

## ارزیابی اثر رنگ و اندازه بذر روی خصوصیات جوانه‌زنی تاج‌الملوک (*Aquilegia chrysantha*) تحت تیمارهای مختلف هیدروپرایمینگ

فهیمة نبی\*<sup>۱</sup>، احمد اصغرزاده<sup>۲</sup>، ابراهیم گنجی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گیاهان دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیروان  
<sup>۲</sup>استادیار گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیروان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۲

### چکیده

جوانه‌زنی یکنواخت و تسریع در مرحله جوانه‌زنی بذور تاج‌الملوک می‌تواند در تولید این گیاه دارویی بسیار حائز اهمیت باشد. این آزمایش با هدف شناسایی بهترین پاسخ شکل‌های مختلف بذور چند شکل این گیاه به اجرا درآمد. به این منظور در ابتدا بذورهای سیاه و قهوه‌ای رنگ به صورت چشمی از یکدیگر جدا شدند و پس از آن با استفاده از روش بینایی ماشین از نظر اندازه به دو گروه تقسیم شدند. سپس برای تحریک جوانه‌زنی، بذور به مدت ۴ هفته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و پس از آن تحت تیمارهای ۴، ۸، ۱۲ و ۲۴ هیدروپرایمینگ و تیمار شاهد قرار گرفتند. این آزمایش به صورت فاکتوریل سه فاکتوره و در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه علف‌های هرز دانشگاه فردوسی مشهد طی سال ۱۳۹۲ به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایشی شامل رنگ بذر، اندازه بذر و تیمارهای هیدروپرایمینگ بودند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بذور بزرگ در مقایسه با بذور کوچک به جز در مورد صفت طول ساقچه‌چه که تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، در سایر صفات مورد مطالعه شامل جوانه‌زنی، بنیه بذر و طول ریشه‌چه عملکرد بهتری داشتند. علاوه بر این بذور سیاه رنگ نیز در مقایسه با بذور قهوه‌ای در ارتباط با صفات بیان شده تظاهرات بهتری را نشان دادند. همچنین بهترین خصوصیات مربوط به جوانه‌زنی در تیمارهای ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ ثبت شد. در مجموع با توجه به الگوی غیر یکنواخت جوانه‌زنی این گیاه، استفاده از بذور سیاه رنگ درشت در شرایط هیدروپرایمینگ ۱۲ ساعت می‌تواند جوانه‌زنی بهتری را به همراه داشته و برای تولید با عملکرد بهتر تاج‌الملوک توصیه می‌شود.

**واژگان کلیدی:** پرایمینگ، تاج‌الملوک، سبز شدن، هترومورفیسم بذر.

### مقدمه

تاج‌الملوک (*Aquilegia chrysantha*) گیاهی از خانواده آلاله (Ranunculaceae) بوده که ارتفاع آن تا یک متر می‌رسد. تاج‌الملوک گیاهی چند ساله علفی با گل‌های زرد درخشان است. این گیاه در برابر گرما بسیار مقاوم بوده و

\*نویسنده مسئول: f.nabi89@yahoo.com

به‌همین دلیل به‌عنوان گیاه پردیسه در نظر گرفته می‌شود (Welch, 1989). بذور این گیاه اغلب یک الگوی جوانه‌زنی نامنظم را نشان می‌دهند که انتقال نشاء را با مشکل مواجه می‌کند (Nau, 1989). در واقع جوانه‌زنی نامنظم مانعی جدی در تولید تجاری این گیاه می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شده اندیشیدن در مورد روش‌هایی که جوانه‌زنی این گیاه را تسهیل کند می‌تواند در جهت تولید این گیاه بسیار مؤثر باشد.

به‌طور کلی گیاهان از لحاظ مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تنها یک شکل بذری تولید می‌کنند اما بعضی گیاهان دو یا تعداد بیشتر انواع شکل بذر را در یک پایه گیاهی تولید می‌کنند (Venable and Levin, 1985). این پدیده چند شکلی بذر خوانده می‌شود. بذور چند شکل در بیش از ۲۰۰ گونه مشاهده شده است و معمولاً این بذور از لحاظ رنگ، اندازه، شکل و همچنین خصوصیات پراکنش و جوانه‌زنی با هم متفاوت هستند.

(Baskin et al., 1998; Imbert, 2002; Lu et al., 2010) هترومورفیزم بذر در واقع ساز و کاری است که توسط برخی گیاهان عالی (گیاهان آوندی) برای افزایش شایستگی در میان فازهای مختلف چرخ زندگی شان انجام می‌گیرد. چند شکلی بذر، اندازه و خصوصیات پوشش بذر را در بر گرفته و در نهایت جوانه‌زنی و خواب بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Matilla et al., 2005).

جوانه‌زنی بذر و استقرار دانه‌ها از مراحل مهم در چرخه زندگی گیاهان است. جوانه‌زنی بذر با جذب آب آغاز و در ادامه با انجام فعل و انفعالات سلولی و بیوشیمیایی در دانه شامل فعال‌سازی متابولیسم، هضم مواد ذخیره‌ای و انتقال به جنین، تقسیم سلولی و رشد همراه است (Abeles and Lonski, 1969). جوانه‌زنی کند و ظهور دیر هنگام در بیشتر موارد منجر به تولید گیاهان ضعیف و کوچک‌تر می‌شود که به تنش‌های محیطی بسیار حساس و آسیب‌پذیر خواهند بود (Ashraf and Foolad, 2005). این در حالی است که جوانه‌زنی و ظهور سریع گیاهچه عاملی مهم در استقرار موفق‌آمیز گیاه می‌باشد. بنابراین انجام روش‌هایی که هم راستا با این هدف باشند بسیار مهم است.

پرایم کردن بذر یکی از روش‌های مهم برای کمک به جوانه‌زنی و سبز شدن سریع و یکنواخت دانه و افزایش تحمل دانه در شرایط نامطلوب محیطی است (Harris et al., 2007). پرایمینگ منجر به آماده‌سازی فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بذر برای جوانه‌زنی شده و به‌عنوان تکنیکی در جهت افزایش مقدار و یکنواختی جوانه‌زنی بذور مورد استفاده قرار می‌گیرد (Murungu et al., 2003). در این روش بذور قبل از جوانه‌زنی و مواجهه با شرایط محیطی، از لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند. در این روش میزان آب جذب شده توسط بذر کم بوده به همین دلیل از خروج ریشه‌چه ممانعت به‌عمل می‌آید. به‌عبارت دیگر در جریان پرایمینگ بذر تا شروع تقسیم سلولی تحریک می‌شود و پس از خشک شدن و آبیگری مجدد از همان نقطه‌ای که خشک شده بود به فعالیت خود ادامه می‌دهد. این امر می‌تواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذر پرایم شده و گیاه حاصل از آن شود (Sun et al., 2010). از جمله روش‌های پرایمینگ بذر می‌توان به هیدروپرایمینگ اشاره کرد. در این روش بذور بدون استفاده از هیچ ماده شیمیایی، تنها با آب خالص تیمار شده و پس از آن و قبل از تکمیل جوانه‌زنی خشک می‌شوند. در این روش مقدار جذب آب توسط بذر از طریق مدت زمانی که بذور در تماس با آب خالص است، کنترل می‌شود. محققان زیادی بر اثرات مفید این روش در بهبود وضعیت جوانه‌زنی بذور و رشد اولیه گیاهچه‌ها تأکید داشته‌اند (Kaya et al., 2006; Edalatpishie et al., 2009).

با توجه به اهمیت گیاه دارویی تاج‌الملوک و با توجه به اهمیت شناخت خصوصیات مربوط به جوانه‌زنی این گیاه، آزمایشی با هدف تعیین بهترین مدت زمان هیدروپرایمینگ و بررسی اثر آن بر روی خصوصیات جوانه‌زنی بذور قهوه‌ای و سیاه رنگ این گیاه با اندازه‌های کوچک و بزرگ به اجرا در آمد که علاوه بر آگاهی از تأثیر عملیات هیدروپرایمینگ، جنبه‌های بیشتری از پاسخ بذور چند شکل تاج‌الملوک روشن شد.

## مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی شکل‌های مختلف گیاه تاج‌الملوک، آزمایشی به صورت فاکتوریل سه عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۲ به انجام رسید. به این منظور در ابتدا بذور تاج‌الملوک که شامل بذور سیاه و قهوه‌ای هستند. بر اساس رنگ تفکیک شده و پس از آن با استفاده از روش عکس‌برداری و روش بینایی ماشین<sup>۱</sup>، بذرها بر اساس اندازه به دو دسته بزرگ و کوچک تقسیم شدند. به این ترتیب سطوح مختلف فاکتور هیدروپرایمینگ شامل خیساندن بذور به مدت ۴، ۸، ۱۶ و ۲۴ ساعت قبل از کاشت در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد و تیمار شاهد بدون پرایمینگ روی چهار شکل مختلف بذور تاج‌الملوک اعمال شد. به این ترتیب فاکتورهای آزمایش شامل فاکتور A شامل هیدروپرایمینگ (در ۵ سطح ۴، ۸، ۱۲، ۲۴ ساعت و تیمار شاهد در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد)، فاکتور B شامل رنگ بذور (در دو سطح سیاه و قهوه‌ای رنگ) و فاکتور C شامل اندازه بذور (در دو سطح کوچک و بزرگ)، بودند.

برای تفکیک رنگی بذرها در ابتدا بذره‌های سیاه و قهوه‌ای رنگ به صورت چشمی از یکدیگر جدا شدند و پس از تفکیک رنگی، بذره‌های متعلق به هر رنگ از لحاظ اندازه به دو گروه تقسیم شدند. برای تفکیک بذور از نظر اندازه، از روش بینایی ماشین استفاده شد. به این منظور ابتدا هر یک از بذره‌های مورد آزمایش کدهی شده و پس از آن با استفاده از یک اسکنر HP Scan jet G4010 با رزولوشن ۱۲۰۰ dpi از بذره‌های کدهی شده عکس تهیه شده و هر کدام از بذرها به تفکیک در یک پاکت پلاستیکی قرار گرفت. پس از انجام این مرحله با پردازش عکس‌های گرفته شده با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر JMicrovision ابعاد هر بذور و مساحت هر یک از آن‌ها محاسبه شد. پس از محاسبه اندازه مساحت بذور، بذرها به دو دسته بزرگ و کوچک تقسیم شدند. پس از این مرحله با دانستن اندازه هر بذور کددار، بذره‌های کوچک و بزرگ در هر رنگ با جداسازی کد مربوطه از سایر بذرها جدا شده و آماده انجام آزمایش شدند. به این ترتیب چهار شکل مختلف از بذرها، شامل بذور سیاه و قهوه‌ای رنگ کوچک و بزرگ از یکدیگر تفکیک شدند. پس از تفکیک ۴ شکل مختلف بذور، آن‌ها برای اعمال تیمارهای هیدروپرایمینگ آماده شدند.

برای آماده‌سازی بذور جهت انجام آزمایش و با توجه به عدم جوانه‌زنی بذور در مراحل اولیه آزمایش و احتمال وجود خواب در بذره‌های مورد آزمایش ابتدا بذور به مدت ۴ هفته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و پس از آن برای انجام مراحل آزمایش آماده شدند. دمای پائین منجر به افزایش جیبرلیک اسید در بذور و در نتیجه افزایش جوانه‌زنی می‌شود. پس از این مرحله هر ۴ شکل بذور تاج‌الملوک قبل از انجام آزمایش بر اساس نوع تیمار هیدروپرایمینگ به مدت ۴، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت در آب مقطر نگهداشته شده و سپس در سایه خشک و در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد شدند. برای ضد عفونی کردن بذور از محلول هیپرکلریک ۱ درصد به مدت ۳۰ ثانیه استفاده شد. سپس

از هر یک از تیمارهای آزمایشی تعداد ۲۵ بذر از هر چهار شکل بذر گیاه در داخل پتری‌دیش و روی کاغذ صافی به ترتیب قرار گرفته و پس از مرطوب‌سازی با آب مقطر به ترتیب در دمای ۲۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد روز و شب (Davis et al., 1993). در داخل ژرمیناتور (با فتو‌پریود ۱۴ ساعت روز و ۸ ساعت شب) قرار گرفتند. پس از این مرحله به مدت دو هفته بررسی‌های مربوط به جوانه‌زنی انجام شد که در این مدت هر ۲ روز یکبار کاغذهای صافی دوباره توسط آب مقطر مرطوب می‌شدند. به این ترتیب که بذور جوانه زده هر روز در هر پتری‌دیش شمارش شدند. علاوه بر این طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به منظور محاسبه روابط ۱ و ۲ مورد استفاده قرار گرفتند.

رابطه ۱- شاخص جوانه‌زنی (Ranal and Santana, 2006)

$$\text{شماره روز/تعداد بذور جوانه زده در روز (ام)} = \Sigma \text{شاخص جوانه‌زنی}$$

رابطه ۲- شاخص بنیه بذر (Sarmadnia, 1996)

$$100 / (\text{میانگین طول ریشه و ساقه‌چه}) \times \text{درصد جوانه‌زنی} = \text{شاخص بنیه بذر}$$

## نتایج و بحث

مقدار شاخص جوانه‌زنی بسته به تیمارهای مختلف هیدروپرایمینگ، رنگ و اندازه بذر از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) بود. علاوه بر این اثر متقابل زمان هیدروپرایمینگ + رنگ بذر نیز با سطح احتمال  $P \leq 0/01$  معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل رنگ + اندازه بذر نیز با سطح احتمال  $P \leq 0/05$  معنی‌دار بود. با این وجود تأثیر زمان هیدروپرایمینگ + اندازه بذر و همچنین اثر متقابل سه‌گانه زمان هیدروپرایمینگ + رنگ + اندازه بذر روی شاخص جوانه‌زنی معنی‌دار نبود (جدول ۱).

مقایسه میانگین شاخص جوانه‌زنی در بذور سیاه و قهوه‌ای تحت تیمارهای مختلف هیدروپرایمینگ نشان داد که بذور سیاه رنگ در مقایسه با بذور قهوه‌ای به‌طور معنی‌داری در تمامی تیمارهای هیدروپرایمینگ و تیمار شاهد شاخص جوانه‌زنی بیشتری را دارا بود. علاوه بر این در هر دو نوع بذر سیاه و قهوه‌ای رنگ، با افزایش مدت زمان هیدروپرایمینگ بر میزان شاخص جوانه‌زنی افزوده شد، به‌طوری‌که در بذور سیاه رنگ بیشترین مقدار شاخص جوانه‌زنی در تیمار ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ و در بذور قهوه‌ای رنگ بیشترین این مقدار در تیمارهای ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ مشاهده شد. مشاهده روند تغییرات شاخص جوانه‌زنی با افزایش مقدار زمان هیدروپرایمینگ نشان داد که عکس‌العمل بذور سیاه در مقایسه با بذور قهوه‌ای رنگ، از تیمار ۸ به ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ شدیدتر بوده است. نتایج به‌دست آمده حاکی از ظرفیت بالاتر بذور سیاه رنگ در قبال افزایش مدت زمان هیدروپرایمینگ است (شکل ۱ الف).

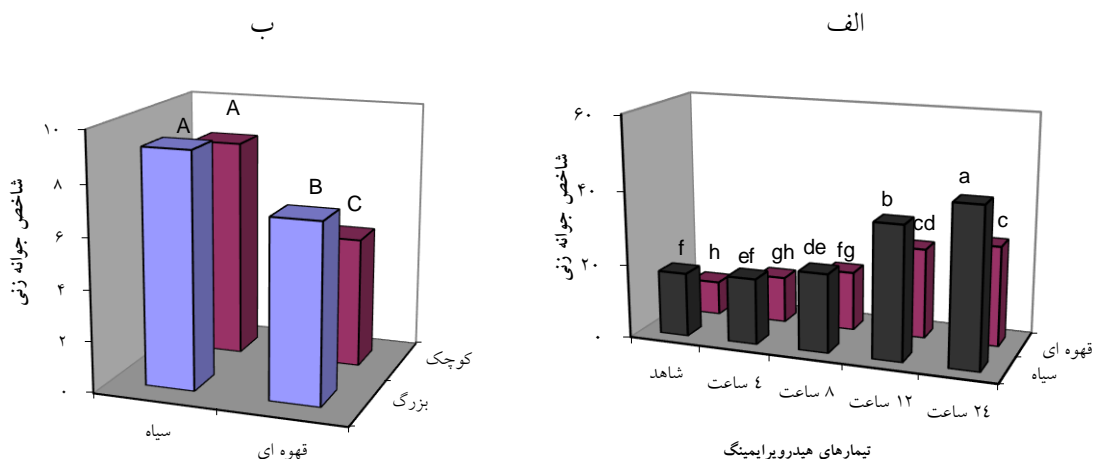
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در بذور مورد آزمایش تاج‌الملوک.

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
پرایمینگ	۴	۱۰۹۳/۲۰**	۱۶۷۷۲۱۰۵**	۵۴/۳۳ <sup>ns</sup>	۳۰۰/۵۸**
رنگ بذر	۱	۱۲۵۱/۱۷**	۳۱۱۵۸۶۸۶**	۲۹۴/۸۱**	۲۸۶/۰۱**
اندازه بذر	۱	۲۰۳/۸۳**	۵۱۴۱۵۴۴**	۹۸/۸۱*	۱/۳۵ <sup>ns</sup>
پرایمینگ*رنگ بذر	۴	۵۹/۰۷**	۲۸۷۸۱۷۳**	۱۳۶/۷۳ <sup>ns</sup>	۷۸/۰۰ <sup>ns</sup>
رنگ بذر*اندازه بذر	۱	۵۴/۸۹*	۵۰۰ <sup>ns</sup>	۲۸/۰۱ <sup>ns</sup>	۷۵/۶۰ <sup>ns</sup>
پرایمینگ*اندازه بذر	۴	۵/۳۱ <sup>ns</sup>	۴۰۸۴۹۶ <sup>ns</sup>	۳۶/۷۳ <sup>ns</sup>	۱۰۹/۳۵ <sup>ns</sup>
پرایمینگ*رنگ بذر*اندازه بذر	۴	۱۶/۲۸ <sup>ns</sup>	۳۷۱۷۹۴ <sup>ns</sup>	۲۷/۲۶ <sup>ns</sup>	۱۴/۲۶ <sup>ns</sup>
خطای آزمایش	۴۰	۹/۵۰	۳۹۸۶۸۱	۲۲/۱۱	۲۶/۰۱ <sup>ns</sup>
ضرب تغییرات (CV)	---	۱۳/۷۵	۲۱/۸۷	۲۱/۲۹	۲۶/۳۹ <sup>ns</sup>

\*\*\*، \* و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی داری می‌باشند.

بررسی عکس‌العمل بذور کوچک و بزرگ سیاه و قهوه‌ای رنگ نشان داد که به‌طور کلی شاخص جوانه‌زنی بذور سیاه رنگ‌بیشتر از بذور قهوه‌ای رنگ بود، علاوه بر این بذور بزرگ شاخص جوانه‌زنی بیشتری را در مقایسه با بذور کوچک در هر دو رنگ سیاه و قهوه‌ای نشان دادند (شکل ۱ ب). مطالعه‌ای روی جوانه‌زنی بذور دو شکل *Atriplex* و *prostrata* و *Salicornia europaea* نشان داد که جوانه‌زنی در بذور درشت برای هر دو گونه بیشتر از بذور ریز بود (Carter and Ungar, 2003).

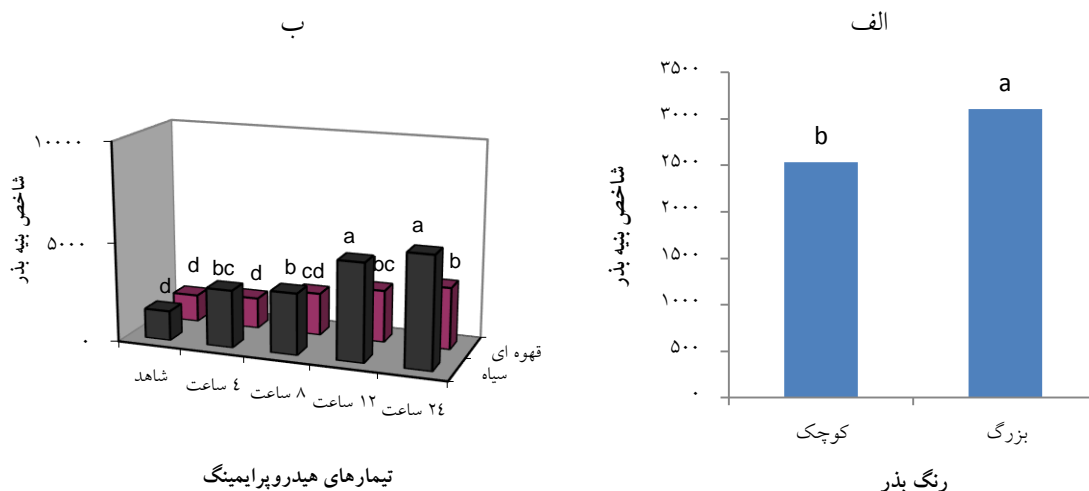
نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از تیمار هیدروپرایمینگ منجر به افزایش شاخص جوانه‌زنی در بذور سیاه و قهوه‌ای رنگ بزرگ و کوچک شد. کایا و همکاران (Kaya et al., 2006) و همچنین هریس و همکاران (Harris et al., 2007) در مطالعات خود بر نقش مثبت پرایم در جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه‌های گیاهان مختلف تأکید کرده‌اند. Edalatpishe et al. (2009) در تحقیق خود بر روی گیاه ذرت اظهار داشتند که هیدرو پرایم و اسمو پرایم بذور آثار مثبتی بر جوانه‌زنی بذور این گیاه دارد. گزارش شده که پرایم کردن بذر یکی از روش‌های مهم برای کمک به جوانه‌زنی و سبز شدن سریع و یکنواخت دانه و افزایش تحمل دانه در شرایط نامطلوب محیطی است (Harris et al., 2007). در جریان پرایمینگ، بذرها معمولاً اجازه می‌یابند تا حد کمی آب جذب کنند (تا قبل از خروج ریشه‌چه) و سپس از محیط آب خارج می‌شوند. مقدار این آب به اندازه‌ای است که مانع از جوانه‌زنی می‌شود، اما امکان وقوع یکسری فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پیش از جوانه‌زنی را فراهم می‌آورد. هنگامی که بذر پرایم شده در محیط مناسب جوانه‌زنی قرار می‌گیرد، سریع‌تر از بذرها پرایم نشده جوانه می‌زند. گزارش‌های مختلفی حاکی از آن است که پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذر می‌گردد (Murungu et al., 2003).



شکل ۱- الف) اثر متقابل هیدروپرایمینگ + رنگ بذر و ب) اثر متقابل هیدروپرایمینگ + اندازه بذر روی شاخص جوانه زنی بذر.

اثرات ساده فاکتورهای آزمایشی هیدروپرایمینگ، اندازه و رنگ بذر اثر معنی داری ( $P \leq 0/01$ ) را بر شاخص بنيه بذر به همراه داشتند (جدول ۱). همچنین اثر متقابل هیدروپرایمینگ + رنگ بذر نیز روی مقادیر شاخص بنيه بذر دارای اثر معنی دار ( $P \leq 0/01$ ) بود. با این حال اثرات متقابل هیدروپرایمینگ + اندازه بذر و همچنین رنگ + اندازه بذر روی شاخص بنيه بذر معنی دار نبود. اثر متقابل سه گانه هیدروپرایمینگ + رنگ + اندازه بذر نیز تفاوت معنی داری را در این مقدار ایجاد نکرد (جدول ۱).

شاخص بنيه بذور بزرگ به طور معنی داری بیشتر از بذور کوچک بود (شکل ۲ الف). الیوت (Elliott, 2011) بیان کرد که شاخص بنيه بذر نمایان گر مناسبی برای رشد گیاه و میزان وزن کل گیاه پس از جوانه زنی است. بنابراین می توان این گونه اظهار داشت بذور بزرگ در مقایسه با بذور کوچک امکان بقاء و رشد بهتری را در آینده خواهند داشت. علاوه بر این همپتون (Hampton, 1981) گزارش کرد که اندازه بذر می تواند بذر و در نتیجه رشد آینده بذر را تحت تأثیر قرار دهد. این امر به مواد اندوخته بیشتر بذر نسبت داده شده است.



شکل ۲- الف) اثر ساده اندازه بذر و ب) اثر متقابل هیدروپرایمینگ + رنگ بذور روی شاخص بنيه بذر.

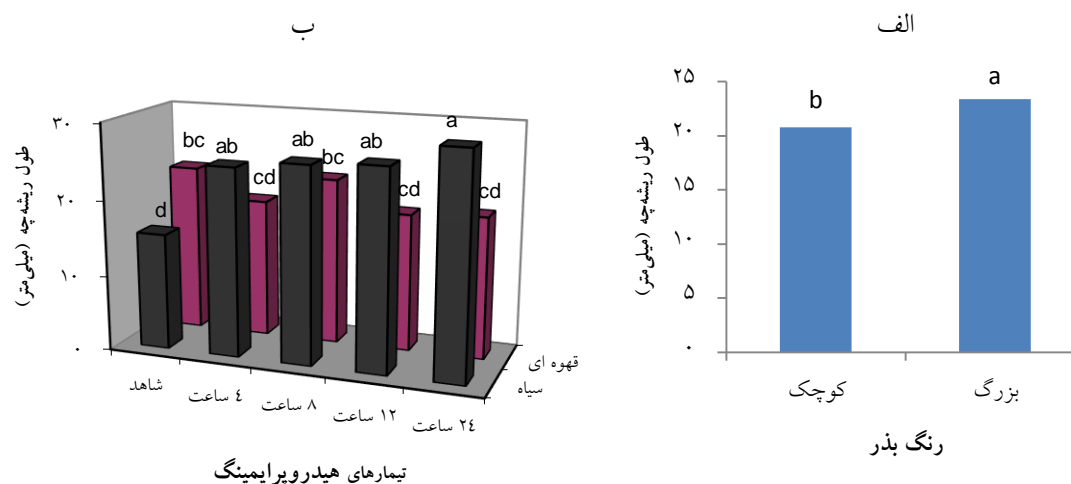
مقایسه میانگین شاخص بنیه بذر بین بذور قهوه‌ای و سیاه رنگ نشان داد که به‌طور کلی بذور سیاه رنگ دارای شاخص بنیه بذر بیشتری نسبت به بذور قهوه‌ای بودند. به‌طوری که بذور قهوه‌ای تحت تیمارهای ۴، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ شاخص بنیه بذور سیاه رنگ به‌طور معنی‌داری بیشتر از بذور قهوه‌ای رنگ بود. که این اختلاف بین شاخص بنیه بذور سیاه و قهوه‌ای رنگ در تیمارهای ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ بیشترین اختلاف را نشان داد (شکل ۲ ب). مقایسه اثر مدت زمان هیدروپرایمینگ بر شاخص بنیه بذور سیاه و قهوه‌ای رنگ نشان داد که با افزایش زمان هیدروپرایمینگ بر میزان شاخص بنیه بذر در هر دو نوع بذر سیاه و قهوه‌ای رنگ افزوده شد. پنگ و همکاران (Peng et al., 2013) نیز بیان کردند که هیدروپرایمینگ منجر به افزایش بنیه بذر و پایایی گیاه در بسیاری از گونه‌های گیاهیمی شود. افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر در بذور پرایم شده نسبت به بذور پرایم نشده در گیاهانی مانند برنج (Ruan et al., 2002) و گلرنگ (Elouaer and Hannachi, 2012) گزارش شده است.

افزایش شاخص بنیه بذر با افزایش مدت زمان پرایمینگ در دو نوع بذر سیاه و قهوه‌ای رنگ دارای روند یکسانی نبود و در واقع با افزایش مدت زمان هیدروپرایمینگ عکس‌العمل بذور سیاه بیشتر از بذور قهوه‌ای بود که این نشان از ظرفیت بیشتر این بذور در پاسخ به هیدروپرایمینگ بود. علاوه بر این از تیمار ۸ به ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ شدت افزایش شاخص بنیه بذر در بذور سیاه رنگ کاملاً مشهود بود اما این افزایش در بذور قهوه‌ای رنگ با روند یکسانی پیش رفت. در مجموع بیشترین میزان شاخص بنیه بذر در بذور سیاه رنگ تحت تیمار ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ و کمترین آن نیز در بذور قهوه‌ای و سیاه رنگ تحت تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۲ ب).

طول ریشه‌چه در بذور تحت تیمار هیدروپرایمینگ تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. با این وجود بذور با رنگ‌ها ( $P \leq 0/01$ ) و اندازه‌های ( $P \leq 0/02$ ) مختلف در این آزمایش از نظر طول ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. همچنین اثر متقابل هیدروپرایمینگ و رنگ بذر نیز روی طول ریشه‌چه با سطح احتمال  $P \leq 0/01$  معنی‌دار بود. این در حالی بود که اثرات متقابل هیدروپرایمینگ + اندازه بذر، رنگ + اندازه بذر و همچنین اثرات سه‌گانه هیدروپرایمینگ + رنگ + اندازه بذر روی طول ریشه‌چه معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثر ساده اندازه بذر نشان داد که طول ریشه‌چه در بذور بزرگ‌تر به‌طور معنی‌داری بیشتر از بذور کوچک‌تر بود (شکل ۳ الف).

بررسی میانگین طول ریشه‌چه در تیمارهای هیدروپرایمینگ و بذور سیاه و قهوه‌ای رنگ نشان داد که به‌طور کلی طول ریشه‌چه در بذور سیاه رنگ بیشتر از بذور قهوه‌ای رنگ بود با این حال در تیمار شاهد طول ریشه‌چه در بذور قهوه‌ای رنگ بیشتر از بذور سیاه رنگ بود (شکل ۳ ب). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این آزمایش بیشتر بودن طول ریشه‌چه در بذور قهوه‌ای نسبت به بذور سیاه رنگ در تیمار شاهد بدون پرایمینگ دور از ذهن نبود. زیرا میزان جذب آب در بذور تیره آهسته‌تر از بذور روشن است (Puga-Hermida et al., 2003). از سوی دیگر توانایی جذب آب با ظهور رادیکل نیز مرتبط است (Powell and Matthews, 1978; Powell and Matthews, 1980). نفوذپذیری بذر همچنین به تراکم و ضخامت پوشش بذر بستگی دارد. تراکم و ضخامت در پوشش بذور روشن کمتر است. در بذور تیره با افزایش لایه‌های تشکیل دهنده پوشش بذر با افزایش تراکم سلولی و برخی فعل و انفعالات شیمیایی مشخص (مثل اکسیداسیون فنولیک) نفوذپذیری می‌تواند کاهش یابد. بذور دارای رنگدانه گیاه *Sorghumhalepense* که به‌صورت نرمال در خواب هستند ممکن است در اثر خشکی در طی توسعه تغییر کنند که بذور بدون رنگدانه، با پوشش نازک‌تر و قابلیت جوانه‌زنی بیشتر تولید می‌شود (Matilla et al., 2005). بنابراین در مورد تیمار شاهد مشاهده می‌شود که بذور قهوه‌ای رنگ دارای طول رادیکل بیشتر نسبت به بذور سیاه رنگ هستند، چرا که به‌نظر می‌رسد جذب

آب توسط این بذور بهتر از بذور سیاه رنگ صورت گرفته و در نتیجه میانگین طول ریشه‌چه بیشتری به‌دست آمده است. این امر در مورد سایر تیمارهای هیدروپرایمینگ مشاهده نمی‌شود. علت عکس‌العمل متفاوت بذور رنگی در تیمارهای هیدرو پرایمینگ نسبت به تیمار شاهد را می‌توان اثر مثبت این تیمارها در نرم شدن پوسته بذر و جذب بهتر آب توسط بذور سیاه رنگ دانست.

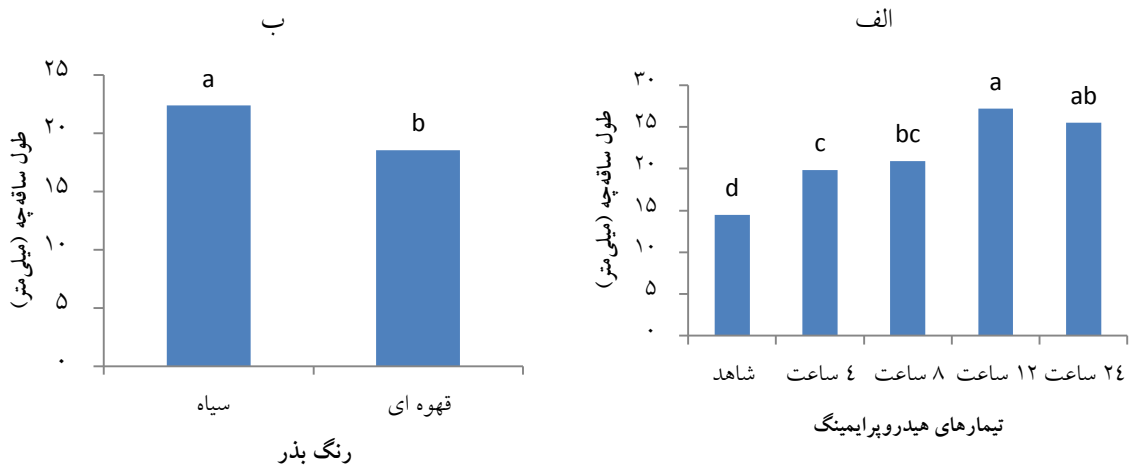


شکل ۳- الف) اثر ساده اندازه بذر و ب) اثر متقابل هیدروپرایمینگ + رنگ بذر روی طول ریشه‌چه.

بررسی روند تغییرات اندازه طول ریشه‌چه در بذور سیاه رنگ نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان هیدروپرایمینگ بر اندازه طول ریشه‌چه این بذور افزوده شده است (شکل ۳ ب). ونگ و همکاران (Wang et al., 2003) بیان داشتند که گیاهان حاصل از تیمار پرایمینگ در مقایسه با گیاهان شاهد در طی زمان کوتاه‌تری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش می‌دهند. در آزمایش پاتانه و همکاران (Patanè et al., 2009) نیز پرایمینگ بذر باعث افزایش طول ریشه‌چه شد. علاوه بر این افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه در بذور پرایم شده در مقایسه با بذور پرایم نشده توسط الائر و هناچی (Elouaer and Hannachi, 2012) در گیاه گلرنگ و استوفلا و همکاران (Stofella et al., 1992) در گیاه فلفل نیز گزارش شده است. این امر نشان می‌دهد که با افزایش زمان هیدروپرایمینگ جذب بهتر آب و در نتیجه تأثیرات مثبت آن در فرایند جوانه‌زنی بهتر صورت گرفته است. هرچند که به‌جز در مورد تیمار شاهد در سایر تیمارها این افزایش معنی‌دار نبود. در مورد بذور قهوه‌ای رنگ روند مشخصی با افزایش مدت زمان هیدروپرایمینگ مشاهده نشد و در تمامی تیمارهای هیدروپرایمینگ، بذور قهوه‌ای تفاوت معنی‌داری را از نظر اندازه طول ریشه‌چه با یکدیگر نشان ندادند. در مجموع بیشتر اندازه بذر به بذور سیاه رنگ تحت تیمارهای ۴، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ تعلق داشت. کمترین طول ریشه‌چه نیز در بذور سیاه رنگ تحت تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۳).

انواع بذور با رنگ‌های قهوه‌ای و سیاه از نظر طول ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری را با یکدیگر نشان دادند. علاوه بر این بذور تحت تأثیر زمان‌های مختلف هیدروپرایمینگ نیز از نظر طول ریشه‌چه به‌طور معنی‌داری متفاوت بودند. با این وجود اثر اندازه بذر و همچنین اثرات متقابل هیدروپرایمینگ + اندازه بذر، هیدروپرایمینگ + رنگ بذر، رنگ + اندازه بذر و همچنین هیدروپرایمینگ + رنگ + اندازه بذر روی طول ساقه‌چه معنی‌دار نبود (جدول ۱).





شکل ۳- الف) اثر ساده هیدروپرایمینگ بذر و ب) اثر ساده رنگ بذر روی طول ساقچه.

مقایسه میانگین طول ساقچه در بذر تحت تأثیر تیمارهای هیدروپرایمینگ نشان داد که با افزایش مدت زمان هیدروپرایمینگ بر میزان طول ساقچه افزوده شد، هرچند که در مورد تیمارهای ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ مقدار بیشتر اندازه طول ریشه چه به تیمار ۱۲ ساعت هیدروپرایمینگ تعلق داشت اما این تفاوت معنی دار نبود و در مجموع این دو تیمار منجر به مشاهده بیشترین طول ساقچه در بذر مورد مطالعه شدند. کمترین طول ساقچه نیز در تیمار شاهد به دست آمد که نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی داری را نشان داد (شکل ۳ الف). کاتمبه و همکاران (Katembe et al., 1998) یک افزایش معنی دار اندازه طول ریشه و ساقچه در بذر پرایم شده در مقایسه با بذر پرایم نشده گیاه آتریپلکس را مشاهده کردند. فاروق و همکاران (Farooq et al., 2006) تفاوت اندازه طول گیاهچه بذر پرایم شده در مقایسه با بذر پرایم نشده را در نتیجه جوانه‌زنی زودتر این بذر می‌دانند که در نتیجه گیاهچه‌های قوی با طول ریشه و ساقه بلندتر را به همراه دارد. علاوه بر نتایج مربوط به اثر تیمارهای هیدروپرایمینگ، رنگ بذر نیز بر طول ساقچه مؤثر بود که طول ساقچه در بذر سیاه رنگ بیشتر از بذر قهوه‌ای رنگ بود و اختلاف معنی داری را نشان داد (شکل ۳ ب).

### نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی در این آزمایش بذر سیاه رنگ بزرگ بهترین عکس‌العمل را به تیمار هیدروپرایمینگ نشان دادند و در تیمار مدت زمان هیدروپرایمینگ ۱۲ و ۲۴ ساعت بهترین کارایی در صفات مربوط به جوانه‌زنی تاج‌الملوک مشاهده شد. انتخاب اندازه بذر می‌تواند در حصول عملکرد بهتر و یکنواخت‌تر در فرایند تولید گیاهان نقش مهمی را ایفا کند. در بیشتر مناطق ایران کمبود بارندگی و توزیع نامناسب آن همراه با دوره‌های خشک، گرم و طولانی، شرایط محیطی نامناسبی را برای رویش و استقرار گونه‌های گیاهی به‌وجود آورده است. گیاهان در مرحله جوانه‌زنی و استقرار حساس به تنش‌های محیطی بوده ایجاد شرایطی برای تسریع این مرحله در گیاهان می‌تواند گام مهمی در جهت تولیدات گیاهی باشد. پرایمینگ بذر می‌تواند موجب تسریع مراحل جوانه‌زنی و استقرار و در نتیجه حساسیت کمتر به تنش‌های محیطی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک شود.

## Reference

- Abeles, F.B., and Lonski, J. 1969. Stimulation of lettuce seed germination by ethylene. *Plant Physiology* 44: 277-280.
- Ashraf, M., and Foolad, M. 2005. Pre-Sowing Seed Treatment-A Shotgun Approach to Improve Germination, Plant Growth, and Crop Yield Under Saline and Non-Saline Conditions. *Advances in Agronomy*. 88: 223-271.
- Baskin, J.M., Nan, X., and Baskin, C.C. 1998. A comparative study of seed dormancy and germination in an annual and a perennial species of Senna (Fabaceae). *Seed Science Research* 8: 501-512.
- Carter, C.T., and Ungar, I.A. 2003. Germination response of dimorphic seeds of two halophyte species to environmentally controlled and natural conditions. *Canadian Journal of Botany* 81: 918-926.
- Davis, T.D., Sankhla, D., Sankhla, N., Upadhyaya, A., Parsons, J., and George, S. 1993. Improving seed germination of *Aquilegia chrysantha* by temperature manipulation. *Hort. Sci.*, 28: 798-799.
- Edalatpishe, M., Abbas dokht, H., and Montazeri, N. 2009 Study of halo and hydro priming on seed germination of maize under salinity and drought stress. *Golestan electronic journal of agriculture and natural resources* 2 67-79.
- Elliott, B. 2011. Effect of germination, seed weight and vigour index on the agronomic performance of Argentine canola in early and late May plantings. 2011.
- Elouaer, M.A., and Hannachi, C. 2012. Seed priming to improve germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius*) under salt stress. *Eur. Asian Journal of Bio. Sci.* 6:76-84.
- Farooq, M., Basra, S., Cheema, M., and Afzal, I. 2006. Integration of pre-sowing soaking, chilling and heating treatments for vigour enhancement in rice (*Oryza sativa* L.). *Seed science and technology* 34: 499-506.
- Hampton, J.G. 1981. The extent and significance of seed size variation in New Zealand wheat. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 9: 179-184.
- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., and Shah, H. 2007. 'On-farm seed priming with zinc sulphate solution-A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. *Field Crops Research*. 102: 119-127.
- Imbert, E. 2002. Ecological consequences and ontogeny of seed heteromorphism. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 5: 13-36.
- Katembe, W.J., Ungar, I.A., and Mitchell, J.P. 1998. Effect of salinity on germination and seedling growth of two Atriplex species (Chenopodiaceae). *Annals of Botany*. 82: 167-175.
- Kaya, M.D., Okçu, G., Atak, M., Çikili, Y., and Kolsarıcı, Ö. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European journal of agronomy*. 24: 291-295.
- Lu, J.J., Tan, D.Y., Baskin, J.M., and Baskin, C.C. 2010. Fruit and seed heteromorphism in the cold desert annual ephemeral *Diptychocarpus strict us* (Brassicaceae) and possible adaptive significance. *Annals of Botany* 105: 999-1014.
- Matilla, A., Gallardo, M., and Puga-Hermida, M.I. 2005. Structural, physiological and molecular aspects of heterogeneity in seeds: a review. *Seed Science Research*. 15: 63-76.
- Murungu, F., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L., and Whalley, W. 2003. Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). *Soil and Tillage Research*, 74: 161-168.
- Nau, J. 1989. *Ball Culture Guide: the encyclopedia of seed germination*. Ball Culture Guide: the encyclopedia of seed germination.
- Patanè, C., Cavallaro, V., and Cosentino, S.L. 2009. Germination and radicle growth in unprimed and primed seeds of sweet sorghum as affected by reduced water potential in NaCl at different temperatures. *Industrial Crops and Products*. 30:1-8.
- Peng, Q., Li, C., Song, M., and Nan, Z. 2013. Effects of seed hydropriming on growth of *Festuca sinensis* infected with *Neotyphodium endophyte*. *Fungal Ecology*. 6: 83-91.

- Powell, A.A., and Matthews, S. 1978. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. *Journal of Experimental Botany*. 29: 1215-1229.
- Powell, A.A., and Matthews, S. 1980. The significance of damage during imbibition to the field emergence of pea (*Pisum sativum*). *J. Agric. Sci. Cambridge*. 95: 35-38.
- Puga-Hermida, M.I., Gallardo, M., and Matilla, A.J. 2003. The zygotic embryogenesis and ripening of *Brassica rapa* seeds provokes important alterations in the levels of free and conjugated abscisic acid and polyamines. *Physiologia Plantarum*. 117: 279-288.
- Ranal, M.A., Santana, D.G.D., 2006. How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany*. 29, 1-11.
- Ruan, S., Xue, Q., and Tylkowska, K. 2002. The influence of priming on germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. *Seed science and technology* 30: 61-67.
- Sarmadnia, G. 1996. Seed technology. *Jehad Daneshgahi Mashhad of press*. pp. 288.
- Stofella, P.J., Lipucci, D.P., Pardossi, A., and Toganoni, F. 1992. Seedling root morphology and shoot growth after seed priming or pre-emergence of bell pepper. *Journal of American Society of Horticultural Sciences*. 27: 214-215.
- Sun, Y.-Y., Sun, Y.-J., Wang, M.-T., Li, X.-Y., Guo, X., Hu, R., and Ma, J. 2010. Effects of Seed Priming on Germination and Seedling Growth under Water Stress in Rice. *Acta Agronomica Sinica* 36: 1931-1940.
- Venable, D.L., and Levin, D.A. 1985. Ecology of achene dimorphism in *Heterotheca latifolia*. I. Achene structure, germination and dispersal. *Journal of Ecology*. 73: 133-145.
- Wang, H.Y., Chen, C.L., and Sung, J.M. 2003. Both warm water soaking and soil priming treatments enhance anti-oxidation of bitter gourd seeds germinated at sub optimal temperature. *Seed Science and Technology*. 31: 47-56.
- Welch, W.C. 1989. *Perennial Garden Color*: Taylor Publishing Company.