علوم و تحقیقات بذر ایران
سال ششم/ شماره سوم/ ۱۳۹۸ (۴۱۰ - ۳۹۹)

DOI: 10.22124/jms.2019.3836

بررسی تیمارهای شکست خواب و برخی خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی گل حسرت (*Colchicum kotschyi* Boiss.)

هما عزیزی[۱]، پرویز رضوانی‌مقدم[۲*]، مهدی پارسا[۳]، محمود شور[۴]، رضا خراسانی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۱۳

چکیده

به‌منظور ارزیابی رفتار جوانه‌زنی بذر گل حسرت تحت شرایط آزمایشگاهی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل چینه‌بندی (پرایمینگ) در سه سطح (چینه‌بندی گرمایی، چینه-بندی سرمایی و شاهد)، اسیدجیبرلیک در دو سطح (صفر و ۵۰۰ پی‌پی‌ام) و دماهای انکوباسیون در ۸ سطح (۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس) بود. پس از اعمال تیمارهای چینه‌بندی، تیمار اسیدجیبرلیک اعمال و سپس ارزیابی واکنش جوانه‌زنی بذر در دماهای ثابت درون ژرمیناتور انجام گرفت. درصد، سرعت، یکنواختی و میانگین زمان جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت. تنها در تیمار چینه‌بندی گرمایی، جوانه‌زنی انجام شد. اثر دما بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. جوانه‌زنی با روند بسیار کندی آغاز شد، پس از قرارگرفتن بذرها در دماهای انکوباسیون، حداقل ۴۰ روز طول کشید تا اولین جوانه‌ها ظاهر شوند. با افزایش دما در بازه دمایی ۵ تا ۱۵ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی افزایش یافت و پس از آن با افزایش دما از ۱۵ درجه به بعد کاهش درصد جوانه‌زنی مشاهده شد و در ۲۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی متوقف گردید. یکنواختی جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس بیش‌تر از سایر دماها بود. بالاترین میانگین زمان جوانه‌زنی در ۲۰ درجه و کم‌ترین آن در ۱۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد. اسیدجیبرلیک (به‌صورت منفرد) اثری روی جوانه‌زنی نداشت. بر اساس تخمین دو مدل برازش داده شده، دماهای پایه، مطلوب و حداکثر به‌ترتیب در دامنه (۱/۷۲-۱/۳۸)، (۱۶/۱۰-۱۲/۷۵) و (۲۵/۶۵-۲۴/۱۲) درجه سلسیوس به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: چینه‌بندی، خواب مورفوفیزیولوژیک، دماهای کاردینال، یکنواختی جوانه‌زنی

۱- دانشجوی دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴- دانشیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۵- دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
*نویسنده مسئول: rezvani@um.ac.ir

مقدمه

گل حسرت از گیاهان ژئوفیت‌هیسترانتوس است (Frankova *et al*., 2004) و دارای ساقه ذخیره‌ای زیرزمینی از نوع بنه (Corm) می‌باشد. این گیاه چندساله متعلق به تیره *Colchicaceae*، از چرخه زندگی غیر معمولی برخوردار است. بسیاری از گونه‌های گل حسرت در انتهای شهریور و پیش از ظهور برگ‌ها به گل نشسته و میوه و بذر آن در خردادماه می‌رسد. درصد جوانه‌زنی بذر این گیاه کم است و فاصله زمانی بین جوانه‌زنی بذر تا اولین گل‌دهی گیاه حداقل پنج سال به‌طول می‌انجامد. در طبیعت، بنه‌های این گیاه در فصل زمستان (از دی تا اسفند) و نیز پس از میوه‌دهی در تابستان (از تیر تا شهریور) وارد مرحله استراحت (خواب) می‌شوند. هرساله بنه مادری، یک و گاهی اوقات دو بنه دختری تولید می‌کند (Poutaraud and Girardin, 2002).

در بحث اهلی‌سازی و کشت گیاهان دارویی آگاهی از نحوه جوانه‌زنی بذر جهت استقرار موفق و مطلوب گیاه لازم است. خصوصاً این که بیش‌تر گیاهان دارویی که از عرصه‌های طبیعی برداشت می‌شوند، نسبت به گیاهان زراعی و اصلاح شده به زمان بیش‌تری برای جوانه‌زنی نیاز دارند (Runham, 2009 به نقل از Naghedinia, and Rezvani Moghaddam, 2009). این مسأله ممکن است به‌دلیل سرعت جوانه‌زنی پایین و یا نیازهای اکولوژیکی اختصاصی هر گونه برای جوانه‌زنی باشد (Canter *et al*., 2005).

بذری که در یک بازه زمانی ۳۰ روزه با قرارگرفتن در شرایط مناسب جوانه‌زنی قادر به جوانه‌زدن نباشد، بذر خواب محسوب می‌شود. چالشی که برای اکولوژیست‌های بذر مطرح است، این است که دلیل تأخیر در جوانه‌زنی چیست و چرا این بذرها در فصول خاصی، سرانجام جوانه می‌زنند (Chien *et al*., 2011). از آن‌جا که بذرهای خواب در زمان‌های خاصی از سال توانایی جوانه‌زدن را به‌دست می آورند، احتمالاً در طی این مدت، تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک زیادی در آن‌ها رخ می‌دهد. بنابراین برای آگاهی از دلایل تأخیر در جوانه‌زنی و چگونگی شکستن خواب بذر، باید درباره تغییرات مختلفی که در طی این مدت در بذرها اتفاق می‌افتد، اطلاعاتی بدست آورد (Chien *et al*., 2011). در بذرهای دارای جنین توسعه‌نیافته که یک مکانیسم فیزیولوژیک بازدارنده جوانه‌زنی نیز دارند (خواب مورفوفیزیولوژیک[1])، جنین باید از نظر موفولوژیکی رشد و توسعه یابد و محدودیت‌های فیزیولوژیک نیز برطرف شود تا بذر بتواند جوانه بزند. بنابراین این بذرها برای جوانه‌زنی نیاز به پیش‌تیمار شکستن خواب دارند. در بذرهای دارای خواب مورفوفیزیولوژیک، رشد جنین و ظهور ریشه‌چه نیاز به یک دوره زمانی طولانی مدت دارد (Baskin and Baskin, 2004). تحقیقات نشان می‌دهند که چینه‌بندی گرمایی و کاربرد اسیدجیبرلیک نقش بارزی در افزایش جوانه‌زنی بذر بسیاری از گیاهان داشته است (Antonidaki-Baskin *et al*., 2002؛ Giatromanolaki *et al.,* 2008؛ Cicek *et al*., 2007؛ Mamut *et al*., 2014؛ Santiago *et al*., 2014؛ Alirezaei Noghondar *et al*., 2011). از آن‌جاکه در جنس گل حسرت تکثیر توسط بذر بسیار کند و نامنظم است و در برخی موارد بیش از یک سال طول می‌کشد تا بذر جوانه بزند و گیاهچه‌های جوانه‌زده دارای بقاء کمی هستند (Ellington *et al*., 1997)، لذا اعمال تیمارهای خواب‌شکنی به‌منظور بهبود و تسریع جوانه‌زنی بذر ضروری است.

زمان تا شروع جوانه‌زنی[2]، حداکثر مقدار جوانه‌زنی[3]، یکنواختی جوانه‌زنی[4]، میانگین زمان جوانه‌زنی[5] و سرعت جوانه‌زنی[6] به‌عنوان شاخص‌های جوانه‌زنی شناخته شده‌اند (Soltani *et al*., 2001). زمان تا شروع جوانه‌زنی عبارت است از مدت زمان از کاشت تا زمانی که درصد جوانه‌زنی تجمعی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد (Latifi *et al*., 2004). از این زمان به بعد جوانه‌زنی به‌صورت خطی افزایش خواهد یافت. هرچه مقدار عددی این شاخص، کوچک‌تر باشد، بدین معنی است که جوانه‌زنی زودتر شروع شده است. یکنواختی جوانه‌زنی به‌صورت مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی از ۱۰ درصد حداکثر خود به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد، تعریف می‌شود (Latifi *et al*., 2004). هرچه این مدت زمان کم‌تر باشد، نشان دهنده جوانه‌زنی یکنواخت‌تر بذور می‌باشد.

[1]Morphophysiological dormancy (MPD)
[2]Time to beginning germination (D10)
[3]Total maximum germination (Gmax)
[4]Germination uniformity (GU)
[5]Mean germination time (MGT)
[6]Germination rate (R50)

آگاهی از رفتار جوانه‌زنی بذر در طی فرایند اهلی‌سازی گیاهان به‌ویژه گونه‌های وحشی که دسترسی به منبع بذری آن‌ها مشکل و نیازهای جوانه‌زنی آن‌ها ناشناخته است، ضروری می‌باشد (Kharkwal *et al*., 2002 به نقل از Naghedinia and Rezvani Moghaddam, 2009). با تعیین درجه حرارت‌های کاردینال، امکان ارزیابی محدودیت‌های جغرافیایی گونه‌ها و زمان مناسب برای کاشت آن‌ها میسر می‌گردد (Ramin, 1997). هدف از این مطالعه تعیین نوع خواب بذر، بررسی واکنش شاخص‌های جوانه‌زنی بذر به دما و همچنین تعیین درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی بذر گل حسرت بود.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی رفتار جوانه‌زنی بذر گل حسرت (*Colchicum kotschyi*) مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۲ در دانشگاه فردوسی مشهد تحت شرایط آزمایشگاهی با مشخصات و روش زیر صورت گرفت:

ابتدا بذرهای رسیده که در تیرماه (زمانی که گیاه مادری در مرحله استراحت تابستانه به‌سر می‌برد) از طبیعت (ارتفاعات ۱۹۰۰ متری بینالود، منطقه فریزی در موقعیت جغرافیایی ″24 ′50 °58 E, ″38 ′25 °36N)، جمع‌آوری شده بودند، در دمای اتاق به‌مدت دو هفته خشک شده و در محیطی تاریک قرار داده شدند. در مرحله بعد بذرها به‌مدت پنج ساعت درون آب خیسانده سپس آبکشی شده، پس از آن بذرها به سه قسمت تقسیم شدند. بذرهای مربوط به تیمار چینه‌بندی به‌صورت جداگانه درون گلدان‌های حاوی کوکوپیت مرطوب قرار داده شده (Antonidaki-Giatromanolaki *et al.,* 2008) و تحت تیمارهای چینه‌بندی شامل چینه‌بندی گرمایی[7] (۸ هفته چینه‌بندی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس) و چینه‌بندی سرمایی[8] (۸ هفته چینه‌بندی در دمای ۵ درجه سلسیوس) قرار گرفتند (Alirezaei Noghondar *et al.,* 2011, Antonidaki-Giatromanolaki *et al.,* 2008). بذرهای مربوط به تیمار شاهد بدون قرارگرفتن در شرایط چینه‌بندی در پتری کشت شدند. پس از اعمال تیمارهای چینه‌بندی، به‌منظور بررسی اثر اسیدجیبرلیک بر روی جوانه‌زنی، بذرهای مربوط به هر یک از سه دسته ذکر شده، به دو قسمت تقسیم شدند و به‌صورت جداگانه تحت اعمال تیمار اسیدجیبرلیک (۵۰۰ پی‌پی‌ام) به‌مدت حدود ۲۴ ساعت و یا عدم اعمال اسیدجیبرلیک (شاهد، آب مقطر) قرار گرفتند.

به‌منظور بررسی و تعیین بهترین تیمار چینه‌بندی جهت شکستن خواب بذر و همچنین تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی، پس از اعمال تیمارهای خواب‌شکنی، ارزیابی واکنش جوانه‌زنی بذر در دماهای ثابت ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس درون ژرمیناتور (در تاریکی) انجام گرفت. در هر تیمار حرارتی چهار تکرار در نظر گرفته شد. برای هر تکرار ۲۵ عدد بذر انتخاب شد و سپس بذرها در پتری‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر حاوی آگار یک درصد، قرار گرفتند. سپس پتری‌های حاوی بذر به ژرمیناتور با دماهای ثابت مورد نظر منتقل شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل چینه‌بندی در سه سطح، اسیدجیبرلیک در دو سطح و دماهای انکوباسیون (Incubation temperatures) در ۸ سطح بود. شمارش بذور جوانه‌زده پس از ۲۴ ساعت از شروع آزمایش، هر سه روز یک بار به‌مدت ۱۶ هفته به‌طور مرتب انجام شد. بذر زمانی جوانه‌زده در نظر گرفته شد که طول ریشه‌چه حداقل به یک میلی‌متر رسیده باشد (Antonidaki-Giatromanolaki *et al.,* 2008).

برای ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی، در کلیه تیمارها و تکرارها، منحنی پیشرفت درصد جوانه‌زنی تجمعی در مقابل زمان از کاشت بذر (بر حسب هفته) رسم شد و سپس از این منحنی‌ها زمان از کشت بذر تا رسیدن به ۱۰ درصد، ۵۰ درصد و ۹۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی با استفاده از روش درون‌یابی خطی محاسبه شدند (Latifi *et al*., 2004). یکنواختی جوانه‌زنی از طریق فرمول GU=D10-D90 محاسبه شد. سرعت جوانه‌زنی براساس عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (MGT/۱) محاسبه شد (Flores and Briones, 2001؛ Adam *et al.,* 2007).

تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی (پایه، مطلوب و حداکثر) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و دماهای مختلف صورت گرفت که در آن‌ها درجه حرارت‌های مختلف به‌عنوان متغیر مستقل (محور

[7] Warm stratification
[8] Pre chilling

X) و سرعت جوانه‌زنی به‌عنوان متغیر وابسته (محور Y) در نظر گرفته شد.

مدل خطوط متقاطع (Intersected-lines Model) با استفاده از معادلات زیر به‌دست آمد:

معادله ۱- f= if (T<T_o, region 1(T), region 2(T))

Region 1(T) = b (T-T_b)

Region 2(T) = c (T_m-T)

مدل چندجمله‌ای درجه دوم (Quadratic Polynomial Model) با استفاده از معادلات زیر به‌دست آمد:

معادله ۲- $f= a + bT + cT^2$

$T_o= b + 2cT$

در مدل‌های ذکر شده، f سرعت جوانه‌زنی (هفته/۱)، T درجه حرارت (°c)، T_b، T_o و T_m به‌ترتیب درجه حرارت‌های پایه، مطلوب و حداکثر) و همچنین a، b و c به‌عنوان ضرایب رگرسیون در نظر گرفته شدند (Kocabs *et al*., 1999؛Summerfield *et al*., 1991). داده‌های درصدی قبل از تجزیه واریانس تبدیل زاویه‌ای شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت. جهت برازش توابع رگرسیونی از نرم‌افزار Sigma Plot استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر روی صفات مورد مطالعه جوانه‌زنی بذر گل حسرت در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر چینه‌بندی، اسیدجیبرلیک و دماهای مختلف بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گل حسرت (*Colchicum kotschyi*)

Table 1. Analysis of variance (means of squares) of priming, gibberellic acid and temperatures on germination factors of *Colchicum kotschyi* seed

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares: حداکثر درصد جوانه‌زنی Maximum germination percentage	زمان تا شروع جوانه‌زنی Time to beginning germination	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time
چینه‌بندی(P) Priming	2	3.734**	395.347**	136.111**	0.084**	633.739**
اسیدجیبرلیکGA	1	0.001^{ns}	0.016^{ns}	0.045*	0.0001^{ns}	0.043^{ns}
دما Temperature (T)	5	0.501**	42.329**	15.266*	0.009**	66.906**
P × GA	2	0.001^{ns}	0.016^{ns}	0.045*	0.0001^{ns}	0.043^{ns}
P × T	10	0.501**	42.329**	15.266*	0.009**	66.906**
GA × T	5	0.0001^{ns}	0.008^{ns}	0.046*	0.00001*	0.050^{ns}
P × GA × T	10	0.0001^{ns}	0.008^{ns}	0.091^{ns}	0.00001*	0.050^{ns}
خطا Error	108	0.00001	0.016	0.011	0.00001	0.028
ضریب تغییرات (%) CV	-	11.57	7.57	10.66	8.35	8.04

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *, **: non-significant, significant at 5% and 1% respectively

تعیین نوع خواب بذر و بهترین تیمار خواب‌شکنی

در مرحله اول آزمایش، بذرها پس از خیس‌شدن و قرارگرفتن در وضعیت آبنوشی، آب جذب کردند که این امر می‌تواند نشان‌دهنده نبود خواب فیزیکی در بذر باشد. خواب فیزیکی بذر نوعی خواب است که ناشی از وجود لایه نفوذناپذیر به آب در پوسته بذر بوده و بدین جهت بذر قادر به آبنوشی نیست (Rostami and Tavakol Afshari, 2014). سپس با قرارگیری بذر در دماهای انکوباسیون مختلف، مشاهده شد که تنها در تیمار چینه-بندی گرمایی (۸ هفته استراتیفیکاسیون در دمای ۲۵ درجه سلسیوس) جوانه‌زنی صورت گرفت و در تیمار شاهد و همچنین تیمار چینه‌بندی سرمایی هیچ‌گونه جوانه‌زنی مشاهده نشد. به‌نظر می‌رسد که خواب بذر به گونه‌ای است که شرایط پیش‌تیمار سرما برای جوانه‌زنی و شکست خواب مناسب نمی‌باشد. به عبارت دیگر سرما قادر به تحریک جوانه‌زنی بذر نیست.

از آن‌جاکه تنها در تیمار چینه‌بندی گرمایی، جوانه‌زنی انجام شد، بر اساس تقسیم‌بندی انواع خواب بذر (Baskin and Baskin, 2004)، احتمالاً خواب بذر به‌صورت ترکیبی از خواب مورفولوژیک و فیزیولوژیک (مورفوفیزیولوژیک) می‌باشد که برای شکستن خواب مورفولوژیک، گذشت زمان و همچنین قرارگیری در دمای

بالا (برای تسریع در توسعه جنین) و برای شکستن خواب فیزیولوژیک، اعمال پیش‌تیمار گرمایی ضروری است. جنین در بذرهای دارای خواب مورفولوژیک، نیاز به زمان دارد تا رشد نموده و به اندازه نرمال برای جوانه‌زنی برسد. قرارگیری بذر در شرایط پیش‌تیمار گرمایی می‌تواند سبب کوتاه‌شدن مدت خواب مورفولوژیک و توسعه سریع‌تر جنین گردد. اما جهت غلبه بر خواب فیزیولوژیک، قرارگیری در شرایط پیش‌تیمار گرمایی ضروری است. نقش پیش‌تیمار استراتیفیکاسیون گرمایی در ارتقاء جوانه‌زنی بذر توسط بسیاری از محققین در گیاهان مختلف گزارش شده است (Antonidaki-Giatromanolaki *et al.*,2008؛ Baskin *et al*., 2002؛ Cicek *et al*., 2007؛ Mamut *et al*., 2014؛ Santiago *et al*., 2014؛ Alirezaei Noghondar *et al*., 2011).

از طرفی اسیدجیبرلیک (به‌صورت منفرد) اثری بر روی جوانه‌زنی بذر نداشت. بر اساس طبقه‌بندی باسکین و باسکین (Baskin and Baskin, 2004) برخی از بذرهای دارای خواب مورفوفیزیولوژیک به جیبرلین پاسخ مثبت نشان می‌دهند و برخی از آن‌ها هیچ پاسخی به جیبرلین نشان نمی‌دهند. تحقیقی بر روی بذر دو گونه مربوط به جنس *ویبرنوم* (*Viburnum*) که خواب آن‌ها از نوع مورفوفیزیولوژیک است نیز نشان دهنده بی‌تأثیر بودن جیبرلین بر خواب بذر آن‌ها بود (Chien *et al*., 2011). کاربرد اسیدجیبرلیک همراه با پیش‌تیمار گرمایی سبب افزایش جزئی (غیر معنی‌دار) در میزان جوانه‌زنی شد. به‌نظر می‌رسد که احتمالاً کاربرد غلظت‌های بالاتر اسید جیبرلیک بتواند میزان جوانه‌زنی را به‌صورت قابل ملاحظه‌ای ارتقاء دهد و در شکستن خواب فیزیولوژیک بذر نقش داشته باشد. در همین راستا علیرضایی نغندر و همکاران (Alirezaei Noghondar *et al*., 2011) در آزمایشی بر روی جوانه‌زنی بذر گل حسرت (گونه *Colchicum kotschyi* Boiss.، جمع‌آوری شده از منطقه نغندر در حومه مشهد) گزارش کردند که کاربرد اسیدجیبرلیک به‌همراه پیش‌تیمار گرمایی سبب ارتقاء درصد جوانه‌زنی بذر شد و با افزایش غلظت اسیدجیبرلیک از ۲۵۰ به ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

واکنش شاخص‌های جوانه‌زنی به کاربرد اسیدجیبرلیک و دماهای مختلف

بر خلاف اسیدجیبرلیک، اثر دما بر کلیه صفات مورد مطالعه جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱).

حداکثر درصد جوانه‌زنی (Gmax)

اثر دماهای مختلف بر درصد جوانه‌زنی بذر معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۱$). در واقع پس از این که خواب بذر برطرف شد (در تیمار چینه‌بندی گرمایی)، بذرها نیاز به دامنه دمایی محدودی (۱۵-۱۰ درجه سلسیوس) برای جوانه‌زنی داشتند. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در شرایط چینه‌بندی گرمایی و در دماهای ۱۵ و ۱۰ درجه سلسیوس به‌ترتیب به‌میزان ۷۰/۵ درصد و ۶۵/۵ درصد به‌دست آمد. کم‌ترین درصد جوانه‌زنی نیز مربوط به دماهای ۵ و ۲۰ درجه سلسیوس به‌ترتیب به‌میزان ۲۳/۵ درصد و ۱۹/۵ درصد بود (جدول ۲). در دمای ۲ درجه سلسیوس جوانه‌زنی مشاهده نشد و شروع جوانه‌زنی از دمای ۵ درجه سلسیوس بود. به‌طورکلی با افزایش دما در بازه دمایی ۵ تا ۱۵ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی افزایش یافت و پس از آن با افزایش دما از ۱۵ درجه سلسیوس به بعد کاهش درصد جوانه‌زنی مشاهده شد به‌طوری‌که در دمای ۲۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی به‌طور کامل متوقف گردید. به‌همین جهت در تجزیه واریانس اثر دما بر جوانه‌زنی، دو دمای ۳۰ و ۳۵ درجه حذف شدند.

تحقیقات بسیاری حاکی از اثر افزایشی دما تا نقطه‌ای خاص بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور می‌باشد (Nadjafi *et al*., 2006; Tabrizi *et al*., 2004). در آزمایشی که فوکائی و همکاران (Fukai *et al*., 2013) بر روی جوانه‌زنی بذر گونه‌ای از گل حسرت (*Colchicum capense* SUBSP. CILIOLATUM) انجام دادند، دمای بهینه برای جوانه‌زنی بذر، ۱۵ درجه سلسیوس بود و با افزایش دما به بیش از ۲۰ درجه سلسیوس، جوانه‌زنی به‌طور کامل متوقف شد. در آزمایشی مشابه، دمای بهینه برای گونه دیگری از گل حسرت (*Colchicum macrophyllum* B.L. BURTT.) معادل ۱۵-۱۰ درجه سلسیوس بود و با افزایش دما از ۱۵ درجه سلسیوس، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (Antonidaki-Giatromanolaki *et al.,* 2008).

زمان تا شروع جوانه‌زنی

در تیمار چینه‌بندی گرمایی، اثر دما بر زمان آغاز جوانه‌زنی بذر معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱). به‌طورکلی جوانه‌زنی با روند بسیار کندی آغاز شد به‌طوری‌که پس از قرارگرفتن بذرها در دماهای انکوباسیون، حداقل ۴۰ روز طول کشید تا اولین جوانه‌ها ظاهر شوند.

به‌همین جهت در بررسی‌های مربوط به زمان و سرعت جوانه‌زنی از هفته به‌عنوان واحد زمان استفاده شده است. با افزایش دما از ۵ تا ۱۵ درجه سلسیوس، زمان لازم تا شروع جوانه‌زنی پیوسته کاهش یافت (جدول ۲). درواقع در بازه دمایی مطلوب جوانه‌زنی که ۱۵-۵ درجه سلسیوس بود، جوانه‌زنی زودتر آغاز شد ولی با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سلسیوس، مجدداً آغاز جوانه‌زنی با تأخیر همراه بود. از طرفی کاربرد اسیدجیبرلیک اثر معنی‌داری بر روی زمان آغاز جوانه‌زنی بذر نداشت (جدول ۱).

جدول ۲- اثر متقابل دما × چینه بندی بر متوسط زمان جوانه‌زنی، زمان تا شروع جوانه‌زنی، سرعت، یکنواختی و درصد جوانه‌زنی بذر گل حسرت (*Colchicum kotschyi*)

Table 4. The interaction effect of priming × temperature on mean germination time, time to beginning germination, germination rate, germination uniformity and maximum germination percentage of *Colchicum kotschyi* seed

چینه‌بندی Priming	دما Temperature	زمان تا شروع جوانه‌زنی‌متوسط زمان جوانه‌زنی (هفته) Mean germination time (week)	(هفته) Time to beginning germination	سرعت جوانه‌زنی (بذر در هفته) Germination rate (seed per week)	یکنواختی جوانه‌زنی (هفته) Germination uniformity (week)	حداکثر درصدجوانه زنی (درصد) Maximum germination percentage
چینه‌بندی گرمایی Warm stratification	2	-	-	-	-	0 e
	5	3.400 b	2.582 b	0.03275 c	1.669 a	23.5 c
	10	3.077 c	2.244 c	0.03625 b	1.648 a	65.5 b
	15	2.485 d	2.055 d	0.04483 a	1.563 b	70.5 a
	20	3.625 a	3.060 a	0.03067 d	0.955 c	19.5 d
	25	-	-	-	-	0 e
چینه‌بندی سرمایی Cold stratification	2	-	-	-	-	0
	5	-	-	-	-	0
	10	-	-	-	-	0
	15	-	-	-	-	0
	20	-	-	-	-	0
	25	-	-	-	-	0
شاهد Control	2	-	-	-	-	0
	5	-	-	-	-	0
	10	-	-	-	-	0
	15	-	-	-	-	0
	20	-	-	-	-	0
	25	-	-	-	-	0

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

In each column, means with the similar letters are not significantly different at p≤0.05 based on Duncan's multiple range test

یکنواختی جوانه‌زنی

یکنواختی جوانه‌زنی در واقع طول فاز خطی در منحنی درصد جوانه‌زنی تجمعی در مقابل زمان را نشان می‌دهد (Latifi *et al*., 2004). هرچه طول این مرحله کوتاه‌تر باشد، نشان می‌دهد که بذرها به‌صورت همزمان جوانه زده‌اند. برعکس، طولانی‌بودن این مرحله نشان می‌دهد که بذرها به‌طور همزمان جوانه نزده‌اند، بلکه جوانه‌زنی آن‌ها به‌صورت غیریکنواخت و در دوره زمانی بیش‌تری صورت گرفته است (Latifi *et al*., 2004).

در تیمار چینه‌بندی گرمایی، اثر دما بر یکنواختی جوانه‌زنی بذر معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵). کم‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی در دمای ۵ درجه سلسیوس و بیش‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (جدول ۲). البته اختلاف دمای ۵ و ۱۰ درجه سلسیوس از این لحاظ معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر علیرغم این که افزایش دما از ۲۰-۱۵ درجه سلسیوس با کاهش درصد جوانه‌زنی همراه بود، اما یکنواختی جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس بیش‌تر از سایر دماها بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل چینه بندی × اسیدجیبرلیک × دما بر روی سرعت جوانه‌زنی بذر گل حسرت (*Colchicum kotschyi*)

Table 3. The interaction effect of priming × gibberellic acid × temperature on germination rate of *Colchicum kotschyi* seed.

چینه‌بندی Priming	اسیدجیبرلیک GA	دما Temperature	سرعت جوانه‌زنی (هفته/۱) Germination rate (1/week)
چینه‌بندی گرمایی Warm stratification	0	2	0
		5	0.032 f
		10	0.037 c
		15	0.043 d
		20	0.030 g
		25	0
	500	2	0
		5	0.033 e
		10	0.035 d
		15	0.046 a
		20	0.031 g
		25	0
چینه‌بندی سرمایی Cold stratification	0	2	-
		5	-
		10	-
		15	-
		20	-
		25	-
	500	2	-
		5	-
		10	-
		15	-
		20	-
		25	-
شاهد Control	0	2	-
		5	-
		10	-
		15	-
		20	-
		25	-
	500	2	-
		5	-
		10	-
		15	-
		20	-
		25	-

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

In each column, means with the similar letters are not significantly different at p≤0.05 based on Duncan's multiple range test.

در تیمار چینه‌بندی گرمایی، اثر اسیدجیبرلیک بر یکنواختی جوانه‌زنی بذر معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵). با کاربرد اسیدجیبرلیک اگرچه درصد جوانه‌زنی افزایش معنی‌داری نداشت، ولی نسبت به شاهد، بذرها یکنواخت‌تر جوانه زدند (جدول ۴).

سرعت جوانه‌زنی

در تیمار چینه‌بندی گرمایی، اثر دما بر روی سرعت جوانه‌زنی بذر معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱). با افزایش دما از ۱۵-۵ درجه سلسیوس به‌صورت یکنواخت سرعت جوانه-زنی افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد. ولی پس از آن با زیادشدن دما و رسیدن به ۲۰ درجه سلسیوس مجدداً سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت به‌طوری‌که کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به دمای ۲۰ درجه سلسیوس بود (جدول ۲). بر اساس داده‌های موجود وقوع حداکثر درصد جوانه-زنی با حداکثر سرعت جوانه‌زنی تطابق دارد.

مطالعات حاکی از آن است که با افزایش دما، سرعت جوانه‌زنی در یک دامنه دمایی مناسب به‌صورت خطی افزایش می‌یابد ولی در دماهای بالاتر از آن افت شدیدی پیدا می‌کند (Tabrizi *et al*., 2008؛ Naghedinia and

(Rezvani Moghaddam, 2009).

نتایج آزمایش (Zangoie *et al.*, 2012) بر روی بذر گیاه آنغوزه (*Ferula assafoetida*) حاکی از آن بود که با افزایش دما از ۳ تا ۱۸ درجه سلسیوس سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت اما با تداوم افزایش دما از ۱۸ درجه سلسیوس به بعد سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. اثر اسیدجیبرلیک بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نبود (جدول ۱). اما در تیمار چینه‌بندی گرمایی اثر متقابل دما و اسیدجیبرلیک بر روی سرعت جوانه‌زنی بذر معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱۵ درجه سلسیوس در شرایط کاربرد اسید جیبرلیک و کم‌ترین آن در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در شرایط عدم کاربرد اسید جیبرلیک به‌دست آمد (جدول ۳).

متوسط زمان جوانه‌زنی

در تیمار چینه‌بندی گرمایی، اثر دما بر متوسط زمان جوانه‌زنی معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). در دمای ۵ درجه سلسیوس متوسط زمان جوانه‌زنی طولانی بود. با افزایش درجه حرارت از ۵ درجه سلسیوس تا حد مطلوب جوانه‌زنی (۱۵ درجه سلسیوس) متوسط زمان جوانه‌زنی پیوسته کاهش یافت و مجدداً با بالارفتن دما از حد بهینه، این شاخص افزایش پیدا کرد. بالاترین متوسط زمان جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و کم‌ترین آن در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد (جدول ۲).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل چینه‌بندی × اسیدجیبرلیک بر یکنواختی جوانه‌زنی بذر گل حسرت (*Colchicum kotschyi*)

Table 4. The interaction effect of priming × gibberellic acid on germination uniformity of *Colchicum kotschyi* seed

چینه‌بندی Priming	اسیدجیبرلیک GA	یکنواختی جوانه‌زنی (هفته) Germination uniformity (week)
چینه بندی گرمایی Warm stratification	0	0.9899 a
	500	0.9546 b
چینه بندی سرمایی Cold stratification	0	-
	500	-
شاهد Control	0	-
	500	-

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

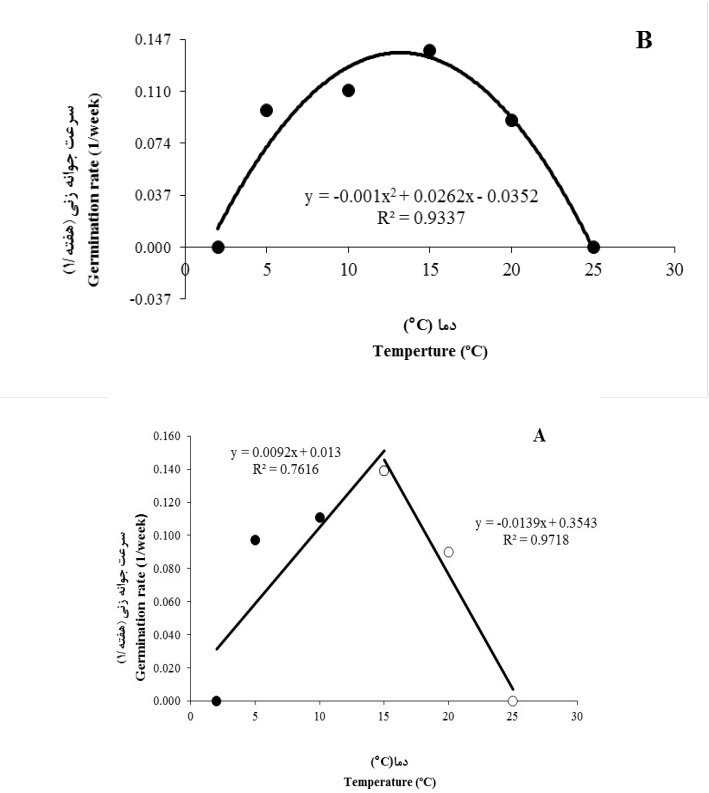
In each column, means with the similar letters are not significantly different at $p\leq0.05$ based on Duncan's multiple range test.

در آزمایشی که بر روی بذر گیاه آنغوزه انجام گرفت، مشاهده شد که با افزایش دما از ۳ تا ۲۱ درجه سلسیوس، میانگین زمان جوانه‌زنی کاهش یافت ولی با افزایش دما به بیش از ۲۱ درجه سلسیوس دوباره روند افزایشی داشت(Zangoie *et al.*, 2012). ناقدی‌نیا و رضوانی مقدم (Naghedinia and Rezvani Moghaddam, 2009) در بررسی جوانه‌زنی بذر کرامب (*Crambe kotschyana*) گزارش نمودند که در دماهای پایین، میانگین زمان جوانه‌زنی زیاد بود و با افزایش دما تا حد دماهای بهینه جوانه‌زنی، این فاکتور کاهش و سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت و سپس با افزایش دما مجدداً متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافت.

دماهای کاردینال جوانه‌زنی

بر اساس تخمین دو مدل برازش داده‌شده خطوط متقاطع (ISL) و چندجمله‌ای درجه دوم (QPN)، مقادیر دماهای پایه، مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی به‌ترتیب در دامنه (۱/۷۲-۱/۳۸)، (۱۶/۱۰-۱۲/۷۵) و (۲۵/۶۵-۲۴/۱۲) درجه سلسیوس به‌دست آمد (شکل ۱). با توجه به مقادیر ضریب رگرسیون حاصل از دو مدل ارائه شده، به‌نظر می‌رسد که مدل خطوط متقاطع، تخمین مناسب‌تری از مقادیر دماهای کاردینال جوانه‌زنی ارائه داده است.

تبریزی و همکاران (Tabrizi *et al.*, 2008) بر اساس تخمین سه مدل ۵-پارامتری بتا، خطوط متقاطع و چندجمله‌ای درجه دوم، مقادیر دماهای پایه، مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی بذر آویشن توده طبیعی را به‌ترتیب (۳/۳-۱/۰)، (۲۹-۲۴/۹) و (۴۶-۴۵) درجه سلسیوس به دست آوردند. ناقدی‌نیا و رضوانی مقدم (Naghedinia and Rezvani Moghaddam, 2009) نیز نشان دادند که بر اساس مدل خطوط متقاطع، نقاط ۱/۷، ۴۳/۰۶ و ۱۸ درجه سلسیوس به‌ترتیب به عنوان دمای حداقل، حداکثر



شکل ۱- تأثیر درجه حرارت‌های مختلف بر سرعت جوانه‌زنی بذر گل حسرت بر اساس برازش دو مدل (A) خطوط متقاطع (ISL) و (B) چندجمله‌ای درجه دوم (QPN)

Figure 1. The effect of temperatures on germination rate of *Colchicum* seed based on two models (A) ISL and (B) QPN

و مطلوب جوانه‌زنی بذر کرامب (*Crambe kotschyana*) می‌باشند.

عکس‌العمل به درجه حرارت بستگی به گونه، منطقه رشد و زمان برداشت بذر دارد. به‌عنوان یک قاعده کلی بذرهای نواحی معتدله نسبت به بذرهای نواحی گرمسیری به دماهای کم‌تری برای جوانه‌زنی نیاز دارند و نیاز حرارتی گونه‌های وحشی نسبت به گونه‌های اهلی کم‌تر است (Poortousi *et al*., 2008). دمای مناسب جوانه‌زنی برای اکثر بذرها بین ۳۰-۱۵ درجه سلسیوس است (Hejazi, 1994). آگاهی از محدوده حرارتی جوانه‌زنی بذر گامی نخست در جهت اهلی‌سازی گیاهانی است که برداشت بی‌رویه آن‌ها از طبیعت زمینه نابودی این ذخایر ارزشمند گیاهی را فراهم نموده است (Zangoie *et al*., 2012).

نتیجه‌گیری کلی

به‌نظر می‌رسد که الگوی جوانه‌زنی به‌دست آمده در شرایط آزمایشگاهی برای این گونه تا حدودی با نحوه جوانه‌زنی بذر در شرایط طبیعی مطابقت دارد. بذرهای گل حسرت در اکوسیستم طبیعی از انتهای خرداد تا تیرماه رسیده و پراکنش می‌یابند. در طی تابستان بذرها در معرض دمای بالا قرار گرفته و با رشد و توسعه جنین، خواب مورفولوژیک خود را از دست می‌دهند تا ابتدای پاییز که بارندگی‌های پاییزه آغاز می‌گردد. چنانچه بارندگی‌های پاییزه هنگامی که هنوز دمای محیط بالاست اتفاق بیافتد، بذرها آب جذب کرده و به‌دلیل برطرف شدن خواب، احتمالاً در دماهای پایین‌تر فصل بهار (۱۵-۱۰ درجه سلسیوس) جوانه خواهند زد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئول آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد قدردانی می‌گردد.

منابع

Adam, N.R., Dierig, D.A., Coffelt, T.A., Wintermeyer, M.J., Mackey, B.E. and Wall, G.W. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. Industrial Crops and Products, 25: 24-33. **(Journal)**

Akram, M., Alam, O., Usmanghani, K., Akhter, N. and Asif, H.M. 2012. *Colchicum autumnale*: A review. Journal of Medicinal Plants Research, 6: 1489-1491. **(Journal)**

Alirezaei Noghondar, M., Arouee, H., Rezazadeh, S.H., Shoor, M., Selahvarzi, Y., and Vahdati Mashhadian, N. 2011. Warm stratification and chemical treatments overcome the dormancy and promotes germination of *Colchicum Kotschyi* bioss seeds under in vitro condition. Notulae Scientia Biologica, 3(2): 104-107. **(Journal)**

Antonidaki-Giatromanolaki, A., Dragassaki, M., Papadimitriou, M. and Vlahos, I. 2008. Effects of stratification, Temperature and light on seed germination of *Colchicum macrophyllum* B.L. BURTT. Propagation of Ornamental Plants, 8(2): 105-107. **(Journal)**

Baskin, C.C., Zackrisson, O. and Baskin, J.M. 2002. Role of warm stratification in promoting germination of seeds of *Empetrum Hermaphroditum* (Empetraceae) a circumboreal species with a stony endocarp. American Journal of Botany, 89(3): 486-493. **(Journal)**

Baskin, J.M. and Baskin, C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, 14: 1-16. **(Journal)**

Canter, P.H., Thomas, H. and Enst, E. 2005. Bringing medicinal plants into cultivation: opportunities and challenges for bio-technology. Trends in Biotechnology, 23:180-185. **(Journal)**

Chien, C.T., Chen, S.Y., Tsai, C.C., Baskin, J.M., Baskin, C.C. and Kuo-Huang, L.L. 2011. Deep simple epicotyl morphophysiological dormancy in seeds of two *Viburnum* species, with special reference to shoot growth and development inside the seed. Annals of Botany, 108: 13-22. **(Journal)**

Cicek, E., Aslan, M. and Tolki, F. 2007. Effect of stratification on germination of *Leucojum aestivum* L. seeds, a valuable ornamental and medicinal plant. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3(4): 242-244. **(Journal)**

Ellington, E., Adserias, T., Coma, A., Bastida, F., Viladomat, F. and Codina, C. 1997. Effect of paclobutrazol on in vitro culture of *Colchicum autumnale* corms. Acta Horticulture, 447: 131-134. **(Journal)**

Flores, J. and Briones, O. 2001. Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. Journal of Arid Environment, 47: 485-497. **(Journal)**

Frankova, L., Cibirova, K., Boka, K., Gasparikova, O. and Psenak, M. 2004. The role of the roots in the life strategy of *Colchicum autumnale*. Biologia Bratislava, 13: 87-93. **(Journal)**

Fukai, S., Monden, Y., Narumi, T. and Kodaira, E. 2013. Seed propagation of *Colchicum capense* SUBSP. *Ciliolatu*m. Propagation of Ornamental Plants, 13(2): 51-56. **(Journal)**

Hejazi, A. 1994. Seed Technology. University of Tehran Publication. **(Book)**

Kharkwal, A., Prakash, O., Bhattachaya, A., Nagar, P.K., and Ahuja, P.S. 2002. Method for inducing improved seed germination in *Podophyllum hexandrum*. Council of Scientific and Industrial Research, United States Patent, 6: 449- 899. **(Book)**

Kocabs, Z., Craigon, J. and Azam-Ali, S.N. 1999. The germination response of Bambara groundnut (*Vigna sublerrannean* (L.) Verdo) to temperature. Seed science and Technology, 27: 303-313. **(Journal)**

Latifi, N., Soltani, A. and Spanner, D. 2004. Effect of temperature on germination components in canola cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 35: 313-321. (In Persian)**(Journal)**

Mamut, J., Tan, D.Y., Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2014. Intermediate complex morphophysiological dormancy in seeds of the cold desert sand dune geophyte *Eremurus anisopterus* (Xanthorrhoeaceae; Liliaceae *s.l.*). Annals of Botany, 114: 991-999. **(Journal)**

Nadjafi, F., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P. and Rastgoo, M. 2006. Evaluation of seed germination characteristics in *Nepeta binaludensis*, a highly endangered medicinal plant of Iran. Iranian Journal of Field Crop Research, 4: 385-392. (In Persian)**(Journal)**

Naghedinia, N. and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Investigations on the cardinal temperatures for germination of *Crambe kotschyana*. Iranian Journal of Field Crops Research, 7: 451-456. (In Persian)**(Journal)**

Poortousi, N., Rashed Mohasel, M.H. and Ezadi Darbandi, A. 2008. Germination characteristics and cardinal temperatures of lambsquarter, purselane and crabgrass. Iranian Journal of Field Crops Research, 6: 255-261. (In Persian)**(Journal)**

Poutaraud, A. and Girardin, P. 2002. Alkaloids in meadow saffron, *Colchicum autumnale* L. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 9: 63-80. **(Journal)**

Ramin, A.A. 1997. The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium amploprasum* L. spp. Iranicum w.). Seed Science and Technology, 25: 419-426. **(Journal)**

Rostami, M. and Tavakol Afshari, R. 2014. Determination of seed dormancy type of *Ferula gummosa* BIOSS. and seed requirements for dormancy breakage. Iranian Journal of Field Crop Science, 2: 255-263. (In Persian)**(Journal)**

Runham, S. 1998. Small scale study of yield and quality of oils from six herb species. MAFF project Nf0505.pp.30. **(Research Report)**

Santiago, A., Ferrandis, P. and Herranz, J.M. 2014. Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of *Viburnum lantana* (Caprifoliaceae), a new dormancy level in the genus *Viburnum*. Seed Science Research, 1-11. **(Journal)**

Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S. and Latifi, N. 2001. Genetic variation and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. Seed Science and Technology, 29: 653- 662. **(Journal)**

Summerfield, R.J., Roberts, R.H., Ellis, R.M. and Lawn, R.J. 1991. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. The development of simple model for fluctuating field environment. Experimental Agriculture, 27: 11-31. **(Journal)**

Tabrizi, L., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Rezvani Moghaddam, P. 2008. Germination behaviour of cultivated and natural stand seeds of Khorasan thyme (*Thymus transcaspicus* Klokov) with application of regression models. Iranian Journal of Field Crops Research, 5: 249-257. (In Persian)**(Journal)**

Tabrizi, L., Nassiri Mahallati, M. and Koocheki, A. 2004. Investigations on the cardinal temperatures for germination of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Iranian Journal of Field Crops Research, 2: 143-150. (In Persian)**(Journal)**

Zangoie, M., Parsa, S., Mahmoodi, M. and Jami Al-Ahmadi, M. 2012. Evaluation of cardinal temperature for germination of asafetida (*Ferula assafoetida* .L) seeds. Journal of Plant Production, 19: 193-202. **(Journal)**

Study on seed dormancy breakage treatments and some germination properties of *Colchicum kotschyi* Boiss. as a medicinal plant

Homa Azizi[1], Parviz Rezvani Moghaddam[2*], Mahdi Parsa[3], Mahmood Shoor[4], Reza Khorasani[5]

Received: December 22, 2015 Accepted: July 3, 2016

Abstract

In order to evaluate germination behavior of *Colchicum* seed, an experiment was conducted as factorial based on a randomized complete design with four replications. The experimental treatments were all combination of priming at three levels (warm stratification, cold stratification, control), gibberellic acid at two levels (0,500 ppm) and incubation temperatures at 8 levels (2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35). After applying the priming treatments, gibberellic acid treatment was applied and then the response of seed germination at constant temperatures were assessed in the germinator. The effect of temperature on germination components was significant. Germination was occurred only in warm stratification. Generally, germination was started by a very slow trend and after seeds were set at incubation temperatures, at least 40 days were lasted to germination occurred. There was no germination at 2°C. By increasing temperature at a range of 5-15°C, germination percentage was increased and then was stopped at 25°C. Germination uniformity at 20°C was more than other temperatures. The meanest germination time was observed at 20°C and the least mean germination time was at 15°C. Gibberellic acid (single application) had no effect on seed germination. Based on two regression models, the cardinal temperatures (T_{base}, T_{opt}, T_{max}) were (1.38-1.72°C), (12.75-16.10°C) and (24.12-25.65°C), respectively.

Keywords: Cardinal temperatures; Germination uniformity; Morphophysiological dormancy; Priming

How to cite this article

Azizi, H., Rezvani Moghaddam, P., Parsa, M., Shoor, M. and Khorasani, R. 2019. Study on seed dormancy breakage treatments and some germination properties of *Colchicum kotschyi* Boiss. as a medicinal plant. Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(3): 399-410. (In Persian)(Journal)

DOI: 10.22124/jms.2019.3836

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. PhD student in Crop Ecology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Associate Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
5. Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
*Corresponding author: rezvani@um.ac.ir