# شبیه سازی دمای جوانه زنی کاردینال تره ایرانی (*Allium ampeloprasum* ssp. Persicum) با استفاده از دو مدل رگرسیون خطی و درجه دوم

**حمیدرضا جعفری [۱*] ، مهران صبا [۲]، محمد علی بابایی [۳]**
[۱*] دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
[۲] بخش فنی، شرکت زرین دانه کشتزار، تهران
[۳] بخش فنی، شرکت زرین دانه کشتزار، تهران
[*] نویسنده مسئول: hamidreza.jf2@gmail.com

مدلهای خطی و درجه دوم در تعیین دمای کاردینال زمانی که تحت تاثیر دماهای متفاوتی هستند نقش بسیار مهمی را بازی می کنند. واکنش جوانه زنی تره ایرانی (*Allium ampeloprasum* ssp. Persicum) به دماهای ۰/۵، ۳، ۶، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد مورد آزمایش قرار گرفت. شبیه سازی دمای کاردینال با استفاده از دو مدل رگرسیون، خطوط متقاطع، چند جمله‌ای درجه دو انجام گرفت. بالاترین درصد جوانه زنی در ۲۰ درجه سانتیگراد بدست آمد، در حالی که جوانه زنی بیش از ۳۵ درجه سانتیگراد متوقف شد. مدل خطی بر اساس شاخص آماری تخمینی از جمله ضریب تعیین ($R^2$)، به عنوان موثرترین مدل برای اندازه‌گیری دمای کاردینال انتخاب شد. بنابراین، بر اساس مدل خطی، دمای پایه ($T_b$)، دمای بهینه ($T_o$) دمای ماکزیمم ($T_c$) به ترتیب برابر است با ۰/۹۲، ۱۹/۷۵ و ۴۰/۶۶ درجه سانتیگراد بود. تجزیه و تحلیل همچنین نشان می‌دهد که تره ایرانی به درجه حرارت بالاتر از ۳۵ درجه سانتیگراد حساس می‌باشد. به عبارت دیگر، درجه حرارت نقش مهمی در انتخاب منطقه و زمان مناسب کاشت دارد، زیرا می‌تواند به مقدار قابل توجهی بر میزان تولید از طریق افزایش درصد و سرعت جوانه زنی بذر تاثیر بگذارد.

***کلمات کلیدی:*** دمای بهینه، دمای پایه، دمای کاردینال و دمای ماکزیمم.

**مقدمه:**

جوانه زنی دانه عامل اصلی تعیین موفقیت و توزیع باروری است. در چرخه زندگی اکثر گیاهان، جوانه زنی مرحله رشد مهمی است که از جذب آب بذر آغاز می‌شود و در نهایت با خروج جوانه از بذر تکمیل می‌شود عوامل محیطی که بر جوانه زنی بذر تاثیر می‌گذارند شامل دما، آب، نور، تنش شوری، اکسیژن و pH می‌باشد. درجه حرارت یکی از عوامل موثر در درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی بذرهایی می‌باشد که خواب بذر از بین رفته است، همچنین در ظهور دانهال و رشد تمام گیاهان تاثیر گذار است. دما قادر به ترویج یا مهار جوانه زنی بذر و زنده ماندن است (Cota-Sánchez and Abreu, 2007). هر گونه دارای درجه حرارت خاصی برای جوانه زنی بذر است که نشان دهنده دمای کاردینال است. دما پایه ($T_b$) دمایی است که پایین تر از این دما، جوانه زنی دیگر صورت نمی‌گیرد، دمای سقف یا ماکزیمم ($T_c$) که بالاتر از آن جوانه زنی اتفاق نمی‌افتد، و دمای مطلوب ($T_o$) که در آن میزان جوانه زنی بالاترین است (Bradbeer, 1988). پاسخ‌های سرعت جوانه زنی بذر به درجه حرارت برای اندازه گیری درجه حرارت کاردینال گیاهان اعمال می‌شود. دماهای پایه جوانه زنی در بسیاری از محصولات بسیار شبیه به رشد طبیعی گیاهان است. دمای جوانه زنی کاردینال با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی مانند خطوط متقاطع (Fallahia *et al.*, 2017)، چندجمله درجه دو (Cho *et al.*, 2012)، در محصولات کشاورزی به دست می‌آید.

هدف از این تحقیق عبارت بودند از: ۱) بررسی تاثیر دما بر پارامترهای جوانه زنی بذر (درصد جوانه زنی و میزان آن) در بذر های تره ایرانی ۲) تعیین دماهای کاردینال با استفاده از مدل های رگرسیون خطی و درجه دوم.



IrHC2019

**مواد و روش ها:**

آزمایشی جهت تعیین تاثیر دما بر پارامترهای جوانه زنی (سرعت جوانه زنی و درصد) و دمای کاردینال روی بذر تره ایرانی انجام شد. منبع بذر از توده‌های بذری شهر ورامین انتخاب شد. واکنش جوانه زنی در ۱۰ رژیم دمای ۰/۵، ۳، ۶، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به صورت طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. چهار تکرار از ۵۰ دانه در یک لایه کاغذ صافی واتمن با قطر ۶ سانتیمتر قرار داده شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به هر ظرف پتری اضافه شد. محاسبه جوانه زنی در روز بعد از آزمایش آغاز شد و هر ۲۴ ساعت ثبت شد تا تعداد دانه‌های جوانه زنی در چهار تکرار متوالی در هر دوره ثابت باقی ماند. هنگامی که ریشه‌ها ۲ میلی متر طول داشتند، بذرها جوانه زده محسوب شدند. به کمک نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ ٪ انجام شد و نمودارها و معادلات درجه اول و دوم نیز توسط نرم افزار Excel رسم شدند.

**نتایج و بحث:**

در تره ایرانی تفاوت قابل توجهی در دماهای ۶، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد مشاهده می‌شد ($P<0.01$). بالاترین سرعت جوانه زنی در تره ایرانی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اتفاق افتاد. Schimpf و همکارانش (1977)، گزارش کردند که سرعت جوانه زنی نسبت به درصد جوانه زنی به درجه حرارت شاخص حساس‌تر است که جوانه زدن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بیشترین شاخص سرعت جوانه زنی برای گیاه تره ایرانی در دماهای ۲۰ درجه سانتیگراد مشاهده شد. در اکثر دماهایی که مورد آزمایش قرار گرفتند، درصد جوانه زنی ۱۰۰٪ بود اما در دمای بالاتر، درصد جوانه زنی کاهش می‌یابد. به طور کلی، تمام تیمارها در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱).

واکنش جوانه زنی تره ایرانی در طیف وسیعی از درجه حرارت اتفاق افتاد. تره ایرانی در درجه حرارت ۳ تا ۳۵ درجه سانتیگراد جوانه زد. بهینه درجه حرارت جوانه در تره ایرانی از ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتیگراد بود. نتایج حاصل از رگرسیون خطی و درجه دوم بین سرعت جوانه زنی و دما برای تره ایرانی، در رگرسیون درجه یک برابر بود با ۰/۹۲، ۱۹/۷۵ و ۴۰/۶۶ و در رگرسیون درجه دوم برابر با ۱/۶۸، ۱۹/۰۶ و ۳۶ /۴۴ بود. دمای کاردینال بذرهای تره ایرانی در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. تجزیه و تحلیل داده های واریانس در جدول ۱ نشان داده شده است. ارزش جوانه زنی (سرعت جوانه زنی و درصد) اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) در رژیم‌های مختلف دمایی داشت (جدول ۱).

درجه حرارت مطلوب برای جوانه زنی بذر، بستگی به ژنتیک گیاهی و شرایط آب و هوایی که گیاه در آن رشد و توسعه می‌یابد دارد (Salimy and Ghorbani, 2001). در بیشتر گونه‌های گیاهی، درجه حرارت مطلوب جوانه زنی بین ۱۵-۳۰ درجه سانتیگراد و حداکثر دما برای جوانه زنی بین ۳۰-۴۰ درجه سانتیگراد گزارش شده است (Copeland and McDonald, 1995). مطالعات زیادی روی گیاهان دیگر از قبیل ارزن، حبوبات و آفتابگردان صورت گرفته که در تایید مطالعه صورت گرفته در زمینه اثر دما روی جوانه زنی بذرها می‌باشد (Mwale *et al.*, 1994). سرعت جوانه زنی در تره ایرانی، در معادله خطی و درجه دوم در محدوده ۳ تا ۳۵ درجه سانتیگراد بود که تا ۲۰ درجه افزایش شاخص سرعت جوانه زنی را داشتیم (شکل ۱) و بعد از آن شیب نمودارها منفی شده و شاخص سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. در این آزمایش به منظور تعیین دماهای کاردینال استفاده از معادله خطی نسبت به معادله درجه دوم مناسب‌تر به نظر می‌رسد زیرا با دمای پایه فیزیولوژیکی منطبق نمی‌باشد (Arnold, 1959). دمای بهینه برآورد شده برای تره ایرانی بسیار نزدیک به دمای ۱۸-۲۲ سانتیگراد است که برای تره فرنگی و پیاز گزارش شده است می‌باشد و همچنین دمای حداکثر، با توجه به مطالعات صورت گرفته بر روی تره فرنگی و پیاز که اعلام کردند دماهای بالای ۳۵ درجه باعث کاهش شدید جوانه زنی بذرها می شود مطابقت میکند (Bierhuizen and Wagenvoort, 1974). اطلاعات به دست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که مدل رگرسیون خطی ترجیحا برای پیش بینی پاسخ‌های جوانه زنی بذرهای تره

IrHC2019

ایرانی با درجه های مختلف برای تعیین مقدار دماهای کاردینال بهتر است که همچنین می تواند برای شبیه سازی رشد تره ایرانی و مدل عملکرد آن استفاده شود.

جدول «۱» تجزیه واریانس مربوط به تاثیر دما بر درصد جوانه زنی، شاخص سرعت جوانه زنی و سرعت جوانه زنی بذر های تره ایرانی

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | درصد جوانه زنی | شاخص سرعت جوانه زنی | سرعت جوانه زنی |
| دما | ۹ | ۶۳۰۹/۹۴ ** | ۰/۰۲۹ ** | ۲۸/۰۴۳** |
| خطا | ۲۰ | ۱۹/۴۶ | ۰/۰۰۰۱۶۶ | ۰/۴۲۱۲ |
| ٪ CV | | ۶/۸۷ | ۱۰/۱۸ | ۱۹/۴۴ |

** اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول«۲» مقایسه میانگین اثر دماهای مختلف بر درصد جوانه زنی، شاخص سرعت جوانه زنی و سرعت جوانه زنی بذرهای تره ایرانی

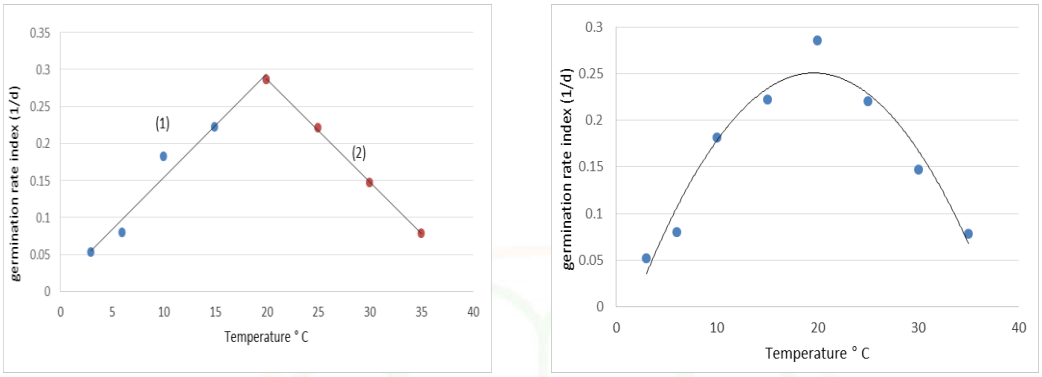
| دما | سرعت جوانه زنی | شاخص سرعت جوانه زنی | درصد جوانه زنی |
|---|---|---|---|
| ۰/۵ | ۰$^{e}$ | ۰$^{g}$ | ۰$^{d}$ |
| ۳ | ۱/۶۵$^{d}$ | ۰/۰۵۲$^{f}$ | ۱۰۰$^{a}$ |
| ۶ | ۱/۸۶$^{d}$ | ۰/۰۸$^{e}$ | ۹۳/۳۳$^{a}$ |
| ۱۰ | ۶/۵۴$^{b}$ | ۰/۱۸$^{c}$ | ۱۰۰$^{a}$ |
| ۱۵ | ۷/۲۴$^{b}$ | ۰/۲۲$^{b}$ | ۱۰۰$^{a}$ |
| ۲۰ | ۸/۳۷$^{a}$ | ۰/۲۸$^{a}$ | ۱۰۰$^{a}$ |
| ۲۵ | ۴/۱۱$^{c}$ | ۰/۲۲$^{b}$ | ۹۸/۶۶$^{a}$ |
| ۳۰ | ۲/۳۳$^{d}$ | ۰/۱۴$^{d}$ | ۴۰$^{b}$ |
| ۳۵ | ۱/۲۵$^{d}$ | ۰/۰۷۸$^{e}$ | ۱۰$^{c}$ |
| ۴۰ | ۰$^{e}$ | ۰$^{g}$ | ۰$^{d}$ |

جدول «۳» دماهای کاردینال برای جوانه زنی بذر تره ایرانی بر حسب درجه سانتیگراد



IrHC2019

| | رگرسیون خطی | رگرسیون درجه دوم |
|---|---|---|
| دمای حداقل ($T_b$) | ۰/۹۲ | ۱/۶۸ |
| دمای کاردینال ($T_o$) | ۱۹/۷۵ | ۱۹/۰۶ |
| دمای حداکثر ($T_c$) | ۴۰/۶۶ | ۳۶/۴۴ |
| $R^2$ | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ |




شکل «۱» روابط بین دما و شاخص سرعت جوانه زنی ۵۰٪ بذرها در تره ایرانی (رگرسیون خطی و درجه دوم)

معادله رگرسیون خطی: (1) $y = 0.014x - 0.012$ $(R^2 = 0.969)$

(2) $y = -0.013x + 0.565$ $(R^2 = 0.999)$

معادله رگرسیون درجه دوم: $y = -0.0008x^2 + 0.030x - 0.049$ $(R^2 = 0.939)$

## منابع:

Arnold, C. Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proceeding of the American Society of Horticultural Science, 74(4): 430 -445.

Bierhuizen, J. F. and Wagenvoort, W. A. 1974. Some aspects of seed germination in vegetables. I. The determination and application of heat sum and minimum temperature for germination. Scientia Horticulture, 2(3): 213-219.

Bradbeer, J.W. 1988. *Seed Dormancy and Germination*. Chapman and Hall, New York, pp 27–54

Cho, Y.Y., Lee, Y.B., Oh, M.M. and Son, J.E. .2012.. Application of quadratic models for establishment of adequate temperature ranges in germination of various Hot Pepper cultivars. Horticulture Environment Biotechnology, 53(3): 222-227.

Copeland, L. O., and McDonald, M. B. 1995. Principles of Seed Science and Technology. Pub. Chapman and Hall. USA.

Cota-Sánchez, J.H., and Abreu, D.D., 2007. Vivipary and offspring survival in the epiphytic cactus Epiphyllum phyllanthus (Cactaceae). Journal of Experimental Botany 58(14): 3865–3873.

Fallahia, H. R., Aghhavani-Shajarib ,M., Mohammadic, M., Kadkhodaei-Barkookd, R. and Zareeid, E. 2017. Predicting of flixweed (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl) germination response to temperature using regression models. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants 6(1):131–134

Mwale, S. S., Azam-Aii, S. N., Clark, J. A., Bradley, R. G. and Chatha, M. R. 1994. Effect of temperature on the germination of sunflower *(Helianthus annulus L.).* Seed Science and Technology, 22: 565-571.

Salimy, H. and Ghorbani, M. 2001. Study of wild oat germination in different conditions and impact factors in breaking seed dormancy. Vegetation Journal. 2: 41-55.

Schimpf, D. J., S. D. Flint, and I. G. Palmblad. 1977. Representation of germination curves with the logistic function. Annuals of Botany. 41: 1357-1360.

IrHC2019

# Simulation of the cardinal germination temperatures of Iranian leek (*Allium ampeloprasum* ssp. Persicum) seeds by using two linear and quadratic regression models

Hamidreza Jafari[1*], Mehran Saba[2], Mohammad Ali BaBaei[3]
[1*]Faculty of Agriculture Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj
[2]Technical Department, Zarin Daneh Keshtzar Co., Tehran
[3]Technical Department, Zarin Daneh Keshtzar Co., Tehran
[*]*Corresponding Author:hamidreza.jf2@gmail.com*

**Abstract:**
Linear and quadratic models play a very important role in determining the cardinal temperature when exposed to different temperatures. The germination response of Iranian leek (*Allium ampeloprasum* ssp. Persicum) seed to temperature was tested at 0.5, 3, 6, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C. Cardinal temperature simulation was performed using two regression models, namely intersected-lines, quadratic polynomial. The highest germination percentage was obtained at 20°C, while the germination was limited above 35 °C. The linear model was selected based on the estimated statistical index including determination coefficient ($R^2$) as the most effective model for measuring cardinal temperature. Therefore, based on the linear model, the base temperature ($T_b$), optimum temperature ($T_o$) of the maximum temperature ($T_c$) was 0.92, 19.75 and 40.66 ° C, respectively. The analysis also reveals that Iranian leek seed is sensitive to temperatures higher than 35°C. In other words, temperature plays an important role in the selection of the appropriate region and planting timing, because it can significantly impact on the productivity by increasing the percentage and seed germination rate.
***Keywords***: Base Temperature, Cardinal Temperature, Maximum Temperature and Optimum Temperature.

IrHC2019