 2005). اگرچه مکانیزم‌هایی که این باکتری‌ها باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند به‌درستی درک نشده است، ولی یکی از کارهای این باکتری‌ها سنتز ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه (آرژنین، لیزین و تریپتوفان) می‌باشد که اسیدآمینه تریپتوفان پیش‌ماده تولید هورمون اکسین بوده و این هورمون با تحریک تقسیم سلولی، تمایز سلولی و رشد طولی سلول به‌طور مستقیم در افزایش رشد گیاه مؤثر می‌باشد (Gutierrez Mañero *et al.,* 2003). در این تحقیق مشاهده شد که در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، تلقیح بذرها با سویه ۱۵۰باکتری سودوموناس پوتیدا بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های جوانه‌زنی از قبیل طول ساقه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه، شاخص طولی و وزنی قدرت داشته است. این تأثیر ممکن است به علت اثر آنزیم ACC دی‌آمیناز در نگه‌داشتن طبیعی گیاه هنگام مواجه‌شدن با دمای پایین به‌وسیله کاهش تولید اتیلن ناشی از تنش دمایی باشد. مکانیزم‌های مرتبط با ظرفیت رشد سویه‌های باکتری در دمای پایین به‌وسیله گونه‌های باکتری در دمای پایین به وسیله گونه‌های باکتری مزوفیلیک آزمایش شده است (Zahoor *et al.,* 2004). آنزیم ACC دی‌آمیناز ممکن است در عمل باعث تحریک رشد گیاه و طویل‌شدن ریشه، به‌دنبال آن هیدرولیز ACC ناشی از جوانه‌زنی بذر و کاهش

سطوح ACC و در نتیجه کاهش سطح اتیلن شود. اگر غلظت اتیلن بعد از جوانه‌زنی بالا بماند طویل شدن ریشه متوقف می‌شود (Barka *et al.,* 2006). لذا بهبود اثرات منفی ناشی از تنش سرما در حضور باکتری‌های محرک رشد را می‌توان به موارد ذکر شده نسبت داد، چرا که حضور این باکتری‌ها موجب افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های بامیه گردیده‌اند.

استفاده از تکنیک پرایمینگ باعث آبنوشی و فعال شدن فرآیندهای متابولیکی آغازکننده جوانه‌زنی می‌گردد، ولی ظهور ریشه‌چه رخ نمی‌دهد (Bradford, 1976). تحقیقات نشان‌داده است که استفاده از این روش به ویژه در شرایط نامطلوب محیطی موجب افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، سبز شدن بذرها و گیاهچه‌ها و ظهور یکنواخت ریشه‌چه و ساقه‌چه در دامنه وسیعی از دما می‌گردد (De Mauromicale and Cavallaro, and Kar, 1994 ;1995). پرایمینگ بذور می‌تواند خطرات از دست رفتن محصول در شرایط نامساعد به ویژه دمای پایین را به حداقل برساند و باعث افزایش محصول شود (Harris, 2003; Guan *et al.,* 2009). بهره‌گیری از پیش‌تیمار همچنین باعث ظهور سریع‌تر ریشه و ساقه، تولید گیاهان با بنیه قوی‌تر، تحمل بالاتر نسبت به شرایط نامساعد محیطی، گلدهی زودتر، تسریع در برداشت و بهبود عملکرد می‌شود (Kaur *et al.,* 2002). در مورد اثر اسید سالسیلیک بر جوانه‌زنی گزارشات ضد و نقیضی وجود دارد. بطوری‌که ویو (Wu *et al*., 1998) گزارش کردند که برخی از ترکیبات فنلی بر جوانه‌زنی اثری ندارند، از طرف دیگر، مافیی و همکاران (Maffei *et al.,* 1999) عنوان کردند که ترکیبات فنلی حاوی حلقه متصل به گروه OH^- جوانه‌زنی را افزایش و حلقه دارای گروه OH^{-3} جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد. اثرات مثبت اسید سالسیلیک بر کلیه صفات جوانه‌زنی در گیاهان گندم (Shakirova *et al.,* 2003) و ذرت (Farooq *et al.,* 2008) در شرایط تنش گزارش شده است. سالیسیلات‌ها برجوانه‌زنی اثر تشدیدی ندارند، ولی در دماهای پایین پیش‌تیمار با سالیسیلات‌هایی مثل استیل اسید سالیسیلیک، اسید سالیسیلیک و ۲ و ۶ دی‌هیدروکسی‌بنزوتیک‌اسید موجب تحریک جوانه‌زنی گردید (Rajasekaran *et al.,* 2002). پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک باعث بهبود سرعت و درصد سبزکردن و رشد گیاهچه در گاوزبان شد (Shekari *et al.,* 2010)، که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. همچنین راجاسکاران و همکاران (Rajasekaran *et al.,* 2002) بیان نمودند که اسید سالیسیلیک باعث تحریک جوانه‌زنی گیاه هویج در دماهای پایین می‌شود. در دماهای پایین ترکیبات ترموژن مثل استیل‌اسید سالیسیلیک و ۲ و ۶ دی هیدروکسی بنزوئیک اسید باعث تحریک جوانه‌زنی می‌شود. این امکان وجود دارد که این ترکیبات با اثر روی بیوسنتز جیبرلین بر جوانه‌زنی اثر گذاشته و به عنوان القاء کننده ترموژن عمل می‌نمایند (Rajasekaran *et al.,* 2002).

اگرچه در مورد مکانسیم تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر کاهش تنش و بهبود پارامترهای رشد گزارش‌های متناقصی وجود دارد، ولی اسید سالیسیلیک بر محدوده وسیعی از فرآیندها از جمله جذب و انتقال یون‌ها، نفوذپذیری غشا و هدایت روزنه‌ای تأثیر گذار است. همچنین اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مناسب با افزایش توان سیستم آنتی‌اکسیدانی سلول سبب کاهش اثرات مخرب تنش می‌گردد (Hayat and Ahmad, 2007). اسید سالیسیلیک باعث افزایش طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه گردید. اسید سالیسیلیک رشد و تقسیم سلولی را با تأثیر بر هورمون‌های دیگر نظیر اکسین، سیتوکینین، جیبرلین و آبسیزیک اسید تنظیم می‌کند. این ماده همچنین میزان تقسیم سلولی مریستم راسی ریشه‌های اولیه را افزایش داده و در نهایت منجر به افزایش رشد طولی ریشه می‌گردد (Shakirova *et al.,* 2003). فریدالدین و همکاران (Fariduddin *et al*., 2003) بیان کردند که نقش هورمونی اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف، متفاوت ظاهر می‌شود و با افزایش غلظت آن تا مقداری مشخص اثرات مثبت و از آن به بعد اثر منفی بر رشد دیده می‌شود. تیمار با اسید سالیسیلیک باعث ذخیره آبسیزیک اسید و اکسین در گیاهچه‌های گندم شد، ولی بر افزایش مقدار سیتوکنین تأثیر چندانی نداشته است (Mohamed *et al.,* 2010)، افزایش محتوای اسید آبسزیک در گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک باعث توسعه فرایندهای ضدتنش و از سرگیری

فرایند رشد پس از رفع عامل تنش می‌شود (Shakirova and Sahabutdinova, 2003; Johari, 2010). سازوکاری که اسید سالیسیلیک رشد ریشه و بخش هوایی را در برخی گیاهان افزایش می‌دهد به‌خوبی شناخته نشده، اما احتمال داده می‌شود که اسید سالیسیلیک طویل شدن و تقسیم-سلولی را به‌همراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم نماید (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). تیمار گندم با اسید سالیسیلیک ، با افزایش میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌های اولیه منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). از طرفی اسید سالیسیلیک از اکسیداسیون اکسین جلوگیری می‌کند (Fariduddin *et al.,* 2003) که به‌نظر می‌رسد افزایش وزن خشک گیاهچه در ارتباط با افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر اسید سالیسیلیک باشد. همچنین استفاده از پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک میزان رشد گیاهچه-های گندم را افزایش می‌دهد. این افزایش رشد سیستم ریشه‌ای و حفظ سلامت آن به‌وسیله اسید سالیسیلیک باعث جذب بیشتر آب و موادغذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود (Shakirova, 2007).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که کاهش دمای جوانه‌زنی موجب کاهش قابل توجهی در شاخص‌های جوانه‌زنی می‌گردد. بطوری‌که این روند نزولی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاملا مشهود بود. از طرفی، پیش‌تیمار با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش قابل توجه شاخص‌های جوانه‌زنی گردید و بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی از سویه ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا و سویه ۶۹ باکتری سودوموناس فلورسنت حاصل گردید. در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی نشدند. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، سویه ۱۵۰ باکتری سودوموناس پوتیدا باعث افزایش معنی‌دار طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و شاخص‌های طولی و وزنی قدرت گردید. همچنین با افزایش شدت تنش دمای پایین بذور پرایم شده با سطوح اسید سالیسیلیک از نظر صفات مورد بررسی برتری معنی‌داری نسبت به بذور پیش‌تیمار شده با آب مقطر (شاهد) نشان دادند. بطور کلی، با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان داشت که پرایمینگ بذرها با غلظت۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک برای بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تنش دمای پایین مطلوب‌تر است. چراکه در غلظت‌های مذکور شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای بامیه در دمای پایین نسبت به شاهد برتری نسبی را از خود نشان دادند. بنابراین به استناد نتایج این آزمایش می‌توان توصیه نمود که، تلقیح بذرهای بامیه رقم بسنطی با باکتری‌های محرک رشد و همچنین استفاده از پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک در مناطقی که مرحله جوانه-زنی بذرهای کشت شده این گیاه با دمای پایین محیط همراه است، صورت گیرد.

سپاسگزاری

مولفان مقاله کمال قدردانی خویش را از همکاری صمیمانه حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی در زمینه اعطای کمک مالی و اعتباری به منظور اجرای هر چه مطلوب‌تر مجموعه آزمایش‌های این تحقیق علمی اعلام می‌دارند.

منابع

Afzal, I. M. A., Basra, S. H., Farooq, M. and Nawaz, A. 2006. Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. International Journal of Agricultural and Biological, 1: 23–28. **(Journal)**

Aminigo, E. R. and Akingbala, J. O. 2004. Nutritive composition and sensory properties of ogi fortified with okra seed meal. Journal of Applied Sciences and Environmental, 8(2): 23-28. **(Journal)**

Arfan, M., Habib, A. and Ashraf, M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photo synthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. Journal of Plant Physiology, 164: 685–694. **(Journal)**

Ashraf, M. and Foolad, M. R. 2005. Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223-271. **(Journal)**

Barka, E. A., Nowak, J. and Clément, C. 2006. Enhancement of chilling resistance of inoculated grapevine plantlets with a plant growth promoting rhizobacterium, *Burkholderia phytowrmans* Strain PsJN. Applied and Environmental Microbiology, 72: 7246-7252. **(Journal)**

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. **(Journal)**

Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, M. A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology, 126: 1024–1030. **(Journal)**

Bradford, M. 1976. Arapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review Biochemistry, 72: 248-254. **(Journal)**

Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman, U. G. and Donmez, M. F. 2007. 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. **(Journal)**

Cattelan, A. J., Hartel, P. G. and Fuhrman, J. J. 1999. Screening for plant growth promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Soil Science Society of America Journal, 63: 1670-1680. **(Journal)**

Compant, S., Reiter, B., Sessitsch, A., Nowak, J., Clément, C. and Ait Barka, E. 2005. Endophytic colonization of *Vitis vinifera* L. by plant growth promoting bacterium *Burkholderia* sp. strain PsJN. Applied and Environmental Microbiology, 71: 1685-1693. **(Journal)**

Conway, K. E., Mereddy, R., Kahn, B. A., Wu, Y., Hallgren, S. W. and Wu, L. 2001. Beneficial effects of solid matrix chemo-priming in okra. Plant Discovery, 85: 535-537. **(Journal)**

Daneshvar, M. 2008. Vegetable production. Publication of University of Shahid Chamran, Ahvaz, 461 pp. (In Persian)**(Book)**

De, F. and Kar, R. K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress included by PEG-6000. Seed Science and Technology, 23: 301-304. **(Journal)**

Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys APtacek, D. and Vanderleyden, J. 2002. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on effect of development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biology and Fertility of Soils, 36(4): 284–297. **(Journal)**

Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. and Yacovokon, Y. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Review Plant Science, 22: 107-149. **(Journal)**

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. **(Journal)**

Ellis, R. H. and Roberts, E. H. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409. **(Journal)**

Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthesis, 41: 281-284. **(Journal)**

Farooq, M., Aziz, T., Basra, S. M. A., Cheema, M. A. and Rahman, H. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by priming whit salicylic acid. Agronomy and Crop Science, 194: 161-168. **(Journal)**

Finch-Savage, W. E., Dent, K. C. and Clark, L. J. 2004. Soak conditions and temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays* L.) seeds to on-farm priming (pre sowing seed soak). Field Crops Research, 90: 361-374. **(Journal)**

Glick, B. R., Liu, C., Ghosh, S. and Dumbroff, E. B. 1997. Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. Soil Biology and Biochemistry, 29: 1233-1239. **(Journal)**

Gutierrez Mañero, F. J., Probanza, A., Ramos, B., Colón Flores, J. J. and Garcia, J. A. 2003. Effects of culture filtrates of rhizobacteria isolated from wild lupine on germination, growth and biological

nitrogen fixation of *Lupinus albus* cv. Multolupa seedlings. Journal of Plant Nutrition, 26: 145-158. **(Journal)**

Harris, D. 2003. Reducing risk and increasing yields from rain-fed crops in Africa using on farm seed priming. 87-88. In: Abstracts: Harnessing crop technologies to alleviate hunger and poverty in Africa. 6th Biennial Conference of the Africa Crop Science Society, Hilton Nairobi, Kenya, 12-16th October. Pp. 87-88. **(Conference)**

Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: a plant hormone. Brazilian Journal of Plant Physiology, 18: 137- 145. **(Journal)**

International Seed Testing Association. 2014. International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology, 27, Supplement, 333pp. **(Book)**

Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.). Plants Planta, 208: 175–180. **(Journal)**

Johari, P. M. 2010. Effect of soil water stress on yield and proline content of four wheat lines. African Journal of Biotechnology, 9: 36–40. **(Journal)**

Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoomi, A. and Nabati, J. 2009. Physiology of environmental stress in plants. Jahad Danesgahi Mashhad, 502 Pp. (In Persian)**(Book)**

Kaur, S., Gupta, A. K. and Kaur, N. 2002. Effect of osmo-and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. Plant Growth Regulation, 37: 17-22. **(Journal)**

Khan, H. A., Pervez, M. A., Ayub, C. M., Ziaf, K., Balal, R. M., Shahid, M. A. and Akhtar, N. 2009. Hormonal priming alleviates salt stress in hot Pepper (*Capsicum annuum* L.). Soil and Environment, 28 (2): 130-135. **(Journal)**

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. **(Journal)**

Lucy, M., Reed, E. and Glick, B. R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Soil Science, 86: 1-25. **(Journal)**

Maffei, M., Bertea, C. M., Garneri, F. and Scannerini, S. 1999. Effect of benzoic acid hydroxyl - and methoxy - ring substituents during cucumber (*Cucumis sativus* L.) germination. I. Isocitrate lyase and activity. Plant Science, 141: 139-147. **(Journal)**

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. **(Book)**

Mauromicale, G. and Cavallaro, V. 1995. Effects of seed osmopriming on germination of tomato at different water potential. Seed Science and Technology, 23(2): 393-403. **(Journal)**

Miri, K. 2006. Effects of sowing date and density on yield and yield components of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) in Iranshahr. Journal of Seed and Plant Improvment, 22(3): 369-379. (In Persian)**(Journal)**

Mohamed, A., Tayeb, E. L. and Naglaa, A. 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. American-Eurasian Journal of Agronomy, 3: 1-7. **(Journal)**

Nadjafi, F. 2002. Effect of irrigation intervals and plant density on quantity and quality of isubgol (*Plantago ovate* Forsk.). MSc. Thesis in Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.. (In Persian) **(Book)**

Patade, V. Y., Maya, K. and Zakwan, A. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in *Capsicum*. Research Journal of Seed Science, 4: 125-136. **(Journal)**

Purvis, A. C. and Shewfelt, R. L. 1993. Does the alternative pathway ameliorate chilling injury in sensitive plant tissues? Journal of Plant Physiology, 88: 712-718. **(Journal)**

Rajasekaran, L. R., Stiles, Surette, A., Sturz, M. A., Blake, A. V., Caldwell, T. J. and Nowak, J. 2002. Stand establishment technologies for processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Canadian Journal of Plant Science, 82: 443-450. **(Journal)**

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annul. Rev. Plant Physiol. Plant Molecular Biology. 43: 439–463. **(Journal)**

Saatovich, S. Z. 2006. *Azospirilli* of uzbekistan soils and their influence on growth and development of wheat plants. Plant Soil, 283: 137-145. **(Journal)**

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. **(Journal)**

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. **(Journal)**

Shakirova, F. M. and Sahabutdinova, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic aicd and salinity. Plant Science, 164: 317-322. **(Journal)**

Shakirova, F. M. 2007. Role of hormonal system in the manisfestation of growth promoting and anti-stress action of salicylic acid. PP. 69-90. In: Hayat, S. and A. Ahmad. (Eds.), Salicylic Acid, a Plant Hormone, Springer Dordrecht, the Netherlands. **(Book)**

Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. 255 pp. **(Book)**

Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. **(Book)**

Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K. and Shekari, F. 2010. Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage (*Borago officinalis*) plants seedlings. Journal of New Agricultural Science, 6: 47-53. **(Journal)**

Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation, 39: 137–141. **(Journal)**

Sturz, A. V. and Christie, B. R. 2003. The management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil and Tillage Research Journal, 72: 107-123. **(Journal)**

Subedi, K. D., Ma, B. L. 2005. Seed priming does not improve corn yield in a humid temperate environment. Agronomy Journal, 97: 211-218. **(Journal)**

Thakur, P., Kumar, S., Malik, J. A., Berger, J. D. and Nayyar, H. 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: An overview. Environmental and Experimental Botany, 67: 429-443. **(Journal)**

Turan, M., Ataoglu, N. and Sahin, F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. Journal of Sustainable Agriculture and the Environment. 28: 99-108. **(Journal)**

Wahid, A., Noreen, A., Basra, M. A. S. H., Gelani, S. and Farooq, M. 2008. Priming-induced metabolic changes in sunflower (*Helianthus annuus* L.) achenes improve germination and seedling growth. Botanical Studies, 49: 343-350. **(Journal)**

Wu, L., Guo, X. and Harivandi, M. A. 1998. Allelopathic effects of phenolic acids detected in buffalograss (*Buchloe dactyloides*) clippings on growth of annual bluegrass (*Poa annua*) and buffalograss seedlings. Environmental and Experimental Botany, 39: 159–167. **(Journal)**

Zahoor, A., Ghafor, A. and Muhammad, A. 2004. *Plantago ovate* - a crop of arid and dry climates with immense herbal and pharmaceutical importance. Introduction of Medicinal Herbs and Spices as Crops Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Pakistan, 5: 1101–1115. **(Journal)**

Zaidi, S. F. A. 2003. Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *Pseudomonas fluorescent* to control *Rhizoctonia solani* in soybean *Glycine max* (L.) Merr. Annals of Agricultural Research, 24: 151-153. **(Journal)**

Effects of plant growth promoting rhizobacteria and seed priming by salicylic acid on seed germination characteristics of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Basenti) under different temperatures

Somayeh Bahadoori[1], Behrooz Esmaeilpour[2*], Ahmad Javadi[3], Soroor Khorramdel[4]

Received: March 18, 2016 Accepted: May 9, 2016

Abstract

To investigate the effects of plant growth promoting rhizobacteria and seed priming by salicylic acid on germination and seedling growth charecteristic of okra (*Abelmoschus esculentus* L Basenti.) in different temperatures, an experiment was conducted as factorial layout based on a completely randomized design with four replications at laboratory of the Postharvest Physiology, College of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University during 2014. Treatments consisted of four temperatures (10, 15, 20 and 25°C), and different strains of *Pseudomonas putida* (1, 10, 19 and 150), different strains of *Pseudomonas fluorescence* (69, 159), combined strains of *Pseudomonas putida* (10)+*Pseudomonas fluorescence* (159), control (no inoculation), and seed priming treatments by five concentrations of salicylic acid (0, 0.05, 0.1, 0.5, and 1 mM). The result indicated that by decreasing temperature, germination and seedling growth parameters of Okra seeds reduced and the best temperature for seed germination was 25 °C. Inoculation with plant growth promoting rhizobacteria led to significant increase in germination and seedling characteristics such as stem length, seedling height, dry weight, and vigor indices of okra under different temperature regims. *Pseudomonas putida* strain (150) and *Pseudomonas fluorescent* strain (69) had the greatest effect on germination characteristics of okra seeds under low temperature compared to control. Seed priming by salicylic acid increased all germination and seedling growth characteristics such as seed germination percentage, germination rate, radicle, and plumule lengths, plumule and seedling dry weights and length and weight vigor indices under low temperature stress. Seed priming with 0.1 and 0.5 mM concentrations of salicylic acid was more efficient for the improvement of seed germination and seedling growth parameters under low temperature stress.

Keywords: Bio-priming; Hormone-priming; Low temperature; Okra; Seed germination

How to cite this article

Bahadori, S., Esmaeilpour, B., Javadi, A. and Khorramdel, S. 2017. Effects of plant growth promoting rhizobacteria and seed priming by salicylic acid on seed germination characteristics of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Basenti) under different temperatures. Iranian Journal of Seed Science and Research, 4(3): 77-93. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2017.2509

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Graduated MSc of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

2. Respectively: Associate Professor and PhD student, Faculty of Agricultural Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

3. Assistant professor of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

*Corresponding Author: behsmaiel@yahoo.com