تأثیر پیش‌تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گوجه‌فرنگی

محمد نوروزی گیوی[۱]، بهروز اسماعیل‌پور[*۲]، مهدی محب‌الدینی[۳]، سرور خرم‌دل[۴]، سعید خماری[۵]

[۱] کارشناسی‌ارشد باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۲] دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۳] استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۴] استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
[۵] استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۰

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گوجه‌فرنگی در شرایط دمای پایین با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل پیش‌تیمار بذر با اسپرمین ۱/۵ میلی‌مولار، اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار، پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، متیل‌جاسمونات ۰/۲۲ میلی‌مولار، آب مقطر و بدون پیش‌تیمار (شاهد) و سه تیمار دمایی (۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده پیش‌تیمار و درجه حرارت بذر بر بیشتر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. اثر متقابل پیش‌تیمار و دما نیز بر سرعت جوانه‌زنی، طول ، وزن تر و وزن خشک ساقه‌چه و مدت جوانه‌زنی معنی‌دار شد. با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب ۲٤ و ٦۳ درصد کاهش یافت. بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۳) در پیش‌تیمار با پوترسین در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۱) به شاهد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. نتایج نشان داد که پیش‌تیمار موجب تسریع جوانه‌زنی و بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گوجه‌فرنگی در دمای پایین میگردد.

واژگان کلیدی: گوجه‌فرنگی، پیش‌تیمار، دما، سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک

مقدمه

تنش‌های محیطی از مهمترین فاکتورهای محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان محسوب می‌شوند (Bradford and Hsiao, 1982). از آنجا که گیاهان برای رشد و نمو بهینه به محدوده دمایی خاصی احتیاج دارند، لذا خارج شدن از این محدوده تنش محسوب می‌شود و بروز تغییراتی را در خصوصیات رشدی و عملکرد گیاهان به دنبال دارد (Seppanen, 2000). تنش سرما (دمای بین ۱-۱۰ درجه سانتی‌گراد) منجر به بروز اختلالات فیزیولوژیکی متعددی در سلول‌های گیاهان حساس به سرما و درنتیجه سبب آسیب سرما و مرگ گیاهان گرمسیری و نیمه‌گرمسیری می‌شود

[*] نویسنده مسئول: behsmaiel@yahoo.com

(Lukatkin et al., 2012). بروز سرما می‌تواند ساختار غشاء را از طریق پراکسیداسیون لیپیدی، تغییر متابولیکی، تغییر در مقدار پروتئین و فعالیت آنزیمی، تراوش الکترولیت‌ها، آمینواسیدها و سایر عوامل تغییر دهد (Posmyk and Janas, 2007).

مرحله جوانه‌زنی یکی از بحرانی‌ترین مراحل رشد می‌باشد و بذرهایی که جوانه‌زنی مناسب‌تری داشته‌اند، در مراحل بعدی رشد، می‌توانند گیاهچه‌هایی با بنیه قوی‌تر و سیستم ریشه‌ای توسعه یافته‌تری را تولید کنند. تیمارهای آماده‌سازی بذور در هنگام جوانه‌زنی یکی از ارزان‌ترین راهکارهای بهبود استقرار گیاهچه در مقابله با تنش‌های محیطی نظیر سرما محسوب می‌شوند. استفاده از این روش باعث آبنوشی و فعال شدن فرآیندهای متابولیکی آغازکننده جوانه‌زنی می‌گردد، ولی ظهور ریشه‌چه رخ نمی‌دهد (Nagashiro and Shibata, 1995; Bradford, 1986). تحقیقات نشان داده است که استفاده از این روش به ویژه در شرایط نامطلوب محیطی موجب افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، سبز شدن بذرها و گیاهچه ها و ظهور یکنواخت ریشه‌چه و ساقه‌چه در دامنه وسیعی از درجه حرارت می‌گردد (Mauromicale and Cavallaro, 1995; De and Kar, 1994). استفاده از روش پیش‌تیمار می‌تواند خطرات از دست رفتن محصول در شرایط نامساعد را به حداقل برساند (Harris, 2003). پیش‌تیمار بذر می‌تواند صدمات ناشی از هرگونه عوامل تنش‌زای غیرزیستی از قبیل خشکی (Srivastava et al., 2010)، شوری (Iqbal et al., 2006; Srivastava et al., 2010) و دمای پایین (Guan et al., 2009) را کاهش دهد. بهره‌گیری از پیش‌تیمار همچنین باعث ظهور سریع‌تر ریشه و ساقه، تولید گیاهان با بنیه قوی‌تر، تحمل بالاتر نسبت به شرایط نامساعد محیطی، گلدهی زودتر، تسریع در برداشت و بهبود عملکرد می‌شود (Kaur et al., 2002).

یکی از انواع روش‌های پیش‌تیمار، استفاده از غلظت‌های مختلف هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد شامل اکسین، جیبرلین، کینتین، آبسیزیک اسید، پلی‌آمین‌ها، اتیلن و متیل جاسمونات می‌باشد که موجب افزایش جوانه‌زنی، رشد و عملکرد محصول در گونه‌های مختلف گیاهان زراعی می‌شود (Lee et al., 1998). برخی بررسی‌ها مؤید این مطلب است که پیش‌تیمار بذر با تنظیم کننده‌های رشد گیاهی علاوه بر افزایش جوانه‌زنی و سبز شدن بذرها، رشد و عملکرد نهایی گیاهان حاصل از بذور پیش‌تیمار شده را افزایش می‌دهد (Yari et al., 2010; Basra et al. 1994).

جاسمونات‌ها گروه جدیدی از هورمون‌ها هستند که با دخالت در بیان ژن‌های مختلف گیاهان را در مقابل تنش‌های مختلف محیطی محافظت می‌نمایند (Wang, 1999). این مواد در طول دوره نمو گیاه و سازگاری با تنش‌های زیستی و غیرزیستی به‌عنوان مولکول‌های سیگنال عمل می‌کنند و تخفیف اثر تنش را موجب می‌گردند (Davies et al., 1986). از دیگر مواد مورد استفاده برای بهبود مقاومت به تنش، پلی‌آمین‌ها هستند که در مراحل مختلف فیزیولوژیکی و نموی گیاهان نقش دارند. این مواد در القای تقسیم سلولی، جنین‌زایی، ریخت‌زایی، نمو گل، میوه و دانه و پیری نقش ایفاء می‌کنند. مهمترین پلی‌آمین‌ها شامل اسپرمیدین (تری‌آمین)، اسپرمین (تترا‌آمین) و پوترسین (دی‌آمین) هستند (Kaur-Sawhney et al., 2003). گروپا و بناویدز (Groppa and Benavides, 2008) خاطر نشان ساختند که کاربرد پلی‌آمین‌ها موجب افزایش تحمل گیاهان به تنش غیرزیستی، ازجمله تنش شوری و خشکی می‌گردد.

گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک گیاه گرمسیری نسبت به وقوع دماهای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد حساس است (Elizondo and Oyanede, 2010). این گیاه یکی از مهمترین سبزی‌هایی است که کاشت آن در گلخانه یا زیر پلاستیک به منظور تولید محصول پیش‌رس، خارج از فصل یا به صورت کشت در هوای آزاد در اغلب نقاط شمال و شمال غربی ایران گسترش دارد. در بیشتر موارد، برای تولید گوجه فرنگی، کاشت بذر در گلخانه به صورت

خزانه‌کاری انجام می‌گیرد. در این روش به‌دلیل همزمانی تولید نشاء با اواخر فصل زمستان و سرمای دیررس بهاره، مشکلاتی در زمان تولید نشا در خزانه و در موقع انتقال آن‌ها به هوای آزاد، برای تولیدکنندگان این محصول به‌وجود می‌آید. با توجه اهمیت گوجه‌فرنگی به عنوان یکی از محصولات مهم کشاورزی و منابع غذایی و در نظر گرفتن مشکلات اصلی کاشت و تولید آن به ویژه در مناطق معتدله و سردسیر، این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و مقاومت گوجه‌فرنگی در شرایط دمای پایین و کاهش مشکلات کشاورزان منطقه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. با توجه به تحقیقات انجام شده و غلظت‌های بکار رفته در این تحقیقات به منظور تعیین غلظت‌های بهینه مواد مورد استفاده برای پیش‌تیمار بذر گوجه‌فرنگی رقم ارلی اوربانا از غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار پلی‌آمین‌های اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین و از غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی پی ام متیل‌جاسمونات برای پیش‌تیمار استفاده شد و پس از انجام آزمون جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ١٤ روز، غلظت‌های بهینه مواد بر اساس بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی و بالاترین طول ساقه‌چه و ریشه‌چه انتخاب شدند (Hamidi et al., 2008).

برای بررسی اثرات پیش‌تیمار بذور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل پیش‌تیمار بذر در شش سطح اسپرمین ۱/۵ میلی‌مولار، اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار، پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، متیل‌جاسمونات ۰/۲۲ میلی‌مولار (۵۰ پی پی ام)، آب دیونیزه و بدون پیش‌تیمار (به عنوان شاهد) و سه تیمار دمایی (۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) بودند. برای اعمال پیش‌تیمار، بذرها در داخل پتری دیش بین دو لایه کاغذ صافی شماره ۱ قرار داده شدند و محلول‌های تیمار به مقدار مساوی به هر پتری افزوده شد و به مدت ٢٤ ساعت داخل ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد قرار داده شدند، سپس با آب دیونیزه سه بار شستشو شده و به مدت ٢٤ ساعت در دمای اتاق خشک شدند (Farooq et al., 2011). پس از آن، بذرها در پنج تکرار ۵۰ تایی در پتری‌دیش، بین دو کاغذ واتمن شماره ۱ قرار داده شدند و به هر یک از پتری‌ها مقدار مساوی آب دیونیزه افزوده شد؛ سپس پتری‌دیش‌ها در داخل ژرمیناتورهای با دمای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در شرایط ۱۲ ساعت روشنایی قرار داده شدند. شمارش بذرهای جوانه زده به صورت روزانه به مدت ١٤ روز انجام شد، در این شمارش خروج ریشه به طول ۲ میلیمتر معیار جوانه‌زنی بذر در نظر گرفته شد و در پایان آزمون، شاخص‌های طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص‌های طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه تعداد ۲۵ گیاهچه از هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس ریشه‌چه و ساقه‌چه آن‌ها به طور جداگانه در داخل آون با دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت قرار داده شد. وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه با ترازوی ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شد. شاخص‌های درصد، سرعت و مدت جوانه‌زنی به‌ترتیب با استفاده از معادلات (۱)، (۲) و (۳) محاسبه شدند (Soltani et al., 2002):

معادله (۱) درصد جوانه‌زنی = (تعداد بذور جوانه‌زده/ مجموع تعداد بذور کل تعداد) × ۱۰۰

معادله (۲) $$\bar{D} = \sum DN / \sum N$$

$$\bar{R} = 1/\bar{D}$$ معادله (۳)

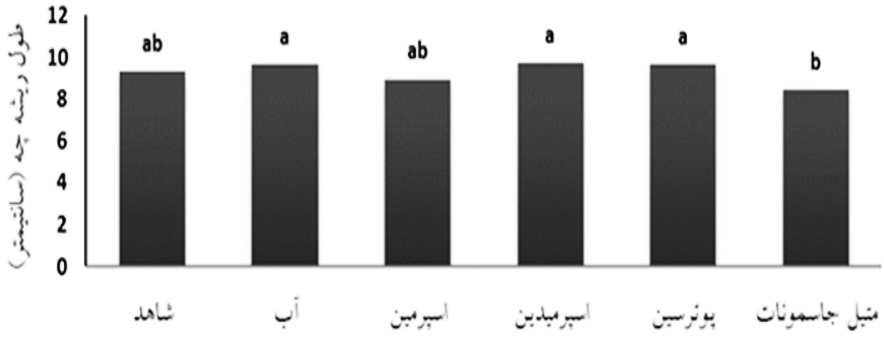
که در این معادله‌ها، $\bar{D}$: میانگین مدت جوانه‌زنی، N: تعداد بذور جوانه‌زده در روز D ام، D: تعداد روز از آغاز جوانه‌زنی و $\bar{R}$: سرعت جوانه‌زنی می‌باشد. مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی با استفاده از نرم‌افزار Germin (Soltani et al., 2002; Soltani et al., 2001) محاسبه شدند.

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS (Version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های تأثیر پیش‌تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد بوته‌های گوجه‌فرنگی در دماهای مختلف نشان داد که اثر پیش‌تیمار بذر بر شاخص‌های مدت و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه، وزن تر ساقه و مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد و بر صفات طول ریشه‌چه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر دما نیز بر شاخص‌های مدت و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل پیش‌تیمار و دما نیز بر شاخص‌های سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و وزن تر ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد و بر شاخص‌های مدت جوانه‌زنی و وزن خشک ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). لازم به ذکر است که به دلیل عدم جوانه‌زنی بذور در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، داده‌های این تیمار در تجزیه واریانس نهایی داده‌ها وارد نشد.

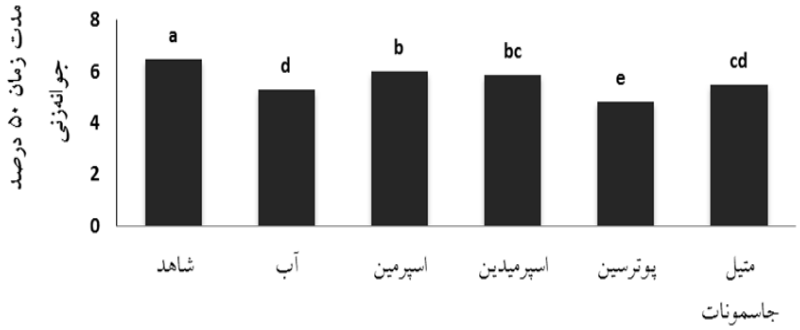
مقایسه میانگین تأثیر پیش‌تیمار بذر بر شاخص طول ریشه‌چه گوجه فرنگی نشان داد که بیشترین طول ریشه‌چه (۹/۷ سانتی‌متر) برای پیش‌تیمار بذر با اسپرمیدین حاصل شد که با طول ریشه‌چه در پیش‌تیمار با پوترسین و آب تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین طول ریشه (۸/٤ سانتی‌متر) برای پیش‌تیمار بذر با متیل جاسمونات مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با پیش‌تیمار بذر با اسپرمیدین، پوترسین و آب داشت. شاهد و پیش‌تیمار بذر با اسپرمین نیز از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نداشتند (شکل ۱).



شکل ۱- اثر پیش‌تیمار بذر بر طول ریشه‌چه گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

تأثیر پیش‌تیمار بذر بر شاخص مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی گوجه فرنگی نشان داد که بیشترین مدت زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر (٦/٤٥ روز) در شاهد حاصل شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت و پس از آن پیش‌تیمار بذر با اسپرمین با میانگین ۵/۹۹ روز، بیشترین مدت زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص داد که اختلاف معنی‌داری با تیمار اسپرمیدین نداشت. کمترین مدت زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی (٤/٨١ روز) برای پیش‌تیمار بذر با پوترسین حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۲).



شکل ۲- اثر پیش‌تیمار بذر بر مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی
میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤۰/۰۵).

با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد شاخص طول ریشه‌چه گوجه فرنگی افزایش معنی‌داری یافت؛ به طوری‌که بیشترین طول ریشه‌چه (۹/۹۷ سانتی‌متر) برای دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بیشترین وزن تر ریشه‌چه (۰/۱۷۵ گرم) در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد که با وزن تر ریشه‌چه در تیمار ۲۰ درجه سانتی‌گراد (۰/۱۵۸ گرم) اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین وزن خشک ساقه‌چه (۱۳/۷۷ میلی‌گرم) برای دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با وزن خشک ساقه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (۱۲/۹٦ میلی‌گرم) داشت. افزایش دما با تغییر در فرآیندهای آنزیمی و اختلال در این فرآیندها سبب کاهش یکنواختی جوانه‌زنی بذور شد. بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی (۵/۰۹ روز) در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. کمترین یکنواختی جوانه‌زنی (٤/١ روز) نیز برای دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی و به‌ترتیب ٢٤ و ٦٣ درصد کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	GU	D_{50}
درجه‌حرارت(T)	۱	۹٦/۲٦^{ns}	۰/۳٦**	۳/٦۲**	۲۷/٦**	۰/۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰٤**	۹/۹۲**	۸/۲۱**	١٤/٤٨**	۳۹۷/۵۵**
پیش‌تیماربذر(P)	۵	۱۲۱/۸٦^{ns}	۰/۰۰۳**	۰/۱۳۸**	۲/۷*	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱^{ns}	۱/۵۵^{ns}	۰/۳۲۹^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۳/۳٤**
T×P	۵	۱۱۰/٤^{ns}	۰/۰۰۲**	۰/۱۷٦**	۱/۱۵^{ns}	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰٦^{ns}	۱/۰٤^{ns}	۱/۰٤*	۰/۷۸۷^{ns}	۰/٤۰^{ns}
خطای آزمایش	٤٦	٦۰/۸	۰/۰۰۰٤	۰/۰۲۳	۱/۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰٤	۰/۸۷۸	۰/۳۳	۰/۸۰۷	۰/۲۲۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۳۵	۱۱/٤۵	٦/۸۷	۱۰/۸۲	۸/۹٤	۱۲/۱۷	۷/۰۱	۸/۵۳	۱۹/۵۵	۸/۳۷

GU و D_{50}: به‌ترتیب نشان‌دهنده یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی می‌باشد.
^{ns}، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

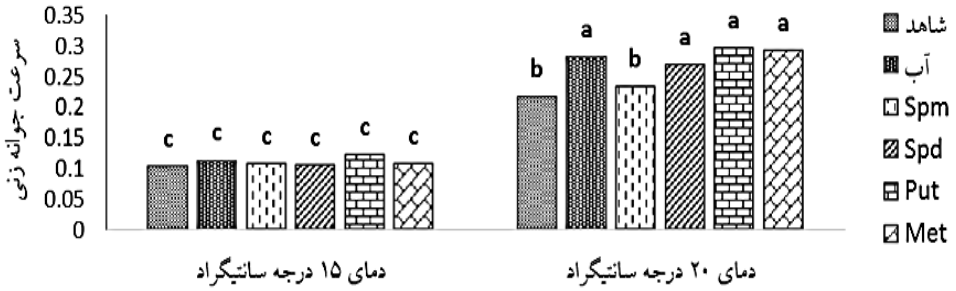
جدول ۲- مقایسه میانگین اثر درجه حرارت بر شاخص‌های جوانه‌زنی

درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی گرم)	GU	D_{50}
۱۵	۸/۶۱ b*	۰/۱۷٤ a	۱۳/۷۷ a	۵/۰۹ b	۸/۲۲ b
۲۰	۹/۹٦ a	۰/۱۵۸ b	۱۲/۹٦ b	٤/۱ a	۳/۰۷ a

*:میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند ($P\leq$۰/۰۵)

GU و D_{50}: به‌ترتیب یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی می‌باشد.

مقایسه میانگین اثر متقابل دما و پیش‌تیمار بذر بر سرعت جوانه‌زنی گوجه فرنگی نشان داد که سرعت جوانه‌زنی گوجه فرنگی با افزایش دما افزایش یافت؛ به طوری‌که بیشترین سرعت جوانه‌زنی در پیش‌تیمار بذر با پوترسین، متیل جاسمونات، آب و اسپرمیدین در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شاهد و پیش‌تیمار بذر با اسپرمین در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد داشتند. از نظر سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۰۱/۳۰/روز) در پیش‌تیمار با پوترسین در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین سرعت جوانه‌زنی (۰۱/۱۰/روز) به شاهد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. در تمام تیمارها افزایش دما از طریق افزایش سرعت فرآیندهای آنزیمی موجب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شد (شکل ۳).

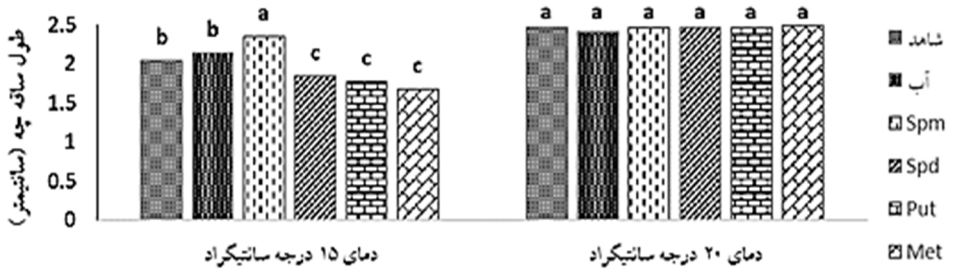


شکل ۳- اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و درجه حرارت بر سرعت جوانه‌زنی.

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند ($P\leq$۰/۰۵).

Spm: اسپرمین، Spd: اسپرمیدین، Put: پوترسین، Met: متیل جاسمونات

با توجه به شکل ٤ ملاحظه می‌گردد که در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بین طول ساقه‌چه گوجه فرنگی برای هیچیک از پیش‌تیمارهای بذر با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد؛ در حالی‌که این صفت در درجه حرارت ۱۵ درجه تحت تأثیر پیش‌تیمار قرار گرفت. همچنین دمای پایین در تمام تیمارها به‌جز پیش‌تیمار با اسپرمین، سبب کاهش رشد طولی ساقه‌چه شد. طول ساقه‌چه در شرایط پیش‌تیمار با اسپرمیدین، پوترسین و متیل‌جاسمونات در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود. بیشترین طول ساقه‌چه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد برای پیش‌تیمار با اسپرمین حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت.

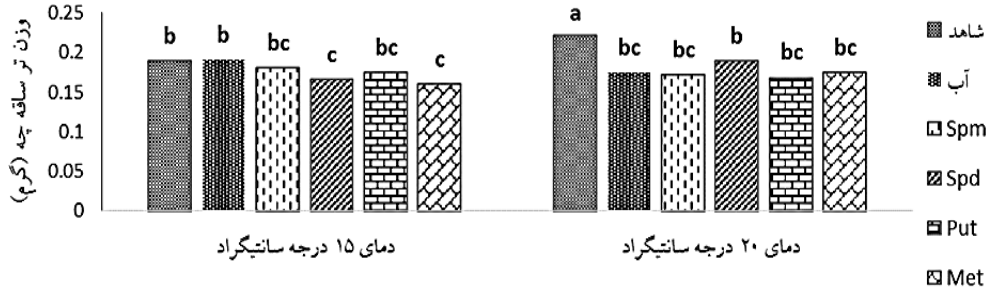


شکل ٤- اثر متقابل پیش تیمار بذر و درجه حرارت بر طول ساقه‌چه.

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤۰/۰۵).

Spm: اسپرمین، Spd: اسپرمیدین، Put: پوترسین، Met: متیل جاسمونات

مطابق شکل ۵ مشخص است که در شاهد و پیش‌تیمار با اسپرمیدین بین وزن تر ساقه‌چه گوجه فرنگی در دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در این تیمارها افزایش دما باعث افزایش معنی‌دار وزن تر ساقه‌چه شد. در پیش‌تیمار با آب، اسپرمین، پوترسین و متیل‌جاسمونات بین وزن تر ساقه‌چه در دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین وزن تر ساقه‌چه (۰/۲۲۲ گرم) برای شاهد در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و کمترین وزن تر ساقه‌چه نیز (۰/۱٦ گرم) به پیش‌تیمار با متیل‌جاسمونات در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد اختصاص داشت. کاهش وزن خشک ساقه‌چه و افزایش طول ساقه‌چه نشان می‌دهد که درصد آب بافت گیاهچه‌ها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود. به نظر می‌رسد دلیل این امر مربوط به رشد قطری بیشتر ساقه در دمای پایین می‌باشد که موجب افزایش وزن خشک ساقه‌چه شده است. وزن تر ساقه‌چه در شاهد با افزایش دما افزایش معنی‌داری داشت، اما در بذور پیش‌تیمار شده اختلاف معنی‌داری بین وزن تر ساقه‌چه در دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد.



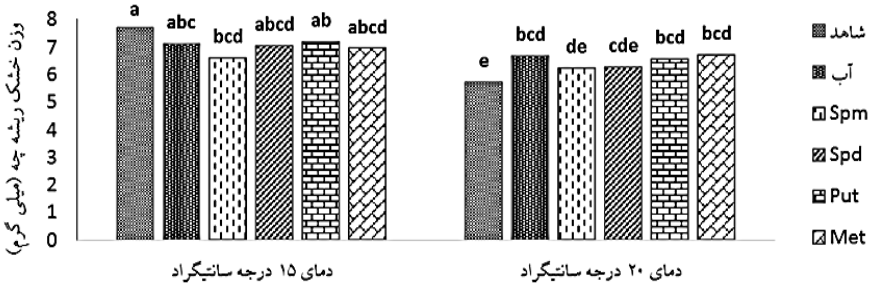
شکل ۵- اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و درجه حرارت بر وزن تر ساقه‌چه.

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤۰/۰۵).

Spm: اسپرمین، Spd: اسپرمیدین، Put: پوترسین، Met: متیل جاسمونات

مقایسه میانگین اثر متقابل دما و پیش‌تیمار بر وزن خشک ریشه‌چه گوجه فرنگی نشان داد که وزن خشک ریشه‌چه در تمام تیمارها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. مقدار این کاهش در شاهد بیشتر از شرایط پیش‌تیمار بذر بود؛ به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک ریشه‌چه (۷/۷۲ میلی‌گرم) برای شاهد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و بعد از آن پیش‌تیمار بذر با پوترسین (۷/۲ میلی‌گرم) دارای بیشترین وزن

خشک ریشه‌چه بود که اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. کمترین وزن خشک ریشه‌چه نیز (۵/۷۲ میلی‌گرم) به همان تیمار در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اختصاص داشت (شکل ٦).



شکل ٦- اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و درجه حرارت بر وزن تر ریشه‌چه.
میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤۰/۰۵).
Spm: اسپرمین، Spd: اسپرمیدین، Put: پوترسین، Met: متیل جاسمونات

بحث

نتایج نشان داد که اثر پیش‌تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی گوجه فرنگی شامل طول ریشه‌چه و مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی معنی‌دار شد. بیشترین طول ریشه‌چه در پیش‌تیمار بذر با آب، اسپرمیدین و پوترسین حاصل شد که با کمترین طول ریشه‌چه در پیش‌تیمار با متیل‌جاسمونات اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین تمامی پیش‌تیمارها موجب کاهش مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد شدند. شاخص‌های طول ریشه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، یکنواختی جوانه‌زنی و مدت جوانه‌زنی ۵۰ درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر درجه حرارت قرار گرفت. طول ریشه‌چه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. دمای پایین از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌ها و متابولیسم، باعث محدود شدن رشد گیاه گردید. وزن خشک ساقه‌چه با افزایش دما نسبت به وزن خشک ریشه‌چه به میزان بیشتری کاهش یافت که این کاهش احتمالاً به‌دلیل رشد سریع‌تر گیاهچه‌ها و درصد بالای آب بافت این اندام در مقایسه با ریشه‌چه می‌باشد. مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌داری نشان داد. به بیان دیگر، افزایش دما از طریق تسریع در فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مواد ذخیره‌ای بذر و تحریک آن‌ها، تسریع جوانه‌زنی بذور را موجب شد. در دمای ۲۰ درجه‌سانتی‌گراد باوجود افزایش طول ریشه‌چه، وزن تر ریشه‌چه کاهش یافت، اما وزن خشک ریشه‌چه در بذور پیش‌تیمار شده کاهش معنی‌داری نداشت که این کاهش وزن تر، با وجود افزایش طول ریشه‌چه، احتمالاً به دلیل رشد طولی زیاد ریشه‌چه نسبت به رشد قطری آن در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد؛ درحالی‌که در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نسبت رشد طولی ریشه به رشد قطری آن کمتر است. نتایج سعیدنژاد و همکاران (Saeidnejad et al., 2012) روی اثر پیش تیمار بذر ذرت به مدت ٢٤ ساعت با اسپرمین (۳۰، ٦۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر) بر بهبود جوانه‌زنی در شرایط سرما (۱۵ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد) نشان داد که پیش تیمار با اسپرمین موجب بهبود جوانه‌زنی شده و میانگین مدت جوانه‌زنی را کاهش. 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. وزن خشک گیاهچه نیز با

پیش‌تیمار در شرایط تنش افزایش یافت. مدت جوانه‌زنی ۵۰ درصد در تیمار ۳۰ میلی‌گرم در لیتر کمتر از تیمارهای ٦۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر بود، اما مدت جوانه‌زنی در ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر از ٦۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر بود. بیشترین طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه در تیمار ٦۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. خان و همکاران (Khan et al., 2012) با بررسی اثر پیش‌تیمار با پلی‌آمین‌ها (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار) بر جوانه‌زنی بذر فلفل تند اظهار داشتند که افزایش غلظت اسپرمین باعث افزایش مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی و کاهش قدرت جوانه‌زنی بذر شد، اما در طول ساقه‌چه و ریشه‌چه اثری نداشت. غلظت ۷۵ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث کاهش درصد و قدرت جوانه‌زنی نسبت به غلظت‌های دیگر آن شد، ولی طول ریشه‌چه را اندکی افزایش داد. غلظت‌های مختلف پوترسین اثر معنی‌داری بر شاخص‌های جوانه‌زنی نداشت. نوح‌پیشه و کلانتری (Noohpishe and Kalantari, 2011) با بررسی اثر اسپرمیدین در گیاه فلفل نشان دادند که تیمار با اسپرمیدین در شرایط بدون تنش موجب کاهش طول ریشه‌چه شد، اما در شرایط تنش شوری تیمار اسپرمیدین موجب افزایش طول شد. این محققان همچنین اظهار داشتند که اثر تیمار با اسپرمیدین بسته به شدت تنش و غلظت اسپرمیدین مورد استفاده متفاوت بود. فرج و همکاران (Fredj et al., 2013) بیان کردند که در شرایط شوری پیش‌تیمار بذر با سدیم کلراید می‌تواند به‌عنوان یک روش برای بهبود عملکرد گشنیز گردد. پیش‌تیمار بذر با کلراید سدیم موجب افزایش درصد جوانه‌زنی شد، اما غلظت بالای آن موجب کاهش درصد جوانه‌زنی شد که بیشتر از تیمار شاهد بود. افزایش مدت پیش‌تیمار از ۱۲ به ۳٦ ساعت موجب کاهش درصد جوانه‌زنی شد. گواهی و همکاران (Govahi et al., 2007) با بررسی بر روی پیش‌تیمار بذر چقندر قند با متیل جاسمونات (۱، ۳، ۵ و ۱۰ میکرومولار) برای جوانه زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد دریافتند که بیشترین درصد جوانه‌زنی در غلظت سه میکرومولار حاصل شد و غلظت بالای متیل جاسمونات موجب کاهش درصد جوانه‌زنی و وزن تر و خشک گیاهچه شد. بدین‌ترتیب، به نظر می‌رسد که تاثیر متیل جاسمونات بر جوانه‌زنی بذر بستگی به نوع گیاه و غلظت دارد؛ به‌طوری‌که در اغلب گیاهان غلظت‌های بالای این ماده مانع جوانه‌زنی می‌شود. در همه تیمارها با افزایش دما مدت جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی کاهش یافت. کمترین و بیشترین مدت جوانه‌زنی به ترتیب در پیش‌تیمار با پوترسین و شاهد اتفاق افتاد. همچنین با افزایش دما، طول ساقه‌چه افزایش یافت.

کاهش وزن خشک ساقه‌چه و افزایش طول ساقه‌چه نشان می‌دهد که درصد آب بافت گیاهچه‌ها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر بوده است. دلیل دیگر این امر، احتمالاً مربوط به رشد قطری بیشتر ساقه در دمای پایین بوده است که موجب افزایش وزن خشک ساقه شده است. وزن تر ساقه‌چه در تیمار شاهد با افزایش دما افزایش معنی‌داری داشت، اما در بذور پیش‌تیمار شده اختلاف معنی‌داری بین وزن تر ساقه‌چه در دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد. فاروق و همکاران (Farooq et al., 2011) با بررسی اثر خشک شدن سطحی و کامل بذور گندم پس از پیش‌تیمار بذر با پلی‌آمین‌ها (۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر) بر سبز شدن، رشد اولیه گیاهچه نشان دادند که پیش‌تیمار موجب کاهش مدت جوانه‌زنی بذر نسبت به شاهد شد؛ به طوری‌که بیشترین درصد جوانه‌زنی و کمترین مدت جوانه‌زنی برای پیش‌تیمار با اسپرمیدین ۱۰ میلی‌گرم در لیتر با خشک شدن سطحی حاصل شد. همچنین افزایش غلظت از ۱۰ به ۲۰ میلی‌گرم در لیتر هر سه ماده موجب کاهش اثرات مفید مواد بر درصد جوانه‌زنی، مدت جوانه‌زنی و مدت جوانه‌زنی ۵۰ درصد شد. امری و همکاران (Amri et al., 2011) با بررسی روی اثرات پوترسین و اسپرمیدین با غلظت ۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار بر مقاومت جوانه‌زنی بذر انار در سطوح تنش شوری (۰، ٤۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) نشان دادند که پیش‌تیمار با اسپرمیدین در غلظت ۱ میلی‌مولار باعث کاهش

وزن تر و طول ریشه‌چه شد، ولی در غلظت ۲ میلی‌مولار موجب افزایش این شاخص‌ها گردید. تیمار پوترسین نیز در غلظت ۱ و ۲ میلی‌مولار موجب افزایش وزن تر و خشک و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شد که این افزایش در غلظت بالاتر این ماده بیشتر بود. پوترسین باعث افزایش میزان پتاسیم در گیاه شد و با افزایش سطح شوری میزان پتاسیم در گیاهان پیش‌تیمار شده افزایش یافت، درحالی که در گیاهان تیمار شده با اسپرمیدین و گیاهان شاهد با افزایش سطح شوری مقدار پتاسیم کاهش یافته بود. به نظر می‌رسد که پوترسین با القای فرآیندهای افزایش جذب پتاسیم (Amri et al., 2011)، باعث القای مقاومت در گیاه شده است. نتایج تحقیق کورکماز و همکاران (Korkmaz et al., 2005) نیز روی اثر پیش‌تیمار با متیل جاسمونات (۱، ۳، ۵ و ۱۰ میکرومولار) بر جوانه‌زنی بذور هندوانه در دمای پایین (۱۵ درجه سانتی‌گراد) نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی در پیش‌تیمار با غلظت ۱ میکرومولار متیل جاسمونات حاصل شد. با افزایش غلظت متیل جاسمونات از ۱ تا ۱۰ میکرو مولار درصد جوانه‌زنی کاهش و مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی افزایش یافت. به نظر می‌رسد که کاربرد جاسمونات باعث القای فرآیندهای پیچیده بیوسنتز آنزیم‌هایی می‌گردند که در نتیجه بهبود مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی را به دنبال دارند. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که کاهش جذب آب و در نتیجه اُفت محتوی رطوبتی بذر در زمان جوانه‌زنی تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر، موجب کاهش صدمات سرما در هنگام جوانه‌زنی از طریق بازسازی غشا و کاهش تراوش نشت الکترولیت‌ها از غشا و بالاتر بودن شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گوجه فرنگی گردیده است. آلواردو و برادفورد (Alvardo and Bradford, 1987) پیش تیمار را در افزایش درصد جوانه زنی بذر در گوجه‌فرنگی درشرایط تنش دمایی مؤثر دانستند. یان-پینگ و همکاران (Yan-ping et al., 2010) با بررسی اثر پیش‌تیمار بذر بادنجان با اسپرمین و اسپرمیدین با غلظت ۰/۲۵ میلی‌مولار بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در دمای پایین (۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذر موجب افزایش درصد جوانه‌زنی، طول و وزن ریشه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه شد. این محققان دریافتند که پلی‌آمین‌ها با افزایش میزان پروتئین محلول و فعالیت آنزیم‌ها از جمله آنزیم کاتالاز و کاهش نفوذپذیری غشا موجب بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بادمجان نسبت به تیمار شاهد شدند. آن‌ها محققان نتیجه گرفتند که پلی‌آمین‌ها نقش حیاتی در مقاومت به تنش سرما در گیاه بادمجان دارند. بنابراین، افزایش سرعت جوانه‌زنی توسط پیش تیمار بذر در گیاهان تیره کدوییان در جهت استقرار همزمان و یکنواخت گیاهچه در شرایط دمای پایین خاک به ویژه در کشت مستقیم در هوای آزاد حایز اهمیت است، زیرا دمای پایین از طریق کاهش سرعت جوانه‌زنی موجب غیر یکنواختی رشد گیاهچه می‌شود (Demir and Mavi, 2004).

نتیجه‌گیری نهایی

تیمارهای آماده‌سازی بذور در هنگام جوانه‌زنی یکی از ارزان‌ترین راهکارهای بهبود استقرار گیاهچه در مقابله با تنش‌های محیطی نظیر سرما محسوب می‌شوند. نتایج این مطالعه نشان داد پیش‌تیمار بذر با تنظیم‌کننده‌های مختلف رشد دامنه‌ای از فرآیندهای مختلف از شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی بوته گوجه فرنگی را تحت تأثیر قرار داد و مقاومت آن را نسبت به درجه‌حرارت‌های پایین و تنش سرما بهبود بخشید. بدین‌ترتیب، از آنجا که بیشترین سرعت جوانه‌زنی برای پیش‌تیمار بذر با پوتریسین حاصل شد، لذا به منظور حفظ خصوصیات رشدی و دستیابی به سطح مطلوبی از عملکرد گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک گیاه گرمسیری و وجود سرمای بهاره به ویژه در مناطق کاشت این

گیاه که موجب کاهش قدرت محصول، افزایش حساسیت نسبت به بیماری‌ها و حتی مرگ گیاه می‌گردد، می‌توان پیش‌تیمار بذر با اسپرمیدین را جهت جلوگیری از کاهش عملکرد، مد نظر قرار داد.

Reference

Alvardo, A.D. and Bradford, K.J. 1987. Priming and storage of tomato (*Lycopersicon esculentum*) seeds. Seed Sci. Technol. 16: 601-612.

Amri, E., Mirzaei, M., Moradi, M. and Zare, K. 2011. The effects of Spermidine and Putrescine Polyamines on growth of pomegranate (*Punica granatum* L. CV 'Rabbab') in salinity circumstance. Plant Physiol. Bioch. 3(3): 43-49.

Basra, A.S., Singh, B. and Malik, C.P. 1994. Priming-induced changes in Polyamine levels in relation to vigor of aged Onion seeds. Bot. Bull. Acad. Sinica. 35(1): 19-23.

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Hort. Sci. 21: 1105–1112.

Bradford, K.J. and Hsiao, T.C. 1982. Physiological response to moderate stress. In: Lange, O.I., Nobel, P.S., Osmond C.B., and Ziegler H. (Eds.), Encyclopedia of Plant Physiology. Physiological Plant Ecology. II. Water relations and carbon assimilation. New York, Berlin, Heidelberg: Springer. pp. 263-324.

Demir, I. and Mavi, K. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus lanatus*.). Sci. Hortic. 104: 101-110.

Elizondo, R. and Oyanede, E. 2010. Field testing of tomato chilling tolerance under varying light and temperature conditions. Chil. J. Agr. Res. 70(4): 552-558.

Farooq, M., Aziz, T., Rehman, H., Rehman, A., Alam, S. and Aziz, C.T. 2011. Evaluating surface drying and re-drying for wheat seed priming with polyamines: effects on emergence, early seedling growth and starch metabolism. Acta Physiol. Plant. 33: 1707–1713.

Fredj, M.B., Zhani, K., Hannachi, C. and Mehwachi, T. 2013. Effect of NaCl priming on seed germination of four coriander cultivars (*Coriandrum sativum*). Eurasia. J. Biosci. 7: 21-29.

Govahi, M., Arvin, M.J. and Saffari, G. 2007. Incorporation of plant growth regulators into the priming solution improves sugar beet germination, emergence and seedling growth at low-temperature. Pak. J. Biol. Sci. 10(19): 3390-3394.

Groppa, M.D. and Benavides, M.P. 2008. Polyamines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids 34: 35-45.

Guan, Y., Hu, J., Wang, X. and Shao, C. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. J. Zhejiang Univ. Sci. 10(6): 427-433.

Hamidi, A., Roudi, D., Asgari, V. and Hajiloii, S. 2008. Study on Applicability of Controlled Deterioration Vigour Test for Evaluation of Seed Vigour and Field Performance Relationship of Three Oil-seed Rape (*Brassica napus* L.) Cultivars. Seed and Plant Journal. 24(4):677-705.

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

Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil, A. and Rehman, S. 2006. Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plants under salt stress. J. Integr. Plant Biol. 48 (2): 181−189.

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

Kaur-Sawhney, R., Tiburcio, A.F., Altabella, T. and Galston, A.W. 2003. Polyamines in plants: and overview. J. Cell Mol. Biol. 2: 1-12.

Khan, H.A., Ziaf, K., Amjad, M., and Iqbal, Q. 2012. Exogenous application of polyamines improves germination and early seedling growth of hot pepper. Chil. J. Agri. Res. 72(3): 429-433.

Korkmaz, A., Ozbay, N., Tiryaki, I. and Nas, M.N. 2005. Combining priming and plant growth regulators improves muskmelon germination and emergence at low temperatures. Eur. J. Hortic. Sci. 70(1): 29–34.

Lee, S.S., Kim, J.H., Hong, S.B., Yun, S.H. and Park, E.H. 1998. Priming effect of rice seeds on seedling establishment under adverse soil conditions. Korean J. Crop Sci. 43: 194-198.

Lukatkin, A.S., Brazaitytė, A., Bobinas, C. and Duchovskis, P. 2012. Chilling injury in chilling-sensitive plants: a review. Agriculture 99(2): 111–124.

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

Nagashiro, C. and Shibata, W.F. 1995. Influence of flooding and drought conditions on herbage yield and quality of phases bean (*Macroptillium lathyroides*). Grassland Sci. 41: 218-225.

Noohpishe Z. and Kalantari, Kh.M. 2011. The interaction effects of spermidine application and salinity stress in pepper plants. I. J.of Biology. 24(6): 848-857.

Posmyk, M.M. and Janas, K.M. 2007. Effects of seed hydropriming in presence of exogenous proline on chilling injury limitation in *Vigna radiata* L. seedlings. Acta Physiol. Plant. 29(6): 509-517.

Saeidnejad, A.H., Pouramir, F. and Naghizadeh, M. 2012. Improving chilling tolerance of maize seedlings under cold conditions by Spermine application. Not. Sci. Biol. 4(3): 110-117.

Seppanen, M.M. 2000. Characterize of freezing tolerance in *Solanum commersonii* (Dun.) with special reference of the relationship between and oxidative stress. University of Helsinki, Department of Production, Section of Crop Husbandry 56: 4-44.

Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S. and Latifi, N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea Coast of Iran. Seed Sci. Technol. 29: 653-662.

Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S. and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol. 30: 51-60.

Srivastava, A.K., Lokhande, V.H., Patade, V.Y., Suprasanna, P., Sjahril, R. and D'Souza, S.F. 2010. Comparative evaluation of hydro-chemo-and hormonal-priming methods for imparting salt and PEG stress tolerancein Indian mustard (*Brassica juncea* L.). Acta Physiol. Plant. 32: 1135–1144.

Wang, S.Y. 1999. Methyl jasmonate reduces water stress in strawberry. Plant Growth Regul. 18: 127–134.

Yan-ping, Z., Hai-he, L., Shu-xing, S., Cheng-he, Z. and Xin-e, H. 2010. Effect of polyamine priming on seed vigor and seedling chilling tolerance in eggplant. Acta Hort. Sin. 37(11): 1783–1788.

Yari, L., Aghaalikani, M. and Khazaei, F. 2010. Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Agric. Biol. Sci. 5(1): 1-6.