علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هشتم/ شماره سوم/ ۱۴۰۰ (۳۱۰ - ۲۹۳)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2021.5281

بررسی اثر پرایمینگ برجوانه‌زنی بذر و صفات مورفو-فیزیولوژیکی گیاه دارویی خرفه (*Portulacaoleracea* L.) تحت تنش شوری

زهرا حسنی[۱]، نسیم امرایی[۲]، خدیجه احمدی[۳]*، حشمت امیدی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۱۶

چکیده

تحمل نمک در مرحله جوانه‌زنی مهم می‌باشد، زیرا افزایش شوری معمولاً در سطح خاک شدیدتر است. به‌ویژه در مواردی که سطح آب زیرزمینی بالا باشد. به‌منظور بررسی تأثیر پرایمینگ و تنش شوری بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی خرفه، این آزمایش در آزمایشگاه فناوری بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل پیش تیمار (شاهد (آب مقطر)، هیدروپرایمینگ، نیترات پتاسیم و اسید سالیسیلیک) در واکنش به ۶ سطح شوری عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار با کلریدسدیم بودند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری شامل شاخص‌های جوانه‌زنی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای آنتوسیانین، پرولین و قندهای محلول بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان مؤلفه‌های جوانه‌زنی همچون درصد جوانه‌زنی (۹۷درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۲/۱۶بذردرروز)، طول گیاهچه (۶/۶۹ سانتی‌متر)، وزن تر گیاهچه (۴گرم)، شاخص طولی بنیه گیاهچه (۳۲۴/۸۹) و محتوای نسبی آب (۷۵/۲۵ درصد) در عدم تنش شوری و کاربرد هیدروپرایمینگ به‌دست آمد. در سطوح شوری ۶۰ میلی‌مولار، محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در تیمار هیدروپرایمینگ افزایش یافت و بیش‌ترین محتوای پرولین، قندهای محلول و آنتوسیانین در بالاترین سطح شوری به‌دست آمد. در بین سطوح پرایمینگ مورد مطالعه هیدروپرایمینگ در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار دارای بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه-زنی بذر، محتوای کلروفیل، آنتوسیانین و پرولین بود.

واژه‌های کلیدی:آنتوسیانین، پرولین، خرفه، کلروفیل، کلرید سدیم، قندهای محلول

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. zahra.hassani@shahed.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. nasim.amraie@shahed.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. kh.ahmadi612@gmail.com
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. omidi@shahed.ac.ir
*نویسنده مسئول: kh.ahmadi612@gmail.com

مقدمه

به‌دلیل پیامدهای گرم‌شدن کره زمین، تولید محصولات و بهره‌وری در بسیاری از مناطق با مشکل روبرو می‌شود. محدودیت‌های مختلف زیست‌محیطی، مانند خشک‌سالی، شوری، گرما، سرما و فلزات سنگین، می‌تواند به‌طور جدی بر رشد و نمو گیاه تأثیر بگذارند (Vishal and Kumar, 2018; Yadav *et al*., 2020).جوانه‌زنی بذر حساس‌ترین مرحله به آسیب تنش زیستی است، بنابراین در شرایط محیطی، بذر بسیاری از گونه‌ها نمی‌توانند تحت تنش جوانه بزنند (El-Hamamsy and Behairy, 2015). جوانه‌زنی بذر توسط تعدادی از مکانیسم‌های فیزیولوژیک کنترل می‌شود. این مکانیسم‌ها برای رشد و نمو جنین ضروری هستند (Hussain *et al*., 2016). در این دوره، توجه زیادی به توسعه روش‌هایی برای کاهش محدودیت‌های تنش‌های غیر زنده در جوانه‌زنی بذرها شده است. تکنیک‌های مختلف فیزیولوژیک و غیرفیزیولوژیک برای افزایش جوانه‌زنی بذرو هم‌چنین کاهش تنش‌های غیرزنده موجود است. پرایمینگ بذر یک فرآیند فیزیولوژیک و بیوشیمیایی کم‌هزینه و مؤثر است که باعث تحریک جوانه‌زنی بذر، افزایش پارامترهای مورفولوژیک و بهبود رشد و نمو گیاه تحت تنش غیرزنده می‌شود (Rhaman *et al*., 2020; Tania *et al*., 2020).

هورمون‌ها در ایجاد و کنترل جوانه‌زنی نقش کلیدی دارنـد، هورمون‌های رشدی که به‌طور معمول برای پرایمینگ بذر استفاده می‌شوند، شامل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، کینتین، اسید آبسزیک، سالیسیلیک اسید، پلی‌آمین‌ها، اتیلن و براسینولاید هستند (Ashraf and Foolad, 2005). هیدروپرایمینگ یکی از روش‌های پرایمینگ بذر است که در آن بذور با آب خالص و بدون استفاده از هیچ‌گونه ماده شیمیایی تیمار می‌شوند. این نوع پرایمینگ بسیار ساده و ارزان بوده و مقدار جذب آب در آن از طریق مدت زمانی که بذور در تماس با آب هستند، کنترل می‌شود (Farooq *et al*., 2006). پرایمینگ منجر به افزایش بنیه بذر و گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و افزایش مقاومت به تنش‌ها می‌شود (Karbalaee Gholizadeh *et al*., 2014). بذرها تحت پرایمینگ جوانه‌زنی بهتری دارند و حتی در شرایط تنش نیز رشد بالایی دارند. در این راستا مشخص شد که پرایمینگ برای تولید گیاهچه گیاهان مؤثرتر است و عملکرد بسیاری از گونه‌های زراعی را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد (Hussain *et al*., 2016). محققین گزارش نمودند که پرایمینگ باعث بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی گیاهچه می‌شود (Abdoli, 2020). تیمارهای پرایمینگ به‌طور قابل توجهی تمام شاخص‌های جوانه‌زنی را در مقایسه با تیمار شاهد (بذرهای بدون پرایم) یا کنترل در غلظت‌های مختلف تنش شوری علاوه بر بهبود در جوانه‌زنی، سرعت سبزشدن بذر، وزن خشک گیاهچه و محتوای ترکیبات محلول را افزایش داد (Hozayn *et al*., 2018).

خرفه (*Portulaca oleracea* L.) یکی از گیاهان دارویی، چهارکربنه و یک‌ساله از تیره Portulacaceae می‌باشد (Chauhan and Johnson, 2009). این گیاه منبع عالی از آنتی‌اکسیدانت‌ها و هم‌چنین فراوانی اسیدهای چرب امگا-۳، باعث خنثی‌شدن رادیکال‌های آزاد و تقویت سیستم ایمنی بدن می‌گردد و از بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان، آسم، دیابت نوع یک و بیماری‌های عفونی جلوگیری می‌کند (Soltaninezhad, 2013). با توجه به تحمل خرفه به شرایط شور، این گیاه به‌عنوان یک هالوفیت نویدبخش برای استفاده در کشاورزی شور معرفی می‌کند (Weber *et al*., 2007). برخی محققین سطح تنش ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (Rahimi *et al*., 2011) و برخی سطح تنش ۶ دسی‌زیمنس بر متر (Talei *et al*., 2018) آستانه تحمل به تنش شوری در گیاه خرفه گزارش دادند، و هم‌چنین نتایج نشان داد که تنش شوری ۷ دسی‌زیمنس تأثیر بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه خرفه نداشت (Yazici *et al*., 2007) رحیمی و همکاران (Rahimi *et al*., 2010) گزارش کردند که اثرات پرایمینگ باعث کاهش اثر تنش شوری بر صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه خرفه باشد. بیش‌ترین مقدار صفات وزن‌تر و خشک اندام زمینی و هوایی گیاه دارویی خرفه مربوط به تیمار پرایمینگ بذر اسید سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار در شرایط تنش فلزات سنگین بود (Jafarian *et al*., 2020). کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت پرایمینگ بذر موجب افزایش وزن خشک ریشه و محتوای ترکیبات محلول گیاه خرفه در سطوح بالای تنش شوری شد (Dehghan *et al*., 2018). آزادبخت و همکاران

(Azadbakht *et al*., 2020) اثرات شوری و پرایمینگ را در گیاه دارویی سرخارگل آزمایش و گزارش کردند که کاربرد پرایمینگ موجب کاهش اثرات سوء تنش شوری و باعث بهبود جوانه‌زنی و صفات فیزیولوژیک می‌شوند. یکی از حساس‌ترین مراحل رشد گیاهان به تنش شوری مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه است. بنابراین هدف از اجرای این آزمایش، بررسی کاهش اثرات سوء تنش شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و برخی صفات فیزیولوژیک گیاه دارویی خرفه از طریق کاربرد هیدروپرایمینگ، نیترات پتاسیم و اسید سالیسیلیک بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه فناوری بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۸ انجام شد. عوامل آزمایش شامل چهار سطح پرایمینگ شامل شاهد (آب مقطر)، هیدروپرایمینگ با آب مقطر، نیترات پتاسیم (۰/۰۲ درصد) و اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار تحت تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در ۶ سطح ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۲۰۰میلی‌مولار و آب مقطر به‌عنوان شاهد قرار گرفتند. بذور خرفه با قوه نامیه ۹۹ درصد از شرکت پاکان بذر اصفهان در سال ۱۳۹۷ تهیه شد. جهت تهیه محیط شوری نیز از سدیم کلرید استفاده گردید. بذرها قبل ازکاشت با هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به‌مدت ۳ دقیقه ضدعفونی و با آب مقطر چند مرتبه شسته شدند. جهت اعمال هیدروپرایمینگ، نیترات پتاسیم (۰/۰۲ درصد) و اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار، بذرها به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس در این محلول‌ها قرار گرفتند. بعد از اعمال تیمارهای پرایمینگ، بذرها در دمای اتاق به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. برای هر تیمار به‌تعداد ۵۰ عدد بذر سالم داخل پتری‌دیش‌های ۹ سانتی‌متری که کف آن‌ها با کاغذ صافی واتمن پوشیده شده بود، منتقل شدند و حدود ۵ میلی‌لیتر تیمار محلول شوری افزوده شد. تعداد کل پتری دیش‌های مورد استفاده در تیمارهای آزمایش ۷۲ عدد بود. به‌منظور کاهش تبخیر دور پتری‌ها با پارافیلم بسته شدند. پتری‌ها به ژرمیناتور با دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس با وضعیت نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انتقال داده شدند.

اندازه‌گیری خصوصیات جوانه‌زنی

شمارش بذرهای جوانه‌زده در هر روز به‌صورت روزانه و بر اساس خروج ریشه‌چه دو میلی‌متری بود. و در نهایت در پایان دوره ۷ روزه آزمایش صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی طبق روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید (Omidi *et al*., 2015).

$$GP = \frac{S}{T} \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$\sum_{I=1}^{N} \frac{Si}{Di} = GR \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این روابط GP= درصد جوانه‌زنی،S= تعداد بذرهای جوانه‌زده، T= تعداد کل بذرها،GP= سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز)، Si= تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز، Di= تعداد روز تا شمارش nام و N= تعداد دفعات شمارش است.

برای اندازه‌گیری و محاسبه صفات مربوط به جوانه‌زنی و بنیه بذر ابتدا از هر پتری‌دیش به‌صورت تصادفی پنج گیاهچه انتخاب شد و اندازه‌گیری صفات طولی با استفاده از خط‌کش بر حسب سانتی‌متر و توزین آن‌ها با استفاده از ترازو و برحسب گرم صورت گرفت. در این آزمایش، وزن خشک گیاهچه با قراردادن نمونه‌ها در درون آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت تعیین گردید (Parmoon *et al*., 2013). شاخص‌های بنیه گیاهچه (SVI1، شاخص طولی بنیه گیاهچه، SVI2، شاخص وزنی بنیه گیاهچه) از رابطه ۳ و ۴حاصل شد (ISTA, 2010).

$$SVI\ (1) = (S+R) \times GP \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$SVI\ (1) = (W) \times GP \quad \text{(رابطه ۴)}$$

که در آن S، میانگین طول ساقه‌چه، R، میانگین طول ریشه‌چه، W، وزن خشک گیاهچه و GP، درصد.

جوانه‌زنی می‌باشند.

اندازه‌گیری صفات کیفی (مرحله دو تا چهار برگی گیاهچه)

محاسبه محتوای نسبی آب[1] (RWC) با استفاده از رابطه ۵، و روش لویت (Levitt, 1980) به دست آمد که در این رابطه،FW وزن‌تر برگ‌ها، DW وزن خشک برگ‌ها، TW وزن آماس برگ‌ها و RWC محتوی نسبی آب بود.

$$RWC = \left(\frac{FW-DW}{TW-DW}\right) \times 100 \quad \text{(رابطه ۵)}$$

[1]Relative water content

محتوای کلروفیل با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1949) و محتوای کارتنوئید با استفاده از روش گو و همکاران (Gu *et al*., 2008) انجام گرفت. برای اندازه‌گیری محتوای پرولین بافت برگ از روش (Bates*et al*., 1973) استفاده شد. ازلایه فوقانی حاوی تولوئن و پرولین، برای اندازه‌گیری محتوای پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر در برابر شاهد تولوئن خالص استفاده گردید. برای رسم منحنی استاندارد از پرولین خالص با غلظت-های۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ میلی‌گرم‌در لیتر استفاده گردید. سپس منحنی استاندارد پرولین رسم و مقدار پرولین محلول با کمک این نمودار در گرم وزن تر گیاه به-دست آمد. برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین بافت برگ از روش (Wagner, 1979) استفاده شد. ۰/۱ گرم بافت برگ گیاه تازه را در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک خالص به‌نسبت حجمی ۹۹:۱) کاملاً سائیده و عصاره در لوله آزمایش سر پیچ‌دار ریخته شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و جذب محلول رویی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت با استفاده از رابطه ۶، و با در نظر گرفتن ضریب خاموشی (ε) ۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول محاسبه شد (Tasgin *et al*., 2003). A میزان جذب نوری، b عرض کوت و C غلظت محلول مورد نظر است.

$$C= A/\varepsilon b$$ (رابطه ۶)

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول از روش (Paquin and Lechasseur, 1979) انجام شد. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره الکلی با ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده مخلوط گردید. سپس این محلول به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد تا واکنش انجام و رنگی شود. میزان جذب محلول را با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت و مقدار قندهای محلول محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه آماری و مقایسه میانگین‌ها پس از اطمینان از نرمال‌بودن داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید. رسم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ انجام پذیرفت.

نتایج

درصد و سرعت جوانه‌زنی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس پرایمینگ، شوری و اثر برهمکنش آن‌ها بر درصد جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۱). طبق نتایج مقایسه میانگین، درصد جوانه‌زنی بذور خرفه در سطوح پرایمینگ نیترات پتاسیم، هیدروپرایمینگ و اسید سالیسیلیک به‌ترتیب در شرایط عدم تنش ۹۸، ۹۷ و ۹۶ بود و تیمار هیدروپرایمینگ در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار (۸۶ درصد) بالاترین درصد جوانه‌زنی را داشت. تنش شوری درصد جوانه‌زنی بذور را کاهش داد به‌گونه‌ای که این کاهش در تمامی سطوح پرایمینگ مشاهده شد و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی در بالاترین سطح تنش و عدم کاربرد پرایمینگ به‌دست آمد. هیدروپرایمینگ با آب مقطر به-مدت ۱۲ ساعت در سطوح تنش شوری نسبت به دیگر سطوح پرایمینگ موجب افزایش درصد جوانه‌زنی بذر شد (شکل ۱-الف). سرعت جوانه‌زنی نیز تحت تأثیر پرایمینگ، تنش شوری و اثر متقابل پرایمینگ×تنش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).سرعت جوانه‌زنی طی افزایش سطوح تنش شوری کاهش یافت، به‌طوری که در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار در ۴ سطح پرایمینگ نسبت به شاهد (عدم تنش) سرعت جوانه‌زنی دارای کم‌ترین مقادیر بود. بذور خرفه در تیمار هیدروپرایمینگ با میانگین‌های ۲/۱۶و ۱/۹۲ بذر در روز به‌ترتیب در عدم تنش شوری (شاهد) و تنش ۲۰۰ میلی‌مولار دارای بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی بود و در عدم کاربرد پرایمینگ و تنش ۲۰۰ میلی‌مولار کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی (۱/۵۳ بذر در روز) را داشتند (شکل ۱-ب).

طول گیاهچه

طبق نتایج به‌دست آمده، پرایمینگ، شوری و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر طول گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۱). واکنش طول گیاهچه تحت تنش شوری کاهشی بود و کم‌ترین میزان (یک سانتی‌متر) در شرایط تنش ۲۰۰ مولار و عدم پرایمینگ بذر مشاهده شد.

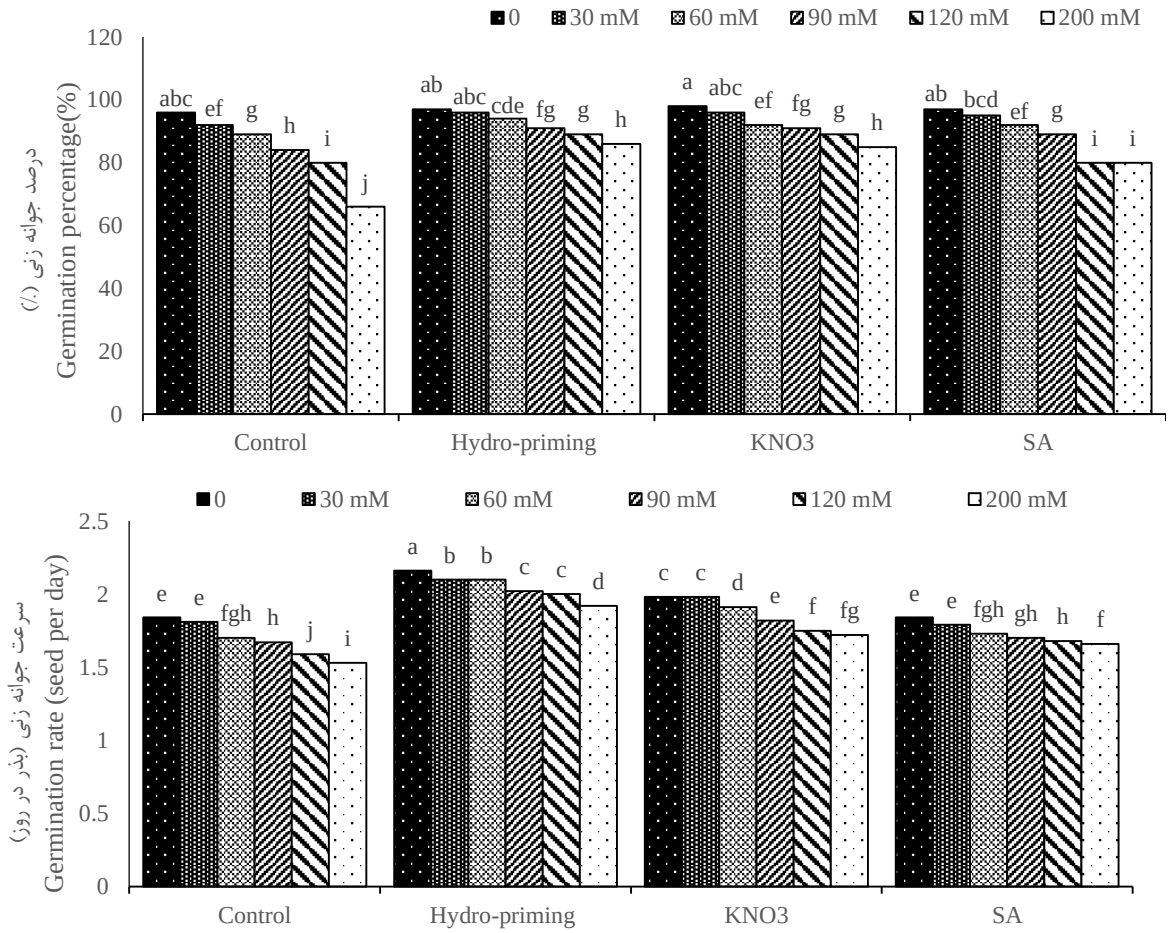
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف گیاه دارویی خرفه (*Portulacaoleracea* L.) تحت تأثیر پرایمینگ و تنش شوری

Table 1. Analysis of variance (Mean square) the different characteristics of (*Portulaca*oleracea L.) under priming and senility stress

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Rate of germination	طول گیاهچه Plantlet Length	وزن تر گیاهچه Plantlet fresh weight	وزن خشک گیاهچه Plantlet dry weight	شاخص طولی بنیه گیاهچه SVI 1	شاخص وزنی بنیه گیاهچه SVI 2
پرایمینگ Priming (P)	3	258.40**	0.46**	5.01**	0.62**	0.24**	13875.94**	2534.15**
شوری Salinity (S)	5	491**	0.10**	29.97**	9.84**	0.49**	74883.95**	5152.46**
P*S	15	25.54**	0.005**	0.35**	0.07**	0.007*	834.48*	70.99*
خطا Error	24	3.25	0.0007	0.04	0.02	0.006	93.52	7.61
ضریب تغییرات CV (%)		2.02	1.46	5.31	5.88	5.34	5.44	6.09

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

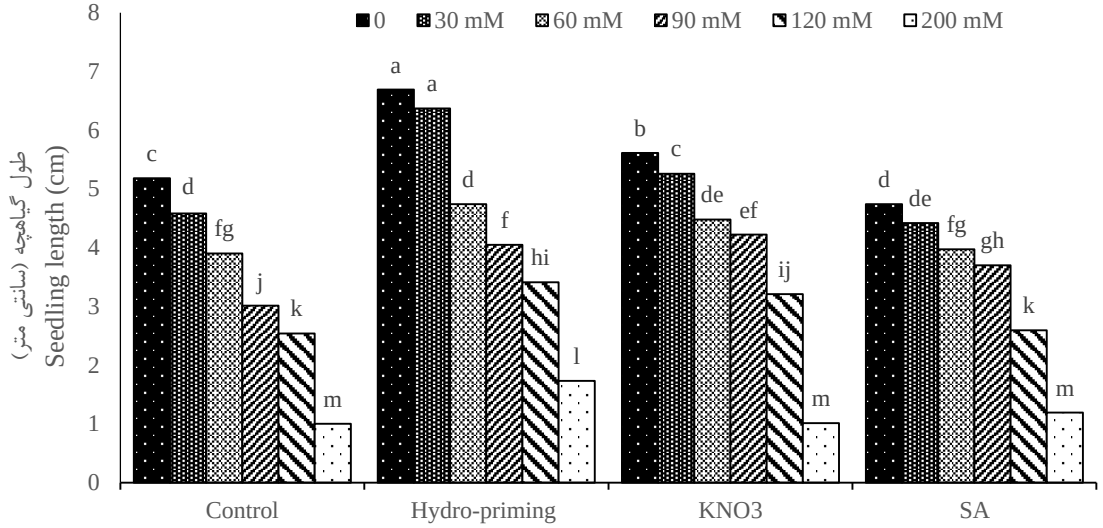
*and**respectively significant at 5% and 1%



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر: (الف) درصد جوانه‌زنی و (ب) سرعت جوانه‌زنی

Figure 1. Mean comparison effect priming and salinity stress on: (a) germination percentage and (b) germination rate

بیش‌ترین طول گیاهچه در تیمار هیدروپرایمینگ و عدم تنش به‌میزان ۶/۶۹ سانتی‌متر به‌دست آمد. در بین سطوح پرایمینگ، هیدروپرایمینگ بذر در تمامی سطوح تنش شوری باعث افزایش طول گیاهچه نسبت به تیمار شاهد شد. به‌دنبال آن استفاده از نیترات پتاسیم نیز افزایش طول گیاهچه را در پی داشت (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر طول گیاهچه

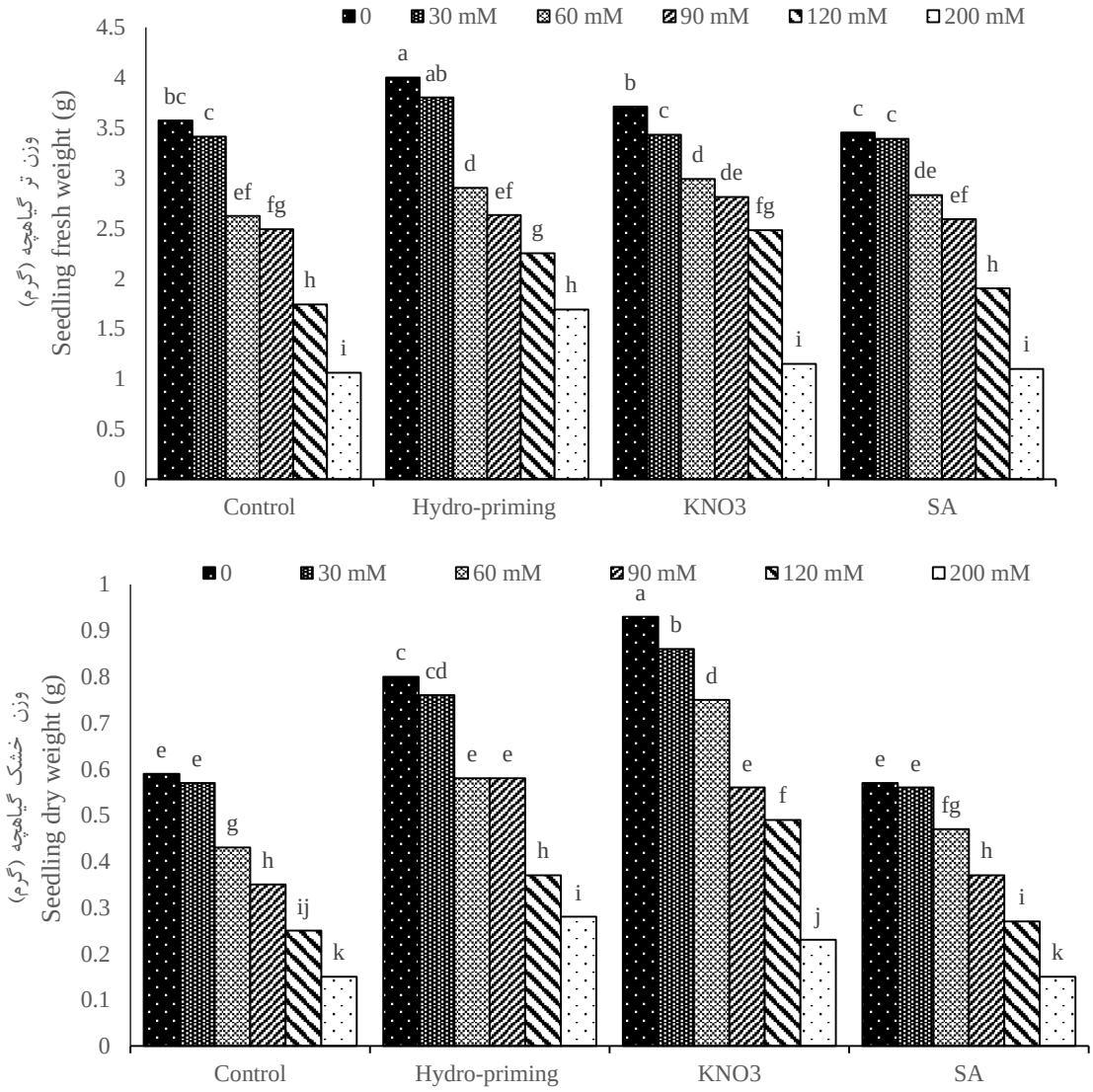
Figure 2. Mean comparison effect priming and salinity stress on plantlet length

وزن تر و خشک گیاهچه

طبق نتایج به‌دست آمده، اثر پرایمینگ، شوری و اثر برهمکنش آن‌ها بر وزن تر گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. صفت وزن خشک گیاهچه تحت اثر اصلی پرایمینگ و شوری در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل پرایمینگ ×شوری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن تر گیاهچه با افزایش تنش شوری کاهش یافت. در بین سطوح پرایمینگ مورد مطالعه، هیدروپرایمینگ با میانگین ۴ گرم بیش‌ترین و اسید سالیسیلیک با میانگین (۳/۴۵ گرم) کم‌ترین وزن تر گیاهچه را در عدم تنش شوری داشتند. در شرایط تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بیش‌ترین و کم‌ترین وزن تر گیاهچه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای هیدروپرایمینگ با میانگین ۱/۶۹ گرم و اسید سالیسیلیک با میانگین ۱/۱ گرم بود (شکل ۳-الف). با توجه به این‌که تنش شوری باعث کاهش وزن خشک گیاهچه شد، وزن خشک گیاهچه در تیمار اسید سالیسیلیک با کاهش کم‌تری مواجه شد در حالی‌که تیمار نیترات پتاسیم کاهش وزن خشک گیاهچه با شدت بیش‌تری رخ داد. تیمار نیترات پتاسیم ۰/۰۲ درصد با میانگین ۰/۹۳ گرم و تیمار هیدروپرایمینگ با میانگین ۰/۲۸ گرم به‌ترتیب بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه را در شرایط عدم تنش شوری و تنش ۲۰۰ میلی-مولار داشت. هم‌چنین اثر اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری بر وزن خشک گیاهچه مشابه تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) بود (شکل ۳-ب).

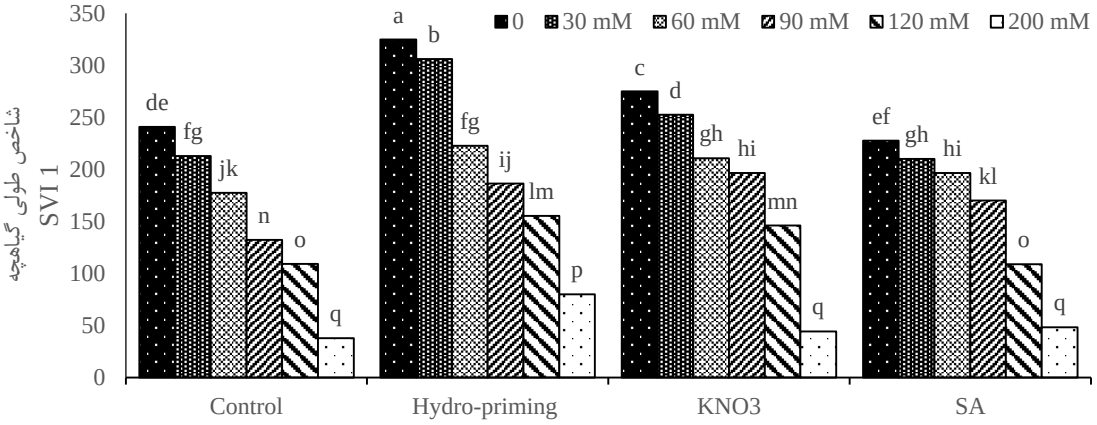
شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه

صفات شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه طی بررسی نتایج تجزیه واریانس تحت اثر اصلی پرایمینگ و تنش شوری در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل پرایمینگ و شوری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه تحت تأثیر تنش شوری کاهش یافت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات بر همکنش، در شرایط عدم تنش بیش‌ترین و در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کم‌ترین شاخص طولی بنیه گیاهچه در تیمار هیدروپرایمینگ مشاهده شد (شکل ۴). کاربرد نیترات پتاسیم با میانگین (۹۰/۸۹) بیش‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه را در شرایط عدم تنش داشتند. عدم کاربرد پرایمینگ (شاهد) دارای کم‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه بود و تیمار هیدروپرایمینگ در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار بیش‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه (با میانگین ۲۴/۲۹) را داشت (شکل ۵).



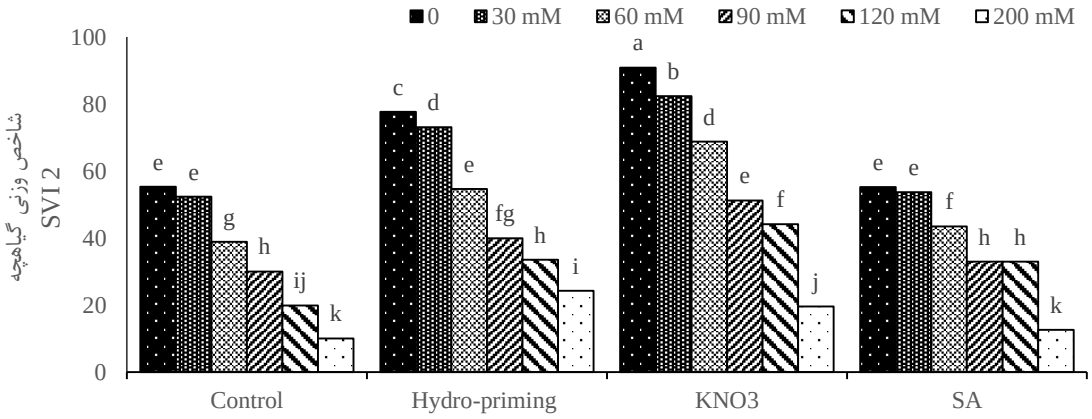
شکل ۳- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر: (الف) وزن تر گیاهچه و (ب) وزن خشک گیاهچه

Figure 3. Mean comparison effect priming and salinity stress on: (a) plantlet fresh weight (b) plantlet dry weight



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر شاخص طولی بنیه گیاهچه

Figure 4. Mean comparison effect priming and salinity stress on plantlet vigor length index

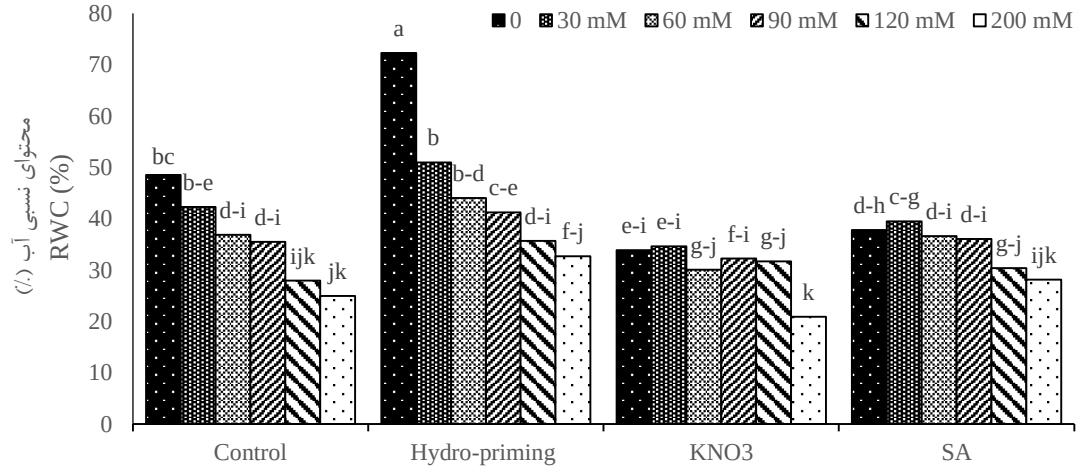


شکل ۵- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه

Figure 5. Mean comparison effect priming and salinity stress on plantlet vigor weight index

محتوی نسبی آب

نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار پرایمینگ، شوری و اثر برهمکنش آن‌ها بر محتوی آب نسبی برگ در سطح احتمال ۱درصد است (جدول ۱). تنش شوری باعث کاهش محتوی آب نسبی برگ گیاه دارویی خرفه شد. بیش‌ترین کاهش در محتوی نسبی آب برگ در تیمار نیترات پتاسیم مشاهده شد. تیمار هیدروپرایمینگ در شرایط بدون تنش با میانگین (۷۲/۲۵ درصد) و نیترات پتاسیم در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار با میانگین (۲۰/۹۱ درصد) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین درصد محتوی آب نسبی برگ را داشت. در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار محتوی نسبی آب برگ در تیمار هیدروپرایمینگ با میانگین (۳۲/۶۷ درصد) مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر محتوای نسبی آب

Figure 6. Mean comparison effectpriming and salinity stress on RWC

محتوای کلروفیل a

نتایج حاصل نشان داد که پرایمینگ و تنش شوری بر محتوای کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد و اثر برهمکنش پرایمینگ × شوری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). محتوای کلروفیل a با افزایش تنش شوری کاهش یافت، در سطوح هیدروپرایمینگ و نیترات پتاسیم در سطوح تنش ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار محتوی کلروفیل a افزایش یافت و در ادامه افزایش تنش به‌شدت میزان آن کاهش نشان داد. نتایج ترکیب تیماری اثر پرایمینگ و شوری نشان داد که تیمار هیدروپرایمینگ در تنش ۹۰میلی‌مولار و تیمار نیترات پتاسیم در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل a را داشتند.کاربرد اسید سالیسیلیک یک میلی-مولار در عدم تنش شوری و تنش ۲۰۰ میلی‌مولار نسبت به دیگر سطوح تیماری دارای بیش‌ترین محتوای کلروفیل a بود (شکل ۷).

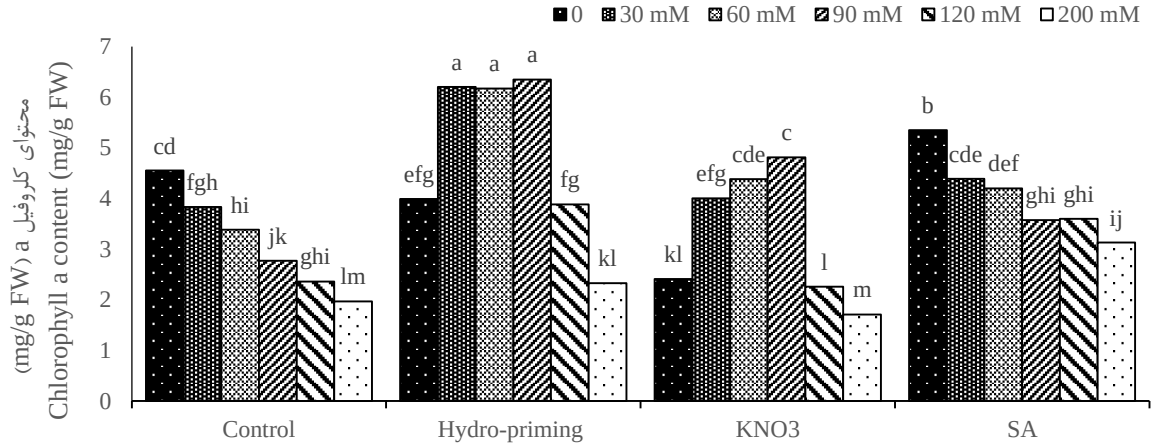
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف گیاه دارویی خرفه (*Portulacaoleracea* L.) تحت تأثیر پرایمینگ و تنش شوری

Table 2. Analysis of variance (Mean square) the different characteristics of (*Portulaca*oleracea L.) under priming and senility stress

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب RWC	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	پرولین Proline	آنتوسیانین Anthocyanin	قندهای محلول Soluble sugars
پرایمینگ Priming (P)	3	786.71**	10.89**	31.74**	30.96**	1294.67**	6.66**	1.42**	772.51*
شوری Salinity (S)	5	684.43**	10.77**	26.41**	26.52**	470.18*	7.18**	15.42**	356.56*
P*S	15	98.52**	2.39*	2.94*	3.11*	245.78*	1.21**	0.21**	40.96*
Error خطا	24	31.31	0.08	0.47	0.42	2.22	0.03	0.01	0.51
CV ضریب تغییرات (%)		15.18	7.82	11.97	11	3.95	15.29	2.74	4.78

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*and**respectively significant at 5% and 1%

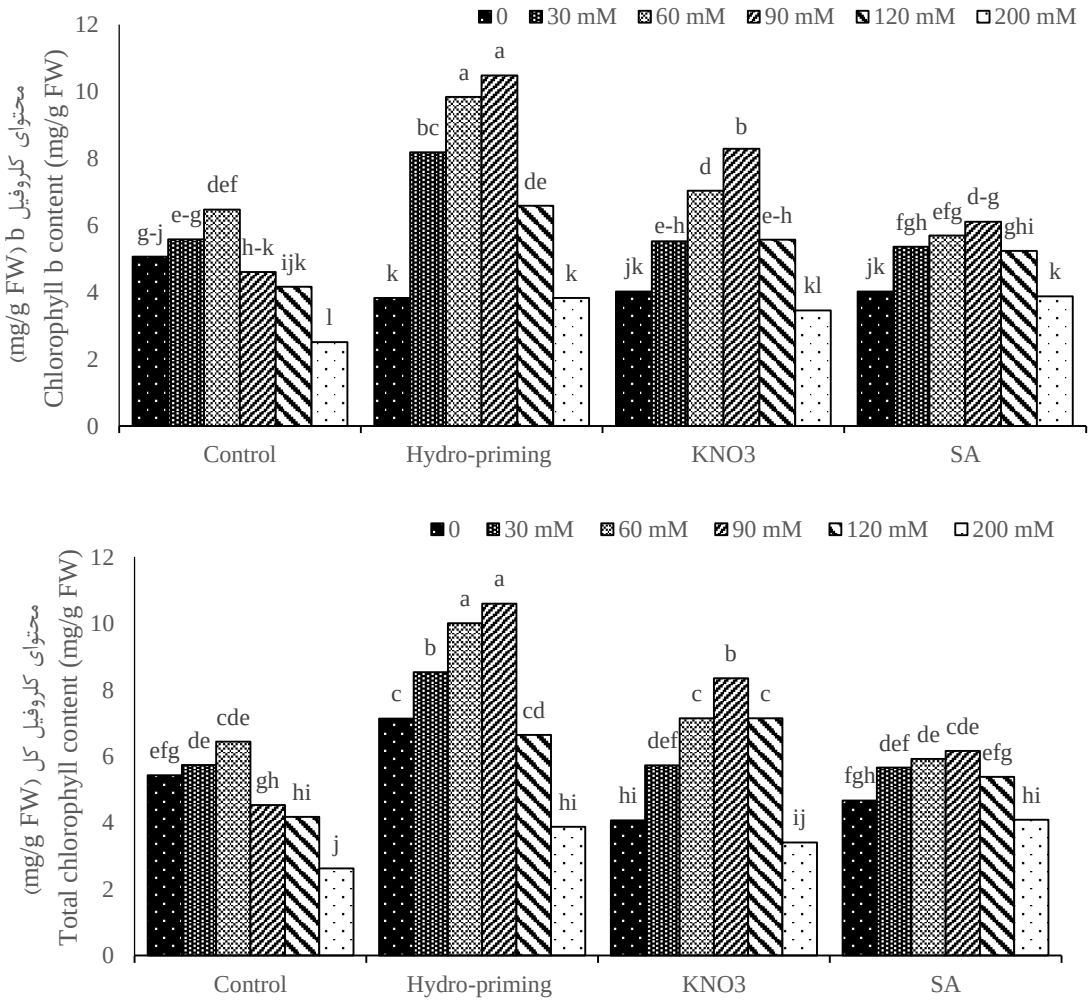


شکل ۷- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر محتوای کلروفیل a

Figure 7. Mean comparison effect priming and salinity stress on chlorophyll a

محتوای کلروفیل b و کل

اثر اصلی پرایمینگ و تنش شوری و اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر محتوای کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ۲). در بین تیمارهای مورد مطالعه، بیش‌ترین میزان محتوای کلروفیل b مربوط به تیمار هیدروپرایمینگ با میانگین ۱۰/۴۸ میلی‌گرم بر گرم در تنش ۹۰ میلی‌مولار بود. کم‌ترین محتوای کلروفیل b در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار در سطح شاهد مشاهده شد (شکل ۸-الف). با افزایش تنش شوری میزان کلروفیل کل در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش یافت. با افزایش سطح تنش شوری ابتدا دو سطح نیترات پتاسیم و هیدروپرایمینگ با افزایش میزان کلروفیل کل مواجه شدند. به‌طوری‌که تیمار هیدروپرایمینگ با میانگین (۱۰/۶ میلی‌گرم بر گرم) در تنش ۹۰ میلی‌مولار دارای بیش‌ترین میزان بود.کاربرد اسید سالیسیلیک (۴/۰۹ میلی‌گرم بر گرم) و عدم پرایمینگ (۲/۶۳ میلی‌گرم بر گرم) در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل کل هستند (شکل ۸-ب).



شکل ۸- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر (الف) کلروفیل b، (ب) کلروفیل کل

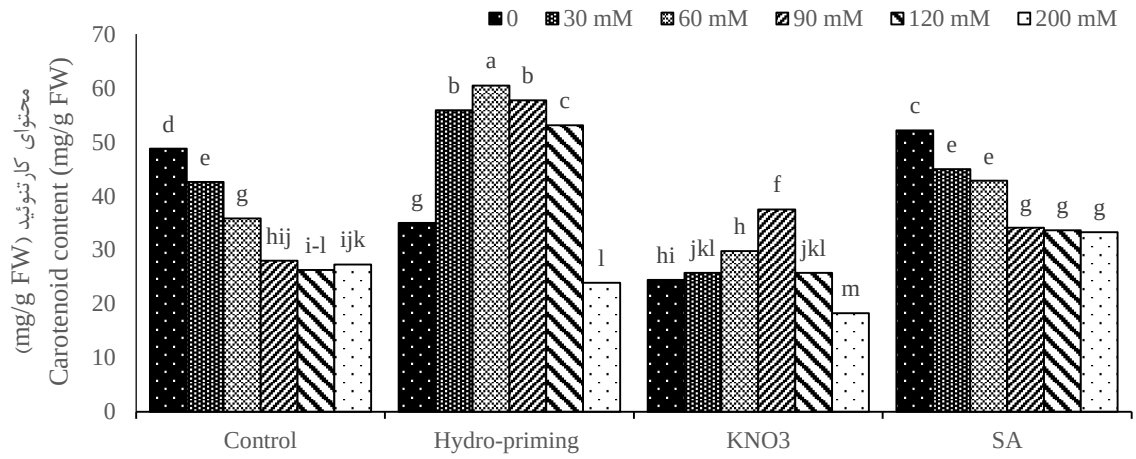
Figure 8. Mean comparison effect priming and salinity stress on: (a) chlorophyll b (b) total chlorophyll

محتوای کاروتنوئید

طبق نتایج پرایمینگ، شوری و اثر برهمکنش آن‌ها بر محتوای کاروتنوئید تأثیر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). میزان کاروتنوئید با افزایش شوری کاهش پیدا کرد. کم-ترین و بیش‌ترین میزان کاروتنوئید به‌ترتیب در تیمار هیدروپرایمینگ در تنش ۶۰ میلی‌مولار با میانگین (۶۰/۴۹ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار نیترات پتاسیم در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار (۱۸/۲۹میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد. تیمارهای هیدروپرایمینگ و نیترات پتاسیم در ابتدا با افزایش تنش شوری میزان کاروتنوئید افزایش یافت و در ادامه کاهش نشان دادند (شکل ۹).

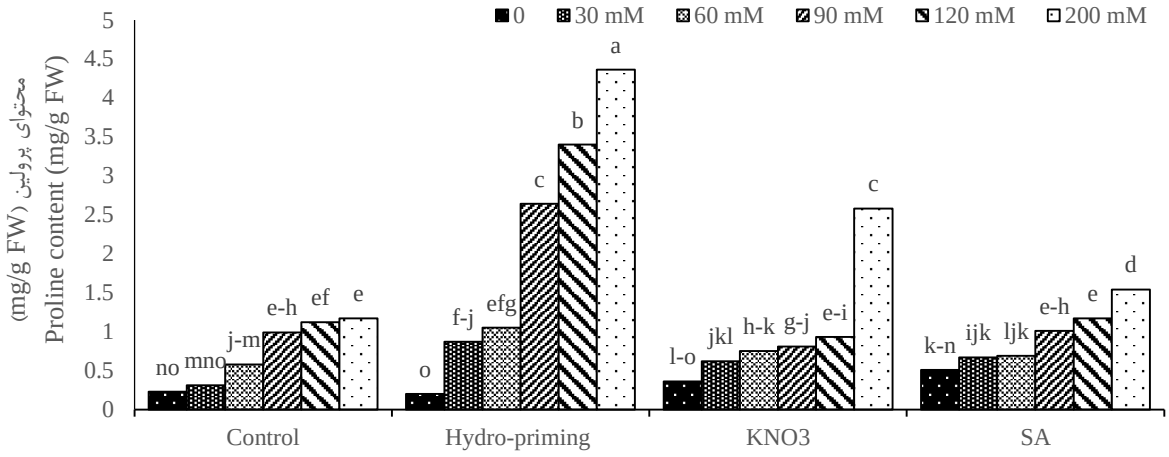
محتوای پرولین

با افزایش شوری محتوای پرولین برگ افزایش یافت. نتایج تجزیه واریانس پرایمینگ، شوری و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای پرولین بافت برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین محتوای پرولین بافت برگ در سطوح هیدروپرایمینگ و تنش ۲۰۰ میلی‌مولار با میانگین ۴/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد. کم‌ترین محتوای پرولین نیز در عدم تنش شوری و کاربرد هیدروپرایمینگ با میانگین ۰/۲ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد. در عدم تنش شوری همه تیمارهای پرایمینگ رفتاری مشابه نشان دادند. تیمار هیدروپرایمینگ نسبت به دیگر سطوح پرایمینگ افزایش قابل توجهی در میزان پرولین با افزایش تنش شوری داشت و در عدم تنش شوری تیمار اسید سالیسیلیک با میانگین ۰/۵۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیش‌ترین میزان پرولین مشاهده شد (شکل ۱۰).



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر محتوای کاروتنوئید

Figure 9. Mean comparison effect priming and salinity stress on carotenoid content

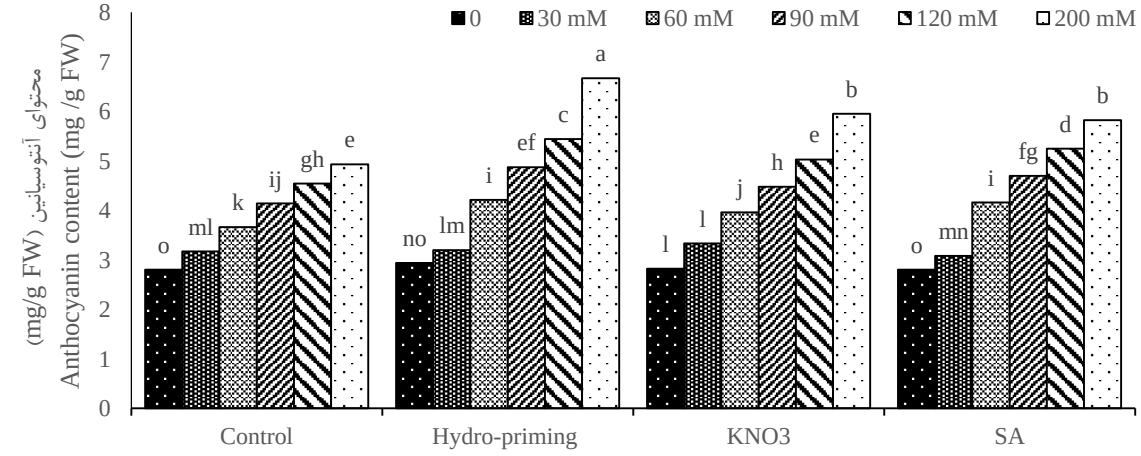


شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثرپرایمینگ و تنش شوری بر محتوای پرولین.

Figure 10. Mean comparison effect primingand salinity stress on proline content

محتوای آنتوسیانین

طبق بررسی نتایج پرایمینگ، شوری و اثر بر همکنش آن‌ها بر محتوای آنتوسیانین تأثیر معنی‌داری نشان داد ($P\leq0.01$) و تنش شوری باعث افزایش محتوای آنتوسیانین برگ گیاه دارویی خرفه شد.



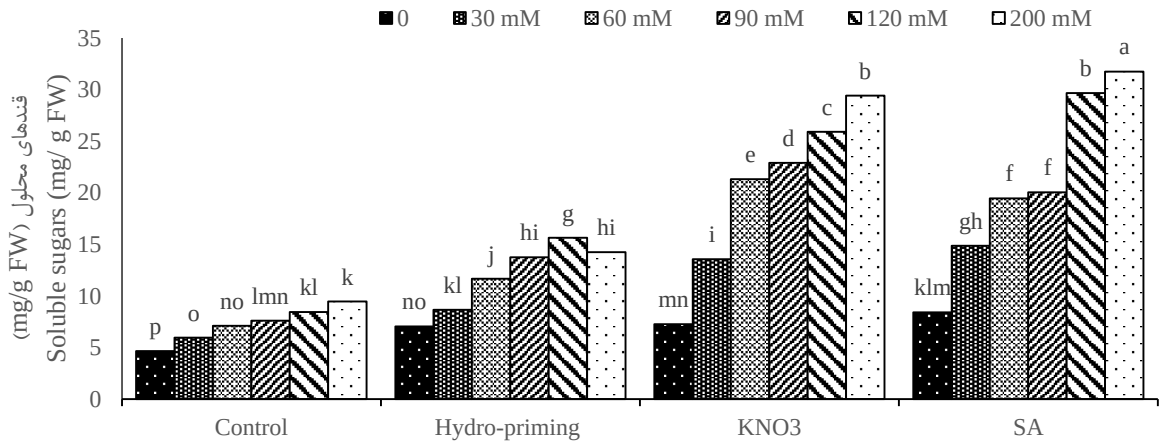
شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر محتوای آنتوسیانین

Figure 11. Mean comparison effect primingand salinity stress on anthocyanin content

در این بین تیمار هیدروپرایمینگ در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار با میانگین ۶/۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و تیمار شاهد و اسید سالیسیلیک با میانگین ۲/۸ میلی-گرم بر گرم وزن تر در عدم تنش به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار بودند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین، در تیمار عدم پرایمینگ با افزایش سطوح تنش شوری کم‌ترین تغییرات در میزان آنتوسیانین مشاهده شد. هم-چنین سطوح پرایمینگ بذر نیترات پتاسیم و اسید سالیسیلیک با افزایش تنش شوری موجب افزایش محتوای آنتوسیانین شدند، به‌گونه‌ای که در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب دارای میانگین ۵/۹۵ و ۵/۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر محتوای آنتوسیانین بودند (شکل ۱۱).

محتوای قندهای محلول

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای پرایمینگ، شوری و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر محتوای قندهای محلول برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش شوری باعث افزایش محتوای قندهای محلول شد. در این بین تیمار اسید سالیسیلیک در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار با میانگین ۳۱/۷۵ میلی-گرم بر گرم وزن تر و تیمار شاهد با میانگین ۴/۶۵ میلی-گرم بر گرم وزن تر در عدم تنش به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار بودند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین، در تیمار شاهد افزایش سطوح تنش شوری با کم‌ترین تغییرات در میزان قندهای محلول مواجه شدند. سطوح اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم بیش‌ترین افزایش را در محتوای قندهای محلول در افزایش تنش شوری نشان دادند. کاربرد هیدروپرایمینگ تا تنش ۱۲۰ میلی‌مولار با افزایش تنش میزان قندهای محلول نیز افزایش یافت و در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش جزئی داشت (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ و تنش شوری بر محتوای قندهای محلول

Figure 12. Mean comparison effect priming and salinity stress on soluble sugars content

بحث

در بررسی صفات مورد مطالعه گیاه دارویی خرفه تحت تیمارهای پرایمینگ و شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص وزنی و طولی بنیه گیاهچه تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفتند و کاهش پیدا کردند. محققان اعلام کردند که پتانسیل آب در محیط، مؤثرترین پارامتر در جذب آب و آماس بذر است و تنش شوری، پتانسیل آبی در نتیجه جذب آب را کاهش می‌دهد با کاهش جذب آب به‌وسیله بذر قابلیت جوانه‌زنی کاهش و از درصد جوانه‌زنی کاسته می‌شود (Khammari *et al.*, 2007). طی پژوهشی صفات جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی سورگوم به‌طو رمعنی‌داری تحت تنش شوری قرار گرفتند. درحقیقت، شوری می‌تواند باعث تأخیر در جذب آب و در نتیجه روند جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار دهد (Rajabi Dehnavi *et al.*, 2021)، که با یافته‌های این پژوهش نیز هم‌خوانی داشت. سطوح هیدروپرایمینگ و نیترات پتاسیم در تحریک جوانه‌زنی بذور گیاه دارویی خرفه مؤثر بودند. افزایش شوری سبب افزایش جذب یون‌های سدیم و کلر می‌شود که جذب بیش از اندازه این یون‌ها علاوه بر ایجاد مسمومیت، سبب اختلال در متابولیسم سایر عناصر غذایی نیز می‌شود که از آن جمله می‌توان به رقابت یون سدیم و پتاسیم و یون کلر با نیترات اشاره کرد که موجب اختلال

در جذب عناصر غذایی پتاسیم و نیترات می‌شود. این امر بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه تأثیر منفی گذاشته و می‌تواند موجب کاهش درصد جوانه‌زنی و سایر پارامتر های رشدی گیاه شود (Dadkhah, 2010). با استفاده از پرایمینگ بذر می‌توان بر اثر سوء تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر غلبه کرد، احتمالاً اعمال تیمارهای پرایمینگ می‌تواند تا حدودی سبب افزایش تجزیه و انتقال مواد ذخیره‌شده در آندوسپرم به رویان گردد که پیامد آن افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی است. روش پرایمینگ بذر، روشی است که به‌وسیله آن صفات جوانه‌زنی (مانند طول گیاهچه، شاخص جوانه‌زنی، شاخص گیاهچه و وزن گیاهچه) و گیاهچه می‌تواند تحت شرایط نامساعد مختلف، از جمله تنش شوری، رشد را بهبود بخشد (Hussain *et al.* 2016). از آن‌جاکه شوری به‌روش افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب و هم‌چنین از طریق اثرات سمی یون‌هایی همچون سدیم و کلر جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرارمی‌دهد، کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه را می توان به کاهش میزان و سرعت جذب اولیه آب و هم‌چنین تأثیر منفی پتانسیل‌های اسمزی کم و سمیت یون‌ها بر فرآیندهای بیوشیمیایی نسبت داد (Safarnejad and Hamidi, 2008). پرایمینگ بذری ک راهکار فشرده برای تأثیرگذاری، رشد گیاهچه با تعدیل فعالیت متابولیک قبل از جوانه‌زنی، قبل از ظهور ریشه و به‌طور کلی افزایش عملکرد گیاه است (Mohammad *et al.*, 2010).اثرات شوری روی رشد گیاه بسته به نوع گیاه و هم‌چنین ژنوتیپ‌های مختلف یک گونه متفاوت است. در تحقیق حاضر مراحل اولیه رشد گیاه دارویی خرفه بررسی شد، زیرا به‌خوبی اثبات شده است که ویژگی‌های جوانه‌زنی و گیاهچه مناسب‌ترین اصل هستند و عملکرد نهایی گیاه تا حد زیادی به مشخصات گیاهچه بستگی دارد (Ali *et al.*, 2020). در نتایج محققین نیز مشاهده شد که تیمارهای مختلف پرایمینگ و شوری، بر طول ریشه، طول ساقه، وزن تر ریشه، وزن تر ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، تعداد برگ، سطح برگ اولیه و سطح برگ ثانویه ریحان تأثیر معنی‌دار داشت (Rezaei *et al.*, 2019). در مطالعه‌ای که روی گیاه خرفه انجام شد نتایج نشان داد که با افزایش غلظـت نمک کلرید سدیم طول بخش هوایی و در نتیجه وزن‌تر و خشک بخش هوایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Moradi *et al.*, 2019). طبق نتایج عبدلی (Abdoli, 2020) هیدروپرایمینگ بذور سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های محرک جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص بنیه بذر می‌گردد، در نتایج این تحقیق نیز مشاهده شد که هیدروپرایمینگ به‌عنوان پرایمینگ بذر اثر مثبتی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور، طول گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه خرفه تحت تنش شوری دارد. مطابق با نتایج این تحقیق لادن مقدم و ابراهیمی (Ladan Moghadam and Ebrahimi, 2020) طی بررسی خود بر روی گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum*) گزارش کردندکه بالاترین شاخص‌های جوانه‌زنی (شامل درصد جوانه‌زنی،سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه طبیعی و بنیه بذر) در تیمار پرایمینگ بذر در شرایط بدون شوری به‌دست آمد.

جعفری و همکاران (Jafari *et al.*, 2018) گزارش دادند که کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر افزایش شدت تنش شوری را می‌توان به کاهش توان جذب آب توسط ریشه‌ها و به‌دنبال آن انتقال آب کم‌تر به برگ‌ها ارتباط داد. جوادی پور و همکاران (Javadipoure *et al.*, 2011) نیز در گلرنگ کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش شوری را گزارش دادند و علت آن را از دست‌رفتن فشار تورژسانس در نتیجه محدودشدن دسترسی آب برای سلول دانسته‌اند. کاهش محتوای نسبی آب تحت تنش شوری در نتایج این آزمایش نیز مشاهده شد. با کاهش سطح اندام‌های فتوسنتزکننده (برگ‌ها) و کاهش میزان فتوسنتز در محیط شور تولید ماده خشک گیاه کاهش می‌یابد (Rahimi *et al.*, 2011). شوری اثر منفی بر میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید گذاشت. افزایش کلرید سدیم کاهش میزان کلروفیل و کارتنوئید را نسبت به عدم تنش شوری در پی داشت. هیدروپرایمینگ در شرایط تنش شوری با افزایش محتوای کلروفیل و کارتنوئید بیش‌تری نسبت به دیگر سطوح تیماری برخوردار بود. دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش شوری، افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آن‌ها و نیز اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد (Davoudi Fard *et al.*, 2012). گزارش شده که شوری سبب کاهش مقدار کلروفیل a در دو جنس بابونه شد (Sarani *et al.*, 2013). تجمع پرولین را می‌توان به حفظ تعادل اسمزی در سطح سلولی در بسیاری از گیاهان

رشدیافته در سطوح شوری بالا نسبت داد (Weisany *et al*., 2012). سلول با سنتز و تجمع ترکیب‌های محافظ اسمزی مثل پرولین به تنش شوری بلندمدت و کوتاه‌مدت پاسخ می‌دهد. این ترکیب‌ها مولکول‌های کوچک و سمی هستند که پتانسیل اسمزی سلول را افزایش می‌دهند (Celik and Atak, 2012). افزایش پرولین ناشی از مقدار کلرید سدیم را می‌توان چنین توجیه کرد که آنزیم-های مسیر گلوتامات تحت تنش شوری کلرید سدیم، فعال شده و سنتز پرولین افزایش می‌یابد، زیرا کلرید سدیم موجب تحریک ژن‌های سنتزکننده این آنزیم‌ها می‌شود (Dehghan *et al*., 2018). با افزایش شوری میزان پرولین در گیاه دارویی سرخارگل افزایش یافته و بیش-ترین میزان پرولین در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد پرایمینگ و کم‌ترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (Azadbakht *et al*., 2020)، که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نیز مطابقت داشت. به‌کارگیری پرایمینگ می‌تواند مصرف متابولیک قندهای محلول را برای شکل‌گیری ساختارهای سلولی جدید فعال سازد که خود به‌عنوان مکانیسمی جهت تحریک رشد و نهایتاً افزایش تجمع پرولین برگ گیاه و موجب کاهش اثرات تخریبی تنش شوری می‌شود (Jafari *et al*., 2018). قندهای محلول از اسمولیت‌های سازگار هستند که در شرایط تنش شوری تجمع یافته و به‌عنوان عوامل حفاظتی در گیاهان عمل می‌کنند (Aghasi Yazdi *et al*., 2011). میزان قندهای محلول کل در تیمار با اسید سالیسیلیک در برگ گیاه خرفه به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت (Dehghan *et al*., 2018). می‌توان چنین نتیجه گرفت که اسید سالیسیلیک اثر دوگانه‌ای بر متابولیسم گیاه دارد. این ترکیب در غلظت‌های پایین به-صورت یک آنتی‌اکسیدانت، با فعال‌نمودن و افزایش آنزیم-های آنتی‌اکسیدانت، گونه‌های فعال حاصل از تنش اکسیداتیو را جاروب کرده و منجر به بهبود وضعیت حاصل از تنش می‌گردد (Dehghan *et al*., 2018). که با نتایج این آزمایش نیز مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

تنش شوری بر همه شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه دارویی خرفه تأثیر منفی داشت، اما با پرایمینگ بذور حتی در غلظت‌های بالای شوری نیز به‌طور قابل ملاحظه‌ای از پیامدهای تنش شوری جلوگیری شد. تیمار هیدروپرایمینگ در بیش‌تر صفات مورد مطالعه بالاترین تأثیر را داشت. هیدروپرایمینگ اثرگذارترین پرایمینگ در مقابل تنش شوری حتی در سطوح بالای شوری در بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی، صفات رشدی و کیفی گیاه دارویی خرفه بود. با توجه به افزایش روزافزون تنش‌های زیستی در سطح کشور می‌توان راهکارهایی ارزان و آسان همچون پرایمینگ بذور جوانه‌زنی و استقرار گیاه تحت تنش شوری را در شرایط آزمایشگاه و گلخانه در سطح وسیع به‌کار برد و در صورت نتایج مثبت اقتصادی در سطوح مزرعه نیز آزمایش کرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئول آزمایشگاه فناوری بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Abdoli, M. 2020. Effect of aging of seed and hydro-priming on germination characteristics and activity of some antioxidant enzymes of hybrid corn (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Seed Science and Research, 7(2): 147-159. (In Persian)**(Journal)**

Aghasi Yazdi, N., Abbaspour, H. and Mahmoudzadeh, H. 2011. Investigation of the effect of salinity stress on germination and some physiological characteristics of marigold (*Calendulaofficinalis*). Master Thesis, Plant Science Biology, 112 p. (In Persian)**(Journal)**

Ali, A.Y.A., Ibrahim, M.E.H., Zhou, G., Nimir, N.E.A., Jiao, X., Zhu, G., Elsiddig, A.M.I., Suliman, M.S.E., Elradi, S.B.M. and Yue, W. 2020. Exogenous jasmonic acid and humic acid increased salinity tolerance of sorghum. Agronomy Journal, 112: 871–884. **(Journal)**

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Poly phenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24(1):1 -150. **(Journal)**

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Pre sowing seed treatment–Ashotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223- 265. **(Journal)**

Azadbakht, F., Amini Dehaghi, M. Ahmadi, K. and Alipour Gravand, S. 2020. Effect of organic acids and salt stress on germination of seed and physiological properties of (*Echinacea Purpurea* L.). Iranian Journal of Seed Science and Research, 7(1): 27-40. (In Persian)**(Journal)**

Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teave, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207. **(Journal)**

Celik, O. and Atak, C. 2012. The effect of salt stress on antioxidative enzymes and proline content of two Turkish tobacco varieties. Turkish Journal of Biology, 36(3): 339-356. **(Journal)**

Chauhan, B.S. and Johnson, D.E. 2009. Seed germination ecology of *Portulaca oleracea* L. an important weed of rice and upland crops. Annals of Applied Biology, 155(1): 61-69. **(Journal)**

Dadkhah, A. 2010. Salinity effect on germination and seedling growth of four medicinal plants. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(3):358-361. **(Journal)**

Davoudi Fard, M., Habibi, D. and Davoudifard, F. 2012. Effect of salinity stress on cytoplasmic membrane stability, chlorophyll content and yield components in wheat, inoculated with Growth Stimulating Bacteria and Humic Acid. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(2): 86-71. (In Persian)**(Journal)**

Dehghan, Z., Movahhedi Dehnavi, M., Balouchi, H. and Salihi, A. 2018. Effect of salicylic acid on some physiological characteristics of common purslane (*Portulacaoleracea* L.) under NaCl stress. Journal Plant Process and Function, 7(23): 97-110. (In Persian)**(Journal)**

El-Hamamsy, S.M.A. and Behairy, R.T. 2015. Effect of Salinity Stress on Seedling Vigor and Biochemical Characters of Egyptian Barley Landraces (*Hordeumvulgare* L.). Middle East Journal of Applied Science, 5: 786-96. **(Journal)**

Farooq, M., Basra, S.M.A., Warraich, E.A. and Khaliq, A. 2006. Optimization of hydro-priming techniques for rice seed invigoration. Seed Science and Technology, 34: 529-534. **(Journal)**

Gu, Z., Chen, D., Han, Y., Chen, Z. and Gu, F. 2008. Optimization of carotenoids extraction from *Rhodobactersphaeroides*. Learning With Technologies, 41: 1082–1088. **(Journal)**

Hozayn, M., EL-Mahdy, A.A. and Zalama, M.T. 2018. Magneto-priming for improving germination, seedling attributes and field performance of barley (*Hordeumvulgare* L.) under salinity stress. Middle East Journal of Agriculture Research, 7: 1006-22. **(Journal)**

Hussain, S., Khan, F., Cao, W., Wu, L. and Geng, M. 2016. Seed priming alters the production and detoxification of reactive oxygen intermediates in rice seedlings grown under sub-optimal temperature and nutrient supply. Frontiers in Plant Science, 7: 439. **(Journal)**

International Seed Testing Association (ISTA), 2010. International Rules for Seed Testing, Bassersdorf, Switzerland. **(Handbook)**

Jafari, L., Yadavi, A., Movahedi Dehnavi, M., Balouchi, H. and Maghsoudi, E. 2018. The effect of ascorbic acid and salicylic acid on some physiological characteristics of safflower under salinity stress. Plant Production Technology, 18(2): 69-82. (In Persian)**(Journal)**

Jafarian, E., Yadegari, M. and Irani Pour, R. 2019. The effect of seed priming of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) with salicylate under chromium and lead contamination. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 14(53):74-89. (In Persian)**(Journal)**

Javadipour, Z., Movahhedi Dehnavi, M. and Balouchi, H.R. 2011. Evaluation of photosynthesis parameters, chlorophyll content and fluorescence of safflower cultivars under saline condition. Journal Crop Production, 6(2):35-56. (In Persian)**(Journal)**

Karbalaee Gholizadeh, Sh., Mirmahmoodi, T. and Khalili Aghdam, N. 2014. Theeffect of Hyropriming and priming withsalicylic acid on antioxidant activity andgermination in Cannabis sativa L. Journal of Research in Crop Science, 24: 65-78. (In Persian)**(Journal)**

Khanahmadi, M., Naghdi Badi, H., Akhondzadeh, S., Khalighi-Sigaroodi, F., Mehrafarin, A., Shahriari, S. and Hajiaghaee, R. 2013. A review on medicinal plant of *Glycyrrhiza glabra* L. Journal of Medicinal Plants, 2(46): 1-12. (In Persian)**(Journal)**

Ladan Moghadam, A. and Ebrahimi, E. 2020. The effect of Humic acid, Vermicompost and Mycorrhizal fungus on the characteristics of *Silybum marianum* medicinal plant influenced by salinity stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 7(1): 93-102. (In Persian)**(Journal)**

Levitt, J. 1980. Response of Plants to Eenvironmental Stresses: Water, Radiation, Salt and other Stresses. Collegiate Press, New Yourk. pp: 187-211. **(Book)**

Mohammad, S., Nemati, A., Amanpour-Balaneji, B. and Gholipouri, A. 2010. Influence of different priming materials on germination and seedling establishment of milk thistle (*Silybummarianum*) under Salinity Stress. World Applied ScienceJournal, 11(5): 604-9. **(Journal)**

Moradi, S., Golchin, G., Sepehr, S. and Vafaee, M. 2019. The effect of sodium chloride induced salinity and boron of irrigation water on yield and concentration of macronutrients in Purslane. Applied Soil Research, 6(4): 97-108. (In Persian)**(Journal)**

Muhei, S.H. 2018. Seed priming with phytohormones to improve germination under dormant and abiotic stress conditions. Adv. Crop Science. Technology, 6: 403–409. **(Journal)**

Nawaz, J., Hussain, M., Jabbar, A., Nadeem, A., Sajid, M., Subtain, M. and Shabbir, I. 2013. Seed priming a technique. Intl Journal Agriculture Crop Science, 6(20): 1373-81. **(Journal)**

Omidi, H., Naghdi Badi, H.A. and Jafarzadeh, L. 2015. Seeds of Medicinal Plants and Crops. Shahed University Press. Pp: 454. (In Persian)**(Book)**

Paquin, R. and Lechasseur, P. 1979. Observations sur une method dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. Canadian Journal of Botany, 57: 1851-1854.**(Journal)**

Parmoon, G., Ebadi, A., Jahanbakhsh Godahkahriz, S. and Davari, M. 2013. Effect of seed priming by salicylic acid on the physiological and biochemical traits of aging milk thistle (*Silybum marianum*) seeds. EuropaJournal of Cancer Press, 7(4): 223-234. (In Persian)**(Journal)**

Rahimi, Z., Kafi, M., Nezami, A. and Khazaei, H.R. 2010. Effect of salinity and silicon on seed yield and yield components of purslane (*Portulacaoleracea* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 8(3): 481-488.(In Persian)**(Journal)**

Rahimi, Z., Kafi, M., Nezami, A. and Khozaie, H.R. 2011. Effect of salinity and silicon on some morphophysiologic characters of purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(3): 359-374. (In Persian)**(Journal)**

Rajabi Dehnavi, A., Zahedi, M. and Ludwiczak, A. 2021. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghumbicolor* (L.) Moench) genotypes. Agronomy, 10(859): 2-15. **(Journal)**

Rezaei, L., Baradaran, M.H. and Bakhtiari, S. 2019. Effect of Seed Priming on Germination and Vegetative Growth of Basil (*Ocimum basilicum* L.) under Salt Stress condition. Journal of Seed Research, 9(3): 1-11. (In Persian)**(Journal)**

Rhaman, M.S., Rauf, F., Tania, S.S. and Khatun, M. 2020. Seed priming methods: application in field crops and future perspectives. Asian Journal Research Crop Science, 5: 8–19. **(Journal)**

Safarnejad, A. and Hamidi, H. 2008. Study of morphological characters of *Foeniculum vulgare* under salt stress. Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research, 16(1): 125-140. (In Persian)**(Journal)**

Sarani, S., Heidari, M., Glavi, M. and Siahsar, B.A. 2013. Effects of salinity and iron on growth, photosynthetic pigments and electrophoresis bands in two genus chamomile (*Matricaria chamomilla* L. and *Anthemis nobilis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 29(4): 732-746. (In Persian)**(Journal)**

Soltaninezhad, F. 2013. Effect of solitary and integrated application of urea fertilizer and cattle manure on cadmium concentration and yield of purslane (*Portulaca oleracea* L.) medicinal plant. M.Sc. Thesis of Agroecology, Agriculture College, Shahrekord University. (In Persian)**(Journal)**

Sytar, O., Kumar, P., Yadav, S., Brestic, M. and Rastogi, A. 2018. Phytohormone priming: Regulator for heavy metal stress in plants. Journal Plant Growth Regular, 38: 739–752. **(Journal)**

Talei, D., Sharifi, R. and Pirsalehi, M. 2018. Study of Morpho-physiological responses of Purslane to methyl jasmonate under salinity stress conditions. Journal of Crops Improvement, 20(3): 667-678. (In Persian)**(Journal)**

Tania, S.S., Rhaman, M.S. and Hossain, M.M. 2020. Hydro-priming and halo-priming improve seed germination, yield and yield contributing characters of okra (*Abelmoschusesculentus* L.). Trop. Plant Research, 7: 86–93. **(Journal)**

Tasgin E., Atici, O. and Nalbantoglu, B. 2003. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. Plant Growth Regul, 41: 231-236. **(Journal)**

Vishal, B. and Kumar, P.P. 2018. Regulation of seed germination and abiotic stresses by gibberellins and abscisic acid. Front. Plant Science, 9: 838. **(Journal)**

Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiology, 64: 88-93. **(Journal)**

Weber, D.J., Ansari, R., Gul, B. and Khan, M.A. 2007. Potential of halophytes as source of edible oil. Journal of Arid Environments, 68: 315-321. **(Journal)**

Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A. and Ghassemi-Glezani, K. 2012. Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean *Glycine max* (L.). Plant Omics Journal, 5(2): 60-67.**(Journal)**

Yadav, S., Modi, P., Dave, A., Vijapura, A., Patel, D. and Patel, M. 2020. Effect of Abiotic Stress on Crops. In Sustainable Crop Production; Intech Open: London, UK. **(Conference)**

Yazici, I., Türkan, I., Askim Hediye Sekmen, A. and Demiral, T. 2007. Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environmental and Experimental Botany, 61(1): 49-57. **(Journal)**

Effect of priming on seed germination and morpho-physiological traits of *Portulacaoleracea* L. under salinity stress

Zahra Hasani[1], Nasim Amraie[2], Khadijeh Ahmadi[3]*, Heshmat Omidi[4]

Received: January 26, 2021 Accepted: April 5, 2021

Abstract

Salt tolerance at the germination stage is important, because salinity is usually severeat the soil surface.Especially in cases where the groundwater level is high.In order to investigate the effect of primingand salinity stress on the quantitative and qualitative traits of *P. oleracea*, this experiment was conducted in the Seed Technology Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of Shahed University in 2019.Experimental agents included pretreatments (control (distilled water), hydro-priming, potassium nitrate and salicylic acid) in response to 6 salinity levels (no salinity as control and salinity of 30, 60, 90, 120 and 200 mM with Sodium Chloride).This experiment was studied as a factorial in a completely randomized design with three replications. The measured traits included germination indices, photosynthetic pigments, anthocyanin content, proline and soluble sugars.The results showed that the highest amount of germination components such as germination percentage (97%), germination rate (2.16 seeds per day), plantletlength (6.69 cm), plantletfresh weight (4 g), plantletlength index (324.69) and RWC (75.25%) were obtained in non-salinity stress and application of hydro-priming pretreatment.At salinity levels of 60 mM, the content of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll in the hydropriming treatment increased and the highest content of proline, soluble sugars and anthocyanin was obtained at the highest salinity level.Among the studied priming levels, hydropriming at salinity stress of 200 mM had the highest percentage and seed germination rate, chlorophyll content, anthocyanin and proline.

Keywords: Anthocyanin; Chlorophyll; *Portulaca oleracea*; Proline; Sodium chloride; Soluble sugars

How to cite this article

Hasani, Z., Amraie, N., Ahmadi, K. and Omidi, H. 2021. Effect of priming on seed germination and morpho-physiological traits of *Portulacaoleracea* L. under salinity stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 8(3): 293-310. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms. 2021.5281

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Master of Science, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran. zahra.hassani@shahed.ac.ir
2. Master of Science, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran. nasim.amraie@shahed.ac.ir
3. PhD student in Plant Physiology, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran. kh.ahmadi612@gmail.com
4. Associate Professor and member of the faculty, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran. omidi@shahed.ac.ir

*Corresponding author: kh.ahmadi612@gmail.com