مجله پژوهش علف‌های هرز
جلد ۱۰، شماره ۱، ۱۳۹۷
صفحات ۳٤-۲۳

بررسی تغییرات جوانه‌زنی بذر خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) طی استراتیفیکاسیون سرد

Investigation of seed germination of wild mustard (*Sinapis arvensis*) during cold stratification

حکیمه رحیمی[۱]، بنیامین ترابی[۲*]، الیاس سلطانی[۳]، فرشید قادری‌فر[۴]

چکیده

به‌منظور بررسی تغییرات دمای کاردینال جوانه‌زنی بذر خردل وحشی طی رفع کمون، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹٦ انجام شد. عامل اصلی، دماهای مختلف (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و عامل فرعی دوره‌های مختلف سرمادهی (۰، ۲، ٤، ٦ و ۸ روز در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد) بود. برای توصیف واکنش سرعت جوانه‌زنی به دما، از تابع دندان مانند استفاده شد. برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی، دمای پایه از ۲/۹ تا ۳/٤ درجه سانتی‌گراد در بذرهای شاهد به ۱/۵ تا ۱/۸ درجه سانتی‌گراد در تیمار ٤ روز سرمادهی کاهش یافت؛ دمای سقف در بذرهای شاهد، ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و به ۲۹/۹ تا ۳۲/۹ درجه سانتی‌گراد مربوط به تیمار ٦ روز سرمادهی افزایش یافت؛ با توجه به تغییرات دمای کاردینال، کمون فیزیولوژیک خردل وحشی از نوع غیر عمیق تیپ یک می‌باشد. بذرهای دارای کمون ابتدا در دماهای پایین بیشترین جوانه‌زنی داشته و با خروج از حالت کمون در دماهای بالا هم جوانه می‌زنند و دامنه دمایی جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. پارامترهای تخمینی در این مطالعه می‌تواند در مدل‌های شبیه‌سازی بانک بذر و برای مطالعات بعدی در مورد بیولوژی و اکولوژی خردل وحشی مفید باشد.

کلمات کلیدی: سرمادهی، دما، کمون فیزیولوژیک، مدل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۲۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استادیار گروه زراعت پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
۴- دانشیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
* نویسنده مسئول E- mail: ben_Torabi@Yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) گیاهی پهن‌برگ و یک‌ساله از تیره شب‌بو (Brassicaceae) و از علف‌های هرز مشکل‌ساز در مزارع کلزا و غلات می‌باشد. این گیاه به دلیل قدرت رقابت بالا برای کسب نور و داشتن سطح اسید اروسیک بالا، مهم‌ترین علف هرز هم تیره در کشت کلزا شناخته می‌شود. کنترل این علف هرز و پیشگیری از ورود آن به مزرعه کلزا به دلیل شباهت مورفولوژیک آن با کلزا، به‌ویژه ازلحاظ شکل بذر، بسیار مشکل است (Huang *et al*., 2001). همچنین، در بین علف‌های هرز پهن‌برگ مشکل‌ساز در مزارع گندم، خردل وحشی سومین گونه مشکل‌ساز است که در اکثر مواقع با استفاده از علف‌کش‌ها کنترل می‌گردد (Minbashi *et al*., 2008).

مرحله جوانه‌زنی علف‌های هرز یکی از مراحل بحرانی برای استقرار هرگونه علف هرز به‌حساب می‌آید، زیرا نشان‌دهنده اولین مرحله‌ای است که گیاه می‌تواند برای تسخیرنیچ اکولوژیکی با سایر گیاهان رقابت کند (Ghaderi-Far *et al*., 2010). جوانه‌زنی توسط عوامل محیطی متعددی مانند درجه حرارت، رطوبت و نور تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Torabi *et al*., 2015; Soltani *et al*., 2006). جوانه‌زنی بذر در شرایط رطوبت مناسب به‌شدت به دما وابسته است (Shafii and Price, 2001). درجه حرارت تأثیر مهمی بر میزان کمون بذر و مولفه‌های جوانه‌زنی بذر و موفقیت یا عدم موفقیت استقرار گیاه دارد (Alvarado and Bradford, 2002; Roman *et al*., 1999) سرعت جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های جوانه‌زنی است که تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد. شناخت و تعیین دماهای کاردینال برای بررسی روند واکنش سرعت جوانه‌زنی در برابر دما ضروری است (Torabi *et al*., 2015). دمای کاردینال شامل دمای حداقل یا پایه (دمایی که در آن و یا پایین‌تر از آن سرعت جوانه‌زنی صفر است)، دمای مطلوب (دمایی که در آن سرعت جوانه‌زنی حداکثر است) و دمای حداکثر (دمایی که در آن و بالاتر از آن سرعت جوانه‌زنی صفر است) هستند (Torabi *et al*., 2015). سرعت جوانه‌زنی بین دماهای پایه و مطلوب افزایش می‌یابد، بین دماهای مطلوب و سقف کاهش‌یافته و فراتر از دمای مطلوب و کمتر از دمای پایه متوقف می‌شود (Shafii and Price, 2001). دماهای کاردینال (حداقل، مطلوب، حداکثر) جوانه‌زنی، عموماً به دامنه سازگاری محیطی یک‌گونه بستگی دارد و تطابق زمان جوانه‌زنی با شرایط مطلوب را تضمین می‌کند (Alvarado and Bradford, 2002). دامنه‌های دمایی برای جوانه‌زنی توسط دماهای پایه و سقف تعریف می‌شود که می‌توانند برخی از محدودیت‌های زیست-محیطی برای توزیع جغرافیایی گونه‌ها را تعیین کند (Hakansson *et al*., 2002). تحقیقات عملی در علوم گیاهی معمولاً تلاش می‌کند حداقل دمای موردنیاز برای جوانه‌زنی یا حداکثر آن را تعیین کند. دماهای بین دمای مطلوب و دمای پایه و سقف برای گیاه تنش‌زا است. بذر گیاهان در دامنه دمای پایه و سقف جوانه می‌زنند، اما حداکثر جوانه‌زنی آن‌ها به‌طور قابل‌توجهی در آستانه‌های این دامنه کاهش می‌یابد. فاکتورهای بسیاری بر سرعت و موفقیت جوانه‌زنی مؤثرند اما در بین آن‌ها کمون بذر مهم‌ترین فرآیندی است که در جوانه‌زنی و سبز شدن علف‌های هرز نقش دارد (Forcella *et al*., 2000).

استفاده بی‌رویه از علف‌کش‌ها سبب پدیدار شدن مقاومت خردل وحشی به علف‌کش‌ها گردیده است که بیانگر لزوم تحقیقات بیشتر جهت دستیابی به راهکارهای مناسب کنترلی بر اساس مدیریت تلفیقی (استفاده ترکیبی از روش‌های مکانیکی، بیولوژیک و اکولوژیک) می‌باشد (Chauhan *et al*., 2006). به‌منظور آگاهی از زمان مناسب کنترل مکانیکی و بیولوژیک علف‌های هرز، همچنین توسعه مدل‌های شبیه‌سازی مورداستفاده در دستگاه‌های کنترل تلفیقی آفات، قابلیت پیش‌بینی زمان و میزان جوانه‌زنی بذرهای این گیاهان امری ضروری به نظرمی رسد (Gulden Martinson *et al*., 2007; Schutte *et al*., 2008; *et al*., 2003). توسعه سیستم‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز بستگی به درک کامل بیولوژی بذر آن‌ها دارد. سودمندی

www.SID.ir

Archive of SID

عملیات کنترل علف‌های هرز از قبیل عملیات خاک‌ورزی و کاربرد علف‌کش‌های پس رویشی تحت تأثیر زمان جوانه‌زنی و سبز شدن علف هرز قرار می‌گیرد؛ بنابراین آگاهی از واکنش دمایی جهت جوانه‌زنی و سبز شدن علف هرز امری مهم و اجتناب‌ناپذیر در طراحی و اجرای استراتژی‌های کنترل علف‌های هرز می‌باشد (Derahkshan *et al*., 2014).

کمون بذر به‌عنوان شرایط داخلی بذر شناخته می‌شود که در آن بذرها در شرایط مطلوب آب و هوایی (نظیر دما و شرایط گازی) جوانه نمی‌زنند (Benech-Arnold *et al*., 2000). کمون بذر از عوامل بسیار تأثیرگذار در تنظیم زمان جوانه‌زنی و سبز شدن می‌باشد. با رفع کمون اولیه، شرایط محیطی سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه را مشخص می‌کند. تحقیقات نشان داده که کمون بذر ناشی از عوامل مختلفی است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کمبود هورمون‌های تحریک‌کننده جوانه‌زنی و عوامل شیمیایی بازدارنده موجود در پوسته بذر اشاره کرد (Copeland and McDonald, 2001). بسیاری از محققین معتقدند که رفع کمون از طریق تعادل بین مواد بازدارنده رشد مانند آبسزیک اسید و مواد تحریک‌کننده مانند جیبرلین حاصل می‌شود. (Chetinbas and Koyuncu, 2006). سرمادهی مرطوب شبیه‌سازی شرایط رویشگاه‌های طبیعی می‌باشد. در طبیعت، سرمادهی مرطوب در خاک‌های مرطوب همراه با سرمای زمستان اتفاق می‌افتد. مدت‌زمان موردنیاز برای سرمادهی و شکستن کمون بسته به گونه، جمعیت‌های یک‌گونه و حتی بذرهای منفرد در یک توده بذری از چند روز تا چند ماه طول می‌کشد. به نظر می‌رسد تفاوت در مدت‌زمان سرمادهی مرطوب برای شکستن کمون مربوط به شرایط بوم‌شناختی زیستگاهی گونه‌ها باشد که باعث ایجاد درجات مختلفی از کمون در بذر آن‌ها شده است. وجود کمون‌هایی با عمق مختلف باعث توزیع جوانه‌زنی در طول زمان می‌شود که این سازوکار به‌عنوان یک مزیت نسبی شانس گیاهان را برای بقاء در یک محیط همیشه در حال تغییر (شرایط نامساعد) افزایش می‌دهد. برای گیاهانی که در اقلیم‌های سرد می‌رویند معمولاً دمای ۲ تا ۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین تأثیر را در رفع کمون بذور دارد (Koornneff *et al*., 2002).

در شرایط کمون، بذر زنده اما غیرفعال می‌باشد. این ویژگی خاص برای بسیاری از گونه‌های علف هرز است که با حفظ قدرت جوانه‌زنی در برابر تغییرات شرایط محیطی، کسری از جمعیت آن‌ها را قادر می‌سازد ماه‌ها تا سال‌ها به‌صورت زنده در بانک بذر خاک باقی بمانند (Fenner, 2000). گزارش‌هایی وجود دارد که در آن دماهای کاردینال جوانه‌زنی، طی گذار از حالت کمون به غیر کمون تغییر می‌کند (Soltani *et al*., Baskin and Baskin, 2014; 2017). این تغییرات در بذرهایی با کمون فیزیولوژیک سطحی رخ می‌دهد و با توجه به تغییراتی که در دماهای کاردینال طی رفع کمون رخ می‌دهد، می‌توان نوع کمون بذر را شناسایی کرد (Soltani *et al*., 2017).

با توجه به اینکه مطالعات کمی روی دماهای کاردینال در خردل وحشی انجام شده است و اطلاعاتی نیز در خصوص تغییرات دماهای کاردینال آن طی مراحل رفع کمون وجود نداشت، این مطالعه به‌منظور برآورد تغییرات دمای کاردینال جوانه‌زنی بذر خردل وحشی طی رفع کمون با دوره‌های مختلف سرمادهی برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور، دما به‌عنوان فاکتور اصلی و دوره‌های سرمادهی به‌عنوان فاکتور فرعی با سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. سطوح مختلف دما شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و سطوح مختلف سرمادهی شامل ۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ روز سرمادهی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بودند. دوره‌های مختلف سرمادهی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد برای رفع کمون اولیه بذر خردل وحشی صورت گرفت. بذرهای خردل وحشی از مزارع زیر کشت گندم در مزرعه شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

www.SID.ir

Archive of SID

طبیعی گرگان جمع‌آوری شدند. برای انجام آزمون جوانه‌زنی ۲۵ عدد بذر در هر تکرار، در ظروف پتری دیش ۷/۵ سانتی‌متری بر روی یک لایه کاغذ صافی قرار داده شدند و سپس به‌صورت هم-زمان به نمونه‌ها آب مقطر اضافه شد. جوانه‌زنی با معیار خروج ریشه‌چه‌ای با طول ۱ میلی‌متر، به‌صورت تجمعی با فاصله زمانی ۱۲ ساعت اندازه‌گیری و ثبت گردید.

به‌منظور برآورد زمان لازم برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی از برنامه Germin استفاده شد (Soltani *et al*., 2013). محاسبه سرعت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۱ انجام شد (Torabi *et al*., 2002, 2006; Soltani *et al*., 2013).

رابطه(۱) $R = \frac{1}{T}$

که در آن T مدت‌زمان لازم برای رسیدن به جوانه‌زنی دهک-های مختلف جوانه‌زنی جمعیت بذرها می‌باشد. برای توصیف واکنش جوانه‌زنی در برابر دما برای هر دهک از رابطه ۲ استفاده شد.

رابطه (۲) $R = Rmax \cdot f(T)$

که در آن R سرعت جوانه‌زنی (در روز)، Rmax حداکثر سرعت جوانه‌زنی (عکس زمان تا رسیدن به جوانه‌زنی در دمای مطلوب) و f(T) تابع دمایی می‌باشد که واکنش سرعت جوانه‌زنی نسبی در برابر دما را نشان می‌دهد (Torabi *et al*., 2013). تابع دمایی مورداستفاده در تحقیق حاضر یک تابع دندان مانند بود که برای توصیف سرعت جوانه‌زنی نسبی دهک‌های مختلف جوانه‌زنی در برابر دما به‌صورت زیر استفاده شد (Soltani *et al*., 2006; Torabi *et al*., 2013).

رابطه (۳)
$$f(T) = \left(\frac{T-Tb}{To1-Tb}\right) \quad if \quad Tb < T < To1$$
$$f(T) = \left(\frac{Tc-T}{Tc-To2}\right) \quad if \quad To2 < T < Tc$$
$$f(T) = 1 \quad if \quad To1 \le T \le To2$$
$$f(T) = 0 \quad if \; T \le Tb \; or \; T \ge Tc$$

در این تابع، T دمای محیط، T_b دمای پایه، T_{o1} دمای مطلوب تحتانی، T_{o2} دمای مطلوب فوقانی، T_c دمای سقف برحسب درجه سانتی‌گراد است. تخمین پارامترهای مدل با روش مطلوب سازی تکراری (Iterative optimization) با کمک رویه PROC NLIN در نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) صورت گرفت. در روش مطلوب سازی تکراری، با هر بار وارد کردن مقادیر اولیه پارامترها، مقادیر نهایی آن‌ها با روش کمترین توان دوم تخمین زده می‌شود. تغییر مقادیر اولیه تا زمانی انجام گرفت که بهترین برآورد از پارامترها به دست آید. بهترین برآورد پارامترهای تابع بر اساس SE (خطای معیار) کم‌تر پارامترها و RMSE (جذر میانگین مربعات خطا) کم‌تر تجزیه رگرسیون مشخص شد. برای مقایسه پارامترهای برآورد شده مدل دندان مانند در دهک‌های مختلف جوانه‌زنی از حدود اطمینان ۹۵٪ استفاده شد (Torabi *et al*., 2016).

نتایج

جدول (۱) پارامترهای تابع دمایی دندان مانند برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) بذر خردل وحشی در دوره‌های مختلف سرمادهی (۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ روز سرمادهی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد) را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، دمای پایه از ۲/۹ تا ۳/۱ درجه سانتی‌گراد در بذرهای شاهد (بدون سرمادهی) به ۱/۵ تا ۱/۸ درجه سانتی‌گراد در تیمار ۴ روز سرمادهی کاهش یافت. مقدار دمای پایه دهک‌های مختلف جوانه‌زنی بین دوره‌های مختلف سرمادهی اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین دمای پایه در تیمار ۴ روز سرمادهی مشاهده شد و با افزایش تدریجی دوره سرمادهی همچنان دمای پایه افزایش یافت (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تابع دمایی دندان مانند برای درصدهای مختلف جوانه‌زنی (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) بذر خردل وحشی در دوره‌های مختلف پیش سرمادهی (۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ روز در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد).

Table 1- Dent-like temperature function for different germination percentages (10, 20, 30, 40 and 50%) of wild mustard seeds in different Pre- chilling periods (0, 2, 4, 6 and 8 days at 5 °C).

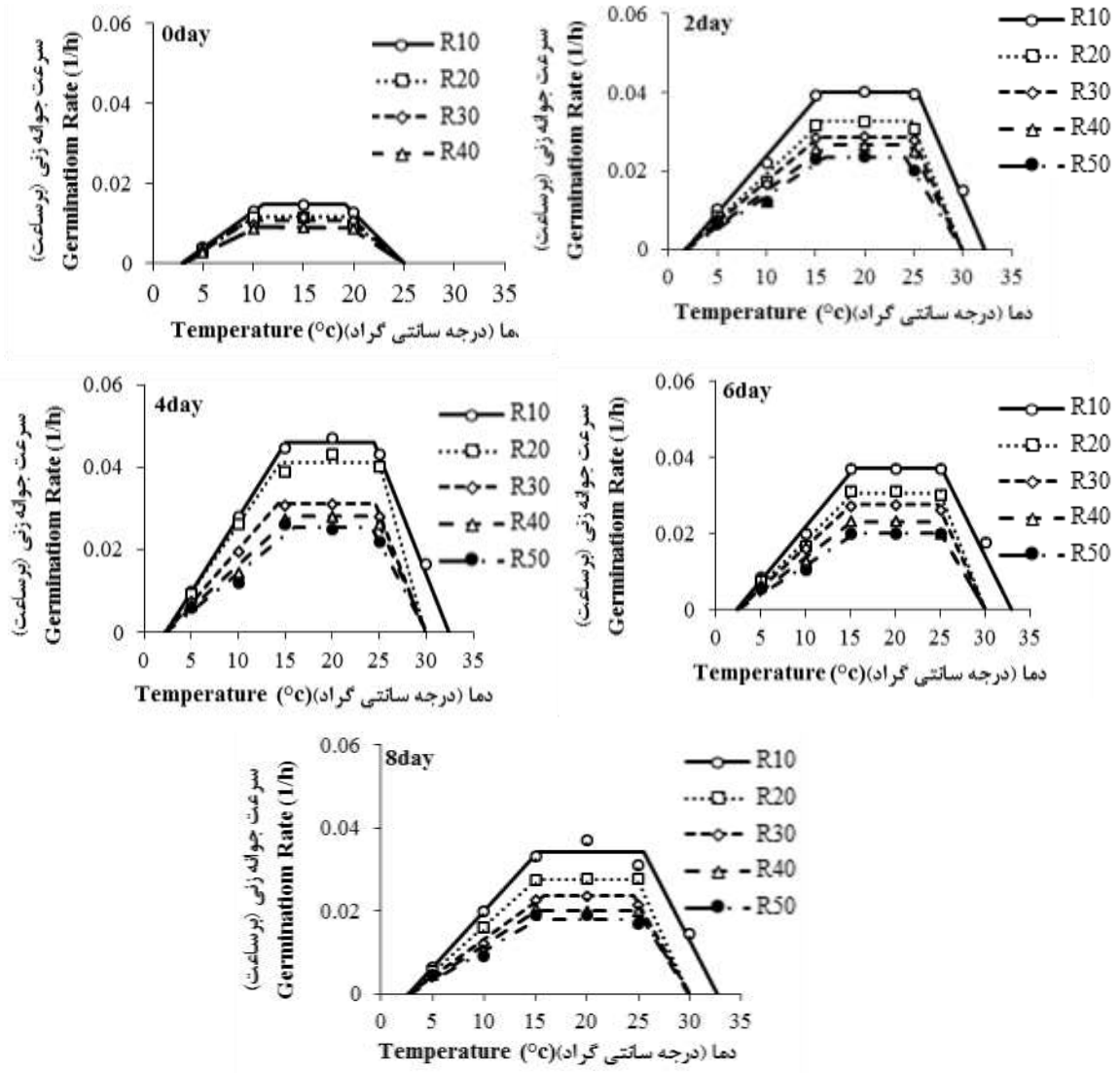
G_o					T_c					T_{o2}					T_{o1}					T_b					Per-chilling
R_{50}	R_{40}	R_{30}	R_{20}	R_{10}	R_{50}	R_{40}	R_{30}	R_{20}	R_{10}	R_{50}	R_{40}	R_{30}	R_{20}	R_{10}	R_{50}	R_{40}	R_{30}	R_{20}	R_{10}	R_{50}	R_{40}	R_{30}	R_{20}	R_{10}	
-	111.1	94.3±	87.0±	68.2±	-	25.0±	25.0±	25.0±	25.0±	–	19.7±	19.9±	19.0±	19.2±	–	10.4±	9.5±	10.1±	10.9±	-	3.1±	3.1±	3.4±	2.9±	**0**
	± 0.1	0.81	0.61	2.39		0.14	0.22	0.32	0.24		0.30	0.32	0.54	0.31		0.31	2.86	0.58	0.43		0.24	0.99	0.47	0.37	
42.6±	37.5±	34.9±	30.8±	25.0±	30.0±	30.0±	30.0±	29.9±	32.5±	24.2±	24.6±	24.5±	24.9±	24.5±	15.9±	15.7±	14.3±	14.5±	15.0±	2.3±	2.2±	2.3±	2.2±	2.3±	**2**
1.78	1.50	0.52	0.47	0.39	0.20	0.15	0.06	0.14	0.25	0.45	0.32	0.09	0.19	0.23	0.90	0.61	0.35	0.75	0.84	0.64	0.45	0.21	0.56	0.52	
39.5±	35.7±	32.3±	24.4±	21.7±	30.0±	30.0±	29.9±	29.9±	32.2±	24.1±	24.7±	24.8±	24.7±	25.4±	15.9±	16.3±	15.4±	15.7±	15.5±	1.7±	1.8±	1.5±	1.8±	1.8±	**4**
1.39	1.03	0.26	0.82	0.37	0.26	0.27	0.09	0.14	0.24	0.48	0.34	0.11	0.18	0.36	0.84	0.85	0.28	0.48	0.37	0.77	0.77	0.25	0.35	0.04	
50.0±	43.5±	36.4±	32.6±	27.0±	30.0±	30.0±	30.0±	29.9±	32.9±	25.0±	24.2±	24.7±	24.9±	25.1±	15.5±	15.1±	15.1±	15.2±	15.3±	2.5±	2.52±	2.4±	2.4±	2.3±	**6**
1.38	1.81	0.45	0.93	0.76	0.23	0.14	0.05	0.14	0.55	4.00	0.36	0.09	0.20	0.79	0.87	0.59	0.19	0.50	0.61	0.93	0.43	0.18	0.52	0.63	
55.6±	50.0±	42.6±	36.1±	29.3±	30.0±	30.0±	30.0±	30.0±	32.7±	25.5±	25.0±	24.5±	25.0±	25.5±	15.3±	15.1±	15.9±	15.1±	15.3±	2.8±	2.8±	2.7±	2.6±	2.6±	**8**
1.06	2.33	0.88	0.71	0.85	0.20	0.11	0.08	0.86	0.47	3.55	0.32	0.16	0.13	0.68	1.11	0.68	0.38	0.36	0.61	1.10	0.48	0.27	0.30	0.62	

Tb (دمای پایه)؛ **To1** (دمای مطلوب تحتانی)؛ **To2** (دمای مطلوب فوقانی)؛ **Tc** (دمای سقف)؛ **Go** (ساعت بیولوژیک جوانه‌زنی)

Tb (base temperature); To_1 (optimal lower temperature); To_2 (optimal upper temperature); Tc (ceiling temperature); Go (biological clock for germination)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- تابع دمایی دندان مانند برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ درصد) بذر خردل وحشی در دوره‌های مختلف سرمادهی (۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ روز در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد)

Figure 1- Dental temperature function for different germination (10, 20, 30, 40, 50%) seeds of wild mustard in different Pre-chilling periods (0, 2, 4, 6 and 8 days at 5 °C)

با توجه به جدول (۱)، دمای مطلوب تحتانی (T_{o1}) برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی برای هیچ‌کدام از دوره‌های سرمادهی اختلاف معنی‌دار نداشت. میزان این پارامتر در بذرهای شاهد بین ۹/۵ تا ۱۰/۹ درجه سانتی‌گراد بود که در تیمار ۴ روز سرمادهی به ۱۵/۴ تا ۱۶/۳ درجه سانتی‌گراد رسید. با توجه به جدول ۱، بیشترین دمای مطلوب تحتانی در تیمار ۴ روز سرمادهی و بالاتر به دست آمد و بین آن‌ها مقدار این پارامتر تفاوت معنی‌داری نداشت.

دمای مطلوب فوقانی برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت. میزان این پارامتر در بذرهای شاهد بین ۱۹/۰ تا ۱۹/۷ درجه سانتی‌گراد بود که در تیمار ۴ روز سرمادهی به ۲۴/۱ تا ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد در دوره‌های مختلف سرمادهی رسید. مقدار این پارامتر در دوره‌های مختلف سرمادهی (۲، ۴، ۶ و ۸ روز) باهم اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به جدول ۲، دامنه دمای مطلوب برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی برای تمام دوره‌های سرمادهی اختلاف معنی‌دار نداشت. همچنین میزان دامنه دمای مطلوب با افزایش سطوح سرمادهی تغییرات محسوسی را نشان نداد. دامنه دمای مطلوب برای بذرهای شاهد بین ۸/۳ تا ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد و برای تیمارهای سرمادهی بین ۸/۲ تا ۱۰/۴ درجه سانتی‌گراد متغیر بود.

جدول ۲- تغییرات دامنه دمای مطلوب برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی بذر خردل وحشی طی رفع کمون با دوره‌های مختلف سرمادهی (۲، ۴، ۶، ۸ روز)

Table 2- Variation of optimum temperature range for different germination precentiles of wild mustard seeds during dormancy elimination with various pre- chilling periods (2, 4, 6, 8 days at 5 °C).

8day	6day	4day	2day	0day	دهک
10.2	9.8	9.8	9.5	8.3	R10
9.9	9.1	9.0	10.4	11.6	R20
8.6	9.6	9.4	10.3	10.5	R30
9.9	9.2	8.4	8.8	9.3	R40
10.2	9.4	8.2	8.3	-	R50

همچنین نتایج نشان داد که دمای سقف از ۲۵/۰ درجه سانتی‌گراد در بذرهای شاهد به ۲۹/۹ تا ۳۲/۲ درجه سانتی‌گراد مربوط به ۴ روز سرمادهی افزایش یافته است (جدول ۱). در هر یک از دوره‌های سرمادهی تخمین دمای سقف بین دهک‌های مختلف تفاوت چندانی نداشت. مقدار دمای سقف بین دوره‌های مختلف سرمادهی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۱).

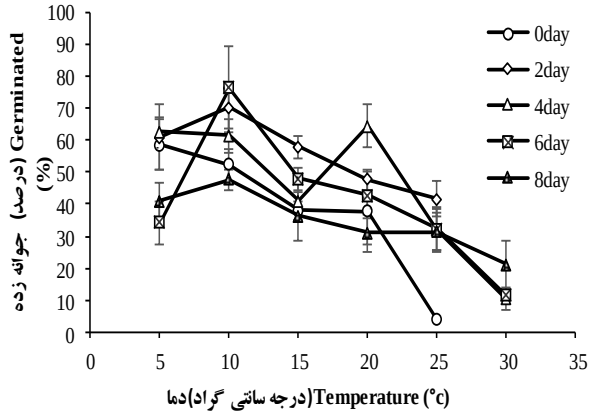
با توجه به جدول ۳، دامنه بردباری دمایی (دمای پایه تا دمای سقف) برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی بذر خردل وحشی برای هیچ‌کدام از سطوح سرمادهی اختلاف معنی‌دار نداشت. میزان دامنه بردباری دمایی از ۲۸/۱ تا ۳۰/۴ درجه سانتی‌گراد در ۴ روز سرمادهی به ۲۷/۵ تا ۳۰/۶ درجه سانتی‌گراد در ۶ روز سرمادهی تغییر کرد. دامنه بردباری دمایی در بذرهای شاهد بین ۲۱/۹ تا ۲۲/۱ درجه سانتی‌گراد بود که به ۲۷/۵ تا ۳۰/۶ درجه سانتی‌گراد در ۶ روز سرمادهی افزایش یافت.

با توجه به شکل ۲، درصد جوانه‌زنی نهایی ابتدا در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار را داشت و سپس با افزایش دما درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. هم‌چنین دامنه دمایی جوانه‌زنی در تیمارهای ۶ و ۸ روز سرمادهی نسبت به بذرهای شاهد و همچنین بذرهای تیمار شده با ۲ و ۴ روز سرمادهی افزایش یافت؛ به‌گونه‌ای که بذرهای ۶ و ۸ روز سرمادهی شده در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد هم قادر به جوانه‌زنی بودند. به‌طورکلی اعمال تیمار سرمادهی توانست دامنه دمایی و درصد جوانه‌زنی را افزایش دهد.

جدول ۳- تغییرات دامنه بردباری دمایی برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی بذر خردل وحشی طی رفع کمون با دوره‌های مختلف سرمادهی (۲، ۴، ۶ و ۸ روز)

Table 3- Temporal tolerance amplitudes for different decidences of wild mustard germination during dormancy elimination with different pre- chilling periods (2, 4, 6 and 8 days at 5 ° C).

8day	6day	4day	2day	0day	دهک
30.1	30.6	30.4	30.2	22.1	R10
27.4	27.5	28.1	27.5	21.6	R20
27.3	27.6	28.4	27.7	22.1	R30
27.2	27.5	28.2	27.8	21.9	R40
27.2	27.5	28.3	27.7	-	R50



شکل ۲- درصد جوانه‌زنی نهایی بذر خردل وحشی در پاسخ به دما طی رفع کمون با دوره‌های مختلف سرمادهی (۲، ۴، ۶ و ۸ روز)، نشانگر گسترش پنجره دمایی برای جوانه‌زنی است چراکه کمون کاهش می‌یابد.

Figure 2- The final germination percentage of wild mustard seeds in response to temperature during dormancy elimination with various pre- chilling periods (2, 4, 6 and 8 days at 5 ° C), illustrating the widening of the temperature window for germination as dormancy is alleviated.

با توجه به شکل (۱) و جدول (۱)، حداقل زمان موردنیاز برای رسیدن به دهک‌های مختلف جوانه‌زنی (G_o) برای تمام سطوح سرمادهی اختلاف معنی‌دار داشت. به‌طوری‌که کمترین و بیشترین

www.SID.ir

Archive of SID

میزان G_o مربوط به دهک ۱۰ درصد و دهک ۴۰ درصد مشاهده شد. میزان این پارامتر در بذرهای شاهد برای دهک‌های مختلف (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) به ترتیب ۶۸/۲، ۸۷/۰، ۹۴/۳ و ۱۱۱/۱ ساعت به ۲۱/۷، ۲۴/۴، ۳۲/۳ و ۳۵/۷ ساعت در تیمار ۴ روز سرمادهی کاهش یافت.

بحث

خردل وحشی مانند بسیاری از گونه‌های دیگر علف‌های هرز، بذرهایی را تولید می‌کند که ممکن است بلافاصله پس از ریزش، بذرها جوانه بزنند یا مدت‌ها به‌صورت خفته در خاک باقی بمانند. علت کمون بذر خردل وحشی ماده بازدارنده 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 (Benach-Arnold., 1974). علت توقف جوانه‌زنی در دمای حداکثر، می‌تواند پروتئین‌های ضروری جوانه‌زنی باشد (Copeland and McDonald., 2001). دماهای بالا علاوه بر کاهش سرعت جوانه‌زنی سبب زوال نیز می‌شود (Hardegree, 2006). فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به جوانه‌زنی شامل فعالیت هورمون‌ها (به‌ویژه جیبرلین)، فعالیت آنزیم‌ها (آمیلاز، انورتاز، پروتئاز، لیپاز) و درنهایت هضم، تجزیه ذخایر بذر و انتقال آن به محور جنین که وابسته به دما و رطوبت هستند. به‌علاوه جذب فعال آب توسط بذر در محیط مرطوب، متاثر از درجه حرارت است (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). به نظر می‌رسد کاهش فعالیت‌های آنزیمی در درجه حرارت پایین و اختلال در فعالیت آنزیم‌ها در درجه حرارت بالا (تجزیه شدن ساختمان سه‌بعدی آنزیم‌ها)، علت اصلی کاهش درصد جوانه‌زنی است (Alvarado and Bradford., 2002).

سرعت جوانه‌زنی یکی از جنبه‌های مهم بنیه بذر است و می‌تواند یکی از عوامل محدودکننده در استقرار گیاهان به شمار رود (Torabi *et al*., 2013). شاخص سرعت جوانه‌زنی معمولاً برای محاسبه و کمی کردن دماهای کاردینال جوانه‌زنی مورداستفاده قرار می‌گیرند. معمولاً از واکنش سرعت جوانه‌زنی به دما برای تعیین دماهای کاردینال استفاده می‌شود (Hardegree, 2006). تعیین دماهای کاردینال می‌تواند در امکان ارزیابی محدودیت‌های جغرافیایی گونه‌ها و زمان کاشت آن‌ها و پیش‌بینی مراحل رشد گیاهان زراعی مهم باشد (محمودی و همکاران، ۱۳۸۷).

در تحقیق حاضر پس از رفع کمون دامنه دمایی جوانه‌زنی بذر خردل وحشی از طریق کاهش دمای پایه و افزایش دمای سقف گسترش یافت. به‌گونه‌ای که دمای پایه از ۳/۱ درجه سانتی‌گراد در بذرهای شاهد به ۱/۸ درجه سانتی‌گراد در تیمار ۴ روز سرمادهی کاهش یافت و دمای سقف از ۲۵/۱ درجه سانتی‌گراد در بذرهای شاهد به ۳۰/۰ درجه سانتی‌گراد در دوره‌های مختلف سرمادهی افزایش یافت؛ وجود کمون می‌تواند پاسخ جوانه‌زنی بذر را به دما تحت تأثیر قرار دهد. فرضیات متعددی در رابطه با تأثیر سرما در شکستن کمون وجود دارد که از آن جمله می‌توان به تأثیر سرما در کاهش یا حذف بازدارندگی جوانه‌زنی درون بذر مثلاً کاهش میزان آبسزیک اسید و یا فعال کردن و سنتز جیبرلین اشاره کرد. به نظر می‌رسد که تیمار سرمادهی سبب کاهش تراز هورمون‌های بازدارنده و افزایش تراز هورمون‌های محرک شده و به‌این‌ترتیب سبب افزایش پتانسیل جوانه‌زنی بذر می‌شود. کاهش تراز اسید آبسزیک سبب افزایش حساسیت رویان به اسید جیبرلیک در مرحله گذار از حال کمون به حالت رفع کمون در بذر بسیاری از گونه‌ها می‌شود (Kucera, 2005). قرار دادن بذرها برای مدت مشخص در شرایط سرد و مرطوب، تأثیر تجمعی بر نرم شدن پوسته بذرهای سخت و نشت مواد بازدارنده رشد موجود در پوسته دارند (Milligan, 1999). به نظر می‌رسد که شرایط سرد و مرطوب تا حدی باعث افزایش هورمون‌های محرک رشد در داخل بذر گونه‌های موردمطالعه شده و با ایجاد تعادل هورمونی در داخل بذر باعث شروع فرآیند جوانه‌زنی شده است. همچنین ممکن است قرار گرفتن بذرها در دمای پایین و سپس انتقال آن‌ها به دمای معمولی، شوک دمایی را برای پوسته به وجود آورده و باعث شکافته شدن پوسته بذر و افزایش جوانه‌زنی شده باشد.

مکانیسم واقعی رفع کمون در اثر سرما هنوز شناخته نشده است. بعضی از دانشمندان تغییر شکل‌هایی را در که ساختار آنزیمی، یا در متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و یا در ساختار کلوئیدی با افزایش آب‌دوستی و غیره روی می‌دهند را عامل این امر دانسته‌اند. همچنین

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش یا حذف بازدارنده‌های جوانه‌زنی درون بذر مثلاً کاهش میزان اسید آبسیزیک و یا فعال کردن و سنتز جیبرلین را نیز ازجمله تاثیرهای سرما دانسته‌اند (Koornneff, 2002).

دماهای پایین از طریق تحریک تولید هورمون جیبرلین و کاهش میزان اسید آبسیزیک، سبب توازن بین این هورمون‌ها می‌شود به و دنبال از آن طریق القاء سنتز آنزیم‌های مختلفی ازجمله آنزیم آلفا-آمیلاز، موجب شکستن ذخایر غذایی بذر گردیده و آن‌ها را به مواد قابل استفاده جنین تبدیل می‌کند و درنهایت باعث افزایش و تسریع در جوانه‌زنی می‌گردد (Karam and Al-salem., 2001). به نظر می‌رسد تفاوت در مدت‌زمان سرمادهی مرطوب برای شکستن کمون بذر، مربوط به شرایط بوم‌شناختی زیستگاهی بوده که این گونه‌ها در آن رشد می‌کنند که باعث ایجاد درجات مختلفی از کمون در بذر آن‌ها شده است. وجود کمون‌های با عمق مختلف باعث توزیع جوانه‌زنی در طول زمان می‌شود که این سازوکار به‌عنوان یک مزیت نسبی شانس گیاهان را برای بقاء در یک محیط همیشه در حال تغییر (شرایط نامساعد) افزایش می‌دهد (شریفی و همکاران، ۱۳۹۴). در تحقیقات ایروانی و همکاران (Irvani *et al*., 2012) روی گیاه *Dorema ammoniacum*، تیمار ۴۵ روز سرمایی، در بررسی روحی و همکاران (Rouhi *et al*., 2012) روی بذرهای *Ferula Boiss gummosa* سرمادهی مرطوب ۷ هفته‌ای و در مطالعه واندیلوک و همکاران (Vandelook *et al*., 2007) روی گیاه *Chaerophyllum temulum* سرمادهی مرطوب ۱۲ هفته‌ای را بهترین زمان برای رفع کمون بذرها معرفی شدند. با بررسی‌های فیزیولوژیکی استنباط می‌شود عمل سرما درنهایت به تغییر نسبت‌های هورمونی درونی بذر به نفع جیبرلین منجر خواهد شد که آن خود پس از انتقال به لایه آلورن، با فعال‌سازی آنزیم‌های تجزیه‌کننده، ذخیره غذایی بذر را فراهم می‌کنند. متخصصان بذر معتقدند که این هورمون می‌تواند جانشین مناسبی برای برطرف کردن نیاز سرمایی بذر یا حتی فراتر از آن کلیه عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی بذر باشد (شمیتز و همکاران، ۲۰۰۱). شریفی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که تیمار یک هفته سرمادهی برای رفع کمون خردل وحشی مناسب است. هایرونگ و همکاران (Hairong *et al*., 2005) بیان نمودند که تیمار سرما با افزایش میزان جیبرلین زمینه را برای افزایش فعالیت آنزیم کاتکول اکسیداز فراهم می‌کند و از این طریق موجب کاهش میزان مواد فنلی بذر و درنتیجه تحریک جوانه‌زنی می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش بر اساس تابع دمایی دندان مانند برآورد دمای پایه، دمای سقف، دامنه بردباری دمایی، دامنه دمای مطلوب برای دهک‌های مختلف در هیچ‌یک از سطوح سرمادهی اختلاف معنی-داری وجود نداشت. نتایج نشان داد با اعمال تیمار سرمادهی دمای پایه از ۲/۹ تا ۳/۴ درجه سانتی‌گراد در بذرهای شاهد به ۱/۵ تا ۱/۸ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. همچنین دمای سقف از ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ۲۹/۹ تا ۳۲/۹ درجه سانتی‌گراد مربوط افزایش یافت. احتمالاً نوع کمون بذر خردل وحشی با توجه به پاسخ دمایی برای جوانه‌زنی، از نوع کمون فیزیولوژیک غیر عمیق از نوع تیپ یک باشد. از نتایج تحقیق حاضر می‌توان در مدل‌سازی جوانه‌زنی و کمون بذر و نیز در مدل‌های پیش‌بینی پویایی بانک بذر استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

References فهرست منابع

Alvarado, V. and K. J. Bradford. 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant Cell and Environment, 25(8): 1061-1069.

Baskin, C. C. and J. M. Baskin. 2014. Seeds: Ecology, Biogeography, and evolution of dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, California, 666 p.

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 Research, 67(2):105–122.

Chauhan, B. S., G. Gill and C. Preston. 2006. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of Oriental mustard (*Sisymbrium orientale*). Weed Science, 54(6): 1025–1031.

Chetinbas, M. and F. Koyuncu. 2006. Improving germination of *Prunus avium* L. seeds by gibberlic acid, potassium nitrate and thiourea. Horticultural Science, 33(3): 119-123.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 2001. Seed germination: Principles of Seed Science and Technology. Springer, Boston, pp 72-123.

Derakhshan, A., J. Gherekhloo, R. A. Vidal and R. De Prado. 2014. Quantitative description of the germination of littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) in response to temperature. Weed Science, 62(2), 250-257.

Fenner, M. 2000. Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities. Wallingford, United Kingdom, CABI Publishing, 410 p.

Forcella, F., R. L. Benech-Arnold, R. A. Sanchez and C. M. Ghersa. 2000. Modeling seedling emergence. Field Crops Research, 67(2): 123–139.

Ghaderi-Far, F., J. Gherekhloo and M. Alimagham. 2010. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*). Planta Daninha, 28(3):463469.

Gulden, R.H., S.J. Shirtliffe and A. G. Thomas. 2003. Harvest losses of canola (*Brassica napus*) cause large seed bank inputs. Weed Science, 51(1): 83–86.

Hairong, W., G. Dongsheng and L. Xianli. 2005. Effects of plant growth regulators on content of phenolics in sweet cherry dormant flower buds and seed dormancy. Acta Horticulturae, 32(4): 584-588.

Hakansson, I., A. Myrbeck and E. Ararso. 2002. A review of research on seedbed preparation for small grains in Sweden. Soil and Tillage Research, 64(1-2): 23-40.

Hardegree, S. P. 2006. Predicting germination response to temperature I. cardinal-temperature models and subpopulation-specific regression. Annals of Botany, 97(6): 1115-1125.

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 Research, 70(1): 75-86.

Irvani, N., M. Solouki, M. Omidi, A. Saidi and A. Zare. 2012. Seed germination and dormancy breaking in *Orema ammoniacum* D. an endangered medicinal plant. Trakia Journal of Sciences, 10(1): 9-15.

Karam, N. S. and, M. M. Al-salem. 2001. Breaking dormancy in *Arbutus andrachne* L. seeds by stratification and gibberelic acid. Seed Science and Technology, 29(1): 51-56.

Koochaki, A., M. H Rashed Mohassel, M. Nasiri Mahallati and R.Sadr Abadi. 1989. Physiological foundations of crop growth and development (translation). Astan Quds Publications, Pp54-80.

Koornneff, M., L. Bentsink and H. Hilhorst. 2002. Seed dormancy and germination. Current Opinion in Plant Biology, 5(1): 33-36.

Kucera, B., M. A. Cohn and G. Leubner-Metzger. 2005. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. Seed Science Research, 15(4):281–307.

www.SID.ir

Archive of SID
Mahmoodi,A., E. Soltani and H. Barani. 2008. Germination response to temperature of snail medic (*Medicago scutellata* L.). Journal of Crop Production, 1(1): 54-63.

Martinson, K., B. Durgan, F. Forcella, J. Wiersma, K. Spokas and D. Archer. 2007. An Emergence Model for Wild Oat (*Avena fatua*). Weed Science, 55(6): 584 – 591.

Milligan, G. 1999. Seed Collection, Treatment, and Storage. In Combined Proceedings-International Plant Propagators Society, 49: 114–115.

Minbashi, M., M. A. Baghestani, H. Rahimi and M. Aleefard. 2008. Weed mapping for irrigated wheat fields of Tehran province using Geographic Information System (GIS). (In Persian, with English Abstract.) Iranian Journal of Weed Science, 4: 97-118.

Roman, E. S., A. G. Thomas, S. D. Murphy and C. G. Swanton. 1999. Modeling Germination and seedling elongation of common lamb squatters (*Chenopodium album*). Weed Science. 47: 149-155.

Rouhi, H.R., H. Rahmati, M. Saman, A.R. Shahbodaghloo, F.A. Karimi, S.A. Moosavi, M.E. Rezaei, and F. Arimi. 2012. The effects of different treatments on dormancy-breaking of Galbanum seeds (*Ferula gummosa* Boiss.). International Journal of Agriculture Science, 2(7): 598-604.

Schutte, B. J., E. E. Regnier, S. K. Harrison, J. T. Schmoll, K. Spokasand, and F. Forcella. 2008. A Hydrothermal Seedling Emergence Model for Giant Ragweed (*Ambrosia trifida*). Weed Science, 56(4): 555–560.

Shafii, B. and W. J. Price. 2001. Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics, 6(3): 356–366.

Sharifi, H., M. Khajeh-Hosseini and M. Rashed-Mohassel. 2015. Study of Seed Dormancy in Seven Medicinal Species from Apiaceae. Iranian Journal of Seed Research, 2(1):25-36.

Sharifi, M. and Z. M. Pouresmael. 2006. Breaking seed dormancy in *Bunium persicum* by stratification and chemical substances. Asian Journal of Plant Sciences, 5(4): 695-699.

Soltani, A., M. J. Robertson, B. Torabi, M. Yousefi-Daz and R. Sarparast. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology, 138(1-4): 156 - 167.

Soltani, A., S. Galeshi, E. Zeinali and N. Latifi. 2002. Germination, seed reserve utilization and seeding growth of chickpea as al fected salinity and seed size. Seed Science and Technology, 30(1):51 - 60.

Soltani, E., A. Soltani and M. Oveisi. 2013. Modeling seed aging effects on the wheat seedling emergence in drought stress: optimizing Germin program to predict emergence pattern. Journal of Crop Improvement, 15: 147-160. (In Persian)

Soltani, E., C. C. Baskin and J. M. Baskin. 2017. A graphical method for identifying the six types of non-deep physiological dormancy in seeds. Plant Biology, 19(5): 673–682.

Torabi, B., E. Soltan, V. A. Sotirios and A. Rabii. 2016. Temperature and water potential effects on Carthamus tinctorius L. seed germination: measurements and modeling using hydrothermal and multiplicative approaches. Brazilian Journal of Botany, 39(2): 427-436.

Torabi, B., M. Adibniya and A. Rahimi. 2015. Seedling emergence response to temperature in safflower: measurements and modeling. International Journal of Plant Production, 9(3): 393-412.

Torabi, B., M. Attarzadeh and A. Soltani. 2013. Germination response to temperature in different safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars. Seed Science and Technology, 35: 47-59.

Vandelook, F., N. Bolle and J.A. Van Assche. 2007a. Seed dormancy and germination of the European *Chaerophyllum temulum* (Apiaceae), a member of a Trans-Atlantic genus. Annals of Botany, 100(2): 233-239.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation of seed germination of wild mustard (*Sinapis arvensis*) during cold stratification

H. Rahimi[1], B. Torabi[2*], E. Soltani[3], F. Ghaderi-Far[4]

Abstract

In order to investigate the variation in cardinal temperature of wild mustard seed germination during the removal of dormancy, a split plot experiment based on a completely randomized design with three replications was conducted at Seed Research Laboratory of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in 2017. The main factor was different temperatures (5, 10, 15, 20, 25 and 30 °C) and different periods of chilling (0, 2, 4, 6 and 8 days at 5 °C) were assigned as the sub-factor. To describe the response of germination rate to temperature, a dent function was used. For different germination stages, the base temperature decreased from 2.9 to 3.4 °C in control seeds to 1.5 to 1.8 °C in 4 days chilling. Ceilings temperature in control seeds was 25 °C, which increased to 29.9 to 32.9 °C as a result of 6 chilling for 6 days. Due to cardinal temperature changes, the physiological dormancy of wild mustard is of type I. Dormant seeds originally have the highest germination at low temperatures, and they germinate at high temperatures after elimination of dormancy. Also, the germination temperature range increases. Estimated parameters in this study can be useful in seed bank simulation models and for further studies on wild mustard biology and ecology.

Keywords: Chilling, Temperature, Physiological dormancy, Model

Received date: 29 July 2017 Accepted date: 15 October 2017

1- Msc Student in Seed Science and Technololgy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Abureyhan Campus of University of Tehran
4- Associated Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of of Agricultural Sciences and Natural Resources
Corresponding author E-mail: ben_Torabi@Yahoo.com

www.SID.ir