

بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی و تعیین دمای کاردینال بذر خشخاش (*Papaver somniferum*)

وحید امیری منفرد^۱، عباس هاشمی^۲، آرش مامدی^۲، رضا توکل افشاری^{۳*}

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

۲- دانشجوی دکتری تخصصی علوم و تکنولوژی بذر، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۷)

چکیده

هدف از این تحقیق کمی‌سازی پاسخ سرعت جوانه‌زنی بذر خشخاش به دما و برآورد دماهای کاردینال برای جوانه‌زنی این گیاه بود. چهار مدل رگرسیونی غیرخطی [چند جمله‌ای درجه دو، دندان مانند و بنا] در هفت سطح دمایی (۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) برای توصیف پاسخ سرعت جوانه‌زنی بذر خشخاش به دما مورد ارزیابی قرار گرفتند. از شاخص‌های مختلف آماری مانند، ریشه میانگین مربعات (RMSE) و ضریب تبیین (R²) برای مقایسه مدل‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد پارامترهای برآورد شده که با استفاده از مدل دندان-مانند به دست آمده بودند از اطمینان بیش‌تری نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار بودند. (RMSE=0.00035, R²=0.87). بر این اساس دمای پایه ۳، دمای مطلوب تحتانی ۷، دمای مطلوب فوقانی ۲۰ و دمای سقف ۳۱ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. دماهای کاردینال به مدل‌های مورد ارزیابی بستگی داشت. به طور کلی مدل دندان-مانند نسبت به سایر مدل‌ها برآورد بهتری از دماهای کاردینال بذر خشخاش داشت. ویژگی‌های جوانه‌زنی شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی به طور معنی‌داری تحت تاثیر دمای جوانه‌زنی قرار گرفتند. بیشترین درصد جوانه‌زنی (۷۲ درصد) و بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۸۶) به ترتیب در دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد.

کلمات کلیدی: جوانه‌زنی بذر، دمای بهینه، دمای بیشینه، دمای پایه

Evaluation of germination characteristics and determination of cardinal temperatures of poppy (*Papaver somniferum*) seed

V. Amiri Monfared¹, A. Hashemi², A. Mamedi², R. Tavakkol Afshari^{3*}

1- Former M.Sc. Student, Seed Science and Technology, Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Ph.D. Student in Seed Science and Technology, Department of Agronomy and Plant Breeding, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(Received: Mar. 10, 2017 – Accepted: Jun. 07, 2017)

Abstract

The aim of this study was to quantify the response of germination rate to temperature and to find cardinal temperatures required for different germination percentiles in *Papaver somniferum*. Four models of non-linear regression [Quadratic, Segmented, Beta and Dent-like] were evaluated to describe the relationships between germination rate and temperature of *P. somniferum* over 7 constant temperatures (3, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 °C). Different statistical indices [Root Mean Squares of Error (RMSE) and coefficient of determination (R²)] were used to compare models performance. The Dent-like was found to be the best model to predict germination rate (RMSE=000.35, R²=0.87). The base, sub optimum, supra optimum and the ceiling temperatures for *P. somniferum* seed germination were estimated 3, 7, 20 and 31 °C, respectively. The cardinal temperatures depended on the model used for their estimation. Overall, Dent-like was better suited than the other models to estimate the cardinal temperatures for germination of *P. somniferum* seed. The highest germination percentage (72) and germination rate (0.86) was observed in 10 and 15 °C, respectively.

Keywords: Seed germination, Base temperature, Optimum temperature, Ceiling temperature

* Email: tavakolafshari@ferdowsi.um.ac.ir

(Bradford and Still, 2004). در صورتی که اکسیژن عامل محدود کننده نباشد دما و آب به طور عمده سرعت جوانه زنی بذر را کنترل می کنند (Gummerson, 1986). اثر دما روی نمو گیاه اساس مدل های مورد استفاده برای پیش بینی زمان جوانه زنی را تشکیل می دهد (Kamkar *et al.*, 2012). از آنجا که جوانه زنی با دما تغییر می یابد، تعریف دماهای کاردینال و سپس تخمین زمان حرارتی مورد نیاز برای جوانه زنی، جایگزین مناسبی برای مقایسه منحنی جوانه زنی حاصل از رژیم های دمایی مختلف است. دامنه دمایی برای جوانه زنی توسط دماهای پایه، بهینه و بیشینه (سقف) تعریف می شود که می توانند برخی محدودیت های زیست محیطی برای توزیع جغرافیایی گونه ها را تعیین کنند (Hakansson *et al.*, 2002). سرعت نمو بین دماهای پایه و بهینه افزایش می یابد، بین دماهای بهینه و بیشینه کاهش یافته و فراتر از دمای بیشینه و کمتر از دمای پایه متوقف می شود (Shaffi and Price, 2001). تأثیری که درجه حرارت های کمی (دماهای کاردینال جوانه زنی بذر) روی جوانه زنی بذر می گذارند، برای ارزیابی ویژگی های جوانه زنی یا پتانسیل استقرار گونه های گیاهی مفید بوده و در فرآیند اهلی سازی گیاهان از اهمیت ویژه ای برخوردار است (Najafi *et al.*, 2006). واکنش جوانه زنی نسبت به درجه حرارت به عوامل متعددی از جمله گونه های گیاهی، وارسته، منطقه رویش، کیفیت بذر و مدت زمان پس از برداشت بستگی دارد (Copeland and McDonald 1995). با توجه به اینکه جوانه زنی مناسب بذر از مهمترین عوامل موفقیت استقرار گیاهچه در مزرعه می باشد و دمای بهینه عامل تعیین کننده ای در این فرآیند است. هدف از انجام این تحقیق بررسی جوانه زنی و تعیین دمای کاردینال گیاه دارویی خشخاش بود تا بتوان شرایط دمایی و زمانی مناسبی را برای کاشت این گیاه دارویی تعیین کرد.

مقدمه

خشخاش یا کونار، گیاه علفی یکساله گل داری از خانواده شقایق یا خشخاش (*Papaveraceae*) و از جنس *Papaver* است. گیاه خشخاش از تیر تا مرداد گل می دهد. بخش های مختلف خشخاش به ویژه شیره خشک شده کاسبرگ آن که به تریاک معروف است خاصیت آرام بخش، ضد درد و ضد اسهال دارد. پس از رسیدن میوه که به صورت کپسول است با خراشیدن آن شیرابه سفیدرنگی بدست می آید که با خشک کردن آن (آب آن گرفته شود) ماده ای قهوه ای رنگ به نام تریاک حاصل می شود. با توجه به سابقه استفاده از گیاهان دارویی و نیز تغییر نگرش و افزایش تقاضای جهانی در خصوص استفاده از این گیاهان در درمان بیماری ها و با عنایت به مضرات ناشی از مصرف داروهای شیمیایی (Zhang, 2004; Oussalah *et al.*, 2007; Hayouni *et al.*, 2008) ضرورت دارد تا در مورد گیاهان دارویی تحقیقات جامعی صورت گیرد.

جوانه زنی بذر فرآیند بیولوژیکی پیچیده ای است که تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی و ژنتیکی قرار دارد (Shaffi and Price, 2001) و به عنوان یکی از حیاتی ترین مراحل در چرخه زندگی گیاهان در نظر گرفته می شود (Ungar, 1978). شرایط محیطی به طور مستقیم جوانه زنی موفقیت آمیز بذر و متعاقب آن سبز شدن گیاهچه و استقرار آن را تحت تأثیر قرار می دهد. (Harper, 1977). عوامل فیزیکی تنظیم کننده جوانه زنی برای بذرهای بدون خواب، به طور معمول شامل دما، آب و اکسیژن و برای بذرهای دارای خواب، علاوه بر این عوامل، نور و محرک های شیمیایی می باشد (Baskin and Baskin, 2004). دما و رطوبت می توانند با هم یا به طور جداگانه بر درصد و سرعت جوانه زنی اثر بگذارند (Bloomberg *et al.*, 2009). وقتی رطوبت مناسب باشد، سرعت و درصد جوانه زنی یک نمونه بذری دارای قابلیت حیات، توسط دما کنترل می شود

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه تحقیقات علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۴ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار بر روی بذر گیاه دارویی خشخاش انجام شد. بذرهای مورد استفاده در همان سال از مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی جمع آوری شدند که قوه نامیه اولیه آنها ۵۰ درصد بود. پس از اینکه بذر به مدت ۵ دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد ضد عفونی شدند، تعداد ۵۰ بذر درون پتری دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی متر حاوی کاغذ صافی واتمن قرار گرفته و میزان ۵ سی سی آب مقطر به هر پتری دیش اضافه شد (Adam et al., 2007). سپس پتری‌ها به ژرminatورهایی با دماهای ۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. شمارش بذر جوانه زده به صورت روزانه و تا زمانی که میزان جوانه زنی به یک حد ثابت رسید ادامه پیدا کرد، معیار جوانه‌زنی خروج ریشه چه به اندازه دو میلی‌متر از پوسته بذر بود (Brindle and Jenson, 2005). درصد (GP) و سرعت جوانه‌زنی (R50) بذر بر اساس روابط ۱ و ۲ در هر دما محاسبه شدند (Elis and Robert, 1981).

$$\text{رابطه ۱} \quad GP = \frac{n}{N} * 100$$

که در رابطه ۱، n تعداد بذرهای جوانه زده و N تعداد کل بذرهای می‌باشد.

$$\text{رابطه ۲} \quad R_{50} = \frac{1}{D_{50}}$$

در رابطه ۲، D50 مدت زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و R50 سرعت جوانه‌زنی می‌باشد.

متوسط زمان جوانه‌زنی بذرهای نیز (MGT) با استفاده از رابطه ۳ بدست آمد.

$$\text{رابطه ۳} \quad MGT = \frac{\sum(f_x \cdot x)}{\sum f_x}$$

که در این رابطه fx: تعداد بذرهای جوانه زده در روز x و x: روز شمارش بذرهای می‌باشد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر از برنامه Germin (Soltani and Maddah, 2010) استفاده شد که در آن D10 مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد، D50 مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه زنی به ۵۰ درصد حداکثر خود برسد و D90 مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد، محاسبه شدند. در این برنامه پارامترهای یاده شده (D10، D50، D90) برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون‌یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌شود. درجه حرارت‌های کاردینال (پایه، مطلوب و حداکثر) با استفاده از روابط رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت‌های مختلف تعیین شد که در آنها درجه حرارت‌های مختلف به عنوان متغیر مستقل (محور x) و سرعت جوانه‌زنی به عنوان متغیر وابسته (محور y) در نظر گرفته شدند. بنابراین در این پژوهش با استفاده از تجزیه رگرسیونی رابطه دما و سرعت جوانه‌زنی درجه حرارت‌های کاردینال تعیین و نمودارهای مربوطه ترسیم شد.

در روش مدل دو تکه ای، برای تعیین دماهای کاردینال جوانه زنی ابتدا نمودار مقادیر متوسط سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما ترسیم شد. سپس منطبق بر مدل ارائه شده توسط Wagenvoorth و Biethuizen و Labouriau در سال ۱۹۷۴ و ۱۹۷۰ دو مدل ۱ و ۲ به طور همزمان به ترتیب برای محدوده دمایی پایه تا دمای بهینه (رابطه ۴) و محدوده دمایی بهینه تا دمای بیشینه (رابطه ۵) و با استفاده از یک رابطه شرطی پرازش داده شد:

$$\text{رابطه ۴} \quad GR = \frac{1}{t} = \frac{(T - T_b)}{\theta T_1}$$

$$\text{رابطه ۵} \quad GR = \frac{1}{t} = \frac{(T - T_c)}{\theta T_2}$$

در رابطه‌های بالا T دمای محیط، Tb دمای حداقل، Tc

تابع دندان مانند

$$\begin{aligned} f(T) &= 0 & \text{if } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c \\ f(T) &= (T - T_b) / (T_{o1} - T_b) & \text{if } T_b < T < T_{o1} \\ f(T) &= (T_c - T) / (T_c - T_{o2}) & \text{if } T_{o2} < T < T_c \\ f(T) &= 1 & \text{if } T_{o1} < T < T_{o2} \\ f(T) &= 0 & \text{if } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c \end{aligned}$$

در این توابع T درجه حرارت (بر حسب سانتی گراد)، T_b ، T_c ، T_{o1} ، T_{o2} و a به ترتیب دمای پایه، دمای بهینه، دمای بیشینه، دمای مطلوب پایینی (برای تابع دندان مانند)، دمای مطلوب بالایی (برای تابع دندان مانند) و پارامتر شکل برای تابع بتا هستند که انحناهای تابع را تعیین می کنند. دماهای کاردینال جوانه زنی با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیونی و به کمک مدل های ارائه شده و با استفاده از سرعت جوانه زنی محاسبه شدند. محاسبه دماهای کاردینال بر اساس رابطه سرعت جوانه زنی و دما، روشی مرسوم در مطالعات مربوط به تعیین دماهای کاردینال جوانه زنی به حساب می آید (Colbach et al., 2002; Bradford, 2004)

نتایج و بحث

به طور کلی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دما برای کلیه خصوصیات جوانه زنی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱).

از بین خصوصیات جوانه زنی بذر خشخاش، سرعت جوانه زنی بذر خشخاش در دماهای بالا و دماهای پایین بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۲) که با نتایج گزارش شده توسط آدولف و همکاران (Adolf et al., 2013) هم خوانی داشت. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای دمایی (جدول ۲) نشان داد که در دمای ۳ درجه سانتی گراد درصد و سرعت جوانه زنی بذر خشخاش صفر بود و با افزایش دما از ۳ به ۵ درجه سانتی گراد جوانه زنی بهبود یافت به طوری که در دمای ۵ درجه سانتی گراد ۳ درصد جوانه زنی با سرعت ۰/۰۰۶۲ بذر در روز مشاهده شد. البته در این دما درصد جوانه زنی همچنان پایین بوده است.

دمای بیشینه، θT_1 مجموع زمان حرارتی بین دمای پایه تا دمای بهینه و θT_2 مجموع زمان حرارتی بین دمای بهینه تا بیشینه می باشد. دماهای کاردینال جوانه زنی با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیونی و به کمک مدل های ارائه شده و با استفاده از سرعت جوانه زنی محاسبه شدند. برای این منظور تغییرات سرعت جوانه زنی نسبت به دما ترسیم شد. آنگاه با برازش رابطه ۴ به دماهای زیر حد بهینه و رابطه ۵ به دماهای بالای حد بهینه، دماهای کاردینال محاسبه شدند.

برای تعیین دمای کاردینال با استفاده از مدل چند جمله ای درجه ۲ از رابطه های زیر استفاده شد:

$$f = a + Tb + T^2c \quad \text{رابطه ۶}$$

$$T_o = b + 2Tc \quad \text{رابطه ۷}$$

$$T_c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{رابطه ۸}$$

در رابطه های ۶، ۷ و ۸، f سرعت جوانه زنی (بر حسب روز)، T درجه حرارت (بر حسب سانتی گراد)، T_b ، T_o و T_c ، به ترتیب دمای پایه، دمای بهینه و دمای بیشینه، همچنین a ، b و c ضرایب رگرسیون را نشان می دهند. در مدل چند جمله ای درجه ۲، درجه حرارت بهینه رابطه (۶) با استفاده از مشتق اول رابطه ۵ محاسبه شد. ریشه های رابطه چند جمله ای درجه ۲ (رابطه ۷) با استفاده از رابطه ۵ محاسبه گردید. به منظور بررسی اثر دماهای مختلف بر درصد و سرعت جوانه زنی از تجزیه واریانس داده ها و همچنین جهت برازش مدل با استفاده از روش های رگرسیونی، به ترتیب از نرم افزارهای SAS 9.2 و Sigmaplot 12 استفاده شد.

تابع بتا

$$f(T) = \left\{ \left[\frac{(T - T_b)}{(T_o - T_b)} \right] \left[\frac{(T_c - T)}{(T_c - T_o)} \right] \right\}^{\left(\frac{T_c - T_o}{T_o - T_b} \right)^a}$$

$$\text{if } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c$$

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر دما بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر خشخاش (*Papaver somniferum*)

Table 1- Variance analysis of the effect of temperature on germination percentage and rate of *Papaver somniferum* seed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean Square	
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
دما Temperature	6	3025.07**	0.0019**
خطا Error	14	147.04	0.00021
درصد ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		9	11

** - significant at the 1% level

** معنی دار در سطح ۱ درصد

از ۲۰ به ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش داده شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر را به ترتیب به ۳ درصد و ۰/۰۰۶۲ کاهش داد که با درصد و سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نیز شاخص‌های جوانه‌زنی مورد مطالعه به صفر کاهش یافت، با توجه به نتایج مشاهده شده می‌توان بیان کرد که بذر خشخاش سازگاری بالایی برای کشت و کار در مناطق با آب و هوای سرد را دارد.

با افزایش دما به ۱۰ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب به ۷۲ درصد و ۰/۰۰۸۲ بذر در روز افزایش یافت. خصوصیات جوانه‌زنی مورد مطالعه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری نداشت. با افزایش دما به ۲۰ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی به ۵۲ درصد و سرعت جوانه‌زنی به ۰/۰۰۸۰ بذر در روز رسید. در جدول ۲ مشاهده می‌شود که خصوصیات جوانه‌زنی بذر خشخاش در سطوح دمایی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. به منظور بررسی پاسخ جوانه‌زنی بذر خشخاش به دماهای بالا، دما

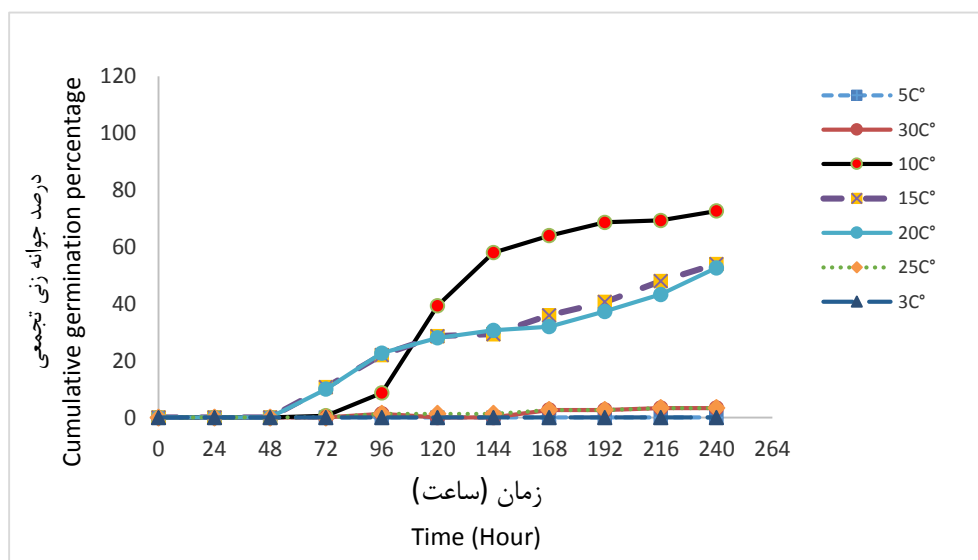
جدول ۲- مقایسه میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی (تعداد/روز) بذر خشخاش (*Papaver somniferum*) در سطوح مختلف دمایی

Table 2- Mean comparison of germination percentage and germination rate of *Papaver somniferum* at different temperature level

سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate	جوانه‌زنی نهایی (درصد) Final germination (percentage)	دما (سانتی‌گراد) Temperature C°
0c	0b	3
0.0062b	3b	5
0.0082a	72a	10
0.0086a	54a	15
0.0080a	52a	20
0.0062b	3b	25
0c	0b	30

مشابه افزایش یافته است که این افزایش تا حدود ۶۰ درصد (حدود ۲۴۰ ساعت بعد) قابل رویت بوده است، در حالیکه در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد درصد جوانه زنی تجمعی بعد از ۷۲ ساعت روند افزایشی خود را آغاز نموده است. به طور کلی درصد جوانه زنی تجمعی در دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد بالاتر بود و طبق مقایسه میانگینی که انجام گرفت درصد جوانه زنی در این دماها تفاوت معنی داری با هم نداشتند. در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد نیز همانطور که نشان داده شده است، درصد جوانه زنی تجمعی بسیار پایین و کمتر از ۱۰ درصد بوده که نشان دهنده نامساعد بودن شرایط دمایی برای جوانه زنی بذر خشخاش می باشد. اما همانطور که پیش از این نیز گزارش شد از لحاظ سرعت جوانه زنی که نسبت به درصد جوانه زنی فاکتور مهمتری بوده و اهمیت بیشتری در بحث استقرار دارد، بذرها در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد با سرعت بالاتری جوانه زدند.

با توجه به نتایج مشاهده شده می توان گزارش داد که با افزایش دما تا ۱۰ درجه سانتی گراد شاخص های جوانه زنی بذر بهبود می یابد ولی دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی گراد مانع جوانه زنی بذر می شود. محققین دیگری نیز کاهش درصد جوانه زنی گیاه دارویی اسفرزه را در دماهای بالا گزارش کرده اند (Hanson et al., 1992). ولی جوانه زنی بالای بذر خشخاش در دماهای پایین نشان دهنده این موضوع است که بذر خشخاش برای جوانه زنی به دماهای پایین نیاز دارد. در پژوهشی که توسط موال و همکاران (Mwale et al., 1994) بر روی بذر آفتابگردان انجام شد، مشخص گردید که سرعت جوانه زنی و درصد جوانه زنی بذر با افزایش دما تا حد معینی افزایش می یابد و سپس در دماهای بالاتر با شدت بیشتری کاسته می شود که در این مطالعه نیز چنین روندی مشاهده شد. در نمودار درصد جوانه زنی تجمعی (شکل ۱) دیده می شود که درصد جوانه زنی در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد در روز دوم شمارش، به طور همزمان و به طور



شکل ۱- درصد جوانه زنی تجمعی بذر خشخاش در سطوح مختلف دمایی

Figure 1- Cumulative germination of *Papaver somniferum* seed at different temperature levels

محاسبه دماهای کاردینال سرعت جوانه زنی بذر خشخاش

کمی سازی واکنش جوانه زنی بذور خشخاش در دماهای مختلف با کمک مدل دو تکه ای، دندان مانند، درجه دوم و بتا برازش داده شد. مقادیر RMSC (جذر میانگین مربعات خطا)، R^2 (ضریب تبیین)، T_b (دمای پایه)، T_{o1} (دمای بهینه تحتانی)، T_{o2} (دمای بهینه فوقانی) و T_c (دمای سقف) مربوط به هر مدل در دماهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. در مدل دو تکه ای دمای پایه ۱/۲۸، دمای مطلوب ۱۶/۴۵ و دمای سقف ۳۲/۶۲ درجه سانتی گراد و میزان R^2 و RMSC به ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۰۲۶ پیش بینی شد که نشان دهنده دقت مناسب این مدل در پیش بینی دماهای کاردینال جوانه زنی بذر خشخاش است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود سرعت جوانه زنی از دمای ۵ تا ۱۵ درجه افزایش و پس از آن کاهش یافته است.

در مدل دندان مانند (شکل ۳) دمای پایه ۳ درجه سانتی گراد، دمای مطلوب تحتانی ۷ درجه سانتی گراد، دمای مطلوب فوقانی ۲۰ درجه سانتی گراد و دمای سقف ۳۱ درجه سانتی گراد و مقدار R^2 و RMSC به ترتیب

۰/۸۷ و ۰/۰۰۳۵ پیش بینی شد. به دلیل بالاتر بودن مقدار R^2 در مدل دندان مانند، این مدل نسبت به سایر مدل های مورد مطالعه، برازش بهتری از دماهای کاردینال جوانه زنی بذر خشخاش را ارائه می دهد. بر اساس این مدل سرعت جوانه زنی از دمای ۳ تا ۷ درجه سانتی گراد افزایش یافته و در فاصله بین ۷ تا ۲۰ درجه سانتی گراد ثابت می ماند و پس از آن کاهش می یابد.

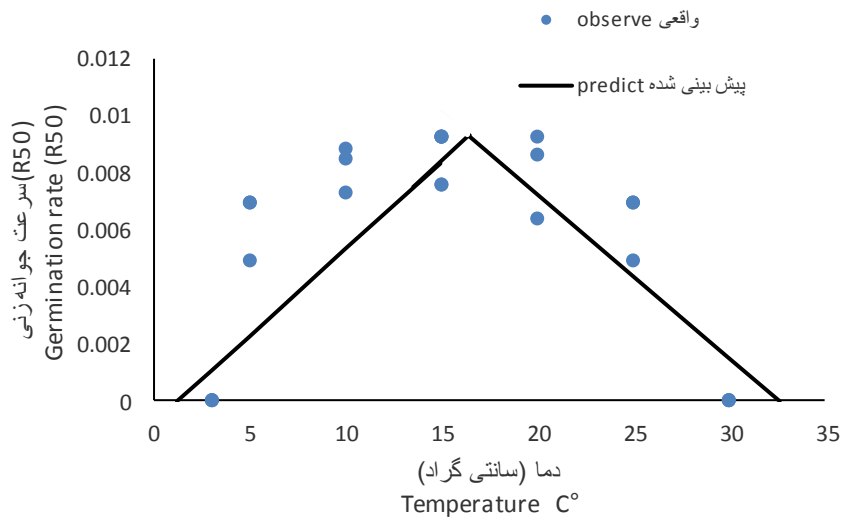
در مدل بتا (شکل ۴) دمای پایه ۳/۶ درجه سانتی گراد، دمای مطلوب ۱۳/۵۳ درجه سانتی گراد و دمای سقف ۳۳/۷۸ درجه سانتی گراد و R^2 و RMSC به ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۰۰۳۵ پیش بینی شد که نشان می دهد که این مدل نسبت به مدل دندان-مانند در پیش بینی دماهای کاردینال بذر خشخاش چندان موفق نبوده است. گنجعلی و همکاران (Ganjeali et al., 2006) از مدل های بتا، دو تکه ای و دندان مانند برای مدل سازی سبز شدن گیاه نخود در دماها و عمق های مختلف استفاده کردند و مدل دندان مانند را به عنوان مدل برتر در پیش بینی سبز شدن این گیاه معرفی نمودند.

جدول ۳- مقادیر برآورد شده برای دماهای کاردینال جوانه زنی بذر خشخاش بر اساس چهار مدل برازش شده

Table 3- Estimated cardinal temperatures for *Papaver somniferum* seed germination based on Beta, Dent like, Quadratic and Segmented models

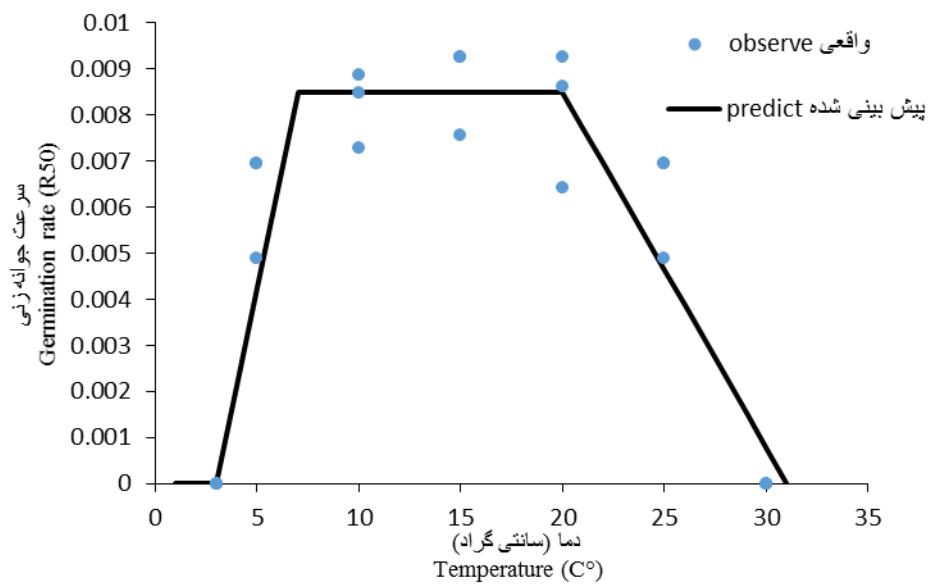
مدل بتا Beta model	مدل دندان مانند Dent-like model	مدل چند جمله ای درجه ۲ Quadratic model	مدل دو تکه ای Segmented model	دمای کاردینال (درجه سانتی گراد) Cardinal temperatures
3.6	3	1.56	1.28	دمای پایه T_b Base temperature
13.53	7-20	15.82	16.45	دمای بهینه T_o Optimum temperature
33.78	31	30.09	32.62	دمای بیشینه T_c Maximum temperature
0.00035	0.000316	0.0013	0.0026	RMSE*
0.84	0.87	0.84	0.63	ضریب تبیین R^2

* این شاخص معیاری برای دقت نتایج است و معمولاً هر چه مدل بهتر بر داده ها منطبق (fit) باشد مقدار آن کمتر می شود.



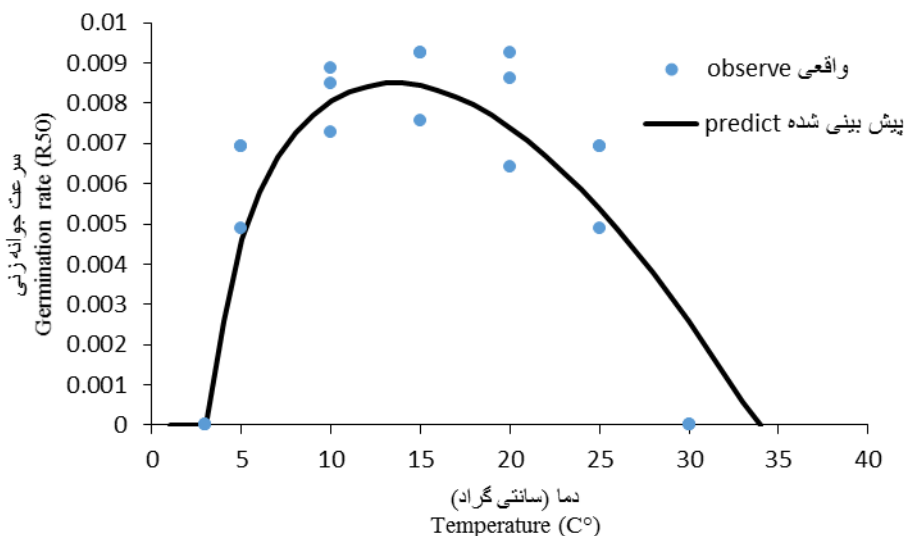
شکل ۲- رابطه بین دما و سرعت جوانه زنی بذر خشخاش (*Papaver somniferum*) بر اساس مدل دو تکه‌ای

Fig 2- Relation between temperature and germination rate of *Papaver somniferum* seed based on Segmented model



شکل ۳- رابطه بین دما و سرعت جوانه زنی بذر خشخاش (*Papaver somniferum*) بر اساس مدل دندان مانند

Fig 3- Relation between temperature and germination rate of *Papaver somniferum* seed based on Dent-like model.

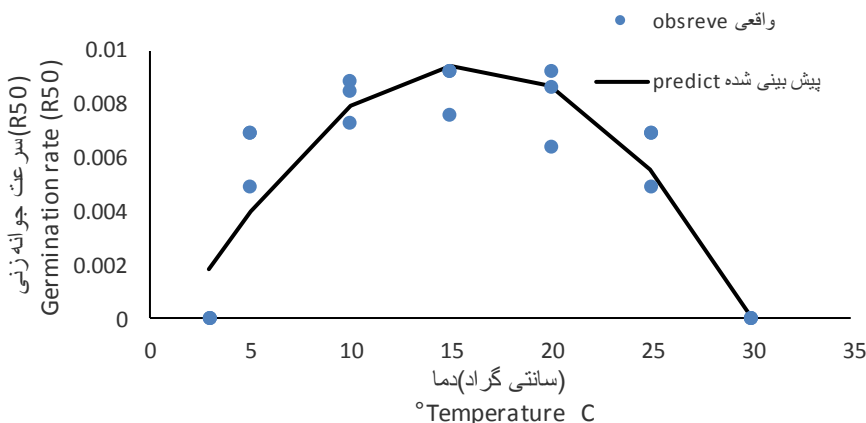


شکل ۴- رابطه بین دما و سرعت جوانه زنی بذر خشخاش (*Papaver somniferum*) بر اساس مدل بتا

Fig 4- Relation between temperature and germination rate of *Papaver somniferum* seed based on Beta model.

نشان می دهد که این مدل نسبت به مدل های قبلی در پیش بینی دماهای کاردینال بذر خشخاش چندان موفق نبوده است.

در مدل درجه دو (شکل ۵) دمای پایه ۱/۵۶، دمای مطلوب ۱۵/۸۲ و دمای سقف ۳۰/۰۹ درجه سانتی گراد و R^2 و RMSC به ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۰۱۳ پیش بینی شد که



شکل ۵- رابطه بین دما و سرعت جوانه زنی بذر خشخاش (*Papaver somniferum*) بر اساس مدل درجه دوم

Fig 5- Relation between temperature and germination rate of *Papaver somniferum* seed based on Quadratic model.

گزارش شده است (Copeland et al., 1995). با تعیین درجه حرارت های کاردینال، امکان ارزیابی محدودیت های جغرافیایی گونه ها و تعیین مناسب ترین زمان کشت آن ها ممکن می گردد (Ramin, 1997;)

گزارش شده است دمای بهینه جوانه زنی بذر، به ژنتیک گیاه و شرایط اقلیمی که گیاه در آن رشد و نمو می کند بستگی دارد. برای اکثر گونه های گیاهی، دمای بهینه جوانه زنی بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد

صورت گیرد.

نتیجه گیری کلی

بنا به نتایج بدست آمده، خشخاش به عنوان یک گیاه دارویی قابلیت کشت و سازگاری بالایی در مناطقی با آب و هوای سرد دارد. محدوده مجاز دمایی برای جوانه زنی بذر خشخاش از دمای ۵ تا ۲۵ درجه سانتی گراد بود. در این محدوده دمایی، شاخص های جوانه زنی بذر در دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی گراد بیشترین مقدار را داشتند. بنابراین جوانه زنی بذر خشخاش در محدوده دمایی پایین مطلوب تر است.

(Hashemi *et al.*, 2016). در بررسی دو اکوتیپ آویشن در ایران، دماهای کاردینال همبستگی بالایی با اقلیم منطقه نشان دادند. در این تحقیق از مدل دندان مانند برای تعیین دماهای کاردینال بذر در دو اکوتیپ آویشن استفاده شد طبق این مدل درجه حرارت پایه ۱/۳۹ درجه سانتی گراد، دمای مطلوب بین ۲۰/۲ و ۲۴/۷ درجه سانتی گراد و دمای حداکثر ۳۹/۶۸ درجه سانتی گراد محاسبه شد. اکوتیپ ایلام به جوانه زنی در دماهای پایین پاسخ مثبت داشت تا بتواند از دمای بالا در تابستان بگریزد (Tolyat *et al.*, 2014). شاید بتوان گفت که درجه حرارت حداقل، بهینه و حداکثر شاخص های مناسبی برای پیش بینی مراحل رشد و نمو گیاهان زراعی هستند، هر چند که برای تایید این فرضیه نیاز است که آزمایشات متعددی

References

منابع

- Adam, N. R., D.A. Dierig, T.A. Coffelt, M.J. Wintermeyer, B.E. Mackey, and G.W. Wall. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. *Ind. Crop Prod.* 25: 24-33.
- Adolf, V. I., S.E. Jacobsen, and S. Shabala. 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Exp. Bot.* 92: 43-54.
- Baskin, J. M., and C.C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Sci. Res.* 14: 1-16.
- Biethuizen, J.F., and W.A. Wagenvoorth. 1974. Some aspects of seed germination in vegetables. I. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. *Agric. J.* 2:213-219.
- Bloomberg, M., J.R. Sedcole, E.G. Mason, and G. Buchan. 2009. Hydrothermal time germination models for radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). *Seed Sci. Res.* 19: 171-182.
- Bradford, K.J. and D.W. Still. 2004. Applications of hydrotim analysis in seed testing. *Seed Echnol.* 26: 74-85.
- Brindle, M., and K. Jensen. 2005. Effect of temperature on dormancy and germination of *Eupatorium L. achenes*. *Seed Sci. Res.* 15: 143-151.
- Colbach, N., B. Chauvel, C. Dürr, and G. Richard. 2002. Effect of environmental conditions on germination. I. Effect of temperature and light. *Weed Res.* 42 :210-221.
- Copeland, L.O., and M.B. McDonald. 1995. *Principles of Seed Sci and Tech.* Pub.Chapman and Hall. USA.
- Ellis, R. A., and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9:373-409.
- Gummerson, R.J. 1986. The effect of constant temperature and osmotic potential on the germination of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 37: 729-741
- Hakansson, I., A. Myrbeck, and E. Ararso. 2002. A review of research on seedbed preparation for small grains in Sweden. *Soil Tillage Res.* 64: 23-40.

- Hanson, C.V., E.A. Oelke, D.H. Putnam, and E.S. Oplinger. 1992.** Psyllium. Alternative Field Crops Manual. Hortic. Purdue Univ., Indiana.
- Harper, J.L. 1977.** Population Biology of Plants. Academic Press, New York.
- Hayouni, E. A., Chraief, I., Abedrabba, M., Bouix, M., Leveau, J. Y., Mohammed, H., & Hamdi, M. 2008.** Tunisian *Salvia officinalis* L. and *Schinus molle* L. essential oils: Their chemical compositions and their preservative effects against *Salmonella* inoculated in minced beef meat. *Int. J. F. Micro.* 125(3): 242-251.
- Kamkar, B., M. Ahmadi, A. Mahdavi-Damghani, and F. J. Villalobos. 2012.** Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using nonlinear regression models. *Ind. Crop. Prod.* 35:192-198.
- Labouriau, L.G. 1970.** On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* I. *Annals Acad. Brasilia Ciencia.* 42:235-262.
- Mwale, S.S., S.N. Azam-Ali, J.A. Clark, R.G. Bradley, and M.R. Chataha. 1994.** Effect of temperature on germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Seed Sci. Technol.* 22: 565-571.
- Oussalah, M., S. Caillet, L. Saucier, and M. Lacroix. 2007.** Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157: H7, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control.* 18: 414-420.
- Ramin, A. A. 1997.** The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium ampeloprasum* L. spp. *iranicum* W.). *Seed Sci. Technol.* 25: 419-426.
- Saha, P., S. Raychaudhuri, D. Mishra, A. Chakraborty, and M. Sudarshan. 2008.** Role of trace elements in somatic embryogenesis – A PIXE study. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* 266: 918-920
- Shafii, B. and W.J. Price. 2001.** Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 6: 356-366.
- Soltani, A and V. Maddah. 2010.** Simple, applied programs for education and research in agronomy. *Shahid Beheshti University Press.* (In Persian, with English Abstract).
- Tolyat, M.A., R. Tavakkol Afshari, M.R.Jahansoz, F. Nadjafi, and H.A. Naghdibadi. 2014.** Determination of cardinal germination temperatures of two ecotypes of *Thymus daenensis* subsp. *Daenensis* *Seed Sci. Technol.* 42:28-35.
- Ungar, I.A. (1978).** Halophyte seed germination. *The Bot. Rev.*, 44(2), 233-264.
- Zhang, X. 2004.** Traditional medicine: its importance and protection. pp. 3-6. In: Twarog, S., Kapoor, P., (eds.). Protecting and Promoting Traditional Knowledge: Systems, National Experiences and International Dimensions. Part 1. The Role of Traditional Knowledge in Healthcare and Agriculture. United Nations, New York Document.

