



کمی سازی تأثیر زوال بذر بر دمای کاردینال بذور شکر تیغال (*Echinops ritro*) با استفاده از مدل های غیر خطی

طیبه سادات چراغی تخته چوبی^۱، سید امیر موسوی^{۲*}، احمد زارع^۳، احمد کوچک زاده^۴ و قاسم پرمون^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲. استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۴. بخش تحقیقات چغندرقد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷)

چکیده

این مطالعه به منظور تعیین دمای کاردینال بذورهای زوال یافته شکر تیغال آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. عامل اول زوال در ۵ سطح (۰، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت زوال) و دماهای جوانه زنی در هشت سطح (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد) بود. نتایج نشان داد که درصد و سرعت جوانه زنی تحت تأثیر اثر متقابل دما در زوال قرار گرفتند. بالاترین درصد جوانه زنی (۹۸٪) در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در بذور زوال نیافته و دماهای ۱۵ تا ۲۰ در زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت مشاهده شد. بالاترین سرعت جوانه زنی (۰/۴۹۶) تعداد در روز نیز در بذور زوال نیافته در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه مشاهده شد. برآورد مدل های غیر خطی بر سرعت جوانه زنی نیز نشان داد، در بین مدل های مورد ارزیابی مدل دندانه ای بهترین مدل (۰/۹۹۰ تا ۰/۸۵۰ تا ۰/۱۲۰، $R^2=0.850$ تا 0.990 ، $RMSE=0.040$ و $AICc=-11.90$ تا -4.66) برای تعیین دماهای کاردینال جوانه زنی بذورهای شکر تیغال در سطوح مختلف زوال بود. دمای پایه جوانه زنی شکر تیغال در شرایط بدون زوال ۰/۹۷ درجه سانتی گراد تخمین زده شد که در ۲۴ ساعت زوال به ۱/۹ درجه سانتی گراد افزایش و در زوال های بالاتر (۹۶ ساعت) نیز مجدد به ۰/۶۸ درجه سانتی گراد کاهش یافت. دمای بهینه جوانه زنی این گیاه نیز بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد در شرایط بدون زوال بود که در اثر زوال ملایم (۲۴ و ۴۸ ساعت) به ۱۹ تا ۳۱ درجه سانتی گراد افزایش یافت ولی در اثر زوال شدید (۹۶ ساعت) این دامنه تغییرات به ۲۲ تا ۲۸ درجه سانتی گراد رسید. خواب بذر و زوال می توانند دامنه ای جوانه زنی را کاهش دهد.

کلیدواژه ها: بنا، جوانه زنی، سگمتند، کیفیت بذر

Quantification of the effect of seed aging on cardinal temperature of Globe thistle (*Echinops ritro*) seeds using non-linear models

T.S. Cheraghi Takht Chooobi¹, S.A. Moosavi^{2*}, A. Zare², A. Koochekzadeh³, Gh. Parmoon⁴

1. Master Student in Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.

2. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.

3. Associate professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.

4. Sugar Beet Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.

(Received: Oct. 22, 2022 – Accepted: Jan. 07, 2023)

Abstract

In order to determine the cardinal temperature of accelerated aging seeds of Globe thistle, this study was carried out as factorial based on a completely randomized design with three replications at Khuzestan University of Agriculture and Natural Resources. The first factor was seed aging at 5 levels (0, 24, 48, 72, and 96 hours) and germination temperatures at 8 levels (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, and 40°C). The results showed that the percentage and speed of germination were affected by the interaction between temperature and aging. The highest germination percentage (98%) was observed at 20°C in normal seeds and 15 and 20°C at 24 and 48 h aging. The highest germination rate (0.496 germination per day) was also observed in normal seeds at 20 and 25°C. Estimation of different non-linear models on germination rate also showed that among the evaluated models, the dent-like model was the best model ($R^2=0.850$ until 0.990, $RMSE=0.040$ until 0.12, $AICc=-4.66$ until -11.90) for germination of sugarcane seeds at different levels of aging. The base temperature of sugarcane was estimated to be 0.97°C in normal conditions, which increased to 1.8°C in 24 hours of aging and decreased again in higher aging (96 h) reach to 0.68°C. The optimum temperature of germination of this plant was 20 to 30 °C in normal conditions, which increased to 19 to 31°C due to mild aging (24 and 48 hours), but due to severe aging (96 hours), this range changes to 22 to 28°C. In general, it was found that seed dormancy and aging can reduce the germination temperature range seeds of wilde species.

Keywords: Beta, Germination, Seed quality, Segmented

* Email: amirmoosavi@asnrukh.ac.ir

(Bradford, 2002). دامنه دمایی برای جوانه‌زنی توسط دماهای پایه، بهینه و بیشینه (سقف) تعریف می‌شود که می‌توانند برخی محدودیت‌های زیست محیطی برای توزیع جغرافیایی گونه‌ها را تعیین کنند (Hakansson *et al.*, 2002). مهم‌ترین عاملی است که سرعت نمو گیاهان (از جمله سرعت جوانه‌زنی) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با استفاده از مدل‌های رگرسیون می‌توان اثرات دما بر فرایندهای نمو گیاه مانند جوانه‌زنی را کمی‌سازی نمود (Kamkar *et al.*, 2012).

پیری یا زوال بذر یکی از عوامل مهم مؤثر بر جوانه‌زنی بذر و رشد رویشی گیاهان است (Sveinsdottir *et al.*, 2009). زوال بذر به فرایند از دست رفتن کیفیت بذر با گذشت زمان اطلاق می‌شود و توانایی بذر برای زنده ماندن را کاهش می‌دهد. بنیه بذر اولین جزء از کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی و قوه‌نامیه نیز کاهش نشان می‌دهد (Basra *et al.*, 2003). زوال بذر کیفیت، قابلیت حیات و زنده ماندن بذر را به علت اثر سوء شرایط محیطی کاهش می‌دهد (Kapoor *et al.*, 2010). زوال با تجمع گونه‌های فعال اکسیژن می‌انجامد و میتوکندری، منبع اصلی تولید گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌های گیاهی است (Chen *et al.*, 2012). تغییر روند اکسیداسیون و میزان رادیکال‌های اکسیدانی از جمله وقایع مشترک تنش‌های محیطی و فرآیند پیری محسوب می‌شود. مشاهده‌های انجام شده در گونه‌های مختلف نشان می‌دهد که آسیب اکسیداتی و هم‌زمان با افزایش سن بذر، اثر بخشی دفاع آنتی‌اکسیدانت سلولی را کاهش داده و از طرفی رادیکال‌های آزاد پیری را افزایش می‌دهد (Kibinza *et al.*, 2006).

با توجه به اطلاعات محدود در مورد نیازهای جوانه‌زنی و دمای کاردینال شکر تیغال، هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر زوال بر دماهای کاردینال جوانه‌زنی این گیاه بوده تا بتوان شرایط دمایی و زمانی مناسبی برای کشت این گیاه را تعیین کرد.

مقدمه

امروزه با توجه به اثرات سوء مصرف داروهای شیمیایی و گرایش روز افزون به استفاده از طب گیاهی در درمان بیماری‌ها، کشت گیاهان دارویی مورد توجه قرار گرفته است. گیاهان دارویی از ارزش و اهمیت خاصی در تأمین بهداشت و سلامت جوامع هم به لحاظ درمان و هم پیشگیری از بیماری‌ها برخوردارند (Abdullaev and Espinosa-Aguirre, 2004; Azadbakht and Hosseini, 2016). گیاه شکر تیغال گیاهی چند ساله به ندرت یک‌ساله و از خانواده کاسنی (Asteraceae) است. شکر تیغال بر معده و دردهای احشایی مؤثر است. خاصیت نوتروپیک داشته و اثر مثبتی بر حافظه و یادگیری دارد. به دلیل اثرات آنتی‌اکسیدانی و وجود تری‌هالوز، شکر تیغال می‌تواند به‌عنوان داروی ضد سرطان، آلزایمر و هانتینگتون کاربرد داشته باشد (Higashiyama, 2002).

جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه از مراحل بحرانی و مهم در چرخه زندگی گیاهان است (Windauer and Benech, 2007). جوانه‌زنی تحت تأثیر مجموعه عوامل محیطی است که میزان موفقیت آن را تعیین می‌کند (Jami Al-Ahmadi and Kalf, 2007). در بین عوامل محیطی، دما یکی از مؤثرترین عوامل محیطی تنظیم‌کننده میزان و مدت زمان جوانه‌زنی است. برادفورد و استیل (Bradford and Still, 2002) اعلام کردند، دماهای کاردینال جوانه‌زنی، عموماً بستگی به دامنه سازگاری محیطی یک گونه دارد و تطابق زمان جوانه‌زنی با شرایط مطلوب را تضمین می‌کند (Alvarado and Bradford, 2002). دما یکی از عوامل بسیار مهم در فرایند جوانه‌زنی است (Nerson, 2007). دما نیروی محرک مهمی است که در سرعت نمو محصول تأثیر به‌سزایی دارد (Kamkar *et al.*, 2008). در بین عوامل محیطی در صورتی که تهویه مناسب باشد، برای بذرهای بدون خواب، دما و رطوبت دارای اهمیت بیشتری هستند

مواد و روش ها

تیمارها و شرایط آزمایشی

این آزمایش در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بر روی بذر گیاه شکر تیغال اکوتیپ استان فارس با سه تکرار در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. عامل اول زوال در پنج سطح (۰، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت زوال) و عامل دوم دماهای جوانه زنی در هشت سطح (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد) بود.

بذرهای مورد استفاده در این مطالعه بذرهای اکوتیپ استان فارس بوده که توسط محققان از رویشگاه طبیعی این گیاه جمع آوری و مورد استفاده قرار گرفتند. برای ایجاد سطوح زوال از روش زوال تسریع شده استفاده شد. به این منظور بذرهای ۴۰ درجه سانتی گراد و در رطوبت نسبی اشباع ۱۰۰ درصد قرار گرفتند و بذرهای زوال نشده نیز به عنوان شاهد (صفر) در نظر گرفته شدند (Hampton and Tekrony, 1995). در تمام مدت انجام زوال، بذرهای هیچ تماسی با آب نداشتند و به منظور جلوگیری از اتلاف رطوبت، درب پتری دیش ها کاملاً با پارافیلیم مهر و موم شد. برای آزمون جوانه زنی نیز ابتدا پتری دیش های ۱۰ سانتی متری، در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت قرار داده تا ضد عفونی شدند (Demir Kaya, 2006). در داخل هر پتری دیش تعداد ۲۵ عدد بذر قرار گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش، ابتدا بذور را از هر گونه گرد و غبار و ناخالصی پاک شدند، سپس به مدت ۳ دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد ضد عفونی شده و سپس در هر پتری دیش، مقدار ۵ میلی لیتر آب مقطر ریخته و به ژرminatور با دماهای مختلف منطبق با دستورالعمل ایستا (۲۰۱۷) انتقال داده شدند. برای به حداقل

رساندن خطای تبخیر، پتری دیش ها را با پلاستیک کاملاً بسته و شمارش بذرهای جوانه زده هر ۱۲ ساعت صورت گرفت. معیار جوانه زنی، خروج ریشه چه به اندازه ۲ میلی متر در نظر گرفته شدند (Soltani et al., 2008).

تعیین دمای کاردینال

برای بررسی روند تغییرات سرعت جوانه زنی در دماهای مختلف نیز ابتدا سرعت جوانه زنی (معکوس متوسط زمان ۵۰ درصد جوانه زنی) با استفاده از نرم افزار جرمین نسخه ۱، محاسبه (Soltani et al., 2001) و سپس از مدل های غیرخطی (دندانه ای، دو تکه ای، بتا و بتای اصلاح شده) در برازش بر روی داده های جوانه زنی استفاده شد (جدول ۱). مدت زمان رسیدن ۵۰ درصد جوانه زنی نیز بر اساس فرمولی زیر محاسبه شد (Coolbear, 1984).

$$R50 = 1/t_i + [(N/2 - n_i)(t_j - t_i)] / (n_j - n_i) \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه N جوانه زنی نهایی و n_i و n_j نیز تعداد بذور جوانه زده در مدت زمان بین $t_j - t_i$ می باشد.

برای ارزیابی مدل مناسب نیز ملاک انتخاب بهترین و دقیق ترین مدل برازش داده شده (پیش بینی شده) با مقدار مشاهده شده بر اساس پارامترهای جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین رگرسیون (R^2) و شاخص آکاییک تصحیح شده (AICc) بود. جذر میانگین مربعات خطا که به منظور ارزیابی تفاوت میان مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده از این پارامتر است و بر اساس رابطه (۲) تعیین شد (Alvarado and Bradford, 2002).

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum (Y_{obs} - Y_{pred})^2} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این معادله Y_{obs} = (مقادیر مشاهده شده)، Y_{pred} = (مقادیر پیش بینی شده)، n = (تعداد نمونه ها) است.

¹ Germin

جدول ۱- مدل‌های رگرسیونی غیرخطی برازش داده شده بر داده‌های جوانه‌زنی بذرهای شکر تیغال

Table 1- Nonlinear regression models that were fitted on germination data of globe thistle seed

فرمول	مدل
$f(T) = \frac{(T-T_b)}{(T_{O1}-T_b)}$	مدل دندان‌های
$f(T) = \frac{T_c-T}{T_c-T_{O2}}$	Dent-like model
$f(T) = 1$	(Piper <i>et al.</i> 1996)
$f(T) = 0$	if $T \leq T_b$ or $T \geq T_c$
$f(T) = \left(\frac{T-T_b}{T_O-T_b}\right)$	مدل دو تیکه‌ای
$f(T) = 1 - \left(\frac{T-T_b}{T_O-T_b}\right)$	Sigmoided model
$f(T) = 0$	if $T \leq T_b$ or $T \geq T_c$
$f(T) = \left(\frac{T-T_b}{T_O-T_b}\right) \times \left(\frac{(T_c-T)}{(T_c-T_o)}\right)^{\frac{(T_c-T_o)}{(T_o-T_b)}}$	مدل بتای اصلاح شده Beta modified model (Yan and Hunt 1999)
$f(T) = \left(\frac{T-T_b}{T_O-T_b}\right) \times \left(\frac{(T_c-T)}{(T_c-T_o)}\right)^{\frac{(T_c-T_o)}{(T_o-T_b)}a}$	مدل بتا Beta model (Yin <i>et al.</i> 1995)

T_b, T_o, T_{O1}, T_{O2} و T_c به ترتیب دما پایه، دما مطلوب، دما مطلوب پایین، دما مطلوب بالا، دما حداکثر و ضریب مدل است.

T_b, T_o, T_{O1}, T_{O2} and T_c , are base temperature, optimum temperature, lower optimum temperature, upper optimum temperature and maximum temperature respectively

نسخه ۱۸ انجام شد. در این مطالعه دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با توجه به عدم وقوع جوانه‌زنی از داده‌های تجزیه واریانس حذف شد. برای برازش مدل‌ها و رسم نمودارها نیز از نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ و سیگما پلات نسخه ۱۴ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای شکر تیغال تحت تأثیر دما و سطوح مختلف زوال نشان داد که این دو صفت تحت تأثیر دما، زوال و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال خطای یک درصد (دما در مورد درصد جوانه‌زنی پنج درصد) قرار گرفتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به آن‌ها نشان داد که بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی شکر تیغال در محدوده دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت و زوال بذرها علاوه بر کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی موجب

ضریب تبیین رگرسیون، بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر مشاهده شده این پارامتر براساس (رابطه ۳) تعیین شد (Alvarado and Bradford, 2002).

$$SST/R^2 = SSR \quad \text{رابطه ۳}$$

در این معادله $SSR =$ (میانگین مربعات برای رگرسیون) و $SST =$ (میانگین مربعات کل) است.

شاخص آکاییک تصحیح شده نیز طبق رابطه زیر محاسبه گردید (Burnham and Anderson., 2002).

$$AICc = n \cdot \ln \left(\frac{RSS}{n} \right) + 2K + \left(\frac{2K(K+1)}{n-k-1} \right) \quad \text{رابطه ۴}$$

که RSS ، جمع مربعات باقی مانده؛ n ، تعداد نمونه و K ، تعداد پارامترهای مدل مورد نظر می‌باشد.

آنالیز آماری

آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب

جوانه زنی از ۰/۲۴۶ تا ۰/۴۹۶ تعداد در روز بود، ولی در اثر زوال ۹۶ ساعت این محدوده تغییرات از ۴۹ تا ۸۹ درصد در مورد درصد جوانه زنی و از ۰/۲۸۷ تا ۰/۴۹۹ تعداد در روز در مورد سرعت جوانه زنی رسید (جدول ۳).

افزایش تغییرات دمایی یا به عبارتی افزایش دامنه تغییرات دمایی بذره های شکر تیغال شد. به عنوان مثال در بذره های زوال نیافته دامنه جوانه زنی این گیاه در دمای ۵ تا ۳۵ درجه سانتی گراد در محدوده ۹۳ تا ۹۸ درصد و سرعت

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس درصد و سرعت جوانه زنی بذور شکر تیغال تحت تأثیر دما و زوال بذر

Table 2- Analysis of variance for temperature and accelerated aging on germination percentage and germination rate of globe thistle

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares	
		جوانه زنی Germination	سرعت جوانه زنی Germination rate
دما ^۱ Temperature	6	323.15*	0.094**
زوال Aging	4	2117.18**	0.019**
دما × زوال Temperature × Aging	24	425.18**	0.006**
خطا Error	70	128.26	0.002
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variations (%)	-	13.0	9.8

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ^۱ با توجه به اینکه در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد جوانه زنی صورت نگرفت این سطح دما حذف شد. ***, *Significant at 0.01 and 0.05 level of probability, respectively. ^۱Due to the fact that germination did not occur at 40 °C, this temperature level was removed

سانتی گراد رسید (جدول ۳). در مطالعه ای که روی شاخص های جوانه زنی بذر گیاه علف مور چه (*Cressa critical L*) در دماهای ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی گراد انجام دادند، گزارش شد که دما، درصد و سرعت جوانه زنی را تا دمای ۳۰ درجه سانتی گراد افزایش داده و سپس کاهش می دهد (Alavi et al., 2014). گزارش شده است که در دماهای پایین، فعالیت متابولیکی به طور نسبی کاهش می یابد و واکنش های گیاهی نمی توانند در گیاه انجام گیرند، از طرف دیگر دماهای زیاد برای مدت زمان طولانی باعث تخریب پروتئین ها و در نهایت از بین رفتن بذر می شوند که این امر سبب کاهش درصد و سرعت جوانه زنی در دماهای بالا می شود (Kamkar et al., 2012). در پژوهشی که بر روی

بالاترین درصد جوانه زنی (حدود ۹۸ درصد) از دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در بذور زوال نیافته، دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد در زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت مشاهده شد. همچنین بالاترین درصد جوانه زنی در زوال ۹۶ ساعت از دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد با میانگین ۸۸ و ۸۹ درصد حاصل شد (جدول ۳). بالاترین سرعت جوانه زنی نیز در بذره های زوال نیافته مربوط به دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد با میانگین ۰/۴۹۶ و ۰/۴۹۶ جوانه در روز مشاهده شد که این مقادیر در ۲۴ ساعت زوال به ۰/۵۵ جوانه در روز در دمای ۲۰ و به ۰/۵۲۹ و ۰/۵۳۸ جوانه در روز در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد در زوال ۴۸ ساعت رسید. همچنین سرعت جوانه زنی در زوال ۹۶ ساعت به ۰/۴۹۹ جوانه در روز در دمای ۲۰ درجه

شاخص های جوانه زنی بذر گیاه گلرنگ رقم صفه تحت تأثیر دما و پتانسیل های آب صورت گرفت، نیز گزارش شد که سرعت جوانه زنی با خارج شدن از محدوده دمای بهینه و کاهش پتانسیل آب روند کاهشی دارد (Ostadyan, 2016). پاتانا و همکاران (Patana et al., 2017) در مطالعه ای روی بذر گیاه سورگوم شیرین

شاخص های جوانه زنی بذر گیاه گلرنگ رقم صفه تحت تأثیر دما و پتانسیل های آب صورت گرفت، نیز گزارش شد که سرعت جوانه زنی با خارج شدن از محدوده دمای بهینه و کاهش پتانسیل آب روند کاهشی دارد (Ostadyan, 2016). پاتانا و همکاران (Patana et al., 2017) در مطالعه ای روی بذر گیاه سورگوم شیرین

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زوال در دما بر درصد و سرعت جوانه زنی بذر شکر تیغال

Table 3- Means camperon for interaction effect of aging and temperature on germination and germination rate of globe thistle seeds

دما (سانتی گراد) Temperature (°C)	جوانه زنی (%)					سرعت جوانه زنی (روز/۱) Germination rate (1/day)					
	زوال (ساعت) Aging (hours)	0	24	48	72	96	0	24	48	72	96
5		93.3 ^{abc}	96.0 ^{ab}	84.0 ^{a-e}	82.6 ^{b-f}	49.3 ^j	0.246 ^m	0.295 ^{j-m}	0.314 ^{ijkl}	0.269 ^{lm}	0.287 ^{klm}
10		96.0 ^{ab}	94.6 ^{ab}	96.0 ^{ab}	89.3 ^{a-d}	74.6 ^{d-g}	0.321 ^{ikl}	0.420 ^{fg}	0.402 ^{fgh}	0.340 ^{ijk}	0.298 ^{f-m}
15		97.3 ^{ab}	98.6 ^a	97.3 ^{ab}	92.0 ^{abc}	88.6 ^{a-d}	0.399 ^{fgh}	0.446 ^{c-g}	0.448 ^{c-f}	0.443 ^{d-g}	0.423 ^{efg}
20		98.6 ^a	98.6 ^a	98.7 ^a	94.6 ^{ab}	89.3 ^{a-d}	0.494 ^{a-d}	0.551 ^a	0.529 ^{ab}	0.534 ^{ab}	0.499 ^{a-d}
25		97.3 ^{ab}	92.0 ^{abc}	96.0 ^{ab}	94.7 ^{ab}	69.3 ^{e-h}	0.496 ^{a-d}	0.500 ^{a-d}	0.538 ^{ab}	0.513 ^{ab}	0.451 ^{c-f}
30		97.3 ^{ab}	92.0 ^{abc}	78.6 ^{c-f}	74.6 ^{d-g}	62.6 ^{g-j}	0.493 ^{a-d}	0.500 ^{a-d}	0.504 ^{abc}	0.389 ^{ghi}	0.400 ^{fgh}
35		93.3 ^{abc}	56.0 ^{hij}	68.0 ^{f-i}	74.6 ^{d-g}	53.3 ^{ij}	0.339 ^{ijk}	0.493 ^{a-d}	0.480 ^{b-e}	0.389 ^{ghi}	0.353 ^{hij}
40		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

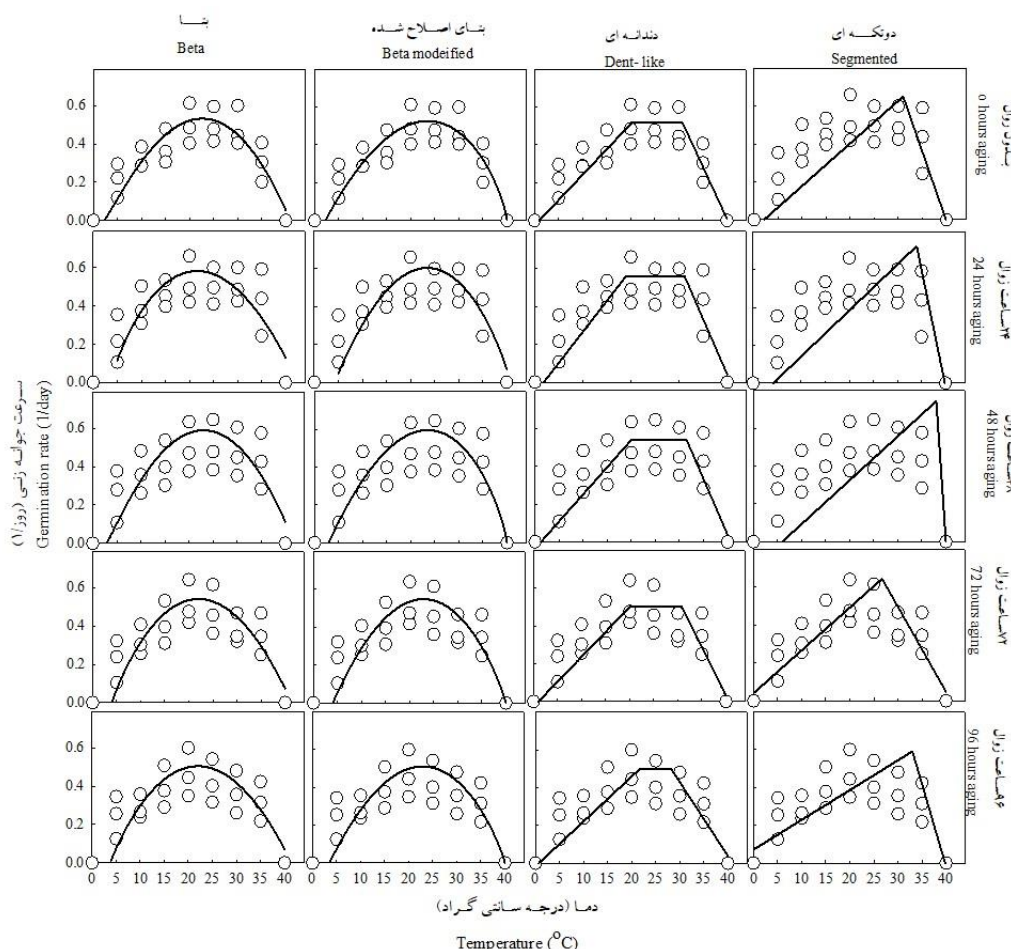
The different letters in each column indicate a significant difference by the LSD test at the 5% probability level

داد (Parmoon et al., 2015; Kibinza et al., 2011). نتایج مدل سازی دمای کاردینال شکر تیغال با استفاده از چهار مدل غیرخطی بتا، بتای اصلاح شده، دندانه ای و دوتکه ای بر اساس متوسط سرعت جوانه زنی نیز نشان داد که در بین مدل های مورد ارزیابی مدل دندانه ای بهترین مدل برای جوانه زنی بذرهای شکر تیغال در سطوح زوال بوده به طوری که ضریب تبیین (R^2) در این مدل در محدوده ۰/۸۵۰ تا ۰/۹۹۰ و RMSE نیز در محدوده ۰/۱۲ تا ۰/۰۴ و ضریب آکائیک تصحیح شده ۴/۶۶- تا ۱۱/۹۰- تخمین زده شد (شکل ۱ و جدول ۴). سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2006) از مدل های بتا، دوتکه ای و دندانه ای برای مدل سازی سبز شدن نخود (*Cicer arietinum* L.) در دماهای متفاوت

همچنین در مطالعات دیگر کاهش درصد و سرعت جوانه زنی در اثر زوال نیز گزارش شده است (Oskouei et al., 2015; Siadat et al., 2021). در مطالعه ما مشاهده شد که سطوح ۲۴ و ۴۸ ساعت زوال تأثیر معنی داری بر درصد و سرعت جوانه زنی نداشته و سبب افزایش آنها شده که علت این امر را می توان به ایجاد یک دوره پس رسی بر روی بذرهای و رفع خواب احتمالی نسبت داد (جدول ۳). علت کاهش جوانه زنی در اثر زوال، را می توان به تخریب پایداری غشاء و کاهش سطح فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت به ویژه سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز و همچنین ممانعت در تحریک ذخایر بذر و تخریب ساختارهای پروتئینی و DNA در طی فرایند زوال نسبت

استفاده کردند و مدل دندان مانند را به عنوان مدل برتر در پیش بینی سبز شدن این گیاه معرفی کردند. طبق پارامترهای این مدل، در بذرهای شاهد (زوال نیافته) دمای پایه جوانه زنی این گیاه ۰/۹۷ سانتی گراد بوده و بالاترین سرعت جوانه زنی نیز در محدوده ۲۰/۳۸ تا ۳۰/۵ درجه سانتی گراد صورت می گیرد. همچنین دمایی بیشینه این گیاه نیز ۴۰ درجه سانتی گراد تخمین زده شد. مشاهده شد، زوال ملایم (۲۴ و ۴۸ ساعت) موجب افزایش دمای پایه (۱/۸۷ و ۱/۲۳ درجه سانتی گراد به ترتیب در زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت) این گیاه شده ولی در زوال ۷۲ و ۹۶ ساعت مجدداً افت یافته به طوری که در ۹۶ ساعت به ۰/۶۸ درجه

سانتی گراد رسید (جدول ۴). محدوده دمایی بهینه نیز در اثر زوال ملایم افزایش یافته به طوری که حد پایین دمایی بهینه (T_{opt1}) در اثر این زوال کاهش (۱۸/۷ و ۱۹/۴ سانتی گراد به ترتیب در زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت زوال) و حد بالایی دمایی بهینه (T_{opt2}) افزایش (۳۱/۹ و ۳۱/۵ سانتی گراد به ترتیب در زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت زوال) یافت (جدول ۴). تشدید زوال موجب کاهش محدود دمای بهینه شد و در زوال ۹۶ ساعت محدوده دمایی بهینه از ۲۱/۷ تا ۲۸/۲ درجه سانتی گراد به ثبت رسید. تغییرات دمایی بیشینه در اثر زوال غیره معنی دار بوده و تنها در زوال ۹۶ ساعت افزایش ۱/۲ درجه سانتی گراد نشان داد (جدول ۴).



شکل ۱- برازش مدل های رگرسیونی غیرخطی بتا چهار پارامتر، بتای اصلاح شده، دندانه ای و دو تیکه ای بر سرعت جوانه زنی بذرهای زوال یافته شکر تیغال در دماهای مختلف. نقاط مقادیر مشاهده شده و خطوط مقادیر پیش بینی شده است.

Figure 1- Fitness non-linear regression models of Beta, Beta modified, Dent-like and Segmented on germination rate aging seeds of Globe thistle in different temperature. Points are observation and lines are predicted data

جدول ۴- پارامترهای تخمین زده شده مدل‌های غیرخطی برای بذور زوال یافته شکر تیغال

Table 4- Estimated parameters of non-linear models in aging seed of globe thistle

زوال (ساعت) Aging (hours)	مدل بتا						مدل دندانهای						
	Beta model			R ²	RMSE	AICc	Dent-like model						
	دمای پایه (سانتی گراد) T _b (°C)	دمای بهینه (سانتی گراد) T _{opt} (°C)	دمای بیشینه (سانتی گراد) T _c (°C)				دمای پایه (سانتی گراد) T _b (°C)	دمای پایین بهینه (سانتی گراد) T _{opt1} (°C)	دمای بالای بهینه (سانتی گراد) T _{opt2} (°C)	دمای بیشینه (سانتی گراد) T _c (°C)	R ²	RMSE	AICc
0	2.24±0.57	22.64±1.88	40.74±1.19	0.909	0.07	-8.71	0.97±0.77	20.38±0.42	30.50±0.15	40.0±0.09	0.989	0.04	-16.2
24	5.46±0.94	21.66±3.41	41.90±2.60	0.760	0.12	-0.49	1.87±0.38	18.73±3.13	31.98±0.49	40.0±0.44	0.970	0.06	11.90
48	3.95±0.90	21.78±3.24	41.77±2.42	0.772	0.11	-0.52	1.23±0.60	19.36±4.90	31.55±0.24	40.0±0.18	0.990	0.04	-9.92
72	2.50±0.65	21.39±2.36	41.06±1.57	0.882	0.08	-6.58	1.02±1.08	20.01±1.54	30.85±1.14	40.0±0.83	0.918	0.09	-4.66
96	2.11±0.73	21.12±2.65	41.21±1.80	0.855	0.08	-6.13	0.68±0.70	21.75±2.41	28.22±0.69	41.2±0.48	0.850	0.12	-8.5
زوال (ساعت) Aging (hours)	بنای اصلاح شده						مدل دو تکه ای						
	Beta modified model			R ²	RMSE	AICc	Segmented model						
	دمای پایه (سانتی گراد) T _b (°C)	دمای بهینه (سانتی گراد) T _{opt} (°C)	دمای بیشینه (سانتی گراد) T _c (°C)				دمای پایه (سانتی گراد) T _b (°C)	دمای بهینه (سانتی گراد) T _{opt} (°C)		دمای بیشینه (سانتی گراد) T _c (°C)	R ²	RMSE	AICc
0	2.21±1.15	23.50±2.63	40.0±0.72	0.913	0.05	39.36	2.10±0.75	31.75±1.04	-	40.0±0.62	0.964	0.04	6.75
24	4.55±1.32	23.50±3.09	40.0±0.30	0.855	0.10	51.96	4.02±2.06	34.10±0.81	-	40.0±0.59	0.941	0.06	37.76
48	2.92±1.25	23.50±2.88	40.0±0.25	0.873	0.10	50.86	6.12±4.44	38.69±3.40	-	40.0±0.14	0.930	0.06	23.39
72	4.49±1.02	22.95±2.42	40.0±0.27	0.921	0.07	46.22	1.80±1.27	26.75±2.58	-	41.6±2.47	0.850	0.09	44.27
96	3.89±1.12	22.95±2.67	40.0±0.29	0.899	0.08	46.73	4.50±3.27	33.05±1.48	-	40.0±0.96	0.890	0.07	51.31

دمای پایه (T_b)، حد پایین دمایی بهینه (T_{opt1})، حد بالایی دمایی بهینه (T_{opt2})، دمای بیشینه (T_m)، ضریب تبیین (R²) و مجذور خطای استاندارد (RMSE).

Base temperature (T_b), low optimum temperature (T_{opt1}), upper optimum temperature (T_{opt2}), maximum temperature (T_c), coefficient of determination (R²) and root mean square error (RMSE), Akaike information criterion corrected (AICc).

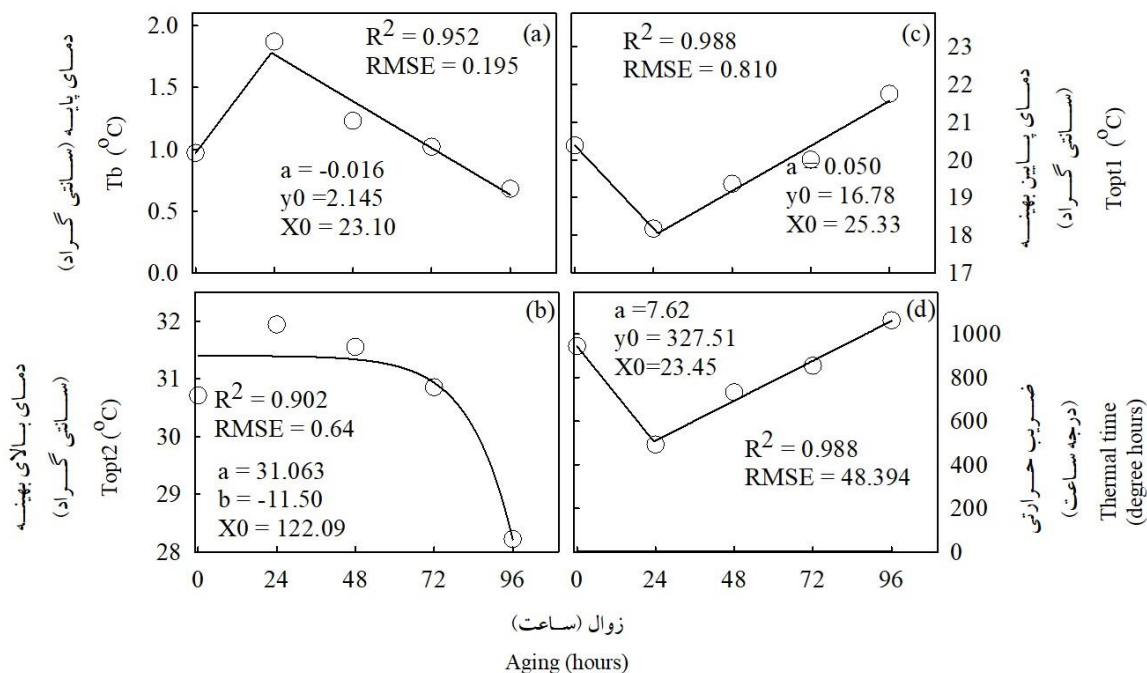
درجه سانتی گراد محدوده دمایی بهینه بالا به شمار می آید و تا ۷۲ ساعت زوال این پارامتر تغییر قابل توجه پیدا نکرده ولی در ۱۲۲ ساعت زوال این پارامتر ۵۰٪ نسبت به مقادیر اولیه خود کاهش پیدا می کند و به محدود ۱۶ درجه سانتی گراد خواهد رسید (شکل ۲).

انتخاب مدل مناسب برای کمی سازی واکنش سرعت جوانه زنی نسبت به دما، در تعیین دقیق دماهای کاردینال بسیار مهم است. برای پیش بینی دقیق فنولوژی گیاه به مدل های ریاضی برای توصیف سرعت نمو در پاسخ به دما نیاز است (Jame and Cutforth, 2004). مدل های غیرخطی بسیاری برای توصیف سرعت نمو گیاه در برابر دما از جمله توصیف جوانه زنی پیشنهاد شده است (Garcia-huidobro et al., 1982). مطالعه، برخی محققان مدل های دندان مانند را برای

روند تغییرات رگرسیونی پارامترهای مدل دندانهای در سطوح مختلف زوال نشان داد که دمایی پایه و حد پایین دمایی بهینه به صورت مدل دو تیکه ای بوده ولی حد بالایی دمایی بهینه به صورت گوسین تغییر یافت. همچنین ضریب ترمال تایم نیز در اثر زوال به صورت دو تیکه ای تغییر یافت (شکل ۲). در اثر زوال ۲۳ ساعت و کمتر روند تغییرات دمایی پایه افزایشی ولی بعد از این مقدار کاهش می باشد. در مورد حد پایین بهینه و ضریب ترمالتایم نتایج عکس بود و زوال ۲۵/۳ ساعت و ۲۳/۴۵ ساعت موجب کاهش این پارامترها (رسیدن حد پایین دمایی بهینه به ۱۶/۸ درجه سانتی گراد و ترمال تایم به ۳۲۷ درجه سانتی گراد ساعت) شده ولی در مقادیر بالاتر از این افزایش هم حد پایین بهینه و هم ضریب ترمالتایم افزایش یافتند (شکل ۲). نتایج حد بالای دمایی بهینه نیز نشان داد که در شکر تیغال دمایی ۳۱

Aconitum napellus L.)، ۲/۸۴، ۱۱/۴۸ و ۴۱/۰۵ درجه سانتی گراد و شاهدانه (*Cannabis sativa* L) ۲/۶، ۲۶/۸ و ۴۲/۸ درجه سانتی گراد دارد. مطالعه خیرخواه و همکاران (Kheirkhah et al., 2013) دماهای کاردینال بذر گیاه کاکوتی چندساله (*Ziziphora clinopodioides* L) بر اساس سه مدل خطوط متقاطع، بتا و چند جمله ای برآورد شد که دماهای پایه ۵ تا ۵/۸ درجه سانتی گراد، بهینه ۲۲ تا ۲۲/۶ درجه سانتی گراد و سقف ۳۹/۵ تا ۴۰/۵ درجه سانتی گراد تعیین شدند. شمس سالاری و همکاران (Shams salari et al., 2014) رابطه میان دما، سرعت جوانه زنی و درصد جوانه زنی را در بذر گیاه مریم گلی (*Salvia officinalis*) با استفاده از مدل درجه دوم به دست آوردند. آن‌ها دریافتند دمای ۵۸ درجه سانتی گراد بهترین دما برای جوانه زنی این گیاه می باشد.

پیش بینی جوانه زنی از مگک (*Cardaria draba* L)، جو دره (*Hordeum spontaneum* Koch) و جوموشی (*Hordeum murinum* L) مناسب دانسته اند (Hoseini et al., 2004). گزارش ها متعددی حاکی از اثر افزایشی درجه حرارت تا نقطه ای خاص بر درصد و سرعت جوانه زنی بذور می باشد (Tabrizi et al., 2004; Bannayan et al., 2006). رابطه دما با سرعت جوانه زنی در بذر گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) با تابع دوتکه ای و با درصد جوانه زنی توسط تابع دندانهای، توصیف خوبی داشت و دماهای پایه و مطلوب این گیاه به ترتیب برابر ۱۱ و ۳۵ درجه سانتی گراد بودند. جلیلیان و خدیلی اقدم (Jaliliyan and khalili eghdam, 2015) گزارش نمودند که دما تأثیر معنی داری بر سرعت جوانه زنی گیاه بنگدانه (*Hyoscyamus nigar* L.) به ترتیب ۰/۶۶، ۳۱ و ۴۱ درجه سانتی گراد، تاج الملوک



شکل ۲- رابطه بین تغییرات مقدار دمایی پایه (a)، دمای پایین بهینه (b)، دمای بالای بهینه (c) و مقدار ترمال تایم (d) جوانه زنی و زوال با استفاده از مدل سیگمنتد و گوسین

Figure 2 - Relationship between changes in basal temperature (a), low optimum temperature (b), upper optimum temperature (c) and thermal time (d) of germination and aging using Segmented and Gaussian model

نتیجه‌گیری

به طور کلی مشخص شد که محدوده دمایی بذرهای شکریتغال وسیع بود به طوری که مدل دندانه‌ای بهترین مدل برای پیش‌بینی جوانه‌زنی این گیاه تعیین شد و زوال تأثیر بر نوع مدل نداشت. دمایی پایه این گیاه در حدود یک درجه سانتی‌گراد، دمایی بهینه آن ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، دمایی بیشینه نیز ۴۰ درجه سانتی‌گراد و ضریب ترمالتایم ۹۸۰ درجه سانتی‌گراد ساعت تخمین زده شد. همچنین مشخص شد، زوال ملایم سبب افزایش محدوده دمایی بهینه و دمایی پایه و کاهش ضریب ترمالتایم گیاه شده ولی با افزایش شدت زوال تأثیرات برعکس شده و محدوده دمایی جوانه‌زنی این گیاه کاهش پیدا کرد. بنابراین می‌توان این گونه استنباط نمود: بذرهای تازه این گیاه دارای میدان اکولوژیکی (مناسب جوانه‌زنی) کمتر از بذرهای مسن تر بوده و قرارگیری طولانی بذور در خاک و محیط و زوال سبب کاهش این میدان اکولوژیکی می‌شود.

سیادت و همکاران (Siadat *et al.*, 2021) گزارش نمودند، اندازه بذر بر ترمال تایم بذور تأثیر نداشته ولی زوال موجب افزایش دمای پایه، ضریب ترمال تایم و کاهش دمای بهینه و بیشینه در بذرهای کلزا شد. در بررسی دیگر نیز غیر معنی‌دار بودن زوال بر دمای کاردینال گندم گزارش شده است (Soltani *et al.*, 2008). نتایج این مطالعه نیز نشان داد، که با توجه به این که شکریتغال یک گونه وحشی و خودرو بوده از این رو مدل دندانه‌ای برای این گیاه مناسب بوده و دامنه دمای بهینه این گیاه وسیع‌تر از برخی گونه و ارقام اصلاح شده است. همچنین مشخص شد که زوال ملایم از طریق تحریک سرعت جوانه‌زنی سبب افزایش دامنه دمایی جوانه‌زنی این گیاه شد ولی با افزایش آسیب‌های زوال در اثر افزایش شدت آن محدوده دمای جوانه‌زنی نیز مجدداً کاهش یافت که این مطلب بیان‌کننده نقش خواب بذر و زوال بر میدان اکولوژیکی جوانه‌زنی بذرها در طبیعت است. علت کاهش محدوده دمایی در اثر زوال را به تأثیرات منفی زوال بر میزان هورمون‌های مؤثر بر فرایند جوانه‌زنی و همچنین آسیب به فعالیت آنزیم‌های مختلف در اثر تخریب ساختارهای مولکولی نسبت داده شده است (McDonald 1999; Soltani *et al.*, 2008).

Reference

منابع

- Abdullaev, F.I., and J.J. Espinosa-Aguirre. 2004.** Biomedical properties of saffron and its potential use in cancer therapy and chemoprevention trials. *Cancer Detection and prevention*. 28(6):426-432. Doi:10.1016/j.cdp.2004.09.002.
- Alavi, S.H. E. Zand, B. Delkhosh, F. Ghajar, and H. Alipour. 2014.** Study on the effect of different temperatures on the seed germination of Rosinweed (*Cressa cretica*) in the Rafsanjan pistachio orchards. *Iranian Pistachio Mag.* 1(1): 49-57. (In Persian)
- Alvarado V., and K.J. Bradford. 2002.** A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant. Cell Environ.* 25:1061-1069. Doi:10.1046/j.1365-3040.2002.00894.x.
- Azadbakht, M. and M. Hosseini. 2016.** The need to standardize the extract of medicinal plants in research and how to do it. *Razi J. Med. Sci.* 23 (152): 9-17. (In Persian, with English Abstract)
- Bannayan, M., F. Nadjafi., M. Rastgoo, and L. Tabrizi. 2006.** Germination properties of some wild medicinal plants from Iran. *J. Seed Technol.* 28: 80-86. (In Persian)
- Basra, S. M. A., N. Ahmad, M. M. Khan, N. Iqbal, and M. A. Cheema. 2003.** Assessment of cottonseed deterioration during accelerated ageing. *Seed Sci. Technol.* 31: 531-540. Doi:10.15258/sst.2003.31.3.02.

- Bradford, K.J. and D.W. Still. 2002.** Applications of hydrotimic analysis in seed testing. *J. Seed Technol.* 26: 74-85.
- Bradford, K.J., 2002.** Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Sci.* 50:248-260. Doi:10.1614/0043-1745(2002)050[0248:AOHTTQ]2.0.CO;2.
- Burnham K.P., and D.R. Anderson. 2002.** Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information Theoretic Approach. Springer, New York, U.S.
- Chen, K., A. Fessehaie and R. Arora. 2012.** Dehydrin metabolism is altered during seed osmopriming and subsequent germination under chilling and desiccation in *Spinacia oleracea* L. cv. Bloomsdale: possible role in stress tolerance. *Plant Sci.* 183: 27–36. Doi:10.1016/j.plantsci.2011.11.002.
- Demir Kaya, M., O. Gamze, M. Atak, Y. Cikili, and O. Kolsarici. 2006.** Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur. J. Agron.* 24: 291-295. Doi:10.1016/j.eja.2005.08.001.
- Garcia-huidobro, J., J. L. Monteith, and G.R. Squire. 1982.** Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum thyphoides* S. and H.) I. Constant temperature. *J. Exp. Bot.* 33: 288–296. Doi:10.1093/jxb/33.2.288.
- 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. Doi:10.1016/S0167-1987(01)00255-0.
- Hampton, J. G., and D. M. Tekrony. 1995.** Hand book of Vigor Test Methods. The International Seed Testing Association, Zurich. Switzerland.
- Higashiyama, T. 2002.** Novel functions and applications of treehouse. *Int. Union Pure Appl. Chem.* 74:1263-1269. Doi:10.1351/pac200274071263.
- Hoseini, M., M. Mojab, and Gh. Zamani. 2012.** Evaluation wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.) barley grass (*H. murinum* L.) and hoary cress (*Cardaria draba* L.) germination in different temperatures. Pp 108. In Proc. 4th Iranian Weed Sci. Congr. 6-7 Feb. 2004. Ahvaz, Iran. (In Persian)
- Jalilian, J, and N. Khalili Aqdam. 2015.** The effect of intermittent temperatures on germination rate of Mandab seeds (*Eruca sativa*) Iranian J. Seed Res. 2(1): 127-133. Doi:10.29252/yujs.2.1.127. (In Persian)
- Jame, Y. W., and H.W. Cutforth. 2004.** Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. *Agric. For. Meteor.* 124: 207-218. Doi:10.1016/j.agrformet.2004.01.012.
- Jami Al-Ahmadi M., and M. Kafi. 2007.** Cardinal temperatures for germination of Kochia (*scoparia* L.). *J. Arid Environ.* 68:308-314. Doi:10.1016/j.jaridenv.2006.05.006.
- Kamkar, B., M. Ahmadi, A. Soltani, and E. Zeinali. 2008.** Evaluating non-linear regression models to describe response of wheat emergence rate to temperature. *Seed Sci. Technol.* 2: 53-57. Doi 10.18805/ lr.v0i0.7301.
- Kamkar, B., M.J. Al-Alahmadi, 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 non-linear regression models. *Ind. Crops Prod.* 35(1): 192-198. Doi:10.1016/j.indcrop.2011.06.033.
- Kapoor, N., A. Aria, M.A. Siddiqui, A. Amir, and H. Kumar. 2010.** Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. *Asian J. Plant Sci.* 9: 158-162. Doi: 10.3923/ajps.2010.158.162.
- Khairkhah, M., A., Kouchaki, P., Rezvani Moghadam, and M., Nasiri Mahallati. 2014.** Determination of Cardinal Germination Temperatures of *Ziziphora clinopodioides* Lam. *Iranian J. Field Crops Res.* 11(4): 543-550. Doi: 10.22067/jhorts4.v31i4.45673. (In Persian, with English Abstract)
- Kibinza, S., J. Bazin, C .H. Bailly, J.M. Farrant, F. Corbineau, and H.E. Maarouf-Bouteau. 2011.** Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. *Plant Sci.* 181: 309-315. Doi:10.1016/j.plantsci.2011.06.003.
- Kibinza, S., Vinel, D., Côme, D., Bailly, C. and Corbineau, F. 2006.** Sunflower seed deterioration as related to moisture content during aging, energy metabolism and active oxygen species scavenging. *Physiol. Plantarum*, 128(3): 496-506. Doi:10.1111/j.1399-3054.2006.00771.x.

- McDonald, M.B. 1999.** Seed deterioration. Physiology, repair and assessment. *Seed Sci. Technol.* 27: 177-237.
- Muzaffarian, V. 1996.** Dictionary of Iranian plant names. Farhange-Moaser, Tehran, Iran.
- Mwale, S.S., S.N. Azam-Ali, J.A. Clark 1994.** Effect of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Seed Sci. Technol.* 22:565–571. Doi:10.15258/sst.2003.31.1.09.
- Nerson, H. 2007.** Seed production and germinability of Cucurbit crops. *Seed Sci. Biotechnol.* 1: 1-10.
- Oskouei, B., E. Majidi Heravan, A. Hamidi, F. Moradi, and A. Moghadam. 2015.** Study of accelerated aging time effect on seed different size and shapes vigor of hybrid corn (*Zea mays*), cv. single cross 704. *Iranian J. Seed Sci. Res.* 2(1): 45-53. Doi: 20.1001.1.24763780.1394.2.1.5.2. (In Persian)
- Ostadian Bidgoli, R., H.R. Balouchi, E. Soltani, and A. Moradi. 2017.** Effects of temperature and water potential on seed germination characteristics in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Higashiyama, T. 2002. Novel functions and applications of trehalose. *Int. Union. Pure. Appl. Chem.* 74:1263-1269. Doi: 10.22034/ijssst.2017.113284.
- Parmoon, G., A. Ebadi, S. Janbakhsh, and S.A. Moosav. 2015.** Effects of seed priming on catalase activity and storage reservoirs of aged milk thistle seeds (*Silybum marianum* (L.) Gaertn). *Tari. Bili. Der. J. Agric. Sci.* 21: 363-372. Doi:10.1501/Tarimbil_0000001339.
- Patane, C., A. Saita, A. Tubeileh, S.L. Cosentino, and V. Cavallaro. 2016.** Modeling seed germination of unprimed and primed seeds of sweet sorghum under peg-induced water stress through the hydrotime analysis. *Acta Physiol. Plantarum.* 38(5): 115. Doi:10.1007/s11738-016-2135-5.
- Piper, E.L., K.J. Boote, J.W. Jones, and S.S. Grimm. 1996.** Comparison of two phenology models for predicting lowering and maturity date of soybean. *Crop Sci.* 36:1606–1614. Doi:10.2135/cropsci1996.0011183X003600060033x.
- Shamsi salari, V, M. Sedghi and R. Seyed Sharifi. 2014.** Temperature and Drought on Seed Germination Characteristics of *Salvia officinalis*. 2nd Natl. Conf. Sustainable Agric. Nat. Resour. 13 Oct. 2014. Institute of Education Aali Mehr Arvand, an environmental group extension group, Tehran, Iran. (In Persian)
- Siadat, S. A., S. A. Moosavi, G. Parmoon, and S. Kiani, 2021.** Study the relationship between seed size and aging on cardinal temperatures of Canola. *Iranian J. Seed Sci. Technol.* 10(4):119-135. Doi: 10.22092/ijssst.2020.351193.1352. (In Persian)
- Soltani, A., S. Galeshi, E. Zainali, and N. Latifi, 2001.** Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Sci. Technol.* 30: 51-60.
- 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. *Agric. For. Meteorol.* 138: 156-167. Doi:10.1016/j.agrformet.2006.04.004.
- Soltani, E., S. Galeshi, B. Kamkar, and F. Akramghaderi. 2008.** Modeling seed aging effects on the response of germination to temperature in wheat. *Seed Sci. Biotechnol.* 2: 32-36. Doi: 10.3923/rjes.2009.184.192.
- Sveinsdottir, H., F. Yan, Y. Zhu, T. Peiter-Volk, and S. Schubert. 2009.** Seed ageing-induced inhibition of germination and post-germination root growth is related to lower activity of plasma membrane H (+)- ATPase in maize roots. *J. Plant Physiol.* 166 (2): 128-135. Doi:10.1016/j.jplph.2008.01.012.
- Tabrizi, L., M. Nasiri Mahallati, and A. Koocheki. 2004.** Investigation on the cardinal temperature for germination on *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. *Iranian J. Field Crop Res.* 2: 143-150. Doi: 10.22067/gsc.v2i2.1248.
- Windauer, L., A. Altuna, and R. Benech-Arnold. 2007.** Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. *Ind. Crops Prod.* 25: 70-74. Doi: 10.1016/j.indcrop.2006.07.004.
- Yan, W. and LA. Hunt. 1999.** An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. *Ann. Bot.* 84:607–614. Doi:10.1006/anbo.1999.0955.
- Yin, X., M.J. Kropf, G. McLaren, and R.M. Visperas. 1995.** A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Argic. Meteorol.* 77:1–16. Doi:10.1016/0168-1923(95)02236-Q.