

اثر هیدروپرایمینگ بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی بذرهاي چندشکل تاج‌الملوک زینتی (*Aquilegia chrysantha*)

فهیمة نبی^۱، احمد اصغرزاده^۲، ابراهیم گنجی^۲، علیرضا باقری^{۳*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیروان، ۲- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و ۳- عضو هیئت علمی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه

چکیده

به منظور بررسی اثر هیدروپرایمینگ بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی بذرهاي چند شکل تاج‌الملوک زینتی این آزمایش به صورت فاکتوریل سه عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی به اجرا در آمد. در ابتدا بذرهاي 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، بذرها به مدت ۴ هفته در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شده و پس از آن تحت تیمارهای شاهد، ۴، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ قرار گرفتند. این آزمایش به صورت فاکتوریل سه فاکتوره و در قالب طرح کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایشی شامل رنگ بذر، اندازه بذر و هیدروپرایمینگ بودند. نتایج نشان داد که بذرهاي بزرگ در مقایسه با بذرهاي کوچک درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی بیشتر و متوسط زمان جوانه‌زنی کمتری داشتند. علاوه بر این بذرهاي سیاه رنگ نیز در مقایسه با بذرهاي 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 بذرهاي سیاه رنگ بزرگ در شرایط هیدروپرایمینگ ۱۲ ساعت می‌تواند جوانه‌زنی بهتری را به همراه داشته و برای تولید با عملکرد بهتر تاج‌الملوک زینتی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: چندشکلی بذر، پرایمینگ، جوانه‌زنی، تاج‌الملوک زینتی.

مقدمه

آن می‌تواند منبع بزرگ درآمدی برای کشور باشد (Samsam shariat, 2004). تاج‌الملوک زینتی (*Aquilegia chrysantha*) از خانواده آلاله ۱ بومی آمریکای شمالی که ارتفاع آن تا یک متر می‌رسد، گیاهی چند ساله علفی با گل‌های زرد درخشان است. این گیاه در برابر گرما بسیار مقاوم بوده و به همین

گیاهان دارویی یکی از منابع غنی کشور است که به صورت خام یا فرآوری شده در طب سنتی و مدرن مورد استفاده و بهره‌وری قرار می‌گیرند. ایران از نظر آب و هوا در زمینه رشد گیاهان دارویی یکی از بهترین مناطق جهان محسوب می‌شود که صادرات

1 *Ranunculaceae*

نویسنده مسئول: علیرضا باقری، نشانی: پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه، تلفن: ۰۹۳۵۳۸۲۰۸۲۸*

E-mail: a.bagheri@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۲۵

تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۱۹

پاسخ‌های جوانه‌زنی مختلف توسط بذرهاى چندشکل، یک استراتژی مصونیت‌زا و سودمند در محیط‌های سخت و غیر قابل پیش‌بینی باشد (Wei *et al.*, 2007).

روش‌های مختلف تقویت^۶ بذر برای کاهش زمان جوانه‌زنی از طریق افزایش سرعت جوانه‌زنی برای بدست آوردن استقرار بهتر گیاهان در بسیاری از گیاهان باغی (Bradford *et al.*, 1990) و زراعی (Hussain *et al.*, 2006) با موفقیت همراه بوده است. یکی از این روش‌ها استفاده از پرایمینگ بذر^۷ است (Farooq *et al.*, 2010). در جریان پرایمینگ، بذرها تا حدی آب جذب می‌کنند (تا قبل از خروج ریشه چه) و سپس از محیط آب خارج می‌شوند. مقدار این آب به اندازه‌ای است که امکان وقوع یکسری فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پیش از جوانه‌زنی را فراهم می‌سازند و در عین حال منجر جوانه‌زنی بذر نمی‌شود (Bourgne *et al.*, 2000). هنگامی که بذر پرایم شده در محیط مناسب جوانه‌زنی قرار می‌گیرد، سریع‌تر از بذرهاى پرایم نشده جوانه می‌زند. برخی محققین گزارش کرده‌اند که پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر می‌گردد (Murungu *et al.*, 2003). انواع روش‌های پرایمینگ وجود دارد که از آن جمله می‌توان به: هیدروپرایمینگ (جذب آب) اشاره کرد (Azarnivand *et al.*, 2010). در روش هیدروپرایمینگ بذرها 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

دلیل به عنوان گیاه بوستان‌ها در نظر گرفته می‌شود (Welch, 1989). بذرهاى این گیاه اغلب یک الگوی جوانه‌زنی نامنظم را نشان می‌دهند که انتقال نشاء را با مشکل مواجه می‌کند (Nau, 1989) و مانعی جدی در تولید تجاری این گیاه می‌باشد. این گیاه برای جوانه‌زنی ظاهراً به دمای نسبتاً پائین نیاز دارد (Finnerty *et al.*, 1992). از سوی دیگر تاج‌الملوک در اواخر بهار و یا اوایل تابستان کشت می‌شود که با توجه به بالا بودن دما در این زمان‌ها، جوانه‌زنی با مشکلاتی روبرو خواهد شد (Davis *et al.*, 1993). 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.

چندشکلی بذر^۱ پدیده‌ای است که در آن یک گیاه شکل‌های مختلف ریخت‌شناختی بذر را تولید می‌کند و این امر در تیره‌های آفتابگردان^۲، اسفناجیان^۳ و گندمیان^۴ بیشتر دیده می‌شود (Wang *et al.*, 2008). بذرهاى چندشکل معمولاً در رنگ، اندازه و شکل به علاوه پراکنش، خواب و جوانه‌زنی متفاوت می‌باشند (Baskin *et al.*, 1998; Wei *et al.*, 2007). در گیاه تاج‌الملوک زینتی بذرها با دو رنگ سیاه و قهوه‌ای مشخص هستند (Anonymous, 2012). بذرهاى چندشکل یک گیاه، خصوصیات جوانه‌زنی مختلفی را نشان می‌دهند و جوانه‌زنی در این بذرها با ترکیبی از راهبردهای متفاوت دیده می‌شود (استراتژی فرصت طلب در مقابل استراتژی محتاط^۵) (Guterman, 2002; Venable, 1985). به نظر می‌رسد

1 Seed Heteromorphism

2 Asteraceae

3 Chenopodiaceae

4 Poaceae

5 Opportunistic vs Cautious strategies

6 Invigoration

7 Seed Priming

مواد و روش ها

جهت بررسی اثر هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی شکل‌های مختلف بذر تاج‌الملوک زینتی، آزمایشی به صورت فاکتوریل سه عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه علف‌های‌هرز دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. به این منظور در ابتدا بذرهای F1 تاج‌الملوک زینتی شرکت Kouel ChP از یک مرکز تولید بذر واقع در مشهد تهیه شد، سپس بذرهای سیاه و قهوه‌ای بر اساس رنگ تفکیک شده و پس از آن با استفاده از روش عکس برداری و روش بینایی ماشین^۱، بذرهای بر اساس اندازه به دو دسته بزرگ و کوچک تقسیم شدند.

به این منظور ابتدا هر یک از بذرهای مورد آزمایش کددهی شده و پس از آن با استفاده از یک اسکنر HP Scanjet G4010 با وضوح dpi ۱۲۰۰ از بذرهای عکس تهیه شده و هر کدام از بذرهای یک پاکت پلاستیکی قرار گرفت. پس از انجام این مرحله با پردازش عکس‌های گرفته شده با استفاده از نرم افزار پردازش تصویر JMicrovision ابعاد هر بذر و مساحت هر یک از آن‌ها محاسبه شد. پس از محاسبه اندازه مساحت بذرهای، بذرهای به دو دسته بزرگ و کوچک تقسیم شدند. میانگین مساحت بذرهای سیاه و قهوه‌ای رنگ، به ترتیب معادل ۰/۰۸ و ۰/۰۵ سانتی‌متر مربع بود، بنابراین اندازه ۰/۰۶ سانتی‌متر مربع به عنوان حدفاصل بین بذرهای کوچک و بزرگ انتخاب و به این ترتیب بذرهای کوچک تر و بزرگتر از ۰/۰۶ سانتی‌متر مربع به ترتیب به عنوان بذرهای کوچک و بزرگ در نظر گرفته شدند. پس از این مرحله با دانستن اندازه هر بذر کددار، بذرهای

روش مقدار جذب آب توسط بذر از طریق تنظیم مدت زمان تماس بذر با آب خالص کنترل می‌شود. گیاهان حاصل از تیمار پرایمینگ در مقایسه با گیاهان شاهد در طی زمان کوتاه تری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش می‌دهند و با جذب مطلوب تر آب و مواد غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتز کننده به مرحله اتوتروفی می‌رسند. تحقق چنین شرایطی به لحاظ زیستی و اکولوژیکی موقعیت ویژه‌ای به گیاهان حاصل از بذرهای پرایم شده می‌دهد (Wang et al., 2003). به طوری که این وضعیت امکان بهره‌برداری مناسب تر از نهاده‌های محیطی مثل آب، نور و غیره را به گیاه می‌دهد. همین‌طور در اثر این شرایط ممکن است توانایی ذاتی گیاه جهت برتری در رقابت با سایر گیاهان به لحاظ ویژگی‌های اکولوژیکی حاکم بر این روابط ارتقاء یابد (Weaich et al., 1992).

در بیشتر مطالعات چندشکلی بذر از جنبه‌های اکولوژیکی و پاسخ‌های تکاملی گیاهان در برابر شرایط محیطی بررسی شده است، این در حالی است که از جنبه تولیدی و انتخاب بهترین نوع بذر یک گیاه با بذرهای چندشکل برای تولید بهتر و بیشتر کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اهمیت گیاه تاج‌الملوک انتخاب بذرهای مناسب برای کشت موفق این گیاه و فقدان مطالعات مربوط به اثر پرایمینگ بذر این گیاه بر جوانه‌زنی بذرهای متفاوت از نظر رنگ و اندازه، این آزمایش تنظیم و به اجرا در آمد. هدف از این تحقیق تعیین بهترین تیمار هیدروپرایمینگ و بررسی اثر آن بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای چندشکل گیاه تاج‌الملوک زینتی می‌باشد.

تیمارهای آزمایشی تعداد ۲۵ بذر در داخل ظرف پتری و روی کاغذ صافی به ترتیب قرار گرفته و پس از مرطوب سازی با آب مقطر به ترتیب در دمای ۲۵ و ۲۰ درجه سانتیگراد روز و شب (Davis *et al.*, 1993) در داخل ژرمیناتور (با فتو پریود ۱۶ ساعت روز و ۸ ساعت شب) قرار گرفتند. پس از این مرحله به مدت دو هفته بررسی های مربوط به جوانه زنی انجام شد که در این مدت هر ۲ روز یکبار کاغذهای صافی دوباره توسط آب مقطر مرطوب می شدند. در این مطالعه بذرهایی که ریشه آنها به اندازه ۲ میلی متر و یا بیشتر خارج شده بود به عنوان بذر جوانه زده در نظر گرفته شدند و به این ترتیب بذرهایی جوانه زده هر روز در هر ظرف پتری شمارش شدند و برخی صفات مربوط به جوانه زنی شکل های مختلف بذرهایی تاج الملوک زینتی شامل درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و متوسط زمان جوانه زنی تحت تأثیر هیدروپرایمینگ مورد بررسی قرار گرفت. به منظور محاسبه سرعت جوانه زنی به روش ماگویی^۱ (Hartmann and Kester, 1968) از رابطه ۱ استفاده شد. همچنین درصد و متوسط زمان جوانه زنی نیز بر اساس روابط ۲ و ۳ محاسبه شدند (Soltani *et al.*, 2002).

کوچک و بزرگ در هر رنگ با جداسازی کد مربوطه از سایر بذر ها جدا شده و آماده آزمایش شدند. به این ترتیب چهار شکل مختلف از بذرها، شامل بذرهایی سیاه و قهوه ای رنگ کوچک و بزرگ از یکدیگر تفکیک شده و برای اعمال تیمارهای هیدروپرایمینگ آماده شدند. برای آماده سازی بذر جهت انجام آزمایش هیدروپرایمینگ و با توجه به عدم جوانه زنی بذرها در مراحل اولیه آزمایش و احتمال وجود خواب در بذرهایی مورد آزمایش ابتدا بذرها به مدت ۴ هفته در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. پس از این مرحله هر ۴ شکل بذرهایی تاج الملوک زینتی بر اساس نوع تیمار هیدروپرایمینگ به مدت ۴، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت در آب مقطر نگهداشته شده و سپس در سایه خشک شدند. به این ترتیب سطوح مختلف فاکتور هیدروپرایمینگ شامل خیساندن بذرها به مدت ۴، ۸، ۱۶ و ۲۴ ساعت قبل از کاشت و تیمار شاهد بدون پرایمینگ روی چهار شکل مختلف بذرهایی تاج الملوک زینتی اعمال شد. برای ضد عفونی کردن بذرها از محلول هیپو کلریت سدیم ۱ درصد استفاده شد، به این ترتیب که بذرها به مدت ۳۰ ثانیه در این محلول ضد عفونی شده و بلافاصله طی چندین مرحله متوالی مورد شستشو قرار گرفتند. سپس از هر یک از

$$\text{(رابطه ۱):} \quad \text{سرعت جوانه زنی} = \frac{\text{تعداد بذرهایی جوانه زده}}{\text{تعداد روز تا اولین شمارش}} + \frac{\text{تعداد بذرهایی جوانه زده}}{\text{تعداد روز تا آخرین شمارش}}$$

(رابطه ۲):

$$100 \times (\text{تعداد کل بذرها} \div \text{تعداد بذرهایی جوانه زده تا روز ام}) = \text{درصد جوانه زنی}$$

(رابطه ۳):

$$\text{ام} = \frac{\text{ام} \times \text{تعداد روز از آغاز جوانه زنی} \times \text{تعداد بذرهایی جوانه زده در روز}}{\text{تعداد کل بذرهایی جوانه زده}}$$

گیاچه تاکید داشته اند (Kaya et al., 2006). فینرتی و همکاران (Finnerty et al., 1992) اثر پرایمینگ روی گونه های تاج الملوک را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که پرایمینگ به طور معنی داری باعث افزایش درصد جوانه زنی گونه های تاج-الملوک کوهی (*A. caerulea*) و تاج الملوک کانادایی (*A. Canadensis*) شد. فاروق و همکاران (Farooq et al., 2010) بهبود جوانه‌زنی در بذرهای پرایم شده برنج را به افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نسبت دادند.

در این بذرها پراکسیداسیون چربی ها به واسطه افزایش شدت فعالیت آنزیم های ضد اکسیداسیون کاهش یافت که این موضوع می تواند از دلایل بهبود جوانه‌زنی در بذرهای پرایم شده تاج الملوک زینتی نیز قلمداد شود. توجه به بذرهای شاهد نشان می دهد که درصد جوانه زنی آنها از مقدار قابل توجهی بر خوردار نیست. برای توجیه این مطلب می توان این گونه عنوان نمود که در این آزمایش طول دوره جوانه زنی ۱۴ روز در نظر گرفته شد، این در حالی است که مدت زمان استاندارد ارزیابی جوانه زنی تاج الملوک ۲۸ روز است. بنابراین با وجود اختلاف معنی دار تیمارهای هیدروپرایمینگ با یکدیگر و با تیمار شاهد در شکل های مختلف بذر تاج الملوک، پاسخ کمتر بذرهای شاهد را می توان به عدم تکمیل دوره آزمون جوانه زنی نیز نسبت داد.

بررسی درصد جوانه‌زنی در بذرهای سیاه و قهوه‌ای بزرگ و کوچک نشان داد که به طور کلی بذرهای بزرگ در مقایسه با بذرهای کوچک درصد جوانه‌زنی بیشتری را داشتند، به طوری که در هر دو رنگ سیاه و قهوه‌ای، بذرهای بزرگ از درصد جوانه‌زنی بیشتری برخوردار بودند، علاوه بر این

به منظور تجزیه آماری داده ها، در نرم افزار SAS 9.1 با استفاده از روش تجزیه واریانس معنی داری اختلافات بین داده های حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش مشخص و برای مقایسه میانگین ها در صورت وجود اختلاف معنی دار، از روش دانکن با سطح معنی داری $p \leq 0.05$ استفاده شد. قبل از انجام تجزیه واریانس، با استفاده از نرم افزار Minitab ابتدا از نرمال بودن توزیع داده های خام اطمینان حاصل شد. در این آزمایش نمودارها با استفاده از نرم افزارهای Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی بذرهای تاج الملوک زینتی تحت تیمارهای مختلف نشان داد که مدت زمان هیدروپرایمینگ، اندازه و رنگ بذر تأثیر معنی داری ($p \leq 0.01$) روی درصد جوانه‌زنی داشتند. این در حالی است که اثر متقابل زمان هیدروپرایمینگ اندازه بذر و زمان هیدروپرایمینگ \times رنگ بذر تأثیر معنی داری را بر درصد جوانه‌زنی نداشتند و تنها اثر متقابل اندازه و رنگ بذر تفاوت معنی داری ($p \leq 0.01$) را در درصد جوانه‌زنی نشان داد. اثر متقابل سه فاکتور مورد بررسی در این آزمایش نیز روی درصد جوانه‌زنی بذر تاج الملوک زینتی معنی دار نبود (جدول ۱).

مقایسه میانگین های درصد جوانه‌زنی تاج الملوک زینتی نشان داد که هیدروپرایمینگ باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شد (شکل ۱ الف). گزارش های مختلفی حاکی از آن است که پرایمینگ باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذر می گردد (Murungu et al., 2003) و محققان زیادی بر اثرات مفید این روش در بهبود وضعیت جوانه‌زنی بذرها و رشد اولیه

درصد جوانه‌زنی در بذره‌های سیاه به طور معنی داری بیشتر از بذره‌های قهوه‌ای بود (شکل ۱ ب).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی بذره‌های مورد آزمایش

تاج‌الملوک زینتی

Table 1- Analysis of variance (Mean squares) of germination percentage, germination rate and mean germination time of Golden columbine (*Aquilegia chrysantha*) seeds

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	Mean متوسط زمان جوانه‌زنی germination time
هیدروپرایمینگ Hydropriming	4	3408.95**	140.97**	3.38**
رنگ بذر Seed color	1	4681.66**	139.16**	7.37**
اندازه بذر Seed size	1	1041.66**	23.74**	0.14 ^{ns}
پرایمینگ×رنگ بذر Priming×Seed color	4	76.45 ^{ns}	9.36**	0.59*
رنگ بذر×اندازه بذر Seed color×Seed size	1	601.66**	5.88*	0.003 ^{ns}
پرایمینگ×اندازه بذر Priming×Seed size	4	76.04 ^{ns}	0.56 ^{ns}	0.50*
پرایمینگ×رنگ بذر×اندازه بذر Priming×Seed color×Seed size	4	86.04 ^{ns}	1.46 ^{ns}	0.31 ^{ns}
خطای آزمایش Error	40	55.83	1.25	0.20
ضریب تغییرات (% CV)	---	11.82	15.00	17.52

***, * و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی داری می باشند.

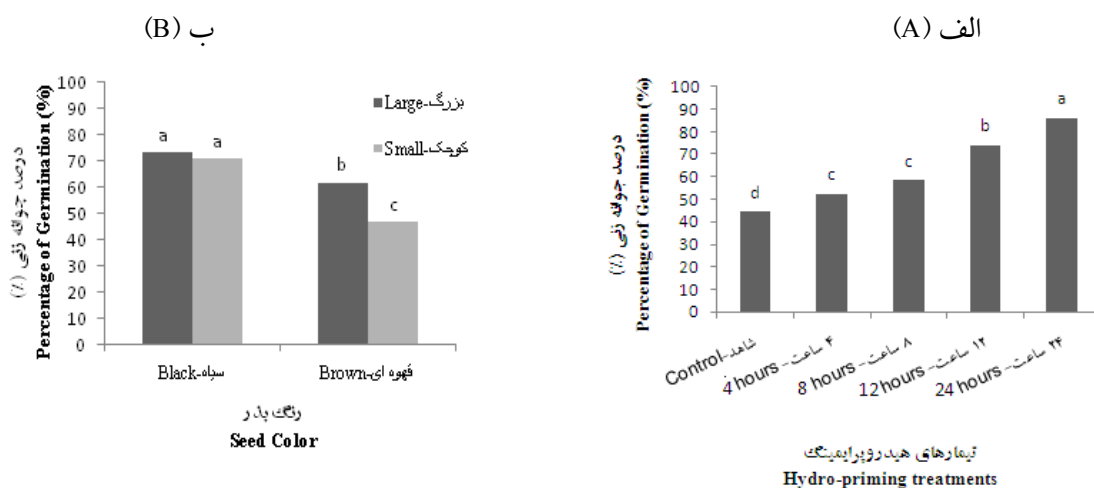
***: P<0.01, *: P<0.05 and, ns: non-significant based on Fisher's test of significance.

در بذره‌های گیاه آراییدوبسیس (*Arabidopsis thaliana*) با رنگ‌های مختلف، منجر به نفوذپذیری متغیر این بذرها می‌شود. تفاوت در رنگدانه‌ها و جذب آب توسط ژنوتیپ بذر تعیین می‌شود (Powell, 1989).

نتایج این آزمایش نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذره‌های سیاه در مقایسه با بذره‌های قهوه‌ای بیشتر بود این در حالی است که پوگا-هرمیدا (Puga-Hermida et al., 2003) بیان داشت که در گیاه کلزا میزان جذب آب در بذره‌های با رنگ‌های مختلف، متفاوت و در بذره‌های تیره تر آهسته تر از بذره‌های روشن است. بنابراین انتظار بر این بود که جذب آب توسط بذره‌های قهوه‌ای بیشتر صورت گرفته و درصد

به این ترتیب که حتی در مورد بذره‌های کوچک سیاه، درصد جوانه‌زنی بیشتر از بذره‌های قهوه‌ای بزرگ بود. لئون-کلوسترزیا و همکاران (Leon-Kloosterziel et al., 1994) بیان کردند که خصوصیات مربوط به پوشش بذر در تعیین شکل بذر، خواب و جوانه‌زنی مهم است. مثلاً وجود رنگدانه‌ها در پوشش بذر می‌تواند جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار دهد (Matilla et al., 2005). پوشش بذر لایه اصلی مسئول در نفوذ ناپذیری بذر بوده و اغلب دارای سلول‌های پارانشیم نردبانی منشوری کشیده شعاعی و فشرده در کنار هم است (Meisert et al., 1999). چاپل و همکاران (Chapple et al., 1994) گزارش کردند که لایه پارانشیم نردبانی پوشش بذر

جوانه‌زنی این بذرها در مقایسه با بذرهای سیاه رنگ بیشتر باشد.



شکل ۱- الف) اثر هیدروپرایمینگ بذر و ب) اثر متقابل رنگ × اندازه بذر بر درصد جوانه‌زنی
Figure 1- A) Effect of hydro-priming and, B) Interaction of color and size of seeds on germination percentage

زمان عمل هیدروپرایمینگ کم کرده و باعث جذب بهتر آب و در نتیجه جوانه‌زنی بهتر این بذرها شده است.

مدت زمان هیدروپرایمینگ، اندازه بذر و رنگ بذر تأثیر معنی داری ($p \leq 0.01$) را بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای تاج‌الملوک زیتی داشتند (جدول ۱). علاوه بر این اثر متقابل زمان هیدروپرایمینگ × رنگ بذر ($p \leq 0.01$) و اثر متقابل رنگ × اندازه بذر ($p \leq 0.05$) نیز تفاوت معنی دار بر سرعت جوانه‌زنی نشان دادند. این در حالی بود که اثر متقابل زمان هیدروپرایمینگ × اندازه بذر و همچنین اثر متقابل زمان هیدروپرایمینگ × رنگ × اندازه بذر، معنی دار نبود (جدول ۱). شاخص ماگویر، شاخص شتاب^۱ جوانه‌زنی بذر محسوب می شود و ممکن است نمونه های با مقدار مشابه درصد جوانه‌زنی، مقادیر مختلفی

در حالی که این انتظار برآورده نشد و بذرهای سیاه رنگ درصد جوانه‌زنی بیشتری را نشان دادند. در توجیه این مطلب باید گفت که با توجه به میانگین بیشتر اندازه بذرهای سیاه نسبت به بذرهای قهوه ای رنگ (به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۰۵ سانتی متر مربع) در مجموع بذرهای سیاه رنگ بذرهای بزرگ تری نسبت به بذرهای قهوه‌ای بودند، بنابراین این انتظار وجود داشت که با توجه به اندوخته بیشتر در بذرهای بزرگ تر، جوانه‌زنی بهتر در این بذرها مشاهده شود. از سوی دیگر تیمار هیدروپرایمینگ را نیز نباید از نظر دور داشت. چرا که جذب کمتر آب در بذرهای سیاه رنگ در مقایسه با بذرهای قهوه‌ای زمانی در جوانه‌زنی تأثیر بیشتری را خواهد داشت که بذرهای خشک در معرض آزمایش قرار گیرند. این در حالی بود که به نظر می رسد تیمارهای هیدروپرایمینگ در این آزمایش اثر منفی رنگ بذر در جذب آب در بذرهای سیاه را با نرم کردن پوسته بذر طی مدت

1 Index of velocity

برای جوانه‌زنی مطلوب تر در بذره‌های تیمار شده باشد (Singh, 1995). چاجناوسکی و همکاران (Chojnowski *et al.*, 1997)، بیان داشتند که در بذره‌های پرآیم شده افزایش در فعالیت‌های تنفسی و در نتیجه تولید ATP، تحریک فعالیت RNA و پروتئین‌سازی می‌تواند موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی شوند. همانند سازی DNA، تحریک فعالیت RNA و در نتیجه پروتئین‌سازی، ترمیم غشای سلولی و افزایش غلظت هورمون‌های محرک جوانه‌زنی از جمله اتیلن در زمان جذب آب توسط بذر صورت گرفته که مجموعه این عوامل، مقدمات جوانه‌زنی را فراهم می‌آورند. به همین دلیل زمانی که این بذره‌های پرآیم شده تحت شرایط جوانه‌زنی قرار می‌گیرند در مقایسه با بذره‌های شاهد سریعتر جوانه زده و می‌توانند از منابع محیطی بهتر بهره برداری کنند.

آب توسط بذر طی سه مرحله مشخص جذب می‌شود. در مرحله اول، بذر آب جذب کرده و وزن آن در طی این مرحله به صورت خطی افزایش می‌یابد. در مرحله دوم سرعت جذب آب با میزان ثابت انجام می‌گیرد و در طی این مرحله میزان محتوای آب بذر تغییر اندکی می‌کند. فرایندهای مهم متابولیکی طی مراحل اول و دوم انجام شده و بذر برای جوانه‌زنی آماده می‌شود. در نهایت طی مرحله سوم ریشه چه خارج می‌شود (Azarnivand *et al.*, 2010). در روش پرآیم‌نگ بذر مقدار محدودی آب در اختیار گیاه قرار می‌گیرد تا فقط مراحل مقدماتی جوانه‌زنی قبل از خروج ساقه چه و ریشه چه انجام گیرد. در واقع هدف فرایند پرآیم‌نگ جذب آب تا مرحله دوم می‌باشد (Murungu *et al.*, 2003).

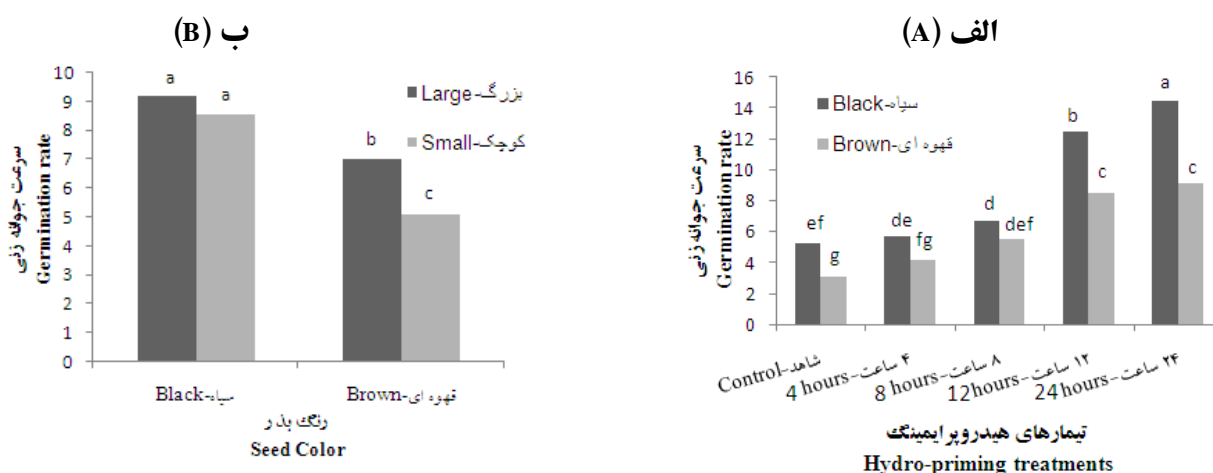
افزایش سرعت زمان و جوانه‌زنی در تیمارهای هیدروپرآیم‌نگ ۱۲ و ۲۴ ساعت در بذره‌های سیاه

از این شاخص را نشان دهند. اگرچه ماگویر واحد این شاخص را ارائه نکرده است اما واحد این شاخص تعداد گیاهچه‌های عادی جوانه زده در روز است (Ranal and De Santana, 2006).

واکنش بذره‌های سیاه و قهوه‌ای رنگ نسبت به تیمار هیدروپرآیم‌نگ متفاوت بود. ارزیابی اثر تیمار هیدروپرآیم‌نگ در بذره‌های قهوه‌ای و سیاه نشان داد که به طور کلی سرعت جوانه‌زنی در بذره‌های سیاه در مقایسه با بذره‌های قهوه‌ای بیشتر بود و با افزایش مدت زمان هیدروپرآیم‌نگ بر شدت این اختلاف افزوده شد (شکل ۲ الف). مشاهده مقادیر سرعت جوانه‌زنی در بذره‌های سیاه و قهوه‌ای تاج‌الملوک زینتی نشان داد که به جز در مورد تیمار ۸ ساعت هیدروپرآیم‌نگ در سایر تیمارهای هیدروپرآیم‌نگ و تیمار شاهد تفاوت معنی داری بین سرعت جوانه‌زنی بذره‌های سیاه و قهوه‌ای وجود داشت. نتایج نشان داد که در هر دو رنگ سیاه و قهوه‌ای بذره‌های تاج‌الملوک زینتی، با افزایش مدت زمان هیدروپرآیم‌نگ سرعت جوانه‌زنی نیز افزایش پیدا کرد. مورونگو و همکاران (Murungu *et al.*, 2003) بیان کردند که هنگامی که بذر پرآیم شده در محیط مناسب جوانه‌زنی قرار می‌گیرد، سریع‌تر از بذره‌های پرآیم نشده جوانه می‌زند. علت تسریع جوانه‌زنی در بذره‌های پرآیم شده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده مثل آلفا-آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA و همچنین افزایش تعداد و در عین حال ارتقاء عملکرد میتوکنندری باشد (Shivankar *et al.*, 2003). در بذره‌های پرآیم شده کارکرد و ساختار غشاء سلولی در مقایسه با بذره‌های شاهد در وضعیت مطلوب تری می‌باشد که این عوامل در مجموع می‌توانند توجیهی

(شکل ۲ الف). افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای پرایم شده در شرایط نامساعد مزرعه از جمله پایین بودن دما و کمبود رطوبت می‌تواند در شرایط اقلیمی ایران بسیار حائز اهمیت باشد. همچنین پرایمینگ باعث کاهش ناهمگونی فیزیولوژیکی در توده بذر می‌شود (Still and Bradford, 1997).

رنگ با شدت بیشتری همراه بود. به طوری که در بذرهای سیاه بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ و در بذرهای قهوه‌ای بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ مشاهده شد. کمترین سرعت جوانه‌زنی نیز در هر دو رنگ سیاه و قهوه‌ای در تیمار شاهد و تیمار ۴ ساعت هیدروپرایمینگ بدست آمد



شکل ۲- الف) اثر متقابل هیدروپرایمینگ × رنگ بذر و ب) اثر متقابل رنگ × اندازه بذر بر سرعت جوانه‌زنی
Figure 2- A) Interaction of hydro-priming and seed color, and B) Interaction of color and size of seeds on germination rate

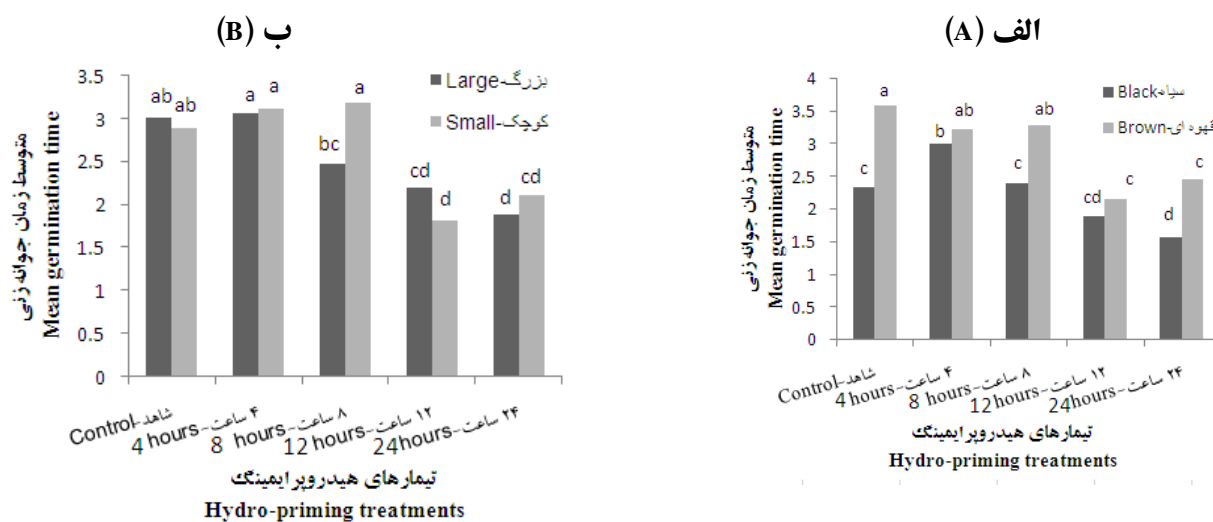
شاخص ماگور نشان دهنده بنیه بالاتر گیاهچه‌های یک نمونه در مقایسه با نمونه دیگر است. از این رو می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که بنیه بذرهای سیاه در مقایسه با بذرهای قهوه‌ای بالاتر بوده و یا اینکه بنیه بذرهای قهوه‌ای بزرگ از بذرهای قهوه‌ای کوچک بیشتر بود که ممکن است باعث بیشتر شدن سرعت جوانه‌زنی بذرهای سیاه رنگ در مقایسه با بذرهای قهوه‌ای رنگ و همچنین بذرهای قهوه‌ای بزرگ نسبت به بذرهای قهوه‌ای کوچک شده است. تأثیر تیمار هیدروپرایمینگ و رنگ بذر بر متوسط زمان جوانه‌زنی معنی‌دار ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل

مقایسه سرعت جوانه‌زنی بذرهای سیاه و قهوه‌ای نشان داد که به طور کلی بذرهای سیاه دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتر بود و تفاوت معنی‌داری بین بذرهای سیاه و قهوه‌ای از این نظر مشاهده شد. بذرهای سیاه کوچک و بزرگ از نظر سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند، این در حالی بود که در بذرهای قهوه‌ای، اندازه بذر به عنوان عاملی تأثیرگذار مطرح بود و سرعت جوانه‌زنی بذرهای قهوه‌ای بزرگ نسبت به بذرهای قهوه‌ای کوچک به طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل ۲ ب). رانال و دسانتان (Ranal and De Santana, 2006) بیان داشتند که مقادیر بالای

قهوه‌ای بود. این امر به نحوی نشان دهنده سرعت جوانه‌زنی بیشتر بذره‌های سیاه نسبت به بذره‌های قهوه‌ای است. با افزایش مدت هیدروپرایمینگ از میزان متوسط زمان جوانه‌زنی کاسته شد به طوری که در تیمارهای ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ بدون وجود اختلاف معنی دار در هر دو نوع بذر سیاه و قهوه‌ای کمترین میزان متوسط زمان جوانه‌زنی مشاهده شد (شکل ۳ الف).

هیدروپرایمینگ × اندازه بذر و هیدروپرایمینگ × رنگ بذر نیز تفاوت معنی دار را با سطح احتمال $p \leq 0.05$ نشان داد، اما اثر متقابل رنگ × اندازه بذر و اثر متقابل هیدروپرایمینگ × رنگ × اندازه اثر معنی داری را بر متوسط زمان جوانه‌زنی بذرها نداشت (جدول ۱).

در بین بذره‌های سیاه و قهوه‌ای، در مجموع متوسط زمان جوانه‌زنی در بذره‌های سیاه کمتر از بذره‌های



شکل ۳- الف) اثر متقابل هیدروپرایمینگ × رنگ بذر و ب) اثر متقابل هیدروپرایمینگ × اندازه بذر بر متوسط زمان جوانه‌زنی
Figure 2- A) Interaction of hydro-priming and seed color, and B) Interaction of hydro-priming and seed size on mean germination time

تواند توجیهی برای کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی باشد (Sung and Chiu, 1995). در یک آزمایش کاربرد هیدروپرایمینگ در آفتابگردان باعث کاهش میانگین مدت جوانه‌زنی شد (Chiu et al., 1995).

در بذره‌های کوچک از تیمار ۸ ساعت به ۱۲ و ۲۴ ساعت و در بذره‌های بزرگ از تیمار ۴ ساعت به ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ روند کاهشی متوسط زمان جوانه‌زنی شدت بیشتری پیدا کرد. به طوری که کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی در هر دو نوع بذره‌های کوچک و بزرگ در تیمارهای ۱۲ و ۲۴

مقایسه متوسط زمان جوانه‌زنی بذره‌های کوچک و بزرگ تحت تیمارهای مختلف هیدروپرایمینگ نشان داد که در هر دو نوع بذر با افزایش زمان هیدروپرایمینگ از میزان متوسط زمان جوانه‌زنی کاسته شد (شکل ۳ ب). در بذره‌های پرآب شده پاره ای تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی به نفع جوانه‌زنی تحقق می‌یابد. برای مثال در این بذرها بخشی از پروتئین‌ها و هیدرات‌های کربن در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیز کننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوانه‌زنی می‌شوند. این مسأله می

آب تا خروج ریشه چه در بذرهای سیاه رنگ و همچنین بذرهای بزرگ تر که تحت تیمارهای هیدروپرایمینگ ۲۴ و ۱۲ ساعت قرار داشتند مشاهده شد.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که بذرهای بزرگ در مقایسه با بذرهای کوچک تاج‌الموک عملکرد بهتری داشتند. بذرهای بزرگ تر دارای مواد اندوخته ای بیشتری بوده و این امر احتمالاً در کارآیی بالاتر صفات جوانه‌زنی بذرهای بزرگ تر تأثیرگذار بوده است. علاوه بر این بذرهای سیاه رنگ نیز در مقایسه با بذرهای قهوه‌ای در ارتباط با صفات بیان شده تظاهرات بهتری را نشان دادند. همچنین با افزایش مدت زمان تیمار هیدروپرایمینگ بر کارایی جوانه‌زنی بذرهای تحت این تیمارها افزوده شد. 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.

ساعت هیدروپرایمینگ مشاهده شد. علاوه بر این بررسی دقیق مقدار سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای ۱۲ و ۲۴ ساعت هیدروپرایمینگ در بذرهای کوچک و بزرگ نشان داد که تفاوت معنی داری بین بذرهای کوچک و بذر مشاهده نشد (شکل ۳ ب). این در حالی است که یافته‌های گزانجیان (Gzanchian, 2008) در مورد گونه‌های باریک برگ نشان داد که گراس‌های دارای بذرهای کوچک در مقایسه با گراس‌های دارای بذرهای درشت جوانه‌زنی بهتری را در پاسخ به پرایمینگ نشان دادند. ماوی و همکاران (Mavi et al., 2010) بیان کردند که متوسط زمان جوانه‌زنی را می‌توان به دو عامل مرتبط دانست؛ بنیه بذر که با آن رابطه معکوس دارد و طول دوره تأخیری جذب آب تا برآمدگی ریشه چه. هرچه مقدار این شاخص (متوسط زمان جوانه‌زنی) بیشتر باشد نشان می‌دهد که بین قرار گرفتن بذر در محیط کشت و جذب آب تا آغاز فعالیت جنین و خروج ریشه چه مدت زمان بیشتری صرف شده است. از این رو می‌توان این گونه استنباط کرد که در آزمایش ما بیشترین بنیه بذر و کمترین زمان تأخیری بین جذب

References

منابع

- Anonymous.** 2012. *Aquilegia chrysantha* yellow queen [Online]. Available at <https://www.wootensplants.com/product/aquilegia/aquilegia-chrysantha-yellow-queen/> (accessed 10 April 2012; verified 6 September. 2012). wootens of wenhaston, the plantsman's nursery. UK.
- Azarnivand, H., M. Abasi, and A. Enayati.** 2010. Evaluation and determination of the best hydro and osmopriming treatments for germination properties of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum*). J. Range Watershed Manage. 62: 431-444.
- Baskin, J.M., X. Nan, and C.C. Baskin.** 1998. A comparative study of seed dormancy and germination in an annual and a perennial species of *Senna* (Fabaceae). Seed Sci. Res. 8: 501-512.
- Bourgne, S., C. Job, and D. Job.** 2000. Sugarbeet seed priming: solubilization of the basic subunit of 11-S globulin in individual seeds. Seed Sci. Res. 10: 153-162.
- Bradford, K.J., J.J. Steiner, and S.E. Trawatha.** 1990. Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. Crop Sci. 30: 718-721.
- Chapple, C.C.S., B.W. Shirley, M. Zook, R. Hammerschmidt, and S.C. Somerville.** 1994. Secondary metabolism in *Arabidopsis*. Arabidopsis: 989-1030.
- Chiu, K., C. Wang, and J. Sung.** 1995. Lipid peroxidation and peroxide scavenging enzymes associated with accelerated aging and hydration of watermelon seeds differing in ploidy. Physiol. Plant. 94: 441-446.
- Chojnowski, M., F. Corbineau, and D. Côme.** 1997. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. Seed Sci. Res. 7: 323-332.

- Davis, T.D., D. Sankhla, N. Sankhla, A. Upadhyaya, J. Parsons, and S. George. 1993.** Improving seed germination of *Aquilegia chrysantha* by temperature manipulation. Hort Sci. 28: 798-799.
- Farooq, M., S.M.A. Basra, A. Wahid, and N. Ahmad. 2010.** Changes in nutrient-homeostasis and reserves metabolism during rice seed priming: consequences for seedling emergence and growth. Agric.Sci. in China. 9: 191-198.
- Finnerty, T.L., J.M. Zajicek, and M.A. Hussey. 1992.** Use of seed priming to bypass stratification requirements of three *Aquilegia* species. Hort Sci. 27: 310-313.
- Gutterman, Y. 2002.** Survival strategies of annual desert plants. adaptations of desert organisms. Berlin: Springer-Verlag.
- Gzanchian, A. 2008.** Determination of the best condition of seed priming for germination improvement of perennial grasses using PEG. first conf. Iranian seed Sci. Technol. (in Persian).
- Hartmann, H.T., and D.E. Kester. 1968.** Plant propagation: principles and practices. Plant propagation: principles and practices. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Hussain, M., M. Farooq, S.M. Basra, and N. Ahmad. 2006.** Influence of seed priming techniques on the seedling establishment, yield and quality of hybrid sunflower. Int. J. Agric. Biol. 8: 14-18.
- Kaya, M.D., G. Okçu, M. Atak, Y. Çikılı, and Ö. Kolsarıcı. 2006.** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eur. J. Agron. 24: 291-295.
- Leon-Kloosterziel, K.M., C.J. Keijzer, and M. Koornneef. 1994.** A seed shape mutant of *Arabidopsis* that is affected in integument development. Plant Cell. 6: 385-392.
- Matilla, A., M. Gallardo, and M.I. Puga-Hermida. 2005.** Structural, physiological and molecular aspects of heterogeneity in seeds: a review. Seed Sci. Res. 15: 63-76.
- Mavi, K., I. Demir, and S. Matthews. 2010.** Mean germination time estimates the relative emergence of seed lots of three cucurbit crops under stress conditions. Seed Sci. Technol. 38: 14-25.
- Meisert, A., D. Schulz, and H. Lehmann. 1999.** Structural features underlying hardseededness in geraniaceae. Plant Biol. 1: 311-314.
- Murungu, F., P. Nyamugafata, C. Chiduzza, L. Clark, and W. Whalley. 2003.** Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). Soil Tillage Res. 74: 161-168.
- Nau, J. 1999.** Ball Culture Guide: the encyclopedia of seed germination..Ball Pub., Batavia, IL.
- Powell, A.A. 1989.** The importance of genetically determined seed coat characteristics to seed quality in grain legumes. Ann. Bot. 63: 169-175.
- Puga-Hermida, M.I., M. Gallardo, and A.J. Matilla. 2003.** The zygotic embryogenesis and ripening of *Brassica rapa* seeds provokes important alterations in the levels of free and conjugated abscisic acid and polyamines. Physiol. Plant. 117: 279-288.
- Ranal, M.A., and D.G. De Santana. 2006.** How and why to measure the germination process? Revista Brasil. Bot. 29: 1-11.
- Shivankar, R., D. Deore, and N. Zode. 2003.** Effect of pre-sowing seed treatment on establishment and seed yield of sunflower. J. Oilseeds Res. 20: 299-300.
- Singh, B.G. 1995.** Effect of hydration-dehydration seed treatments on vigour and yield of sunflower. Indian J. Plant Physiol. 38: 66-68.
- Soltani, A., S. Galeshi, E. Zeinali, and N. Latifi. 2002.** Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol. 30: 51-60.
- Still, D.W., and K.J. Bradford. 1997.** Endo-B-mannanase activity from individual tomato endosperm caps and radicle tips in relation to germination rats. Plant Physiol. 113: 21-29.
- Sung, J.M., and K.Y. Chiu. 1995.** Hydration effect on seedling emergence strength of watermelon seeds differing in ploidy. Plant Sci. 110: 21-26.
- Venable, D.L. 1985.** The evolutionary ecology of seed heteromorphism. Am. Nat. 126: 577-595.
- Wang, H.Y., C.L. Chen, and J.M. Sung. 2003.** Both warm water soaking and soild priming treatments enhance anti - oxidation of bitter gourd seeds germinated at sub optimal temperature. Seed Sci. Technol. 31: 47-56.
- Wang, L., Z. Huang, C.C. Baskin, J.M. Baskin, and M. Dong. 2008.** Germination of dimorphic seeds of the desert annual halophyte *Suaeda aralocaspica* (Chenopodiaceae), a C4 plant without kranz anatomy. Ann. Bot. : 757-769 102: 757-769.
- Weaich, K., K.L. Bristow, and A. Cass. 1992.** Preemergent shoot growth of maize under different drying conditions. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1272-1278.
- Wei, Y., M. Dong, and Z.Y. Huang. 2007.** Seed polymorphism, dormancy and germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae), a dominant desert annual inhabiting the Junggar Basin of Xinjiang, China. Aust. J. Bot. 55: 464-470.
- Welch, W.C. 1989.** Perennial Garden Color: Taylor Publishing Company.