تاثیر تیمارهای اسموپرایمینگ، هایدروپرایمینگ و تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر و برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل همیشه بهار

بهزاد کاویانی[1*]، شهرام صداقت‌حور[2]

[1]دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

[2]استاد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۶

چکیده

همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) یک گیاه زینتی- دارویی است. پیش‌تیمار بذر، جوانه‌زنی بذرها و قدرت و استقرار گیاهچه را افزایش می‌دهد و در نتیجه کارایی گیاه بهبود می‌یابد. این پژوهش در سال ۱۳۹٦ در شهرستان رشت به منظور بررسی اثر هایدروپرایمینگ (پرایمینگ با آب مقطر) و اسموپرایمینگ (پرایمینگ با نیترات پتاسیم) بذر و تنش شوری بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل همیشه بهار انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش، پرایمینگ در سه سطح شاهد، آب مقطر و نیترات پتاسیم (KNO_3) به عنوان فاکتور اصلی و تنش شوری در چهار سطح شاهد (بدون تنش)، ۷/۸، ۱۵/٦ و ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر محلول NaCl به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. بذرهای یکنواخت خریداری‌شده قبل از استفاده با هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد گندزدایی شدند. بخشی از آزمایش (کشت بذر و تولید گیاه) در شرایط مزرعه انجام شد. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف پرایمینگ و تنش شوری بر صفات مورد بررسی معنی‌دار شد. بیشترین درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گل، وزن خشک بوته، تعداد گل در بوته و تعداد ساقه، تحت تیمار پرایمینگ نیترات پتاسیم و تیمار بدون تنش شوری (شاهد) مشاهده گردید. همچنین بیشترین سرعت جوانه‌زنی و قطر گل در تیمار آب مقطر و بدون تنش شوری (شاهد) و کمترین آنها در تیمار شاهد (بدون پرایمینگ) و تنش شوری ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. اثر متقابل سطوح مختلف پرایمینگ و تنش شوری بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. با توجه به نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود قبل از انتقال گیاهچه به شرایط خاکی، بذرها در آزمایشگاه با نیترات پتاسیم ۱۰ درصد پیش‌تیمار شوند.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، جوانه‌زنی بذر، کالندولا، گیاه زینتی- دارویی

مقدمه

همیشه بهار (*Calendula officinalis*) از خانواده‌ی کاسنی (Asteraceae) یک گیاه زینتی-دارویی است. این گیاه حاوی ترکیبات ثانویه مانند اسانس، ساپونین، رزین، کالندولین، صمغ، مواد لعابی، آلبومین و اینولین می‌باشد. یکی از فنون ساده که قدرت و استقرار گیاهچه و در نتیجه کارایی گیاه را در مزارع بهبود می‌بخشد پرایمینگ بذر می‌باشد. در جریان پرایمینگ، بذرها معمولا کمی آب در حدی که به جوانه‌زنی (خروج ریشه‌چه) نمی‌رسد اما امکان وقوع یک‌سری فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی پیش از جوانه‌زنی را فراهم می‌آورد، جذب می‌کنند (Basra et al.,

*نویسنده مسئول: kaviani@iaurasht.ac.ir

2004). مدت زمان مناسب پرایمینگ بین چند ساعت تا چند هفته و درجه حرارت مناسب برای پرایمینگ بین ۳۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد بسته به گونه گزارش شده است. هایدروپرایمینگ بذرها باعث افزایش محتوی کل کلروفیل در برگ‌ها، دسترسی به مواد فتوسنتزی و بهبود عملکرد شد (Roy and Srivastava, 2000; Ashraf and Foolad, 2005).

پرایمینگ یکی از روش‌های بهبود کارکرد بذر می‌باشد. بعد از تیمار پرایمینگ، بذرها خشک می‌شوند و همانند بذرهای تیمارنشده ذخیره و سپس کشت می‌گردند (McDonald, 2000). پرایمینگ همچنین موجب افزایش جوانه‌زنی بذرها می‌شود (Sedaghathoor, 2017; Sarkar et al., 2020). در بذور پرایم‌شده، عملکرد و ساختار غشای سلولی در مقایسه با بذور شاهد در وضعیت مطلوب‌تری قرار می‌گیرند (Pill and Necker, 2001). در بذور پرایم‌شده تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی به نفع جوانه‌زنی تحقق می‌یابد (Bittencourt et al., 2005). بذور پرایم‌شده پس از قرار گرفتن در بستر کشت، زودتر جوانه زده و در پی این امر استقرار در گیاهان حاصل از این بذور سریع‌تر، بهتر و در عین حال یکنواخت‌تر انجام می‌شود (Duman, 2006)، به‌طوری‌که این وضعیت امکان بهره‌برداری مناسب‌تر از نهاده‌های محیطی مثل آب، نور و غیره را به گیاه می‌دهد. بذرهای پرایم‌شده به لحاظ متابولیکی، بیوشیمیایی و ساختار سلولی، در وضعیت زیستی مناسب‌تری در مقایسه با بذور پرایم‌نشده قرار دارند (Sedaghathoor, 2017).

شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که اثرات نامطلوبی بر جوانه‌زنی بذرها دارد (Sedaghathoor et al., 2015). افضل و همکاران (Afzal et al., 2004) در بررسی‌های خود روی کانولا دریافتند که بیشترین طول اندام‌های هوایی در بذور هایدروپرایمینگ به‌دست آمد. مطالعات نشان داده‌اند که ظهور گیاهچه و سرعت رشد آن در مراحل بعدی در خاک شور کاهش می‌یابد. بررسی اثر سطوح مختلف شوری ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم روی گیاهان دارویی مریم گلی(*Salvia officinalis*)، سنای هندی (*Cassia aculata*)، ماری‌تیغال، خاکشیر تلخ (*Sisymbrium sophia*)، شاهدانه (*Cannabis sativa*)، بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) و بابونه رومی (*Anthemis nobillis*) نشان داد که با افزایش غلظت شوری، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک، بنیه بذر و نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه کاهش یافت (Mehdikhani, 2007).

محققان در بررسی جوانه‌زنی سه رقم گلرنگ تحت تأثیر سطوح مختلف شوری خاک، با افزایش سطوح شوری، کاهش درصد ظهور گیاهچه را گزارش کردند. در یک آزمایش، در سطح شوری ۱۵/۲ دسی زیمنس بر متر به طور متوسط ٤٢/٥٢ درصد کاهش ظهور گیاهچه مشاهده شد، در حالی که در سطوح شوری ۲/۵ و ۵/۱ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است (Kaya et al., 2003). مطالعه سرکار و همکاران (Sarkar et al., 2020) روی بذر بامبو نشان داد که هایدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیترات پتاسیم، جوانه‌زنی بذر را افزایش داد. از آنجایی که همیشه بهار دارای ارزش داروئی است و در مناطق دارای معضل شوری قابلیت کشت دارد، لذا هر گونه بهبود استقرار که از پرایمینگ حاصل شود، از لحاظ اقتصادی در تولید این گیاه مفید خواهد بود. با توجه به اهمیت تنش شوری و استفاده از پرایمینگ در مقابل تنش شوری، در این پژوهش، اثر غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم به عنوان فاکتور اصلی و نمک NaCl به عنوان فاکتور فرعی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص‌های رشدی گل همیشه بهار مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

طرح آزمایش و اعمال تیمار: این پژوهش به‌صورت آزمایش اسپیلت پلات با طرح بلوک کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول عبارت بود از سه سطح پرایمینگ شامل شاهد، آب مقطر و نیترات پتاسیم به‌عنوان فاکتور اصلی و فاکتور فرعی شامل چهار سطح تنش شوری از طریق حل‌کردن نمک NaCl در آب مقطر که عبارتند بود از شاهد (صفر)، ۰/۵، ۱، ۱/۵ درصد (به‌ترتیب صفر، ۷/۸، ۱۵/٦، ۲۳/٤ دسی زیمنس بر متر) تهیه گردید. در ابتدا برای اعمال فاکتور پرایمینگ، این تحقیق در محیط آزمایشگاهی صورت گرفت. بذرهای همیشه بهار از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و با هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی شد. سپس چندین مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد. ظروف پتری نیز در ابتدا با هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ به مدت ۱۰ دقیقه و سپس با الکل اتیلیک ۷۰٪ گندزدایی شد. کاغذهای صافی برای پوشاندن کف ظروف پتری (روش قراردادن بذر روی کاغذ) نیز به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد استریل شد. برای پرایمینگ اسمزی از محلول نیترات پتاسیم ۱۰ درصد استفاده شد. در پایان فرایند تیمار، بذور به‌طور همزمان از محلول‌ها خارج شدند. بعد از خروج از محلول، تمامی بذور به‌مدت ۲ دقیقه با آب معمولی آبکشی شدند. مقداری قارچ‌کش تیرام ۲ برای جلوگیری از رشد قارچ روی بذور پاشیده شد (Hejazi, 1994). بذرها در مجاورت هوای آزاد خشک و میزان رطوبت بذر به رطوبت اولیه رسانده شد. برای ایجاد توازن در محتوای رطوبتی بذور تیمارشده و شاهد، بذور به مدت ۲ روز در دمای اتاق نگهداری شد (Demir Kaya et al., 2006). با رسیدن رطوبت بذور به رطوبت اولیه، فرایند تیمار بذر پایان یافت.

آماده‌کردن زمین و قطعه‌بندی: به منظور بررسی اثر پرایمینگ و تنش شوری بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) در استان گیلان، آزمایشی در ۱۵ کیلومتری شهر رشت در ارتفاع ۷۰ متری از سطح دریا، انجام گرفت که دارای بارندگی سالانه ۱۳٤۸ میلی‌متر، درجه حرارت متوسط سالانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد که دارای اقلیم مرطوب می‌باشد، انجام شد. پس از آماده‌سازی زمین و عملیات خاک‌ورزی، زمین مورد نظر به ۳٦ پلات به ابعاد ۲ در ۳ متر و به مساحت ٦ متر مربع تفکیک گردید. فاصله بین کرت‌های آزمایشی ۰/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱ متر در نظر گرفته شد، در نتیجه مساحت کل طرح با احتساب بافرها به ۳۳۰ متر مربع رسید.

مشخصات خاک محل آزمایش: به منظور تهیه نمونه خاک، ۱۰ نمونه یک کیلویی خاک از ۱۰ نقطه آن در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه و پس از مخلوط کردن کامل آنها، یک نمونه مخلوط برای تجزیه، به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت فرستاده شد که پس از تجزیه خاک، مقادیر عناصر قابل جذب در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: نتایج آزمون خاک محل آزمایش.

عمق (cm)	اسیدیته	نیتروژن (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ماسه	سیلت	رس
۰-۳۰	٦-۷	۰/۱۲	۱/۷٦	۱	۱۰۰	۲۲/٦۹	٤٤/۱۸	۳۳/۱۳

روش کاشت و داشت: در هر پلات، جوی و پشته‌هایی با فاصله ٤۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد گردید. بعد از تهیه بذر پرایم‌شده، به مقدار مورد نیاز و انتخاب تصادفی کرت‌های آزمایشی، اقدام به کشت روی پشته‌ها با تراکم زیاد گردید و بعد از دو هفته اقدام به تنک‌کردن بوته‌ها گردید. پس از کاشت، هر پلات جداگانه با استفاده از فاکتورهای

تنش شوری آبیاری گردید و هر ۸ روز آبیاری تکرار و اعمال تنش شوری تا آخرین مرحله نمونه‌برداری ادامه یافت. آبیاری به صورت کاملا کنترل‌شده انجام شد و با توجه به فاصله‌گذاری مناسب از نفوذ آب به کرت‌های مجاور جلوگیری شد. به‌طورکلی، عملیات وجین در سه مرحله بعد از کاشت بر حسب تاریخ کاشت‌های مختلف به روش دستی انجام گرفت. اولین وجین حدود ۱۵ روز بعد از کاشت و دومین و سومین وجین ۳۰ و ٤٥ روز بعد از کاشت انجام گرفت.

ارزیابی صفات مورد مطالعه: برای تعیین وزن خشک گیاه، از هر پلات ۵ بوته انتخاب و از محل یقه قطع و بعد از وزن‌کردن هر بوته، به طور جداگانه اقدام به خشک‌کردن آن در آون با درجه حرارت ۷۲ درجه سانتی‌گراد شد و در نهایت میانگین وزن خشک بوته در هر پلات ثبت گردید. در هر پلات آزمایشی، تعداد گل و تعداد ساقه ۵ بوته مورد شمارش قرار گرفت. برای خشک‌کردن، گل‌ها در دمای ۳۵ تا ٤٥ درجه به مدت ٦ ساعت در آون انجام گرفت و پس از توزین آنها به عنوان وزن خشک گل ثبت گردید. قطر گل‌ها پس از باز شدن گل‌ها قبل از برداشت آنها با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. میانگین قطر گل‌ها در هر نمونه به عنوان قطر گل محاسبه شد. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از فرمول زیر استفاده شد.

$$PG = (Ni / N) \times 100$$

که در آن؛ PG درصد جوانه‌زنی، Ni تعداد بذر جوانه‌زده تا روز i و N تعداد کل بذر است (Datta and Dayal, 1991).

برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از فرمول زیر (Datta and Dayal, 1991) استفاده گردید.

$$\text{سرعت جوانه‌زنی (روز)} = \sum_{n=1}^{i}$$

تعداد روز از شروع آزمایش / تعداد بذر جوانه‌زده تا روز i .

تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌ها به کمک نرم‌افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و میانگین‌ها از طریق آزمون توکی مقایسه شدند.

نتایج

درصد جوانه‌زنی: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر پرایمینگ و تنش شوری در سطح احتمال یک درصد روی صفت درصد جوانه‌زنی معنی‌دار گردید. با نگاهی به مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) در تیمارهای مختلف می‌توان گفت، بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به نیترات پتاسیم (P_3) به مقدار ٥١/٦٦ درصد و تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) به مقدار ۷۰/۱۱ درصد است و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد (P_1) به مقدار ٣٦/٧٥ درصد و تیمار شوری غلظت ٢٣/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) به مقدار ۲۵/۰۰ درصد می‌باشد. اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲).

سرعت جوانه‌زنی: اثر پرایمینگ و تنش شوری در سطح احتمال یک درصد روی صفت سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۲/۳۲ و ۳/۳۹ بذر در روز) به ترتیب مربوط به آب مقطر (P_2) و تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) بود. کمترین سرعت جوانه‌زنی (۱/۳۷ و ۰/٤٥ بذر در روز) به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (P_1) و تیمار شوری غلظت ٢٣/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) بود. اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر این صفت معنی‌دار نبود.

وزن خشک گل: مقایسه میانگین‌ها (جدول۳) نشان داد که بیشترین وزن خشک گل (۱۲/۱۵ و ۱۲/٦۸ گرم در بوته) به ترتیب مربوط به نیترات پتاسیم (P_3) و تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) بود. از طرف دیگر، کمترین وزن خشک گل (۱۰/٤٤ و ۱۰/۱۸ گرم در بوته) به ترتیب در تیمار شاهد (P_1) و تیمار شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) مشاهده گردید. اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر این صفت معنی‌دار نبود. اثر پرایمینگ و تنش شوری در سطح احتمال یک درصد روی صفت وزن خشک گل معنی‌دار گردید (جدول ۲).

وزن خشک بوته: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر پرایمینگ و تنش شوری در سطح احتمال یک درصد روی صفت وزن خشک بوته معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها (جدول۳) نشان داد که بیشترین وزن خشک بوته مربوط به نیترات پتاسیم (P_3) به مقدار ٦۷/٦۱ گرم و تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) به مقدار ۷۳/۰۲ گرم است و کمترین وزن خشک بوته مربوط به تیمار شاهد (P_1) به مقدار ٥٤/٤٦ گرم و تیمار شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) به مقدار ٥۳/۰٤ گرم می‌باشد. اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر این صفت معنی‌دار نبود.

تعداد گل در بوته: اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر تعداد گل در بوته معنی‌دار نبود. اثر پرایمینگ در سطح احتمال یک درصد و اثر تنش شوری در سطح احتمال ۵ درصد روی صفت تعداد گل در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نیز آشکار کرد که در تیمارهای مختلف، بیشترین تعداد گل در بوته مربوط به نیترات پتاسیم (P_3) با ۳۵/۲۳ گل و تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) با ۳۵/۱۵ گل است و کمترین تعداد گل در بوته مربوط به تیمار شاهد (P_1) با ۲۷/٥۹ گل و تیمار شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) با ۲۷/۰۹ گل می‌باشد.

قطر گل: نتایج تجزیه واریانس تیمارها نشان داد که اثر پرایمینگ و تنش شوری در سطح احتمال یک درصد روی صفت قطر گل معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین تیمارهای مختلف، بیشترین قطر گل (۷/۲۳ و ۷/۱۷ سانتی‌متر) به‌ترتیب مربوط به آب مقطر (P_2) و تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) بود. کمترین قطر گل (٦/۳٤ و ٦/۱٥ سانتی‌متر) به ترتیب در تیمار شاهد (P_1) و تیمار شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) به‌دست آمد (جدول ۳).

تعداد ساقه: نتایج تجزیه واریانس تیمارها (جدول ۲) نشان داد که اثر پرایمینگ و تنش شوری در سطح احتمال یک درصد روی تعداد ساقه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین تیمارهای مختلف، بیشترین تعداد ساقه (۹/۷٥ و ۹/٦۱) به‌ترتیب مربوط به تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) و تیمار نیترات پتاسیم (P_3) بود. کمترین تعداد ساقه (۸/۸۲ و ۸/٤٤ سانتی‌متر) به ترتیب در تیمار شاهد (P_1) و تیمار شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) به دست آمد (جدول ۳).

بحث

هنگامی که بذور پیش‌تیمارشده در محیط مناسب جوانه‌زنی قرار می‌گیرند، سریع‌تر از بذور پیش‌تیمارنشده جوانه می‌زنند. گزارش‌های مختلفی حاکی از آن است که پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبزشدن بذر می‌شود (Murungu et al., 2004; Ashraf and Rauf, 2001). کاتیرسان و همکاران (Kathiresan et al., 1984) گزارش کردند که پرایمینگ بذر آفتاب‌گردان توسط کلرید کلسیم، سولفات روی، نیترات پتاسیم و اسید آسکوربیک باعث افزایش جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه شد.

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و تنش شوری بر روی صفات مورد بررسی در همیشه بهار.

		میانگین مربعات						
منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	وزن خشک گل	وزن خشک بوته	تعداد گل در بوته	قطر گل	تعداد ساقه
تکرار	۲	۲/۵۲۸ ns	۰/۰۶۵ns	۰/۲۷۵ns	۴/۸۹۰ ns	۱/۲۴۱ ns	۰/۰۶۹ ns	۰/۶۵ns
پرایمینگ	۲	۷۰۴/۵۲۸**	۲/۷۴۱ **	۹/۴۴۵ **	۵۸۲/۱۲۹**	۱۸۲/۷۳۷ **	۲/۵۵۲**	۱/۸۷۱**
خطا	۴	۰/۲۷۸	۰/۰۲۸	۰/۱۳۰	۹/۲۴۴	۱۰/۸۶۸	۰/۰۸۶	۰/۰۹۷
تنش شوری	۳	۳۲۳۰/۵۱۹**	۱۴/۲۸۵**	۹/۶۶۴ **	۳۶۵/۵۶۴**	۱۰۴/۴۵۳*	۲/۰۷۵**	۲/۷۵۴**
پرایمینگ × تنش شوری	۶	۳۱/۸۲۴ ns	۰/۶۵۶ns	۰/۶۶۲ns	۷۵/۱۲۶ns	۱۲/۶۷۸ ns	۰/۱۴۲ ns	۱۵۳ns
خطای کل	۱۸	۰/۵۸۳	۰/۰۲۴	۰/۵۷۰	۳۰/۰۲۹	۲۷/۲۶۶	۰/۳۲۹	۰/۲۴۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۱/۶۰	۷/۷۴	۶/۵۶	۸/۸۴	۱۷/۵۰	۸/۵۶	۵/۴۰

** و * به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۳: میانگین اثر ساده پرایمینگ و تنش شوری بر روی صفات مورد بررسی در همیشه بهار.

	تیمارها	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بر روز)	وزن خشک گل (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)	تعداد گل در بوته	قطر گل (سانتی‌متر)	تعداد ساقه
پرایمینگ	شاهد	۳۶/۷۵c	۱/۳۷c	۱۰/۴۴c	۵۴/۴۶c	۲۷/۵۹b	۶/۳۴c	۸/۸۲ c
	آب مقطر	۴۷/۲۵b	۲/۳۲a	۱۱/۷۲ab	۶۵/۰۲ab	۳۲/۸۲ ab	۷/۲۳a	۹/۲۴ b
	نیترات پتاسیم	۵۱/۶۶a	۱/۸۵b	۱۲/۱۵a	۶۷/۶۱a	۳۵/۲۳a	۶/۹۹b	۹/۶۱ a
تنش شوری (دسی زیمنس بر متر)	شاهد	۷۰/۱۱a	۳/۳۹a	۱۲/۶۸a	۷۳/۰۲a	۳۵/۱۵a	۷/۱۷a	۹/۷۵ a
	۷/۸	۴۷/۲۲b	۲/۲۲b	۱۱/۶۷b	۶۴/۰۰b	۳۲/۷۹ ab	۷/۱۵a	۹/۴۱ b
	۱۵/۶	۳۸/۵۵c	۱/۳۳c	۱۱/۲۲b	۵۹/۴۰c	۳۲/۴۸ab	۶/۹۴ab	۹/۲۹ b
	۲۳/۴	۲۵/۰۰d	۰/۴۵d	۱۰/۱۸c	۵۳/۰۴d	۲۷/۰۹b	۶/۱۵c	۸/۴۴ d

حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی را نشان می‌دهد.

برخی محققان معتقدند که تنش شوری با افزایش فشار اسمزی و کاهش جذب آب توسط بذور و از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر جوانه‌زنی بذور را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Demir and Mavi, 2008). با توجه به نتایج تحقیق حاضر، بیشترین درصد جوانه‌زنی در نیترات پتاسیم (P_3) و تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) و کمترین آن در تیمار بدون پرایمینگ یا شاهد (P_1) و تیمار شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) به‌دست آمد. نتایج مشابهی توسط سرکار و همکاران (Sarkar et al., 2020) روی بذر بامبو گزارش شد. این محققان نشان دادند که تیمار بذرها با هایدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیترات پتاسیم به میزان قابل توجهی درصد جوانه‌زنی بذر را نسبت به شاهد افزایش داد.

علت تسریع جوانه‌زنی در بذور پرایم‌شده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مانند آلفا-آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز DNA و RNA و افزایش تعداد و عملکرد میتوکندری‌ها باشد (Afzal et al., 2004). در بذور پرایم شده، عملکرد و ساختار غشای سلولی در مقایسه با بذور شاهد در وضعیت مطلوب‌تری می‌باشد. این موضوع از طریق مطالعه هدایت الکتریکی عصاره بذر قابل بررسی است، به‌طوری که تراوش متابولیت‌های درون‌سلولی از غشای بذور پرایم شده کمتر است و به تبع آن هدایت الکتریکی عصاره این بذور نیز کمتر می‌باشد. این موضوع نیز می‌تواند توجیهی برای جوانه‌زنی مطلوب‌تر در بذور تیمارشده باشد (Pill and Necker, 2001). در بذور پرایم‌شده، تغییرات متابولیک و بیوشیمیایی به نفع جوانه‌زنی تحقق می‌یابد. برای مثال، در این بذور بخشی از پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیزکننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوانه‌زنی می‌شوند. این مساله می‌تواند توجیهی برای تسریع جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی باشد (Bittencourt et al., 2005).

کاهش سرعت جوانه‌زنی همراه با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم در این آزمایش می‌تواند ناشی از تنش خشکی فیزیولوژیک باشد. تنش خشکی فیزیولوژیکی باعث کاهش کلیه شاخص‌های رشد به دلیل کاهش سرعت اولیه جذب آب می‌گردد (Atarodi et al., 2011). در واقع شوری با ایجاد پتانسیل اسمزی خارجی منفی‌تر (محیط اطراف بذر) از نفوذ آب به داخل بذرها جلوگیری می‌کند و در نتیجه باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد اولیه بذرها می‌شود. همچنین ممکن است غلظت بالای یون‌های سدیم و کلر موجود در نمک کلرید سدیم باعث مسموم‌شدن بذرها شود و اجازه نفوذ آب به آنها را ندهد (Shakarami et al., 2011). طبق گزارش دی و کار (De and Kar, 2004) اگر در اثر تنش شوری جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب به آرامی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام خواهند شد و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد و از سرعت جوانه‌زنی کاسته می‌شود. در پژوهش حاضر، بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای آب مقطر (P_2) و تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) و کمترین آن در تیمارهای شاهد (P_1) و شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) به دست آمد.

به‌طورکلی، تجمع زیاد کاتیون‌ها و آنیون‌ها در خاک یا آب آبیاری، باعث منفی‌ترشدن پتانسیل اسمزی می‌شود و گیاه در جذب آب با مشکل مواجه می‌شود و دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک یا تنش شوری می‌گردد (Acosta-Motos, 2017). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، بیشترین وزن خشک گل مربوط به تیمارهای نیترات پتاسیم (P_3) و شوری صفر (شاهد) (S_1) و کمترین آن مربوط به تیمارهای شاهد (P_1) و شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر(S_4) است.

بذور پرایم‌شده پس از قرار گرفتن در بستر، زودتر جوانه‌زده و در پی این امر استقرار در گیاهان حاصل از این بذور سریع‌تر، بهتر و در عین حال یکنواخت‌تر انجام می‌پذیرد. در واقع چنین گیاهی در مقایسه با گیاهان به وجود

آمده از بذور تیمارنشده در طی زمان کوتاه‌تری سیستم ریشه‌های خود را گسترش می‌دهند و با جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتزکننده به مرحله اتوتروفی می‌رسند. تحقق چنین شرایطی به لحاظ زیستی و اکولوژیکی موقعیت ویژه‌ای به گیاهان حاصل از بذور پرایم‌شده می‌دهد (Duman, 2006). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، بیشترین وزن خشک بوته مربوط به شاهد (P_1) و تیمار شوری صفر (شاهد) (S_1) است و کمترین آن مربوط به تیمارهای نیترات پتاسیم (P_3) و شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) می‌باشد.

پرایمینگ بذرها باعث افزایش محتوی کل کلروفیل در برگ‌ها می‌شود (Roy and Srivastava, 2000) و از این طریق دسترسی به مواد فتوسنتزی را افزایش می‌دهد که بهبود عملکرد را باعث می‌گردد (Ashraf and Foolad, 2005). همچنین نتایج موسی و همکاران (Musa et al., 2001) نشان داد که پرایمینگ بذر، زود گلدهی را در گیاهان در پی دارد. به نظر می‌رسد که با افزایش شوری و با کاهش تعداد برگ در مراحل بعدی رشد گیاهچه، سطح کلروفیل کاهش پیدا می‌کند و کاهش سطح کلروفیل باعث کاهش انتقال مواد ذخیره‌ای و در نهایت افت عملکرد می‌شود (Khodadad et al., 2002; Reggiani et al., 1995). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، بیشترین تعداد گل در بوته مربوط به نیترات پتاسیم (P_3) و شوری صفر (شاهد) (S_1) و کمترین آن مربوط به شاهد (P_1) و شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) می‌باشد.

پرایمینگ سبب بهبود جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه (Lee and Kim, 2000)، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی، افزایش کمی و کیفی محصول (Duman, 2006) و همچنین بهبود کیفیت غذایی دانه (Bailly et al., 2000) می‌گردد. این اثرات به ویژه در شرایطی که کاشت در درجه حرارت‌های نامطلوب صورت می‌گیرد بسیار مشهود است. افضل و همکاران (Afzal et al., 2004) نیز در بررسی‌های خود دریافتند که بیشترین طول و تعداد اندام‌های هوایی در بذوری که دارای حداقل تنش شوری هستند به‌دست آمد که این نتایج مشابه نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، بیشترین قطر گل مربوط به آب مقطر (P_2) و شوری صفر (شاهد) (S_1) و کمترین آن مربوط به شاهد (P_1) و شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) می‌باشد.

بنا به گزارش افضل و همکاران (Afzal et al., 2004) کاربرد تیمارهای پرایمینگ در بذر کلزا سبب افزایش عملکرد این گیاه شد. این امر از طریق بهبود شاخص‌هایی چون تعداد شاخه فرعی در هر بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف محقق گردید. همچنین نتایج مشابهی نیز در تحقیقات بسرا و همکاران (Basra et al., 2004) به دست آمد. در مورد آفتاب‌گردان نیز پرایمینگ بذر، افزایش محصول دانه و افزایش درصد روغن را به دنبال داشت (Bailly et al., 2000; Sharifi et al., 2002). در گیاه بلوگراس نیز پرایمینگ بذر باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی شد. این امر در اثر افزایش شاخ و برگ گیاه تحقق یافت (Pill and Necker, 2001) که این نتایج مشابه نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر می‌باشد. در پژوهش حاضر، بیشترین تعداد ساقه در تیمارهای آب مقطر (P_2) و شوری صفر (شاهد) (S_1) و کمترین آن در تیمارهای شاهد (P_1) و شوری غلظت ۲۳/٤ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) به دست آمد که این نتایج با نتایج پژوهشگران فوق مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

جوانه‌زنی تجلی نهایی کیفیت بذر است. برای تسریع جوانه‌زنی بذرهای با پوسته سالم، اعمال برخی پیش‌تیمارها لازم است. محلول ۱۰ درصد نیترات پتاسیم بدون تنش شوری علاوه بر تحریک بالاترین درصد جوانه‌زنی، باعث

افزایش قابل توجه در وزن خشک گل، وزن خشک بوته، تعداد گل در بوته و تعداد ساقه شد. وقتی دانه‌رست‌های پرایم‌شده به خاک منتقل شدند، به طور موفقیت‌آمیزی بدون مرگ و میر رشد کردند و به گل نشستند. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود که قبل از انتقال گیاهچه به شرایط خاکی، بذرها با نیترات پتاسیم ۱۰ درصد پیش‌تیمار (پرایمینگ) شوند.

References

Acosta-Motos, J.R., Ortuño, M.F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M.J. and Hernandez, J.A. 2017. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms. Agronomy. 7: 18-56.

Afzal, I., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S. and Ahmad, G. 2004. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming techniques. Biologia Santa Cruz. do Sul. 16 (1): 19-34.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Advances in Agronomy. 88: 223-271.

Ashraf, M. and Rauf, H. 2001. Inducing salt tolerate in maize (*Zea mays* L.) through seed priming with chloride salts, growth and ion transport at early growth stages. Acta Physiologia Plantarum. 23: 407-414.

Atarodi, H., Irannejad, H., Shirani Rad, A.H., Amiri, R. and Akbari, Gh.A. 2011. Effects of drought stress and planting dates on seedling emergence, plant growth and seed vigour of produced seeds in canola (*Brassica napus*) cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science. 42 (1): 71-80. (In Persian)

Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F. and Côme, D. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. Seed Science Research. 10: 35-42.

Basra, A., Dhillon, R. and Malik, C. 2004. Influence of seed pretreatment with plant growth regulators on metabolic alternations of germinating maize embryos under stressing temperature regimes. Annals of Botany. 64: 76-79.

Bittencourt, M.L.C., Dias, D.C.F.S., Dias, L.A.S. and Araujo, E.F. 2005. Germination and vigour of primed asparagus seeds. Science of Agriculture (Piracicaba, Braz.). 62 (4): 319-324.

Datta, K.S. and Dayal, J. 1991. Studies on germination and early seedling growth of gram (*Cicer arietinum* L.) as effected by salinity. In: Dhir, K.K., Dua, I.S. and Chark, K.S. (Eds.). New Trends in Plant Physiology. pp: 273-276.

De, R. and Kar, R.K. 2004. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG-6000. Seed Science and Technology. 23: 301-308.

Demir, I. and Mavi, K. 2008. Effect of salt and osmotic stresses on the germination of pepper seeds of different maturation stages. Brazilian Archive of Biology and Technology. 51 (5): 897-902.

Demir Kaya, M., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and droght stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eurupean Journal of Agronomy. 24: 291-295.

Duman, I. 2006. Effects of seed priming with PEG and K_3PO_4 on germination and seedling growth in lettuce. Pakistan Journal of Biological Science. 9 (5): 923-928.

Hejazi, A. 1994. Seed Technology, Tehran University Press. Pp: 442. (In Persian)

Kathiresan, K., Kalyani, V. and Gnanarethinam, J.L. 1984. Effect of seed treatments on field emergence, early growth and some physiological processes of sunflower (*Halianthus annuus* L). Field Crops Research. 9: 215-217.

Kaya, M.D., İpek, A. and Özturk, A. 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 27: 221-227.

Khodadadi, M., Omidbeigi, R., Majidi, A. and Khoshkholgsima, N.A. 2002. Investigation of the effect of seed preparation (priming) of onion sefid kashan cultivar on germinating characteristic at salinity stress condition. Journal of Soil and Water Science. 17(1): 41-48. (In Persian)

Lee, S.S. and Kim, J.H. 2000. Total sugars, α-amylase activity, and germination after priming of normal and aged rice seeds. Korean Journal of Crop Science. 45 (2): 108-111.

McDonald, M.B. 2000. Seed priming. In: Black, M. and Bewley, J.D. (Eds.). Seed Technology and its Biological Basis. Sheffield Academic Press, UK. pp. 287-325.

Mehdikhani, H. 2007. Effect of salt stress on germination of medical plants. 3th Congress of Medicinal Plants. Tehran, Shahed University. p. 144. (In Persian)

Murungu, F.S., Chiduza, C., Nyamugafata, P., Clark, L.J., Whalley, W.R. and Finch-Savage, W.E. 2004. Effects of 'on-farm seed priming' on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of maize in semi-arid Zimbabwe. Field Crop Research. 89 (1): 49-57.

Musa, A.M., Harris, D., Johansen, C. and Kumar, J. 2001. Short duration chickpea to replace fallow after aman rice: the role of on-farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. Experimental Agriculture. 37: 509-521.

Pill, W. and Necker, A.D. 2001. The effect of seed treatments on germination and establishment of Kentucky blue grass (*Poa pratensis* L.). Seed Science and Technology. 9: 65-72.

Reggiani, R., Bozo, S. and Bertani, A. 1995. The effect of salinity on early seedling growth of three wheat cultivars. Canadian Journal of Plant Science. 75: 175-177.

Roy, N.K. and Srivastava, A.K. 2000. Adverse effect of salt stress conditions on chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves and its amelioration through presoaking treatments. Indian Journal of Agricultural Science. 70: 777-778.

Sarkar, P.K., Kumar, P.R., Singh, A.K. and Bhatt, B.P. 2020. Effect of priming treatments on seed germination and seedling growth in bamboo [*Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees]. Acta Ecologica Sinica. 40: 128-133.

Sedaghathoor, Sh. 2017. Effect of priming on seed germination parameters of six ornamental-seasonal plants. Journal of Plant Production Research. 24(1): 99-105. (In Persian)

Sedaghathoor, S., Ahmadi Lashaki, M., Hashemabadi, D. and Kaviani, B. 2015. Physiological response to salinity stress by primed seeds of three species of lawn. Crop Production and Processing. 4 (14): 1-10. (In Persian)

Shakarami, B., Dianati-Tilaki, Gh. Tabari, M. and Behtari, B. 2011. The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. seeds during germination and early growth. Iranian Journal of Rangelands and Forestry, Plant Breeding and Genetic Research. 18 (2): 318-328. (In Persian)

Sharifi, M., Tahmasb, A. and Modares, M. 2002. Study of different treatment on seed dormancy breaking in *Achillea millefolium* spice. Research Construction. 8: 2-56.