علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۵ (ص ۷-۱) DOI: 10.22059/ijfcs.2016.57844

بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی و تعیین دماهای مهم بذر اسفرزه (*Plantago ovate*)

عباس هاشمی[۱]، رضا توکل افشاری[۲*] و لیلا تبریزی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳. استادیار گروه علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹٤/٤/۱۲)

چکیده

در این تحقیق، تأثیر دماهای مختلف بر جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*)، به‌منظور تعیین دماهای مهم یعنی کمینه، بهینه و بیشینه (کاردینال) بررسی شد. ارزیابی واکنش جوانه‌زنی در دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجهٔ سلسیوس در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. بذرهای جوانه‌زده هر روز شمارش شده و سپس سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی محاسبه و نمودار دماهای مهم جوانه‌زنی بذر اسفرزه بر پایهٔ دو مدل رگرسیونی دو تکه‌ای و چندجمله‌ای درجهٔ دو ترسیم شد. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده، تأثیر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر اسفرزه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس به میزان R50=۰/۰٦۷ مشاهده شد. بر پایهٔ دو مدل دو تکه‌ای و چندجمله‌ای درجهٔ دو، دماهای مهم جوانه‌زنی بذر اسفرزه شامل، دمای کمینه (پایه) (۳/۹ تا ٤/۵ درجهٔ سلسیوس)، بهینه (۱۸/۸ تا ۲۱/۱ درجهٔ سلسیوس) و بیشینه (۳۳/۷ تا ۳٤/۱ درجهٔ سلسیوس) تعیین شد. با افزایش دما، شرایط مناسب‌تری از لحاظ دمایی، برای جوانه‌زنی اسفرزه ایجاد و باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسفرزه، دماهای مهم، مدل درجهٔ دو، مدل دوتکه‌ای.

مقدمه

اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) متعلق به خانوادهٔ Plantaginaceae گیاهی دارویی و بومی هند است که به‌طور گسترده در این کشور کشت می‌شود (Runham, 1998). سبوس بذر این گیاه خاصیت دارویی داشته و یک ملین مؤثر است. خواص دارویی اسفرزه باعث شده که تقاضای آن در بازار به‌روشنی افزایش یابد (Saha *et al*., 2011). اهمیت اسفرزه بیشتر به دلیل لعاب (موسیلاژ) موجود در بذر و پوستهٔ بذر آن است که در پزشکی و دیگر صنایع کاربرد دارد (Ebrahimzadeh maabood *et al*., 1998). بر پایهٔ تحقیقات انجام‌شده، مشخص شد که اسفرزه باعث کاهش کلسترول خون نیز می‌شود (Dinda *et al*., 1998). بیشتر گیاهان دارویی که از عرصه‌های طبیعی برداشت می‌شوند، نسبت به گونه‌های زراعی و اصلاح‌شده به مدت‌زمان بیشتری برای جوانه‌زنی نیاز دارند و یکی از مهم‌ترین موارد در کشت این گیاهان، اطلاع از شرایط دقیق بوم‌شناختی (اکولوژیکی) جوانه‌زنی بذر به‌منظور استقرار موفق و مطلوب گیاه است (Runham, 1998). جوانه‌زنی بذر به‌طورمعمول بحرانی‌ترین عامل تعیین‌کنندهٔ موفقیت یا شکست استقرار گیاه است (Kader *et al*., 2004). عامل‌های

* تلفن: ۰۹۱۵۱۸۲۶۲۰۹
E-mail: tavakkol@ut.ac.ir

محیطی مختلفی ازجمله دما و رطوبت جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Koochaki & Momen Shahroodi, 1996). دما دو تأثیر متفاوت روی بذر شامل تأثیر بر خواب بذر و جوانه‌زنی در بذرهای بدون خواب دارد. با توجه به شرایط خواب بذر، تغییرپذیری‌های فصلی دما عامل مهمی برای از بین بردن خواب اولیهٔ بذر بوده و عاملی مؤثر بر تحمیل خواب ثانویه در دماهای بالاتر است (Alvarado *et al*., 2002; Bradford *et al*., 2002). دما افزون بر اینکه بر درصد جوانه‌زنی تأثیر دارد، سرعت جوانه‌زنی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Riemens *et al*., 2004). دماهای کمی (دماهای مهم (کاردینال) جوانه‌زنی بذر) تأثیری که روی جوانه‌زنی بذر می‌گذارند، ممکن است برای ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی یا قابلیت (پتانسیل) استقرار گونه‌های گیاهی سودمند باشد و در فرآیند اهلی سازی گیاهان اهمیت ویژه‌ای دارد (Najafi *et al*., 2006). واکنش جوانه‌زنی نسبت به دما به عامل‌های چندی ازجمله گونه‌های گیاهی، رقم، منطقهٔ رویش، کیفیت بذر و مدت‌زمان پس از برداشت بستگی دارد (Copeland *et al*., 1995). محققان رابطهٔ خطی بین دما و سرعت جوانه‌زنی را در برخی گونه‌های گیاهی گزارش کرده‌اند و به‌طور عمده از رگرسیون خطی برای توصیف رابطهٔ بین دما و سرعت جوانه‌زنی استفاده می‌کنند (Kocabas *et al*., 1999; Ramin, 1997). هدف از این تحقیق بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی گیاه دارویی اسفرزه و تعیین دمای مهم آن است که به زراعی کردن و گسترش کشت آن در کشور کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر اسفرزه، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در آزمایشگاه بذر دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد. ارزیابی واکنش جوانه‌زنی در دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجهٔ سلسیوس دورهٔ نوری (فتوپریود) ۱۲ ساعت نور و۱۲ ساعت تاریکی در کابین رشد (انکوباتور) انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی، با چهار تکرار انجام شد. در هر تکرار ۲۵ عدد بذر انتخاب و در ظروف پتری به قطر ۹ سانتی‌متر، حاوی کاغذ صافی واتمن مرطوب شده، قرار داده شدند و به دماهای ثابت موردنظر انتقال یافتند. به‌منظور حفظ رطوبت و تبادل گرمایی مناسب، ظرف‌های پتری در طول دورهٔ آزمایش به میزان مناسب مرطوب نگه‌داشته شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده ۲۴ ساعت پس از آغاز آزمایش و به‌طور روزانه انجام‌گرفته و بذرهای جوانه‌زده (دارای طول ریشه‌چهٔ ۲-۱ میلی‌متر یا بیشتر) ثبت شد (Adam *et al*., 2007; Brindle *et al*., 2005). عمل شمارش بذرها تا زمان پایان جوانه‌زنی و یا تا زمانی که جوانه‌زنی به میزان ثابتی می‌رسید، به‌طور منظم ادامه پیدا کرد. درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها در هر دما محاسبه شد. میانگین زمان جوانه‌زنی بذرها (MGT) با استفاده از رابطهٔ ۱ به دست آمد.

$$MGT = \frac{\sum(f_x x)}{\sum f_x} \qquad (۱)$$

که در این رابطه fx: شمار بذرهای جوانه‌زده در روز x و x: روز شمارش بذرها است. برای محاسبهٔ درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها از برنامهٔ Germin (Soltani & Maddah, 2010) استفاده شد، که با استفاده از این برنامه، D_{10} (یعنی مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ درصد بیشینهٔ خود برسد)، D_{50} (یعنی مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۵۰ درصد بیشینهٔ خود برسد) و D_{90} (یعنی مدت‌زمانی که طول می‌کشد جوانه‌زنی به ۹۰ درصد بیشینهٔ خود برسد) محاسبه شد. در این برنامه مشخصه (پارامتر)های یادشده (D_{10}، D_{50} و D_{90}) برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون‌یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌شود. برای محاسبهٔ سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) از رابطهٔ زیر استفاده شد (Saha *et al*., 2008; Soltani *et al*., 2002).

$$R_{50} = \frac{1}{D_{50}} \qquad (۲)$$

که در رابطهٔ بالا، D_{50}، مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، و R_{50}، سرعت جوانه‌زنی است. تعیین دماهای مهم (کمینه (پایه)، بهینه و بیشینه) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و دماهای مختلف صورت گرفت، که در آن‌ها دماهای

مختلف به‌عنوان متغیر مستقل (محور x) و سرعت جوانه‌زنی به‌عنوان متغیر وابسته (محور y) در نظر گرفته شدند. با استفاده از تجزیهٔ رگرسیونی رابطهٔ دما و سرعت جوانه‌زنی نیز تعیین و نمودارهای مربوطه ترسیم شد.

در روش مدل دو تکه‌ای، برای تعیین دماهای مهم جوانه‌زنی در آغاز نمودار میزان‌های میانگین سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما ترسیم شد .آنگاه منطبق بر مدل ارائه‌شده توسط Biethuizen *et al*. (1974) و Labouriau *et al*. (1970) دو مدل ۱و ۲ به‌طور هم‌زمان به ترتیب برای محدودهٔ دمایی کمینه تا دمای بهینه (رابطه ۳) و دمای بهینه تا دمای بیشینه (رابطه ۴) و با استفاده از یک رابطهٔ شرطی برازش داده شد:

$$GR = \frac{1}{t} = \frac{(T - T_b)}{\theta T_1} \quad (۳)$$

$$GR = \frac{1}{t} = \frac{(T - T_c)}{\theta T_2} \quad (۴)$$

در رابطه‌های بالا T، دمای محیط، T_b، دمای کمینه، T_c، دمای بیشینه، θT_1 مجموع زمان گرمایی بین دمای کمینه تا دمای بهینه و θT_2 مجموع زمان گرمایی بین دمای بهینه تا بیشینه است. دماهای مهم جوانه‌زنی با استفاده از تجزیه‌وتحلیل رگرسیونی و به کمک مدل‌های ارائه‌شده و با استفاده از سرعت جوانه‌زنی محاسبه شد. برای این منظور تغییرپذیری سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما ترسیم شد .آنگاه با برازش رابطهٔ ۳ به دماهای زیر حد بهینه و رابطهٔ ۴ به دماهای بالای حد بهینه، دماهای مهم محاسبه شد.

برای تعیین دمای مهم با استفاده از مدل چندجمله‌ای درجهٔ دو نیز از رابطه‌های زیر استفاده شد:

$$f = a + bT + cT^2 \quad (۵)$$

$$T_0 = b + 2cT \quad (۶)$$

$$T_c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (۷)$$

در رابطه‌های ۵، ۶ و۷، f: سرعت جوانه‌زنی (برحسب روز)، T: دما (برحسب سلسیوس)، Tb، To و Tc، به ترتیب دمای کمینه، دمای بهینه و دمای بیشینه، همچنین a، b و c ضریب‌های رگرسیون را نشان می‌دهند. در مدل چندجمله‌ای درجهٔ دو، دمای بهینه (رابطهٔ ۶) با استفاده از مشتق اول رابطهٔ ۵ محاسبه شد. ریشه‌های رابطهٔ چندجمله‌ای درجهٔ دو (رابطهٔ ۷) با استفاده از رابطهٔ ۵ محاسبه شد. به‌منظور بررسی تأثیر دماهای مختلف بر درصد و سرعت جوانه‌زنی از تجزیهٔ واریانس داده‌ها و همچنین برای برازش مدل با استفاده از روش‌های رگرسیونی، به ترتیب از نرم‌افزارهای SAS 9.2 و Sigmaplot version 12 استفاده شد.

نتایج و بحث

بنا بر نتایج به‌دست‌آمده، تأثیر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر اسفرزه معنی‌دار است ($p\leq ۰/۰۱$) (جدول۱). مقایسهٔ میانگین درصد جوانه‌زنی در تیمارهای مختلف دما، نشان داد که با افزایش دما از ۵ به ۱۰ درجهٔ سلسیوس درصد جوانه‌زنی افزایش یافت و به ۹۹ درصد رسید، اما اختلاف معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی بین دماهای ۵ تا ۲۵ درجهٔ سلسیوس مشاهده نشد. با افزایش دما، به بیش از ۲۵ درجهٔ سلسیوس، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت و درنهایت در دمای ۳۵ درجهٔ سلسیوس، به ۰ رسید (جدول ۲). با افزایش دما از ۵ تا ۲۰ درجهٔ سلسیوس، سرعت جوانه‌زنی افزایش و پس‌ازآن کاهش یافت، به‌طوری‌که بالاترین سرعت جوانه‌زنی (یا به عبارتی کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی) در دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس به میزان R_{50}=۰/۰۶۷ مشاهده شد، کمترین سرعت جوانه‌زنی نیز در دماهایی که جوانه‌زنی دیده شد، مربوط به دمای ۵ درجهٔ سلسیوس به میزان R_{50}=۰/۰۰۹ به دست آمد اما اختلاف معنی‌داری با دماهای ۱۰ و ۳۰ درجهٔ سلسیوس نداشت (جدول ۲). در پژوهشی که به‌منظور ارزیابی تأثیر دماهای مختلف بر درصد و سرعت جوانه‌زنی در چندین گونهٔ دارویی از خانوادهٔ نعناعیان صورت گرفت، ملاحظه شد افزایش دما از ۲۵ و یا ۳۰ درجهٔ سلسیوس به ترتیب سبب کاهش معنی‌داری در سرعت و درصد جوانه‌زنی گونه‌های پونه سای بینالودی (*N. binaludensis*)، پونه سای انبوه (*N. glomerulosa*)، پونه سای البرزی (*N. crassifolia*)، آویشن شیرازی (*Z. multifelora*) و آویشن البرزی (*T. kotschyanus*) شد (Bannayan *et al*., 2006).

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ واریانس میانگین مربعات ویژگی‌های جوانه‌زنی اسفرزه در شرایط اعمال دماهای مختلف

Table1. Mean square of Analysis of variance of the effect of temperature on germination characteristics

S.O.V	Df	Germination rate	Germination percentage
Temperature	6	0.00231**	6119.61905**
Error	21	0.000022	34.28571
Total	27	--	--

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد

**: significantly different P= 0.01

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین سرعت جوانه‌زنی (شمار/روز) و جوانه‌زنی نهایی(درصد)

Table2. Mean comparison of temperature treatments for seed germination rate and percentage

Temperature C°	Final Germination (percentage)	Germination rate
5	93 a	0.009779 d
10	99 a	0.015443 d
15	99 a	0.02643 c
20	98 a	0.0678877a
25	98 a	0.04589 b
30	43 b	0.01232 d
35	0 c	0 e

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر پایهٔ آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Values followed by different letters are significantly different according to Duncan test, P= 0.05.

چنین به نظر می‌رسد که با افزایش دما، شرایط مناسب‌تری ازلحاظ دمایی، برای جوانه‌زنی بذر اسفرزه ایجاد می‌شود که درنهایت باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی آن می‌شود، اما تأثیر محسوسی در درصد جوانه‌زنی نهایی بذر اسفرزه ندارد، که این موضوع گویای آن است که سرعت جوانه‌زنی اسفرزه که در بحث استقرار اهمیت بیشتری را نسبت به درصد جوانه‌زنی دارد، شاخص حساس‌تری نسبت به درصد جوانه‌زنی نهایی است و با افزایش دما تا ۲۰ درجهٔ سلسیوس روندی افزایشی و پس‌ازآن روندی کاهشی را طی می‌کند. بررسی‌های انجام‌شده روی گیاه دارویی کاکوتی چندساله (*Ziziphora clinopodioides La*m) (Keyrkhah *et al*., 2013; Najafi *et al*., 2006). پونه سای بینالودی (*Nepeta binaludensis Jamza*)، نیز تأییدکنندهٔ این موضوع است. در برخی بررسی‌ها مشخص شد که به‌طورمعمول با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی، دست‌کم در یک دامنهٔ دمایی مناسب به‌طور خطی افزایش می‌یابد ولی در دماهای بالاتر از آن افت شدیدی نشان می‌دهد (Mwale *et al*., 1994). بر پایهٔ گزارش اورس، هر چه جوانه‌زنی سریع‌تر باشد، احتمال خروج بهنگام ریشه‌چه از بذر و استفاده از رطوبت خاک و همچنین استقرار بهتر گیاه‌چه را افزایش می‌دهد (Evers *et al*., 1991). در کل، دما به دلیل تأثیری که بر خواب، سرعت جوانه‌زنی و سرعت رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دارد، درصد جوانه‌زنی نهایی بذرها را در گیاهان مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bradford *et al*., 2002). در جدول ۳ دماهای مهم جوانه‌زنی بذر اسفرزه بر پایهٔ دو مدل دو تکه‌ای و چندجمله‌ای درجهٔ دو، نشان داده شده است. بر این پایهٔ مشاهده می‌شود که دمای کمینه (۳/۹ تا ۴/۵ درجهٔ سلسیوس)، بهینه (۱۸/۸ تا ۲۱/۱ درجهٔ سلسیوس) و بیشینه (۳۳/۷تا ۳۴/۱ درجهٔ سلسیوس) در هر دو مدل همسان است و اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند. اما بر پایهٔ ضریب‌های رگرسیونی، ضریب تبیین و میزان انحراف مدل دو تکه‌ای به‌عنوان مدل برتر نسبت به مدل چندجمله‌ای درجهٔ دو انتخاب شد (جدول ۳). رابطه‌های ناشی از مدل‌های رگرسیونی محاسبه‌شده، نیز برآورد و نمودار آن رسم شد، که با استفاده از این رابطه‌ها می‌توان سرعت جوانه‌زنی را در دماهای مختلف پیش‌بینی کرد (شکل ۱).

در بررسی‌های مختلف انجام‌شده، دماهای مهم گیاهان دارویی و زراعی مختلفی اندازه‌گیری شده است (Ovell *et al*., 1986). دمای کمینهٔ جوانه‌زنی برای بذرهای گونه‌های زراعی نخود، عدس و سویا را به ترتیب ۰، ۲/۵ و ۴ درجهٔ سلسیوس تعیین کردند (Keyrkhah *et al*., 2013). دمای کمینه، بهینه و بیشینه را برای کاکوتی چندساله به ترتیب ۵، ۲۲ و ۳۹ درجهٔ سلسیوس (Poor toosi *et al*., 2009)، دمای

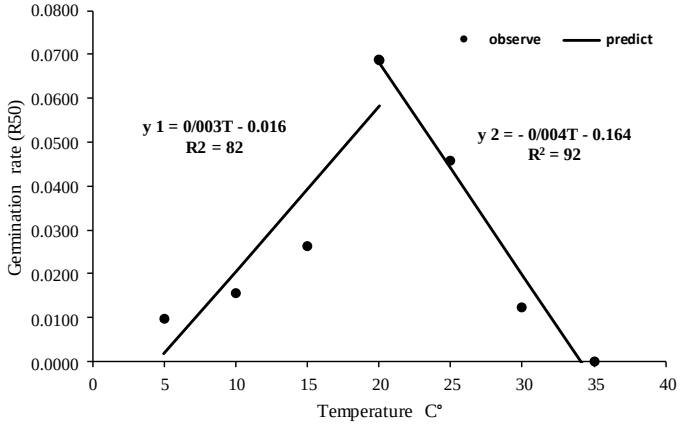
کمینه، بهینه و بیشینهٔ خرفه را به ترتیب ۱۱/۸، ۳۵ و ۴۹/۳ درجهٔ سلسیوس، برای سلمه به ترتیب، ۴/۲، ۲۹/۵ و ۴۳/۳ درجهٔ سلسیوس و برای علف خرچنگ به ترتیب ۱۴/۱۶، ۲۵/۶ و ۴۱/۳ تعیین کردند.

جدول ۳. میزان دماهای مهم جوانه‌زنی بذر اسفرزه بر پایهٔ دو مدل برازش‌شده

Table3. Estimated parameters for the segmented and beta models

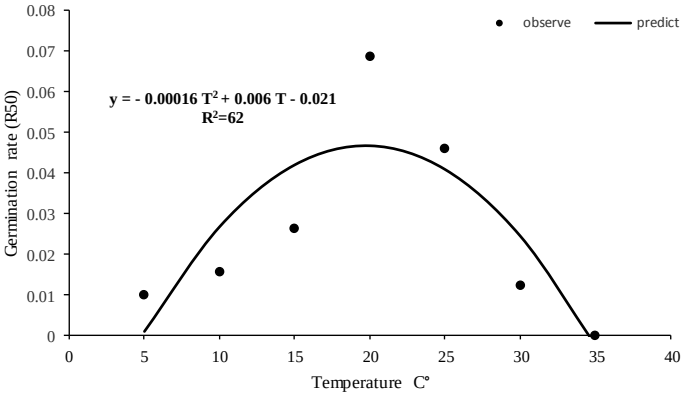
Cardinal temperatures	Segmented model	Beta model
Base temperature	4.5	3.9
Optimum temperature	21.1	18.8
Maximum temperature	34.1	23.7
[1]RMSE	0.3 %	1.2 %
R^2	Below optimum temperature 0.82 high optimum temperature 0.92	0.62

۱. این شاخص معیاری برای دقت نتایج است و به‌طورمعمول هرچه مدل بهتر بر داده‌ها منطبق (fit) باشد میزان آن کمتر می‌شود.



شکل ۱. رابطهٔ بین سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) و دما (درجهٔ سلسیوس) در اسفرزه بر پایهٔ مدل دو تکه‌ای

Figure1. Relation between Germination Rate (GR) and Temperature of *Plantago ovata*, using segmented model

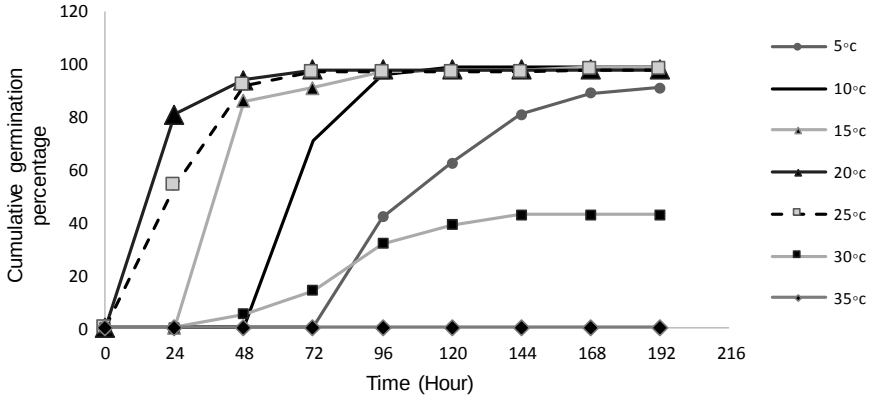


شکل ۲. رابطهٔ بین سرعت جوانه‌زنی (R50) و دما (درجهٔ سلسیوس) در اسفرزه بر پایهٔ مدل چندجمله‌ای درجه

Figure2. Relation between Germination Rate (GR) and Temperature of *Plantago ovata* using Beta model

در شکل ۳ درصد جوانه‌زنی تجمعی (در دماهای ۵ تا ۳۵ درجهٔ سلسیوس) نشان داده شده است. درصد جوانه‌زنی تجمعی در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس در طول دورهٔ جوانه‌زنی (۸ روز) به ۵۰ درصد نرسیده که نشان‌دهندهٔ نامساعد بودن شرایط دمایی است. باوجوداینکه درصد جوانه‌زنی نهایی در بسیاری از دماها همسان بود اما افزایش دما از ۵ تا ۲۰ درجهٔ سلسیوس مدت‌زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی را

کاهش داد، که این موضوع نشان‌دهندهٔ افزایش سرعت جوانه‌زنی است، به‌گونه‌ای که بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس مشاهده شد. دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس پس از ۲۰ درجهٔ سلسیوس سرعت جوانه‌زنی بالاتری را از دیگر دماها داشت. در دمای ۳۵ درجهٔ سلسیوس هیچ‌گونه جوانه‌زنی رخ نداد که این امر نشان‌دهندهٔ حساسیت جوانه‌زنی بذر اسفرزه به دماهای بالا را نشان می‌دهد. درصد جوانه‌زنی نهایی در دماهای ۵ تا ۲۵ درجهٔ سلسیوس اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد اما ازلحاظ سرعت جوانه‌زنی که عامل مهم‌تری از درصد جوانه‌زنی است و در بحث استقرار اهمیت بیشتری را دارد، دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس با سرعت بالاتری جوانه می‌زند. شاید بتوان گفت که دما حداقل، بهینه و بیشینه برای پیش‌بینی مراحل رشد و نمو گیاهان زراعی شاخص‌های مناسبی هستند، هرچند که برای تأیید این فرضیه نیاز است که آزمایش‌های بیشتر و جامع‌تری صورت گیرد.



شکل ۳. میزان جوانه‌زنی تجمعی (درصد) اسفرزه در شرایط اعمال دماهای مختلف

Figure3. *Plantago ovata* cumulative germination under different temperatures

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش بهترین دما برای جوانه‌زنی بذر اسفرزه ۲۱ درجهٔ سلسیوس است به‌گونه‌ای‌که بیشترین سرعت جوانه‌زنی که معیار مهمی برای جوانه‌زنی بذر است در این دما به‌دست می‌آید. همچنین در دماهای بالاتر از دمای بهینهٔ سرعت و درصد جوانه‌زنی کاهش محسوس‌تری نسبت به دماهای کمتر از دمای بهینه پیدا می‌کند. درمجموع نتایج نشان داد که اسفرزه برای جوانه‌زنی دماهای پایین را بهتر از دماهای بالا تحمل می‌کند.

REFERENCES

1. Adam, N. R., Dierig, D. A., Coffelt, T. A., Wintermeyer, M. J., Mackey, B. E. & Wall, G. W. (2007). Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. *Industrial Crops and Products*, 25, 24-33.
2. Alvarado, V. & Bradford, K.J. (2002). A hydrothermaltime explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant,Cell and Environment*, 25, 1061-1069
3. Bannayan, M., Nadjafi, F., Rastgoo, M. & Tabrizi, L. (2006). Germination properties of some wild medicinal plants from Iran. *Journal of Seed Technology*, 28, 80-86.
4. Bradford, K.J. (2002). Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy.*Weed Science*, 50, 248-260.
5. Biethuizen, J.F. & Wagenvoorth, W.A. (1974). Some aspects of seed germination in vegetables.I.The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. *Hortical Science*, 2, 213-219.
6. Brindle, M. & Jensen, K. (2005). Effect of temperature on dormancy and germination of Eupatorium L. achenes. *Seed Science Research*, 15, 143-151
7. Copeland, L.O. & McDonald, M.B. (1995). *Principles of Seed Science and Technology*. Pub.Chapman and Hall.USA

8. Dinda, K. & Craker, L.E. (1998). Grower Guide to Medicinal plants. HSMP Press. Pub. Amherst.
9. Ebrahimzadeh maabod, H., mirmaasomi, M., fakhrtabatabaei, M. (2000). Climate - soil effects on seed production of (*Plantago ovata, plantain and psyllium*). *Agricultural Economics and Development*, 22, 125-140. (in farsi)
10. Evers, G. W. (1991). Germination response of subterranean, berseem, and rose clovers to alternating temperatures. *Agronomy Journal*, 83, 1000-1004.
11. Kader, M.A. & Jutzi, S.C. (2004). Effect of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19 o C. *Journal of agronomy. Crop Science*, 190, 35-38.
12. Kocabas, Z., Craigon, J. & Azam-Ali, S. N. (1999). The germination response of Bambara groundnut (*Vigna sublerrannean* (L) Verdo) to temperature. *Seed Science and Technology*, 27, 303-313.
13. Kochaki, A. & Momen Shahroodi, H. (1997). Effect of water potential and seed size on seed germination characteristics of (*Cicer arietinum). Desert Journal*, 1, 53-56. (In Farsi)
14. Kheirkhah, M., Koochaki, A., Rezvani Moghadam, P. & Nasiri Mahalati, M. (2013). Determine the cardinal temperatures germination of medicinal of *(Ziziphora clinopodioides L). Iranian Journal of Agricultural Research*, 4, 385-392. (In Farsi)
15. Labouriau, L.G. (1970). On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* I.Annals Acad. *Brasilia Ciencia*, 42, 235-262.
16. Mwale, S. S., Azam-Ali, S. N., Clark, J., Bradley, R. G. & Chatha, M. R. (1994). Effect of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annus* L.). *Seed Science and Technology*, 22, 565-57.
17. Najafi, F, Koochaki, A., Rezvani Moghadam, P. & Rastgoo, M. (2007). Characterization of native and endangered medicinal plant germination of (*Nepeta binaludensis Jamza). Journal of Agricultural Research.* 4, 385-392. (in Farsi)
18. Ovell, S., Ellis, R. H., Roberts, E. H. & Summerfield, R. J. (1986). The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. *Journal of Experimental Botany*, 37, 705-715.
19. Poortosi, N., Rashed Mohasel, M. & Izadi Darbandi, I. (2007). Determine the cardinal temperatures germination of (Portulaca oleracea, Portulaca oleracea and Digitaria sangunalis). *Journal of Agricultural Research*, 6, 255-261. (in Farsi)
20. 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.
21. Riemens, M.M., Scheepens, P.C. & Van der Weide, R.Y. (2004). Dormancy, germination and emergence of weed seeds, with emphasis on influence of light. *Plant Research International B.V*, 302, 1-2.
22. Runham, S. (1998). Small scale study of yield and quality of oils from six herb species. MAFF project Nf0505. pp.30.
23. Saha, P., Bandyopadhyay, S. & Raychaudhuri, S. (2011). Formulation of Nutrient Medium for In Vitro Somatic Embryo Induction in Plantago ovata Forsk. *Biol Trace Elem Res*, 140, 225-243.
24. Saha, P., Raychaudhuri, S., Mishra, D., Chakraborty, A. & Sudarshan, M. (2008). Role of trace elements in somatic embryogenesis – A PIXE study. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, B 266, 918-920.
25. Shafii, B. & Price, W. J. (2001). Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. American Statistical Association and the International Biometric Society. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 6(3), 356-366.
26. Soltani, A. & Maddah, V. (2010). Simple, applied programs for education and research in agronomy. Shahid Beheshti University Press. (In Farsi)
27. Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E. & Latifi, N. (2002). Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology*, 30, 51-60. (in Farsi)

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 47, No. 1, Spring 2016

The evaluation of germination parameters and cardinal temperatures of *Plantago ovata*

Abbas Hashemi[1], Reza Tavakkol Afshari[2*] and Leila Tabrizi[3]

1. Formr M.Sc. Student of Seed Science and Technology, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2. Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, P.O. Box 91775-1163, Mashhad, Iran

3. Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Feb. 10, 2015 - Accepted: Jul. 3, 2015)

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of different temperatures on seed germination of *Plantago ovata* and also to evaluate cardinal temperatures. Various constant temperatures (5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35ºC) were conducted in a completely randomized design with four replications. The germinated seeds were counted every day and the rate of germination percentage, cumulative germination and cardinal temperatures of *Plantago ovata* seed germination based on two regression models including Intersected-lines Model and Quadratic Polynomial Model were calculated. The effects of temperatures on rate and percentage of germination was significant. The highest germination rates were in 20ºC (R50=0.067). Based on the two regression models, Intersected-lines Model and Quadratic Polynomial Model, the cardinal temperatures (Tbase, Topt and Tmax) of *Plantago ovata* seeds were: (3.9-4.5), (18.8-21.1) and (33.7-34.1)°C, respectively. With increasing temperature, the more suitable conditions in terms of temperature, is created for *Plantago ovata* seed germination and germination rate is increased.

Keywords: Cardinal temperature, intersected-lines model, quadratic polynomial model, *Plantago ovata.*

* Corresponding author E-mail: tavakolafshari@um.ac.ir Tel: +98 915 1826209