"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دوم، شماره ۲، پائیز و زمستان ۹۲
شماره صفحه: ۱۵۹- ۱۴۷

بررسی تیمارهای پیش‌سرمادهی و خراش‌دهی (شیمیائی و فیزیکی) در شکستن خواب بذر خردل وحشی *Sinapis arvensis*

حسین رضوانی[۱]، جعفر اصغری[۲] و سید محمدرضا احتشامی[۳*]

۱- دانشجوی دوره دکترای زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

۲- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

۳- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

چکیده

به منظور یافتن روش‌های شکستن خواب بذر خردل وحشی(*Sinapis arvensis*)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان در سال ۱۳۸۹ انجام شد. بذرها به سه قسمت تقسیم شدند و دو قسمت از آن به ترتیب به مدت دو و چهار هفته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در شرایط مرطوب (سرمادهی مرطوب) به‌طور یکنواخت نگهداری شدند و یک قسمت از بذرها نیز در شرایط آزمایشگاه و در دمای معمولی قرار گرفتند. سپس ۹ تیمار شکستن خواب مکانیکی و شیمیایی شامل تیمار بذرها با استفاده از اسید جیبرلیک با غلظت ۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون؛ ۱، ۲ و ۴ دقیقه فرو بردن در اسید سولفوریک و ۱، ۲ و ۳ دقیقه خراش‌دهی با سنباده برای سه قسمت بذر اعمال و سرعت، یکنواختی و درصد جوانه‌زنی آن‌ها بررسی شد. همچنین به منظور تعیین تأثیر تیمارها بر نفوذپذیری پوسته بذر به آب، روند زمانی جذب آب بذرها پس از اعمال تیمارها مطالعه گردید. نتایج آزمایش حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمارهای پیش سرمادهی و خراش‌دهی و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بود. براساس نتایج، برای شرایط عدم سرمادهی مرطوب و دو هفته سرمادهی مرطوب، مؤثرترین تیمارها، تیمار قرار دادن بذرها در اسید جیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون به‌مدت ۲۴ ساعت و به‌دنبال آن‌ها تیمار ۲ دقیقه خراش‌دهی مکانیکی بود. بدون استفاده از تیمار پیش سرمادهی، درصد جوانه‌زنی در تیمار ۲۴ ساعت غوطه‌وری در اسید جیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون(ppm)و دو دقیقه خراش‌دهی مکانیکی به ترتیب ۵۸/۵، ۵۶ و۴۷/۵ درصد مشاهده شد. با وجود دو هفته سرمادهی مرطوب درصد جوانه‌زنی این تیمارها با اندکی افزایش درحدود ۷۷/۲۵، ۷۶/۵ و۵۳/۵۲ درصد بود، درحالی‌که در شرایط ۴ هفته سرمادهی مرطوب درصد جوانه‌زنی در تیمارهای فوق به ترتیب حدود ۷۷، ۶۵ و ۶۶ درصد کاهش نشان داد. در پایان مشخص شد که بهترین تیمار جهت کاهش خواب بذر خردل وحشی و بهبود جوانه‌زنی آن، تیمار ۲۴ ساعت غوطه‌ور کردن در اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون(ppm) و ۲ دقیقه سنباده می‌باشد.

کلمات کلیدی: خردل وحشی، خواب بذر، خراش‌دهی، پیش‌سرمادهی، جوانه‌زنی.

نویسنده مسئول: سید محمدرضا احتشامی، رشت- دانشگاه گیلان- دانشکده کشاورزی- گروه زراعت و اصلاح نباتات
E-mail: smrehteshami@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۳
تاریخ تصویب: ۹۲/۹/۱۱

مقدمه

خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) گیاهی یک‌ساله و از تیره چلیپائیان (*Brassicaceae*) بوده که فقط توسط بذر تکثیر می‌یابد (Warwick *et al*., 2005). این علف هرز به دامنه وسیعی از دما (۴۸ – ۱۵ درجه سانتی‌گراد) سازگاری داشته و به آسانی در اثر یخبندان از بین نمی‌رود (Huang *et al*., 2001). خردل وحشی در بیشتر مناطق جهان وجود دارد و عموماً بومی اروپا، خاورمیانه و شرق آسیا می باشد. این علف‌هرز در ۵۲ کشور و در ۳۰ گیاه زراعی مشاهده شده و به‌عنوان یک علف هرز جدی در غلات، چغندرقند، ذرت و کلزا گزارش شده است. در هر بوته خردل وحشی ۲۵۰۰- ۲۰۰۰ بذر تولید می‌شود. البته بوته‌هایی که در شرایط عدم رقابت گیاهان دیگر رشد می‌کنند، بزرگ‌تر بوده و مقدار بذر تولید شده در آن‌ها بسیار بیشتر است (Zeinali and Ehteshami, 2003). به‌دلیل تنوع خواب بذر[1]، جوانه‌زنی بذرهای خردل وحشی به‌صورت نامنظم صورت می‌گیرد و ممکن است سال‌ها طول بکشد تا تمام بذرهای مربوط به توده معینی از بذرهای خردل وحشی جوانه بزنند. از این رو، درصورتی‌که بوته‌های خردل وحشی موفق به تولید بذر شوند، تزاحم، این‌گونه سال‌ها ادامه خواهد یافت (Baghestani and Zand, 2003). علت خواب بذر خردل وحشی ماده بازدارندهٔ رشدی است که در غلظت‌های کم اکسیژن، در جنین تولید می‌شود. لایه‌ای از موسیلاژها و فنل‌ها در پوسته بذر خردل وحشی از طریق جلوگیری از انتشار اکسیژن به جنین، زمینه تشکیل این ماده را فراهم می‌نماید (Benech-Arnold *et al*., 1974). خواب بذر یک ویژگی سازگارکننده در بعضی بذرها به‌ویژه بذرهای علف‌های هرز برای بهینه‌سازی توزیع جوانه‌زنی در طول زمان است (Bewley *et al*., 2003) و پایداری گیاهان را در محیط‌های همیشه درحال تغییر، مانند زمین‌های زراعی، افزایش می‌دهد (Benech-Arnold *et al*., 2000). برای مطالعه اثر عوامل مختلف بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر نیاز است که خواب بذر به صورت مصنوعی و در آزمایشگاه با روش‌های ساده،کم‌هزینه، سریع و اثربخش از بین برود. به عبارت دیگر برای به‌دست آوردن درصد بالایی از جوانه‌زنی در یک دورهٔ زمانی کوتاه، اعمال پیش‌تیمارهای خاص ضروری است. فواید پیش‌تیمار باید نسبت به هزینه‌ها و مشکلاتی که برای اجرای تیمار وجود دارد، موازنه شود (Asghari *et al*., 2001). هدف تیمارهایی که برای غلبه بر خواب فیزیکی پوسته بذر طراحی می‌شوند، اغلب نرم ساختن، سوراخ کردن، سائیدن و یا ایجاد شکاف در پوسته بذر برای نفوذپذیر کردن آن به آب و گازها، بدون آسیب رساندن به جنین یا آندوسپرم است. این تیمارها شامل روش‌های فیزیکی،زیستی، گرمادهی خشک[2]، غوطه‌ورسازی در آب و محلول‌های شیمیایی است. خراش‌دهی مکانیکی، تکنیکی متداول برای غلبه بر نفوذناپذیری پوشش بذر به رطوبت و گازها به‌شمار می‌رود (Foley, 2004). خیساندن بذر واریته‌هایی از سماق[3] به‌مدت ۱ دقیقه در اسیدسولفوریک غلیظ در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۱ دقیقه یا کمتر در

1. Seed dormancy

2. Dry heat

3. *Rhus coriaria*

آب جوش، درون‌بر بذر را تراوا می‌کند (Li *et al*., 2002). اسکاتی و الرواهی (Sacheti and Al-Rawahy, 2005) ۶ تیمار مختلف را برای شکستن خواب بذر چهارگونه مهم و مفید از تیره نیامداران که دارای پوسته سخت و غیرقابل نفوذ بودند، به کار گرفتند و دریافتند که خراش‌دهی[1] با سنباده به مدت ۱۰ ساعت و قرار دادن در اسید سولفوریک غلیظ به‌مدت ۴۵ دقیقه، جوانه‌زنی را در هر ۴ گونه افزایش می‌دهد، درحالی‌که قراردادن بذرها در آب جوشیده سرد شده به‌مدت ۲۴ ساعت، اندکی جوانه‌زنی را افزایش داد و قرار دادن بذرها در معرض گرمای خشک به‌مدت بیشتر از ۶ ساعت در دمای ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد، جوانه‌زنی را کاهش داد. تیسچلر و بورسون (Tischler and Burson,1999) بیان داشتند که بذرهای تازه برداشت شده بیوتیپ‌های گونه *پاسپالوم ویلاتاتوم*[2] بهترین پاسخ به جوانه‌زنی را در تیمار ۵ دقیقه اسید سولفوریک داشتند. به‌طور کلی سختی‌بذر، شکلی نسبتاً مطلق از خواب بذر به‌دلیل عدم نفوذپذیری ساختار پوششی به آب و یا گازها می‌باشد. سختی‌بذر در بسیاری از علف‌های هرز مانند گاوپنبه[3]، پیچک صحرایی[4]، گونه‌های مختلف اویارسلام[5]، شیرین بیان[6] و خردل وحشی متداول می باشد (Foley, 2007). هنگامی‌که پوسته بذر نفوذپذیر شود، خواب بذر کاهش می‌یابد. اگر شرایط محیطی (دما، رطوبت و اکسیژن) مناسب باشد، بذر جوانه خواهد زد، درحالی‌که بعد از دو سال انبارداری، بالاترین درصد جوانه‌زنی با استفاده از تیمار قرار دادن در اسید سولفوریک به‌مدت ۱ دقیقه به‌دست آمد (Warwick *et al*., 2005). در زمینه تأثیر تیمارهای پیش‌سرمادهی و خراش‌دهی مکانیکی و شیمیایی بر بذر محصولات کشاورزی و برخی از گیاهان زینتی، اطلاعات زیادی وجود دارد، درحالی‌که در مورد علف‌های هرز مهم کشور ازجمله خردل وحشی اطلاعات کاربردی چندانی وجود ندارد. بنابراین باتوجه به گسترش روزافزون تمایل محققین کشور به مطالعه بذرهای گیاهان هرز از جنبه‌های مختلف، این آزمایش به‌منظور یافتن روش‌های قابل اجرای ساده، کم‌هزینه، سریع و در عین‌حال کارآمد برای شکستن خواب بذر خردل وحشی و مطالعه تأثیر تیمارهای مختلف پیش-سرمادهی و خراش‌دهی شیمیایی و مکانیکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر این گیاه هرز انجام می‌شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از بذرهای جمع‌آوری شده خردل وحشی(*Sinapis arvensis*) از مزارع ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان و مزارع اطراف آن با موقعیت جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان در سال ۸۹ انجام شد. جمعیت بذر جمع‌آوری شده به ۳ قسمت تقسیم شد، دو قسمت از آن به‌ترتیب به مدت ۲ هفته

1. Scarification
2. *Paspalum dilatatum*
3. *Abutilon theophrastii*
4. *Convolvulus arvrensis*
5. *Cyperus* spp.
6. *Glycyrrhiza glabra*

و ۴ هفته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در شرایط مرطوب (سرمادهی مرطوب) در درون انکوباتور نگهداری شدند و ۱ قسمت از بذرها در شرایط آزمایشگاه و در دمای معمولی نگهداری گردیدند. بذرها در تمامی طول دوره سرمادهی به‌طور یکنواخت مرطوب نگه داشته شدند. محفظه نگهداری بذرها کاملاً پوشیده شده بود و از خشک شدن آن‌ها جلوگیری به عمل آمد. در پایان دوره سرمادهی، بذرهای جوانه زده جدا و بقیه بذرها شسته شده و تفکیک گردیدند. پس از اعمال تیمارهای سرمادهی مرطوب تاحد امکان بذرها باید به‌سرعت به محیط کشت منتقل شوند. در آزمایش‌ها و بررسی‌های اولیه، تیمارهای متعددی برای شکستن خواب بذر مورد استفاده قرار گرفتند که از میان آن‌ها ۹ تیمار که مؤثرتر به‌نظر می‌رسیدند، انتخاب شدند. این تیمارها عبارت بودند از : قرار دادن بذرها در محلول‌های اسیدجیبرلیک با سه غلظت ۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون (ppm) به‌مدت ۲۴ ساعت و قراردادن در اسیدسولفوریک غلیظ (۹۸ درصد) به‌مدت یک، دو و چهار دقیقه و خراش‌دهی بذرها با استفاده از کاغذ سنباده به مدت یک، دو و سه دقیقه. این ۹ تیمار روی سه گروه از بذرها اعمال شدند که پیشتر هر یک در شرایط پیش سرمادهی مرطوب خاصی شامل: دو هفته سرمادهی مرطوب، چهار هفته سرمادهی مرطوب و نگهداری در شرایط معمولی قرار گرفته بودند. قابل ذکر است که در هر یک از سه گروه از شرایط نگهداری، یک شاهد بدون اعمال تیمار خراش‌دهی در کنار سایر تیمارها قرار گرفت. برای اعمال هر یک از ۹ تیمار خراش‌دهی در هر یک از سه گروه جمعیت بذر،۲۰۰ عدد بذر سالم به‌طور تصادفی انتخاب و ۲۰۰ عدد بذر نیز به‌عنوان شاهد بدون اعمال تیمار، از هر یک از سه قسمت جمعیت بذر انتخاب شدند. سپس بذرها به‌صورت ۳ تکرار ۵۰ تایی در ظرف‌های پتری که کف آنها یک لایه کاغذ صافی قرار داده شده بود، به‌صورت تصادفی قرار گرفتند و سپس یک لایه کاغذ جوانه‌زنی نیز روی بذرها قرار داده شد و در تمام مراحل آزمایش کاغذهای جوانه‌زنی، مرطوب نگه داشته شدند. برای اجرای تیمار اسیدسولفوریک غلیظ ابتدا برای هر یک از تیمارها ۲۰۰ عدد بذر را جدا کرده و سپس به مدت زمان مورد نظر، ۱ ، ۲ و ۴ دقیقه، درون یک ظرف شیشه‌ای محتوی اسیدسولفوریک غلیظ با خلوص حدود ۹۸ درصد قرار داده شدند و پس از پایان مدت زمان لازم، بذرها از ظرف حاوی اسیدسولفوریک خارج و بلافاصله با آب فراوان شستشو شدند تا باقی‌مانده اسیدسولفوریک به‌طور کامل زدوده شد. در مورد تیمار اسیدجیبرلیک نیز برای هر یک از تیمارها ۲۰۰ عدد بذر را جدا کرده و در سه غلظت ۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده و بعد از آن بذرها از ظرف حاوی اسیدجیبرلیک خارج و با آب شسته شدند. در مورد تیمار خراش‌دهی با سنباده به‌دلیل دردسترس نبودن دستگاه خراش‌دهنده[1]، بذرها با استفاده از کاغذ سنباده به مدت یک و دو دقیقه خراش‌دهی شدند. ۲۰۰ عدد بذر نیز به‌عنوان شاهد بدون اعمال تیمار، از هر قسمت از جمعیت بذر انتخاب شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده هر روز در ساعت معین انجام شد. بذرهایی جوانه‌زده محسوب می‌شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها حدود ۲ میلی‌متر یا بیشتر بود. در انتهای آزمایش، بعد از دو هفته، بذرهای

1. Scarifier

جوانه‌نزده، برای ارزیابی قوه نامیه بذرها، تحت آزمون تترازولیوم قرار گرفتند. در مورد بذرهای آماس‌نکرده، برای این‌که جذب آب و بعداً جذب نمک، سریع‌تر انجام شود، قبل از انجام آزمون تترازالیوم، بذرها خراش داده شدند. سپس ۵ گرم نمک تترازولیوم در آب مقطر حل شده و بذرها در آن غوطه‌ور شدند. پس از خروج بذرها از محلول، بر اساس قوانین آزمون بذر انجمن بین‌المللی آزمون بذر[1] (ISTA) تعداد بذرهای غیرزنده مشخص گردید. این کار با هدف تعیین درصد بذرهای مرده (DSP)[2] و همچنین تأثیرگذاری تیمارها بر مرگ و میر بذرها انجام شد. برای محاسبه درصد نهایی (تجمعی) جوانه‌زنی (FGP)[3]، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)[4] و سرعت جوانه‌زنی (GR)[5] در تیمارهای مختلف از برنامه Germin استفاده شد (Ghorbani and Soltani, 2001). برای تعیین سرعت جذب آب بذرها در تیمارهای مختلف، ۳۰۰ عدد بذر از هر قسمت از جمعیت‌های بذر، شمارش شده و با سه تکرار صدتایی توزین شدند، سپس تیمارهای مختلف روی آن‌ها اعمال گردید و در آب غوطه‌ور شدند. بعد از این مرحله، در ساعات اولیه هر یک ساعت و بعداً هر دو ساعت یک بار، بذرها از آب خارج گردیده و آب سطحی آنها با دستمال کاغذی خشک شده و توزین شدند این عمل تا ثابت شدن وزن ادامه داشته و آخرین توزین بعد از ۲۴ ساعت انجام گرفت.

(رابطه ۱): $FGP = \sum (Gn)x2$

(رابطه ۲): $Gu = D10-D90$

(رابطه ۳): $GR = 1/D50$

1. International Seed Testing Association (ISTA)
2. Dead Seed Percentage
3. Final Germination Percentage
4. Germination uniformity
5. Germination Rate

در این رابطه‌ها، (Gn) جوانه‌زنی تا روز n ام، D(10) زمان شروع مؤثر یا مدت زمان تا رسیدن به ۱۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی (برحسب روز)، D(50) مدت زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی (برحسب روز)، D(90) زمان پایان مؤثر یا مدت زمان تا رسیدن به ۹۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی (برحسب روز) می‌باشد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (ver. 9.2) انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد محاسبه شد و نمودارها در محیط Excel ترسیم گردیدند. در رابطه با درصد بذرهای مرده، ابتدا تبدیل داده‌ها اعمال و مقایسات میانگین انجام شد و حروف معنی‌دار در جلوی اعداد اصلی گزارش گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمارهای خراش‌دهی، پیش سرمادهی و نیز اثر متقابل آن‌ها بر درصد نهایی جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و درصد بذرهای مرده (DSP) معنی‌دار بود ($P\leq0.05$) (جدول ۱). همچنین مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که تأثیر تیمارها بر این چهار مؤلفه یکسان نبود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها در دو شرایط عدم سرمادهی و دو هفته سرمادهی، تیمارهای دو دقیقه سنباده و همچنین تیمار ۲۴ساعت غوطه‌وری در اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون باعث بهبود درصد جوانه‌زنی شدند. در شرایط عدم سرمادهی، درصد جوانه‌زنی تیمارهای ۲ دقیقه خراش‌دهی مکانیکی با کاغذ سنباده و همچنین تیمار ۲۴ساعت غوطه‌وری در اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون(ppm)نسبت به شاهد (عدم اعمال هر گونه تیماری) به‌ترتیب ۸۳، ۸۶ و ۸۵

درصد افزایش داشت، درحالی‌که بقیه تیمارها بهبود کمتری را در جوانه‌زنی باعث شدند اما با قرار گرفتن به مدت دو هفته در شرایط سرد و مرطوب، این اختلاف کمتر شد، به‌طوری‌که بهبود درصد جوانه‌زنی در تیمارهای ۲ دقیقه خراش‌دهی مکانیکی با کاغذ سنباده و همچنین تیمار ۲۴ ساعت غوطه‌وری در اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون (ppm)نسبت به شاهد به ترتیب۷۰، ۷۹ و ۷۹ درصد بود. این امر در اثر افزایش درصد جوانه‌زنی تیمار شاهد به علت قرار گرفتن دو هفته‌ای در شرایط سرد و مرطوب بود. بعضی از تیمارها شامل غوطه‌ورسازی بذرها در آب یا دیگر مایعات و قرار دادن بذرها برای مدت مشخص در شرایط مرطوب، تأثیر تجمعی بر نرم شدن پوسته بذرهای سخت و نشت مواد بازدارنده رشد موجود در روی پوسته دارند (Milligan, 1999). در این آزمایش نیز قرار دادن بذرها به مدت دو هفته در شرایط سرد و مرطوب باعث افزایش جوانه‌زنی در اغلب تیمارها شده. شاید شرایط سرد و مرطوب باعث شسته شدن ترکیبات روی پوسته شده و تا حدی پوسته را نرم و آماده کرد. همچنین ممکن است قرار گرفتن بذرها در دمای پایین و سپس وارد شدن آن‌ها به دمای معمولی، شوک دمایی را برای پوسته به وجود آورده و باعث حساس شدن پوسته و اندکی نفوذپذیری آن شده باشد. در تیمارهای سرمادهی تا حد امکان بذرها باید به سرعت کشت شوند، زیرا خشک شدن پوسته بذر در بعضی از گونه‌ها باعث القاء خواب ثانویه در بذرها می‌شود. همچنین این تیمارها در این دو شرایط دمایی دارای بالاترین سرعت جوانه‌زنی نیز بودند. هرون و کلمنز (Herron and Clemens, 2001)، روسنر و هارینگتون (Rosner and Harrington, 2003) و باربوزا و همکاران (Barbosa *et al*., 2005) نشان دادند که تیمارهای خراش‌دهی با بالاترین درصد جوانه‌زنی، دارای سرعت جوانه‌زنی بالایی نیز می‌باشند.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سرعت، درصد و یکنواختی جوانه‌زنی و درصد بذرهای مرده در سه دوره سرمایی و تیمارهای مختلف خراش‌دهی

Table 1- Analysis of variance(mean squares) of germination speed, percentage and uniformity and dead seed percentage (DSP) in three of chilling duration and different scarification treatments

S.O.V	منبع تغییرات	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Square (MS)			
			سرعت جوانه‌زنی Germination speed	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	درصد بذرهای مرده Dead Seed Percentage (DSP)
Pre-chilling	پیش سرمادهی	2	1.89*	32514.26**	92.42**	77288.42**
Scarification	خراش‌دهی	9	0.65**	20614.26**	71.61**	29125.61**
Pre-chilling × Scarification	پیش سرمادهی× خراش دهی	18	0.91*	11097.26*	126.24**	4345.21**
Error	خطا	60	7.35	6722.27	143.30	2139.30
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	13.78	8.35	9.43	5.67

ns, **, *به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, * and ** show nonsignificant, significant at level 5% and significant at level 1% respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی، یکنواختی، سرعت جوانه‌زنی و درصد بذرهای مرده تیمارهای خراش‌دهی در ۳ دوره پیش سرمادهی

Table 2- Mean comparison of germination percentage, germination uniformity, speed and dead seed percentage (DSP) of scarification treatments in three periods of pre-chilling

تیمار پیش سرمادهی Pre- chilling Treatment	تیمارهای خراش‌دهی Scarification Treatments	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	یکنواختی جوانه‌زنی (٪) Germination uniformity	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	درصد بذور مرده Dead Seed Percentage (DSP)
No chilling عدم سرمادهی	اسیدجیبرلیک ۲۰۰۰ قسمت در میلیون Gibberellic acid (200ppm)	58.5a*	4.18c	0.56a	0e
	اسیدجیبرلیک ۱۵۰۰ قسمت در میلیون Gibberellic acid (1500ppm)	56a	6.41a	0.58a	0e
	اسیدجیبرلیک ۵۰۰ قسمت در میلیون Gibberellic acid (500ppm)	41.74c	5.19ab	0.36d	1.12e
	یک دقیقه خراش‌دهی مکانیکی One minute of mechanical scarification	31.5d	5.25ab	0.26c	2.57de
	دو دقیقه خراش‌دهی مکانیکی Two minutes of mechanical scarification	47b	6.03a	0.27c	2.45de
	سه دقیقه خراش‌دهی مکانیکی Three minutes of mechanical scarification	33d	5.17ab	0.56a	6cd
	یک دقیقه در اسیدسولفوریک One minute in Solfuric acid	25.5e	5.18ab	0.35b	8.5c
	دو دقیقه در اسیدسولفوریک Two minutes in Solfuric acid	35d	5.19ab	0.36b	17.65b
	چهار دقیقه در اسیدسولفوریک Four minutes in Solfuric acid	24.75e	5.20ab	0.37b	29.15a
	Control شاهد	8.7f	2.68d	0.55a	0.23e
Two weeks of chilling دو هفته سرمادهی	اسیدجیبرلیک ۲۰۰۰ قسمت در میلیون Gibberellic acid (200ppm)	77.25a	4.1b	0.6a	0e
	اسیدجیبرلیک ۱۵۰۰ قسمت در میلیون Gibberellic acid (1500ppm)	76.5a	4.08b	0.56a	0e
	اسیدجیبرلیک ۵۰۰ قسمت در میلیون Gibberellic acid (500ppm)	47.5c	4.05b	0.58a	0.25e
	یک دقیقه خراش‌دهی مکانیکی One minute of mechanical scarification	36.5d	4.94a	0.31c	0.25e
	دو دقیقه خراش‌دهی مکانیکی Two minutes of mechanical scarification	53.25b	5.02a	0.3c	1.75de
	سه دقیقه خراش‌دهی مکانیکی Three minutes of mechanical scarification	38d	4.95a	0.31c	4.55d
	یک دقیقه در اسیدسولفوریک One minute in Solfuric acid	32.5de	4.46ab	0.31c	8.25c
	دو دقیقه در اسیدسولفوریک Two minutes in Solfuric acid	38.25d	4.05b	0.6a	23.5b
	چهار دقیقه در اسیدسولفوریک Four minutes in Solfuric acid	25.25e	5.36a	0.46b	32a
	Control شاهد	16.8f	3.55c	0.32c	0.22e
Four weeks of chilling چهار هفته سرمادهی	اسیدجیبرلیک ۲۰۰۰ قسمت در میلیون Gibberellic acid (200ppm)	21.25ab	5.53a	0.36c	37.75g
	اسیدجیبرلیک ۱۵۰۰ قسمت در میلیون Gibberellic acid (1500ppm)	21.12ab	5.57a	0.39c	39.25fg
	اسیدجیبرلیک ۵۰۰ قسمت در میلیون Gibberellic acid (500ppm)	17abc	5.83a	0.38c	43.75e
	یک دقیقه خراش‌دهی مکانیکی One minute of mechanical scarification	15.75bc	4.62ab	0.67b	47.65d
	دو دقیقه خراش‌دهی مکانیکی Two minutes of mechanical scarification	15bc	4.88ab	0.66b	50.25cd
	سه دقیقه خراش‌دهی مکانیکی Three minutes of mechanical scarification	13cd	3.22c	0.68b	56.75c
	یک دقیقه در اسیدسولفوریک One minute in Solfuric acid	8.5d	3.36c	0.51d	62.75b
	دو دقیقه در اسیدسولفوریک Two minutes in Solfuric acid	12.25cd	4.66ab	0.5d	61.5b
	چهار دقیقه در اسیدسولفوریک Four minutes in Solfuric acid	7.5d	3.82c	0.52d	71.25a
	Control شاهد	24.5a	2.53d	0.72a	15h
	LSD	0.92	0.97	0.94	0.86

*در هر ستون میانگین‌هائی که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD Test

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که تیمارهای ۲۴ساعت غوطه‌وری در اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون(ppm) در دو شرایط عدم سرمادهی و دو هفته سرمادهی، دارای

کمترین درصد بذرهای از بین رفته بودند، درحالی‌که تیمار ۲ دقیقه غوطه‌وری در اسیدسولفوریک از این لحاظ با دو تیمار ذکر شده در بالا معنی‌دار گشت. در این دو شرایط دمایی، کمترین درصد جوانه‌زنی و همچنین کمترین درصد بذرهای مرده متعلق به تیمار شاهد بود؛ که نشان‌دهنده بالا بودن تعداد بذرهای در حال خواب بود. در چهار هفته پیش سرمادهی، شرایط کمی متفاوت شده بود؛ بدین‌صورت که بالاترین درصد جوانه‌زنی نهائی (FGP) مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین بالاترین یکنواختی جوانه-زنی (GU)، سرعت جوانه‌زنی (GR) و پایین‌ترین درصد بذرهای مرده (DSP) نیز در این تیمار مشاهده شد. کمترین درصد جوانه‌زنی نهائی (FGP) مربوط به تیمارهای خراش‌دهی با استفاده از کاغذ سنباده و اسیدسولفوریک بودند؛ که با توجه به درصد بذرهای مرده (DSP) مشخص شد که این تیمارها در شرایط چهار هفته پیش سرمادهی مرطوب باعث آسیب شدید به بذر شدند. به هر حال ادامه یافتن سرمادهی به مدت طولانی باعث از بین رفتن بذرهای خردل وحشی شد. سرما باعث حساس شدن پوسته بذر به تیمارهای خراش‌دهی شده و سپس بذرهای خردل وحشی با ایجاد خراش به‌صورت مکانیکی و شیمیایی در پوسته مانند تیمارهای خراش‌دهی با سنباده و اسیدسولفوریک، به شدت واکنش نشان داده و از بین بروند. چهار هفته قرار گرفتن بذرها در شرایط سرد و مرطوب، هرچند باعث افزایش جوانه‌زنی بدون اعمال تیماری روی بذرها نسبت به دو شرایط دمایی دیگر شد، اما از بین رفتن بذرها در شرایط چهار هفته پیش سرمادهی مرطوب، افزایش چشم‌گیری داشت. همچنین جهت انجام تحقیقات با توجه به زمان‌بر بودن آن و مقدار کم کاهش خواب در مقایسه با اعمال تیمارهای مؤثر در دو شرایط دمایی دیگر، مناسب به نظر نمی‌رسد.

جدول ۳ - ضرایب همبستگی بین اجزای جوانه‌زنی، درصد بذرهای مرده و درصد جذب آب

Table 3- Correlation coefficient between germination components, dead seed percentage (DSP) and water adsorption percentage

صفات Characteristics	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	درصد جذب آب Water adsorption percentage	درصد بذرهای مرده Dead Seed Percentage (DSP)
درصد جوانه‌زنی Germination percentage	1				
یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	0.46*	1			
سرعت جوانه‌زنی Germination speed	-0.17 n.s	-0.68**	1		
درصد جذب آب Water adsorption percentage	0.82**	-0.07 n.s	0.03 n.s	1	
درصد بذرهای مرده Dead Seed Percentage (DSP)	-0.79**	-0.23 n.s	0.14 n.s	-0.39**	1

ns, **, *به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

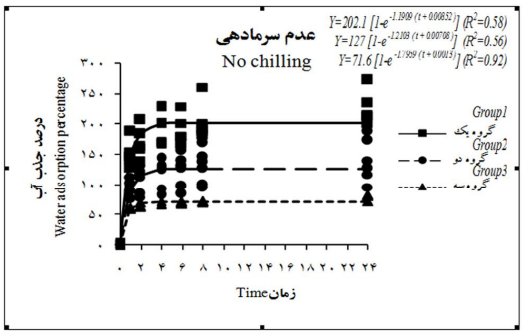
ns, * and ** show nonsignificant, significant at 5%level and significant at 1% level, respectively

در اغلب مطالعاتی که در مورد از بین بردن خواب بذرهای سخت صورت گرفته است، از تیمار خراش‌دهی با استفاده از سنباده به‌عنوان تیماری مؤثر جهت شکستن خواب نام برده شده است. لئون و اون (Leon and Owen, 2003) از تیمار یک دقیقه سنباده زدن برای از بین بردن خواب بذرهای گاوپنبه استفاده کردند. در این آزمایش نیز تیمار استفاده از کاغذ سنباده اثر مناسبی بر از بین بردن خواب بذر با این

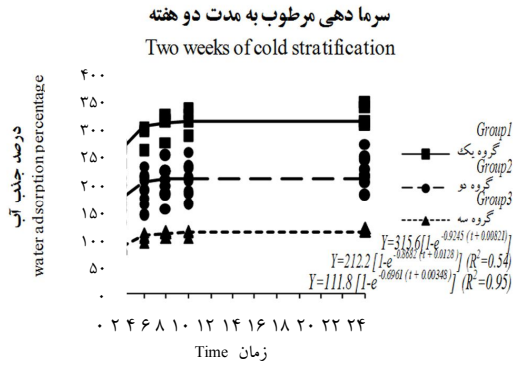
تیمار داشت. در اغلب مطالعات، استفاده از تیمار بذر با اسیدسولفوریک به‌عنوان روشی ساده و مؤثر جهت شکستن خواب بذرهای با پوسته سخت، معرفی شده است (Shoukurullaev and Khamdamov, 1976). هوراک و واکس (Horak and Wax, 2001) هنگامی که بذرهای نیلوفر ریشه بزرگ[1] را به‌صورت شیمیایی و هم مکانیکی خراش‌دهی کردند، درصد جوانه‌زنی و سرعت اولیه جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تیسچر و همکاران (Tischler *et al.*, 2004) دریافتند که تیمار اسیدسولفوریک مؤثرترین تیمار در افزایش جوانه‌زنی کل بذرهای ارزن[2] می‌باشد و نیز بیشترین سرعت جوانه‌زنی را داراست، اما باید توجه داشت که کار با این تیمار به‌خاطر خطرناک بودن این ماده شیمیایی نیاز به مهارت و دقت لازم دارد و همچنین احتمال آسیب رسیدن به جنین زیاد می‌باشد. رانا و ناتیل (Rana and Nautiyal, 2005) گزارش کردند که جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده *آکاسیا*[3] با اسیدسولفوریک به‌طور معنی‌داری بیشتر از بذرهای تیمار نشده بود، اما جوانه‌زنی بذرهائی که بیشتر از ۸ ساعت در اسید غوطه‌ور بودند، طبیعی نبود. خاجوریا و سینگ (Khajuria and Singh, 1990) و گان (Gunn, 1990) بیان داشتند که بذرهای *آکاسیا* غوطه‌ور شده در اسید به‌مدت ۳۰۰ دقیقه، ۱۰۰ درصد جذب آب را داشتند اما در جوانه‌زنی مؤفق نبودند که شاید به‌علت صدمه دیدن جنین باشد. وویجت و همکاران (Voigt *et al.*, 2006) دریافتند که تیمار بذر با اسیدسولفوریک، بنیه گیاهچه‌های عشق کرکی[4] را کاهش می‌دهد. در مطالعه روند جذب آب توسط بذرهای خردل وحشی، در هر یک از سه سطح پیش سرمادهی، تیمارها به سه گروه تیمارهای دارای جذب آب زیاد، کم و متوسط تقسیم و برای هر گروه از تیمارها فقط یک نمودار رسم شد. در شرایط عدم سرمادهی، بالاترین درصد جذب آب مربوط به تیمارهای دو دقیقه سنباده و همچنین تیمار ۲۴ساعت غوطه‌وری در اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون(ppm)، (گروه یک) و کمترین آن به تیمار شاهد (گروه سه) تعلق داشت. بقیه تیمارها در بین این دو (گروه دو) قرار گرفته‌اند که تفاوت چندانی با هم نداشتند. با دو هفته قرار گرفتن در شرایط سرد و مرطوب، میزان جذب آب در تیمار دو دقیقه سنباده زدن و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون افزایش داشت؛ به همین خاطر در گروه یک قرار گرفت. کمترین درصد جذب مربوط به تیمار شاهد و ۴ دقیقه قرار گرفتن در اسیدسولفوریک بود که این امر شاید به‌خاطر افزایش درصد بذرهای مرده در این دو تیمار باشد. بنابراین در دو هفته پیش سرمادهی، این دو تیمار در گروه سه قرار گرفتند. تیمارهای باقی‌مانده بین این دو گروه (گروه دو) قرار گرفتند. در شرایط چهار هفته پیش سرمادهی بالاترین درصد جذب آب مربوط به تیمار شاهد و تیمار اسیدجیبرلیک با غلظت ۵۰۰ قسمت در میلیون(ppm) که در گروه یک قرار گرفتند. چهار هفته قرار گرفتن در شرایط سرد و مرطوب باعث شد که میزان جذب آب آن‌ها نسبت به گروه یک یعنی دو هفته سرمادهی مرطوب کاهش پیدا کند. علت این امر را می‌توان افزایش درصد بذرهای مرده در شرایط چهار هفته سرمادهی دانست. در این شرایط دمایی تنها بذرهای مرده آب جذب می‌کنند. در شرایط دو هفته

1. *Ipomoes* Bigroot L. (*pandurata* morningglory)
2. *Panicum virgatum* L.
3. *Acasia Baileyana*
4. *Eragrostis pilosa*

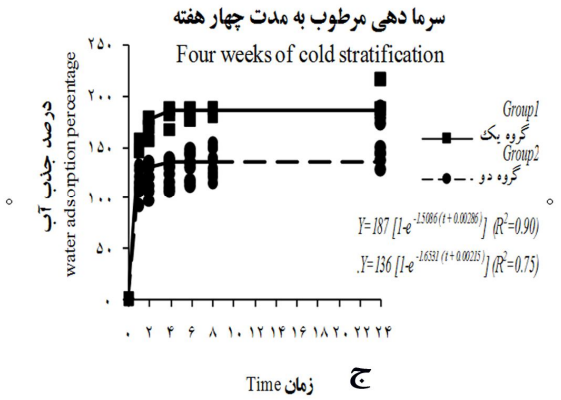
سرمادهی، بذرهایی که خواب آن‌ها شکسته شده است، دارای جذب آب می‌باشند و تعداد بذرهای از بین رفته آنها بسیار کم است. این امر باعث افزایش سرعت و میزان جذب آب می‌شود. در شرایط سرمایی چهار هفته‌ای، بقیه تیمارها در گروه دو قرار گرفتند. بررسی نمودارها نشان‌دهنده بالا بودن میزان جذب آب نسبت به گروه سه، در دو شرایط دمایی دیگر بود. البته علت آن را می‌توان افزایش درصد بذرهای مرده دانست. در دو شرایط دمایی بالا، تیمارهایی که تأثیر کمتری بر شکستن خواب داشتند، در گروه سه قرار گرفتند.



الف



ب



ج

شکل ۱- روند جذب آب در بذرهای خردل وحشی. عدم سرمادهی، گروه یک (دو دقیقه سنباده و۲۴ ساعت در اسیدجیبرلیک با غلظت ۵۰۰ و ۱۵۰۰ قسمت در میلیون)؛ گروه دو (دارای جذب آب متوسط شامل تیمار ۱ و ۳ دقیقه استفاده از سنباده و ۲ دقیقه اسیدسولفوریک)؛ گروه سه (جذب آب کم شامل تیمار شاهد ۱ و ۴ دقیقه اسیدسولفوریک)؛دو هفته سرمادهی، گروه یک (تیمار ۲۴ ساعت غوطه‌وری در اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون و دو دقیقه سنباده)؛ گروه دو (شامل تیمار اسیدجیبرلیک با غلظت ۵۰۰ قسمت در میلیون و ۲ دقیقه اسید سولفوریک و ۱ و۳ دقیقه استفاده از سنباده)؛ گروه سه (شامل تیمار شاهد و ۴ دقیقه اسید سولفوریک)؛ چهار هفته سرمادهی، گروه یک (شامل تیمار شاهد و تیمار اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون)؛ گروه دو (شامل تیمار اسید جیبرلیک با غلظت ۵۰۰ قسمت در میلیون، ۱و۲ و ۴ دقیقه اسیدسولفوریک، ۱ و۲ و۳دقیقه سنباده).

Figure1- Process of water adsorption in wild mustard (*Sinapis arvensis*) seeds. No chilling, Group1 (Two minutes of emery and 24 hours in giberellic acid with 500 and 1500 ppm concentrations); Group2 (with moderate water adsorption including one and three minutes of using of emery and two minutes in sulfuric acid); Group3 (Low water adsorption including control with one and four minutes in sulfuric acid):;;; Two weeks of chilling, Group1 (24 hours flouting in giberellic acid with 1500 ppm concentration and two minutes Emery); Group2 (Including giberellic acid with 500 ppm concentration and two minutes in sulfuric acid and 1 and 3 minutes of using of emery); Group3 (including control and 4 minutes in sulfuric acid); Four weeks of chilling, Group1 (including control and giberellic acid with 1500 ppm concentration); Group2 (including giberellic acid with 500 ppm concentration and 1, 2 and 4 minutes sulfuric acid and 1, 2 and 3 minutes of emery):

حال آن‌که درصد بذرهای از بین رفته آن‌ها نیز کم بود. بنابراین اکثر بذرهای این گروه، بذرهای دارای خواب می‌باشند، درحالی‌که در تیمارهای قرار گرفته درگروه دو، در شرایط چهار هفته پیش سرمادهی، درصد بذرهای از بین رفته بسیار بالا رفته و همان‌طورکه می‌دانیم این بذرها نیز تا حدی دارای توانایی جذب آب می‌باشند. بررسی ضرایب همبستگی ساده رابطه معنی‌دار و مثبتی را بین درصد جوانه‌زنی نهایی (FGP) و حداکثر جذب آب نشان دادند. این موضوع بیانگر آن است که با افزایش درصد جوانه‌زنی یا به‌عبارتی با کاهش خواب بذرها، درصد جذب آب افزایش یافت. به‌طورکلی می‌توان گفت تیمارهایی با درصد بالای جوانه‌زنی، میزان جذب آب بیشتری نیز دارند و رابطه مثبتی بین آن‌ها وجود دارد. باتاچاریا و ساها (Bhattacharya and Saha, 2002) نشان دادند که خیساندن بذرهای فلوس[1] در اسیدسولفوریک غلیظ به‌مدت ۱۰ دقیقه سبب می‌شود جذب آب و جوانه‌زنی به حداکثر رسد. افزایش در جذب آب و متعاقباً افزایش جوانه‌زنی برای بذرها پس از تیمار با اسیدسولفوریک، ممکن است به‌علت تجزیه مواد پوسته بذرها مانند سوراخ سفت[2] باشد. باید دقت داشت که بذرهای مرده نیز قادر به جذب آب می‌باشند. رحمان و همکاران (Rehman *et al*., 2004) مشاهده کردند که پس از ۰/۳۳ دقیقه غوطه‌وری بذرهای *آکاسیا* در آب، جذب بین ۶۱ تا ۹۵ درصد با افزایش دما از ۷۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. غوطه‌وری در اسیدجیبرلیک برای مدت یک روز یا کمتر، به‌طور معنی‌داری جذب را افزایش داده است.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر با توجه به‌نتایج به‌دست آمده، بهترین تیمارها جهت کاهش خواب بذر خردل وحشی و بهبود جوانه‌زنی، تیمارهای ۲۴ ساعت غوطه‌وری در اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون و دو دقیقه خراش‌دهی با کاغذ سنباده بود. با توجه به روند افزایشی در جوانه‌زنی تیمارها، با قرار گرفتن به‌مدت دو هفته در شرایط سرد و مرطوب، می‌توان در صورت داشتن فرصت کافی در آزمایش‌ها از این روند استفاده کرد.

با وجود این‌که بهترین پاسخ به جوانه‌زنی در تیمارهای اعمال شده بر روی بذرهای قرار گرفته به‌مدت دو هفته در شرایط سرد و مرطوب مشاهده شد، اما همین تیمارها نه‌تنها بهبود جوانه‌زنی را در شرایط چهار هفته نشان ندادند؛ بلکه باعث از بین رفتن چشمگیر بذرها در این شرایط شدند. بنابراین یافتن بهترین تیمار پیش سرمادهی که بین این دو تیمار (دو هفته و چهار هفته مرطوب) قرار می‌گیرد و همچنین انجام آزمایش‌هائی برای درک علت از بین رفتن بذرها در شرایط چهار هفته، لازم به نظر می‌رسد.

منابع

References

Asghari, J., S. Amirmoradi and B. Kamkar. 2001. Weed physiology (Volume 1): Reproduction and Ecophysiology (Translation). University of Guilan Press, Rasht, Iran, 400p.

Baghestani, M. A. and E Zand. 2003. Review on biology and control of mustard (*Sinapis arvensis* L.). Research Institute of Plant Pests and Diseases, 56p.

Barbosa, D., M. O. Gealdo, M. Alvarenga, E. Matovani and F. D. Sants. 2005. Effect of acid scarification and different temperatures on physiological quality of *Strelitzia reginase* seeds. Rev. Bras. Sementes. 27:71-77.

1. *Cassia fistula* L.
2. Mycropyle

Baskin, C. C. and J. M. Baskin. 2005. Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego, CA.
Benech-Arnold, R. L., R. A. Sanchez, F. Forcella, B. C. Kruk and C. M. Ghersa. 1974. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. Field Crops Res. 67:105-122.
Benech-Arnold, R. L., R. A. Sanchez, F. Forcella, B. C. Kruk and C. M. Ghersa. 2000. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. Field Crops Res., 67:105–122.
Bewley, J. D. 2003. Seed Germination and Dormancy. The Plant Cell, 9: 1055-1066.
Bewley, J. D. and M. Black. 2004. Seeds physiology of development and germination. 2nd edn. Plenum Press, NewYork.
Bhattacharya, A. and P. K. Saha, 2002. Ultrastructure of seed coat and water uptake pattern of seeds during germination in *Cassia* sp. Seed Sci. Technol., 18:97-103.
Dhima, K. V., I. B. Vasilakoglou, I. G. Eleftherohorinos, and A. S. Lithourgidis. 2006. Allelopathic potential of winter cereals and their cover rop mulch effect on grass weed suppression and corn development. Crop Sci. 46:345-352.
Ehteshami, S. M. R. and E. Zeinali. 2003. Biology and control of weed important species, (Volume 1). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press, Gorgan, Iran, 412p.
Finch-Savage, W. E. and G. Leubner-Metzger. 2006. Seed dormancy and the control of germination. Tansley Review, New Phytologist, 171: 501-523.
Foley, M. E. 2004. Review article: seed dormancy: an update on terminology, physiological, genetics, and quantitative trait loci regulating germinability. Weed Sci. 49: 305-317.
Foley, M. J. Y. 2007. New combinations in Phelipanche (Orobanchaceae). – Edinburgh J. Bot. 64: 209-211.
Forcella, F., R. L. Benech-Arnold, R. A. Sanchez and C. M. Ghersa. 2000. Modeling seeding emergence. Field Crop Res., 67:123-139.
Ghorbani, M. H. and A. Soltani. 2001. Effect of salinity stress during growth period on vigour of harvested seed in Wheat (*Triticum aestivum* L.). M. Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
Gunn, B. V. 1990. Germination pretreatment for selected *Acacia* species from the Pilbara Region of Western Australia. ACIAR Proceedings Series No. 28.
Herron, H. and J. Clemens. 2001. Seed dormancy and germination in *Melicytus ramiflorus* (*Violaceae*). NewZealand Journal of Botany, 39: 245-249.
Horak, M. J. and M. Wax. 2001. Germination and seedling development of Bigroot morningglory (*Ipomoea pandurata*). Weed Sci., 39: 390-396.
Horwowitz, M. and R. B. Taylorson. 2003. Hardseededness and germinability of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) as affected by temperature and moisture. Weed Sci., 32: 111-115.
Huang, J. Z., A. Shrestha, M. Tollenaar, W. Deen, I. Rajcan, H. Rahimian and C. J. Swanton. 2001. Effect of temperature and photoperiod on the phonological development of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). *Field Crops* Res. 70: 75-86.
Iliya, B. M., Owen, D. K., and Harlene, M. H. V. 1995. Effect of shade on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) growth, seed production, and dormancy. Weed Technol., 9: 452-455.
Kelly, K. M., J. Van Staden and W. E. Bell. 1992. Seed coat structure and dormancy. *Plant Growth Regulation*, 11: 201–209.
Khajuria, H. N. and C. Singh. 1990. Nursery response and nodulation in exotic *Acacias*. Nitrogen Fixing Tree Research Reports, 8: 103-104.
Leon, R. G. and M. D. K. Owen. 2003. Regulation of weed seed dormancy through light and temperature interaction. Weed Sci., 51: 752-758.
Li, X., J. M. Baskin and C. C. Baskin. 2002. Anatomy of two mechanisms of breaking physical dormancy by experimental treatments in seeds of two North American *Rhus* species (*Anacardiaceae*). *American J.* Bot. 86: 1505-1511.
LiBerman, M. and A. S. Davis. 2000. Integration of Soil, crop and weed management in low external–input farming system. Weed Sci. 40: 27-47 .
Marunda, C. T. 1990. Effects of seed pretreatment on the development of *Acacia auriculformis* and *A. holosericea* seedlings. ACIAR Proceeding Series, No: 28.
Milligan, G. 1999. Seed collection, treatment and storage. Proc. Intl. Plant Prop. Soc. 49: 114–115.
Nurse, R. E. and A. DiTommaso. 2005. Corn competition alters the germinability of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seeds. Weed Sci. 53: 479-488.
Rana, U. and A. R. Nautiyal. 2005. Coat imposed dormancy in *Acacia farnesiana* seeds. Seed Res., 17:122-127.
Rehman, S., R. N. J. Loescher and P. J. C. Harris. 2004. Dormancy breaking and germination of *Acacia salicina* Lindl. Seeds. Seed Sci. Technol. 27: 553-557.

Rosner, L. S. and J. T. Harrington. 2003. Optimizing acid scarification and stratification combination for Russet Buffaloberry seeds. Native Plants J, 82-86.

Sabongari, S. 2001. Effect of soaking duration on germination and seeding establishment of selected varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). M.Sc. Thesis, Department of Biological Science. Usmunu Danfodiyo University, Sokoto, Nigeria.

Sacheti, U. and S. H. Al-Rawahy. 2005. The effect of various pretreatments on the germination of important leguminous shrub-tree species of the Sultanate of Oman. Seed Sci. Technol., 26: 691-699.

Shoukurullaev, S. P. and I. K. Khamdamov. 1976. Uniform germination of *Glycyrrhiza glabra* L. seeds. (Abstr.) Hort. Abst. 47: 5923.

Tischler, C. R. and B. L. Burson. 1999. Seed dormancy and germination of dallisgrass, *Paspalum dilatatum*, stored under differing conditions. Seed Sci. Technol., 27: 263-271.

Tischler, C. R., B. A. Young and M. A. Sanderson. 2004. Techniques for reducing seed dormancy in switchgrass. Seed Sci. Technol., 22: 19-26.

Vleeshouwers, L. M., H. J. Bouwmeester and C. M. Karssen. 1995. Redefining Seed Dormancy: An Attempt to Integrate Physiology and Ecology. The Journal of Ecology, 83: 1031-1037.

Voigt, P. W., C. R. Tischler and M. M. Poverence. 2006. Seed dormancy and its alleviation in lovegrass hybrids. Crop Sci., 36: 1699-1705.

Warwick, S. I. and L. D. Black. 1988. The biology of canadian weeds. 90. *Abutilon theophrasti*. Can. J. Plant Sci. 68: 1069-1085.

Warwick, S. I., H. J. Beckie, A. G. Thomas and T. Mcdonald. 2005. The biology of canadian Weeds. 8. *Sinapis arvensis.* L. (updated). Can. J. Plant Sci., 55: 171-183.

Zand, E. and H. J. Beckie. 2002. Competitive ability of hybrid and open pollinated canola (*Brassica napus*) with wild oat (*Avena fatua*). Can. J. Plant Sci., 82: 473-480.

Zimdahl, R. 2004. Weed crop competition, a review. A review Corvallis, OR: Int. Plant. Prot. Center. Oregon State University.