Journal of Vegetables Sciences
دو فصلنامه علمی- پژوهشی علوم سبزی‌ها
Vol 3, No 6, Autumn & Winter 2020, Pages (135-146)
سال ۳- شماره ۶- پاییز و زمستان ۱۳۹۸- صفحات (۱۴۶-۱۳۵)
DOI: 10.22034/iuvs.2020.72727.1019

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

بهروز اسماعیل‌پور[1*]، سمیه بهادری[2] و سرور خرم‌دل[3]
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 بسنطی 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 بذرهای بامیه با اسپرمین و اسپرمیدین در غلظت‌های ذکر شده در زمان ۱۲ ساعت پیش‌تیمار شدند و آزمون‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه برای بذرهای 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 صفت‌های 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

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 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

عملکرد گیاهان می‌باشد (Thakur *et al*., 2010). به‌طوری‌که 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 بهبود جوانه‌زنی بذر، به‌ویژه زمانی‌که 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 سبزشدن 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 به گونه‌ی 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

درگیر هستند (Amri & Shahsavar, 2010; Engwa, 2018). به‌نظر می‌رسد اهمیت پلی‌آمین‌ها در رویارویی با تنش‌ها می‌تواند به‌دلیل 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 به‌نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر پیش‌تیمار 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 به‌صورت 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 پیش‌تیمار 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 پیش‌تیمار با غلظت‌های مختلف اسپرمین و اسپرمیدین (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) بود. هورمون-پرایمینگ بذر با قرارگیری بذرها بین دولایه کاغذ حوله‌ای مرطوب شده با غلظت‌های تعیین‌شده اسپرمین و اسپرمیدین به‌مدت ۱۲ 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، به‌مدت 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) به‌طور 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 به‌دست آمد:

رابطه (۱) $VIL= SL\times GR$

رابطه (۲) $VIW= DW\times GR$

در این رابطه‌ها VIL و VIW به‌ترتیب 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:

رابطه (۳) $GR=\sum \frac{d_i}{n_i}$

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 پیش‌تیمار بذر

نتایج حاصل از مقایسه میانگین تأثیر زمان و غلظت‌های مختلف اسپرمین در پیش‌تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد اولیه

گیاهچه بامیه رقم بسنطی 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 بسنطی نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی (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.

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 قدرت	شاخص وزنی قدرت
۱۲	۰	۷۲^{bc}	۱/۲۸^{bc}	۱۰/۷^{d}	۷/۱^{d}	۱۷/۸^{f}	۰/۰۶۴^{c}	۱۲۸۲^{e}	۴/۶^{d}
	۰/۵	۹۰^{a}	۱/۶۰^{a}	۲۲/۳^{a}	۲۰/۱^{a}	۴۲/۵^{a}	۰/۱۰۰^{a}	۳۸۲۰^{a}	۹/۵^{a}
	۱	۷۹^{ab}	۱/۴۱^{ab}	۱۶/۲^{bc}	۱۴/۳^{b}	۳۰/۵^{bc}	۰/۰۹۲^{ab}	۴۲۲۰^{b}	۷/۳^{abcd}
	۱/۵	۶۲^{c}	۱/۱۰^{c}	۱۴/۱^{c}	۱۳/۲^{bc}	۲۷/۳^{cd}	۰/۰۷۹^{bc}	۱۶۸۵^{cde}	۵/۰^{cd}
	۲	۶۲^{c}	۱/۱۰^{c}	۱۳/۸^{c}	۱۱/۸^{c}	۲۵/۷^{de}	۰/۰۷۶^{bc}	۱۵۹۱^{de}	۴/۸۶^{d}
۲۴	۰	۷۸^{ab}	۱/۳۹^{ab}	۱۷/۷^{b}	۱۴/۰^{b}	۳۱/۷^{b}	۰/۰۹۷^{ab}	۲۴۷۹^{b}	۷/۶^{abc}
	۰/۵	۷۶^{bc}	۱/۳۵^{bc}	۱۰/۵^{d}	۱۳/۴^{bc}	۲۴/۰^{de}	۰/۰۹۵^{ab}	۱۸۲۵^{cd}	۷/۳^{abcd}
	۱	۸۰^{ab}	۱/۴۲^{ab}	۱۳/۳^{cd}	۱۳/۲^{bc}	۲۶/۵^{cde}	۰/۰۹۷^{ab}	۲۱۲۴^{bc}	۷/۸^{ab}
	۱/۵	۷۵^{bc}	۱/۳۳^{bc}	۱۳/۸^{c}	۱۱/۷^{c}	۲۵/۵^{de}	۰/۰۹۱^{ab}	۱۹۱۶^{cd}	۶/۹^{abcd}
	۲	۷۴^{bc}	۱/۳۲^{bc}	۱۳/۷^{c}	۸/۸^{d}	۲۲/۶^{e}	۰/۰۷۹^{bc}	۱۶۶۸^{cde}	۵/۸^{bcd}

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

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 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

سانتی‌گراد، پیش‌تیمار بذرهای 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. به‌طوری‌که 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 به‌طور 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 به‌طور 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^{abc}	۱/۲۸^{abc}	۱۰/۷^{c}	۷/۱^{f}	۱۷/۸^{e}	۰/۰۶۴^{ef}	۱۲۸۲^{d}	۴/۶۰^{cd}
	۰/۵	۸۴^{a}	۱/۵۰^{a}	۱۹/۷^{a}	۱۶/۶^{a}	۳۶/۴^{a}	۰/۱۲۹^{a}	۳۰۶۱^{a}	۱۰/۹۲^{a}
۱۲	۱/۰	۶۹^{bc}	۱/۲۳^{bc}	۱۴/۱^{bc}	۱۵/۵^{ab}	۲۹/۶^{bc}	۰/۰۹۴^{bc}	۲۰۵۷	۶/۵۹^{bc}
	۱/۵	۶۶^{bc}	۱/۱۷^{bc}	۱۴/۱^{bc}	۱۲/۲^{cd}	۲۶/۳^{bcd}	۰/۰۸۷^{bcd}	۱۷۶۴^{cd}	۵/۸۰^{bcd}
	۲/۰	۶۴^{bc}	۱/۱۴^{bc}	۱۳/۹^{bc}	۱۱/۳^{de}	۲۵/۲^{cd}	۰/۰۸۰^{bcde}	۱۶۱۱^{cd}	۵/۲۰^{bcd}
	۰	۷۸^{ab}	۱/۳۹^{ab}	۱۷/۷^{ab}	۱۴/۰^{bc}	۳۱/۷^{ab}	۰/۰۹۷^{b}	۲۴۷۹^{ab}	۷/۶۵^{b}
	۰/۵	۵۸^{c}	۱/۰۰^{c}	۱۳/۱^{c}	۱۰/۶^{de}	۲۳/۷^{d}	۰/۰۵۶^{f}	۱۴۰۰^{cd}	۳/۴۰^{d}
۲۴	۱/۰	۵۹^{c}	۱/۰۰^{c}	۱۳/۳^{bc}	۱۰/۴^{de}	۲۳/۸^{d}	۰/۰۵۸e^{f}	۱۴۰۶^{cd}	۳/۴۰^{d}
	۱/۵	۶۹^{bc}	۱/۲۳^{bc}	۱۳/۹^{bc}	۱۰/۴^{de}	۲۴/۴^{cd}	۰/۰۷۴^{cdef}	۱۶۹۴^{cd}	۵/۱۰^{bcd}
	۲/۰	۶۸^{bc}	۱/۲۱^{bc}	۱۳/۹^{bc}	۹/۴^{e}	۲۳/۳^{d}	۰/۰۷۰^{def}	۱۶۷۹^{cd}	۵/۰۰^{bcd}

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 بذرهای بامیه، وزن خشک گیاهچه‌های حاصل به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت (جدول ۳). به‌طوری‌که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بذرهای 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 بذرهای پیش‌تیمار شده با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمین، افزایش

معنی‌داری را در وزن خشک گیاهچه نسبت به شاهد از خود نشان دادند. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بذرهای پیش‌تیمار شده با غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار اسپرمین از نظر صفت‌های مذکور نسبت به بذرهای 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 بذرهای بامیه با اسپرمین سبب بهبود اثرات سوء ناشی از تنش سرما بر این دو شاخص گردید. به‌طوری‌که در دمای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد، به‌ترتیب 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).

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

درجه حرارت (سانتی‌گراد)	غلظت (میلی‌مولار)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (۱ بر روز)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	طول گیاهچه (میلی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	شاخص طولی قدرت	شاخص وزنی قدرت
	۰	۴۶^{de}	۰/۸۲^{de}	۳/۵^{e}	۲/۳^{i}	۵/۸^{i}	۰/۰۱۴^{h}	۲۷۳^{f}	۰/۶^{h}
	۰/۵	۵۲^{cd}	۰/۹۲^{cd}	۴/۰^{e}	۷/۰^{h}	۱۱/۰^{hi}	۰/۰۳۷^{h}	۵۷۵^{f}	۱/۹^{h}
۱۰	۱/۰	۳۶^{ef}	۰/۶۴e^{f}	۴/۷^{e}	۷/۴^{h}	۱۲/۲^{h}	۰/۰۲۵^{h}	۴۶۵^{f}	۰/۹^{h}
	۱/۵	۳۳e^{f}	۰/۵۸^{ef}	۴/۳^{e}	۷/۲^{h}	۱۱/۴^{hi}	۰/۰۱۸^{h}	۳۹۱^{f}	۰/۶H
	۲/۰	۲۷^{f}	۰/۴۸^{f}	۴/۲^{e}	۵/۹^{hi}	۱۰/۰^{hi}	۰/۰۱۶^{h}	۲۹۹^{f}	۰/۵^{h}
	۰	۸۱^{ab}	۱/۴۴^{ab}	۲۲/۰^{b}	۲۲/۳^{d}	۴۴/۳^{c}	۰/۱۰۹^{ef}	۳۶۰۱^{b}	۸/۸^{ef}
	۰/۵	۹۰^{ab}	۱/۶۰^{ab}	۲۲/۳^{b}	۲۰/۱^{de}	۴۲/۵^{cd}	۰/۱۰۵^{ef}	۳۸۲۰^{b}	۹/۵^{def}
۱۵	۱/۰	۷۹^{b}	۱/۴۱^{b}	۱۶/۲^{cd}	۱۴/۳^{fg}	۳۰/۵^{fg}	۰/۰۹۲^{fg}	۲۴۲۰^{cd}	۷/۳^{fg}
	۱/۵	۶۲^{c}	۱/۱۰^{c}	۱۴/۱^{d}	۱۳/۲^{g}	۲۷/۳^{fg}	۰/۰۷۹^{g}	۱۶۸۵^{de}	۵/۰^{g}
	۲/۰	۶۲^{c}	۱/۱۰^{c}	۱۳/۸^{d}	۱۱/۸^{g}	۲۵/۷^{g}	۰/۰۷۶^{g}	۱۵۹۱^{e}	۴/۸^{g}
	۰	۸۹^{ab}	۱/۵۸^{ab}	۱۴/۹^{d}	۱۸/۰۰^{def}	۳۳/۰^{ef}	۰/۱۲۶^{de}	۲۹۵۰^{bc}	۱۱/۲$^{b-e}$
	۰/۵	۸۵^{ab}	۱/۵۱^{ab}	۱۹/۸^{bc}	۱۷/۷^{ef}	۳۷/۵^{de}	۰/۱۳۳^{cd}	۳۱۹۳^{bc}	۱۱/۴$^{b-e}$
۲۰	۱/۰	۸۵^{ab}	۱/۵۱^{ab}	۲۱/۱^{b}	۲۰/۲^{de}	۴۱/۴^{cd}	۰/۱۳۴^{cd}	۳۵۲۲^{b}	۱۱/۵$^{b-e}$
	۱/۵	۸۶^{ab}	۱/۵۳^{ab}	۲۲/۳^{b}	۲۱/۸^{d}	۴۴/۱^{c}	۰/۱۴۳^{bc}	۳۸۰۷^{b}	۱۲/۴^{bcd}
	۲/۰	۹۱^{ab}	۱/۶۲^{ab}	۲۰/۴^{b}	۱۹/۵^{de}	۴۰/۰^{cd}	۰/۱۳۴^{cd}	۳۶۵۶^{b}	۱۲/۳^{bcd}
	۰	۷۶^{b}	۱/۳۵^{b}	۱۶/۴^{cd}	۲۶/۸^{c}	۴۳/۲^{cd}	۰/۱۳۸^{bcd}	۳۲۹۴^{b}	۱۰/۵^{cde}
	۰/۵	۹۶^{a}	۱/۷۱^{a}	۲۲/۶^{b}	۳۲/۸^{b}	۵۵/۵^{b}	۰/۱۸۱^{a}	۵۳۳۵^{a}	۱۷/۳^{a}
۲۵	۱/۰	۹۵^{a}	۱/۶۹^{a}	۲۲/۸^{b}	۳۳/۸^{b}	۵۶/۷^{b}	۰/۱۷۸^{a}	۵۳۷۷^{a}	۱۶/۹^{a}
	۱/۵	۸۷^{ab}	۱/۵۵^{ab}	۳۰/۷^{a}	۳۸/۵^{a}	۶۹/۲^{a}	۰/۱۶۰^{ab}	۶۰۱۴^{a}	۱۳/۹^{b}
	۲/۰	۸۳^{ab}	۱/۴۸^{ab}	۳۲/۵^{a}	۳۴/۲^{b}	۶۶/۷^{a}	۰/۱۵۸^{abc}	۵۵۷۰^{a}	۱۳/۲^{bc}

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 پیش‌تیمار شده با اسپرمیدین و شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند و معنی‌داری مشاهده نشد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، پیش‌تیمار 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، پیش‌تیمار با اسپرمیدین موجب افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه گردید. پیش‌تیمار 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 پیش‌تیمار 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 پیش‌تیمار 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، پیش‌تیمار 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 پیش‌تیمار 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، پیش‌تیمار 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 پیش‌تیمار 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 پیش‌تیمار 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 اسپرمیدین

درجه حرارت (سانتی‌گراد)	غلظت (میلی‌مولار)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (۱ بر روز)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	طول گیاهچه (میلی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	شاخص طولی قدرت	شاخص وزنی قدرت
	۰	۴۶^{f}	۰/۸۲^{f}	۳/۴۹^{f}	۲/۳^{h}	۵/۸^{i}	۰/۰۱۴^{g}	۲۷۳^{g}	۰/۶۶^{g}
	۰/۵	۲۰^{g}	۰/۳۵^{g}	۳/۸۴^{f}	۴/۳^{gh}	۸/۲^{i}	۰/۰۰۴^{g}	۱۸۸^{g}	۰/۰۹^{g}
۱۰	۱/۰	۲۴^{g}	۰/۴۲^{g}	۳/۹۴^{f}	۶/۶^{g}	۱۰/۵^{i}	۰/۰۰۸^{g}	۲۵۵^{g}	۰/۲۰^{g}
	۱/۵	۱۷^{g}	۰/۳۰^{g}	۳/۸۳^{f}	۵/۳^{gh}	۹/۱^{i}	۰/۰۰۹^{g}	۱۶۶^{g}	۰/۱۵^{g}
	۲/۰	۱۵^{g}	۰/۲۶^{g}	۲/۵۷^{f}	۳/۴^{gh}	۶/۰^{i}	۰/۰۰۶^{g}	۹۳,۵^{g}	۰/۰۹^{g}
	۰	۸۱^{bcd}	۱/۴۴^{bcd}	۲۲/۰^{cd}	۲۲/۳^{c}	۴۴/۳^{d}	۰/۱۰۹^{de}	۳۶۰۱^{de}	۸/۸۷^{de}
	۰/۵	۸۴^{abc}	۱/۵۰^{abc}	۱۹/۷^{d}	۱۶/۶^{e}	۳۶/۴^{ef}	۰/۱۲۹^{cd}	۳۶۰۱^{de}	۱۰/۹۲^{cd}
۱۵	۱/۰	۶۹^{de}	۱/۲۳^{de}	۱۴/۱^{e}	۱۵/۵^{e}	۲۹/۶^{gh}	۰/۰۹۴^{ef}	۲۰۵۷^{f}	۶/۵۹^{ef}
	۱/۵	۶۶^{e}	۱/۱۷^{e}	۱۴/۱^{e}	۱۲/۲^{f}	۲۶/۳^{h}	۰/۰۸۷e^{f}	۱۷۴۶^{f}	۵/۸۳^{f}
	۲/۰	۶۴^{e}	۱/۱۴^{e}	۱۳/۹^{e}	۱۱/۳^{f}	۲۵/۲^{h}	۰/۰۸۰^{f}	۱۶۱۱^{f}	۵/۲۵^{f}
	۰	۸۹^{abc}	۱/۵۸^{abc}	۱۴/۹^{e}	۱۸/۰^{de}	۳۳/۰^{fg}	۰/۱۲۶^{cd}	۲۹۵۰^{e}	۱۱/۲۹^{cd}
	۰/۵	۸۵^{abc}	۱/۵۱^{abc}	۲۰/۹^{cd}	۲۲/۱^{c}	۴۳/۰^{d}	۰/۱۳۴^{c}	۳۶۵۸^{de}	۱۱/۳۳^{cd}
۲۰	۱/۰	۸۷^{abc}	۱/۵۵^{abc}	۲۰/۹^{cd}	۲۱/۷^{c}	۴۲/۶^{d}	۰/۱۳۴^{c}	۳۷۰۸^{de}	۱۱/۶۶^{cd}
	۱/۵	۸۸^{abc}	۱/۵۷^{abc}	۲۱/۰^{cd}	۲۱/۵^{c}	۴۲/۶^{d}	۰/۱۳۴^{c}	۳۸۰۲^{d}	۱۲/۰۰^{c}
	۲/۰	۸۶^{abc}	۱/۵۳^{abc}	۱۹/۵^{d}	۲۰/۷^{cd}	۴۰/۳^{de}	۰/۱۳۸^{c}	۳۴۵۹^{de}	۱۱/۹۰^{cd}
	۰	۷۶^{cde}	۱/۳۵^{cde}	۱۶/۴^{e}	۲۶/۸^{b}	۴۳/۲^{d}	۰/۱۳۸^{c}	۳۲۹۴^{de}	۱۰/۵۴^{cd}
	۰/۵	۹۳^{ab}	۱/۶۶^{ab}	۲۵/۹^{ab}	۳۳/۳^{a}	۵۹/۳^{ab}	۰/۱۶۹^{ab}	۵۵۲۷^{ab}	۱۵/۸۰^{a}
۲۵	۱/۰	۹۷^{a}	۱/۷۲^{a}	۲۷/۴^{a}	۳۳/۴^{a}	۶۰/۸^{a}	۰/۱۸۰^{a}	۵۹۰۲^{a}	۱۷/۵۲^{a}
	۱/۵	۹۱^{ab}	۱/۶۲^{ab}	۲۳/۳^{bc}	۳۲/۳^{a}	۵۵/۷^{bc}	۰/۱۶۴^{ab}	۵۰۶۲^{bc}	۱۴/۸۰^{ab}
	۲/۰	۸۳^{abc}	۱/۴۸^{abc}	۲۲/۷^{cd}	۳۱/۴^{a}	۵۴/۱^{c}	۰/۱۵۰^{bc}	۴۵۰۱^{c}	۱۲/۵۹^{bc}

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

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). به‌نظر می‌رسد این به‌دلیل انتشار آهسته آب به داخل بذر به‌دلیل 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، انتشار محصولات ناشی از تجزیه و متابولیسم آنها در ریشه‌های جنینی می‌باشد. احتمالاً این امر به‌دلیل 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 پلاسما از طریق دی‌اکسید شدن کربوهیدرات، پراکسیداسیون چربی، تجزیه پروتئین و تخریب DNA، RNA، آنزیم‌ها و رنگدانه‌ها می‌شود (Xie

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 بذرها کاهش یابد (Kafi *et al*., 2009). موارد ذکر شده می‌توانند تا حدودی کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای بامیه رقم بسنطی 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 پلی‌آمینی موجب فعالیت مکانسیم‌های حفاظتی بذرهای تحت تنش شده و جوانه‌زنی آنها را در این شرایط تحریک نماید (Chattopadhayay *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 (*Zea mayes* 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 دانهال‌ها 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 تیمارشده 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 یافتد (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*., 2011; Yan-ping *et al*., 2010)؛ که این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. تأثیر

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 آبسیزیک 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 انتهایی می‌باشد (Saeidnejad *et al*., 2012; 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، به‌طوری‌که 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.

Refrences

- 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. & Shahsavar, A. R. (2010). Response of lime seedling (*Citrus aurantifolia* L.) toexogenous 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 none-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.

- Chattopadhayay, M. K., Tiwari, B. S., Chattopadhayay, 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 whit 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 maize* L.) seeds to on-farm priming (pre sowing seed soak). *Field Crops Research*, 90, 361-374.
- Hussein, M. M., EL-Gereadly, 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 steress 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 environ mental stresses and up-regulates the expression of various stress- regulated genes intransgenic 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 respones. *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.