

مقاله کوتاه علمی

بررسی خصوصیات جوانه‌زنی بذر فلفل شیرین (*Capsicum annuum*) تحت تیمار شوری و خشکیمحمد حسین امینی‌فرد^{۱*}، حسن بیات^۱

چکیده مبسوط

مقدمه: فلفل متعلق به خانواده بادمجانیان می‌باشد و از مهمترین محصولات سبزی و باغی بوده که به دلیل ارزش تغذیه‌ای، تمایل به مصرف آن در سراسر جهان رو به افزایش است. جوانه‌زنی و سبز شدن بذر به شدت تحت تأثیر تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی قرار می‌گیرد، به طوری که استقرار ضعیف گیاه یکی از مشکلات اصلی در مناطق خشک و شور می‌باشد. خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیر گذاشته و موجب کاهش و به تأخیر انداختن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد. تنش شوری نیز به عنوان یکی از تنش‌های غیرزنده مهم است که نقش مهمی در کاهش تولید محصولات زراعی و باغی دارد.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی اثر تنش‌های خشکی و شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای فلفل شیرین، دو آزمایش مجزا در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۵ انجام شد. برای اعمال تنش خشکی از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ و برای تنش شوری از کلرید سدیم استفاده گردید. سطوح تیمارهای آزمایش‌های خشکی و شوری شامل پتانسیل‌های اسمزی صفر، -۲، -۴، -۶، -۸، -۱۰ و -۱۲ بار بودند. بذرها با محلول هیپوکلیت سدیم دو درصد به مدت یک دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. محیط کشت، پتری‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متر بود و در هر کدام ۲۵ عدد بذر بر روی دو لایه کاغذ صافی قرار داده شد و سپس به هر پتری مقدار ۵ میلی‌لیتر آب مقطر یا محلول اضافه شد. صفات مورد بررسی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل بود.

یافته‌ها: براساس نتایج تجزیه واریانس، تنش شوری و خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد فلفل شیرین تأثیر معنی‌داری داشتند، به طوری که در سطح ۱۰- و ۱۲- بار تنش شوری، جوانه‌زنی فلفل شیرین به شدت کاهش یافت و به صفر رسید. درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه با افزایش تنش خشکی از صفر به ۱۲- بار به ترتیب ۴۳/۷۵، ۴۱/۶۷ و ۹۳/۴۶ درصد کاهش یافتند. شاخص بنیه بذر در هر دو تنش نیز کاهش یافت، به طوری که با افزایش سطح تنش خشکی و شوری از پتانسیل اسمزی صفر به ۱۲- بار، شاخص بنیه بذر فلفل شیرین به ترتیب ۹۶/۵۸ و ۱۰۰ درصد کاهش یافت. نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در مرحله جوانه‌زنی، تحمل گیاه فلفل شیرین به تنش شوری در مقایسه با تنش خشکی، بیشتر است، ولی برای ارزیابی دقیق‌تر نیاز به انجام آزمایشات تکمیلی در مزرعه و گلخانه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، پلی اتیلن گلیکول، کلرید سدیم

جنبه‌های نوآوری:

۱- خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه فلفل شیرین در پتانسیل‌های اسمزی یکسان تنش‌های شوری و خشکی مقایسه گردید.

۲- شاخص‌های جوانه‌زنی فلفل شیرین تحت تیمار شوری کمتر از خشکی کاهش یافت.



مقدمه

حساس‌ترین مرحله به شوری است (زیاف^۵ و همکاران، ۲۰۰۹).

علاوه بر تنش خشکی، تنش شوری نیز به عنوان یکی از تنش‌های غیرزیستی مهم است که نقش مهمی در کاهش تولید محصولات زراعی و باغی دارد (امیدی^۶، ۲۰۱۰). رشد گیاهان در شرایط تنش شوری ممکن است از طریق تغییرات پتانسیل اسمزی بر اثر پایین رفتن پتانسیل آب در محیط ریشه، یا بر اثر تأثیرات ویژه یون‌ها در فرایندهای متابولیکی کاهش یابد (گرین‌وی و مونز^۷، ۱۹۸۰؛ نفیس^۸ و همکاران، ۲۰۱۰). در تحقیقاتی که روی جوانه‌زنی گیاهان انجام شده است با افزایش شوری و خشکی، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن گیاهچه کاهش می‌یابد (تمارتاش^۹ و همکاران، ۲۰۱۰؛ طویلی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۵). زیره‌زاد^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی آویشن اظهار داشتند که تنش شوری و خشکی به طور معنی‌داری سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، ضریب آلومتری و وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید.

علاوه بر پاسخ‌های رشدی به تنش‌های خشکی و شوری، تنظیم اسمزی نیز در پاسخ به تنش در داخل سلول‌ها و بافت‌های گیاه اتفاق می‌افتد. تنظیم اسمزی یکی از سازوکارهای تحمل است که در آن گیاهان متابولیت‌های با وزن مولکولی کم مانند قندها، اسیدهای آلی و آمینواسیدها را تجمع می‌دهند تا پتانسیل اسمزی سلول برای حفظ آب و نگهداری فشار تورژسانس کاهش یابد (مانا^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۴). در تحقیقی اثر شوری و خشکی بر روی گیاه فلفل انجام شد که نتایج نشان داد ضریب حساسیت عملکرد نسبت به شوری، ۱/۵۶ و نسبت به خشکی ۱/۶۶ می‌باشد (اونلوکارا^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۵). لذا با توجه به این که فلفل شیرین در کشور

فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L.) از مهم‌ترین محصولات سبزی و باغی بوده که به دلیل ارزش تغذیه‌ای تمایل به مصرف آن در سراسر جهان رو به افزایش است. میوه فلفل، سرشار از انواع ویتامین‌ها و بخصوص ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. فلفل همچنین منبع عالی از رنگیزه‌های طبیعی بخصوص کاروتنوئیدها است (اسمیت^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). جنس *Capsicum* با ۳۱ گونه به عنوان یک جنس دارویی و معطر در خانواده Solanaceae قرار دارد (موسکونی^۲ و همکاران، ۲۰۰۶).

جوانه‌زنی و رشد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا تحت تاثیر تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی است (دولت‌آبادیان^۳ و همکاران، ۲۰۰۸) و جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس در چرخه رشدی گیاهان محسوب می‌شود، زیرا جوانه‌زنی نقش عمده‌ای را در تعیین تراکم نهایی گیاه دارا می‌باشد (الفت^۴ و همکاران، ۲۰۰۷). خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیر گذاشته و موجب کاهش و به تاخیر انداختن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد. کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل کل آب، همواره با از بین رفتن آماس، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش رشد از علائم مخصوص تنش خشکی است. در صورتی که تنش خشکی شدید باشد، موجب کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرایندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد و سرانجام مرگ گیاه می‌گردد (فاروق^۵ و همکاران، ۲۰۰۹). آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کننده جوانه‌زنی است و قابلیت دسترسی به آب با کاهش پتانسیل اسمزی خاک کاهش می‌یابد. پتانسیل اسمزی، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و در نتیجه سرعت جوانه‌زنی گیاه دارد (باقری^۶ و همکاران، ۲۰۱۱). به طور کلی گیاه فلفل در مرحله رشد رویشی به تنش شوری حساس‌تر و آسیب‌پذیر است و مرحله گیاهچه‌ای

⁵ Ziaf

⁶ Omidi

⁷ Greenway and Munns

⁸ Nafees

⁹ Tamartash

¹⁰ Tavili

¹³ Zirehzad

¹² Manaa

¹³ Unlukara

¹ Smith

² Moscone

¹ Dolatabadian

² Ulfat

³ Farooq

⁴ Bagheri

شدند (مولر^۲ و همکاران، ۲۰۱۰) بذرهایی که حداقل دارای دو میلی‌متر طول ریشه‌چه بودند به عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شدند. طول دوره آزمایش ۲۰ روز بود (مانا و همکاران، ۲۰۱۴). در پایان آزمایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه (انتخاب شش گیاهچه به طور تصادفی از داخل هر پتری) با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه محاسبه شد (طویلی و همکاران، ۲۰۱۵). سپس ریشه‌چه‌ها و ساقه‌چه‌ها در داخل آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد (پیس^۳ و همکاران، ۱۹۹۹). در پایان آزمایش درصد جوانه‌زنی بذرها محاسبه شد. سرعت جوانه‌زنی نیز از طریق رابطه ۲ محاسبه شد (باجی^۴ و همکاران، ۲۰۰۲).

$$\text{رابطه ۲: } GR = \sum Ni / Di$$

که در این رابطه GR سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)، Ni تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز و Di روز شمارش بذر می‌باشد.

میانگین زمان جوانه‌زنی بر اساس رابطه ۳ محاسبه شد (روآن^۵، ۲۰۰۲).

$$\text{رابطه ۳: } MGT = \sum (D \times N) / \sum N$$

که در این رابطه MGT میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)، N تعداد بذرهایی که در روز Dام جوانه زدند و D تعداد روزهایی که از آغاز زمان جوانه‌زنی گذشته می‌باشند. شاخص بنیه بذر نیز از حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی در طول گیاهچه محاسبه شد (الیاس و کوپلند^۶، ۲۰۰۱). برای تجزیه واریانس و محاسبات آماری از برنامه ماکرو DSASTAT Ver. 1.022 در نرم‌افزار اکسل و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

ایران کشت و کار می‌شود و در بعضی مناطق کشت با تنش‌های خشکی و شوری مواجهه هستند، این تحقیق با هدف بررسی سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه فلفل شیرین انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش‌های خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذر گیاه فلفل شیرین (*Capsicum anumm* var. California wander)، دو آزمایش مجزا در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۵ و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای تنش خشکی شامل هفت سطح پتانسیل اسمزی صفر، -۲، -۴، -۶، -۸، -۱۰ و -۱۲ بار بود که با استفاده از محلول پلی‌اتیلن گلیکول (PEG۶۰۰۰) و به ترتیب با غلظت‌های صفر، ۱۱۹/۵۷، ۱۷۸/۳۴، ۲۲۳/۶۶، ۲۶۱/۹۴، ۲۹۵/۷۱ و ۳۲۶/۲۶ گرم در لیتر آب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس محیط از طریق رابطه ۱ اعمال شد (میشل و کافمن^۱، ۱۹۷۳).

رابطه ۱:

$$P(\text{bar}) = -(1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T$$

P: قابلیت اسمزی بر حسب بار، T دما بر حسب درجه سلسیوس و C مقدار PEG بر حسب گرم در کیلوگرم آب است.

تیمارهای تنش شوری نیز مشابه سطوح خشکی بود که شامل هفت سطح پتانسیل اسمزی صفر، -۲، -۴، -۶، -۸، -۱۰ و -۱۲ بار بود که با استفاده از کلرید سدیم (NaCl) و به ترتیب با غلظت‌های صفر، ۲/۶۲، ۵/۲۵، ۷/۸۷، ۱۰/۵۰، ۱۳/۵۰ و ۱۵/۷۰ گرم در لیتر اعمال گردید. قبل از کاشت، بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم دو درصد به مدت یک دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. محیط کشت، پتری‌هایی با قطر نه و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر بود و در هر کدام ۲۵ عدد بذر روی کاغذ صافی قرار داده شد و سپس به ژرمیناتورهای تنظیم شده با دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس با طول روز ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی منتقل

² Muller

³ Pace

⁴ Bajji

⁵ Ruan

⁶ Elias and Copeland

¹ Michel and Kaufman

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی و شوری بر همه صفات مورد بررسی (جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲).

درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین، شوری شدیدتر از ۸- بار سبب کاهش معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای فلفل شیرین نسبت به شاهد گردید بطوریکه در سطوح تنش‌های شوری ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار، درصد جوانه‌زنی به ترتیب ۱۶/۶۶، ۳۱/۲۵ و ۴۳/۷۵ درصد و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۱۴/۴۴، ۲۹/۴۴ و ۴۱/۶۷ درصد نسبت به شاهد (سطح صفر بار) کاهش یافت. افزایش سطوح تنش خشکی، نیز سبب کاهش معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای فلفل شیرین گردید، با افزایش تنش خشکی از صفر به ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار درصد جوانه‌زنی به ترتیب صفر، ۲، ۱۴، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب صفر، ۱۱/۱۱، ۲۰، ۶۵/۵۶، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد کاهش یافتند. در نتیجه می‌توان بیان کرد که فلفل شیرین به تنش خشکی نسبت به شوری حساس‌تر می‌باشد. معادله رگرسیون بین سطوح مختلف تنش شوری و خشکی با درصد جوانه‌زنی به ترتیب ۹۸ و ۹۹ درصد نقاط و با سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۹۶ و ۹۹ درصد نقاط را برازش می‌کنند (شکل ۱ و ۲).

پتانسیل کم آب، به ویژه در ابتدای فرآیند جوانه‌زنی، باعث اختلال در جذب آب توسط بذر شده و جوانه‌زنی گیاه را به تأخیر می‌اندازد (سیرانو^۱ و همکاران، ۱۹۹۹؛ باقری و همکاران، ۲۰۱۱). اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب آب به کندی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی صورت خواهد گرفت، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و از این رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (مارش^۲، ۱۹۹۵). حسینی و رضوانی

مقدم^۳ (۲۰۰۶) بیان نمودند که با افزایش میزان تنش خشکی به طور خطی از درصد جوانه‌زنی بذرهای اسفرزه کاسته شد به گونه‌ای که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به شرایط عدم تنش و کمترین مقدار آن که برابر صفر بود مربوط به پتانسیل ۱۲- بار بود.

آل‌ابراهیم^۴ و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثر تنش شوری بر گیاه آویشن نتایج مشابهی را بیان نمودند. مرحله جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس گیاهان به تنش شوری است (آنکار^۵، ۱۹۹۵). اثر بازدارنده تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی یا سمیت یونی است (توبه^۶ و همکاران، ۲۰۰۴). شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و بالتبع کاهش جذب آب توسط بذر و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (زینلی^۷ و همکاران، ۲۰۰۲). علت کم شدن درصد جوانه‌زنی در تنش شوری، فشار اسمزی محلول است که باعث بهم خوردن تعادل یونی می‌شود و در نتیجه روی کنش‌ها و واکنش زیستی بذر تأثیر می‌گذارد؛ در نتیجه، فعالیت آنزیم‌های موجود در بذر و یا آنزیم‌هایی که جهت رشد ساخته می‌شوند، متوقف شده، لذا انرژی لازم برای جوانه‌زنی و سایر فعالیت‌های رشد فراهم نمی‌شود (باجی و همکاران، ۲۰۰۲).

براساس نتایج حسینی و رضوانی مقدم (۲۰۰۶) سرعت جوانه‌زنی بذرهای اسفرزه نیز به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و با افزایش سطوح تنش مقدار آن کاهش یافت. منصورى شوازی^۸ و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی درختچه مرتعی گونه آسمانی گچ‌دوست (*Anabasis calcaea*) بیان کردند که سرعت جوانه‌زنی با افزایش میزان تنش خشکی تا سطح ۷- بار تغییر قابل توجهی نداشت و در سطح شدیدتر تنش (۱۱- و ۱۸- بار) از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد به طوری که در سطح ۱۸- بار، ۴/۷۳ درصد کاهش یافت و همچنین با افزایش

³ Hosseini and Rezvani Moghadam

⁴ Alebrahim

⁴ Ungar

⁵ Tobe

⁶ Zeinali

⁸ Mansoori Shavazi

¹ Serrano

² Marchner

تیمار با سطح شوری ۱۲- بار (۴/۵۳ میلی‌متر) مشاهده شد اما در شرایط تنش خشکی، بیشترین طول گیاهچه در شاهد آب مقطر (۶۴/۶۷ میلی‌متر) و کمترین آن در تیمار با خشکی ۱۰- و ۱۲- بار (صفر میلی‌متر) بود (جدول ۳ و ۴).

آل‌ابراهیم و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که در گیاه آویشن اختلافات بین سطوح مختلف شوری و خشکی برای صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و با افزایش سطح تنش کاهش یافت. یکی از علل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین ذکر شده است (تراوتوین^۱ و همکاران، ۱۹۹۷). کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش خشکی باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و آنزیم‌ها (آلفا آمیلاز، لیپاز و اینورتاز) و در نتیجه آن اختلال در رشد گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) می‌گردد (باقری و همکاران، ۲۰۱۱). کاهش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر تنش شوری می‌تواند به عدم تحرک ماده خشک در بافت‌های ذخیره‌ای آندوسپرم مرتبط باشد (کشاوری افشار^۲، ۲۰۱۳). همچنین تنش شوری با کاهش کاهش جذب آب و با ایجاد اختلال در ترشح آنزیم‌هایی از جمله آمیلاز و لیپاز مانع از تجزیه مواد اندوخته‌ای بذر شده و در نتیجه انرژی لازم جهت خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه و رشد آن‌ها فراهم نمی‌شود (نیو^۳ و همکاران، ۱۹۹۵) بنابراین با افزایش سطح شوری، میزان رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافته است.

وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل

وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل گیاه نیز با افزایش تنش شوری و خشکی کاهش یافت (جدول ۳ و ۴) به طوری که در شرایط تنش شوری با افزایش سطح تنش از صفر به ۱۲- بار، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه به ترتیب ۹۵/۹۲، ۹۳/۱۰ و ۹۳/۴۶ درصد کاهش یافت، اما میزان این کاهش در تنش خشکی در تمام صفات برابر ۱۰۰ درصد بود.

میزان شوری، سرعت جوانه‌زنی روند کاهشی داشت، به طوری که بیشترین سرعت جوانه‌زنی در سطح شاهد (۱۰۰ جوانه در روز) و کمترین آن در سطح ۳۶- بار (عدم جوانه‌زنی) بود. بهبود سرعت جوانه‌زنی بذر می‌تواند باعث استقرار بهتر گیاهچه به ویژه در شرایط تنش شوری و خشکی شود (لی^۱ و همکاران، ۲۰۰۲).

نتایج نشان داد که هر دو محلول NaCl و PEG درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر را کاهش دادند، ولی مقایسه اثرات دو محلول در پتانسیل‌های اسمزی مشابه نشان‌دهنده اثر بازدارندگی شدیدتر PEG نسبت به محلول NaCl بود. از آنجا که مولکول‌های PEG بسیار بزرگ می‌باشند و با جذب آب و کاهش پتانسیل اسمزی مانع از جذب آب توسط بذر می‌گردند و همچنین با توجه به اثرات بازدارندگی شدیدتر PEG در پتانسیل‌های اسمزی مشابه می‌توان نتیجه گرفت که اثر بازدارندگی کاهش پتانسیل اسمزی در شرایط شوری مهم‌تر از اثرات یونی باشد (لینچ و لاولی^۲، ۱۹۸۸).

طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و طول گیاهچه

با افزایش سطوح تنش خشکی و شوری، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌طور نزولی کاهش یافت به طوری که طول ریشه‌چه گیاه فلفل شیرین با افزایش سطوح تنش شوری از پتانسیل اسمزی صفر به ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار، به ترتیب ۸/۹۳، ۱۷/۴۹، ۴۵/۵۵، ۶۴/۲۹، ۷۹/۰۴ و ۹۵/۴۴ درصد در تنش شوری و به ترتیب ۱۵/۲۱، ۲۲/۸۷، ۶۷/۳۴، ۹۷/۹۵، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد در تنش خشکی کاهش یافت. طول ساقه‌چه نیز با افزایش شدت تنش شوری از پتانسیل اسمزی صفر به ۲- بار، ۱۳/۶۸ درصد افزایش، اما از ۲- به ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار، طول ساقه‌چه به ترتیب ۱۲/۵، ۴۶/۱۴، ۵۰/۲۹، ۸۰/۶۴ و ۹۳/۵۹ درصد کاهش یافت. تنش خشکی از پتانسیل اسمزی صفر به ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار سبب کاهش طول ساقه‌چه به میزان ۳۰/۶۳، ۳۴/۳۸، ۸۷/۰۹، ۹۸/۳۴، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد گردید. در شرایط تنش شوری بیشترین طول گیاهچه در تیمار ۲- بار (۷۸/۱۳ میلی‌متر) و کمترین آن در

¹ Trautwein

² Keshavarz Afshar

³ Niu

⁸ Li

⁹ Lynch and Lauchli

Table 1. Analysis of variance for salinity stress (NaCl) on seed germination characteristics in sweet pepper
جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تنش شوری (NaCl) برای شاخص‌های جوانه‌زنی بذر فلفل شیرین

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقچه Plumule length	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقچه Plumule dry weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص بیه‌کیامچه Seedling vigor index
تنش شوری Salinity stress	6	45.4 **	0.34 **	546.40 **	770.43 **	2576.8 **	0.0002 **	0.0017 **	0.0052 **	1674.2 **
خطا Error	14	38.1	0.02	15.31	5.63	29.44	0.0000(275)	0.0000(25)	0.000057	25.09
شماره تغییرات (%) C.V (%)		9.29	74.7	19.23	9.20	11.76	19.22	9.20	11.48	14.90

** Significant at 1% probability level

Table 2. Analysis of variance for drought stress (PEG) on seed germination characteristics in sweet pepper
جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تنش خشکی (PEG) برای شاخص‌های جوانه‌زنی بذر فلفل شیرین

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Seedling root length	طول ساقچه Seedling shoot length	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک ریشه‌چه Seedling root dry weight	وزن خشک ساقچه Plumule dry weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص بیه‌کیامچه Seedling vigor index
تنش خشکی Drought stress	6	44.5 **	2.04 **	612/54 **	531.98 **	2266 **	0.0011 **	0.0012 **	0.0045 **	1586.6 **
خطا Error	14	30.95	0.04	8.72	8.91	21.35	0.0000(157)	0.0000(98)	0.0000043	12.04
شماره تغییرات (%) C.V (%)		11.02	19.25	21.47	21.47	18.36	21.47	26.16	18.48	16.93

** Significant at 1% probability level

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر تنش شوری (NaCl) بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر فلفل شیرین

Table 3. Mean comparison of salinity stress (NaCl) on seed germination characteristics in sweet pepper

تنش شوری (بار) Salinity stress (bar)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	طول گیاهچه (میلی‌متر) Seedling length (mm)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry weight (g)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Plumule dry weight (g)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)
0	36.6 ^a	38.67 ^b	75.27 ^a	0.049 ^a	0.058 ^b	0.107 ^a
-2	33.33 ^a	44.8 ^a	78.13 ^a	0.045 ^a	0.067 ^a	0.112 ^a
-4	30.2 ^a	39.2 ^b	69.4 ^a	0.041 ^a	0.059 ^b	0.099 ^a
-6	19.93 ^b	24.13 ^c	44.07 ^b	0.027 ^b	0.036 ^c	0.063 ^b
-8	13.07 ^c	22.27 ^c	35.33 ^b	0.018 ^c	0.033 ^c	0.051 ^b
-10	7.67 ^{cd}	8.67 ^d	16.33 ^c	0.010 ^{cd}	0.013 ^d	0.023 ^c
-12	1.67 ^d	2.87 ^e	4.53 ^d	0.002 ^d	0.004 ^e	0.007 ^d

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند به روش آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means within each column with the same letter are not significantly different at 5% level according to Fisher's LSD test.

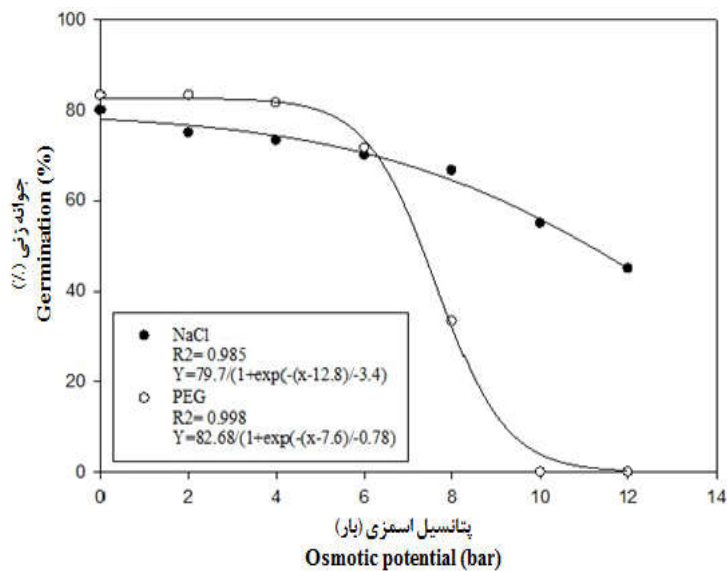
جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی (PEG) بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر فلفل شیرین

Table 4. Mean comparison of drought stress (PEG) effect on seed germination characteristics in sweet pepper

تنش خشکی (بار) Drought stress (bar)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	طول گیاهچه (میلی‌متر) Seedling length (mm)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry weight (g)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Plumule dry weight (g)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)
0	32.67 ^a	32 ^a	67.64 ^a	0.043 ^a	0.048 ^a	0.092 ^a
-2	27.07 ^b	22.2 ^b	27.49 ^b	0.036 ^b	0.033 ^b	0.069 ^b
-4	25/2 ^b	21 ^b	2.46 ^b	0.034 ^b	0.031 ^b	0.065 ^b
-6	10.67 ^c	4.13 ^c	14.80 ^c	0.014 ^c	0.006 ^c	0.021 ^c
-8	0.67 ^d	0.53 ^c	1.20 ^d	0.0009 ^d	0.0008 ^c	0.002 ^d
-10	0.0 ^d	0 ^c	0.0 ^d	0 ^d	0 ^c	0 ^d
-12	0.0 ^d	0 ^c	0.0 ^d	0 ^d	0 ^c	0 ^d

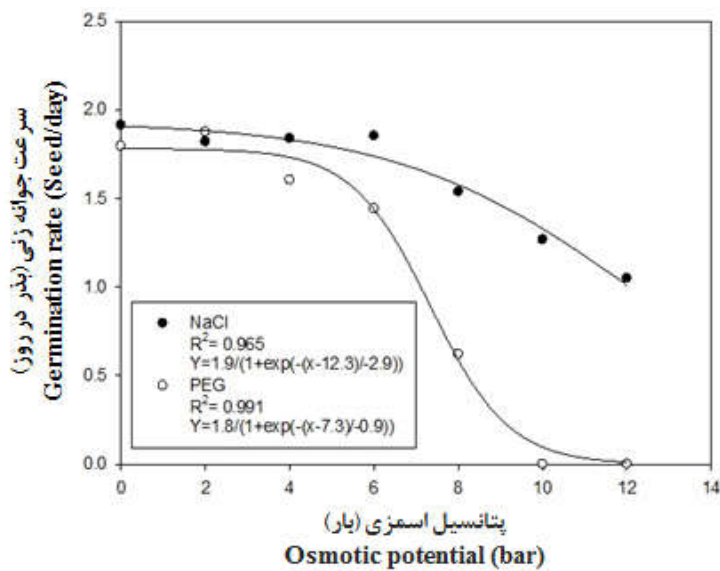
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند به روش آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means within each column with the same letter are not significantly different at 5% level according to Fisher's LSD test.



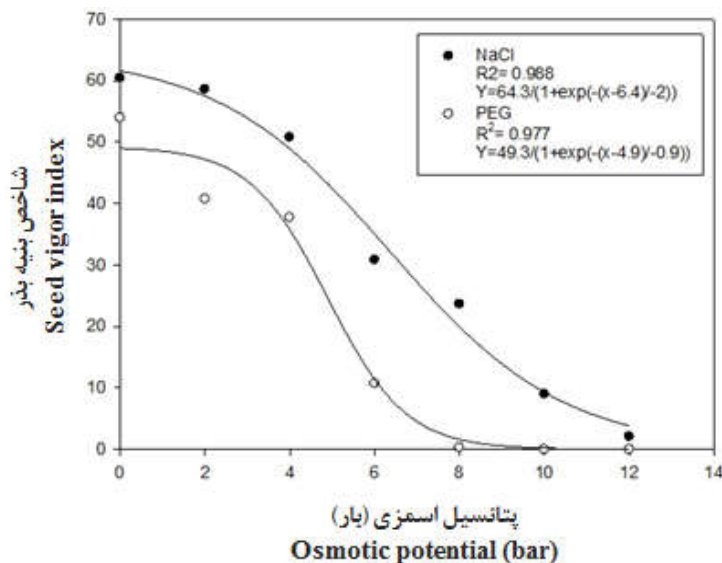
شکل ۱. تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر درصد جوانه‌زنی بذر فلفل شیرین

Fig. 1. Effects of drought and salinity stresses on seed germination of sweet pepper



شکل ۲. تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر سرعت جوانه‌زنی بذر فلفل شیرین

Fig. 2. Effects of drought and salinity stress on seed germination rate of sweet pepper



شکل ۳. تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر شاخص بذر فلفل شیرین
Fig. 3. Effects of drought and salinity stress on seed vigor index of sweet pepper

شاخص بذر فلفل شیرین در شرایط شوری به ترتیب ۳/۶، ۱۵/۹۸، ۴۸/۹۷، ۶۰/۸۹، ۸۵/۱۴ و ۹۶/۵۸ درصد و در تنش خشکی به ترتیب ۲۴/۶۴، ۳۰/۱۲، ۸۰/۱۳، ۹۹/۴۴ و ۱۰۰ کاهش یافت (شکل ۳). معادله رگرسیون بین سطوح مختلف تنش شوری و خشکی با شاخص بذر به ترتیب ۹۸ و ۹۷ درصد نقاط را برازش می‌کند (شکل ۳). براساس نتایج کشاورز افشار و همکاران (۲۰۱۳) تنش شوری و خشکی سبب کاهش معنی‌دار بذر گیاهچه شلغم گردید. همچنین نتایج مشابهی در گیاه اسفزه نیز گزارش شده است (حسینی و رضوانی‌مقدم، ۲۰۰۶). این شاخص تابعی از دو پارامتر درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه می‌باشد و با توجه به کاهش این دو پارامتر در اثر تنش، بذر نیز کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

تنش شوری و خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد فلفل شیرین تأثیر معنی‌داری داشتند. به طوری که در سطح ۱۰- و ۱۲- بار تنش خشکی، جوانه‌زنی فلفل شیرین به شدت کاهش یافت و به صفر رسید. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، مجموع آنها، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه با افزایش تنش خشکی از صفر به ۱۲- بار کاهش یافتند، در حالی که در تنش شوری با

یزدانی بیوکی^۱ و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه مارتیغال بیان کردند که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ریشه‌چه به تدریج کاهش یافت. بیشترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به سطح تنش ۱- بار بود.

آنها همچنین بیان کردند که وزن خشک ساقه‌چه با افزایش تنش خشکی از سطح پتانسیل ۳- بار به پایین، به طور معنی‌داری کم شد و میزان آن در همین سطح در مقایسه با شاهد ۵۰٪ کاهش یافت. ام‌البنین^۲ و همکاران (۲۰۱۲) نیز در بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر دو گیاه مرتعی *Agropyron elongatum* و *Agropyron desertorum* به نتایج مشابهی دست یافتند. در شرایط تنش خشکی و شوری، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه کاهش می‌یابد که در نهایت منجر به کاهش وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل می‌شود (طوبلی و همکاران، ۲۰۱۵).

شاخص بذر

با افزایش سطح تنش شوری و خشکی از پتانسیل اسمزی صفر به ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار،

¹ Yazdani Biuki
² Ommolbanin

افزایش پتانسیل اسمزی از سطح صفر به ۲- روند صعودی و با افزایش آن تا سطح ۱۲- بار روند نزولی پیدا کرد. شاخص بنیه بذر در هر دو تنش کاهش یافت. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان بیان نمود که تحمل به شوری گیاه فلفل شیرین در مرحله جوانه‌زنی در بازه تیمارهای اعمال شده در مقایسه با تنش خشکی بیشتر است. لذا برای ارزیابی دقیق‌تر نیاز به انجام آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه و گلخانه می‌باشد.

منابع

- Alebrahim, M.T., Sabaghnia, N., Ebadi, A. and Moheboldini, M. 2005. Study of drought and salinity stress on germination of common thyme (*Thymus vulgaris*). Journal of Research in Agricultural Science, 1: 13-19.
- Bagheri, M., Yeganeh, H., Esfahan, E.Z. and Savadroodbari, M.B. 2011. Effects of water stress on seed germination of *Thymus koteschanus* Boiss. and *Thymus daenensis* Celak. Middle-East Journal of Scientific Research, 8(4): 726-731.
- Bajji, M., Kine, J.M. and Lutts, S. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus*. Canadian Journal of Botany, 80(3): 297-304. <https://doi.org/10.1139/b02-008>
- Dolatabadian, A., Sanavy, S.A.M.M. and Chashmi, N.A. 2008. The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 194(3): 206-213. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00301.x>
- Elias, S.G. and Copeland, L.O. 2001. Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. Agronomy Journal, 93(5): 1054-1058. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.9351054x>
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>
- Greenway, H., and Munns, R. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology, 31(1): 141-190. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.31.060180.001053>
- Hosseini, H. and Rezvani Moghadam, P. 2006. Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). Iranian Journal of Field Crops Research, 4: 15-22. [In Persian with English Summary].
- Keshavarz Afshar, R., Keykhah, M., Chaeichi, M.R. and Ansari, M. 2013. Effect of different levels of salinity and drought stress on seed germination characteristics and seedling growth of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Iranian Journal of Field Crop Science, 43(4): 661-671. [In Persian with English Summary].
- Lynch, J. and Lauchli, A. 1988. Salinity affects intracellular calcium in corn root protoplasts. Plant Physiology, 87: 351-356. <https://doi.org/10.1104/pp.87.2.351>
- Li, Y.L., Liu, Y.L., Chen, Q. and Bian, A.H. 2002. Thermotolerance related to antioxidation induced by salicylic acid and heat hardening in tall fescue seedlings. Acta Photophysiol Sinica, 28(2): 89-95.
- Manaa, A., Mimouni, H., Terras, A., Chebil, F., Wasti, S., Gharbi, E. and Ahmed, H. 2014. Superoxide dismutase isozyme activity and antioxidant responses of hydroponically cultured *Lepidium sativum* L. to NaCl stress. Journal of Plant Interactions, 9(1): 440-449. <https://doi.org/10.1080/17429145.2013.850596>

- Mansoori Shavazi, M., Hakim Zade, M.A., Zare Ernani, M., Zare Chahouki, M.A. and Mosleh Arany, A. 2010. Study of effect of drought and salt stress on seed germination of *Anabasis calcaea*. Arid Biome, 1: 75-82. [In Persian with English Summary].
- Marchner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second reprint, Academic Press, San Diego, CA, USA, pp. 6-73.
- Michel, B.E. and Kaufman, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916. <https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914>
- Moscone, E.A., Scaldaferrro, M., Grabielle, N.M. and Ehrendorfer, F. 2006. The evolution of chili peppers (Capsicum- Solanaceae): a cytogenetic perspective. In VI International Solanaceae Conference: Genomics Meets Biodiversity, 745: 137-170. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.745.5>
- Muller, K., Job, C., Belghazi, M., Job, D. and Leubner-Metzger, G. 2010. Proteomics reveal tissue-specific features of the cress (*Lepidium sativum* L.) endosperm cap proteome and its hormone-induced changes during seed germination. Proteomics, 10: 406-416. <https://doi.org/10.1002/pmic.200900548>
- Nafees, A., Shabina, S., Asim, M., Rahat, N. and Noushina, I. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. International Journal of Plant Biology, 1(1): 235-241. <https://doi.org/10.4081/pb.2010.e1>
- Niu, X., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M. and Pardo, J.M. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environment. Plant Physiology, 109: 735- 742. <https://doi.org/10.1104/pp.109.3.735>
- Omidi, H. 2010. Changes of proline content and activity of antioxidative enzymes in two canola genotype under drought stress. American Journal of Plant Physiology, 5(6): 338-349. <https://doi.org/10.3923/ajpp.2010.338.349>
- Ommolbanin, E., Mohammad Esmaili, M., Sabouri, H. and Tahmasbi, A. 2012. Effects of salinity and drought stress on germination two species of *Agropyron elongatum*, *Agropyron desertrum*. Desert Ecosystem Engineering Journal, 1: 31-38. [In Persian with English Summary].
- Pace, F., Cralle, H.T., El-Halawany, S.H.M., Cothren, J.T. and Senseman, S.A. 1999. Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton plants. The Journal of Cotton Science, 3(4): 183-187.
- Ruan, S. 2002. The influence of priming on germination of rice seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. Seed Science and Technology, 30(1): 61-67.
- Serrano, R., Macia, F.C. and Moreno, V. 1999. Genetic engineering of salt and drought tolerance with yeast regulatory genes. Scientia Horticulturae, 78(1): 261-269. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00196-4](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00196-4)
- Smith, D., Stommel, J.R., Fung, R.W.M., Wang, C.Y. and Whitaker, B.D. 2006. Influence of cultivar and harvest method on postharvest storage quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology, 42(3): 243-247. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.06.013>
- Tamartash, R., Shokrian, F. and Kargar, M. 2010. Effects of salinity and drought stress on *Trifolium alexanderium* L. seed germination properties. Rangeland, 4: 288-297.
- Tavili, A., Ghanbari, N. and Yazdanshenas, H. 2015. The effect of drought and salinity stress on seed germination characteristic and seedling growth of *Salsola crassa* under laboratory and greenhouse conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research, 2: 15-25. [In Persian with English Summary].

- Tobe, K., Li, M.X. and Omasa, K. 2004. Effects of five different salts on seed germination and seedling growth of *Haloxylon ammodendron* (Chenopodiaceae). *Seed Science Research*, 14(4): 345-353. <https://doi.org/10.1079/SSR2004188>
- Trautwein, E.A., Reickhoff, D. and Erbershobler, H.F. 1997. The cholesterol- lowering effect of Psyllium a source dietary fiber. *Ernahrung Umschau*, 44: 214-216.
- Ulfat, M., Athar, H., Ashraf, M., Akram, N. A. and Jamil, A. 2007. Appraisal of physiological and biochemical selection criteria for evaluation of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 39(5): 1593-1608.
- Ungar, I.A. 1995. Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. In *Seed development and germination*. Routledge. New York. pp: 599- 628. <https://doi.org/10.1201/9780203740071-23>
- Unlukara, A., Kurunc, A. and Cemek, B. 2015. Green long pepper growth under different saline and water regime conditions and usability of water consumption in plant salt tolerance. *Journal of Agricultural Sciences*, 21: 167- 176. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001318
- Yazdani Biuki, R.R., Rezvani Moghaddam, P., Khazaie, H.R., Ghorbani, R. and Astaraei, A. R. 2010. Effects of salinity and drought stresses on germination characteristics of milk thistle (*Silybum marianum*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 1: 12-19. [In Persian with English Summary].
- Zeinali, E., Soltani, A. and Galeshi, S. 2002. Response of germination components to salinity stress in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 33: 137-145. [In Persian with English Summary].
- Ziaf, K., Amjad, M., Aslampervez, M., Iqbal, Q., Rajwana, I.A. and Ayyub, M. 2009. Evaluation of different growth and physiological traits as indices of salt tolerance in pepper (*Capsicum annum* L.). *Pakistanian Journal of Botany*, 41(4): 1797-1809.
- Zirehzad, M., Shahin, M. and Tohidi, M. 2009. The effect of salt and drought stresses on germination of Thyme. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 1: 61-70. [In Persian with English Summary].

Short Research Paper

Evaluation of Seed Germination and Seedling Growth Characteristics of Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) Under Salinity and Drought Treatment

Mohammad Hossein Aminifard^{1,*}, Hassan Bayat¹

Extended Abstract

Introduction: Pepper (*Capsicum annuum* L.), which belongs to the solanaceae family, is one of the most important vegetable and garden products. Due to its nutritional value, its use tends to rise all over the world. Germination and seed emergence are strongly influenced by environmental stresses such as salinity and drought. Drought stress affects various aspects of plant growth. It reduces germination, delays vegetative growth and reduces dry matter in the plant. Salinity stress, as an environmental stress, is a limiting factor for the growth and development of crops and garden production.

Materials and Methods: The present study was conducted to evaluate the impact of drought and salinity stress on seed germination characteristics of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in two separate experiments, using a completely randomized design with three replications in the Faculty of Agriculture, University of Birjand in 2016. PEG 6000 was used for drought stress and NaCl, for salinity stress. The treatments included drought and salinity stress levels (0, -2, -4, -6, -8, -10 and -12 bars). Seeds were disinfected with sodium hypochlorite (2%) solution for 1 minute, and were then washed with distilled water. The medium was petri dishes with a diameter of 9 cm. 25 seeds were placed on two layers of filter papers in each dish. 5 ml of distilled water or solution was added to each petri dish. The measured traits were germination percentage, germination rate, seed vigor index, radicle length, plumule length, ratio of radicle length to plumule length and dry weight of radical and plumule.

Results: The results indicated that salinity and drought stress had significant effects on seed germination characteristics of sweet pepper so that salinity stress with osmotic potential of -10 and -12 bar decreased the germination of sweet pepper and reached zero. Increasing salinity stress from zero to -12 bar decreased germination percentage, germination rate and seedling dry weight by 43.75, 41.67 and 93.46%, respectively. The results indicated that with increases in both salinity and drought stress, seed vigor index decreased significantly. The results showed that with increasing drought and salinity stress from 0 to -12 bar, seed vigor index decreased 96.58 and 100 percent, respectively.

Conclusions: The results of this study showed that the tolerance of sweet pepper to salinity stress was higher than its tolerance to drought stress at the germination stage, but for more accurate evaluation, it is necessary to conduct additional experiments in the field and in the greenhouse.

Keywords: Germination percentage, Germination rate, NaCl, Polyethylene glycol

Highlights:

- 1- Investigation and comparison of germination and seedling growth of sweet peppers under salinity and drought stress.
- 2- Salinity and drought stress reduce germination indicators of *Capsicum annuum*.

¹ Assistant Professor Department of Horticultural Science and Special Plants Regional Research centre, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

* Corresponding author, E-mail: mh.aminifard@birjand.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1398.6.2.4.6>

<http://dx.doi.org/10.29252/yujs.6.2.137>

