

## تأثیر پلی‌آمین‌ها بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) رقم بسنتی در زمان‌ها و دماهای مختلف

بهروز اسماعیل‌پور<sup>۱\*</sup>، سمیه بهادری<sup>۲</sup> و سرور خرم‌دل<sup>۳</sup>

۱- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

\* نویسنده مسئول: bsmaielpoor2008@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۰۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۵)

### چکیده

به‌منظور بررسی اثر پلی‌آمین‌ها بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) رقم بسنتی در دماهای متفاوت دو آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۳ انجام شد. در آزمایش اول، تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف مدت زمان (۱۲ و ۲۴ ساعت) و پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مختلف اسپرمین و اسپرمیدین (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) بود. ابتدا زمان بهینه برای پیش‌تیمار بذر بامیه با اسپرمین و اسپرمیدین تعیین شد. سپس در آزمایش دوم بذره‌های بامیه با اسپرمین و اسپرمیدین در غلظت‌های ذکر شده در زمان ۱۲ ساعت پیش‌تیمار شدند و آزمون‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه برای بذره‌های پیش‌تیمار شده در دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که با کاهش دما، شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بامیه کاهش یافت و بهترین دما برای جوانه‌زنی بامیه ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. به‌علاوه پیش‌تیمار بذر بامیه با اسپرمین و اسپرمیدین سبب افزایش معنی‌دار تمامی صفات‌های اندازه‌گیری شده بامیه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد شد. نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد پیش‌تیمار با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسپرمین و اسپرمیدین برای بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر بامیه در دماهای مختلف مطلوب است.

واژه‌های کلیدی: اسپرمیدین، اسپرمین، تنش سرما، جوانه‌زنی بذر، هورمون - پرایمینگ.

### مقدمه

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).

تنش سرما که شامل خسارت سرمازدگی (دماهای صفر تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) و خسارت یخ‌زدگی (کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد) می‌باشد، از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی مؤثر بر رشد و

مصرف محصولاتی مانند بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) نقش مهمی در مقابله با سوء تغذیه ایفاء می‌کند (Aminigo & Akingbala, 2004). زیرا 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 جزء محصولات گرمسیری و حساس به سرما است (Conway et al., 2001). دمای

بهبود جوانه‌زنی بذر، به‌ویژه زمانی که تحت شرایط تنش‌های محیطی قرار گرفته باشند؛ مطرح می‌باشد. به‌کارگیری مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان یا تحریک‌کننده 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).

پلی‌آمین‌ها هیدروکربن‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی کم و دارای زنجیره راست سه تا ۱۵ کربنه و دو گروه آمینی انتهایی هستند. این ترکیبات تقریباً در همه‌ی موجودات زنده یافت می‌شوند و در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله رشد و نمو گیاهان و جانوران، تحریک تقسیم سلولی، سنتز DNA و پروتئین‌ها، کنترل ریشه‌زایی و جنین‌زایی، واکنش به تنش‌های محیطی زنده و غیرزیستی مانند دمای پایین، بالا و شوری و تنش‌های آبی نقش ایفا می‌کنند که مهم‌ترین آنها شامل پوتریسین، اسپرمیدین و اسپرمین می‌شوند (Liu *et al.*, 2006). این ترکیبات به‌طور وسیع در سلول‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی توزیع شده‌اند و در گیاهان عالی به‌طور عمده در فرم آزاد وجود دارند. پوتریسین، اسپرمیدین و اسپرمین از پلی‌آمین‌های اصلی در گیاهان هستند و آنها در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک متنوع مانند نمو گل، جنین‌زایی، پیری و رشد تکامل میوه دخیل هستند. آنها همچنین در واکنش به تنش‌های محیطی مختلف نقش دارند (Chen *et al.*, 2018). سه ترکیب پلی‌آمین نقش مهمی را در پاسخ به تنش در گیاهان ایفا می‌کنند که به‌گونه‌ی گیاهی و نوع تنش نیز بستگی دارد (Kasukabe *et al.*, 2004). به‌دلیل افزایش سطح پلی‌آمین‌ها در گیاهان مختلف در طی فرآیند سازگاری با تنش‌های محیطی، این نظریه وجود دارد که پلی‌آمین‌ها در این فرآیند

عملکرد گیاهان می‌باشد (Thakur *et al.*, 2010). به‌طوری 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 تأخیر 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، چون در شرایط تنش سرما و یخبندان نشت مواد درون‌سلولی افزایش یافته که در این شرایط امکان رشد و توسعه عوامل آلوده‌کننده در بستر کشت بذرهای 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 & 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 & Foolad, 2005). پیش‌تیمار بذر تکنیکی است که به‌واسطه آن بذرهای پیش از قرار گرفتن در بستر کشت از لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند (Ashraf & Foolad, 2005). استفاده از پرایمینگ هورمونی یکی دیگر از روش‌هایی است که از طریق به خدمت گرفتن مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی به‌منظور

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 (Top of Paper) انجام شد. شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده (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 ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول و وزن خشک گیاهچه در هر واحد آزمایشی تعیین گردید. در ادامه شاخص طولی قدرت و شاخص وزنی قدرت مطابق رابطه‌های زیر به دست آمد:

$$\text{VIL} = \text{SL} \times \text{GR} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{VIW} = \text{DW} \times \text{GR} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه‌ها VIL و VIW به ترتیب شاخص طولی و وزنی قدرت، SL طول گیاهچه، DW وزن خشک گیاهچه و GR درصد جوانه‌زنی بذرها است. سرعت جوانه‌زنی بذرها نیز با استفاده از رابطه زیر (Ellis & Roberts, 1981) محاسبه شد:

$$\text{GR} = \sum \frac{d_i}{n_i} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه فوق GR سرعت جوانه‌زنی،  $d_i$  تعداد روز از آغاز آزمایش و  $n_i$  تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز می‌باشد.

در پایان، داده‌های حاصل از این آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS ver (9.1) مورد تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

### نتایج

تعیین مدت زمان بهینه مواد پیش‌ تیمار بذر نتایج حاصل از مقایسه میانگین تأثیر زمان و غلظت‌های مختلف اسپرمین در پیش‌ تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد اولیه

درگیر هستند (Amri & Shahsavari, 2010; Engwa, 2018). به نظر می‌رسد اهمیت پلی‌آمین‌ها در رویارویی با تنش‌ها می‌تواند به دلیل نقش آنها در تنظیم اسمزی، پایداری غشا و از بین بردن رادیکال‌های اکسیژنی فعال از محیط سلول‌ها باشد (Engwa, 2018).

لذا با توجه به اهمیت مرحله جوانه‌زنی بذر و حساسیت آن نسبت به تنش دمای پایین، استفاده از تیمارهایی که بتواند موجب بهبود جوانه‌زنی و تسریع رشد و نمو گیاهچه در شرایط تنش گردد، ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر پیش‌ تیمار بذر بامیه رقم بسنطی با اسپرمین و اسپرمیدین بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه بوده است.

### مواد و روش‌ها

بذرهای بامیه رقم بسنطی، سال ۱۳۹۳ از شرکت سپاهان رویش اصفهان تهیه گردید. این پژوهش به صورت دو 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 آزمایش اول شامل دو سطح زمان (۱۲ و ۲۴ ساعت) و پنج سطح پیش‌ تیمار بذر با غلظت‌های مختلف اسپرمین و اسپرمیدین (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) بود. در آزمایش دوم پژوهش تیمارها شامل دما در چهار سطح (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و پنج سطح پیش‌ تیمار با غلظت‌های مختلف اسپرمین و اسپرمیدین (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) بود. هورمون-پرایمینگ بذر با قرارگیری بذرهای بین دولایه کاغذ حوله‌ای مرطوب شده با غلظت‌های تعیین شده اسپرمین و اسپرمیدین به مدت ۱۲ ساعت (زمان تا قبل از خروج ریشه‌چه) اعمال شد. سپس بذرهای در دمای اتاق تا رسیدن به

(۸۴ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۱/۵)، طول ریشه‌چه (۱۹/۷ میلی‌متر)، ساقه‌چه (۱۶/۶ میلی‌متر) و گیاهچه (۳۶/۴ میلی‌متر)، وزن خشک گیاهچه (۰/۱۲۹ گرم)، شاخص طولی قدرت (۳۰۶۱) و شاخص وزنی قدرت (۱۰/۹۲) بامیه مربوط به غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در زمان ۱۲ ساعت بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین (جدول‌های ۱ و ۲) نشان داد بهترین زمان برای پیش‌تیمار بذرهای بامیه با اسپرمین و اسپرمیدین مربوط به زمان ۱۲ ساعت می‌باشد که موجب افزایش تمام شاخص‌های جوانه‌زنی گردید.

گیاهچه بامیه رقم بسنتی نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۰ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۱/۶)، طول ریشه‌چه (۲۲/۳ میلی‌متر)، ساقه‌چه (۲۰/۱ میلی‌متر) و گیاهچه (۴۲/۵ میلی‌متر)، شاخص طولی قدرت (۳۸۲۰) و شاخص وزنی قدرت (۹/۵) بامیه مربوط به غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در زمان ۱۲ ساعت بود (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین تأثیر زمان و غلظت‌های مختلف اسپرمیدین در پیش‌تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد اولیه گیاهچه بامیه رقم بسنتی نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی

جدول ۱- میانگین خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تأثیر زمان و غلظت‌های مختلف اسپرمین

| زمان (ساعت) | غلظت (میلی‌مولار) | درصد جوانه‌زنی   | سرعت جوانه‌زنی (در روز) | طول ریشه‌چه (میلی‌متر) | طول ساقه‌چه (میلی‌متر) | طول گیاهچه (میلی‌متر) | وزن خشک گیاهچه (گرم) | شاخص طولی           | شاخص وزنی           |
|-------------|-------------------|------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
|             | ۰                 | ۷۲ <sup>bc</sup> | ۱/۲۸ <sup>bc</sup>      | ۱۰/۷ <sup>d</sup>      | ۷/۱ <sup>d</sup>       | ۱۷/۸ <sup>f</sup>     | ۰/۰۶۴ <sup>c</sup>   | ۱۲۸۳ <sup>e</sup>   | ۴/۶ <sup>d</sup>    |
| ۱۲          | ۰/۵               | ۹۰ <sup>a</sup>  | ۱/۶۰ <sup>a</sup>       | ۲۲/۳ <sup>a</sup>      | ۲۰/۱ <sup>a</sup>      | ۴۲/۵ <sup>a</sup>     | ۰/۱۰۰ <sup>a</sup>   | ۳۸۲۰ <sup>a</sup>   | ۹/۵ <sup>a</sup>    |
|             | ۱                 | ۷۹ <sup>ab</sup> | ۱/۴۱ <sup>ab</sup>      | ۱۶/۲ <sup>bc</sup>     | ۱۴/۳ <sup>b</sup>      | ۳۰/۵ <sup>bc</sup>    | ۰/۰۹۲ <sup>ab</sup>  | ۴۲۲۰ <sup>b</sup>   | ۷/۳ <sup>abcd</sup> |
|             | ۱/۵               | ۶۲ <sup>c</sup>  | ۱/۱۰ <sup>c</sup>       | ۱۴/۱ <sup>c</sup>      | ۱۳/۲ <sup>bc</sup>     | ۲۷/۳ <sup>cd</sup>    | ۰/۰۷۹ <sup>bc</sup>  | ۱۶۸۵ <sup>cde</sup> | ۵/۰ <sup>cd</sup>   |
|             | ۲                 | ۶۳ <sup>c</sup>  | ۱/۱۰ <sup>c</sup>       | ۱۳/۸ <sup>c</sup>      | ۱۱/۸ <sup>c</sup>      | ۲۵/۷ <sup>de</sup>    | ۰/۰۷۶ <sup>bc</sup>  | ۱۵۹۱ <sup>de</sup>  | ۴/۸۶ <sup>d</sup>   |
|             | ۰                 | ۷۸ <sup>ab</sup> | ۱/۳۹ <sup>ab</sup>      | ۱۷/۷ <sup>b</sup>      | ۱۴/۰ <sup>b</sup>      | ۳۱/۷ <sup>b</sup>     | ۰/۰۹۷ <sup>ab</sup>  | ۲۴۷۹ <sup>b</sup>   | ۷/۶ <sup>abc</sup>  |
|             | ۰/۵               | ۷۶ <sup>bc</sup> | ۱/۳۵ <sup>bc</sup>      | ۱۰/۵ <sup>d</sup>      | ۱۳/۴ <sup>bc</sup>     | ۲۴/۰ <sup>de</sup>    | ۰/۰۹۵ <sup>ab</sup>  | ۱۸۲۵ <sup>cd</sup>  | ۷/۳ <sup>abcd</sup> |
| ۲۴          | ۱                 | ۸۰ <sup>ab</sup> | ۱/۴۲ <sup>ab</sup>      | ۱۳/۳ <sup>cd</sup>     | ۱۳/۳ <sup>bc</sup>     | ۲۶/۵ <sup>cde</sup>   | ۰/۰۹۷ <sup>ab</sup>  | ۲۱۲۴ <sup>bc</sup>  | ۷/۸ <sup>ab</sup>   |
|             | ۱/۵               | ۷۵ <sup>bc</sup> | ۱/۳۳ <sup>bc</sup>      | ۱۳/۸ <sup>c</sup>      | ۱۱/۷ <sup>c</sup>      | ۲۵/۵ <sup>de</sup>    | ۰/۰۹۱ <sup>ab</sup>  | ۱۹۱۶ <sup>cd</sup>  | ۶/۹ <sup>abcd</sup> |
|             | ۲                 | ۷۴ <sup>bc</sup> | ۱/۳۲ <sup>bc</sup>      | ۱۳/۷ <sup>c</sup>      | ۸/۸ <sup>d</sup>       | ۲۲/۶ <sup>e</sup>     | ۰/۰۷۹ <sup>bc</sup>  | ۱۶۶۸ <sup>cde</sup> | ۵/۸ <sup>bcd</sup>  |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد با روش دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمین نسبت به شاهد (غلظت صفر اسپرمین) از درصد و سرعت جوانه‌زنی بیشتری برخوردار بود. در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، بذرهای پیش‌تیمار شده با غلظت دو میلی‌مولار اسپرمین موجب افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد و سایر غلظت‌ها شد. اما شاهد و سایر غلظت‌های اسپرمین در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری نداشتند. در دمای ۲۵ درجه

### تأثیر مواد پیش‌تیمار در دماهای مختلف بر درصد و سرعت جوانه‌زنی

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها با کاهش دما تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای بامیه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اما غلظت‌های مختلف اسپرمین در مورد تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی به جزء طول ساقه‌چه اثرات سوء ناشی از تنش سرما را تعدیل نمود (جدول ۳). به‌طوری‌که در دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد، پیش‌تیمار شده با

سانتی‌گراد، پیش‌تیمار بذره‌های بامیه با غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار اسپرمین اثرات مثبت و معنی‌داری بر صفت درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت (جدول ۳).

### طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه

نتایج مقایسه میانگین طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه نشان داد که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، غلظت‌های مختلف اسپرمین طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه را نسبت به شاهد افزایش دادند. به طوری که غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمین سبب افزایش معنی‌دار

طول ساقه‌چه شد. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه بامیه را به طور معنی‌داری افزایش داد. در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، اثر بهبود دهنده پیش‌تیمار بذر با ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمین بر صفات مذکور بیشتر مشهود بود. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، تمامی غلظت‌های اسپرمین طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه بامیه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند و بیشترین مقدار عددی صفات مذکور در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمین مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۲- میانگین خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تأثیر زمان و غلظت‌های مختلف اسپرمیدین

| زمان (ساعت) | غلظت (میلی‌مولار) | درصد جوانه‌زنی    | سرعت جوانه‌زنی (در روز) | طول ریشه‌چه (میلی‌متر) | طول ساقه‌چه (میلی‌متر) | طول گیاهچه (میلی‌متر) | وزن خشک گیاهچه (گرم) | شاخص طولی قدرت     | شاخص وزنی قدرت      |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
|             | ۰                 | ۷۲ <sup>abc</sup> | ۱/۲۸ <sup>abc</sup>     | ۱۰/۷ <sup>c</sup>      | ۷/۱ <sup>f</sup>       | ۱۷/۸ <sup>e</sup>     | ۰/۰۶۴ <sup>ef</sup>  | ۱۲۸ <sup>d</sup>   | ۴/۶۰ <sup>cd</sup>  |
|             | ۰/۵               | ۸۴ <sup>a</sup>   | ۱/۵۰ <sup>a</sup>       | ۱۹/۷ <sup>a</sup>      | ۱۶/۶ <sup>a</sup>      | ۳۶/۴ <sup>a</sup>     | ۰/۱۲۹ <sup>a</sup>   | ۳۰۶ <sup>a</sup>   | ۱۰/۹۲ <sup>a</sup>  |
| ۱۲          | ۱/۰               | ۶۹ <sup>bc</sup>  | ۱/۲۳ <sup>bc</sup>      | ۱۴/۱ <sup>bc</sup>     | ۱۵/۵ <sup>ab</sup>     | ۲۹/۶ <sup>bc</sup>    | ۰/۰۹۴ <sup>bc</sup>  | ۲۰۵۷               | ۶/۵۹ <sup>bc</sup>  |
|             | ۱/۵               | ۶۶ <sup>bc</sup>  | ۱/۱۷ <sup>bc</sup>      | ۱۴/۱ <sup>bc</sup>     | ۱۲/۲ <sup>cd</sup>     | ۲۶/۳ <sup>bcd</sup>   | ۰/۰۸۷ <sup>bcd</sup> | ۱۷۶۴ <sup>cd</sup> | ۵/۸۰ <sup>bcd</sup> |
|             | ۲/۰               | ۶۴ <sup>bc</sup>  | ۱/۱۴ <sup>bc</sup>      | ۱۳/۹ <sup>bc</sup>     | ۱۱/۳ <sup>de</sup>     | ۲۵/۲ <sup>cd</sup>    | ۰/۰۸۰ <sup>bcd</sup> | ۱۶۱۱ <sup>cd</sup> | ۵/۲۰ <sup>bcd</sup> |
|             | ۰                 | ۷۸ <sup>ab</sup>  | ۱/۳۹ <sup>ab</sup>      | ۱۷/۷ <sup>ab</sup>     | ۱۴/۰ <sup>bc</sup>     | ۳۱/۷ <sup>ab</sup>    | ۰/۰۹۷ <sup>b</sup>   | ۲۴۷۹ <sup>ab</sup> | ۷/۶۵ <sup>b</sup>   |
|             | ۰/۵               | ۵۸ <sup>c</sup>   | ۱/۰۰ <sup>c</sup>       | ۱۳/۱ <sup>c</sup>      | ۱۰/۶ <sup>de</sup>     | ۲۳/۷ <sup>d</sup>     | ۰/۰۵۶ <sup>f</sup>   | ۱۴۰۰ <sup>cd</sup> | ۳/۴۰ <sup>d</sup>   |
| ۲۴          | ۱/۰               | ۵۹ <sup>c</sup>   | ۱/۰۰ <sup>c</sup>       | ۱۳/۳ <sup>bc</sup>     | ۱۰/۴ <sup>de</sup>     | ۲۳/۸ <sup>d</sup>     | ۰/۰۵۸ <sup>ef</sup>  | ۱۴۰۶ <sup>cd</sup> | ۳/۴۰ <sup>d</sup>   |
|             | ۱/۵               | ۶۹ <sup>bc</sup>  | ۱/۲۳ <sup>bc</sup>      | ۱۳/۹ <sup>bc</sup>     | ۱۰/۴ <sup>de</sup>     | ۲۴/۴ <sup>cd</sup>    | ۰/۰۷۴ <sup>def</sup> | ۱۶۹۴ <sup>cd</sup> | ۵/۱۰ <sup>bcd</sup> |
|             | ۲/۰               | ۶۸ <sup>bc</sup>  | ۱/۲۱ <sup>bc</sup>      | ۱۳/۹ <sup>bc</sup>     | ۹/۴ <sup>e</sup>       | ۲۳/۳ <sup>d</sup>     | ۰/۰۷۰ <sup>def</sup> | ۱۶۷۹ <sup>cd</sup> | ۵/۰۰ <sup>bcd</sup> |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد با روش دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

### وزن خشک گیاهچه

با کاهش دما در محیط جوانه‌زنی بذره‌های بامیه، وزن خشک گیاهچه‌های حاصل به طور قابل توجهی کاهش یافت (جدول ۳). به طوری که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بذره‌های پیش‌تیمار شده با اسپرمین، در یک

گروه آماری با شاهد قرار داشتند. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، با افزایش غلظت از صفر تا دو میلی‌مولار اسپرمین موجب کاهش وزن خشک گیاهچه گردیدند. در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، گیاهچه‌های حاصل از بذره‌های پیش‌تیمار شده با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمین، افزایش

اثرات سوء ناشی از تنش سرما بر این دو شاخص گردید. به طوری که در دمای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب پیش‌تیمار با غلظت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمین بیشترین تأثیر را بر صفت‌های یاد شده داشتند. اما در دماهای ذکر شده معنی‌داری حاصل نشد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، شاخص طولی گیاهچه‌های بامیه در تمام غلظت‌های اسپرمین با شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد. همچنین، بیشترین اثر مثبت و معنی‌داری شاخص وزنی گیاهچه در مقایسه با شاهد از غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار اسپرمین حاصل شد (جدول ۳).

معنی‌داری را در وزن خشک گیاهچه نسبت به شاهد از خود نشان دادند. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بذره‌های پیش‌تیمار شده با غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار اسپرمین از نظر صفت‌های مذکور نسبت به بذره‌های شاهد برتری داشتند، اما بالاترین مقدار مربوط به غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بود که با غلظت یک میلی‌مولار از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳).

### شاخص طولی و وزنی قدرت

کاهش دمای جوانه‌زنی، افت قابل‌ملاحظه‌ای را در شاخص طولی و وزنی قدرت در پی داشت. اما پیش‌تیمار بذره‌های بامیه با اسپرمین سبب بهبود

جدول ۳- میانگین خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تأثیر دما و غلظت‌های مختلف اسپرمین

| شاخص                | شاخص طولی          | وزن خشک گیاهچه (گرم) | طول گیاهچه (میلی‌متر) | طول ساقه‌چه (میلی‌متر) | طول ریشه‌چه (میلی‌متر) | سرعت جوانه‌زنی (۱ بر روز)     | درصد جوانه‌زنی              | غلظت (میلی‌مولار) | درجه حرارت (سانتی‌گراد) |
|---------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|
| ۰/۶ <sup>h</sup>    | ۲۷۳ <sup>f</sup>   | ۰/۰۱۴ <sup>h</sup>   | ۵/۸ <sup>i</sup>      | ۲/۳ <sup>i</sup>       | ۳/۵ <sup>e</sup>       | ۰/۸۲ <sup>de</sup>            | ۴۶ <sup>de</sup>            | .                 |                         |
| ۱/۹ <sup>h</sup>    | ۵۷۵ <sup>f</sup>   | ۰/۰۳۷ <sup>h</sup>   | ۱۱/۰ <sup>hi</sup>    | ۷/۰ <sup>h</sup>       | ۴/۰ <sup>e</sup>       | ۰/۹۲ <sup>cd</sup>            | ۵۲ <sup>cd</sup>            | ۰/۵               |                         |
| ۰/۹ <sup>h</sup>    | ۴۶۵ <sup>f</sup>   | ۰/۰۲۵ <sup>h</sup>   | ۱۲/۲ <sup>h</sup>     | ۷/۴ <sup>h</sup>       | ۴/۷ <sup>e</sup>       | ۰/۶۴ <sup>e<sup>f</sup></sup> | ۳۶ <sup>ef</sup>            | ۱/۰               | ۱۰                      |
| ۰/۶ <sup>H</sup>    | ۳۹۱ <sup>f</sup>   | ۰/۰۱۸ <sup>h</sup>   | ۱۱/۴ <sup>hi</sup>    | ۷/۳ <sup>h</sup>       | ۴/۳ <sup>e</sup>       | ۰/۵۸ <sup>ef</sup>            | ۳۳ <sup>e<sup>f</sup></sup> | ۱/۵               |                         |
| ۰/۵ <sup>h</sup>    | ۲۹۹ <sup>f</sup>   | ۰/۰۱۶ <sup>h</sup>   | ۱۰/۰ <sup>hi</sup>    | ۵/۹ <sup>hi</sup>      | ۴/۲ <sup>e</sup>       | ۰/۴۸ <sup>f</sup>             | ۲۷ <sup>f</sup>             | ۲/۰               |                         |
| ۸/۸ <sup>ef</sup>   | ۳۶۰ <sup>b</sup>   | ۰/۰۰۹ <sup>ef</sup>  | ۴۴/۳ <sup>c</sup>     | ۲۲/۳ <sup>d</sup>      | ۲۲/۰ <sup>b</sup>      | ۱/۴۴ <sup>ab</sup>            | ۸۱ <sup>ab</sup>            | .                 |                         |
| ۹/۵ <sup>def</sup>  | ۳۸۲۰ <sup>b</sup>  | ۰/۱۰۵ <sup>ef</sup>  | ۴۲/۵ <sup>cd</sup>    | ۲۰/۱ <sup>de</sup>     | ۲۲/۳ <sup>b</sup>      | ۱/۶۰ <sup>ab</sup>            | ۹۰ <sup>ab</sup>            | ۰/۵               |                         |
| ۷/۳ <sup>fg</sup>   | ۲۴۲۰ <sup>cd</sup> | ۰/۰۹۲ <sup>fg</sup>  | ۳۰/۵ <sup>fg</sup>    | ۱۴/۳ <sup>fg</sup>     | ۱۶/۲ <sup>cd</sup>     | ۱/۴۱ <sup>b</sup>             | ۷۹ <sup>b</sup>             | ۱/۰               | ۱۵                      |
| ۵/۰ <sup>g</sup>    | ۱۶۸۵ <sup>de</sup> | ۰/۰۷۹ <sup>g</sup>   | ۲۷/۳ <sup>fg</sup>    | ۱۳/۳ <sup>g</sup>      | ۱۴/۱ <sup>d</sup>      | ۱/۱۰ <sup>c</sup>             | ۶۳ <sup>c</sup>             | ۱/۵               |                         |
| ۴/۸ <sup>g</sup>    | ۱۵۹۱ <sup>e</sup>  | ۰/۰۷۶ <sup>g</sup>   | ۲۵/۷ <sup>g</sup>     | ۱۱/۸ <sup>g</sup>      | ۱۳/۸ <sup>d</sup>      | ۱/۱۰ <sup>c</sup>             | ۶۳ <sup>c</sup>             | ۲/۰               |                         |
| ۱۱/۲ <sup>b-e</sup> | ۲۹۵۰ <sup>bc</sup> | ۰/۱۲۶ <sup>de</sup>  | ۳۳/۰ <sup>ef</sup>    | ۱۸/۰ <sup>def</sup>    | ۱۴/۹ <sup>d</sup>      | ۱/۵۸ <sup>ab</sup>            | ۸۹ <sup>ab</sup>            | .                 |                         |
| ۱۱/۴ <sup>b-e</sup> | ۳۱۹۳ <sup>bc</sup> | ۰/۱۳۳ <sup>cd</sup>  | ۳۷/۵ <sup>de</sup>    | ۱۷/۷ <sup>ef</sup>     | ۱۹/۸ <sup>bc</sup>     | ۱/۵۱ <sup>ab</sup>            | ۸۵ <sup>ab</sup>            | ۰/۵               |                         |
| ۱۱/۵ <sup>b-e</sup> | ۳۵۲۲ <sup>b</sup>  | ۰/۱۳۴ <sup>cd</sup>  | ۴۱/۴ <sup>cd</sup>    | ۲۰/۲ <sup>de</sup>     | ۲۱/۱ <sup>b</sup>      | ۱/۵۱ <sup>ab</sup>            | ۸۵ <sup>ab</sup>            | ۱/۰               | ۲۰                      |
| ۱۲/۴ <sup>bcd</sup> | ۳۸۰۷ <sup>b</sup>  | ۰/۱۴۳ <sup>bc</sup>  | ۴۴/۱ <sup>c</sup>     | ۲۱/۸ <sup>d</sup>      | ۲۲/۳ <sup>b</sup>      | ۱/۵۳ <sup>ab</sup>            | ۸۶ <sup>ab</sup>            | ۱/۵               |                         |
| ۱۲/۳ <sup>bcd</sup> | ۳۶۵۶ <sup>b</sup>  | ۰/۱۳۴ <sup>cd</sup>  | ۴۰/۰ <sup>cd</sup>    | ۱۹/۵ <sup>de</sup>     | ۲۰/۴ <sup>b</sup>      | ۱/۶۲ <sup>ab</sup>            | ۹۱ <sup>ab</sup>            | ۲/۰               |                         |
| ۱۰/۵ <sup>cde</sup> | ۳۲۹۴ <sup>b</sup>  | ۰/۱۳۸ <sup>bcd</sup> | ۴۳/۲ <sup>cd</sup>    | ۲۶/۸ <sup>c</sup>      | ۱۶/۴ <sup>cd</sup>     | ۱/۳۵ <sup>b</sup>             | ۷۶ <sup>b</sup>             | .                 |                         |
| ۱۷/۳ <sup>a</sup>   | ۵۳۳۵ <sup>a</sup>  | ۰/۱۸۱ <sup>a</sup>   | ۵۵/۵ <sup>b</sup>     | ۳۲/۸ <sup>b</sup>      | ۲۲/۶ <sup>b</sup>      | ۱/۷۱ <sup>a</sup>             | ۹۶ <sup>a</sup>             | ۰/۵               |                         |
| ۱۶/۹ <sup>a</sup>   | ۵۳۷۷ <sup>a</sup>  | ۰/۱۷۸ <sup>a</sup>   | ۵۶/۷ <sup>b</sup>     | ۳۳/۸ <sup>b</sup>      | ۲۲/۸ <sup>b</sup>      | ۱/۶۹ <sup>a</sup>             | ۹۵ <sup>a</sup>             | ۱/۰               | ۲۵                      |
| ۱۳/۹ <sup>b</sup>   | ۶۰۱۴ <sup>a</sup>  | ۰/۱۶۰ <sup>ab</sup>  | ۶۹/۲ <sup>a</sup>     | ۳۸/۵ <sup>a</sup>      | ۳۰/۷ <sup>a</sup>      | ۱/۵۵ <sup>ab</sup>            | ۸۷ <sup>ab</sup>            | ۱/۵               |                         |
| ۱۳/۲ <sup>bc</sup>  | ۵۵۷۰ <sup>a</sup>  | ۰/۱۵۸ <sup>abc</sup> | ۶۶/۷ <sup>a</sup>     | ۳۴/۲ <sup>b</sup>      | ۳۲/۵ <sup>a</sup>      | ۱/۴۸ <sup>ab</sup>            | ۸۳ <sup>ab</sup>            | ۲/۰               |                         |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد با روش دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

### درصد و سرعت جوانه‌زنی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین در دمای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد، سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای پیش‌ تیمار شده با اسپرمیدین و شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند و معنی‌داری مشاهده نشد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، پیش‌ تیمار بذرهای بامیه با غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار اسپرمیدین اثرات مثبت و معنی‌داری بر صفت درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت (جدول ۴).

### طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

با کاهش دما، طول شاخص‌های ذکر شده به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت. اما در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، پیش‌ تیمار با اسپرمیدین موجب افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه گردید. پیش‌ تیمار بذرهای با اسپرمیدین در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، اثر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و گیاهچه‌های بامیه از خود بر جای نگذاشت. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه از شاهد حاصل شد و گیاهچه‌های حاصل از پیش‌ تیمار با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین در رتبه بعدی قرار گرفت که نسبت به تیمار شاهد به لحاظ آماری تفاوت نداشتند. در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، تمام غلظت‌های پیش‌ تیمار بذرهای بامیه با اسپرمیدین (به استثنای صفت طول ساقه‌چه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در غلظت دو میلی‌مولار) اثرات مثبتی بر صفت طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه داشت (جدول ۴).

### وزن خشک گیاهچه

وزن خشک گیاهچه‌های بامیه با کاهش دما روند نزولی از خود نشان دادند. از سوی دیگر، پیش‌ تیمار بذرهای بامیه با اسپرمیدین در دماهای متفاوت بروز

اثرات متفاوتی را در پی داشت. بدین صورت که در دمای ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد، تمام تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی‌دار نشد. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد از لحاظ عددی غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین بالاترین میزان وزن خشک گیاهچه را نسبت به شاهد از خود نشان داد. اگرچه این تفاوت به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیز پیش‌ تیمار با غلظت یک میلی‌مولار اسپرمیدین بالاترین میزان وزن خشک گیاهچه را نسبت به شاهد به خود اختصاص داد و با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴).

### شاخص طولی و وزنی قدرت

در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. از سوی دیگر، پیش‌ تیمار بذرهای بامیه با اسپرمیدین در دمای نسبتاً پایین موجب بهبود اثرات سوء ناشی از سرما در مورد این صفت گردید. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین مقدار شاخص طولی و وزنی قدرت مربوط به پیش‌ تیمار با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین و شاهد بود که با سایر غلظت‌های اسپرمیدین اختلاف معنی‌دار داشتند. در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، شاخص طولی و وزنی قدرت در پیش‌ تیمار بذر با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین نسبت به شاهد افزایش مشهودی داشت. به‌طوری‌که کمترین شاخص طولی و وزنی قدرت به تیمار شاهد تعلق داشت. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، تمام غلظت‌های اسپرمیدین (به استثنای شاخص وزنی قدرت در غلظت دو میلی‌مولار) نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. به‌طوری‌که بیشترین مقدار شاخص طولی و وزنی قدرت از غلظت یک میلی‌مولاری به‌دست آمد (جدول ۸).

جدول ۴- میانگین خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تأثیر دما و غلظت‌های مختلف

اسپر میدین

| شاخص وزنی           | شاخص طولی           | وزن خشک گیاهچه (گرم) | طول گیاهچه (میلی‌متر) | طول ساقه‌چه (میلی‌متر) | طول ریشه‌چه (میلی‌متر) | سرعت جوانه‌زنی (۱ بر روز) | درصد جوانه‌زنی    | غلظت (میلی‌مولار) | درجه حرارت (سانتی‌گراد) |
|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| ۰/۶۶ <sup>g</sup>   | ۲۷۳ <sup>g</sup>    | ۰/۰۱۴ <sup>g</sup>   | ۵/۸ <sup>i</sup>      | ۲/۳ <sup>h</sup>       | ۳/۴ <sup>f</sup>       | ۰/۸۲ <sup>f</sup>         | ۴۶ <sup>f</sup>   | .                 |                         |
| ۰/۰۹ <sup>g</sup>   | ۱۸۸ <sup>g</sup>    | ۰/۰۰۴ <sup>g</sup>   | ۸/۲ <sup>i</sup>      | ۴/۳ <sup>gh</sup>      | ۳/۸ <sup>f</sup>       | ۰/۳۵ <sup>g</sup>         | ۲۰ <sup>g</sup>   | ۰/۵               |                         |
| ۰/۲۰ <sup>g</sup>   | ۲۵۵ <sup>g</sup>    | ۰/۰۰۸ <sup>g</sup>   | ۱۰/۵ <sup>i</sup>     | ۶/۶ <sup>g</sup>       | ۳/۹ <sup>f</sup>       | ۰/۴۲ <sup>g</sup>         | ۲۴ <sup>g</sup>   | ۱/۰               | ۱۰                      |
| ۰/۱۵ <sup>g</sup>   | ۱۶۶ <sup>g</sup>    | ۰/۰۰۹ <sup>g</sup>   | ۹/۱ <sup>i</sup>      | ۵/۳ <sup>gh</sup>      | ۳/۸ <sup>f</sup>       | ۰/۳۰ <sup>g</sup>         | ۱۷ <sup>g</sup>   | ۱/۵               |                         |
| ۰/۰۹ <sup>g</sup>   | ۹۳٫۵ <sup>g</sup>   | ۰/۰۰۶ <sup>g</sup>   | ۶/۰ <sup>i</sup>      | ۳/۴ <sup>gh</sup>      | ۲/۵ <sup>f</sup>       | ۰/۲۶ <sup>g</sup>         | ۱۵ <sup>g</sup>   | ۲/۰               |                         |
| ۸/۸۷ <sup>de</sup>  | ۳۶۰٫۱ <sup>de</sup> | ۰/۱۰۹ <sup>de</sup>  | ۴۴/۳ <sup>d</sup>     | ۲۲/۳ <sup>c</sup>      | ۲۲/۰ <sup>cd</sup>     | ۱/۴۴ <sup>bcd</sup>       | ۸۱ <sup>bcd</sup> | .                 |                         |
| ۱۰/۹۲ <sup>cd</sup> | ۳۶۰٫۱ <sup>de</sup> | ۰/۱۲۹ <sup>cd</sup>  | ۳۶/۴ <sup>ef</sup>    | ۱۶/۶ <sup>e</sup>      | ۱۹/۷ <sup>d</sup>      | ۱/۵۰ <sup>abc</sup>       | ۸۴ <sup>abc</sup> | ۰/۵               |                         |
| ۶/۵۹ <sup>ef</sup>  | ۲۰۵۷ <sup>f</sup>   | ۰/۰۹۴ <sup>ef</sup>  | ۲۹/۶ <sup>gh</sup>    | ۱۵/۵ <sup>e</sup>      | ۱۴/۱ <sup>e</sup>      | ۱/۲۳ <sup>de</sup>        | ۶۹ <sup>de</sup>  | ۱/۰               | ۱۵                      |
| ۵/۸۳ <sup>f</sup>   | ۱۷۴۶ <sup>f</sup>   | ۰/۰۸۷ <sup>f</sup>   | ۲۶/۳ <sup>h</sup>     | ۱۲/۲ <sup>f</sup>      | ۱۴/۱ <sup>e</sup>      | ۱/۱۷ <sup>e</sup>         | ۶۶ <sup>e</sup>   | ۱/۵               |                         |
| ۵/۲۵ <sup>f</sup>   | ۱۶۱۱ <sup>f</sup>   | ۰/۰۸۰ <sup>f</sup>   | ۲۵/۲ <sup>h</sup>     | ۱۱/۳ <sup>f</sup>      | ۱۳/۹ <sup>e</sup>      | ۱/۱۴ <sup>e</sup>         | ۶۴ <sup>e</sup>   | ۲/۰               |                         |
| ۱۱/۲۹ <sup>cd</sup> | ۲۹۵۰ <sup>e</sup>   | ۰/۱۲۶ <sup>cd</sup>  | ۳۳/۰ <sup>fg</sup>    | ۱۸/۰ <sup>de</sup>     | ۱۴/۹ <sup>e</sup>      | ۱/۵۸ <sup>abc</sup>       | ۸۹ <sup>abc</sup> | .                 |                         |
| ۱۱/۳۳ <sup>cd</sup> | ۳۶۵۸ <sup>de</sup>  | ۰/۱۳۳ <sup>c</sup>   | ۴۳/۰ <sup>d</sup>     | ۲۲/۱ <sup>c</sup>      | ۲۰/۹ <sup>cd</sup>     | ۱/۵۱ <sup>abc</sup>       | ۸۵ <sup>abc</sup> | ۰/۵               |                         |
| ۱۱/۶۶ <sup>cd</sup> | ۳۷۰۸ <sup>de</sup>  | ۰/۱۳۳ <sup>c</sup>   | ۴۲/۶ <sup>d</sup>     | ۲۱/۷ <sup>c</sup>      | ۲۰/۹ <sup>cd</sup>     | ۱/۵۵ <sup>abc</sup>       | ۸۷ <sup>abc</sup> | ۱/۰               | ۲۰                      |
| ۱۲/۰۰ <sup>c</sup>  | ۳۸۰۲ <sup>d</sup>   | ۰/۱۳۳ <sup>c</sup>   | ۴۲/۶ <sup>d</sup>     | ۲۱/۵ <sup>c</sup>      | ۲۱/۰ <sup>cd</sup>     | ۱/۵۷ <sup>abc</sup>       | ۸۸ <sup>abc</sup> | ۱/۵               |                         |
| ۱۱/۹۰ <sup>cd</sup> | ۳۴۵۹ <sup>de</sup>  | ۰/۱۳۳ <sup>c</sup>   | ۴۰/۳ <sup>de</sup>    | ۲۰/۷ <sup>cd</sup>     | ۱۹/۵ <sup>d</sup>      | ۱/۵۳ <sup>abc</sup>       | ۸۶ <sup>abc</sup> | ۲/۰               |                         |
| ۱۰/۵۴ <sup>cd</sup> | ۳۲۹۴ <sup>de</sup>  | ۰/۱۳۳ <sup>c</sup>   | ۴۳/۲ <sup>d</sup>     | ۲۶/۸ <sup>b</sup>      | ۱۶/۴ <sup>e</sup>      | ۱/۳۵ <sup>cde</sup>       | ۷۶ <sup>cde</sup> | .                 |                         |
| ۱۵/۸۰ <sup>a</sup>  | ۵۵۲۷ <sup>ab</sup>  | ۰/۱۶۹ <sup>ab</sup>  | ۵۹/۳ <sup>ab</sup>    | ۳۳/۳ <sup>a</sup>      | ۲۵/۹ <sup>ab</sup>     | ۱/۶۶ <sup>ab</sup>        | ۹۳ <sup>ab</sup>  | ۰/۵               |                         |
| ۱۷/۵۲ <sup>a</sup>  | ۵۹۰۲ <sup>a</sup>   | ۰/۱۸۰ <sup>a</sup>   | ۶۰/۸ <sup>a</sup>     | ۳۳/۴ <sup>a</sup>      | ۲۷/۴ <sup>a</sup>      | ۱/۷۲ <sup>a</sup>         | ۹۷ <sup>a</sup>   | ۱/۰               | ۲۵                      |
| ۱۴/۸۰ <sup>ab</sup> | ۵۰۶۲ <sup>bc</sup>  | ۰/۱۶۴ <sup>ab</sup>  | ۵۵/۷ <sup>bc</sup>    | ۳۲/۳ <sup>a</sup>      | ۲۳/۳ <sup>bc</sup>     | ۱/۶۲ <sup>ab</sup>        | ۹۱ <sup>ab</sup>  | ۱/۵               |                         |
| ۱۲/۵۹ <sup>bc</sup> | ۴۵۰۱ <sup>c</sup>   | ۰/۱۵۰ <sup>bc</sup>  | ۵۴/۱ <sup>c</sup>     | ۳۱/۴ <sup>a</sup>      | ۲۲/۷ <sup>cd</sup>     | ۱/۴۸ <sup>abc</sup>       | ۸۳ <sup>abc</sup> | ۲/۰               |                         |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد با روش دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

بحث

انتشار محصولات ناشی از تجزیه و متابولیسم آنها در ریشه‌های جنینی می‌باشد. احتمالاً این امر به دلیل تولید گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از تنش دمای پایین می‌باشد (Borowski & Michalek, 2014). گونه‌های فعال اکسیژن در سطوح بالا بر عملکرد سلولی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نظیر اختلال در غشای پلازما از طریق دی‌اکسید شدن کربوهیدرات، پراکسیداسیون چربی، تجزیه پروتئین و تخریب DNA، RNA، آنزیم‌ها و رنگدانه‌ها می‌شود (Xie

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 نظر می‌رسد این به دلیل انتشار آهسته آب به داخل بذر به دلیل ویسکوزیته‌ی بالای آب باشد. کاهش در سرعت جوانه‌زنی در دمای پایین که به طول ریشه‌چه مربوط می‌شود، احتمالاً ناشی از کاهش فعالیت آنزیم‌های متعدد دخیل در تجزیه ذخایر بذر،



(*Zea mays* L.)، خربزه (*Cucumis melo* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و بادمجان (*Capsicum annum* L.) در مقابل عوامل تنش‌زای خارجی نظیر دمای پایین را دارند (Saeidnejad *et al.*, 2012; Korkmaz *et al.*, 2005; Farooq *et al.*, 2011; Yan-ping *et al.*, 2010). پلی‌آمین‌ها ظرفیت زیادی برای افزایش قدرت بذر و رشد اولیه‌ی دانه‌ها دارند. پیش‌تیمار بذر با افزایش مقدار پلی‌آمین‌های درونی بذر موجب افزایش قدرت بذر می‌گردد. پلی‌آمین‌ها موجب افزایش انتقال و کاربرد ذخایر بذر و بهبود بازسازی ژن‌ها می‌گردند و از این طریق باعث بهبود جوانه‌زنی بذر می‌شوند (Farooq *et al.*, 2008). کاهش جذب آب و رطوبت بذر در زمان جوانه‌زنی با استفاده از پیش‌تیمار بذر قبل از روبه‌رو شدن با تنش سرما موجب کاهش صدمات سرما در زمان جوانه‌زنی از طریق بازسازی غشاء و کاهش تراوش مواد از آن می‌گردد (Korkmaz *et al.*, 2005).

در گزارشی بهبود طول ریشه‌چه و ساقه‌چه برنج تیمار شده با پلی‌آمین‌ها مشاهده گردید (Farooq *et al.*, 2008). نتایج خیساندن بذر پسته (*Pistacia vera* L.) در اسپرمیدین نشان داد که پلی‌آمین‌ها باعث افزایش طول ریشه‌چه می‌شوند (Sedaghat & Rahemi, 2011). تیمار با اسپرمین موجب جلوگیری از کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در شرایط تنش سرما شد و با افزایش غلظت اسپرمین اثر آن افزایش یافت (Saeidnejad *et al.*, 2012). در مطالعات متعددی نقش مؤثر پلی‌آمین‌ها بر افزایش طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه تأیید شده است (Saeidnejad *et al.*, 2012; Farooq *et al.*, 2010; Yan-ping *et al.*, 2011)؛ که این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. تأثیر

(*et al.*, 2019). علاوه بر این افزایش تدریجی سرما باعث کاهش نفوذپذیری غشاء سلول‌های ریشه‌چه نسبت به آب شده و در نتیجه جذب آب و به‌دنبال آن رشد ریشه‌چه کاهش می‌یابد (Baraka *et al.*, 2006). جذب اولیه آب استحکام غشاء را از بین برده، نشت الکترولیت‌ها را افزایش داده و در نهایت جوانه‌زنی بذرهای کاهش یابد (Kafi *et al.*, 2009). موارد ذکر شده می‌توانند تا حدودی کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای بامیه رقم بسنتی در اثر کاهش دما را توجیه نماید.

در پژوهش حاضر نیز اثر مثبت پیش‌تیمار بذرهای بامیه با پلی‌آمین‌ها در دماهای مختلف بر شاخص‌های جوانه‌زنی نشان‌دهنده اثر بخشی مثبت این تیمار می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و سایر تحقیقات انجام شده، به‌نظر می‌رسد کاربرد خارجی ترکیبات پلی‌آمین موجب فعالیت مکانسیم‌های حفاظتی بذرهای تحت تنش شده و جوانه‌زنی آنها را در این شرایط تحریک نماید (Chattopadhyay *et al.*, 2002). استفاده از اسپرمیدین و اسپرمین به شکل خارجی موجب حفاظت از DNA، تقسیم سلولی و سنتز ATP در بذرهای تحت تنش شده و به جوانه‌زنی بذر کمک می‌کند (Kasukaba *et al.*, 2004). در این پژوهش نیز با استناد به نتایج فوق می‌توان علت کاهش جوانه‌زنی بذر بامیه در دمای پایین را به مسمومیت ناشی از غلظت زیاد اسپرمین و اسپرمیدین، تغییر فعالیت آنزیم‌ها و غلظت هورمون‌ها؛ و نیز بهبود جوانه‌زنی در حضور پلی‌آمین‌ها را به تقسیم سلولی و تأمین ATP مورد نیاز برای جوانه‌زنی نسبت داد.

گزارش شده است پلی‌آمین‌ها توانایی افزایش رشد گیاه، سرعت جوانه‌زنی، سرعت ظهور گیاهچه، درصد جوانه‌زنی و حفاظت گیاهان ذرت

Saeidnejad *et al.*, 2012; ) انتهای می‌باشد ( Yan ping *et al.*, 2010; Farooq *et al.*, 2008) و با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاهش دمای جوانه‌زنی موجب افت قابل‌توجهی در شاخص‌های جوانه‌زنی گردید، به طوری که این روند نزولی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاملاً مشهود بود. از طرفی پیش‌تیمار با پلی‌آمین‌ها باعث افزایش قابل‌توجه شاخص‌های جوانه‌زنی گردید و با افزایش شدت تنش دمای پایین، بذره‌ای پیش‌تیمار شده با سطوح اسپرمین و اسپرمیدین از نظر صفات مورد بررسی برتری نسبی به بذره‌ای شاهد نشان دادند. به‌طور کلی، با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌تیمار بذرها با غلظت ۰/۵ و یک میلی‌مولار اسپرمین و اسپرمیدین برای بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر بامیه تحت تنش دمای پایین مطلوب‌تر است. چرا که در غلظت‌های مذکور شاخص‌های جوانه‌زنی بذره‌ای بامیه در دمای پایین نسبت به شاهد برتری نسبی از خود نشان دادند.

مثبت اسپرمیدین در افزایش طول ریشه‌چه احتمالاً مربوط به نقش این هورمون در افزایش فعالیت تقسیم سلولی، افزایش هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و جیبرلین و کاهش آبسزیک اسید است (Hussein *et al.*, 2006). افزایش طول گیاهچه با خیساندن بذر در پلی‌آمین‌ها به‌علت جذب مواد غذایی و آب توسط سامانه ریشه می‌باشد. پلی‌آمین‌ها منبعی از نیتروژن می‌باشند که می‌توانند رشد را تحریک کنند (Sedaghat & Rahemi, 2011).

غلظت‌های پایین‌تر اسپرمیدین باعث افزایش وزن خشک گیاهچه می‌شوند که با نتایج Sedaghat و Rahemi (۲۰۰۱) مطابقت دارد. اما در گیاه کتان (*Linum usitatissimum L.*) با افزایش غلظت اسپرمیدین وزن خشک گیاهچه افزایش یافت (Wahed, 2006). وزن خشک گیاهچه‌ها نیز در تمام تیمارها افزایش یافت. ولی درصد افزایش وزن تر بیشتر از وزن خشک بود. پلی‌آمین‌ها در القا و افزایش تقسیم سلولی نقش کلیدی دارند و بهبود رشد گیاهچه و افزایش وزن خشک احتمالاً به‌دلیل افزایش تقسیم سلولی ناشی از افزایش مقدار پلی‌آمین‌ها در مریستم

### References

- Afzal, I., Basra, S. M. A., Farooq, M. & 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.
- Aminigo, E. R. & 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.
- Amri, E. & Shahsavari, A. R. (2010). Response of lime seedling (*Citrus aurantifolia L.*) to exogenous spermidine treatments under drought stress. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(9), 4483-4489.
- Ashraf, M. & Foolad, M. R. (2005). Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88, 223-271.
- Borowski, E. & Michalek, S. (2014). The effect of chilling temperature on germination and early growth of domestic and Canadian soybean (*Glycine max L.*) Merr.) cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 13, 31-43.

- Chattopadhyay, M. K., Tiwari, B. S., Chattopadhyay, G., Bose, A., Sengupta, D. N. & Ghosh, B. (2002). Protective role of exogenous polyamines on salinity stressed rice (*Oryza sativa* L.) plants. *Physiologia Plantarum*, 116, 192-19.
- Chen, D., Shao, Q., Yin, L., Younis, A. & Zheng, B. (2018). Polyamine function in plants: metabolism, regulation on development, and roles in abiotic stress responses. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1945-1956.
- Conway, K. E., Mereddy, R., Kahn, B. A., Wu, Y., Hallgren, S. W. & Wu, L. (2001). Beneficial effects of solid matrix chemo-priming in okra. *Plant Discovery*, 85, 535-537.
- Daneshvar, M. (2008). *Vegetable production*. Publication of University of Ahvaz Chamran, Ahvaz. (In Farsi)
- Ellis, R. H. & Roberts, E. H. (1981). The quantification of aging and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9, 373-409.
- Engwa, G. A. (2018). Free radicals and the role of plant phytochemicals as antioxidants against oxidative stress-related diseases. In *Phytochemicals-Source of Antioxidants and Role in Disease Prevention*, 47-49.
- Farooq, M., Aziz, T., Basra, S. M. A., Cheema, M. A. & Rahman, H. (2008). Chilling tolerance in hybrid maize induced by priming with salicylic acid. *Agronomy and Crop Science*, 194, 161-168.
- Farooq, M., Aziz, T., Rehman, H., Rehman, A., Alam, S. & Aziz, C. T. (2011). Evaluating surface drying and redrying for wheat seed priming with polyamines: effects on emergence, early seedling growth and starch metabolism. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 1707-1713.
- Finch-Savage, W. E., Dent, K. C. & 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.
- Hussein, M. M., EL-Geready, H. M. & EL-Desuki, M. (2006). Role of putrescine in resistance to salinity of pea plants (*Pisum sativum* L.). *Applied Science Research*, 2, 598-604.
- International Seed Testing Association. (2014). *International Rules for Seed Testing*. Seed Science and Technology, 27, Supplement.
- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoomi, A. & nabati, J. (2009). *Physiology of environmental stress in plants*. Jahad danesgahi Mashhad. (In Farsi)
- Kasukabe, Y., He, L., Nada, K., Misawa, S., Ihara, I. & Tachibana, S. (2004). Over expression of spermidine synthase enhances tolerance to multiple environmental stresses and up-regulates the expression of various stress-regulated genes in transgenic *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiology*, 4(5), 73-84.
- Korkmaz, A., Ozbay, N., Tiryaki, I. & Nas, M. N. (2005). Combining priming and plant growth regulators improves muskmelon germination and emergence at low temperatures. *Europe Journal of Horticulture Sciences*, 70(1), 29-34.
- Liu, J. H., Nada, k., Hond, C., Kitashiba, H., Wen, X. P., Pang, X. M. & Moriguchi, T. (2006). Polyamine biosynthesis of apple callus under salt stress: importance of arginine decarboxylase path way responses. *Journal of Experimental Botany*, 57, 2589-2599.
- Miri, K. (2006). Effects of sowing date and density on yield and yield components of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) in Iranshahr. *Seed Plant Improv Journal*, 22(3), 369-379. (In Farsi)

- Patade, V. Y., Maya, K. & Zakwan, A. (2011). Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. *Research Journal Seed Science*, 4, 125-136.
- Saeidnejad, A. H., Pouramir, F. & Naghizadeh, M. (2012). Improving chilling tolerance of maize seedlings under cold conditions by spermine application. *Notulae Scientia Biologicae*, 4(3), 110-117.
- Sedaghat, S. & Rahemi, M. (2011). Effect of pre-soaking seeds in polyamines on seed germination and seedling growth of (*Pistacia vera* L. cv. Ghazvini). *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 2(3), 7-14.
- Subedi, K. D. & Ma, B. L. (2005). Seed priming does not improve corn yield in a humid temperate environment. *Agronomy Journal*, 97, 211-218.
- Thakur, P., Kumar, S., Malik, J. A., Berger, J. D. & Nayyar, H. (2010). Cold stress effects on reproductive development in grain crops: An overview. *Environmental and Experimental Botany*, 67, 429-443.
- Xie, X., He, Z., Chen, N., Tang, Z., Wang, Q. & Cai, Y. (2019). The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. *BioMed Research International*, 13, (1-11).
- Wahed, A. (2006). Exogenous and endogenous polyamines relation to growth, a cellulose precipitation in fibres and productivity in cotton plant. *Agriculture Sciences*, 2, 139-148.
- Yan-ping, Z., Hai, L., Shuxing, S., Cheng, Z. & Xine, H. (2010). Effect of polyamine priming on seed vigor and seedling chilling tolerance in eggplant. *Acta Horticulturae Sinica*, 37(11), 1783-1788.