تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط تنش شوری

حجت عطایی سماق[۱]، مهدی عقیقی شاهوردی[۲*]، میلاد همتی[۳]، زهرا مرادیان[۴]، فرشته آزاد بخت[۵]

[۱]کارشناسی‌ارشد، زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران، ایران

[۲]دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران، ایران

[۳]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران، ایران

[۴]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران، ایران

[۵]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر بیوپرایمینگ بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کنجد در شرایط تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۵ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل بیوپرایمینگ در سه سطح عدم پرایمینگ (به عنوان شاهد)، باسیلوس سابتیلیس و سدوموناس فلورسنس و تنش شوری در چهار سطح صفر، ۳، ٦ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بودند. نتایج نشان داد صفات مورد بررسی از جمله درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی روزانه، متوسط جوانه‌زنی روزانه، شاخص طولی قدرت گیاهچه، طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه به طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرار گرفت. تأثیر باکتری‌های محرک رشد با وجود اینکه تا حدی سبب کاهش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گردید ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل شوری و باکتری بر سرعت جوانه‌زنی و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی معنی‌دار شد. با افزایش شوری میانگین صفات درصد جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی، شاخص طولی قدرت گیاهچه، طول ریشه‌چه و گیاهچه کاهش معنی‌داری نشان دادند. برش‌دهی اثر متقابل صفات سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی نشان داد که سطوح عدم تلقیح و تلقیح با باکتری سدوموناس در سطوح مختلف شوری معنی‌دار بود. به طور کلی بذر گیاه کنجد نسبت به شوری مقاومت خوبی در مرحله جوانه‌زنی از خود نشان داد و کاربرد باکتری سدوموناس فلورسنس توانست سرعت جوانه‌زنی بذر را افزایش و زمان لازم برای جوانه‌زنی را در شرایط تنش بالا کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: باسیلوس سابتیلیس، بنیه بذر، بیوپرایمینگ، سودوموناس، کنجد.

*نویسنده مسئول: aghighim@yahoo.com

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) از دانه‌های روغنی مهم می‌باشد که به‌طور وسیعی در اکثر مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری، جایی که مشکلات ناشی از شوری امری متداول است، کشت می‌گردد (Fardol et al., 2011). استفاده از این گیاه دارویی و روغنی به‌دلیل داشتن درصد روغن و پروتئین بالا و همچنین مواد آنتی‌اکسیدان در بسیاری از کشورها مرسوم است (Koca et al., 2007). استقرار ضعیف گیاهچه به‌دلیل شوری یکی از مهمترین مشکلات مناطق نیمه خشک و به ویژه کشورهای در حال توسعه این مناطق می‌باشد (Murugu et al., 2007). گیاهان در محیط‌های شور با دو مشکل عمده مواجه هستند، یکی املاح زیاد در محلول خاک که پتانسیل اسمزی خاک را پایین می‌آورد و باعث کاهش جذب آب و کمبود آب در گیاه می‌شود که این امر موجب اختلال در تقسیم سلول و بزرگ شدن سلول‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، دوم بالا بودن غلظت‌های یون‌ها به خصوص سدیم و کلر که موجب کاهش جذب یون‌های ضروری از جمله یون‌های پتاسیم، کلسیم، آمونیوم و نیترات شده و فعالیت آنزیم‌ها را نیز کاهش داده و ساختار غشاء را به هم می‌زند (Ezadi Darband et al., 2012). لذا عمده‌ترین مشکل پیش رو در راستای تولید محصول در این مزارع مربوط به جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه در مزرعه است.

امروزه فناوری‌های مختلفی در جهت ارتقای کیفیت بذر با هدف افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه تحت شرایط نامساعد محیطی توسط پژوهشگران مورد ارزیابی قرار گرفته است. یکی از این فناوری‌ها، پیش تیمار بذر و یا پرایمینگ بذر می‌باشد (Renaut et al., 2004). پرایمینگ فناوری است که به واسطه آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر کشت از لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند. این امر سبب تغییرات زیستی و فیزیولوژیکی زیادی در بذور و همچنین گیاه حاصل از آن می‌گردد، به طوری که نتیجه آن جوانه‌زنی بهتر و استقرار مناسب گیاهچه در حال حاضر، تقویت زیستی بذر با به کارگیری باکتری‌های افزاینده رشد گیاه از جمله کارآمدترین روش‌های پرایمینگ بذر بوده و در حال جایگزینی تدریجی با تیمارهای شیمیایی می‌باشد (Gutierrez Mañero et al., 2003). نژادهایی از جنس سودوموناس، باسیلوس و ریزوبیوم قدرتمندترین حل کننده‌های فسفات می‌باشند. مکانیسم اصلی برای حل شدن فسفات معدنی تولید اسیدهای آلی است و اسید فسفاتازها نقش مهمی را در کانی‌های فسفر آلی خاک بازی می‌کنند. *سودوموناس فلورسنس*[1] از باکتری‌های گرم منفی است که اسپور تولید نمی‌کند و قادر است قندها را به عنوان یک عامل اکسید کننده تجزیه نماید (Haines and Guillard, 1974). گونه‌ی *سودوموناس فلورسنس* از مهم‌ترین انواع باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد محسوب می‌شوند. نقش اصلی این باکتری‌ها در بهبود رشد گیاه، به طور غیرمستقیم و از طریق توان آن‌ها در حذف عوامل بیماری‌زا از منطقه‌ی ریشه گزارش شده است. باسیلوس‌ها از جمله باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی اختیاری هستند که قادرند آنزیم‌های هیدرولیتیک خارج سلولی تولید نمایند که در فرآیندهای صنعتی نیز کاربرد دارند (Past et al., 2012). باکتری‌های افزاینده رشد گیاه از طریق سازوکارهای متفاوت بر شاخص‌های مختلف رشد تأثیر می‌گذارند. از جمله این سازوکارها می‌توان به تولید و ترشح تنظیم کننده‌های رشد مثل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکنین‌ها، تثبیت نیتروژن، توان حل کنندگی فسفات‌های نامحلول و سایر عناصر غذایی و نیز کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی اشاره کرد. موفقیت در تلقیح بذور با باکتری‌های محرک رشد به شرایط تلقیح، pH، شوری و تمام شرایط کشت بستگی دارد. Gafni et al., (1986) گزارش نمودند که باکتری‌های محرک رشد اثر مفیدی بر شاخص‌های رشد ریشه ذرت نداشته است چون در غلظت به کار

1. *Pseudomonas flurescens*

برده شـده (10^{9}– 10^{11}cfuml^{-1})، باکتری‌ها بیشـتر به صـورت تجمع‌های چند لایه‌ای غیرفعال به ریشـه چسـبیده‌اند. Amoaghaei et al., (2003) با بررسی برخی ارقام گندم در غلظت 10^{9}cfuml^{-1} باکتری‌ها اثر منفی بر رشد گیاهچه‌های گندم گذاشتند به طوری که در این غلظت مورفولوژی ریشه شکل غیر طبیعی پیدا کرده است.

از آنجایی که خاک‌های کشـور در مجموع به سـمت شـور و قلیایی شـدن پیش می‌روند، بررسـی فعالیت محلول کنندگی فسـفات در باکتری‌های حل کننده فسـفات نظیر سـودوموناس فلورسـنس و باسـیلوس سـابتیلیس، در شرایط سـخت محیطی (اسیدیته‌های مختلف و غلظت‌های نمک بالا) که این باکتری‌ها قادرند در خاک‌های قلیایی نیز عملکرد خود را حفظ کنند، لازم و ضـروری می‌باشـد (Sabet Tamouri et al., 2007). هدف از این آزمایش بررسـی تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کنجد در شرایط تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تهران در سال ۹۵-۱۳۹٤ به صـورت فاکتوریل دو عامله در قالب طرح کاملاً تصـادفی در سـه تکرار انجام شـد. تیمارهای آزمایشـی شامل چهار سـطح تنش شـوری صفر، ۳، ٦، ۹ دسی زیمنس بر متر و سطوح پیش تیمار تلقیح باکتریایی شامل شاهد (عدم تلقیح)، باسیلوس سابتیلیس[1]، سودوموناس فلورسنس[2] بود. سوسپانسیون مایه باکتری‌ها شامل باسیلوس سابتیلیس، سودوموناس فلورسـنس (سـویه P21) به صورت ساده با غلظت تقریبی ۱۰۷ CFU/ml که از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشـور تهیه شـده بود، تلقیح گردید. بذور کنجد رقم اولتان از موسـسـه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردید. به‌منظور ضـدعفونی بذور قبل از کشـت به مدت یک دقیقه در محلول هیپوکلریت سـدیم قرار گرفتند و بلافاصـله چندین بار با آب مقطر شـسـته شـدند. بذور درون ظرف‌های جداگانه قبل از قرار گرفتن در بسـتر کشـت به مدت ۱۵دقیقه به منظور تکمیل تلقیح در مایع تلقیح باقی ماندند. در مرحله بعد از هر تیمار تلقیح باکتریایی ۲۵ بذر در داخل پتری دیش بر روی کاغذ صـافی قرار داده شـد و بسته به تیمار آزمایشی از آب مقطر یا آب با شوری مورد نظر اضـافه و درب آن‌ها را با پارافیلم به منظور جلوگیری از تبخیر کاملاً بسـته و برای جوانه‌زنی به ژرمیناتور با رطوبت نسـبی ۷۰±۵ درصـد و درجه حرارت ۱±۲۵ درجه سـلسـیوس منتقل گردید. معیار بذور جوانه‌زده خروج ریشـه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر در نظر گرفته شـد (ISTA, 2010) و تعداد بذور جوانه زده در هر روز در سـاعت معین یادداشت گردید و صفات زیر محاسبه شد.

- درصد جوانه‌زنی: در پایان دوره آزمایش (۷ روز) تعداد بذور جوانه‌زده بر حسب درصد گزارش شد.
- سرعت جوانه‌زنی: برای محاسبه آن با شروع جوانه‌زنی بذرها، همه روزه جوانه‌های تولید شده شمارش می‌شوند و تا زمانی ادامه می‌یابد که بذرها توانایی تولید گیاهچه را داشته باشند و از رابطه ۱ محاسبه گردید (Maguire, 1962).

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های عادی}}{\text{تعداد روز تا اولین شمارش}} + \ldots\ldots + \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های عادی}}{\text{تعداد روز تا آخرین شمارش}} \qquad \text{رابطه ۱}$$

1. *Bacillus subtilis*
2. *Pseudomonas fluorescens*

- شـــاخص بنیه طولی و وزنی گیاهچه: پس از پایان دوره آزمایش (۷ روز) وزن خشـــک و طول گیاهچه‌های عادی اندازه‌گیری و شاخص قدرت طولی و وزنی گیاهچه از رابطه ۲ محاسبه شد (ISTA, 2010).

رابطه ۲

شاخص بنیه طولی و وزنی گیاهچه= میانگین وزن (گرم) یا طول گیاهچه (سانتی‌متر) × جوانه‌زنی استاندارد (٪).

- متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی (MTG): متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی۱ که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی است، با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید (Ellis and Roberts, 1981).

رابطه ۳

$$MTG = \frac{\sum(nd)}{\sum n}$$

که در آن n، تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز، d، تعداد روزها از آغاز آزمون است.

- متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG): متوسط جوانه‌زنی روزانه۲ که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است، از رابطه ٤ تعیین گردید (Hoogenboom and Peterson, 1987).

رابطه ٤

$$MDG = \frac{FGP}{d}$$

که در آن FGP، درصـــد جوانه‌زنی نهایی۳ و d، تعداد روزها تا رســـیدن به حداکثر جوانه‌زنی نهایی (طول دوره آزمایش) است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 و SPSS انجام شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در ســطح احتمال پنج درصــد مقایســه شــدند. برش‌دهی اثر متقابل (تجزیه آماری پس از آنوا[4]) به‌دلیل معنی‌دار بودن اثر متقابل در مورد بعضـی از صـفات و همبسـتگی سـاده (پیرسـون) بین تمامی صـفات توسـط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ صورت گرفت (Soltani et al., 2012) و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

درصــد جوانه‌زنی: بررســی نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشـان داد که در بین تیمارهای مورد بررســی فقط تیمار شـوری در سـطح احتمال یک درصـد اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی داشت. همچنین مقایسه میانگین سطوح تنش شوری نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری از قابلیت جوانه‌زنی به میزان قابل توجهی کاسته شد و تیمار شاهد از قابلیت جوانه‌زنی بالاتری در گیاه کنجد برخوردار بود (۹۸/۳۳ درصـــد) و ســـطوح بالای شـــوری کاهشـــی حدود ۱۰ درصدی در میانگین این صفت را نشان دادند (جدول ۲). علت کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش شوری را می‌توان به حضـــور بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها نســـبت داد که علاوه بر ایجاد مســـمومیت، باعث کاهش پتانســـیل و در نتیجه موجب اختلال در جذب آب توسط بذر می‌شود (Ezadi Darband et al., 2012). Keshavarzi et al., (2008) با بررسی اثر تنش شـوری بر خصوصیات جوانه‌زنی هفت رقم کنجد گزارش کردند که با افزایش تنش شوری، درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. درصد جوانه‌زنی بذر کنجد با صفات سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی، شـاخص طولی قدرت گیاهچه، طول ریشـه‌چه، سـاقه‌چه و گیاهچه همبسـتگی مثبت و معنی‌داری داشـت (جدول ۳).

1. Mean Time of Germination
2. Mean Daily Germination
3. Final Germination Percentage
4. Post- ANOVA

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مختلف کنجد تحت بیوپرایمینگ و شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	ارزش جوانه‌زنی	شاخص وزنی بنیه گیاهچه	شاخص طولی بنیه گیاهچه
بیوپرایمینگ (BP)	۲	۳۳/۳۳ ns	۸/٤٥ ns	۰/۰۲**	۰/۹۲ ns	۲/۹۱ ns	۸٥٥۸/۰ ns	۲۹۰/۷۱ ns
شوری (S)	۳	۱٤٦/۹۹**	۲۰/۸۸**	۰/۰۳**	٤/۱**	۱٤/٤۷**	۱۱۸۷۲/۳۳ns	۱٦٥٦٦٥/۹٦**
S×BP	٦	۲۱/۲۹ ns	۹/۸۹**	۰/۰۲**	۰/٥۹ ns	۱/۹۰ ns	۲٤۸۳٦/٥۷ns	۱۱۳۱۹/۷ ns
خطا	۲۲	۲٦/۳۲	۰/۲	۰/۰۰۰۳	۰/۷۳	۲/٤۰	۱٦۰٤۹/۳۳	۹۱٥۰/٦۸
ضریب تغییرات (٪)	–	٥/٥۲	٦/٦۹	٥/۳۹	٥/٥۱	۱۰/۷۳	۹/۳۷	۱٦/۷٦

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ادامه جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مختلف کنجد تحت بیوپرایمینگ و شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	ضریب آلومتریک
بیوپرایمینگ (BP)	۲	۰/۰۷ns	۰/۰۷ns	۰/۰۱ ns	۰/۸۸ ns	۰/۰۸ ns
شوری (S)	۳	۱/۰۸*	۸/۳۳**	۱٥/۱۱**	۱/٥۸ ns	۰/۷۹ ns
S×BP	٦	۰/۱٦ns	۰/٦٥ns	۱/۰۲ ns	۲/۷۱ ns	۰/٤۳ ns
خطا	۲۲	۰/۲	۰/٤۹	۰/۹۷	۱/۸۰	۰/۳۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۲۰/۲٥	۲۱/٦۳	۱٥/۸۳	۱۷/۹۷	۱٥/٦۸

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

سرعت جوانه‌زنی: سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر شوری و اثر متقابل شوری در بیوپرایمینگ قرار گرفت (جدول ۱). برهم کنش شوری و بیوپرایمینگ نشان داد بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۱۳/۰۳ بذر در روز) در عدم تلقیح (شاهد) در شوری صفر دسی زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل، تجزیه آماری پس از آنوا (برش‌دهی اثر متقابل) انجام و نشان داد که تیمار عدم تلقیح (شاهد) و تلقیح با باکتری سدوموناس فلورسنس در هر یک از سطوح شوری اثر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی بذر کنجد داشت، ولی اثر باکتری باسیلوس غیر معنی‌دار بود (جدول ٤). موفقیت در تولید محصول با کیفیت و کمیت بالا علاوه بر درصد جوانه‌زنی بالای بذر بستگی به یکنواختی در رویش و سرعت استقرار گیاه در بستر خاک نیز دارد، که این عامل ارتباط نزدیکی با سرعت جوانه‌زنی دارد (Ezadi Darband et al., 2012). Ashraf and Foolad (2005) گزارش کردند اعمال پیش تیمار بذر به دلیل افزایش سرعت جوانه‌زنی در محیط‌های شور سبب می‌شود، بذر کمتر تحت تأثیر اثرات سمیت نمک و کمبود آب قرار گرفته و از این طریق، سرعت جوانه‌زنی تحت تنش شوری بهبود می‌یابد که با نتایج این آزمایش کاملاً متضاد است. علل این تناقض در اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند به کافی نبودن مقدار مایع تلقیح مربوط باشد، از طرف دیگر Amoaghaei et al., (2003) بیان داشتند که میزان تأثیر باکتری بر رشد گیاهان با غلظت باکتری ارتباط نزدیکی دارد. آن‌ها گزارش کردند که استفاده از باکتری در غلظت‌های پایین اثر مثبت و در غلظت‌های بالا اثر منفی بر شاخص‌های

رشـدی و جوانه‌زنی گندم دارد. اسـتفاده از غلظت‌های بالای باکتری اثر مفیدی بر شاخص‌های رشد و جوانه‌زنی ذرت نداشـته اسـت، چون در این غلظت باکتری‌ها بیشـتر به صـورت تجمع‌های چند لایه‌ای غیرفعال به ریشـه چسـبیده‌اند (Gafni et al., 1986). بنـابراین بـا توجـه به مطالب گفته شـــده می‌توان چنین اظهار داشـــت که در تلقیح گیاهان با باکتری‌های محرک رشـد یک آسـتانه غلظت وجود دارد و احتمالاً اسـتفاده از غلظت بالای این باکتری‌ها علت کاهش سـرعت جوانه‌زنی در این آزمایش باشد. براساس جدول همبستگی بین صفات (جدول ۳) سرعت جوانه‌زنی با صفات درصـد جوانه‌زنی، متوسـط زمان جوانه‌زنی، متوسـط جوانه‌زنی روزانه، سـرعت جوانه‌زنی روزانه، ارزش جوانه‌زنی، شـاخص طولی قدرت گیاهچه، طول ریشـه‌چه، سـاقه‌چه و گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. علت کاهش سـرعت جوانه‌زنی در سطوح شوری بالا، ایجاد اختلال در جذب آب در این شرایط بوده که این عمل یعنی جذب آب برای شـــروع فعـالیـت‌هـای فیزیولوژیکی داخل بذر لازم می‌باشـــد، زمانی که این جذب به کندی صـــورت می‌گیرد فعالیت‌های فیزیولوژیکی داخل بذر نیز به آرامی صـورت گرفته و مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد و به عبارتی سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Ezadi Darband et al., 2012 ؛ Sheriff et al., 1998).

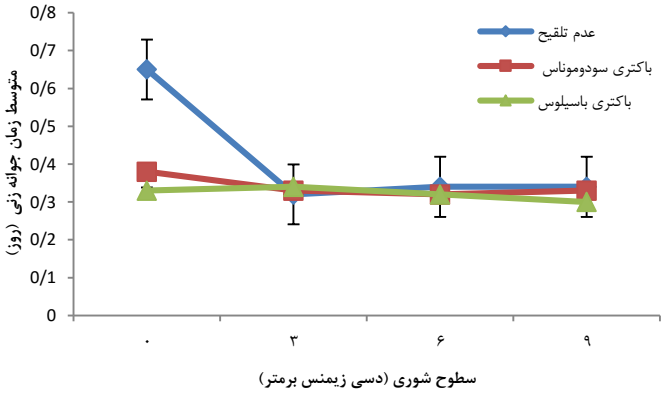
متوسط زمان جوانه‌زنی: قرارگیری بذور در معرض تنش منجر به افزایش متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی در هر روز گردید. آشـکارترین اثر شـوری تأخیر در رشـد اسـت. باکتری‌های محرک رشد روی این صفت در سطح احتمال یک درصد به طور قابل توجهی تأثیر گذاشتند، به طوری که کمترین زمان لازم برای جوانه‌زنی در باکتری باسیلوس مشاهده شـد و مقدار بدسـت آمده از این صـفت اختلاف معنی‌داری با باکتری سـودوموناس فلورسنس نداشت و تقریباً هر دو باکتری به یک اندازه باعث کاهش زمان لازم برای جوانه‌زنی شـــدند (شـــکل ۲). بروز تنش شـــوری به واســـطه ایجاد خشـکی فیزیولوژیکی موجب کاهش آب قابل دسـترس و در نتیجه تأخیر و عدم یکنواختی جوانه‌زنی می‌گردد (Lucy et al., 2004). در میان پیش‌تیمارها تلقیح باکتری بیشترین نقش را در کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی و درنتیجه افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی روزانه داشتند. بر اساس نتایج بردش دهی اثر متقابل، عدم تلقیح و تلقیح با باکتری محرک رشد سدوموناس اثر معنی‌داری در کنار هر یک از سطوح شوری بر متوسط زمان جوانه‌زنی داشت (جدول ٤).

متوســـط جوانه‌زنی روزانه و ارزش جوانه‌زنی: با توجه به نتایج تجزیه واریانس باکتری‌های محرک رشـــد تأثیری بر متوسـط جوانه‌زنی روزانه نداشـتند در عوض این صفت تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری در سطح احتمال یک درصـد قرار گرفتند (جدول ۱). با افزایش سطوح تنش شوری متوسط جوانه‌زنی روزانه کاهش یافت و بیشترین مقدار در تیمار شاهد (بدون تنش) با میانگین ۱٦/۳۹ بذر مشاهده گردید (جدول ۲).

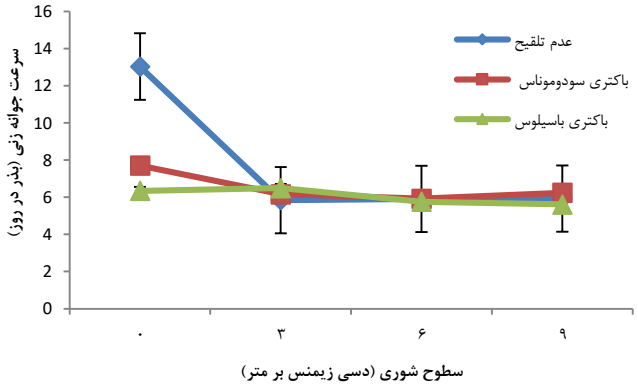
در مورد صفت ارزش جوانه‌زنی طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) ارزش جوانه‌زنی تحت تأثیر سطوح مختلف شـوری در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. بیشترین ارزش جوانه‌زنی در سطح شوری صفر (بدون تنش) با میانگین ۱٦/۱۵ بدســـت آمد (جدول ۲). Fazeli Kakhki et al., (2014) با بررســـی مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشـــد گیاهچه اکوتیپ‌های کنجد در شـرایط تنش شـوری گزارش کردند که ارزش جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر سـطوح مختلف شوری قرار گرفت بطوری که بیشـترین مقدار این صـفت در شـوری شاهد (صفر دسی‌زیمنس بر متر) و کمترین آن در ۲۵/۱ دسـی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. به نظر می‌رسد کاهش مقدار ارزش جوانه‌زنی به دلیل فعال شدن مکانیسم‌های تحمل به شوری در سطح سلول و بافت گیاه باشد (Kafi et al., 2010).

شـــاخص طولی بنیه گیاهچه: در ارزیابی شـاخص بنیه بذر به عنوان یکی از پارامترهای کیفیت بذر مشـاهده گردید که اعمال تنش شـوری منجر به کاهش شـاخص بنیه بذر نسبت به شرایط غیر تنش گردید. طبق نتایج تجزیه واریانس صفت

مذکور تحت تأثیر سطوح مختلف شوری در سطح یک درصد قرار گرفت و بیشترین شاخص در سطح بدون تنش و کمترین مربوط به سطح شوری ٦ و ٩ دسی زیمنس بود (جدول ١ و ٢). طبق نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر، اعمال تنش شوری موجب ایجاد محیطی نامناسب برای جوانه‌زنی بذور گردید، به نحوی که صفت مورد ارزیابی کاهش معنی‌داری را نشان داد. فاضلی کاخکی و همکاران (٢٠١٤) نیز اثر تنش شوری را بر شاخص بنیه گیاهچه بذر کنجد را معنی‌دار گزارش کردند. مطالعات (Khalesro and Aghalikhani, 2007) نشان داد که شاخص بنیه گیاهچه بذور سورگوم در تیمار شاهد (عدم تنش شوری) ٨٠/٣٤ بود که با افزایش شوری این شاخص کاهش پیدا کرد، بطوری که در شوری‌های ٣٣ و ٤٠ دسی زیمنس بر متر به صفر رسید. نتایج همبستگی نشان داد که شاخص طولی قدرت گیاهچه با صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (جدول ٣). این نتایج بیانگر آن است که بذوری که در شرایط تنش محیطی از توانایی تولید گیاهچه بالاتری برخوردارند در یک زمان معین مقدار ماده خشک بیشتری تولید کرده و از این طریق قدرت استقرار خود را در محیط بهبود می‌دهند (Soltani et al., 2009).



شکل ١: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در باکتری محرک رشد بر سرعت جوانه‌زنی بذر کنجد



شکل ٢: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در باکتری محرک رشد بر متوسط زمان جوانه‌زنی بذر کنجد.

جدول ۲: مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کنجد تحت تنش شوری

سطوح مختلف شوری (دسی زیمنس بر متر)	درصد جوانه‌زنی	ارزش جوانه‌زنی	شاخص وزنی قدرت گیاهچه	شاخص طولی قدرت گیاهچه	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول ساقه (سانتی‌متر)	نسبت طول ساقه به ریشه	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)
۰	۹۸/۳۳ a	۱۶/۱۵ a	۱۰۷/۲۸ a	٤٤۷/۷۲ a	۳ a	۱/۵۱ a	۱/۹٦ a	٤/۵۲ a	۱/۰۹ a
۳	۹۳/۳۳ ab	۱٤/۵٦ b	۸۹/۵۵ a	۲۷۲/۲۹ b	۱/۸۱ b	۱/۱۱ ab	۱/٦٤ ab	۲/۹۳ b	۰/۹۵ a
٦	۸۸/۸۸ b	۱۳/۱۹ b	۱٤۲/۰۵ a	۱٦۰/۲٦ c	۱/۰۹ c	۰/۰۷ b	۱/۵۷ b	۱/۸۰ c	۱/۵۸ a
۹	۹۱/۱۱ b	۱۳/۸۷ b	۱۷۱/۰۵ a	۱٦۰/۵۹ c	۰/۸٦ c	۰/۸۹ b	۱/۲٤ b	۱/۷٦ c	۱/۸۵ a

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

جدول ۳: بررسی همبستگی بین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کنجد تحت تأثیر بیوپرایمینگ و سطوح مختلف شوری

	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
وانه‌زنی	۱												
جوانه‌زنی	۰/۵٤**	۱											
مان	۰/۳٦*	۰/۹۸**	۱										
جوانه‌زنی	۰/۹۹**	۰/۵٤**	۰/۳٦*	۱									
جوانه‌زنی	-۰/۹۱**	۰/٤۰*	-۰/۲۳ ns	-۰/۹۱**	۱								
وانه‌زنی	۰/۹۹**	۰/۵۵**	۰/۳۸*	۰/۹۹**	-/۹۰**	۱							
وزنی قدرت	۰/۰٦ ns	-۰/۰٦ ns	-۰/۰۷ ns	۰/۰۵ ns	-۰/۱۱	۰/۰۵ ns	۱						
طولی قدرت	۰/۵٦**	۰/٦۷**	۰/٦۱**	۰/۵۷**	-/٤۰*	۰/۵۸**	-۰/۰۹ ns	۱					
ه‌چه	۰/٤٦**	۰/٦۳**	۰/۵۹**	۰/٤٦**	-۰/۳۲ ns	۰/٤۷**	-۰/۱۰ ns	۰/۹۵**	۱				
ه‌چه	۰/٤۱*	۰/٤٦**	۰/٤۱*	۰/٤۱*	-۰/۲٦ ns	۰/٤۲**	-۰/۰۹ ns	۰/۷۸**	۰/۵۸**	۱			
ول ریشه‌چه ه	۰/۰۹ ns	۰/۲۹ ns	۰/۲۹ ns	۰/۰۹ ns	-۰/۰۵ ns	۰/۰۹ ns	-۰/۰۹ ns	۰/۵۱**	۰/۷۲**	-۰/۰۱ ns	۱		
هچه	۰/٤۹**	۰/٦٤**	۰/۵۹**	۰/٤۹**	-۰/۳۳*	۰/۵۰**	-۰/۱۱ ns	۰/۹۹**	۰/۹۵**	۰/۷۹**	۰/۵۳**	۱	
ک گیاهچه	۰/۰۰۳ ns	-۰/۰۹ ns	-۰/۱۰ ns	۰/۰۰۳ ns	-۰/۰۵ ns	-۰/۰۰۲ns	۰/۹۹**	-۰/۱۳ ns	-۰/۱۳ns	-۰/۱۱ ns	-۰/۰۹ ns	-۰/۱۳ ns	۱

** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال **پنج و یک** درصد.

جدول ٤: برش‌دهی اثر متقابل (تجزیه آماری پس از آنوا) سطوح بیوپرایمینگ در هر سطح تنش شوری

سطوح مختلف بیوپرایمینگ	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی
عدم تلقیح	۳	۳۸/۲۰**	۰/۰۷۵**
تلقیح با باکتری سدوموناس	۳	۱/۹۵**	۰/۰۰۲**
تلقیح با باکتری باسیلوس	۳	۰/۵۵ ns	۰/۰۰۰۹ ns

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال **پنج و یک** درصد.

رشـد گیاهچه: طبق جدول تجزیه واریانس (جدول۱) تأثیر تنش شـوری بر صـفات طول گیاهچه، طول ریشه‌چه، طول سـاقه‌چه معنی‌دار بود و تحت تأثیر تنش شوری کاهش چشمگیری را نشان داد. طول گیاهچه در سطح بدون تنش بیشتر بود و با افزایش سـطح تنش از طول گیاهچه کاسـته شـد. کاهش طول گیاهچه در پاسخ به افزایش تنش شوری به دلیل اثرات اسـمزی کمبود آب، اثرات سـمی یون‌ها و عدم جذب متوازن مواد غذایی لازم بود که این حالت ممکن اسـت متابولیسـم گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. شوری اثر منفی بر طول ساقه‌چه داشت و باکتری‌ها نقشی در کاهش اثر شوری نداشـتند و بیشـترین میزان اثر بخشـی تلقیح باکتری‌ها در سطح بدون تنش مشاهده شد و با افزایش سطوح تنش میزان اثر بخشـی باکتری‌ها کاهش یافت. از عوامل کاهش طول سـاقه‌چه و ریشـه‌چه در شـرایط تنش شوری، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین گزارش شده است، علاوه بر آن کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه می‌شود (Kafi et al., 2005). Jamil *et al.*, (2006) در آزمایشـی گزارش کردند که افزایش شـوری موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در کلزا گردید.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده به دلیل غلظت ناکافی و یا گونه نامناسب باکتری‌های محرک رشد اثر مثبت زیادی در افزایش پارامترهای جوانه‌زنی بذر کنجد نشـان ندادند. با توجه به برش‌دهی اثر متقابل گونه سـدوموناس فلورسـنس باکتری نسـبت به گونه باسـیلوس اثر مثبتی در سـرعت جوانه‌زنی و مدت زمان جوانه‌زنی از خود نشان داد. شوری اثر منفی بر شاخص‌های جوانه‌زنی از خود نشان داد ولی با توجه به نتایج کلی بدست آمده، بذر کنجد در مرحله جوانه‌زنی حسـاسـیت زیادی به شـوری از خود نشـان نداد، چون شـوری ٦ و ۹ دسـی زیمنس بر متر کاهش حدود ۸ درصـدی جوانه‌زنی بذر را باعث شـد. بیشـتر پژوهشـگران بر این عقیده‌اند که حلالیت فسـفر در محیط ریشه توسط باکتری‌های محرک رشـد آن قدر کم اسـت که اثر معنی‌داری در رشـد گیاه نمی‌تواند داشته باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در موقع تلقیح به انتخاب مناسب غلظت باکتری، گونه، تناسب سویه با ارقام زراعی، برای رسیدن به نتایج مثبت توجه شود.

References

Amoaghaei, R., Mostajeran, A. and Emtiazi, G. 2003. The effect of *Rhizobium* bacteria on some growth indices and yield three wheat cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 14(2): 127-139. (In Persian).

Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2005. Four pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Advances Agronomy. 88: 223-271.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 377-409.

Ezadi Darband, A., Mohammadian, M., Yangh, A. and Zarghani, H. 2012. The effect of temperature and salinity on germination and growth characteristics of sesame varieties (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 10(2): 335-345. (In Persian).

Fardol, S., Sadrabadi Haghi, R. and Nabavi Kalat, S. M. 2011. The effect of priming on seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) under salt stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 9(3): 535-543. (In Persian).

Fazeli Kakhki, S. F., Nezami. A., Parsa, M. and Kafi, M. 2014. Evaluate the components of germination and seedling growth of sesame ecotypes (*Sesamum indicum* L.) under salt stress. Environmental stresses in Crop Sciences. 7(2): 217-232. (In Persian).

Gafni, R., Okon, Y., Kapulnik, Y. and Fischer, M. 1986. Adsorption of *Azospirillum barasilense* to corn (*Zea mays*) roots. Soil Biology and Biochemistry, 18:69-76.

Gutierrez Mañero, F.J., Probanza, A., Ramos, B., Colón Flores, J.J., and Lucas 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: 145-58.

Haines, K.C. and Guillard, R.R.L. 1974. Growth of vitamin B12-requiring marine diatoms in mixed, laboratory culture with vitamin B12 producing marine bacteria. Journal of phycology, 10: 242-252

Hoogenboom, G. and Peterson, C.M. 1987. Shoot growth rate of soybean as affected by drought stress. Agronomy Journal, 79: 598-607.

International Seed Test Association (ISTA). 2005. International role for seed testing edition. Bassersdorf, Switzerland.

Jamil, M., Bae Lee, D., Yony Jun, K., Ashraf, M. and Chin, S. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. Journal of Agriculture. 7: 273-282.

Kafi, M., Barzooei, A., Salehi, M., Kamadi, A., Masoomi, A. and Nabati, G. 2010. Environmental Stress Physiology in Plants. Publications University of Mashhad.

Kafi, M., Nezami, A., Hosseini, H. and Masoomi, A. 2005. Physiological effects of drought stress on the germination of polyethylene glycol lentil genotypes, Iranian Journal of Field Crops Research. 3: 69-81. (In Persian).

Keshavarzi, M., Ashrafi, A. and Razlgoo, KH. 2008. The effects of NaCl on seed germination 7 sesame (*Sesamum indicum* L.). Proceedings of the First National Conference on Science and Technology Seed Iran. 54-64. (In Persian).

Khalesro, S., and Aghaalikhani, M. 2007. Effect of salinity and water deficit stress on seed germination of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. cultivar speed feed) and pearl millet (*Pennisetum americanum* L. cultivar nutrifeed). Pajouhesh and Sazandegi, 77: 153-163. (In Persian).

Koca, H., Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. Environmental and Experimental Botany, 60: 344-351.

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

Maguire, J.D. 1962. Seed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science. 2: 176-177.

Murugu, F.S., Chiduza, C., Nyamugafata, P., Clark, L.J., Whalley, W.R. and Finch-Savage, W. 2004. Effects of on-farm seed priming on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of maize in semi-arid Zimbabwe. Field Crops Research. Available online 7 April 2004.

Past, S., Nezami, A., Khatemi Nezhad, M.R., Miri Nargesi, M.S., Moosavi, S. and Salehi, A. 2012. Cellulase-producing strains of bacillus Isolation and molecular identification of forest soil. Microbial Biotechnology Journal of Islamic Azad University. 4(12): 1-6. (In Persian).

Renaut, J., Lutts, S., Hoffmann, L. and Hausman, J.F. 2004. Responses of poplar to chilling temperature: proteomics and physiological aspects. Plant Biology, 6:81 – 90.

Sabet Tamouri, M. H., Khazaei, R., Nezami, A. and Nasiri Mahalati. M. 2007. The effect of salinity on enzymes antioxidant activity and physiological characteristics of sesame varieties (*Sesamum indicum* L.). Agricultural Research Journal: water, soil and Plants in Agriculture. 7(4): 109-119. (In Persian).

Sheriff, M., El-beshbeshy, A.T.R. and Richter, C. 1998. Response of some Egyptian varieties of wheat to salt stress through potassium application. Seed Abst. 21: 470-475.

Soltani, A. 2012. SAS software is used in statistical analysis. Publications University of Mashhad.

Soltani, E., Akram-Ghaderi, F. and Maemar, H., 2009. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. Journal Agriculture Science Nature Resource. 14(5): 9-16. (In Persian).