تأثیر پیش‌تیمار بذر بر خصوصیات رشدی، عملکرد و فعالیت آنزیمی گوجه‌فرنگی در شرایط تنش سرما

تـاریخ دریافت:۱۳۹۳/۱۲/۱۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۸/۲۰
از صفحه ۱۹ تا صفحه ۳۶

محمد نوروزی گیوی
دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی

بهروز اسماعیل‌پور
دانشیار گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی.

مهدی محب‌الدینی
استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی.

سرور خرم‌دل
استادیار گروه زراعـت و اصلاح نباتات دانشگاه فردوسی مشهد

سعید خماری
استادیار گروه زراعـت و اصلاح نباتات دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر بر شاخص‌های رشدی و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی در شرایط دمای پایین، آزمایشی به‌صورت آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در گروه علوم باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. برای این منظور گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی حاصل از بذرهای پیش تیمار شده به ترتیب با غلظت‌های ۱/۵، ۰/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار از پلی‌آمین‌های اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر متیل‌جاسمونات در سه روز متوالی و هر روز به مدت ۴ ساعت در معرض دمای ۴ درجه‌سانتی‌گراد قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه شامل: قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا گلدهی، تعداد گره گل‌دهنده، زمان گلدهی و میوه‌دهی، هدایت روزنه‌ای و محتوای کلروفیل برگ، تعداد میوه، میانگین قطر میوه، وزن کل میوه، تعداد برگ، تعداد گره، طول ساقه، قطر ساقه، سطح برگ، وزن خشک ریشه و وزن خشک میوه گوجه‌فرنگی، محتوای پروتئین کل و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز بودند. نتایج نشان داد تأثیر پیش‌تیمار بذر بر محتوای کلروفیل برگ، زمان میوه‌دهی، روز تا گلدهی، گره گلدهنده، تعداد خوشه، تعداد میوه، قطر میوه، وزن تر و خشک میوه و میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گوجه‌فرنگی معنادار بود. تنش سرما فلورسانس حداقل و حداکثر و قطر ساقه را به طور معناداری تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و تنش سرما بر قطر ساقه و درصد ماده خشک اندام هوایی معنادار شد. پیش‌تیمار بذر باعث کاهش معنادار زمان گلدهی گوجه‌فرنگی شد، به طوری‌که بیشترین زمان گلدهی در تیمار شاهد ۸۹/۵ روز و کمترین زمان ۸۱ روز برای پیش‌تیمار با اسپرمیدین حاصل شد.

کلید واژه:
اسپرمیدین، پلی‌آمین‌ها، تـعـداد مـیـوه، متیل جاسمونات، هدایت روزنه‌ای.

مقدمه

گوجه‌فرنگی (Lyopersicon esculentum Mill.) گیاهی چندساله از تیره بادنجان است که در بیشتر مناطق دنیا به صورت یک‌ساله کشت می‌شود. کاشت این گیاه به صورت مستقیم بذر و نشاکاری انجام می‌شود که در هر دو روش کیفیت بذر و رشد اولیه گیاهچه اهمیت زیادی دارد(Daneshvar, 2010).

روش پیش‌تیمار یکی از روش‌های بهبود کیفیت بذر در شرایط نامساعد محیطی است (Basra et al., 2004). بعد از پیش‌تیمار بذرها خشک و مشابه بذرهای بدون تیمار ذخیره و کاشته می‌شوند(Mcdonald, 1999). در پیش‌تیمار به بذر اجازه داده می‌شود تا مقداری آب جذب کند، به‌طوری که مراحل اولیه جوانه‌زنی شامل فعال شدن آنزیم‌ها انجام شود، اما ریشه‌چه خارج نمی‌شود. به عبارت دیگر، در این روش، بذرها تا مرحله دوم آبنوشی پیش می‌روند، اما وارد این مرحله نمی‌شوند. پیش‌تیمار بسته به نوع گیاه مزایایی از جمله افزایش سرعت جوانه‌زنی به ویژه در شرایط دماهای پایین، افزایش عملکرد ریشه، افزایش قدرت جوانه‌زنی، بهبود استقرار گیاهچه و غیره را در پی دارد. Penalos and Eira (1993) نشان دادند که پیش‌تیمار بذر گوجه‌فرنگی با پلی‌اتیلن گلایکول سبب بهبود درصد جوانه‌زنی و سایر ویژگی‌های رشد اولیه گیاهچه شد. نتایج Farooq et al. (2007) روی اسموپرایمینگ بذرهای تازه گوجه‌فرنگی با پلی‌اتیلن‌گلایکول، سدیم‌کلرید و نیترات‌پتاسیم با غلظت منفی ۱/۱ مگاپاسکال به مدت ۲۴ ساعت نشان داد که خصوصیات جوانه‌زنی و قدرت گیاهچه تمام تیمارها از طریق شکست خواب بذر در مقایسه با شاهد بهبود یافت. El-Araby and Hegazi (2004) با بررسی واکنش بذرگوجه‌فرنگی نسبت به پیش‌تیمار با آب و تیمار اسمزی (محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول (۲۰ درصد) و K_2HPO_4 (۲۰۰ میلی‌مول) برای تیمار اسمزی) نشان داد که تیمار هشت ساعت اثر معناداری نداشت، اما تیمار به مدت سه و هفت روز موجب افزایش معنادار خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه گردید؛ به طوری‌که ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه و یک‌نواختی گیاهچه‌ها بهبود یافت، بهترین نتیجه نیز برای تیمار اسمزی به مدت هفت روز و خشک کردن و سپس کاشت مستقیم (بدون انبار کردن خشک) به دست آمد.

دما عامل مهمی در تعیین پراکنش جغرافیایی و تولید گونه‌های گیاهی محسوب می‌شود. انجام تحقیقات در این باره بیش از ۲۰۰ سال قدمت دارد(Levitt, 1980). تنش سرما (دمای بین ۱۰-۱ درجه‌سانتی‌گراد) منجر به بروز اختلالات فیزیولوژیکی فراوانی در سلول‌های گیاهان حساس به سرما می‌گردد و در نتیجه سبب مرگ گیاهان گرمسیری و نیمه‌گرمسیری همچون بسیاری از گونه‌های سبزی و گیاهان دارویی و زراعی می‌شود (Lukatkin et al., 2012). با توجه به این‌که گوجه‌فرنگی یک گیاه گرمسیری است و نسبت به دماهای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد حساس می‌باشد;Daneshvar, 2010) (Elizondo and Oyanede, 2010 و بروز دماهای پایین اوایل فصل رشد و کوتاه بودن فصل رشد در مناطق کاشت آن موجب صدمه به گیاهچه‌ها و کاهش شدید عملکرد محصول می‌شود، لذا این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار بذر با پلی‌آمین‌ها و متیل جاسمونات بر شاخص‌های رشدی و عملکرد گیاهچه‌های حاصل از بذر گوجه‌فرنگی در شرایط دمای پایین صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در گروه علوم باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. برای پیش‌تیمار بذر گوجه‌فرنگی توده بومی منطقه مشکین‌شهر از غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار اسپرمین(spm)، اسپرمیدین(spd) و پوترسین(put) و از غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر متیل‌جاسمونات استفاده شدند. پس از آزمون جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد، غلظت‌های بهینه مواد برای اسپرمین ۱/۵ میلی‌مولار، اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار، پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، متیل‌جاسمونات ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بر اساس بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی و بالاتری طول ساقه‌چه و ریشه‌چه انتخاب شدند (Hamidi et al., 2008, Behpoori et al., 2009).

برای تهیه نشا، بذرهای گوجه‌فرنگی پس از اعمال پیش‌تیمار و خشک شدن، در گلدان‌هایی با قطر ۱۵ سانتی‌متر، حاوی پیت‌ماس و پرلیت با نسبت‌های ۴ به ۱ منتقل شدند و برای رشد در گلخانه با دمای ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. آبیاری گلدان‌ها هر دو روز یک‌بار صورت گرفت. به منظور اعمال تنش سرما، پس از گذشت پنج هفته گلدان‌ها در داخل اتاقک رشد با دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت و به مدت چهار روز اعمال گردید و پس از آن گیاهچه‌ها به گلخانه منتقل گردیدند. شایان ذکر است برای جلوگیری از شوک سرمایی، گیاهچه‌ها قبل از اعمال تنش سرما در شرایط دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت دو روز نگه‌داری شد و سپس تنش دمای پایین(دمای ۴ درجه‌سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت در سه روز متوالی) اعمال گردید.

یک هفته پس از اعمال تنش سرما، گیاهچه‌ها به گلدان‌های بزرگ‌تر با قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر منتقل شدند. به منظور استقرار بهتر بوته‌ها بعد از انتقال به گلدان‌های اصلی، تمام برگ‌ها و شاخه‌های جانبی تا ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر از سطح خاک گلدان قطع شد. پس از انتقال نشاها به گلدان‌های اصلی، ارتفاع بوته‌چه، تعداد برگ، قطر ساقه و محتوای کلروفیل برگ اندازه‌گیری و ثبت شد. از این زمان به بعد، گیاهچه‌ها به صورت روزانه تا پایان تولید اولین میوه بازبینی و صفاتی شامل: زمان تولید اولین غنچه، باز شدن اولین گل و تشکیل نخستین میوه(به اندازه یک سانتی‌متر) یادداشت شد. استخراج پروتئین از نمونه‌های برگی با روش برادفورد صورت گرفت (Copeland, 1994). پس از آماده‌سازی عصاره پروتئین، فعالیت سینتیکی آنزیم کاتالاز با استفاده از روش Chance and Maehly (1955) اندازه‌گیری شد. برای سنجش فعالیت سینیتیکی آنزیم پراکسیداز از معرف‌های بافر تریس (pH=7)، آب اکسیژنه و پیروگالل استفاده شد و منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و فعالیت آنزیمی بر حسب واحد جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد(Chance and Maehly, 1955). میزان هدایت روزنه‌ای گیاهان گوجه‌فرنگی در زمان تشکیل میوه از یک برگ کاملاً رشد یافته با استفاده از دستگاه پرومتر[1] مدل SC_1 ساخت کشور آمریکا، اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری محتوای کلروفیل فلورسانس و تعیین شاخص‌های F_0 (فلورسانس حداقل)، F_m (فلورسانس حداکثر)، F_v (فلورسانس متغیر) و F_v/F_m (عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی) از دستگاه کلروفیل فلورومتر[2] مدل $OS\text{-}30_p$ ساخت کشور آمریکا استفاده شد. برای این منظور، در اواخر مرحله رشد از هر تکرار سه گیاه به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و برگ‌های کاملاً رشد کرده و جوان به مدت ۱۵ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. پس از آن، شاخص‌های مربوط به فلورسانس کلروفیل یادداشت‌برداری و ثبت شد. در پایان آزمایش، ارتفاع ساقه، تعداد برگ، تعداد گره و ساقه اندازه‌گیری شد. سپس بوته‌های گوجه‌فرنگی در زمان رسیدن اولین میوه، به وسیله‌ی قیچی باغبانی از سطح خاک بریده شد و ابتدا وزن تر بوته‌ها و پس از جدا کردن برگ‌ها، سطح برگ با دستگاه سطح‌سنج مدلADC، اندازه‌گیری و تعیین شد. سپس وزن خشک برگ‌ها و ساقه‌ها بعد از قرار گرفتن به مدت ۷۲ ساعت در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. درصد ماده خشک اندام‌های هوایی با استفاده از نسبت وزن خشک به تر اندام‌های هوایی محاسبه گردید. ریشه‌ها پس از آبیاری گلدان‌ها جدا و با آب شسته شدند و پس از توزین و خشک شدن در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت۷۲ ساعت، درصد ماده خشک ریشه مشابه با اندام‌های هوایی محاسبه گردید. در پایان آزمایش، تعداد خوشه‌های دارای میوه و میوه‌های بالغ، قطر میوه و وزن تر کل میوه اندازه‌گیری شد. وزن خشک میوه نیز بعد از قرار گرفتن در آون به مدت یک هفته و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل گردیدند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

1 -. Porometer

2 -. Chlorophyllfluorometer

نتایج و بحث

تأثیر پیش‌تیمار بذر بر ویژگی‌های رشدی گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیه واریانس تأثیر پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مختلف اسپرمین، اسپرمیدین، پوترسین و متیل‌جاسمونات و تنش سرما بر شاخص‌های رشد رویشی و زایشی گوجه‌فرنگی نشان داد که تأثیر پیش‌تیمار بذر بر محتوای کلروفیل برگ، زمان میوه‌دهی در سطح احتمال پنج درصد و بر شاخص‌های روز تا گلدهی و گره گلدهنده گوجه‌فرنگی در سطح احتمال یک درصد معنادار بود. اثر تنش سرما و همچنین اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و تنش سرما در هیچ‌کدام از شاخص‌های رشدی معنادار نشد(جدول ۱).

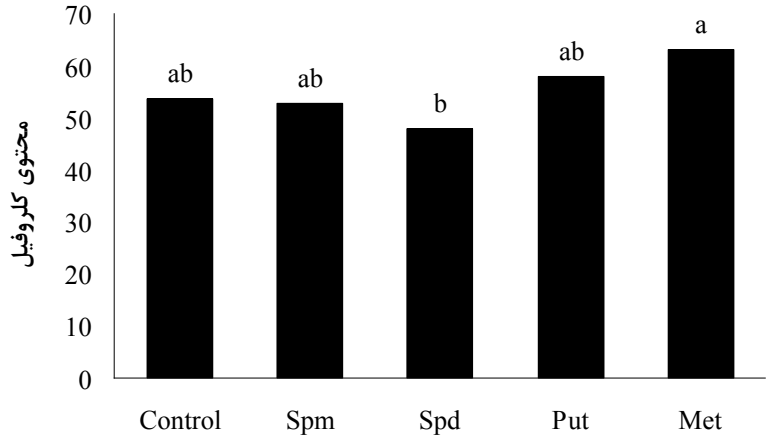
جدول (۱)

نتایج تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار بذر و تنش سرما بر شاخص‌های رشد رویشی و زایشی گوجه‌فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		محتوی کلروفیل	ارتفاع بوته	قطر ساقه	روز تا گلدهی	تعداد گره گل‌دهنده	زمان گلدهی	زمان میوه‌دهی
پیش‌تیمار بذر (P)	۴	۱۹۲/۸۲ *	۳۰/۱۵ ns	۰/۴۹۸ ns	۷۳/۷۸**	۵/۵۸**	۲۹/۵۸*	۱۷/۱۲*
تنش سرما (C)	۱	۰/۶۱ ns	۵۰/۰۵ ns	۱/۴۵ ns	۰/۰۳ ns	۲/۱۳ ns	۵/۶۳ ns	۴/۸ ns
C× P	۴	۹۶/۸۷ ns	۲۷/۱۱ ns	۱/۹۶ ns	۱۱/۲۸ ns	۱/۲۲ ns	۱۲/۲۲ ns	۰/۸۸ ns
خطا	۲۰	۹۷/۵۸	۲۶/۲۳	۰/۶۹۶	۹/۷	۰/۶۷	۸/۹۳	۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۷/۹۴	۱۲/۱۱	۸/۵۹	۳/۷۴	۸/۴۵	۳/۲	۲۵/۹

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

محتوای کلروفیل: مقایسه میانگین داده‌های تأثیر پیش‌تیمار بذر بر محتوای کلروفیل گوجه‌فرنگی نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل (۶۳/۰۲) در تیمار متیل جاسمونات و کمترین محتوای کلروفیل (۴۷/۹۹) برای تیمار اسپرمیدین مشاهده شد که اختلاف معناداری با یکدیگر داشتند. بیشترین محتوای کلروفیل بعد از تیمار متیل‌جاسمونات برای تیمار پوترسین (۵۷/۸۵) حاصل شد که بیشتر از محتوای کلروفیل در شاهد(۵۳/۵۳) بود، اما اختلاف معناداری نداشتند(شکل ۱).

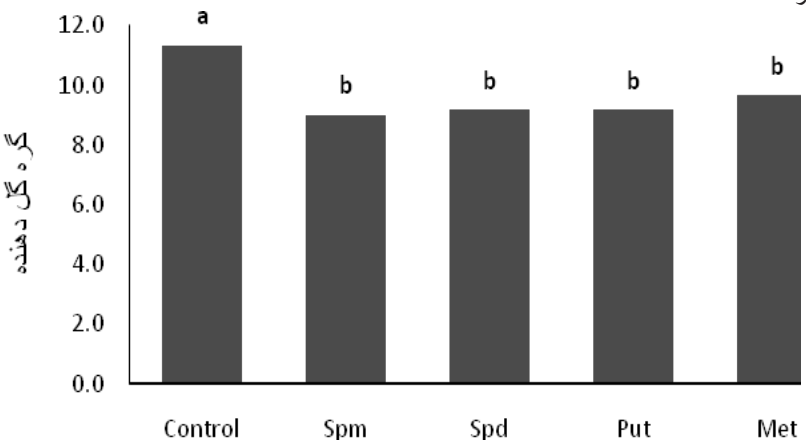


شکل (۱)

اثر پیش‌تیمار بذر بر محتوا کلروفیل برگ گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

تعداد گره در زمان گلدهی: بر اساس مقایسه میانگین داده‌های تأثیر پیش‌تیمار بذر بر تعداد گره ساقه گوجه‌فرنگی در زمان گلدهی، بیشترین تعداد گره (۱۱/۳ گره در بوته) برای شاهد مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها افزایش معناداری داشت؛ به طوری‌که تمام مواد مورد استفاده به صورت پیش‌تیمار بذر موجب کاهش تعداد گره در زمان گلدهی شدند. بین پیش‌تیمارهای استفاده‌شده از نظر تعداد گره در زمان گلدهی تفاوت معناداری مشاهده نشد و بیشترین تعداد گره برای پیش‌تیمار با متیل جاسمونات (۹/۷ گره در بوته) و کمترین تعداد گره در تیمار اسپرمین (۹ گره در بوته) حاصل گردید (شکل ۲). این کاهش در شرایط پیش‌تیمار بذر با مواد مختلف نسبت به شاهد، احتمالاً به دلیل تسریع در وقوع مرحله گلدهی بوده است.

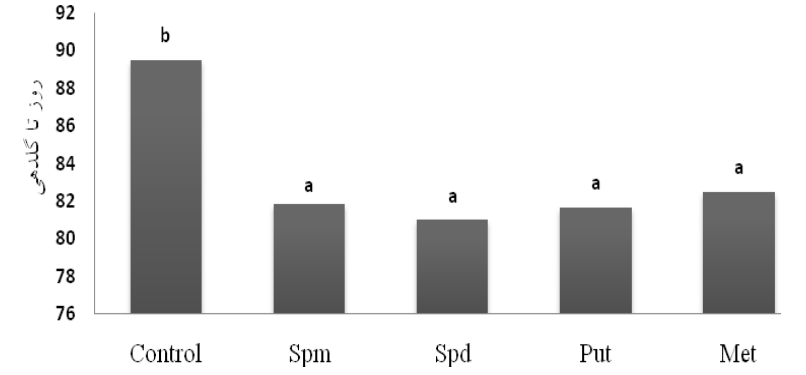


شکل (۲)

اثر پیش‌تیمار بذر بر تعداد گره ساقه گوجه‌فرنگی در زمان گلدهی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

زمان گلدهی: مقایسه میانگین تأثیر پیش‌تیمار بذر بر زمان گلدهی گوجه‌فرنگی نشان داد که تمام مواد مورد استفاده به صورت پیش‌تیمار باعث کاهش معنادار زمان گلدهی شدند. بیشترین زمان گلدهی پس از شاهد (۸۹/۵ روز) برای پیش‌تیمار با متیل‌جاسمونات (۸۲/۵) مشاهده گردید که با سایر پیش‌تیمارها تفاوت معناداری نداشت. کمترین زمان گلدهی(۸۱ روز) نیز برای پیش‌تیمار با اسپرمیدین حاصل شد(شکل۳).

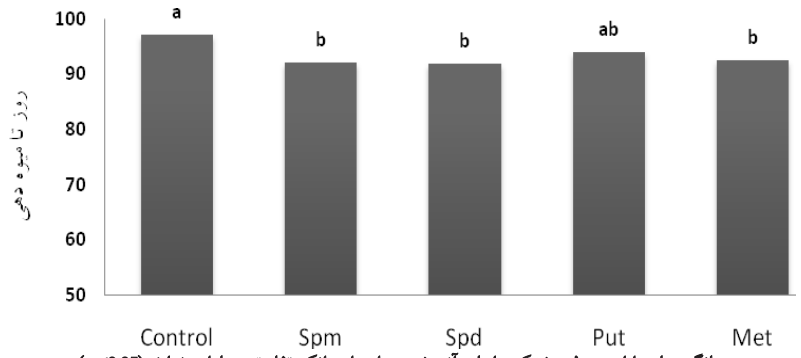


شکل (۳)

اثر پیش‌تیمار بذر بر تعداد زمان گلدهی گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

زمان میوه‌دهی: مقایسه میانگین تأثیر پیش‌تیمار بذر بر تعداد روز تا میوه‌دهی گوجه‌فرنگی نشان داد که تمامی تیمارها به جز تیمار پوترسین موجب کاهش معنادار تعداد روز تا میوه‌دهی نسبت به شاهد شدند. البته تعداد روز تا میوه‌دهی در پیش‌تیمار بذر با پوترسین (۹۴ روز) نیز نسبت به شاهد کاهش یافت، اما تفاوت آن‌ها معنادار نبود. بیشترین تعداد روز تا میوه‌دهی (۹۷/۲ روز) برای شاهد و کمترین تعداد روز نیز برای پیش‌تیمار بذر اسپرمیدین (۹۱/۸ روز) حاصل شد(شکل ۴).



شکل (۴)

اثر پیش‌تیمار بذر بر تعداد روز تا میوه‌دهی گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

نتایج مقایسه میانگین داده‌های بررسی تأثیر پیش‌تیمار بر شاخص‌های رشد گیاهچه گوجه‌فرنگی نشان داد که پیش‌تیمار بذر با تمام مواد مورد استفاده موجب افزایش شاخص‌های رشدی گوجه فرنگی نسبت به شاهد شدند. به نظر می‌رسد پیش‌تیمار با پلی‌آمین‌ها از طریق القا و تحریک تقسیم سلولی در مریستم انتهایی باعث بروز تغییرات هورمونی شده است که این امر در نتیجه بهبود شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی را به دنبال داشته است. البته باید توجه کرد که این اثرات بسته به گونه گیاه و غلظت پلی‌آمین‌ها متفاوت است. متیل جاسمونات نیز بسته به گونه گیاه و غلظت مورد استفاده باعث تحریک یا ممانعت از رشد اندام‌های گیاهی می‌شود. Farooq et al. (2006) بیان کردند که پیش‌تیمار بذر با پوترسین موجب افزایش ABA و IAA در رقم Inqlab-91 تحت شرایط شوری گردید، اما در رقم MH-97 موجب کاهش اندک در ABA شد. پیش‌تیمار با پوترسین، اسپرمین و آب در شرایط بدون تنش موجب کاهش IAA و افزایش ABA شد، اما اسپرمیدین موجب کاهش IAA و ABA در شرایط بدون تنش شد. پیش‌تیمار با تمام مواد موجب افزایش SA در شرایط بدون تنش و دارای تنش شدند. علاوه بر این، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تمامی مواد استفاده شده برای پیش‌تیمار بذر موجب تسریع در وقوع مرحله گلدهی نسبت به شاهد شدند؛ به طوری‌که پیش‌تیمار بذر با اسپرمین، اسپرمیدین و متیل جاسمونات کاهش معنادار زمان تا میوه‌دهی نسبت به شاهد را موجب گردیدند. پیش‌تیمار با پوترسین نیز موجب تسریع میوه‌دهی نسبت به شاهد شد، اما تفاوت بین آن‌ها معنادار نبود. تمامی پیش‌تیمارهای مورد استفاده موجب کاهش تعداد گره در زمان گلدهی نسبت به شاهد شدند که این کاهش احتمالاً به دلیل تسریع در وقوع زمان گلدهی بوده است. کمترین زمان تشکیل گل تا میوه برای شاهد مشاهده شد که تفاوت معناداری با تیمار پوترسین داشت. پیش‌تیمار با متیل جاسمونات موجب افزایش معنادار محتوای کلروفیل گیاه در زمان گلدهی نسبت به تیمار اسپرمیدین شد، اما تفاوت آنها با تیمارهای اسپرمین، پوترسین و شاهد معنادار نبود. کمترین محتوای کلروفیل در تیمار اسپرمیدین مشاهده شد که با شاهد تفاوت معناداری نداشت.Soleimanzadeh (2013) در بررسی تأثیر پیش‌تیمار بر شاخص‌های عملکرد ذرت نشان داد که بذور پیش‌تیمار شده با آب دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی، تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت بودند. این محققان دریافتند که پیش‌تیمار بذر باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه‌ها شد و رشد اولیه گیاه و استقرار آن را بهبود داد که این امر موجب رشد رویشی بیشتر گیاه و تسریع بلوغ آن گردید. علاوه بر آن، پیش‌تیمار با پلی‌آمین‌ها باعث تغییرات هورمونی در گیاه می‌شوند که این تغییرات از جمله عوامل تسریع رشد و باردهی گیاه هستند(Farooq et al., 2005; Farooq et al., 2007, Farooq et al., 2008; Farooq et al., 2011)؛ به طوری‌که برخی بررسی‌ها نشان داده است که پرایمینگ بذر با غلظت‌های بهینه هورمون‌های رشد گیاهی به طور مؤثری موجب افزایش در جوانه‌زنی، رشد و عملکرد محصول در گونه‌های مختلف گیاهان زراعی در هر دو شرایط تنش و نرمال می‌گردد(Lee et al., 1998) که با نتایج این پژوهش سازگار است.

تأثیرپیش‌تیمار بذر و تنش سرما بر شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه در زمان میوه‌دهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر پیش‌تیمار بذر گوجه‌فرنگی تنها بر محتوای کلروفیل برگ گوجه‌فرنگی در سطح احتمال پنج درصد معنادار بود. تأثیر تنش سرما نیز بر شاخص‌های فلورسانس حداقل و حداکثر به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنادار بود، اما اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و تنش سرما بر هیچ‌یک از شاخص‌های فیزیولوژیکی معنادار نبود(جدول ۲).

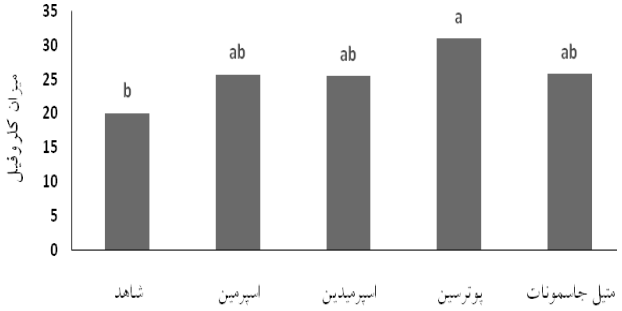
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		فلورسانس حداقل	فلورسانس حداکثر	عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی	هدایت روزنه‌ای برگ	محتوی کلروفیل برگ
پیش‌تیمار بذر (P)	۴	۴۰۰/۴۵ ns	۸۴۵۸/۵ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۵۱/۰۷ ns	۸۸/۹۴*
تنش سرما (C)	۱	۶۰۲۰/۸۳**	۱۳۱۲۰۸/۵*	۰/۰۰۰۱ ns	۱۹۵/ns۰۷	۱۹/۰۴ ns
C× P	۴	۳۱۱/۴۲ ns	۱۳۸۸۹/۳۷ ns	۰/۰۰۱۳ ns	۳۹/۰۷ ns	۵۹/۳۶ ns
خطا	۲۰	۹۱۶/۴	۲۳۴۵۰/۲۳	۰/۰۰۱۲	۴۷/۰۱	۳۲/۷۶
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۷۴	۱۷/۰۶	۴/۶۵	۲۰/۸۲	۲۲/۴۴

****، * و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار**

جدول (۲)

نتایج تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار بذر و تنش سرما بر شاخص‌های فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی

محتوای کلروفیل برگ در زمان میوه‌دهی: بر اساس مقایسه میانگین تأثیر پیش‌تیمار بذر بر محتوای کلروفیل برگ در زمان میوه‌دهی گوجه‌فرنگی مشخص گردید که بیشترین محتوای کلروفیل برگ در زمان میوه‌دهی(۳۰/۸۸) برای پیش‌تیمار بذر با پوترسین حاصل شد که با شاهد، اختلاف معناداری داشت. کمترین مقدار این صفت برای شاهد حاصل شد. پیش‌تیمار بذر با اسپرمین، اسپرمیدین و متیل جاسمونات نیز باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ در زمان میوه‌دهی شدند، اما اختلاف معناداری با شاهد نداشتند(شکل ۵).



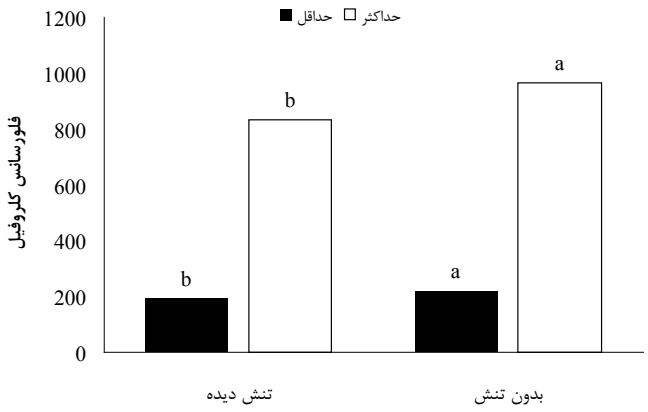
شکل ۳-۳۰: تأثیر پیش‌تیمار بر کلروفیل گیاه در زمان میوه‌دهی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند($p \leq 0.05$).

شکل (۵)

اثر پیش‌تیمار بذر بر محتوای کلروفیل برگ گوجه‌فرنگی در زمان میوه‌دهی

تأثیر تنش سرما بر فلورسانس حداقل و حداکثر: مقایسه میانگین تأثیر تنش دمای پایین در مرحله گیاهچه بر فلورسانس حداقل و حداکثر گوجه‌فرنگی نشان داد که تنش سرما موجب کاهش ۱۵ درصدی مقدار هر دو فاکتور فلورسانس حداقل و حداکثر شد(شکل ۶).



شکل (۶)

اثر تنش سرما بر مقادیر فلورسانس حداکثر (الف) و حداقل (ب) برگ گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

نتایج به دست آمده نشان داد که تأثیر پیش‌تیمار بذر بر محتوای کلروفیل گیاه در زمان میوه‌دهی در سطح احتمال پنج درصد معنادار شد. بیشترین محتوای کلروفیل در تیمار پوترسین مشاهده شد که نسبت به شاهد تفاوت معناداری داشت. تیمارهای اسپرمین، اسپرمیدین و متیل جاسمونات نیز موجب افزایش کلروفیل نسبت به شاهد شدند، اما این تفاوت معنادار نبود. تأثیر تنش سرما بر شاخص‌های فلورسانس حداقل و حداکثر به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنادار شد. از آن‌جا که برای اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل پس از قرار دادن برگ به مدت ۱۵ دقیقه در شرایط تاریکی با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس نور قرمز به برگ تابیده می‌شود و پس از قرار گرفتن برگ در مقابل این نور، فلورسانس کلروفیل افزایش یافته و به سطح F_o می‌رسد، در F_o توان استفاده از انرژی برانگیخته در حداکثر است. بنابراین قسمت بیشتری از انرژی مولکول برانگیخته در واکنش فتوشیمیایی مصرف می‌شود و فلورسانس حداقل است. وقتی شدت نور کافی باشد، فلورسانس از مقدار F_o به حداکثر مقدار خود یعنی F_m افزایش می‌یابد. این افزایش نشان‌دهنده ارتقای تدریجی عملکرد فلورسانس و کاهش سرعت واکنش‌های فتوشیمیایی است(Baker and Rosenqvist, 2004). دلیل کاهش این امر به کوئینون‌آ، احیاشده و مراکز واکنش بسته مربوط می‌شود(Maxwell and Johnson, 2000).

یکی دیگر از پارامترهای مهم فلورسانس کلروفیل، F_v است که به‌صورت F_m-F_o به‌دست می‌آید، نسبت F_v/F_m است که حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II برای تبدیل نور جذب شده به انرژی شیمیایی را نشان می‌دهد.

تنش سرما موجب افزایش فلورسانس حداقل و حداکثر در گیاهان تنش دیده نسبت به گیاهان بدون تنش شد. کمترین میزان فلورسانس حداقل (F_o) مربوط به شاهد و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار تنش بود. نسبت F_v/F_m در گیاهان آوندی در حدود ۰/۸۳۲ محاسبه گردیده است که بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ تغییر می‌کند(Soltani, 2004). تأثیر تنش سرما بر عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی معنادار نشد و از آن‌جا که مقادیر F_v/F_m در تیمارها در حد معمول است، می‌توان نتیجه گرفت که مرکز فتوسیستم II در کلیه‌ی تیمارها سالم است و کارایی آن تحت تأثیر تنش قرار نگرفته است. بنابراین، ظرفیت کوئینون آ (QA) در مراکز فتوسیستم II در تمام تیمارها یک‌سان است و با دریافت نور مقدار انرژی الکترون برانگیخته که در واکنش‌های فتوشیمیایی مصرف می‌شود، بین تیمارها تفاوت معناداری ندارد. غیرفعال شدن فتوسیستم II و از تنظیم خارج شدن تیلاکوئید به عنوان ویژگی کلیدی تنش دمای بالا در نظر گرفته می‌شود و با افزایش سریع و شدید F_o به عنوان عملکرد دما که دمای بحرانی غیرفعال شدن فتوسیستم II را نشان می‌دهد(Baker and Rosenqvist, 2004).

اثر پیش‌تیمار و تنش سرما بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد گوجه‌فرنگی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های تأثیر پیش‌تیمار و تنش سرما بر شاخص‌های رویشی و عملکرد گوجه‌فرنگی نشان داد که پیش‌تیمار بذر با مواد مختلف بر شاخص‌های رشد گوجه‌فرنگی شامل تعداد خوشه، تعداد میوه و قطر میوه در سطح احتمال پنج درصد و بر شاخص‌های وزن تر و خشک میوه در سطح احتمال یک درصد تأثیر معناداری داشت. تنش سرما قطر ساقه را در سطح احتمال یک درصد به طور معناداری تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و تنش سرما بر قطر ساقه و درصد ماده خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنادار شد(جدول ۳).

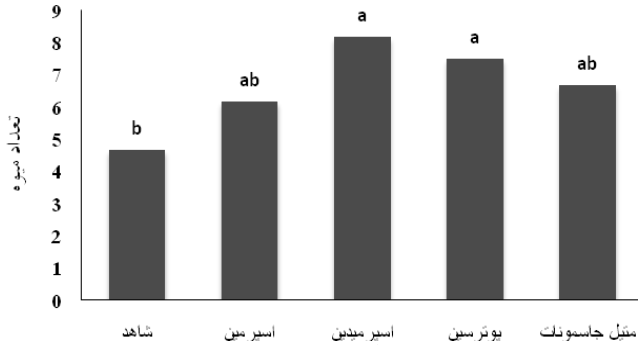
جدول (۳)

نتایج تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار بذر و تنش سرما بر شاخص‌های رشد و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		تعداد میوه	میانگین قطر میوه	وزن کل میوه	تعداد برگ	تعداد گره	طول ساقه	قطر ساقه	سطح برگ	وزن خشک ریشه	وزن خشک میوه	درصد ماده خشک اندام هوایی
پیش‌تیمار بذر (P)	۴	۱۰/۷۸*	۵۳/۲۷*	۵۰۲۳۴**	۳/۴ ns	۲/۲۸ ns	۴۵/۹ ns	۹/۷۶ ns	۲۰/۱×۱۰^۸ ns	۳/۵۳ ns	۱۶۲/۵**	۱۰/۶ ns
تنش سرما (C)	۱	۲/۷۰ ns	۴۶/۰۱ ns	۵۵۵۹/۶۸ ns	۰ ns	۸/۵۳ ns	۷۵/۵ ns	۴۰۹/۲**	۹/۵×۱۰^۸ ns	۰/۵۸ ns	۹/۸۵ ns	۰/۱۷ ns
C× P	۴	۴/۹۵ ns	۱۹/۸۱ ns	۳۵۱۳/۶ ns	۳ ns	۶/۱۲ ns	۶۵/۰۵ ns	۷۳/۴**	۲۵×۱۰^۸ ns	۱۱/۶۵ ns	۳۰/۲۸ ns	۵۱/۰۵**
خطا	۲۰	۳/۵۷	۲۵/۰۲	۱۱۱۲۲/۶	۲/۲	۴/۰۳	۸۶/۹	۶/۴	۲۶/۳×۱۰^۸	۱۰/۸۹	۲۹/۶	۱۱/۲۹
ضریب تغییرات (٪)		۲۸/۴۷	۹/۶۶	۲۶/۹	۱۵/۰۳	۱۰/۱۴	۱۷/۳۴	۱۵/۴۱	۲۰/۵۱	۲۰/۴۶	۲۲/۶۴	۱۰/۲۱

، * و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

تعداد میوه: با استفاده از مقایسه میانگین تأثیر پیش‌تیمار بذر بر تعداد میوه گوجه‌فرنگی مشخص گردید که بیشترین تعداد میوه برای پیش‌تیمار بذر با اسپرمیدین (۸/۲ میوه در بوته) و پوترسین (۴/۲ میوه در بوته) حاصل شد که تفاوت معناداری با شاهد داشتند. تعداد میوه در تیمارهای متیل جاسمونات و اسپرمین بیشتر از شاهد بود، اما تفاوتشان معنادار نبود. بیشترین و کمترین تعداد میوه به ترتیب در تیمار اسپرمیدین (۸/۱۷ میوه در بوته) و شاهد (۴/۶۷ میوه در بوته) مشاهده گردید(شکل ۷).

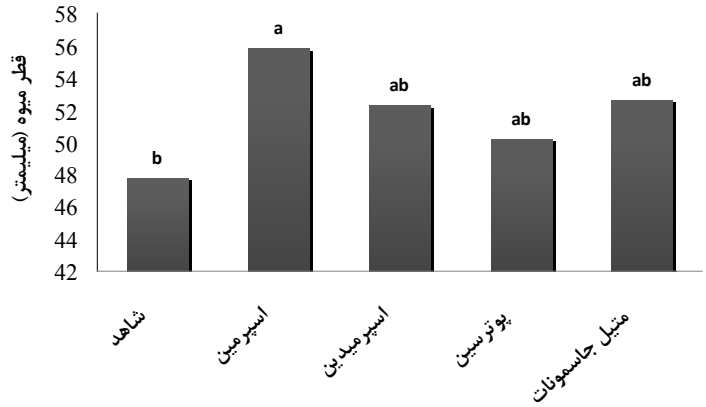


شکل (۷)

اثر پیش‌تیمار بذر بر تعداد میوه گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

قطر میوه: مقایسه میانگین تأثیر پیش‌تیمار بذر بر قطر میوه نشان داد که فقط پیش‌تیمار بذر با اسپرمین باعث افزایش معنادار قطر میوه نسبت به شاهد می‌شود. سایر مواد مورد استفاده به عنوان پیش‌تیمار نیز موجب افزایش قطر میوه نسبت به شاهد شدند، اما این تفاوت معنادار نبود. بیشترین قطر میوه در پیش‌تیمار با اسپرمین(۵۵/۸ میلی‌متر) و کمترین قطر میوه برای شاهد(۴۷/۸ میلی‌متر) حاصل شد(شکل ۸).

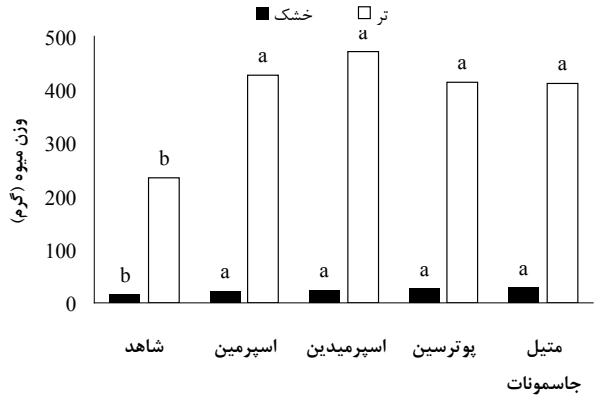


شکل (۸)

اثر پیش‌تیمار بذر بر قطر میوه گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

وزن تر و خشک میوه: مقایسه میانگین تأثیر پیش‌تیمار بذر بر وزن تر نشان داد که بیشترین وزن تر میوه(۴۷۱/۷۴ گرم در بوته) برای پیش‌تیمار با اسپرمیدین و کمترین مقدار آن(۲۳۴/۱۳ گرم در بوته) برای شاهد حاصل گردید. همه مواد مورد استفاده برای پیش‌تیمار بذر موجب افزایش معنادار وزن تر میوه نسبت به شاهد شدند، اما بین مواد مختلف مورد استفاده برای پیش‌تیمار بذر، تفاوت معناداری وجود نداشت. پیش‌تیمار با متیل‌جاسمونات کمترین افزایش وزن تر میوه را در بین پیش‌تیمارهای بذر سبب شد. همچنین همه مواد مورد استفاده برای پیش‌تیمار بذر موجب افزایش معنادار وزن خشک میوه نسبت به شاهد شدند. بیشترین و کمترین وزن خشک میوه به ترتیب برای پیش‌تیمار بذر با متیل‌جاسمونات(۲۹/۲۱ گرم در بوته) و شاهد(۱۵/۷۶ گرم در بوته) حاصل شد. البته درباره‌ی این صفت بین مواد مختلف استفاده‌شده برای پیش‌تیمار بذر، تفاوت معناداری وجود نداشت(شکل ۹).

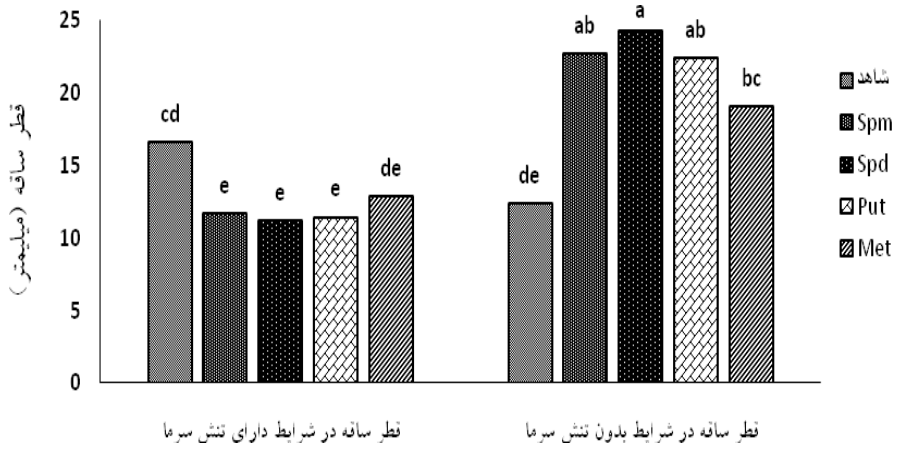


شکل(۹)

اثر پیش‌تیمار بذر بر وزن تر و خشک میوه گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

قطر ساقه: طبق مقایسه میانگین بیشترین قطر ساقه گوجه‌فرنگی(۲۴/۳ میلی‌متر) در تیمار اسپرمیدین بدون تنش سرما حاصل شد که تفاوت معناداری با تیمار اسپرمین و پوترسین در شرایط بدون اعمال تنش سرما نداشت. در شاهد، تنش سرما موجب افزایش قطر ساقه شد، اما تمامی مواد مختلف مورد استفاده برای پیش‌تیمار بذر باعث کاهش قطر ساقه در شرایط تنش سرما نسبت به شرایط بدون تنش سرما شدند. در شرایط تنش سرما کمترین قطر ساقه در تیمارهای اسپرمین(۱۱/۲ میلی‌متر)، اسپرمیدین (۱۱/۲ میلی‌متر) و پوترسین (۱۱/۴ میلی‌متر) اتفاق افتاد که تفاوت معناداری با شاهد(۱۶/۷ میلی‌متر) داشتند. در شرایط بدون تنش سرما تمام مواد استفاده‌شده برای پیش‌تیمار بذر باعث افزایش معنادار قطر ساقه نسبت به شاهد شدند(شکل ۱۰).

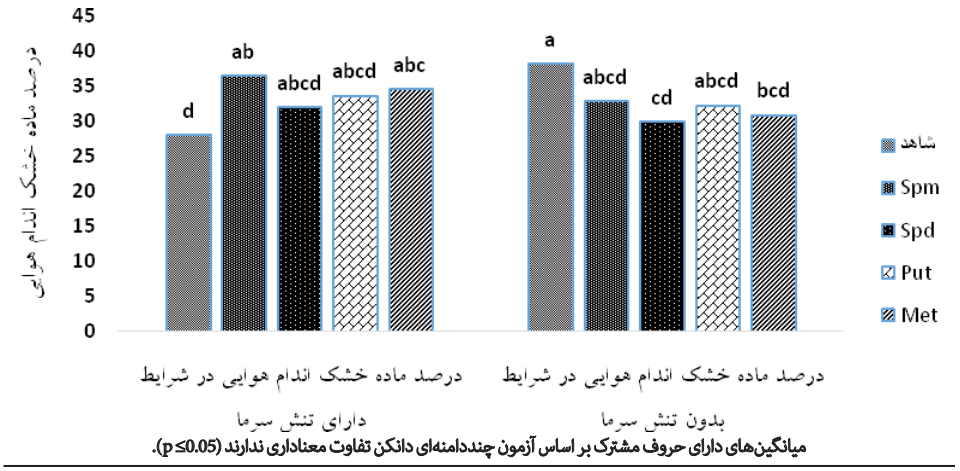


شکل(۱۰)

اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و تنش سرما بر قطر ساقه گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

درصد ماده خشک اندام‌های هوایی: بیشترین درصد ماده خشک اندام‌های هوایی گوجه‌فرنگی(۳۸/۲۲ درصد) برای شاهد بدون تنش سرما به دست آمد. تنش سرما در شاهد موجب کاهش معنادار درصد ماده خشک اندام هوایی شد، اما در تمام پیش‌تیمارهای مورد استفاده، با وجود غیر معنادار بودن تفاوت بین تیمارها، تنش سرما موجب افزایش درصد ماده خشک شد. کمترین مقدار این صفت(۲۸/۰۹ درصد) در شاهد همراه با بروز تنش سرما مشاهده شد(شکل ۱۱).



شکل (۱۱)

اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و تنش سرما بر درصد ماده خشک اندام‌های هوایی گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

همان‌طور که ذکر گردید، تمامی پیش‌تیمارها موجب افزایش تعداد میوه نسبت به شاهد شدند و بیشترین تعداد میوه در پیش‌تیمار با اسپرمیدین و پوترسین مشاهده شد که تفاوت معناداری با شاهد داشتند. پیش‌تیمارهای بذر با متیل جاسمونات و اسپرمین تفاوت معناداری با شاهد نداشتند. بیشترین تعداد خوشه در پیش‌تیمار با اسپرمیدین، پوترسین و متیل جاسمونات مشاهده شد که تفاوت معناداری با اسپرمین داشتند. پیش‌تیمار با اسپرمین موجب افزایش معنادار قطر میوه نسبت به شاهد شد. وزن خشک میوه نیز در تمام پیش‌تیمارها نسبت به شاهد افزایش معناداری نشان داد. نتایج مطالعه Keramat and Daneshmand (2012) روی بررسی تأثیر متیل جاسمونات بر عملکرد فیزیولوژیکی سویا نشان داد که پیش‌تیمار با غلظت‌های کم متیل جاسمونات موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد.(Mohammadi et al. (2010 با بررسی اثر کاربرد آرژنین و پوتریسین بر رشد و عملکرد گندم دریافتند که پوتریسین موجب کاهش ارتفاع بوته و افزایش وزن تر و خشک گیاه شد؛ به طوری‌که با افزایش غلظت از ۱/۲۵ به ۲/۵ میلی‌مولار این اثر نیز افزایش یافت، اما بر زمان بلوغ اثری نداشت. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که پیش‌تیمار بذر باعث افزایش وزن هزار دانه و تعداد سنبلچه و شاخص درصد محصول شد.

تأثیر پیش‌تیمار بذر و تنش سرما بر فعالیت‌های آنزیمی و محتوای پروتئین کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر پیش‌تیمار بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گوجه‌فرنگی در سطح احتمال یک درصد معنادار شد، اما میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان پروتئین محلول تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر قرار نگرفت. اثر تنش سرما و اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و تنش سرما بر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		فعالیت آنزیم کاتالاز	فعالیت آنزیم پراکسیداز	محتوی پروتئین محلول
پیش‌تیمار بذر (P)	۴	۹/۱۶ ns	۱۳۸۳۹/۶**	۴۱۶/۳ ns
تنش سرما (C)	۱	۵/۶۵ ns	۱۴۰۹/۶ ns	۱۱۴/۹۹ ns
C× P	۴	۵/۸۲ ns	۳۵۴/۱۸ ns	۳۲۶/۹۳ ns
خطا	۲۰	۴/۹۵	۸۱۲/۶	۸۴۷۱/۰۷
ضریب تغییرات (٪)		۲۴/۳۴	۲۹/۲	۱۶/۵۷

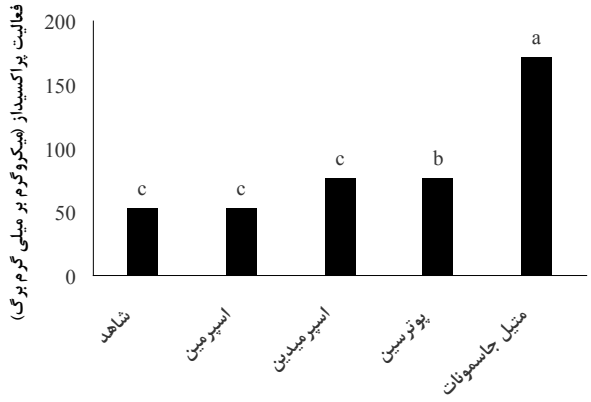
جدول (۴)

تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار بذر و تنش سرما بر فعالیت آنزیمی و پروتئین کل

** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی‌دار

هیچ‌یک از صفات آنزیم‌ها و پروتئین محلول کل معنادار نشد(جدول ۴).

فعالیت آنزیمی:نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان فعالیت پراکسیداز در پیش‌تیمار با متیل جاسمونات اتفاق افتاد که نسبت به شاهد افزایش معناداری نشان داد. پیش‌تیمار بذر با اسپرمیدین و پوترسین نیز موجب افزایش معنادار فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به شاهد شدند. کمترین میزان فعالیت پراکسیداز در شاهد و پیش‌تیمار با اسپرمین مشاهده شد(شکل ۱۲).



شکل (۱۲)

اثر پیش‌تیمار بذر بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گوجه‌فرنگی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معناداری ندارند ($p \leq 0.05$).

چنین به نظر می‌رسد که کاهش محتوای پروتئین محلول و کلروفیل با کاهش فعالیت روبیسکو در برگ همراه است؛ به طوری‌که کاهش مقدار و فعالیت روبیسکو باعث کاهش فتوسنتز خالص شده است(Fredeen et al., 1990; Sharkey et al., 2001)؛ در صورتی که فعالیت روبیسکو محدود نشده باشد، انتظار می‌رود فتوسنتز خالص نیز در حد طبیعی باشد(Kim and Portis, 2005). Kibinzaa et al. (2011) با بررسی اثر پیش‌تیمار بذر آفتابگردان بر فعالیت و سنتز آنزیم کاتالاز گزارش دادند که پیش‌تیمار با پلی‌اتیلن گلایکول باعث کاهش اثرات منفی شرایط نامساعد محیطی گردید. همچنین پیش‌تیمار بذر باعث سنتز آنزیم کاتالاز از طریق فعال‌سازی بیان و ترجمه ژن‌های مربوطه گردید. فعالیت کاتالاز در بذور پیش‌تیمار شده افزایش یافت و موجب بهبود جوانه‌زنی بذر گردید. Shen et al. (2008) با بررسی تأثیر نقش پلی‌آمین‌ها در تحمل ارقام خیار نسبت به بروز سرما اظهار داشتند که در ارقام مقاوم به سرما مقدار اسپرمیدین در زمان سرمادهی افزایش یافت. پس از آن در زمان گرم شدن نیز دوباره به مقدار کمی افزایش یافت. پوتریسین به‌طور قابل توجهی در شرایط قرار گرفتن در محیط با دمای بالا افزایش یافت؛ در حالی‌که هیچ‌کدام از این پلی‌آمین‌ها در ارقام حساس در هیچ‌یک از دوره‌ها افزایش نیافت. به نظر می‌رسد فعالیت آنزیم و بیوسنتز پلی‌آمین‌ها وابسته به تفاوت بین ارقام است. پیش تیمار رقم حساس خیار با اسپرمین موجب کاهش صدمات سرمایی ناشی از افزایش پروکسید هیدروژن در برگ‌ها شد و موجب کاهش فعالیت NADPH اکسیداز و سوپر اکسیداز وابسته به NADPH و کاهش آسیب سرما گردید. کاربرد مهارکننده‌های بیوسنتز پلی‌آمین‌ها(متیل گلی اکسال) با کاهش تولید اسپرمیدین موجب افزایش آسیب سرما شد. این محققان اظهار داشتند که اسپرمیدین با جلوگیری از فعال‌سازی NADPH اکسیداز در میکروزوم، خسارت تنش سرما را کاهش داد. نتایج مطالعه Saeidnejad et al. (2012) روی اثر پیش تیمار بذر ذرت با اسپرمین بر بهبود جوانه‌زنی بذر و فعالیت آنزیمی در شرایط سرما نشان داد که تنش سرما موجب افزایش فعالیت کاتالاز و سوپر اکسید دسموتاز در گیاهچه‌ها شد؛ به طوری‌که در تیمار ۶۰ میلی‌گرم در لیتر این افزایش بیشتر از تیمارهای ۲۰، ۳۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر بود. Amri et al. (2011) در بررسی روی اثرات پوتریسین و اسپرمیدین بر مقاومت انار به تنش خشکی نشان دادند که تیمارها موجب افزایش میزان پروتئین در شرایط بروز تنش شدند. Keramat and Daneshmand (2012)

نیز بیان کردند که تیمار برگی گیاه سویا با غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در این گیاه شد. Farooq et al. (2011) دریافتند که پیش‌تیمار بذر گندم با آب و پلی‌آمین‌ها موجب افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و میزان قند محلول نسبت به شاهد شد. Yan-ping et al. (2010) با مطالعه اثر پیش‌تیمار بذر بادمجان با اسپرمین و اسپرمیدین بر رشد گیاهچه در دمای پایین بیان کردند که محتوای پروتئین و پرولین نیز در گیاهچه‌ها افزایش یافت. پیش‌تیمار همچنین موجب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهچه‌ها شد. Wanaei et al. (2011) نشان دادند که میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام مختلف نخودفرنگی در مقابل تنش سرما متفاوت است. Seema et al. (2003) با مطالعه اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر گیاهچه‌های نیشکر گزارش دادند که غلظت‌های مختلف موجب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز شد، اما فعالیت آنزیم پراکسیداز اندکی افزایش یافت. میزان پروتئین کل در تیمار با متیل جاسمونات نسبت به شاهد کاهش یافت، اما با افزایش غلظت متیل جاسمونات غلظت پروتئین کل افزایش یافت. نتایج مطالعه Ketabch and Shahrtash (2011) روی اثر متیل جاسمونات و سایتوکنین بر پاسخ بیولوژیکی گیاه ذرت تحت تأثیر آلودگی به فوزاریوم نشان داد که کاربرد متیل جاسمونات موجب افزایش فعالیت کاتالاز ساقه و ریشه در گیاهان شاهد شد، اما فعالیت این آنزیم در گیاهان آلوده به فوزاریوم را کاهش داد. همچنین در گیاهان شاهد همراه با متیل جاسمونات محتوای کلروفیل و پروتئین تغییر نکرد، اما در گیاهان آلوده به فوزاریوم همراه با متیل جاسمونات کلروفیل و پروتئین نسبت به گیاهان بدون متیل جاسمونات افزایش یافت.

با این‌وجود، باید به این نکته‌ی مهم توجه کرد که اثرات کاربرد پلی‌آمین‌ها بر خصوصیات گیاه و مقاومت آن به عوامل تنش‌زا به نوع گیاه و رقم آن بستگی دارد. Quinetet al. (2010) در بررسی اثر پوتریسین بر متابولیسم پلی‌آمین‌ها و تولید اتیلن در تنش شوری در ارقام مقاوم به شوری برنج نشان دادند که تنش شوری در ارقام مقاوم موجب افزایش پوتریسین شد، ولی در ارقام حساس موجب کاهش پوتریسین گردید. فعالیت آنزیم‌های اورنیتین دکربوکسیلاز و آرژنین دکربوکسیلاز در ارقام مقاوم بیشتر از ارقام حساس بود. در تنش شوری فعالیت آنزیم‌های دی آمین کربوکسیلاز و پلی‌آمین اکسیداز در ریشه‌های ارقام مقاوم و شاخه‌های ارقام حساس افزایش یافت. در ارقام مقاوم به شوری، اتیلن بیشتری نسبت به ارقام حساس تولید شد. کاربرد پوتریسین خارجی موجب افزایش تولید اتیلن در دو رقم حساس و مقاوم گردید.

نتیجه‌گیری

پیش‌تیمار بذر یکی از روش‌های بهبود کیفیت بذر به ویژه در شرایط نامساعد محیطی است که با استفاده از مواد مختلف و پیش از کاشت مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که پیش‌تیمار بذر با تنظیم‌کننده‌های مختلف رشد دامنه‌ای از فرآیندهای مختلف در گوجه‌فرنگی نظیر: صفات فیزیولوژیکی، خصوصیات رویشی و زایشی و عملکرد گوجه‌فرنگی را تحت تأثیر قرار داد و مقاومت گیاه را نسبت به تنش سرما بهبود بخشید. از آن‌جا که بالاترین صفات مربوط به عملکرد، نظیر: زمان گلدهی و تعداد و وزن تر میوه گوجه‌فرنگی در پیش‌تیمار بذر با اسپرمیدین حاصل شد، از این رو به منظور حفظ خصوصیات رشدی و دست‌یابی به سطح مطلوبی از عملکرد میوه گوجه‌فرنگی به ویژه در مناطق معتدل و خنک، می‌توان پیش تیمار بذر با اسپرمیدین را جهت جلوگیری از کاهش عملکرد به ویژه در شرایط محیطی معتدل و خنک که امکان بروز تنش‌های سرما وجود دارد، مدنظر قرار داد.

REFERENCES

- Amri, E., Mirzaei, M., Moradi, M. & Zare, K. (2011). The effects of Spermidine and Putrescine Polyamines on growth of pomegranate (Punica granatum L. CV 'Rabbab') in salinity circumstance. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 3(3), 43-49.
- Baker, N. R. & Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. Journal of Experimental Botany, 55, 1607-1621.
- Basra, S. M. A., Ashraf, M., Iqbal, N., Khaliq, A. & Ahmad, R. (2004). Physiological and Biochemical aspects of pre-sowing heat stress on cottonseed. Seed Science and Technology, 32, 765-774.
- Behpoori, A., Zare, A., Nezami, R. & Fakhri, N. (2009). Evaluation of senescence impacts on germination and other growth factors of two safflower seedlings. The 1st International Congress on Oil Seeds, 1, 208-212. (In Farsi)
- Chance, B. & Maehly, C. (1955). Assay of catalase and peroxidases. Methods inEnzymology, 2(11), 764-775.
- Copeland, R. A. (1994). Methods for Protein Analysis: A Practical Guide to Laboratory Protocols. Chapman & Hall, New York, pp. 24-27.
- Daneshvar, M. H. (2010). Vegetable Production. The 6th Edition. University of ShahidChamran, Ahwaz. (In Farsi)
- El-Araby, M. M. & Hegazi, A. Z. (2004). Responses of tomato seeds to hydro- and osmo-priming, and possible relation of some antioxidant enzymes and endogenous polyamine factions. Egyptian Journal of Biology, 6, 81-93.
- Elizondo, R. & Oyanede, E. (2010). Field testing of tomato chilling tolerance under varying light and temperature conditions. Chilean Journal of Agricultural Research, 70(4), 552-558.
- Farooq, M., Aziz, T., Rehman, H., Rehman, A., Alam, S. & 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 Physiologiae Plantarum, 33, 1707-1713.
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Hussain, M. & Saleem, B. A. (2007). Incorporation of Polyamines in the Priming Media Enhances the Germination and Early Seedling Growth in Hybrid Sunflower (Helianthus annuus L.). International Journal of Agriculture and Biology, 15(60), 868-872.
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Nafees, M. & Chishti, S. A. (2005). Enhancement of tomato seed germination and seedling vigor by osmopriming. Pakistan Journal of Agricultural Science, 42(3-4), 36-41.
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Rehman, H. & Hussain, M. (2008). Seed priming with polyamines improves the germination and early seedling growth in fne rice. Journal of New Seeds, 9, 145-155.
- Fredeen, L., Raab, T. K., Rao, I. M. & Terry, N. (1990). Effects of phosphorus nutrition on photosynthesis in Glycine max (L.) Merr. Planta, 181, 393-405.
- Hamidi, A., Roodi, D., Asgari, V. & Hajiloyee, 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. Seedling and Seed, 24(4), 677-705. (In Farsi)

- Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil, A. & Rehman, S. (2006). Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plants under salt stress? Journal of Integrative Plant Biology, 48(2), 181-189.
- Keramat, B. & Daneshmand, F. (2012). Dual role of methyl jasmonate in physiological responses of soybean (Glycine max L.) plant. Journal of Plant Process and Function, 1(1), 26-38. (In Farsi)
- Ketabchi, S. & Shahrtash, M. (2011). Effects of Methyl Jasmonate and Cytokinin on Biochemical Responses of Maize Seedlings Infected by Fusarium moniliforme. Asian Journal of Experimental Biological Sciences, 2(2), 299-305.
- Kibinzaa, S., Bazina, J., Baillya, C., Farrantb, J. M. & Corbineaua, F. (2011). Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. Plant Science, 181, 309-315.
- Kim, K. & Portis, A. R. (2005). Temperature dependence of photosynthesis in Arabidopsis plants with modification in Rubisco activase and membrane fluidity. Plant and Cell Physiology, 46, 522-530.
- Lee, S. S., Kim, J. H., Hong, S. B., Yun, S. H. & Park, E. H. (1998). Priming effect of rice seeds on seedling establishment under adverse soil conditions. Korean Journal Crop Science, 43, 194-198.
- Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. Chilling, freezing and high temperature stresses. New York: Academic Press, USA. Vol. I.
- Lukatkin, A. S., Brazaitytė, A., Bobinas, C. & Duchovskis, P. (2012). Chilling injury in chilling-sensitive plants: a review. Agriculture, 99(2), 111-124.
- Maxwell, K. & Johnson, G. N. (2000). Chlorophyll fluorescence–a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51(345), 659-668.
- McDonald, M. B. (1999). Seed deterioration: Physiology, repair, and assessment. Seed Science and Technology, 27, 177-237.
- Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour, H., Zeinali, E. & Najafi Hezarjaribi, R. (2008). Effect of seed deterioration on vegetative growth and chlorophyll fluorescence in soybean (Glycine max). Journal Agriculture Science. Natural Resources, 15(5), 48-56.
- Mostafa, H. A. M., Hassanein, R. A., Khalil, S. I., El-Khawas, S. A., El-Bassiouny, H. M. S. & Abd El-Monem, A. A. (2010). Effect of arginine or putrescine on growth, yield, and yield components of late sowing wheat. Journal of Applied Sciences Research, 6(2), 177-183.
- Penalosa, A. P. S. & Eira, M. T. S. (1993). Hydration– dehydration treatments on tomato seeds (Lycopersicon esculentum Mill.). Seed Science and Technology, 21, 309-316.
- Quinet, M., Ndayiragije, A., Lefe`vre, I., Lambillotte, B., Dupont-Gillain, C. C. & Lutts, S. (2010). Putrescine differently influences the effect of salt stress on polyamine metabolism and ethylene synthesis in rice cultivars differing in salt resistance. Journal of Experimental Botany, 61(10), 2719-2733.

- 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.
- Seema, G. Manoj, K. S., Srivastava, S. & Shrivastava, A. K. (2003). Effect of Methyl Jasmonate on Sugarcane Seedlings. Sugar Technology, 5(3), 189-191.
- Sharkey, T. D., Badger, M. R., Caemmerer, S. & Andrews, T. J. (2001). Increased heat sensitivity of photosynthesis in tobacco plants with reduced Rubiscoactivase. Photosynth. Research, 67, 147-156.
- Shen, W., Nada, K. & Tachibana, S. (2000). Involvement of Polyamines in the Chilling Tolerance of Cucumber Cultivars. American Society of Plant Physiologists, 124, 431-439.
- Soleimanzadeh, H. (2013). Effect of seed priming on germination and yield of corn. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(4), 366-369.
- Soltani, A. (2004). Chlorophyll fluorescence and its application. Internal Press. University of Agricultural Science and Natural Resource, Gorgan, Iran. (In Farsi)
- Wanaei, S., Siosemardeh, A. & Haidari, G. (2011). The effects of cold stress at germination and seedling stages on antioxidant enzymes and some physiological aspects of chickpea (Cicer arientinum). Iranian Journal of Field Crops Research, 9(3), 514-524. (In Farsi)
- Yan-ping, Z., Hai-he, L., Shu-xing, S., Cheng-he, Z. & Xin-e, H. (2010). Effect of Polyamine Priming on Seed Vigor and Seedling Chilling Tolerance in Eggplant. Acta Horticulturae Sinica, 37(11), 1783-1788.