علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هفتم/ شماره سوم/ ۱۳۹۹ (۲۹۴ - ۲۷۹)

DOI: 10.22124/jms.2019.4590

مقایسه تاثیر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بر بهبود جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

ماهرخ بلندی عموقین[۱]، پریسا شیخ زاده[۲*]، سعید خماری[۳]، ناصر زارع[۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۱۰

چکیده

یکی از مشکلات تولید گیاهان دارویی از قبیل گاوزبان اروپایی، جوانه‌زنی غیریکنواخت و استقرار ضعیف گیاهچه‌ها است. پرایمینگ یکی از راهکارها جهت بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها در گیاهان زراعی و دارویی است. این پژوهش به‌منظور بررسی تاثیر پرایمینگ بر جوانه‌زنی، رشد و خصوصیات بیوشیمیایی و آنزیمی گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل هیدروپرایمینگ به‌مدت ۴۸ ساعت، ویتامین‌پرایمینگ (اسیدآسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار) به‌مدت ۴۸ ساعت، هورمون‌پرایمینگ (اسیدسالسیلیک ۴ میلی‌مولار) به‌مدت ۶۰ ساعت، هالوپرایمینگ (نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار) به‌مدت ۲۴ ساعت و شاهد بودند. نتایج نشان داد که کلیه تکنیک‌های پرایمینگ مورد استفاده، باعث افزایش معنی‌دار جوانه‌زنی، رشد، شاخص‌های بیوشیمیایی و آنزیمی گیاهچه‌ها گردید. همچنین استفاده از روش‌های مختلف پرایمینگ در بذرهای گاوزبان اروپایی، موجب کاهش معنی‌دار میانگین زمان‌جوانه‌زنی و درصد گیاهچه‌های غیرنرمال گردید. بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه زنی، شاخص قدرت و طول گیاهچه از بذرهای هیدروپرایم‌شده به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بذرهای شاهد بودند. همچنین، هیدروپرایمینگ موجب کاهش ۸۰ درصدی گیاهچه‌های غیرنرمال و ۲۵ درصدی میانگین زمان‌جوانه‌زنی گردید. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و میزان اسیدآمینه پرولین در گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم‌شده به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد بود. بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز و محتوی پرولین به‌ترتیب در تیمار بذر با نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار و اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با هیدروپرایمینگ نداشتند. هیدروپرایمینگ موجب افزایش ۲/۷ برابری فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌ها گردید. به‌طور کلی، در بین تیمارها، هیدروپرایمینگ به‌مدت ۴۸ ساعت را می‌توان به‌عنوان بهترین تیمار برای بهبود خصوصیات جوانه‌زنی، رشد، خصوصیات بیوشیمیایی و آنزیمی گاوزبان اروپایی در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: رشد گیاهچه، شاخص قدرت، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، گاوزبان اروپایی

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات،، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
*نویسنده مسئول: sheikhzadehmp@gmail.com

مقدمه

امروزه تمایل به تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای مصرف محصولات طبیعی روز به روز در حال گسترش می‌باشد. از اواسط قرن بیستم و به‌دنبال مشخص‌شدن پیامدهای منفی ناشی از مصرف داروهای شیمیایی، استفاده از گیاهان دارویی رو به افزایش است و حتی داروهای گیاهی در بسیاری از موارد جایگزین داروهای شیمیایی شده‌اند. زیرا این گیاهان با بدن انسان سازگاری بهتری داشته و معمولا فاقد عوارض جانبی هستند، لذا برای درمان بیماری‌های مزمن و برای مصارف طولانی‌مدت بسیار مناسب می‌باشند (Kuchaki *et al*., 2012).

گاوزبان اروپایی(*Borago officinalis* L.) گیاهی دارویی، علفی به ارتفاع ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر متعلق به تیره گاوزبان (Boraginaceae) می‌باشد. تمام اعضای این گیاه به‌خصوص گل‌های آن به‌عنوان معرق، افزایش‌دهنده فشار خون و آرام‌بخش مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای بیماری‌های افسردگی، یرقان و سنگ کلیه مفید می‌باشد (Salehi Sormagi, 2009). بذرهای این گیاه حاوی ۲۸-۱۰ درصد اسید چرب غیراشباع گامالینولنیک اسید (امگا- ۶) است که به‌عنوان مکمل‌های غذایی و دارویی استفاده می‌شود (Naghdi badi *et al*., 2012).

یکی از مشکلات تولید گیاهان زراعی، عدم جوانه‌زنی و سبزشدن مطلوب و استقرار یکنواخت گیاهچه‌ها می‌باشد. این مسئله به‌ویژه در تولید گیاهان دارویی از اهمیت بیش-تری برخوردار است، زیرا بذر اغلب گونه‌های دارویی، به-منظور سازگاری اکولوژیک با شرایط محیطی خاص، از جوانه‌زنی ناهماهنگ و ضعیفی برخوردار هستند و استقرار گیاهچه‌های آن‌ها به‌کندی و غیریکنواخت انجام می‌شود (Hashemi *et al*., 2010). یکی از راهکارها جهت افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها در گیاهان زراعی و دارویی استفاده از پرایمینگ بذر (Seed priming) می‌باشد (Demir *et al*., 2006).

به تکنیک بهبوددهنده قدرت بذر که در آن مرطوب-کردن بذر تا نقطه‌ای صورت می‌گیرد که فرایندهای متابولیک جوانه‌زنی انجام گیرد، اما ریشه‌چه خارج نشود، پرایمینگ می‌گویند. بذرهای تیمارشده معمولاً قبل از کاشت تا رطوبت اولیه خشکانده می‌شوند و تا زمان کاشت نیز قابلیت نگهداری دارند (Shekari *et al*., 2010). هیدروپرایمینگ (خیس‌کردن بذرها در آب مقطر)، هالوپرایمینگ (غلظت‌های مناسب محلول‌های نمکی غیرآلی مانند نیترات پتاسیم)، هورمون پرایمینگ (استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد مانند اسیدسالسیلیک) و ویتامین‌پرایمینگ (از جمله اسید آسکوربیک) به‌عنوان تکنیک‌های پرایمینگ بذر شناخته شده است. این روش‌ها جهت بهبود یکنواختی و تسریع جوانه‌زنی و استقرار مطلوب و یکنواخت گیاهچه‌های بسیاری از گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گرفته است (Ashrafi and Razmjou, 2010; Jokar Tangkarami *et al*., 2016; Ahmadi *et al*., 2018). اسید سالسیلیک در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک همانند جوانه‌زنی بذر، سنتز متابولیت‌ها، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، القای آنزیم-های ویژه در مسیر متابولیک پرولین و سرعت رشد اثر دارد (Hayat *et al*., 2010; Korkmaz, 2005). نیترات پتاسیم، توسط انجمن متخصصان رسمی بذر (ASOA) و انجمن بین‌المللی آزمون‌های بذر (ISTA) برای افزایش جوانه‌زنی بذر بسیاری از گونه‌ها توصیه شده است (Sharifi Moghaddam and Ahmadi, 2017). اسید آسکوربیک در بهبود جوانه‌زنی بذر از طریق سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن نقش دارد (Khan and Ungar, 2001). اثرات مثبت پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر را می‌توان به افزایش فعالیت‌های متابولیک شامل: سنتز اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، سنتز و فعال‌سازی آنزیم‌های هیدرولیزکننده، تنفس و انتقال مواد ذخیره‌ای به جنین و القای سازوکارهای بیوشیمیایی ترمیم و بازسازی سلول نسبت داد (Safari Saatlu *et al*., 2015; Bahmani *et al*., 2016). در طی پرایم‌نمودن بذر، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت افزایش می‌یابد که این آنزیم‌ها میزان پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه‌زنی کاهش می‌دهند و در نتیجه باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شوند (Mohamadi *et al*., 2011). سودمندی اثرات پرایمینگ در بذر گیاهان دارویی مانند زیره سبز (Neamatollahi *et al*., 2009)، گل همیشه‌بهار (Moosavi *et al*., 2009)، بالنگو شهری (*Lallemantia iberica*) (Ahmadi *et al*., 2018) و سرخارگل (Paravar *et al*., 2015) مورد بررسی قرار گرفته است.

از آن‌جایی‌که یکی از مشکلات تولید گیاهان زراعی، جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه‌ها می‌باشد. این موضوع به‌ویژه در تولید گیاهان دارویی از اهمیت بیش‌تری

برخوردار است. به دلیل این‌که کارهای اصلاحی کم‌تری روی آن‌ها انجام شده، جوانه‌زنی، سبزشدن و استقرار گیاهچه‌های این گیاهان معمولا به‌کندی و به‌صورت غیر یکنواخت انجام می‌شود. بنابراین استفاده از پرایمینگ بذر یکی از روش‌های موثر برای غلبه بر این مشکلات می‌باشد. این تحقیق با هدف بررسی تاثیر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بذر جهت بهبود خصوصیات جوانه‌زنی، رشد و خصوصیات بیوشیمیایی و آنزیمی گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی در شرایط آزمایشگاهی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه تاثیر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی، آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۶ به اجرا درآمد. تیمارهای مورد مطالعه شامل هیدروپرایمینگ به‌مدت ۴۸ ساعت، ویتامین‌پرایمینگ (اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار) به‌مدت ۴۸ ساعت، هورمون‌پرایمینگ (اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار) به‌مدت ۶۰ ساعت، هالوپرایمینگ (نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار) به‌مدت ۲۴ ساعت و بذر شاهد (بدون پرایمینگ) بودند. در روش هیدروپرایمینگ، ابتدا بذر گاوزبان اروپایی تهیه‌شده از مرکز جهاد کشاورزی اردبیل، با آب مقطر شسته و سپس به‌مدت ۴۸ ساعت داخل آب مقطر در انکوباتوری با دمای ۱۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای اعمال سایر تکنیک‌های پرایمینگ بذر بعد از تهیه غلظت‌های مورد نظر، بذرها به داخل ارلن‌های حاوی محلول‌های مورد نظر انتقال داده شدند و برای مدت زمان‌های تعیین‌شده در انکوباتوری با دمای ۱۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. پس از اتمام دوره‌های ذکرشده، بذرهای پرایم‌شده دوباره با آب مقطر شسته شده و تا رسیدن به رطوبت اولیه در محیط آزمایشگاه (۲۰ تا ۲۲ درجه سلسیوس) خشکانیده شدند.

جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، چهار تکرار ۲۵ عددی از بذرهای گاوزبان اروپایی (ضدعفونی‌شده با قارچ‌کش بنومیل) از هر تیمار و تکرار در داخل پتری به روش روی کاغذ (Top of paper) کشت شدند. سپس پتری‌ها به داخل ژرمیناتوری با دمای ۱۵ درجه سلسیوس (دمای یکسان در طول روز و شب) و در شرایط تاریکی منتقل گردیدند (Ghassemi-Golezani and Dalil, 2011). شمارش بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه به‌مدت ۱۰ روز انجام گرفت. بذرهایی جوانه‌زده محسوب شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها در حدود ۲ میلی‌متر بود (ISTA, 2017). در پایان آزمایش تعداد جوانه‌های نرمال و غیرنرمال آن‌ها شمارش شد و درصد جوانه‌زنی (رابطه ۱) (ISTA, 2017)، سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های غیرنرمال و درصد بذرهای زنده تعیین گردید. برای محاسبه میانگین زمان جوانه‌زنی (رابطه ۲) و سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۳) از رابطه الیس و رابرتز (Ellis, and Roberts, 1981) استفاده گردید.

$$GP = \frac{n}{N} \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این رابطه GP: درصدجوانه‌زنی، n: تعداد گیاهچه‌های نرمال، N: تعداد کل بذرها.

$$MGT = \frac{\sum D.n}{\sum n} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این رابطه MGT: میانگین زمان جوانه‌زنی، D: تعداد روزهای سپری‌شده از شروع آزمایش و n: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز مورد نظر است.

$$\overline{R} = \frac{1}{MGT} \quad \text{(رابطه۳)}$$

در این رابطه $\overline{R}$: سرعت جوانه‌زنی و MGT: میانگین زمان جوانه‌زنی است.

در پایان آزمون جوانه‌زنی (۱۰ روز)، طول گیاهچه‌های نرمال برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک گیاهچه، گیاهچه‌های نرمال از هر تیمار و تکرار به‌صورت جداگانه در پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و در آونی با دمای ۸۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت خشکانیده شدند. شاخص قدرت گیاهچه از رابطه ۴ به‌دست آمد (ISTA, 2017).

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

SVI: شاخص قدرت گیاهچه، GP: درصد جوانه‌زنی و SW: وزن خشک گیاهچه

جهت اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی گیاهچه‌ها، نمونه‌هایی از گیاهچه‌های نرمال به‌صورت تصادفی انتخاب و این نمونه‌ها تا زمان اندازه‌گیری خصوصیات بیوشیمیایی و آنزیمی در فریزر با دمای ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای تهیهٔ عصاره آنزیمی از روش چانگ و کوا

(Chang and Koa, 1988) استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پرکسیداز ۰/۸ گرم ماده تر گیاهچه از هر نمونه با نیتروژن مایع و درون هاون چینی به‌طورکامل پودر شده و سپس شش میلی‌لیتر بافر استخراج (Tris-HCl ۰/۰۵ مولار (pH=۷)، $MgCl_2$ سه میلی‌مولار و EDTA یک میلی‌مولار) به آن اضافه شد. محلول به‌مدت ۲۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و دمای چهار درجهٔ سلسیوس سانتریفوژ (Eppendorf, Germany) گردید. پس از آن محلول روشناور برای اندازه‌گیری آنزیم‌ها به فریزر۷۰- منتقل شد.

فعالیت کاتالاز به روش ابی (Aebi, 1984) اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش شامل سه میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، ۱۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره بود. پس از اضافه‌کردن عصاره، کاهش جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Biorad, Smart Spec, USA) اندازه‌گیری شد. از محلول بلانک برای صفرکردن دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده گردید. محلول جذب زمینه شامل تمام مواد واکنش به جز عصارهٔ آنزیمی استخراج شده بود. برای سنجش میزان فعالیت این آنزیم در اثر اعمال تیمارهای محرک، از رابطهٔ ۵ استفاده شد.

$EA= (\Delta A240nm)(3)(df)/(40)(0.05)$ (رابطه ۵)

در این رابطه EA: فعالیت آنزیم (Enzyme activity)، df: بیان‌کنندهٔ فاکتور رقیق‌سازی، عدد ۳ نشان‌دهندهٔ حجم محلول مورد سنجش بر حسب میلی‌لیتر، ۰/۰۵ نشان‌دهندهٔ حجم عصارهٔ آنزیمی، عدد ۴۰ بیان‌کنندهٔ ضریب خاموشی پراکسید هیدروژن و ΔA۲۴۰ بیان‌کنندهٔ عدد قرائت‌شده توسط اسپکتروفتومتری در طول موج ۲۴۰ نانومتر می‌باشد. عدد به‌دست‌آمده بیان‌کنندهٔ میزان فعالیت آنزیم بر حسب هر واحد از آنزیم(Unit/ml) می‌باشد. فعالیت پراکسیداز به‌روش چنس و مهلی (Chance and Maehly, 1955) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم بر پایهٔ تشکیل تتراگایاکول از گایاکول در حضور پراکسید هیدروژن و آنزیم گایاکول است. مخلوط واکنش شامل سه میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، ۵۰ میکرولیتر گایاکول ۲۰ میلی‌مولار، ۵۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی مولار و ۵۰ میکرولیتر عصارهٔ سلولی بود. پس از اضافه‌کردن عصارهٔ سلولی، کاهش جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به‌مدت یک دقیقه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی (ε=26.6 $mM^{-1}cm^{-1}$) برای تتراگایاکول برحسب واحد در میلی‌لیتر عصاره آنزیمی محاسبه گردید.

$EA= (\Delta A470nm)(3)(df)/(26.6)(0.05)$ (رابطه ۶)

که در این رابطه EA: فعالیت آنزیم (Enzyme activity)، ΔA470: میزان جذب قرائت‌شده از هر نمونه توسط اسپکتروفتومتر، ۳ مقدار حجم واکنش، df: فاکتور رقیق‌سازی، ۲۶/۶ ضریب خاموشی تتراگایاکول و ۰/۰۵ هم حجم عصارهٔ آنزیمی مورد استفاده برحسب میلی‌لیتر است. میزان فعالیت آنزیم بر حسب هر واحد از آنزیم (Unit/ml) گزارش گردید. استخراج پرولین با استفاده از روش بتیس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) صورت گرفت. به این ترتیب که مقدار ۰/۱ گرم از نمونه در ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد سائیده و همگنای حاصل با سرعت rpm ۱۰۰۰۰ در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس در لولهٔ جداگانه دیگری، به ۲ میلی‌لیتر از عصارهٔ حاصل، ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال خالص اضافه شد. در ادامه لوله‌ها به‌مدت ۱ ساعت در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس قرار گرفته و پس از خارج‌شدن از بن ماری و اضافه‌کردن ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر کدام از لوله‌ها، به‌مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه ورتکس گردیدند. بعد از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی رنگی، با دقت جدا و در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. در پایان کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های حاصل از این آزمایش، پس از اطمینان از نرمال‌بودن آن‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد بذرهای زنده

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول

۱) نشان داد، درصد بذرهای زنده، به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر پرایمینگ بذر قرار گرفت. درصد بذرهای زنده گاوزبان اروپایی با اعمال پرایمینگ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بذر شاهد بود (شکل ۱a). بیش‌ترین درصد بذرهای زنده گاوزبان اروپایی از تیمارهای اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار به‌مدت ۴۸ ساعت و نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت حاصل شد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بودند اما تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای بذری نداشتند، این دو تیمار باعث افزایش درصد بذرهای زنده در حدود ۱/۱۴ برابر نسبت به بذرهای شاهد گردیدند (شکل ۱a). یکی از دلایل افزایش درصد بذرهای زنده در بذرهای پرایم‌شده با اسید آسکوربیک به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانت آن و کاهش میزان گونه‌های فعال اکسیژن باشد که با افزایش تولید آنزیم آسکوربات در بذر باعث کاهش پراکسیداسیون لیپید در طی جوانه‌زنی شده است (Shekari *et al*., 2010). پرایمینگ از طریق بازسازی و ترمیم سلول‌های آسیب‌دیده، کاهش موانع رشد جنین، افزایش کمی و کیفی سنتز پروتئین‌ها و ایجاد دامنه دمایی وسیع‌تر برای جوانه‌زنی، باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و درصد بذرهای زنده می‌گردد (Madady *et al*., 2016).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ روی صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی (میانگین مربعات)

Table 1. Analysis of variance of different seed priming technics effects on seed germination and growth of borage seedling

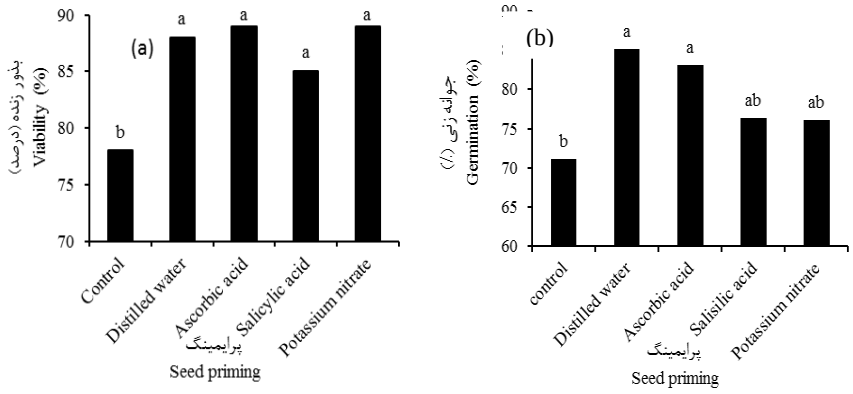
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد بذرهای زنده viability	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time	درصد گیاهچه غیرنرمال Seedling abnormal	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص قدرت vigor index
پرایمینگ seed priming	4	86^{**}	129.75^{*}	$9\times10^{-3**}$	0.92^{**}	99.07^{**}	3.67^{**}	$96\times10^{-5**}$	4.81^{**}
خطا Error	10	14.80	47.083	10×10^{-5}	29×10^{-4}	14.60	0.811	17×10^{-5}	0.740
ضریب تغییرات CV(%)	-	4.48	8.76	2.37	15.77	25	1.03	7.58	13.35

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

*: Significant at 5% probability level; **: Significant at 1% probability level

درصد جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی بذر گاوزبان اروپایی معنی‌دار بود. درصد جوانه‌زنی بذرهای پرایم‌شده با آب و اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار به‌مدت ۴۸ ساعت به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بذرهای شاهد بود. در صفت درصد جوانه‌زنی بذر، بین تکنیک‌های مختلف پرایمینگ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱b). در بین تیمارهای مورد مطالعه، بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در بذرهای پرایم‌شده با آب به‌مدت ۴۸ ساعت مشاهده شد، به‌طوری‌که هیدروپرایمینگ موجب افزایش درصد جوانه‌زنی از ۷۱ درصد به ۸۵ درصد گردید. افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای پرایم‌شده با آب می‌تواند به‌علت افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مربوط به جوانه‌زنی مانند آلفا-آمیلاز و افزایش سنتز RNA، DNA باشد (Afzal *et al*., 2004). احتمالا افزایش جوانه‌زنی در بذرهای پرایم‌شده به‌دلیل افزایش و سنتز پروتئین در بذرهای پرایم‌شده نسبت به بذرهای پرایم‌نشده باشد. کم‌ترین درصد جوانه‌زنی نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱b). نعمت‌الهی و همکاران (Neamatollahi *et al*., 2009) گزارش کردند که پرایمینگ بذر موجب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای زیره سبز گردید که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. همچنین در بررسی روش‌های مختلف پرایمینگ بر بذر پیاز گزارش شده است که هیدروپرایمینگ نسبت به سایر روش‌ها مفیدتر و موثرتر در جوانه‌زنی پیاز است (Caseiro *et al*., 2004). هیدروپرایمینگ بذر از طریق کاهش مدت لازم برای جذب آب، موجب بهبود جوانه‌زنی، سبزشدن و استقرار سریع گیاهچه می‌شود (Rwse *et al*., 2001).



شکل ۱- تاثیر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بر درصد بذرهای زنده و درصد جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی

Figure 1. Effect of different technics of seed priming on viability and germination percentage of borage seeds

هیدروپرایمینگ به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار به‌مدت ۶۰ ساعت و نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت

Hydro-priming for 48 hours, Seed priming with 0.85 mM ascorbic acid for 48 hours, 4 mM salicylic acid concentration for 60 hours, 20 mM potassium nitrate concentration for 24 hours

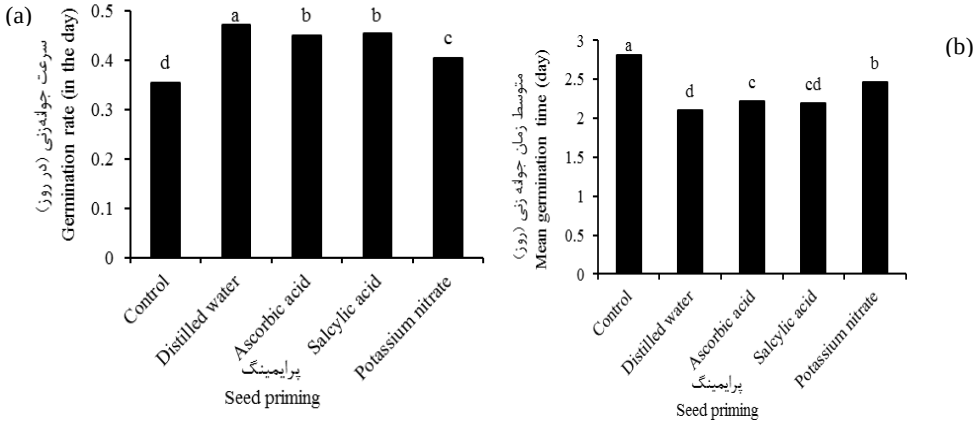
سرعت جوانه‌زنی

پرایمینگ بذر تاثیر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی داشت (جدول ۱). با توجه به شکل ۲a، سرعت جوانه‌زنی بذرهای پرایم‌شده به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بذرهای شاهد بود. در بین بذرهای پرایم‌شده، بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در بذرهای هیدروپرایم‌شده به‌مدت ۴۸ ساعت مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. در بین تیمارهای بذری، اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار به‌مدت ۴۸ ساعت و اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار به‌مدت ۶۰ ساعت اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۲a). با هیدروپرایم‌نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی به‌مدت ۴۸ ساعت موجب افزایش ۱/۳ برابری سرعت جوانه‌زنی این بذرها نسبت به بذرهای شاهد گردید (شکل ۲a). افزایش سرعت جوانه‌زنی در نتیجه اعمال پرایمینگ می‌تواند به‌علت توسعه و بهبود مکانیسم ترمیمی (Farooq *et al.*, 2006)، افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده و همچنین سنتز پروتئین برای جوانه‌زنی باشد (Bahmani *et al.*, 2016). پرایمینگ همچنین سبب ایجاد برخی تغییرات فیزیولوژی از قبیل تغییر در مقدار قند و ترکیبات آلی و یون‌های تجمع‌یافته در بذر می‌شود که باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌گردد (Shekari *et al.*, 2010). کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۲a). علت برتری بذرهای پرایم‌شده از نظر سرعت جوانه‌زنی نسبت به بذرهای شاهد را می‌توان این چنین بیان کرد که اولا پرایمینگ با توسعه دو فاز از سه فاز جوانه‌زنی یعنی از طریق کوتاه‌کردن مدت زمان سوخت و ساز، باعث تسریع جوانه‌زنی می‌شود و ثانیا در طی پرایمینگ بذر، سنتز پروتئین و DNA افزایش یافته و همچنین بر فسفولیپیدهای سلول غشایی در جنین تاثیر-گذار می‌باشد (Nelson, 2000). نوروزی هارونی و طبری کوچک‌سرایی (Norouzi Haroni and Tabari Kouchsaraei, 2014)، گزارش کردند پرایم‌کردن بذرهای اقاقیا (*Robinia pesudoacasia* L.) سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی این بذرها شد و بیش‌ترین میزان سرعت جوانه‌زنی در بذرهای هیدروپرایم‌شده به‌مدت ۴۸ ساعت مشاهده شده که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

میانگین زمان جوانه‌زنی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، میانگین زمان جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر انواع تکنیک‌های پرایمینگ قرار گرفت (جدول۱). با پرایم‌نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی، میانگین زمان جوانه‌زنی که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی است، کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۲b). بیش‌ترین میانگین زمان جوانه‌زنی در تیمار شاهد به‌دست آمد. در بین تیمارهای بذری، کم-ترین میانگین زمان جوانه‌زنی در بذر هیدروپرایم‌شده به‌مدت ۴۸ ساعت مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار به‌مدت ۶۰ ساعت نداشت. پرایم‌کردن بذرهای گاوزبان اروپایی با آب، اسید سالسیلیک، اسید آسکوربیک و نیترات پتاسیم به‌ترتیب

موجب کاهش ۲۵، ۲۲، ۲۱ و ۱۲ درصدی میانگین زمان جوانه‌زنی نسبت به بذرهای شاهد گردید (شکل ۲b). علت این کاهش در بذرهای تیمارشده نسبت به بذرهای شاهد را می‌توان به کاهش مدت زمان لازم جهت جذب آب و شروع فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده نسبت داد که این عمل موجب تسریع جوانه‌زنی و کوتاه‌شدن مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه می‌شود (Netondo *et al*., 2004). در بذرهای پرایم‌شده بخشی از ماکرومولکول‌ها مانند پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در اثر تسریع فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوانه‌زنی می‌شوند. این مسأله می‌تواند توجیهی برای تسریع جوانه‌زنی و کاهش مدت‌زمان جوانه‌زنی باشد (Harris *et al*., 2001). مسرت و همکاران (Massarat *et al*., 2013) نتیجه گرفتند که هیدروپرایمینگ مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرها را کاهش می‌دهد، بدون این‌که در میزان آب جذب‌شده توسط بذر تغییری ایجاد گردد. پرایمینگ بذر گندم (Ganja *et al*., 2017)، بذر بالنگو شهری (*Lallemantia iberica*) (Ahmadi *et al*., 2018) و بذر سرخارگل (Paravar *et al*., 2015) موجب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و کاهش مدت زمان لازم جهت جوانه‌زنی نسبت به شاهد می‌گردد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.



شکل ۲- تاثیر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی و مدت زمان جوانه‌زنی بذر گاوزبان اروپایی

Figure 2. Effect of different technics of seed priming on germination rate and duration germination time of borage seeds

هیدروپرایمینگ به مدت ۴۸ ساعت، اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار به‌مدت ۶۰ ساعت و نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت

Hydro-priming for 48 hours, Seed priming with 0/85 mM ascorbic acid for 48 hours, 4 mM salicylic acid concentration for 60 hours, 20 mM potassium nitrate concentration for 24 hours

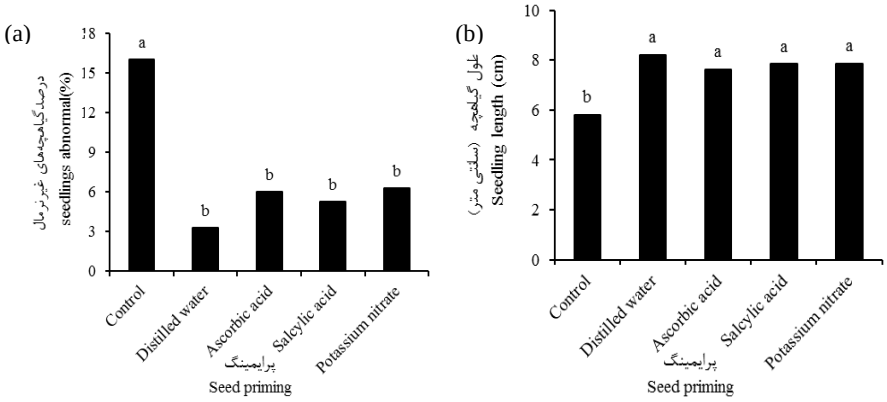
درصد گیاهچه‌های غیرنرمال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ بذر بر درصد گیاهچه‌های غیرنرمال، تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). با اعمال پرایمینگ بذر، درصد گیاهچه‌های غیرنرمال کاهش معنی‌داری یافت. بیش‌ترین درصد گیاهچه غیرنرمال در تیمار شاهد به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بذرهای پرایم‌شده بود. اگرچه بین تکنیک‌های مختلف پرایمینگ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما درصد گیاهچه‌های غیرنرمال حاصل از بذرهای هیدروپرایم‌شده به‌مدت ۴۸ ساعت کم‌ترین بود (شکل ۳a). هیدروپرایمینگ موجب کاهش ۸۰ درصدی گیاهچه‌های غیرنرمال نسبت به شاهد گردید. پرایمینگ بذر از طریق بهبود خصوصیات بیوشیمیایی و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت موجب کاهش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال می‌گردد (Parvin *et al*., 2017).

طول گیاهچه

طول گیاهچه به‌طور معنی‌داری تحت‌تاثیر پرایمینگ بذر قرار گرفت (جدول ۱). با پرایم‌نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی علاوه بر افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی (شکل‌های ۱b و ۲a)، طول گیاهچه‌ها نیز در حدود ۱/۳۱ تا ۱/۴۱ برابر افزایش یافت (شکل ۳b). بیش‌ترین طول گیاهچه در بذرهای هیدروپرایم‌شده به‌مدت ۴۸ ساعت به‌دست آمد. در حالی‌که بین تکنیک‌های مختلف پرایمنگ از نظر طول گیاهچه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳b). افزایش طول گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی در نتیجه پرایمینگ بذر را می‌توان به قدرت بالای بذر و سرعت جوانه‌زنی بالاتر (شکل ۳b) در مقایسه با شاهد نسبت داد

که این موضوع به‌خوبی در نتایج حاصل از این پژوهش مشاهده می‌شود. کم‌ترین طول گیاهچه مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۳b). با اعمال هیدروپرایمینگ در بذرهای گاوزبان اروپایی، طول گیاهچه در حدود ۱/۴۱ برابر بیش‌تر نسبت به بذرهای شاهد افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد بالاتربودن سرعت جوانه‌زنی در این بذرها، موجب شده تا بذرهای پرایم‌شده سریع جوانه‌زده و گیاهچه‌های حاصل از این بذرها نسبت به شاهد سریع‌تر رشد کنند و گیاهچه‌های بزرگ‌تر و قوی‌تری را تولید نمایند. همین عامل سبب به‌وجود آمدن همبستگی بالا بین سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه شده باشد (Shekari *et al*., 2010). نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در بذر کلزا (Omidi *et al*., 2005)، در بذر ذرت هیبرید (Farooq *et al*., 2008) و در بذر گندم (Doulatabadian *et al*., 2008) نشان داده شده است که پرایمینگ بذر موجب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه، درصد جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی گردید که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.



شکل ۳- تاثیر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بذر بر درصد گیاهچه‌های غیرنرمال و طول گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

Figure 3. The effect of different technics of seed priming on the percentage of abnormal seedlings and length of borage seedlings

هیدروپرایمینگ به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار به‌مدت ۶۰ ساعت و نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت

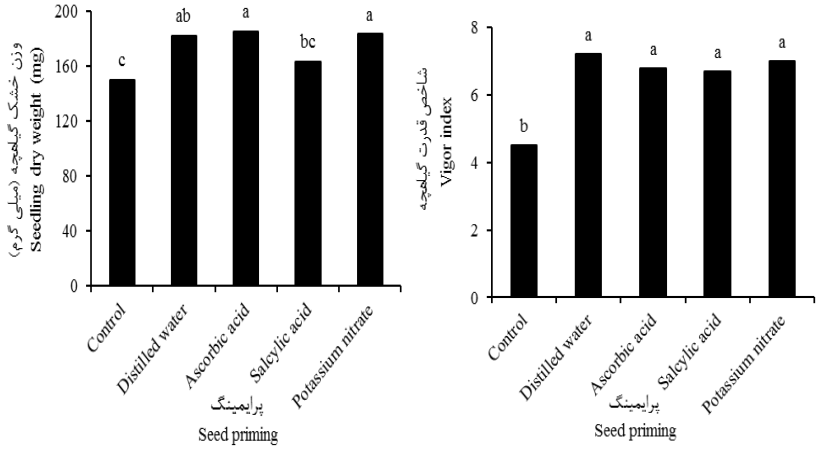
Hydro-priming for 48 hours, Seed priming with 0/85 mM ascorbic acid for 48 hours, 4 mM salicylic acid concentration for 60 hours, 20 mM potassium nitrate concentration for 24 hours

وزن خشک گیاهچه

وزن خشک گیاهچه‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر پرایمینگ بذر قرار گرفت (جدول ۱). با تیمارنمودن بذرهای گاوزبان اروپایی با استفاده از آب، اسید آسکوربیک و نیترات پتاسیم وزن خشک گیاهچه‌ها به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد افزایش یافت. در بین تکنیک‌های مورد استفاده در بذرهای گاوزبان اروپایی، بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه در کاربرد ۰/۸۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک به‌مدت ۴۸ ساعت به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار۲۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم به‌مدت ۲۴ ساعت و هیدروپرایمینگ به‌مدت ۴۸ ساعت نداشت. پرایم‌کردن بذر گاوزبان اروپایی با اسید سالسیلیک موجب افزایش غیرمعنی‌دار وزن خشک گیاهچه‌ها نسبت به شاهد گردید. بین وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از پیش‌تیمار بذرها با استفاده از آب و اسید سالسیلیک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴a). برتری بذرهای پرایم‌شده از نظر تولید گیاهچه‌های بزرگ‌تر را می‌توان به سرعت جوانه‌زنی بالاتر نسبت داد. با توجه به این‌که بذرهای پرایم‌شده سرعت جوانه‌زنی بالاتری نسبت به بذرهای شاهد داشتند، این امر موجب شد تا در یک زمان معین، سریع جوانه زده و مادهٔ خشک بیش‌تری نسبت به بذرهای شاهد تولید کنند (Shekari *et al*., 2009). هیدروپرایمینگ، احتمالا از راه افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی و در نهایت افزایش وزن خشک گیاهچه نسبت به وزن خشک گیاهچه‌های به‌دست آمده از بذرهای شاهد شده است (Alivand *et al*., 2011). در تحقیقی دیگر گزارش شد که استفاده از نیترات پتاسیم موجب بهبود صفات جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، وزن تر و خشک گیاهچه و میانگین زمان جوانه‌زنی) کلم، گونه (*Brassica oleracea* var. *capitata*) می‌شود (Batool *et al*., 2015).

شاخص قدرت گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد پرایمینگ تاثیر معنی‌داری بر شاخص قدرت گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی داشت (جدول ۱). شاخص قدرت گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم‌شده به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بذرهای شاهد بود. بین تیمارهای مورد استفاده از نظر شاخص وزنی قدرت گیاهچه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، با این‌حال بیش‌ترین شاخص قدرت با اعمال هیدروپرایمنگ در بذر گاوزبان اروپایی به‌دست آمد. (شکل ۴b). بهبود شاخص قدرت را می‌توان به بهبود درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه‌ها نسبت داد (Sharma *et al*., 2014). دونالدسون و همکاران (Donaldson *et al*., 2001)، گزارش کردند که یکی از روش‌هایی که برای افزایش قدرت بذر و گیاهچه در نتیجه بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به‌کار می‌رود، پرایمینگ بذر می‌باشد. شاخص قدرت بذر، یکی از ویژگی‌های تعیین‌کنندهٔ کیفیت بذر است. این شاخص، کیفیت بذرها را از طریق اثر روی جوانه‌زنی، وزن خشک و طول گیاهچه متأثر می‌کند. گیاهچه‌هایی که شاخص قدرت بالاتری دارند، افزون بر داشتن درصد جوانه‌زنی بالا، گیاهچه‌های قوی و عادی نیز تولید می‌کنند (Rabie and Bayat, 2008). اثر مثبت هیدروپرایمینگ روی شاخص قدرت بذر در جو توسط (Judy and Sharifzadeh, 2006) و در بذر لوتوس (Artola *et al*., 2003) گزارش شده است. سخابوتدینوا و همکاران (Sakhabutdinova *et al*., 2003) نشان دادند که تیمارکردن بذرهای گندم نه‌تنها سرعت و زمان جوانه‌زنی را بهبود بخشید، بلکه قدرت گیاهچه‌ها را از طریق افزایش طول و وزن گیاهچه‌ها افزایش داد. در تحقیقی دیگر گزارش شد که پرایمینگ بذر با استفاده از نیترات پتاسیم موجب بهبود صفات جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، شاخص قدرت بذر، وزن تر و خشک گیاهچه و میانگین زمان جوانه‌زنی بذرهای کلم گردید (Batool *et al*., 2015).



شکل ۴- تاثیر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بذر بر وزن خشک و شاخص قدرت گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

Figure 4. Effect of different technics of seed priming on dry weight and weight index strength of borage seedlings

هیدروپرایمنگ به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار به‌مدت ۶۰ ساعت و نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت

Hydro-priming for 48 hours, Seed priming with 0/85 mM ascorbic acid for 48 hours, 4 mM salicylic acid concentration for 60 hours, 20 mM potassium nitrate concentration for 24 hours

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر پرایمینگ قرار گرفت. فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم‌شده در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد بود (شکل ۵a). بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه‌ها در بین تیمارها، مربوط به نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت بود که اختلاف معنی‌داری با ویتامین پرایمینگ و هیدروپرایمینگ نداشت. کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۵a). پرایمینگ بذر موجب افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند کاتالاز و پراکسیداز در بذر می‌شود که این آنزیم‌ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در

طی جوانه‌زنی کاهش می‌دهد و در نتیجه سبب افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شوند (Ahmadpour Dehkordi and Balouchi, 2012). در پژوهش انجام‌شده در بذر خربزه (*Cucumis melon*) (Farhoudi *et al*., 2011) گزارش شده که فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم‌شده در مقایسه با گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد بیش‌تر است. آنزیم کاتالاز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت است که باعث حذف و غیر فعال‌شدن انواع فعال اکسیژن می‌شوند که با استفاده از تکنیک پرایمینگ بذر، میزان این آنزیم در گیاهان بیش‌تر افزایش می‌یابد (Moosavi *et al*., 2009)، که دلیل این افزایش در اثر پرایمینگ، می‌تواند به‌واسطه بهبود و تسریع ساخت DNA در بافت‌های جنینی در مدت زمان انجام پرایمینگ در بذرها باشد (Madady *et al*., 2016). انصاری و همکاران (Ansari *et al*., 2013)، گزارش کردند که پرایم‌کردن بذرهای چاودار سبب افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت شده و از این طریق سبب افزایش و بهبود در شاخص‌های جوانه‌زنی می‌شود. اگرچه بین گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم‌شده، فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار بذر با اسید سالسیلیک پایین بود اما پرایم‌نمودن بذر گاوزبان اروپایی با اسید سالسیلیک نیز موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه نسبت به گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد گردید.

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، تاثیر پرایمینگ بذر بر فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌ها معنی‌دار بود. (جدول ۲). فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد به‌طور معنی‌داری کم‌تر از فعالیت آنزیم گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم‌شده با آب، اسید آسکوربیک، نیترات پتاسیم و اسید سالسیلیک بود. بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهچه‌های حاصل از بذرهای هیدروپرایم‌شده به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد و سایر تیمارهای بذری بود (شکل ۵b). هیدروپرایم‌نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی به‌مدت ۴۸ ساعت موجب افزایش ۲/۷ برابری فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌ها نسبت به گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد گردید که با نتایج واریر و همکاران (Varier *et al*., 2010) در بذر پنبه (*Gossypium hirsutum*)، فاتح و همکاران (Fateh *et al*., 2009) در بذر نخود یونسی و همکاران (Unesi *et al*., 2012) در بذر ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum*) مطابقت دارد.

طبق نتایج پژوهش میتلر (Mittler, 2002) در بذر خربزه و موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2009) در بذرهای همیشه‌بهار، فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهچه‌های رشدیافته از بذرهای پرایم‌شده بیش‌تر از بذرهای شاهد بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد پرایمینگ با افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند کاتالاز و پراکسیداز موجب کاهش و جلوگیری از خسارت وارده توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن شده که این امر خود موجب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها گردیده و درصد گیاهچه‌های غیرنرمال کاهش می‌یابد. از آن‌جا که آنزیم پراکسیداز باعث حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود، بالات بودن فعالیت این آنزیم به‌معنی حذف بیش‌تر رادیکال‌های اکسیژن و در نتیجه کاهش مرگ سلولی و افزایش مقاومت گیاهچه‌ها است (Nair *et al*., 2008).

اسیدآمینه پرولین

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، پرایم‌نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی تاثیر معنی‌داری بر میزان پرولین گیاهچه‌ها داشت (جدول ۲). مقدار اسیدآمینه پرولین گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم‌شده با آب، اسید آسکوربیک، نیترات پتاسیم و

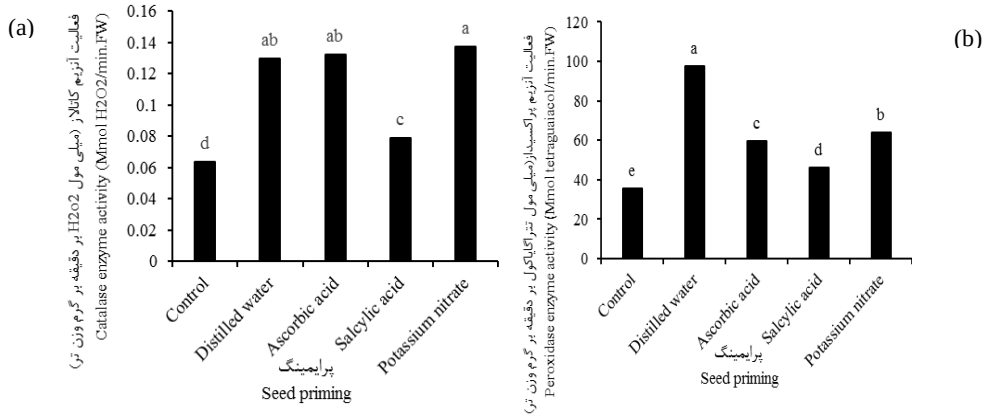
جدول ۲ - تجزیه واریانس اثر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بر خصوصیات بیوشیمیایی گاوزبان اروپایی

Table 2. Analysis of variance of different seed priming technics effects on biochemical characteristics of borage

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase enzyme activity	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase enzyme activity	پرولین Proline
پرایمینگ Priming	4	352×10^{-5}**	1661.297**	0.0129*
خطا Error	10	395×10^{-8}	1.259	0.00417
ضریب تغییرات CV(%)	-	1.82	1.82	5.06

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

*: Significant at 5% probability level; **: Significant at 1% probability level

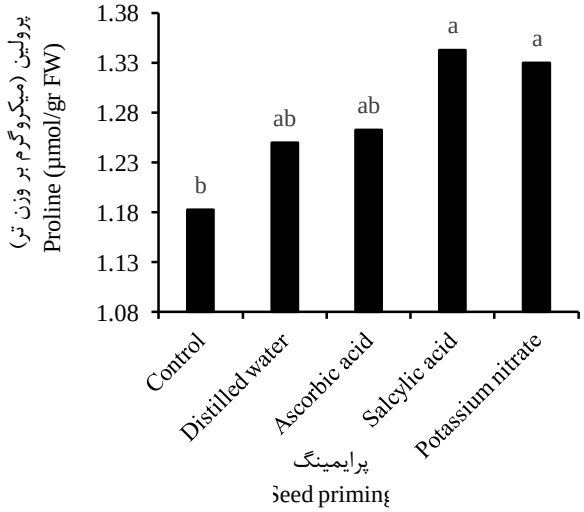


شکل ۵- تاثیر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بذر بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

Figure 5. The effect of different technics of seed priming on the activity of catalase and peroxidase enzymes in borage seedlings

هیدروپرایمینگ به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار به‌مدت ۶۰ ساعت و نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت

Hydro-priming for 48 hours, Seed priming with 0/85 mM ascorbic acid for 48 hours, 4 mM salicylic acid concentration for 60 hours, 20 mM potassium nitrate concentration for 24 hours



شکل ۶- تاثیر تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بذر بر میزان پرولین گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

Figure 6. Effect of different technics of seed priming on proline content of borage seedlings

هیدروپرایمینگ به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید آسکوربیک ۰/۸۵ میلی‌مولار به‌مدت ۴۸ ساعت، اسید سالسیلیک ۴ میلی‌مولار به‌مدت ۶۰ ساعت و نیترات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت

Hydro-priming for 48 hours, Seed priming with 0/85 mM ascorbic acid for 48 hours, 4 mM salicylic acid concentration for 60 hours, 20 mM potassium nitrate concentration for 24 hours

اسیدسالسیلیک بیش‌تر از گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد بود (شکل ۶). بیش‌ترین میزان پرولین گیاهچه در بذرهای پرایم‌شده با اسید سالسیلیک به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد بود، اما اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای بذری نداشت. کم‌ترین میزان پرولین در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۶). پرولین یکی از آنتی‌اکسیدانت‌های غیرآنزیمی است که باعث حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود (Chen and Dickman, 2005) که این امر سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها می‌گردد. پرایم-نمودن بذرهای عدس با اسید سالسیلیک می‌تواند آنزیم-های ویژه را در مسیر متابولیک پرولین القا کند و میزان پرولین را افزایش دهد (Misra and Saxena, 2009) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. چن و دیکمن

(Chen and Dickman, 2005) گزارش کردند که پرایمینگ از طریق بهبود خصوصیات فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و فعالیت‌های متابولیکی در طی جوانه‌زنی موجب افزایش مقدار پرولین در گیاهچه‌های پرایم‌شده می گردد که این عامل باعث رشد بهتر گیاهچه‌ها می‌شود. بنابراین می‌توان به اهمیت نقش پرایمینگ در افزایش محتوای پرولین پی برد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد تکنیک‌های مختلف پرایمینگ بذر شامل هیدروپرایمینگ، پرایمینگ با استفاده از ویتامین‌ها (اسید آسکوربیک)، مواد تنظیم‌کننده رشد (اسید سالسیلیک) و هالوپرایمینگ (نیترات پتاسیم) موجب بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر، رشد و فعالیت بیوشیمیایی گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی گردید. به‌نظر می‌رسد در بین تیمارهای مورد استفاده، هیدروپرایمینگ موثرترین تیمار برای بهبود شاخص‌های رشدی گاوزبان اروپایی باشد. زیرا هیدروپرایم‌نمودن این بذرها باعث افزایش درصدجوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر به‌ترتیب در حدود ۱/۲ و ۱/۳ برابر نسبت به تیمار شاهد می‌گردد، در نتیجه جوانه‌زنی سریع، زمان لازم برای جوانه‌زنی نیز در حدود ۷۹/۷ درصد کاهش یافت. این امر سبب بهبود شاخص قدرت گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی در حدود ۱/۵ برابر گردید. بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به‌نظر می‌رسد ناشی از بهبود خصوصیات بیوشیمیایی باشد. با توجه به اهمیت و ارزش گیاهان دارویی در کشور به‌خصوص گاوزبان اروپایی، پرایم-نمودن بذرهای گیاه دارویی گاوزبان اروپایی، جهت کاهش مشکلات ناشی از جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه‌ها پیشنهاد می‌گردد. البته در بین تکنیک‌های مختلف پرایمینگ، هیدروپرایمینگ به‌دلیل عدم استفاده از هیچ گونه ماده شیمیایی، جزء روش‌های بسیار ساده و ارزان این تکنیک بوده و چون نسبت به سایر تکنیک‌های مورد استفاده از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه است، می‌توان این روش را جهت بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی پیشنهاد نمود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئول آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Aebi, H. 1984.Catalase in vitro. Method of Enzymology, 105: 121-126. **(Journal)**

Afzal, I., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S. and Ahmed, G. 2004. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming Techniques. Caderno de pesquisa Biology, 16(1): 19-34. **(Journal)**

Ahmadi, K., Shojaeian, A., Karimi, T. and Hajibarat, Z. 2018. Effect of priming with salicylic acid on germination indices on lallemantia medicinal seed (*Lallemantia iberica*) under drought stress. Journal of Seed Research, 8 (1): 78-87. (In Persian)**(Journal)**

Ahmadpour Dehkordi, S. and Balouchi, H.R. 2012. Effect of seed priming on antioxidant enzymes and lipids peroxidation of cell membrane in Black cumin (*Nigella sativa*) seedling under salinity and drought stress. Electronic Journal of Crop Production, 5(4): 63-85. (In Persian**)(Journal)**

Alivand, R., Tavakkol Afshari, R., Sharifzadeh, F. 2011. Effects of gibberellin, salicylic acid, and ascorbic acid on improvement of germination characteristics of deteriorated seeds of Brassica napus. Iranian Journal of Field Crop Science, 439: 561-571. (In Persian)**(Journal)**

Ansari, O., Azadi, M.S., Sharif-Zadeh, F. and Younesi, E. 2013. Effect of hormone priming on germination characteristics and enzyme activity of mountain rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress conditions. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 9(3): 61-71. **(Journal)**

Artola, A., Carrillo-Castaneda, G. and Santos, G.G. 2003. Hydropriming: A strategy to increase *Lotus corniculatus* L. seed vigor. Seed Science and Technology, 31(2):455-463. **(Journal)**

Ashrafi, A. and Razmjou, K. 2010. Evaluation of hydropriming effect on safflower physiological and biochemical characteristics under drought stress. Journal of Crop Ecophysiology, 1(1): 34-44. (In Persian)**(Journal)**

Bahmani, M., Rahimi, D., Sadeghipour, A. and Kartuly Nezhad, D. 2016. Effects of priming with different concentrations of potassium salt on seed germination and vigor indices of (*Capparis cartilaginea*). Journal of Rangeland, 10(2): 180-190. (In Persian)**(Journal)**

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

Batool, A., Ziaf, K. and Amjad, M. 2015. Effect of halo-priming on germination and vigor index of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). Journal of Environmental and Agricultural Sciences, 2(7): 1-8. **(Journal)**

Caseiro, R., Bennett, M. and Marcos-Filho, J. 2004. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. Seed Science and Technology, 32: 365–375. **(Journal)**

Chance, B. and Maehly, A. 1955. Assay of catalases and peroxidase. Methods in Enzymolog, 2: 764-775. **(Journal)**

Chen, C. and Dickman, M.B. 2005. Proline suppresses apoptosis in the fungal pathogen Colletotrichum trifolii, Proceedings of National Academy of Seed, 102: 3459-3464. **(Journal)**

Demir Kaya, M., Okcu, G., Atak, M. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower, European Journal of Agronomy, 24: 291-295. **(Journal)**

Donaldson, E., Schillinger, W. and Stephen, M. 2001 Straw production and grain yield relationships in winter wheat, Crop Science, 41: 100 106. **(Journal)**

Doulatabadian, A., Moddares Sanavy, S. and Etemadi, F. 2008. Effect of pretreatment of salicylic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination under salt stress, Iranian Journal of Biology, 4: 692-702. (In Persian)**(Journal)**

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409.

Farhoudi. R., Saeedipour, S. and Mohammadreza, D. 2011. The effect of NaCl seed priming on salt tolerance, antioxidant enzyme activity, and proline and carbohydrate accumulation of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) under saline condition. African Journal Agriculture Research, 6: 1363-1370. **(Journal)**

Farooq, M., Aziz, T., Basra, S., Cheema, M. and Rehman, H. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid, Journal of Agronomy and Crop Science, 194: 161-168. **(Journal)**

Farooq, M., Basra, S., Warraich, A. and Khaliq, A. 2006. optimization of hydropriming Technigues for rice seed invigoration, seed science Technology, 34: 529-534. **(Journal)**

Fateh, H., Siosemardeh, A. and Karimpoorl, M. 2009. Effects of seed priming and sowing date on antioxidant enzymes activity and yield of chickpea under dryland condition. Plant Production Technology, 2: 1-16. (In Persian)**(Journal)**

Ganja, A., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S. and Parmoon, G. 2017. Effect of salicylic acid priming on mobility of seed reserves and seed germination of wheat in comparison to wild rye in drought conditions, Journal of Seed Research, 7(3): 61-71. (In Persian)**(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K. and Dalil, B. 2011. Seed Germination and Vigor Test. First Edition. Jahad Daneshgahi- Mashhad. (In Persian)(**Book**)

Harris, D., Pathan, A., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeza, P. 2001. Onfarm seed priming: using participatory methods to review and refine a key technology, Agriculture. Systems, 69: 151- 164. **(Journal)**

Hashemi, S., Asraf, Z. and Pourseyedi, S. 2010. Effects of seed pretreatment by salicylic acid on growth and some physiological and biochemical parameters in (*Lepidium sativum*), Journal of Plant Biology, 2(2): 1-10. (In Persian)**(Journal)**

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010 Effect of exogenous salicylic acid under Changing environment: a review, Environmental and Experimental Botany, 68: 14–25. **(Journal)**

International Seed Testing Association (ISTA). 2017. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland .**(Handbook)**

Jokar Tangkarami, M., Ghanbari, A. and Moradi, F. 2016. The evaluation of salt stress effect on antioxidant enzymes activity in seedling induced of Milk thistle primed seeds, Journal of Seed Science and Research, 3(3): 11-21. (In Persian)**(Journal)**

Judy, M. and Sharifzadeh, F. 2006. Effect of priming in barley cultivars. Desert, 11 (1): 25-36. (In Persian)**(Journal)**

Khan, M.A. and Ungar, I. 2001. Seed germination of Triglochin maritime as influenced by salinity and dormancy relieving compounds, Journal of Biological Plant, 44: 301-307. **(Journal)**

Korkmaz, A. 2005. Inclusion of Acetyl Salicylic acid and Methyl Jasmonat the priming solution Improves Low-temperature Germination and Emergence of Sweet pepper, Hort science, 40(1): 197-200. **(Journal)**

Kuchaki, A., Shabahang, J., Khorram Dell, S. and Ghafouri, A. 2012, Ecological study of different patterns of cultivars of (*Borage officinalis* L.) and Beans (*Phaseolus vulgaris* L.), Journal of Agricultural Ecology, 4(1): 1-11. (In Persian)**(Journal)**

Madady, M. Khomari, S., Javadi, A. and Sofalian, A. 2016. The effect of priming with calcium nitrate and zinc oxide on seed germination and seedling growth of corncockle under salinity stress, Journal of Plant Process and Function, 5(15): 169-179. (In Persian)**(Journal)**

Massarat, N., Siadat, A., Sharafizadeh, M. and Habibi, B. 2013. The effect of priming on germination and growth of maize hybrid SC704 in drought and salinity stress condition, Journal of Plant Ecophysiology, 5(15):14-25. (In Persian)**(Journal)**

Misra, N. and Saxena, P. 2009 Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress, Plant Science, 177: 181–189. **(Journal)**

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, TrendsPlant Science, 7: 405-410. **(Journal)**

Moosavi, A., Tavakkol-Afshari, R., Sharif-Zadeh, F. and Aynehband, A. 2009. Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenol oxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars, Journal of Food Agriculture Environment, 7: 353- 358. **(Journal)**

Naghdi badi, H., Zeinali Mobarake, Z., Omidi, H. and Rezazade. S.H. 2012. Morphological, agronomical and phytochemical changes in borage (*Borago officinalis* L.) under biological and chemical fertilizers application, Journal of Medicinal Plants, 2(42): 145-156. (In Persian)**(Journal)**

Nair, A.S., Abraham, T. and Jaya, D. 2008. Studies on the changes in lipid peroxidation and antioxidants in drought stress induced cowpea (*Vigna unguiculata* L.) varieties. Journal of Environmental Biology, 29: 689-691. **(Journal)**

Neamatollahi, E., Bannayan, M., Souhani Darban, A. and Ghanbari, A. 2009. Hydropriming and Osmopriming Effects on Cumin (*Cuminum Cyminum* L.) Seeds Germination. World Academy of Science, Engineering and Technology, 3(9): 477-480. **(Journal)**

Nelson, C.P. 2000. Water potential. The key to successful seed priming. Decagon Devices, Inc. AN4101-10. **(Journal)**

Netondo, G.W., Onyango, J. and Beck E. 2004. Sorghum and Salinity: I. Response of growth, water relation, and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Science, 44:797-805. **(Journal)**

Norouzi Haroni, N. and Tabari Kouchsaraei, M. 2014. Effect of Hydropriming, Halopreming and Boiling Water on Seed Germination of black locust (*Robinia pesudoacasia* L.). Iranian Forests Ecology, 2 (3): 76-88. (In Persian)**(Journal)**

Omidi, H., Sorosh Zadeh, A., Salehi, A. and Ghezli, F. 2005. Evaluation osmo-priming pre-soaking on rapeseed seed germination, Agriculture Science Technology, 19: 125- 136. (In Persian)**(Journal)**

Paravar, A., Omidi, H., Sadat Esaynezhad, N. and Amirzad, M. 2015. Effect of hydroperimmuning on reducing the effects of salinity stress on germination and proline content of seeds of two species of Purple coneflower (*Echinacea angustifolia*) and chicory (*Chicorium intybus*), Journal of Seed Research, 5(4): 33-43. (In Persian)**(Journal)**

Parvin, M., Tajbakhsh, M. and Ghiyasi, M. 2017. Evaluation of the effect of potassium nitrate and seed hydroperimation pre-treatments on reducing the effects of salinity stress in germination and sesame seedling growth, The 2th National Conference Rainfed Medicinal Plants of Iran, in Urmia, Iran. PP: 372-375. **(Conference)**

Rabie, B. and Bayat, M. 2008. A study of seed germination and seedling growth indices of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars through seed vigour tests, Journal of Field Crop Science, 2: 93-104. (In Persian)**(Journal)**

Rwse, H., Mckee, J. and Finch-Savage, W. 2001. Membrane priming method for small samples of high value seeds, Seed Science and Technology, 29: 587-597. **(Journal)**

Safari Saatlu, M., Najat Zadeh, F. and Taghavi Tabat, R. 2015. The effect of priming on improving seed germination of Barley 21 cultivar with polyethylene glycol under salinity stress, New cellular and molecular biotechnology Journal, 6(21): 41-47. (In Persian)**(Journal)**

Sakhabutdinova, A., Fatkhutdinova, D., Bezrukova, M. and Shakirova, F. 2003. Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants, Bulg Journal of Plant Physiology, Special Issue: 314-319. **(Journal)**

Safari Saatlu, M., Najat Zadeh, F. and Taghavi Tabat, R. 2015. The effect of priming on improving seed germination of Barley 21 cultivar with polyethylene glycol under salinity stress, New cellular and molecular biotechnology Journal, 6(21): 41-47. (In Persian)**(Journal)**

Sakhabutdinova, A., Fatkhutdinova, D., Bezrukova, M. and Shakirova, F. 2003. Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants, Bulg Journal of Plant Physiology, Special Issue: 314-319. **(Journal)**

Salehi Sormagi, M. 2009. Medicinal Plants and Herbal. 3th edition, Publications nutrition (In Persian). (In Persian)**(Book)**

Sharifi Moghadam, H. and Ahmadi, Kh. 2017. The Effect of Potassium Nitrate Priming on the Properties of (*Scrophularia Striata*) under salinity stress, Journal of Seed Research, 7(3): 180-189. (In Persian)**(Journal)**

Sharma, A., Rathore, S., Srinivasan, K. and Tyagi, R. 2014. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), Scientia Horticulturae, 165: 75-81. **(Journal)**

Shekari, F., Baljani, R., Afsahi, J., Kamran, S. and Shekari, F. 2009. Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage plants (*Borago officinalis*) seedlings, Agroecology Journal, 18: 47-53. (In Persian)**(Journal)**

Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K. and. Shekari, F. 2010. Effect of seed priming with salicylic acid on growth characterisics of borage (*Borago officinalis*) plants seedlings, Journal New Agricutuer Science, 6(18): 47-53. (In Persian)**(Journal)**

Unesi, E., Bahari, A., Azadi, M. and Ansari, O. 2012. The effect of priming and aging worn on the index millet seed germination and catalas in seed Panucum Miliaceum, Journal of Seed research, 3(4): 61-70. (In Persian)**(Journal)**

Varier, A., Kuriakose, A. and Dadlani, M. 2010. The subcellular basis of seed priming, Current Science, 99(4): 450-456. **(Journal)**

Comparison the effects of different of seed priming techniques on improving germination and antioxidant enzymes activity in borage seedlings

Mahrokh Bolandi Amoghin[1], Parisa Sheikhzadeh[*2], Saeid Khomary[3], Naser Zare[3]

Received: January 16, 2019 Accepted: April 30, 2019

Abstract

One of the problems of producing medicinal plants, such as borage, is unequal and poor germination and seedling establishment. Priming is one of the technique for improving seed germination and seedling growth in crops and medicinal plants. This research was carried out in order to study the effect of seed priming on germination, growth and biochemical and enzymatic characteristics of borage seedlings. The Experimental treatments were hydro-priming for 48 hours, seed priming with 0.85 mM ascorbic acid for 48 hours, 4 mM salicylic acid concentration for 60 hours, 20 mM potassium nitrate (KNO_3) concentration for 24 hours and control. The results showed that seed priming were significantly increased the seed germination, growth and biochemical characteristic of borage seedlings. The mean germination time and the percentage of abnormal seedlings were significantly decreased by priming the borage seeds. The highest percentage and rate of germination, vigor index and length of seedlings were obtained from hydro-priming seeds, which were significantly higher than control. Also, hydro-priming decreased the abnormal seedlings about caused 80% and mean germination time about 25%. The activity of catalase and peroxidase enzymes and proline in seedlings from primed seeds were significantly higher than those of the control. The highest activity of catalase enzyme and proline content were observed in seed priming of 20 mM KNO_3 concentration for 24 hours and 4 mM salicylic acid for 60 hours respectively, which did not have significant difference with hydro-priming. Hydro-priming, caused increase 2.7 fold in the activity of peroxidase enzymes seedlings. Generally, among the treatments, hydro-priming for 48 hours for improving germination, growth and biochemical characteristics of borage is considered as the best treatment.

Keyword: Antioxidant enzymes activity, Borage, Seedling growth, Vigor index

How to cite this article
Bolandi, M., Sheikhzadeh, P., Khomary, S. and Zare, N. 2020. Comparison the effects of different of seed priming techniques on improving germination and antioxidant enzymes activity in borage seedlings. Iranian Journal of Seed Science and Research, 7(3): 279-294. (In Persian)**(Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2020.4590

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. Ph.D. Candidate of Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
*Corresponding author: sheikhzadehmp@gmail.com