

## تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر دو ژنوتیپ عدس (*Lens culinaris Medik*) تحت تأثیر پرایمینگ‌های مختلف

سید جلال آذری<sup>۱</sup>، مهدی پارسا<sup>۲\*</sup>، احمد نظامی<sup>۳</sup>، رضا توکل افشاری<sup>۳</sup>، جعفر نباتی<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۴- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد.  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۳)

### چکیده

به منظور تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی در پرایمینگ مختلف دو ژنوتیپ عدس (رباط و کالپوش) دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد به صورت آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای پرایمینگ که به مدت ۱۶ ساعت پرایم شده بودند شامل: شاهد (عدم پرایمینگ)، اسیدجیرلیک ( $C_{19}H_{22}O_6$ ) ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نترات پتاسیم ( $KNO_3$ ) ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، سولفات روی ( $ZnSO_4$ ) ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، محلول آبش بذر دایان چهار میلی‌لیتر در لیتر و هیدروپرایمینگ بودند. درصد جوانه‌زنی جمعی و نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی و نمودارهای دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذور براساس سه مدل رگرسیونی دوتکه‌ای، چندجمله‌ای درجه دوم و دندانه‌ای ترسیم شد. نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی جمعی و نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر معنی‌دار پرایمینگ، ژنوتیپ، زمان پرایمینگ، پرایمینگ در ژنوتیپ و پرایمینگ در زمان قرار گرفت. بیشترین درصد جوانه‌زنی جمعی در برهمکنش ژنوتیپ رباط در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. بیشترین نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی (۰/۰۴۴) در برهمکنش ژنوتیپ کالپوش و اسیدجیرلیک به دست آمد. در بین مدل‌ها، مدل دندانه‌ای با دارا بودن ضریب همبستگی بالاتر ( $R^2$ )، آکانیک تصحیح شده (AICc) و دلنا آکانیک ( $\Delta i$ ) کمتر به عنوان بهترین مدل معرفی شد. طبق این مدل دمای پایه، دمای مطلوب تحتانی، مطلوب فوقانی و بیشینه برای ژنوتیپ رباط به ترتیب ۰/۴۶، ۲۳/۸۲، ۳۰/۵۰ و ۳۶/۹۸ و برای ژنوتیپ کالپوش ۱/۴۴، ۲۳/۴۶، ۳۰/۳۰ و ۳۶/۸۷ درجه سانتی‌گراد بود. به طور کلی می‌توان عنوان کرد که ژنوتیپ رباط نسبت به ژنوتیپ کالپوش سرما دوست‌تر و از دمای پایه‌ی پایین‌تر و ژنوتیپ رباط از بنه بذر بالاتر برخوردار است. در نهایت ترکیب‌های مختلف پرایمینگ توانستند دماهای کاردینال هر دو ژنوتیپ را کاهش داده و باعث افزایش توانایی جوانه‌زنی آن‌ها در دماهای پایین‌تر شوند.

**کلمات کلیدی:** اسیدجیرلیک، دمای مطلوب، مدل دوتکه‌ای، مدل رگرسیونی، مدل دندانه‌ای

## Determination cardinal temperatures seeds germination of two lentil genotype (*Lens culinaris Medik*) under various priming

S.J. Azari<sup>1</sup>, M. Parsa<sup>2\*</sup>, A. Nezami<sup>2</sup>, R. Tavakol Afshari<sup>3</sup>, J. Nabati<sup>4</sup>

- 1- MS. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad.
- 2- Member of staff, Faculty of Agriculture, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad.
- 3- Member of staff, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
- 4- Member of staff Ferdowsi University of Mashhad, Research Center for Plant Sciences.  
(Received: May. 22, 2018 – Accepted: Sept. 25, 2018)

### Abstract

The effects of different temperatures and priming on seeds germination of two lentil genotype (Robat and Calposh) were investigated to determine their cardinal temperatures. The seed germination reaction at constant temperatures includes 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 degree centigrade was evaluated as a factorial experiment in a completely randomized design with four replications. Different priming treatments that primed for 16 hours includes: control (non-priming), Gibberellic Acid ( $C_{19}H_{22}O_6$ ) 100 mg.l<sup>-1</sup>, Potassium Nitrate ( $KNO_3$ ) 500 mg.l<sup>-1</sup>, Zinc Sulfate ( $ZnSO_4$ ) 100 mg.l<sup>-1</sup>, Dayan Seed Solution four ml.l<sup>-1</sup> and Hydroperiming. Germinated seeds were counted every day. Then, cumulative germination percentage and 50% germination rate were calculated and the cardinal temperature diagrams of seed germination of two lentil varieties were plotted based on three regression models (Intersected line, Quadratic Polynomial and Dent- Like). The results showed that cumulative germination percentage and 50% germination rate were significantly affected by priming, genotype, priming time, interaction of priming and genotype, priming and time. The highest percentage of cumulative germination was obtained in interaction of Robat genotype at 10 °C. The highest germination rate of 50% was obtained in the interaction between Calposh genotype and Gibberellic Acid. Among the models, the dent-like model had higher correlation coefficient ( $R^2$ ), corrected Akaike Information Criteria (AICc) and AICc differences ( $\Delta i$ ) was introduced as the best model. According to this model, the base temperature, lower optimum temperature, optimum upper and maximum values for Robat genotype were 0.46, 23.82, 30.50 and 36.98, respectively, and for Calposh genotype 1.44, 23.46, 30.30 and 36.87 °C. In generally, Robat genotype is cold tolerancer than the Calposh genotype and has a lower base temperature and Robat genotype had higher vigor seed. Finally, the priming could reduce the cardinal temperatures of both genotypes and increase their germination ability at the lower temperatures.

**Keywords:** Dent- Like model, Gibberellic Acid, Intersected line model, Optimum temperature, Regression model

\* Email: parsa@um.ac.ir

## مقدمه

هر مرحله رشدی کاربرد فراوان دارد و در گونه‌های زراعی بهاره برای تعیین تاریخ کشت مناسب و در نتیجه استقرار مطلوب بوته بسیار مهم است (Gholami- Tilebeni *et al.*, 2011). در واقع با تعیین دمای کاردینال<sup>۱</sup> برای گونه‌های مختلف، تخمین محدوده جغرافیایی مطلوب برای کشت و رشد مناسب گیاه امکان پذیر خواهد بود (Mahmoodi *et al.*, 2008). دماهای کاردینال شامل درجه حرارت حداقل یا پایه (در کمتر از آن جوانه‌زنی صورت نمی‌گیرد)، درجه حرارت مطلوب (بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان در این دما اتفاق می‌افتد) و دماهای حداکثر (در بیشتر از آن جوانه‌زنی صورت نگرفته و پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تجزیه می‌شوند) می‌باشد (Alvarado and Bradford, 2002). در تحقیقی که به منظور تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*) صورت گرفته بود بیان شد که این گیاه در دامنه وسیعی از دما از ۳/۵ درجه سانتی‌گراد (دمای پایه)، تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد (دمای حداکثر) قادر به جوانه‌زنی بوده و دمای مطلوب جوانه‌زنی آن ۲۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Jami Al-Ahmadi and Kafi, 2007). در آزمایشی بر اساس رگرسیون خطی بین سرعت جوانه‌زنی و دما، دماهای کاردینال (پایه، مطلوب و حداکثر) به ترتیب شامل ۴/۴، ۱۹ و ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد برای اسفرزه (*Plantago ovate* L.) و ۹/۴، ۲۸/۸ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای گونه‌ای بارهنگ (*Plantago psyllium* L.) حاصل شد (Tabrizi *et al.*, 2006). از مدل دندان‌ای، دو تکه‌ای و بتا برای برآورد دماهای کاردینال و زمان حرارتی مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذر اویارسلام بذری (*Cyperus difformis*) استفاده شد (Derakhshan and Gherekhloo, 2013). همچنین برای توصیف سرعت جوانه‌زنی خشخاش (*Papaver somniferum* L.) در برابر دما از مدل‌های بتا، دو تکه‌ای و دندان مانند استفاده شد (Kamkar *et al.*, 2012).

حبوبات پس از غلات، دومین منبع غذایی بشر محسوب می‌شوند. این گیاهان متعلق به تیره بقولات (*Fabaceae*) و زیر تیره پروانه‌آسایان می‌باشند (Koocheki and Banyan *aval*, 1998). عدس (*Lens culinaris* Medik) به عنوان یکی از بقولات دانه‌ای مهم، در بسیاری از نقاط جهان کاشت می‌شود. این گیاه نقش مهمی در بهبود سلامت انسان، حیوانات و خاک دارد (Grusak, 2009). دانه‌های عدس غنی از منابع پروتئینی، مواد مغذی (پتاسیم، فسفر، آهن و روی) ویتامین‌ها و همچنین اسیدآمین‌های لوسین و تریپتوفان برای تغذیه انسان می‌باشند (Bamdad *et al.*, 2009). جوانه‌زنی بذر معمولاً بحرانی‌ترین عامل تعیین‌کننده موفقیت یا شکست استقرار گیاه است (Kader *et al.*, 2004). مهم‌ترین عامل محیطی که بر رشد، توسعه و عملکرد گیاه اثر می‌گذارد دما می‌باشد (Hant *et al.*, 2001). درک واکنش جوانه‌زنی بذر ارقام زراعی به دما از دیدگاه زراعی حائز اهمیت است. ژنوتیپ‌هایی که در دماهای پایین جوانه‌زنی خود را آغاز می‌کنند می‌توانند برای موقعیت‌هایی (مانند کشت‌های دیر هنگام پاییزه) مفید باشند که جوانه‌زنی با دماهای کم هم‌زمان می‌گردد. دمای محیط موفقیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را تعیین می‌کند و از این طریق بر ظرفیت و سرعت جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارد (Sink *et al.*, 2004). درجه حرارت‌های کمی (دماهای کاردینال جوانه‌زنی) با تأثیری که روی جوانه‌زنی بذر می‌گذارند، ممکن است برای ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی یا پتانسیل استقرار گونه‌های گیاهی مفید باشند و در فرآیند اهلی‌سازی گیاهان از اهمیت شایانی برخوردار می‌باشند (Kheirkhah *et al.*, 2011). انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار و مدیریت مزرعه از جمله گرده‌افشانی، مدیریت آفات و آبیاری بهتر است بر اساس مراحل رشدی گیاه باشد و نه بر اساس روزهای تقویمی (Streck *et al.*, 2003). پیش‌بینی مراحل رشدی گیاه و تعیین واحدهای حرارتی مورد نیاز در

1. Cardinal temperature

صفر درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی انجام نمی‌شود هدف از قرار دادن دمای مذکور ترسیم بهتر نمودارها بود. تیمارهای مختلف پرایمینگ شامل شش سطح (عدم پرایمینگ (شاهد)، اسید جیبرلیک ( $C_{19}H_{22}O_6$ ) غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر (Azarnia *et al.*, 2016)، محلول آبنوش بذر دایان چهار میلی‌لیتر در لیتر (شرکت خوشه پروران زیست فناوری)، نترات پتاسیم ( $KNO_3$ ) غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر (Eskandari and Alizade Amaraei, 2014)، سولفات روی ( $ZnSO_4$ ) غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (Abutalebian and Mohagheghi, 2015) و هیدرو پرایمینگ (Golzazani *et al.*, 2008) بودند. جهت اجرای آزمایش و اعمال تیمارها، تعداد ۱۰۰ عدد بذر به صورت تصادفی برای هر تیمار انتخاب و بذور در دمای  $20 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد (Ghasem Golzazani and Dalil, 2011) در داخل دستگاه ژرمیناتور مدل گروک و در شرایط تاریکی به مدت ۱۶ ساعت قرار داده شدند. پس از اتمام این مدت بذور از محلول‌ها خارج و سپس تا خشک شدن کامل در محیط آزمایشگاه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. در ادامه ابتدا بذور با محلول هیپوکلریت سدیم ( $NaClO$ ) یک درصد به مدت پنج دقیقه ضدعفونی شدند و سپس سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. پتری‌ها نیز با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد ضد عفونی شدند. در مرحله بعد تعداد ۲۵ عدد بذر از تیمارهای پرایم شده در پتری‌های شیشه‌ای با قطر ۱۲ سانتی‌متر بین دو لایه کاغذ صافی واتمن قرار داده شدند و به هر پتری به میزان لازم آب مقطر اضافه شد و جهت جوانه‌زنی به دستگاه ژرمیناتور با دمای صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد و محیط تاریک منتقل شدند. ظهور ریشه‌چه به طول دو میلی‌متر به عنوان شروع جوانه‌زنی بذر در نظر گرفته شد (AOSA, 2000). شمارش بذرها به صورت روزانه صورت پذیرفت و در انتهای روز چهاردهم درصد جوانه‌زنی تجمعی و نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی از معادله ۱ و ۲ محاسبه شدند.

دمای پایه برای جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) و ۴/۲ و دمای مناسب تحتانی و فوقانی آن ۲۰/۴ و ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Gangali *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای که در مورد ذرت (*Zea mays*) انجام گرفت دمای پایه ذرت را ۹/۹-۹/۴، دمای مطلوب را ۲۸-۳۰ و دمای حداکثر را ۳۹/۱-۴۰ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند (Edalat and Kazemeini, 2014). تفاوت جوانه‌زنی بین دمای حداکثر و دمای پایه به عنوان دامنه‌ی اکولوژیکی در نظر گرفته می‌شود. این شاخص دامنه‌ی اکولوژیکی جوانه‌زنی هر گونه‌ی گیاهی را نشان می‌دهد. در واقع نشان دهنده حداکثر و حداقل دمایی است که جوانه‌زنی متوقف خواهد شد (Mijani *et al.*, 2013).

با توجه به کاربرد دماهای کاردینال و تنوع آن در انتخاب گیاه مورد نظر و اهمیت اقلیم دمایی گوناگون در کشور، این مطالعه به منظور ارزیابی تنوع دماهای کاردینال جوانه‌زنی و اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ روی دمای کاردینال، واکنش ویژگی‌های جوانه‌زنی به تغییر دمای محیط و دامنه‌ی بردباری دمایی جوانه‌زنی بذر دو رقم عدس صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال دو ژنوتیپ عدس تحت تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، در آزمایشگاه فیزیولوژی تنش‌های محیطی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۶ انجام گرفت. بذرهاى مورد استفاده در این آزمایش ژنوتیپ کالپوش و رباط عدس بودند که در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تکثیر شده بودند. منشأ ژنوتیپ رباط مربوط به قزوین و منشأ ژنوتیپ کالپوش مربوط به شاهرود می‌باشد. رژیم‌های دمایی مورد استفاده در این آزمایش شامل هشت دمای ثابت (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) بودند. با توجه به اینکه در دمای

$$GP = \frac{G_x}{1 + \exp[a(t-b)]} \quad \text{معادله (۱)}$$

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

$$f(T) = ((T - Tb) / (To1 - Tb)), \quad \text{معادله (۹)}$$

$$\text{if } Tb < T \leq To1$$

$$f(T) = \left( \frac{Tc - T}{Tc - To2} \right), \quad \text{if } To2 < T \leq Tc \quad \text{معادله (۱۰)}$$

$$f(T) = 1 \quad \text{if } To1 < T \leq To2 \quad \text{معادله (۱۱)}$$

$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc \quad \text{معادله (۱۲)}$$

در این رابطه‌ها T میانگین دمای روزانه (دمای آزمایش)، Tb دمای کمینه، To1 دمای بهینه کم (پایین)، To2 دمای بهینه بالا و Tc دمای بیشینه (سقف) که همگی بر حسب درجه سانتی گراد هستند. همچنین a، b و c ضرایب رگرسیون را نشان می‌دهند.

کیفیت هر یک از مدل‌ها با استفاده از مقادیر ضریب همبستگی (R<sup>2</sup>)، آکائیک (Akaike Information Criterion (AIC)) و دلتا آکائیک طبق معادله‌های ۱۳ و ۱۴ مورد ارزیابی قرار گرفت (Burnham, K. P. and Anderson, 2002).

$$AIC = n \cdot \ln \left( \frac{RSS}{n} \right) + 2K \quad \text{معادله (۱۳)}$$

امکان استفاده از آکائیک تصحیح شده (AICc) به جای آکائیک طبق معادله زیر وجود دارد:

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

$$\Delta_i = AICc - AICc \text{ min} \quad \text{معادله (۱۴)}$$

در این معادله‌ها AIC معیار اطلاعات آکائیک، AICc معیار اطلاعات آکائیک تصحیح شده، n تعداد نمونه، RSS مجموع مربعات خطا و K تعداد پارامتر مدل هستند. براساس معیار اطلاعات آکائیک، بهترین مدل دارای کمترین مقدار AICc می‌باشد. چنانچه Δi کمتر از ۱۰ باشد به منزله عدم تفاوت بین مدل‌ها است و در غیر این صورت، کمترین Δi نشان‌دهنده بهترین مدل خواهد بود (Derakhshan et al., 2014).

دامنه‌ی اکولوژیکی از معادله روبه رو محاسبه شد:

$$RS = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این روابط GP: درصد جوانه‌زنی تجمعی، Gx: حداکثر درصد جوانه‌زنی، b: زمان لازم جهت رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و a: پارامتر معادله می‌باشد. همچنین RS، Si، Di و n به ترتیب نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی، بذور جوانه‌زده روزانه، تعداد روز تا رسیدن به روز n ام و تعداد روزهای شمارش شده می‌باشند (Kamkar et al., 2012).

به منظور توصیف روابط بین دما و سرعت جوانه‌زنی و برآورد دماهای کاردینال (دمای پایه، مطلوب و حداکثر) از رگرسیون خطی استفاده شد. برای تعیین دماهای مهم از مدل‌های دو تکه‌ای (Intersected line)، چند جمله‌ای درجه دوم (Quadratic Polynomial) و دندان‌های (Dent-Like) بر پایه‌ی رابطه‌های زیر محاسبه گردیدند (Soltani et al., 2006). بر این اساس، معادله‌های ۳ تا ۵ مربوط به مدل دو تکه‌ای، معادله‌های ۶ تا ۸ مربوط به مدل چند جمله‌ای درجه دوم و معادله‌های ۹ تا ۱۲ مربوط به مدل دندان‌های می‌باشند. برای افزایش دقت در رسم نمودارها و افزایش ضریب تبیین و با توجه به اینکه گیاه عدس سرمدوست می‌باشد و در منابع علمی از جمله (پارسا و باقری، ۱۳۸۷) دمای پایه‌ی آن بین ۵-۳ درجه سانتی گراد گزارش شده است و برای افزایش دقت در تعیین دمای پایه‌ی عدس برای رسم بهتر نمودارها دمای صفر درجه سانتی گراد نیز در نظر گرفته شد.

$$\text{معادله (۳)}$$

$$f(T) = (T - Tb) / (To - Tb), \quad \text{if } Tb < T \leq T \quad \text{معادله (۴)}$$

$$f(T) = (Tc - T) / (Tc - To), \quad \text{if } Tb < T < Tc$$

$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc \quad \text{معادله (۵)}$$

$$f = a + Tb + Tc^2 \quad \text{معادله (۶)}$$

$$To = b + Tc^2 \quad \text{معادله (۷)}$$

بود. بیشترین مقدار درصد جوانه‌زنی تجمعی تحت تاثیر ژنوتیپ و دما در ژنوتیپ رباط و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد که با تیمارهای ژنوتیپ رباط با دمای ۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نداشت (جدول ۲). با افزایش دما به بیش از ۱۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی تجمعی در هر دو ژنوتیپ کاهش پیدا کرد، که این کاهش در ژنوتیپ رباط بیشتر بود به طوری که مقدار این کاهش در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای یاد شده برای ژنوتیپ رباط ۹۰/۱ درصد و برای ژنوتیپ کالپوش ۸۸/۰ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهد که عدس گیاهی سرمادوست است که می‌توان برای کشت در مناطق سرد از آن استفاده کرد و ژنوتیپ کالپوش نسبت به ژنوتیپ رباط گرمادوست‌تر می‌باشد که می‌توان در مناطقی که سرمای کمتری دارد برای کشت بهره برد.

(Temperature range (T<sub>c</sub>-T<sub>b</sub>)). منظور از T<sub>b</sub> و T<sub>c</sub> حداکثر و حداقل دمایی خواهند بود که جوانه‌زنی متوقف خواهد شد (Mijani *et al.*, 2013).

به منظور بررسی اثر دماهای مختلف بر درصد جوانه‌زنی و برازش معادلات رگرسیونی و همچنین رسم شکل‌ها، به ترتیب از نرم‌افزارهای SigmaPlot 12.3 و Excel 2016 استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده تمامی اثرات ساده، دو گانه و سه گانه برای درصد جوانه‌زنی تجمعی و نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی به جز اثر دو گانه ژنوتیپ در زمان در درصد جوانه‌زنی تجمعی و اثر ساده ژنوتیپ در نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ژنوتیپ، پرایمینگ و زمان پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی تجمعی و نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر عدس

Table 1- Analysis of variance (mean square) effect of cultivar, priming and priming time on cumulative germination percentage and 50% germination rate of lentil seed

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	درصد جوانه‌زنی تجمعی Cumulative germination percentage	نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی 50% germination rate
ژنوتیپ Genotype	1	2292*	0.00016
پرایمینگ Priming	7	63180*	0.037*
دما Temperature	5	1955*	0.00058*
ژنوتیپ × دما Temperature × Genotype	7	1488*	0.00047*
ژنوتیپ × پرایمینگ Priming × Genotype	5	354	0.00057*
پرایمینگ × دما Temperature × Priming	35	460*	0.00022*
ژنوتیپ × پرایمینگ × دما Temperature × Priming × Genotype	35	389*	0.00018*
Temperature × Priming × Cultivar			
خطا Error	286	163	0.000072
ضریب تغییرات CV (%)		20.7	22.7

\* Significantly at level of 0.01

\* معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

استقرار بهتر گیاهچه افزایش می‌یابد. در آزمایشی روی بذر بامیه (*Abelmoschus esculentus*) گزارش شد که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی به مقدار ۹۸/۷ درصد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، و بالاترین سرعت جوانه‌زنی به مقدار ۰/۰۲۰۷ در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شده است (Amiri Monfared *et al.*, 2017). گزارش شده است که با افزایش دما از پنج به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی بذرهاى عدس الملک (*Securigera securidaca* L.) افزایش یافته است و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به حداکثر مقدار خود رسیده است و بعد از این دما کاهش یافته است و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد بذری جوانه نزد (Ali Pour and Mahmoudi, 2015).

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در تمامی دماها (به استثنای دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد) سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ رباط از ژنوتیپ کالپوش بیشتر می‌باشد که نشان می‌دهد ژنوتیپ رباط از قدرت جوانه‌زنی بیشتری نسبت به ژنوتیپ کالپوش برخوردار می‌باشد. در برخی مطالعات مشخص شده است که به‌طور معمول با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی، حداقل در یک دامنه دمایی مناسب به‌طور خطی افزایش می‌یابد ولی در دماهای بالاتر از آن افت شدیدی نشان می‌دهد (Mwale *et al.*, 1994). بر اساس گزارش اورس و همکاران (Evers *et al.*, 1991) هر چه جوانه‌زنی سریع‌تر باشد، احتمال خروج به موقع ریشه‌چه از بذر و استفاده از رطوبت خاک و همچنین

جدول ۲- تاثیر ژنوتیپ و دما بر درصد جوانه‌زنی تجمعی و نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر عدس

Table 2- Interaction effects of genotype and temperature on cumulative germination percentage and 50% germination rate of lentil seed

تیمارها Treatments	درصد جوانه‌زنی تجمعی Cumulative germination percentage		نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی 50% germination rate	
	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh
دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature °C				
0	0.00 <sup>h</sup>	0.00 <sup>h</sup>	0.00 <sup>l</sup>	0.00 <sup>l</sup>
5	98 <sup>a</sup>	85.8 <sup>bc</sup>	0.017 <sup>fg</sup>	0.013 <sup>g</sup>
10	98.3 <sup>a</sup>	86.5 <sup>bc</sup>	0.029 <sup>e</sup>	0.025 <sup>e</sup>
15	97.7 <sup>a</sup>	79.8 <sup>c</sup>	0.054 <sup>cd</sup>	0.050 <sup>d</sup>
20	88 <sup>b</sup>	70.2 <sup>de</sup>	0.071 <sup>ab</sup>	0.067 <sup>b</sup>
25	64 <sup>ef</sup>	71.8 <sup>d</sup>	0.073 <sup>a</sup>	0.071 <sup>ab</sup>
30	62.2 <sup>f</sup>	68 <sup>d-f</sup>	0.057 <sup>c</sup>	0.051 <sup>d</sup>
35	7.96 <sup>g</sup>	14.7 <sup>g</sup>	0.005 <sup>h</sup>	0.019 <sup>f</sup>

در هر ستون و تیمار صفات دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

In each column and treatment, the characters with a common language did not have a significant difference in the probability level of 5% based on the LSD test

پرایمینگ سولفات روی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش ۱/۰۴ برابری درصد جوانه‌زنی نسبت به بذرهاى شاهد نشان می‌دهد ولی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد ۹۵/۷ درصد نسبت به بذرهاى شاهد از درصد جوانه‌زنی کمتری برخوردار بود. این امر نشان می‌دهد پرایمینگ باعث بهبود درصد جوانه‌زنی در دماهای پایین در بذر

سولفات روی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و نترات پتاسیم در دمای پنج درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد جوانه‌زنی تجمعی را دارا بودند (جدول ۳). با افزایش دما به بیش از ۱۰ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی بذرهاى پرایم شده نسبت به شاهد (عدم پرایمینگ) کاهش پیدا کرده است به عنوان مثال

عدس می‌شود ولی در دماهای بالاتر اثر منفی روی جوانه‌زنی بذور عدس داشته است که احتمالاً به دلیل افزایش سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی با افزایش دما در بذره‌ای پریم شده باشد که باعث خسارت به این بذور و در نتیجه باعث کاهش جوانه‌زنی آن‌ها گشته است (Kamaha and Magure, 1992).

جدول ۳- اثر پرایمینگ و دما بر درصد جوانه‌زنی تجمعی بذر عدس

Table 3- Interactions of priming and temperature on cumulative germination percentage of lentil seed

پرایمینگ دما Temperature (°C)	جیبرلیک اسید Gibberellic acid	محلول بذر دایان Dayan seed solution	سولفات روی Zinc sulfate	نترات پتاسیم Potassium nitrate	هیدروپرایمینگ Hydro priming	شاهد Control
0	0.00 <sup>g</sup>	0.00 <sup>g</sup>	0.00 <sup>g</sup>	0.00 <sup>g</sup>	0.00 <sup>g</sup>	0.00 <sup>g</sup>
5	93.0 <sup>a</sup>	94.0 <sup>a</sup>	91.0 <sup>ab</sup>	95.0 <sup>a</sup>	87.5 <sup>a-c</sup>	91.0 <sup>ab</sup>
10	89.0 <sup>a-c</sup>	93.0 <sup>a</sup>	95.0 <sup>a</sup>	92.5 <sup>ab</sup>	94.5 <sup>a</sup>	90.5 <sup>ab</sup>
15	87.0 <sup>a-c</sup>	86.0 <sup>a-c</sup>	90.5 <sup>ab</sup>	90.5 <sup>ab</sup>	84.0 <sup>a-c</sup>	94.5 <sup>a</sup>
20	77.5 <sup>c</sup>	84.0 <sup>a-c</sup>	86.5 <sup>a-c</sup>	60.5 <sup>d</sup>	83.5 <sup>a-c</sup>	82.5 <sup>a-c</sup>
25	55.0 <sup>d</sup>	57.5 <sup>d</sup>	84.0 <sup>a-c</sup>	61.5 <sup>d</sup>	57 <sup>d</sup>	92.5 <sup>ab</sup>
30	53.0 <sup>d</sup>	62.0 <sup>d</sup>	80.0 <sup>bc</sup>	57.5 <sup>d</sup>	56.0 <sup>d</sup>	82.0 <sup>a-c</sup>
35	10.9 <sup>fg</sup>	0.50 <sup>g</sup>	18.5 <sup>ef</sup>	0.0 <sup>g</sup>	10.5 <sup>fg</sup>	27.5 <sup>e</sup>

در هر ستون و تیمار صفات دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

In each column and treatment, the characters with a common language did not have a significant difference in the probability level of 5% based on the LSD test.

آب کمتر از بذره‌های شاهد (عدم پرایمینگ) بود (Akram-Ghaderi *et al.*, 2008).

بیشترین نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی در برهمکنش ژنوتیپ و پرایمینگ در ژنوتیپ کالپوش و اسید جیبرلیک حاصل شد (شکل ۱). با توجه به نتایج قبل که حاکی از قدرت کمتر ژنوتیپ کالپوش نسبت به ژنوتیپ رباط بود شکل ۱ نشان می‌دهد که پرایمینگ باعث بهبود قدرت بذره‌های کالپوش نسبت به رباط شده است. اصولاً پرایمینگ بیشتر در مورد بذره‌های ضعیف و شرایط نامساعد به کار می‌رود که باعث بهبود این بذور می‌شود. ولی در بذره‌هایی که از قدرت بالاتری برخوردارند پرایمینگ نمی‌تواند اثر خود را نمایان سازد چون این بذرها می‌توانند فاصله زمانی که بذره‌های پرایم شده طی کرده‌اند را جبران نمایند. در آزمایشی که روی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) صورت گرفته بود بیان شد که گرچه همواره میزان جوانه‌زنی در رقم

بیشترین نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی در برهمکنش دما در پرایمینگ در تیمار هیدروپرایمینگ و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد (جدول ۴). با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی نیز افزایش پیدا کرد، که احتمالاً به دلیل افزایش واکنش‌های بیوشیمیایی با افزایش دما است که البته این افزایش در بذره‌های شاهد کمتر از بذره‌های پرایم شده می‌باشد (جدول ۴). در دمای پنج و ۳۵ درجه‌سانتی‌گراد بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به پرایمینگ با اسید جیبرلیک بود. در آزمایشی روی بذر پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) مشاهده شد که در کلیه دماها (به استثنای دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) سرعت جوانه‌زنی بذره‌های پرایمینگ در مقایسه با بذره‌های شاهد بیشتر می‌باشد و این تأثیر در دماهای پایین‌تر، بیشتر بود. همچنین بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد و با افزایش دما از میزان این شاخص کاسته شد ولی میزان کاهش آن در بذره‌های پرایم شده با

زیتونی بیش از رقم فالکاتو بوده است و هر دو رقم به تیمارهای پرایمینگ پاسخ مثبت و معنی‌داری نشان داده‌اند، ولی اثر مثبت پرایمینگ بر میانگین جوانه‌زنی رقم فالکاتو تا حدودی بیشتر از رقم زیتونی بود. به طوری که تیمار هیدروپرایمینگ میانگین جوانه‌زنی رقم فالکاتو را نسبت به حالت شاهد ۲۰ واحد افزایش داده است، اما این اثر برای رقم زیتونی معادل ۱۰ واحد بود (Nikzad and Amooaghaie, 2013).

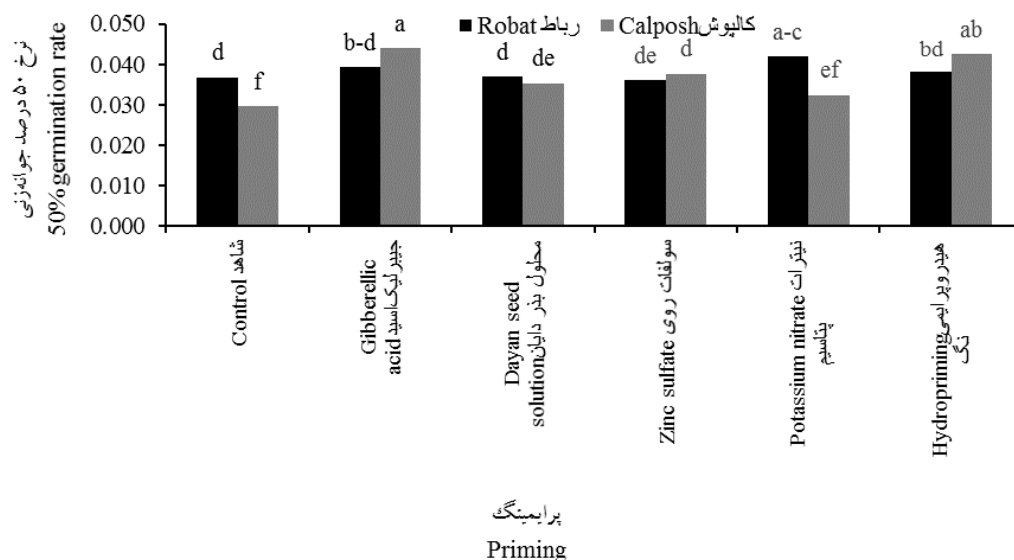
جدول ۴- اثر پرایمینگ و دما بر نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر عدس

Table 4- Interactions of Priming and Temperature on 50% germination rate of lentil seed

پرایمینگ Priming دما Temperature °C	جیبرلیک اسید Gibberellic acid	محلول بذر دایان Dayan seed solution	سولفات روی Zinc sulfate	نترات پتاسیم Potassium nitrate	هیدروپرایمینگ Hydro priming	شاهد Control
0	0.000 <sup>f</sup>	0.000 <sup>f</sup>	0.000 <sup>f</sup>	0.000 <sup>f</sup>	0.000 <sup>f</sup>	0.000 <sup>f</sup>
5	0.027 <sup>n-p</sup>	0.014 <sup>op</sup>	0.016 <sup>n-p</sup>	0.016 <sup>n-p</sup>	0.015 <sup>op</sup>	0.012 <sup>pq</sup>
10	0.027 <sup>k-m</sup>	0.025 <sup>lm</sup>	0.029 <sup>kl</sup>	0.029 <sup>kl</sup>	0.28 <sup>kl</sup>	0.021 <sup>l-o</sup>
15	0.060 <sup>e-h</sup>	0.055 <sup>g-j</sup>	0.053 <sup>g-j</sup>	0.057 <sup>f-i</sup>	0.055 <sup>g-i</sup>	0.034 <sup>k</sup>
20	0.074 <sup>ab</sup>	0.071 <sup>a-c</sup>	0.70 <sup>b-e</sup>	0.074 <sup>ab</sup>	0.070 <sup>a-c</sup>	0.057 <sup>f-e</sup>
25	0.073 <sup>ab</sup>	0.070 <sup>a-c</sup>	0.073 <sup>ab</sup>	0.069 <sup>a-d</sup>	0.077 <sup>a</sup>	0.071 <sup>a-c</sup>
30	0.060 <sup>d-g</sup>	0.050 <sup>ij</sup>	0.045 <sup>j</sup>	0.052 <sup>h-j</sup>	0.064 <sup>c-f</sup>	0.053 <sup>g-j</sup>
35	0.024 <sup>l-n</sup>	0.0035 <sup>qr</sup>	0.011 <sup>pq</sup>	0.000 <sup>f</sup>	0.014 <sup>op</sup>	0.018 <sup>m-p</sup>

در هر ستون و تیمار صفات دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

In each column and treatment, the characters with a common language did not have a significant difference in the probability level of 5% based on the LSD test.



شکل ۱- اثر ژنوتیپ و پرایمینگ بر نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر عدس.

Fig 1- Effect of interaction of genotype and priming on the rate of 50% germination of lentil seed.



دماهای ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ با سولفات روی دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ کالپوش می‌باشد ولی در ژنوتیپ رباط در دماهای مذکور بذره‌های شاهد از مقدار بیشتری برخوردار می‌باشند. کمترین مقدار درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای ژنوتیپ رباط پرایمینگ با محلول آبنوش بذردایان، نیترات پتاسیم و هیدروپرایمینگ به‌دست آمد و در ژنوتیپ کالپوش، پرایمینگ با نیترات پتاسیم حاصل شد (جدول ۵).

در بین اثرات متقابل سه گانه ژنوتیپ × دما × پرایمینگ بیشترین مقدار درصد جوانه‌زنی تجمعی از ترکیب ژنوتیپ رباط پرایمینگ نیترات پتاسیم دمای پنج درجه سانتی‌گراد حاصل شد (جدول ۵). به طور کلی در دماهای پایین (۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد) بذره‌های پرایم شده در ژنوتیپ کالپوش نسبت به بذره‌های شاهد از درصد جوانه‌زنی تجمعی بالاتری برخوردار می‌باشند که نشان‌دهنده تأثیر مثبت پرایمینگ بر بذره‌های این ژنوتیپ می‌باشد و در

جدول ۵- اثرات ژنوتیپ، دما و پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی تجمعی بذر عدس

Table 5- Effects of cultivar, temperature and priming on cumulative germination percentage of lentil seed

پرایمینگ Priming	جیبرلیک اسید Gibberellic acid		محلول بذر دایان Dayan seed solution		سولفات روی Zinc sulfate		نیترات پتاسیم Potassium nitrate		هیدروپرایمینگ Hydro priming		شاهد Control	
دما Temperature °C	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh
0	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>
5	99.0 <sup>ab</sup>	87.0 <sup>a-e</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	90.0 <sup>a-e</sup>	97.0 <sup>a-c</sup>	85.0 <sup>a-f</sup>	100 <sup>a</sup>	90.0 <sup>a-e</sup>	95.0 <sup>a-d</sup>	80.0 <sup>c-h</sup>	99.0 <sup>ab</sup>	83.0 <sup>a-g</sup>
10	99.0 <sup>ab</sup>	79.0 <sup>d-h</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	88.0 <sup>a-e</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	92.0 <sup>a-e</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	87.0 <sup>a-e</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	91.0 <sup>a-e</sup>	99.0 <sup>ab</sup>	82.0 <sup>b-g</sup>
15	99.0 <sup>ab</sup>	75.0 <sup>e-i</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	74.0 <sup>e-i</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	83.0 <sup>a-g</sup>	97.0 <sup>a-c</sup>	84.0 <sup>a-g</sup>	96.0 <sup>a-d</sup>	72.0 <sup>e-i</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	91.0 <sup>a-e</sup>
20	92.0 <sup>a-e</sup>	63.0 <sup>b-l</sup>	97.0 <sup>a-c</sup>	71.0 <sup>e-i</sup>	96.0 <sup>a-d</sup>	77.0 <sup>e-i</sup>	50.0 <sup>k-n</sup>	71.0 <sup>e-i</sup>	95.0 <sup>a-d</sup>	72.0 <sup>e-i</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	67.0 <sup>g-k</sup>
25	50.0 <sup>k-n</sup>	60.0 <sup>b-l</sup>	51.0 <sup>k-n</sup>	64.0 <sup>b-l</sup>	86.0 <sup>a-f</sup>	82.0 <sup>b-g</sup>	47.0 <sup>l-n</sup>	76.0 <sup>e-i</sup>	61.0 <sup>i-m</sup>	53.0 <sup>j-n</sup>	89.0 <sup>a-e</sup>	96.0 <sup>a-d</sup>
30	37.0 <sup>no</sup>	69.0 <sup>f-j</sup>	45.0 <sup>mn</sup>	79.0 <sup>d-h</sup>	77.0 <sup>e-i</sup>	83.0 <sup>a-g</sup>	64.0 <sup>h-l</sup>	51.0 <sup>k-n</sup>	61.0 <sup>i-m</sup>	51.0 <sup>k-n</sup>	89.0 <sup>a-e</sup>	75.0 <sup>e-i</sup>
35	9.75 <sup>pd</sup>	12.0 <sup>pd</sup>	0.00 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	37.0 <sup>no</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	21.0 <sup>op</sup>	38.0 <sup>no</sup>	17.0 <sup>pd</sup>

در هر ستون و تیمار صفات دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

In each column and treatment, the characters with a common language did not have a significant difference in the probability level of 5% based on the LSD test.

کمترین مقدار نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، برای ژنوتیپ رباط پرایمینگ با محلول بذردایان، سولفات روی، نیترات پتاسیم و هیدروپرایمینگ به‌دست آمد و برای ژنوتیپ کالپوش پرایمینگ با نیترات پتاسیم حاصل شد (جدول ۶). با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد در تمامی تیمارهای پرایمینگ و ارقام (به جز ژنوتیپ رباط پرایمینگ با محلول بذردایان، ژنوتیپ کالپوش پرایمینگ با سولفات روی، ژنوتیپ رباط و

در بین اثرات متقابل سه گانه ژنوتیپ × دما × پرایمینگ بیشترین مقدار نرخ ۵۰ درصد جوانه‌زنی از ترکیب ژنوتیپ رباط پرایمینگ نیترات پتاسیم دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد (جدول ۶). در تمامی دماها بذره‌های پرایم شده از سرعت جوانه‌زنی بیشتری نسبت به بذره‌های پرایم نشده برخوردار می‌باشند ولی در دماهای ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در ژنوتیپ رباط بذره‌های شاهد از مقدار بیشتری نسبت به بذره‌های پرایم شده برخوردار می‌باشند.

کالپوش پرایمینگ با هیدروپرایمینگ و عدم پرایمینگ  
آن‌ها) سرعت جوانه زنی افزایش پیدا کرده است و بعد از  
آن کاهش پیدا کرده است.

جدول ۶- تأثیر رقم، دما و پرایمینگ بر نرخ ۵۰ درصد جوانه زنی بذر عدس.

Table 6- Effects of cultivar, temperature and priming 50% germination rate of lentil seed.

پرایمینگ Priming	جیبرلیک اسید Gibberellic acid		محلول بذر دایان Dayan seed solution		سولفات روی Zinc sulfate		نیترات پتاسیم Potassium nitrate		هیدروپرایمینگ Hydro priming		شاهد Control	
	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh	رباط Robat	کالپوش Calposh
0	0.020 <sup>y-dd</sup>	0.014 <sup>z-dd</sup>	0.017 <sup>v-dd</sup>	0.012 <sup>bb-ee</sup>	0.016 <sup>w-dd</sup>	0.015 <sup>x-dd</sup>	0.018 <sup>v-dd</sup>	0.015 <sup>y-dd</sup>	0.017 <sup>v-dd</sup>	0.013 <sup>aa-dd</sup>	0.014 <sup>z-dd</sup>	0.010 <sup>cc-ee</sup>
5	0.027 <sup>z-y</sup>	0.026 <sup>z-z</sup>	0.026 <sup>z-z</sup>	0.025 <sup>t-aa</sup>	0.029 <sup>v-v</sup>	0.029 <sup>f-w</sup>	0.034 <sup>q+u</sup>	0.025 <sup>t-aa</sup>	0.028 <sup>s-w</sup>	0.029 <sup>s-w</sup>	0.025 <sup>t-aa</sup>	0.017 <sup>v-dd</sup>
10	0.058 <sup>g-n</sup>	0.061 <sup>d-d</sup>	0.061 <sup>d-k</sup>	0.049 <sup>m-p</sup>	0.055 <sup>t-n</sup>	0.050 <sup>m-o</sup>	0.057 <sup>h-n</sup>	0.057 <sup>h-n</sup>	0.057 <sup>j-n</sup>	0.056 <sup>t-n</sup>	0.041 <sup>q-r</sup>	0.027 <sup>z-y</sup>
15	0.072 <sup>a-c</sup>	0.076 <sup>a-b</sup>	0.073 <sup>a-d</sup>	0.068 <sup>a-i</sup>	0.072 <sup>a-c</sup>	0.062 <sup>c-k</sup>	0.079 <sup>a</sup>	0.070 <sup>b-g</sup>	0.071 <sup>a-f</sup>	0.070 <sup>a-g</sup>	0.059 <sup>f-m</sup>	0.055 <sup>b-n</sup>
20	0.072 <sup>a-c</sup>	0.074 <sup>a-c</sup>	0.074 <sup>a-c</sup>	0.067 <sup>a-j</sup>	0.070 <sup>a-f</sup>	0.076 <sup>ab</sup>	0.078 <sup>a</sup>	0.060 <sup>a-l</sup>	0.078 <sup>a</sup>	0.075 <sup>ab</sup>	0.067 <sup>a-j</sup>	0.076 <sup>ab</sup>
25	0.057 <sup>h-n</sup>	0.064 <sup>b-j</sup>	0.045 <sup>m-q</sup>	0.056 <sup>h-n</sup>	0.046 <sup>m-q</sup>	0.047 <sup>m-p</sup>	0.070 <sup>a-f</sup>	0.034 <sup>q+u</sup>	0.058 <sup>h-o</sup>	0.070 <sup>g-n</sup>	0.069 <sup>a-h</sup>	0.036 <sup>t</sup>
30	0.010 <sup>cc-ee</sup>	0.038 <sup>o-s</sup>	0.000 <sup>ee</sup>	0.007 <sup>dee</sup>	0.000 <sup>ee</sup>	0.023 <sup>u-bb</sup>	0.000 <sup>ee</sup>	0.000 <sup>ee</sup>	0.000 <sup>ee</sup>	0.028 <sup>s-x</sup>	0.021 <sup>v-bb</sup>	0.016 <sup>w-dd</sup>
35	0.020 <sup>y-dd</sup>	0.014 <sup>z-dd</sup>	0.017 <sup>v-dd</sup>	0.012 <sup>bb-ee</sup>	0.016 <sup>w-dd</sup>	0.015 <sup>x-dd</sup>	0.018 <sup>v-dd</sup>	0.015 <sup>y-dd</sup>	0.017 <sup>v-dd</sup>	0.013 <sup>aa-dd</sup>	0.014 <sup>z-dd</sup>	0.010 <sup>cc-ee</sup>

در هر ستون و تیمار صفات دارای حرف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

In each column and treatment, the characters with a common language did not have a significant difference in the probability level of 5% based on the LSD test.

در ژنوتیپ کالپوش تمامی ترکیب‌های پرایمینگ  
توانستند دمای پایه‌ی این بذور را نسبت به بذره‌های شاهد  
این ژنوتیپ کاهش دهند که بیشترین مقدار کاهش مربوط  
به پرایمینگ با سولفات روی می‌باشد (جدول ۸). همچنین  
تمامی ترکیب‌های پرایمینگ (به جزء پرایمینگ با  
سولفات روی در ژنوتیپ کالپوش) توانستند دمای بهینه‌ی  
بذر عدس را نسبت به بذره‌های شاهد کاهش دهند که این  
موضوع باعث می‌شود این بذور بتوانند در دمای پایین‌تری  
نسبت به بذره‌های شاهد از رشد مطلوب‌تری برخوردار  
باشند و از منابع به خوبی استفاده کنند و از عملکرد  
بالاتری برخوردار باشند. در بررسی انجام شده روی ارقام  
مختلف کلزا (*Brassica napus* L.)، مدل بتا و دوتکه‌ای،  
بهترین مدل‌ها پیش‌بینی دماهای کاردینال این گیاه معرفی  
شدند (Jafari et al., 2012).

## دماهای کاردینال سرعت جوانه‌زنی بذر دو

### رقم عدس

مقادیر  $R^2$  (ضریب تبیین)، Tb (دمای پایه)، To (دمای  
بهینه)،  $T_{01}$  (دمای بهینه کم (پایین))،  $T_{02}$  (دمای بهینه بیش  
(بالا))، Tc (دمای سقف) و دامنه‌ی اکولوژیکی  
(Tc-Tb) مربوط به مقادیر ساعت تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی  
پیش‌بینی شده در مدل‌های دوتکه‌ای، چندجمله‌ای  
درجه دوم، دندانه‌ای در جدول‌های (۷ و ۸) نشان داده شده  
است. مدل دندانه‌ای با داشتن ضریب تبیین بالاتر، ضریب  
آکائیک تصحیح شده و دل‌تا آکائیک کمتر نسبت به  
مدل‌های چندجمله‌ای و دوتکه‌ای، بیانگر این است که این  
مدل توانسته است به خوبی جوانه‌زنی بذر عدس را نشان  
دهد. طبق مدل دندانه‌ای پرایمینگ با اسید جیبرلیک  
توانسته که دمای پایه‌ی بذر عدس ژنوتیپ رباط را نسبت  
به بذره‌های شاهد این ژنوتیپ کاهش دهد (جدول ۷).

جدول ۷- عوامل پیش‌بینی شده با استفاده از مدل‌های دوتکه‌ای، چند جمله‌ای درجه دوم و دندانه‌ای برای جوانه‌زنی بذر عدس ژنوتیپ رباط

Table 7- Estimated parameters for the Intersected-lines, Quadratic polynomial and Dent-like models for germination of seed of lentil genotype Rabat

تیمارها	دمای کاردینال	دوتکه‌ای	چندجمله‌ای	دندانه‌ای	تیمارها	دمای کاردینال	دوتکه‌ای	چندجمله‌ای	دندانه‌ای
Treatment	Cardinal temperature (°C)	Intersected-lines model	Quadratic polynomial model	Dent-like model	Treatment	Cardinal temperature (°C)	Intersected-lines model	Quadratic polynomial model	Dent-like model
رباط - اسید-جیبرلینیک Rabat-Gibberellic acid	T <sub>b</sub>	0.76	1.48	0.30	رباط - نیترات پتاسیم Rabat - Potassium nitrate	T <sub>b</sub>	0.40	1.71	0.56
	T <sub>o</sub>	27.02	19.00	-		T <sub>o</sub>	28.00	21.75	-
	T <sub>01</sub>	-	-	20.01		T <sub>01</sub>	-	-	20.25
	T <sub>02</sub>	-	-	28.46		T <sub>02</sub>	-	-	29.43
	T <sub>c</sub>	36.00	36.52	36.00		T <sub>c</sub>	35.00	41.79	35.00
	Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	35.24	35.04	35.70		Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	35.40	40.08	34.44
	R <sup>2</sup>	0.90	0.90	0.97		R <sup>2</sup>	0.94	0.94	0.99
	AIC	-16.8	-19.9	-19.4		AIC	-16.8	-24.7	-20.8
	AICc	25.2	22.1	-12.7		AICc	25.2	17.3	-14.1
Δi	37.9	34.8	0	Δi	39.3	31.5	0		
رباط - محلول بذر دایان Rabat - Dayan seed solution	T <sub>b</sub>	0.72	1.67	0.77	رباط - هیدروپراپیمنینگ Rabat - Hydropriming	T <sub>b</sub>	0.06	1.76	0.54
	T <sub>o</sub>	23.53	20.75	-		T <sub>o</sub>	27.17	20.25	-
	T <sub>01</sub>	-	-	19.83		T <sub>01</sub>	-	-	22.46
	T <sub>02</sub>	-	-	26.81		T <sub>02</sub>	-	-	28.16
	T <sub>c</sub>	35.36	39.83	35.00		T <sub>c</sub>	35.00	38.75	35.00
	Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	34.64	38.16	34.23		Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	34.94	36.99	34.46
	R <sup>2</sup>	0.93	0.93	0.95		R <sup>2</sup>	0.97	0.97	0.98
	AIC	-16.8	-19.2	-19.4		AIC	-19.5	-21.4	-20.8
	AICc	25.2	22.8	-12.7		AICc	22.5	20.6	-14.1
Δi	37.9	35.5	0	Δi	36.6	34.7	0		
رباط - سولفات روی Rabat- Zinc sulfate	T <sub>b</sub>	0.60	1.62	0.56	رباط - شاهد Rabat - Control	T <sub>b</sub>	0.16	1.64	0.46
	T <sub>o</sub>	23.48	19.75	-		T <sub>o</sub>	28.96	29.50	-
	T <sub>01</sub>	-	-	20.00		T <sub>01</sub>	-	-	23.82
	T <sub>02</sub>	-	-	27.33		T <sub>02</sub>	-	-	30.50
	T <sub>c</sub>	35.52	37.88	35.00		T <sub>c</sub>	37.14	57.36	36.98
	Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	34.92	36.25	34.44		Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	36.98	55.72	36.52
	R <sup>2</sup>	0.95	0.95	0.98		R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99
	AIC	-19.2	-22.3	-20.8		AIC	-23.9	-25.0	-27.3
	AICc	22.8	19.7	-14.1		AICc	18.1	17.0	-20.6
Δi	36.9	33.8	0	Δi	38.7	37.6	0		

Tep range دامنه‌ی اکولوژیکی، معیار اطلاعات آکائیک (AIC)، معیار اطلاعات آکائیک تصحیح شده (AICc) و دلتا آکائیک (Δi)

Tep range= Ecological range, Akaike Information Criteria (AIC), corrected Akaike Information Criteria (AICc) and AICc differences (Δi)

جدول ۸- عوامل پیش‌بینی شده با استفاده از مدل‌های دوتکه‌ای، چند جمله‌ای درجه دوم و دندانه‌ای برای جوانه‌زنی بذر عدس ژنوتیپ کالپوش

Table 8- Estimated parameters for the Intersected-lines, Quadratic polynomial and Dent-like models for germination of seed of lentil genotype Calposh

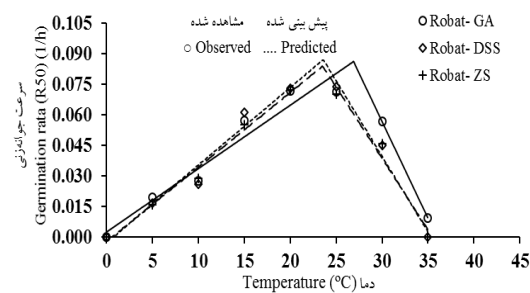
دندانه‌ای	چندجمله‌ای	دوتکه‌ای	دمای کاردینال	تیماها	دندانه‌ای	چندجمله‌ای	دوتکه‌ای	دمای کاردینال	تیماها
Dent-like model	Quadratic polynomial model	Intersected-lines model	Cardinal temperature (°C)	Treatment	Dent-like model	Quadratic polynomial model	Intersected-lines model	Cardinal temperature (°C)	Treatment
کالپوش - اسید-جیبرلینیک Calposh-Gibberellic acid	T <sub>b</sub>	1.11	1.63	1.09	کالپوش - نیترات پتاسیم Calposh - Potassium nitrate	T <sub>b</sub>	0.84	1.57	0.84
	T <sub>o</sub>	22.63	17.25	-		T <sub>o</sub>	22.36	18.75	-
	T <sub>O1</sub>	-	-	20.00		T <sub>O1</sub>	-	-	20.11
	T <sub>O2</sub>	-	-	27.99		T <sub>O2</sub>	-	-	23.52
	T <sub>c</sub>	46.34	32.87	42.37		T <sub>c</sub>	35.21	35.93	35.21
	Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	45.23	31.24	41.28		Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	34.37	34.35	34.37
	R <sup>2</sup>	0.93	0.93	0.94		R <sup>2</sup>	0.95	0.95	0.95
	AIC	-16.8	-19.2	-19.4		AIC	-19.2	-19.2	-20.8
	AICc	25.2	22.8	-12.7		AICc	22.8	22.8	-14.1
Δi	37.9	35.5	0.0	Δi	36.9	36.9	0.0		
کالپوش - معج لول بذر دایان Calposh- Dayan seed solution	T <sub>b</sub>	0.37	1.89	1.19	کالپوش - هیدروپورایمینگ Calposh- Hydroperiming	T <sub>b</sub>	0.18	1.75	0.84
	T <sub>o</sub>	27.36	17.75	-		T <sub>o</sub>	27.67	17.75	-
	T <sub>O1</sub>	-	-	20.43		T <sub>O1</sub>	-	-	21.47
	T <sub>O2</sub>	-	-	28.86		T <sub>O2</sub>	-	-	29.38
	T <sub>c</sub>	35.94	33.61	35.94		T <sub>c</sub>	37.77	33.73	37.77
	Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	35.57	31.72	34.75		Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	37.59	31.98	36.93
	R <sup>2</sup>	0.92	0.92	0.97		R <sup>2</sup>	0.95	0.95	0.95
	AIC	-16.8	-20.7	-19.4		AIC	-19.2	-21.3	-20.8
	AICc	25.2	21.3	-12.7		AICc	22.8	20.7	-14.1
Δi	37.9	34.1	0.0	Δi	36.9	34.9	0.0		
کالپوش - سولفات روی Calposh- Zinc sulfate	T <sub>b</sub>	0.18	1.48	0.18	کالپوش - شاهد Calposh- Control	T <sub>b</sub>	1.44	2.14	1.44
	T <sub>o</sub>	24.55	16.75	-		T <sub>o</sub>	24.98	27.50	-
	T <sub>O1</sub>	-	-	24.27		T <sub>O1</sub>	-	-	23.46
	T <sub>O2</sub>	-	-	24.91		T <sub>O2</sub>	-	-	30.30
	T <sub>c</sub>	38.50	32.02	38.50		T <sub>c</sub>	37.10	52.86	36.87
	Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	38.33	30.53	38.33		Tep range (T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub> )	35.66	50.72	35.42
	R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99		R <sup>2</sup>	0.95	0.90	0.95
	AIC	-25.2	-25.2	-25.4		AIC	-16.8	-16.8	-20.8
	AICc	16.8	16.8	-18.8		AICc	25.2	25.2	-14.1
Δi	35.6	35.6	0.0	Δi	39.3	39.3	0.0		

Tep range دامنه‌ی اکولوژیکی، معیار اطلاعات آکائیک (AIC)، معیار اطلاعات آکائیک تصحیح شده (AICc) و دلنا آکائیک (Δi)

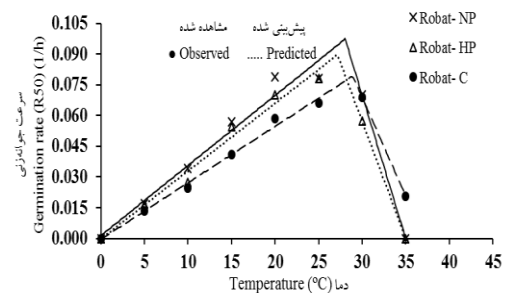
Tep range= Ecological range, Akaike Information Criteria (AIC), corrected Akaike Information Criteria (AICc) and AICc differences (Δi)

جوانه‌زنی با آهنک تندتری کاهش یافت. در ژنوتیپ رباط پرایمینگ با نیترات پتاسیم و هیدروپرایمینگ و در ژنوتیپ کالپوش پرایمینگ با محلول آبنوش بذر نسبت به سایر تیمارها شیب خط بیشتر از مطلوب با آهنک بیشتری افزایش یافت که نشان دهنده واکنش بیشتر این تیمارهای پرایمینگ به درجه حرارت‌های بالاتر از مطلوب می‌باشد (شکل ۲).

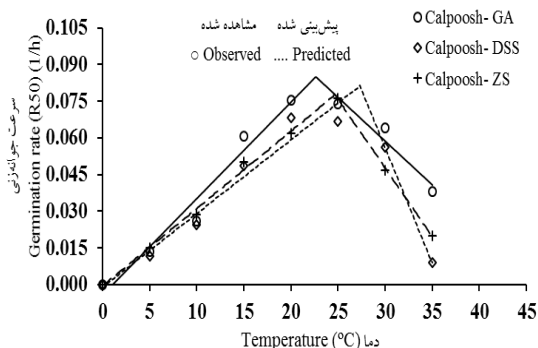
کمی سازی واکنش جوانه‌زنی بذر عدس در دماهای مختلف به کمک مدل‌های دو تکه‌ای (شکل ۲)، چند جمله‌ای درجه دوم (شکل ۳) و دندانه‌ای (شکل ۴) برآزش داده شد. با استفاده از این مدل‌ها و رابطه‌ها می‌توان سرعت جوانه‌زنی را در دماهای مختلف پیش‌بینی کرد. با افزایش دما تا دمای مطلوب سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر دما نسبت به دمای مطلوب، سرعت



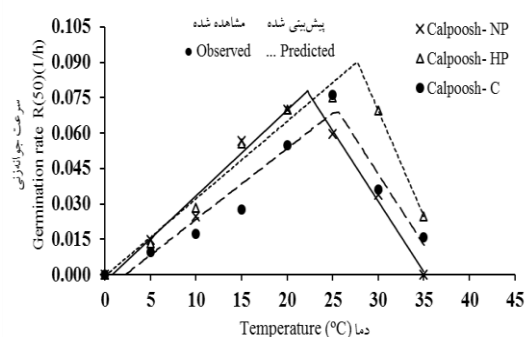
a



b



c



d

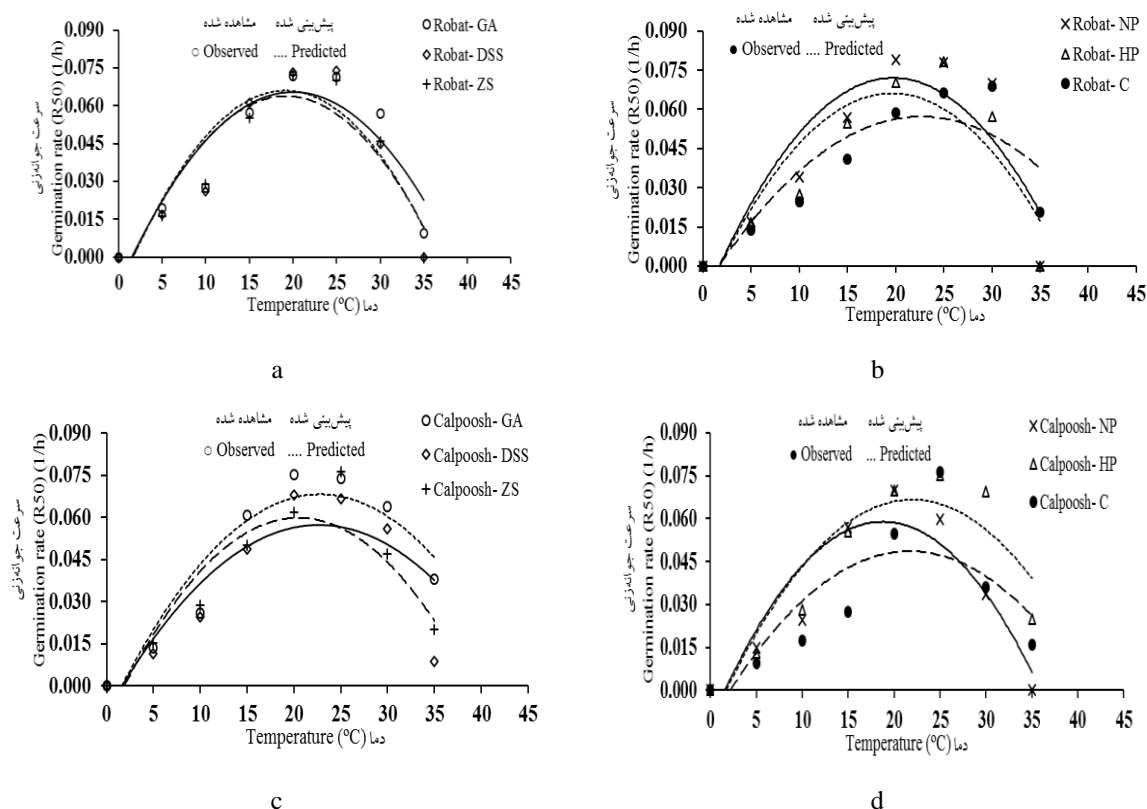
شکل ۲- رابطه بین سرعت جوانه‌زنی (R50) و دما (درجه سانتی‌گراد) بر اساس مدل دو تکه‌ای در عدس (a)، (b) ژنوتیپ رباط و (c)، (d) ژنوتیپ کالپوش  
Fig. 2- The relationship between germination rate (R50) and temperature (°C) using a Intersected-lines model in lentil (a), (b) of Robat genotype and (c), (d) Kalpoosh genotype

GA= اسید جیبرلیک، DSS= محلول بذر دایان، ZS= سولفات روی، NP= نیترات پتاسیم، HP= هیدروپرایمینگ و C شاهد

GA= Gibberellic acid, DSS= Dayan seed solution, ZS= Zinc sulfate, NP= Potassium nitrate, HP= Hydroperiming and C= Control

بالاترین درجه حرارت بیشینه در هر دو ژنوتیپ از تیمار عدم پرایمینگ حاصل شد که نشان می‌دهد تیمارهای پرایمینگ بیشترین اثر خود را در دماهای پایین می‌گذارند.

با توجه به شکل ۳ کمترین درجه حرارت پایه در ژنوتیپ رباط، پرایمینگ با اسید جیبرلیک به دست آمد و در ژنوتیپ کالپوش از تیمار پرایمینگ با سولفات حاصل شد و



شکل ۳- رابطه بین سرعت جوانه‌زنی (R50) و دما (درجه سانتی‌گراد) بر اساس مدل چندجمله‌ای درجه دو در عدس (a)، (b) ژنوتیپ رباط و (c)، (d) ژنوتیپ کالپوش

Fig. 3- The relationship between germination rate (R50) and temperature (°C) using a Quadratic polynomial model in lentil (a), (b) of Robat genotype and (c), (d) Kalposh genotype

GA= Gibberellic acid, DSS= Dayan seed solution, ZS= Zinc sulfate, NP= Potassium nitrate, HP= Hydroperiming and C= Control

نسبت به دو مدل چندجمله‌ای درجه دوم و دوتکه‌ای بهترین مدل برای توصیف جوانه‌زنی بذر عدس می‌باشد. ژنوتیپ رباط نسبت به ژنوتیپ کالپوش از دمای پایه‌ی کمتری برخوردار می‌باشد لذا سرما دوست‌تر بوده و می‌تواند زودتر جوانه بزند و رشد خود را آغاز کند. تیمارهای مختلف پرایمینگ بیشتر اثر خود را در دماهای پایین نشان دادند و باعث بهبود بهتر این بذور در دماهای پایین شدند و باعث شدند که این بذور به‌ویژه در ژنوتیپ کالپوش بتوانند در دمای کمتری جوانه بزنند. در پایان می‌توان بیان کرد که برای ژنوتیپ رباط پرایمینگ با اسید جیبرلیک نسبت به سایر تیمارها می‌تواند به طور موثرتری

با توجه به شکل ۴ دمای پایه، دمای مطلوب تحتانی، مطلوب فوقانی و بیشینه برای ژنوتیپ رباط به ترتیب ۰/۴۶، ۲۳/۸۲، ۳۰/۵۰ و ۳۶/۹۸ و برای ژنوتیپ کالپوش ۱/۴۴، ۲۳/۴۶، ۳۰/۳۰ و ۳۶/۸۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این مدل با داشتن ضریب تبیین بالاتر نسبت به دو مدل دیگر، بهترین مدل برای توصیف واکنش جوانه‌زنی بذر این دو ژنوتیپ عدس می‌باشد.

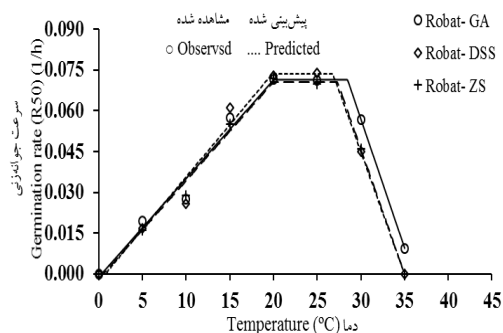
### نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که مدل دندان‌مانند با داشتن ضریب تبیین بالاتر، آکائیک تصحیح شده، دلتا آکائیک کمتر

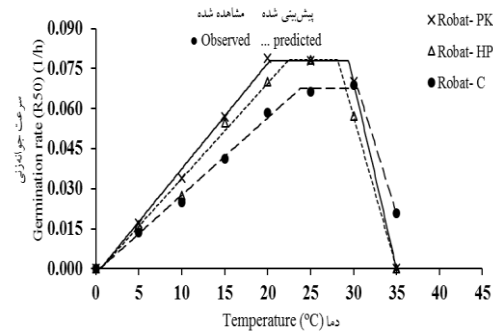
دمای پایه را تحت تأثیر قرار دهد و مناسب‌تر باشد.

دمای پایه را کاهش دهد. در مورد ژنوتیپ کالپوش

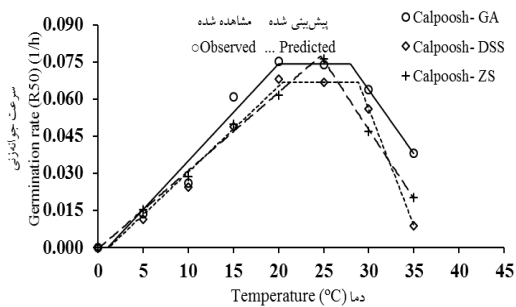
پرایمینگ با سولفات روی می‌تواند به طور مناسب‌تری



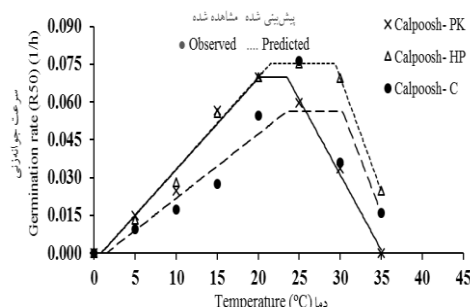
a



b



c



d

شکل ۴- رابطه بین سرعت جوانه‌زنی (R50) و دما (درجه سانتی‌گراد) بر اساس مدل دندان مانند در عدس (a)، (b) ژنوتیپ رباط و (c)، (d) ژنوتیپ کالپوش

Fig. 4- The relationship between germination rate (R50) and temperature (°C) using a Dent-like model in lentil (a), (b) of Robat genotype and (c), (d) Kalposh genotype

GA= جیبیرلیک اسید، DSS= محلول بذر دایان، ZS= سولفات روی، NP= نیترات پتاسیم، HP= هیدروپرایمینگ و C شاهد

GA= Gibberellic acid, DSS= Dayan seed solution, ZS= Zinc sulfate, NP= Potassium nitrate, HP= Hydroperiming and C= Control

## Reference

## منابع

Abu Taliban, M.A, and A. Mohagheghi. 2015. Effect of different seed priming treatments on yield and yield components of lentil under drought stress conditions. J Crop Prod. Process., 5(15): 129-140. (In Persian).

Akram-Ghaderi, F., E Soltani, A. Soltani, and A.A. Miri. 2008. Effect of priming on response of germination to temperature in cotton. J Agric. Sci. Natur. Resource., 15(3): 44- 51. (In Persian).

Ali Pour, Z, and S. Mahmoudi. 2015. Determination of cardinal temperatures and response of *Securigera securidaca* L. to different temperatures of germination. Iranian J Seed Res, 2(2): 137- 137. (In Persian).

Alvarado, V, and K. J. Bradford. 2002. A hydrothermaltme explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant Cell Environ, 25: 1061-1069.

Amiri Monfared, V., M. Fatolahi, and R. Tavakkol Afshari. 2017. Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in Okra (*Abelmoschus esculentus*). Iranian J Field Crop Sci., 48(1): 199- 205. (In Persian).

Association of official seed analysts. 2000. Rules for Testing Seeds.

- Azarnia, M, and H.M. Esund. 2013.** Effect of hydroperiming and hormonal priming on yield and yield components of chickpea in dry and wet conditions. *J. Crop Prod.*, 6(4): 1- 18. (In Persian).
- Bamdad, F., S. Dokhani, and J. Keramat. 2009.** Functional assessment and subunit constitution of lentil (*Lens culinaris*) proteins during germination. *Int J Agric Biol*, 11(6): 690- 694.
- Burnham, K.P, and Anderson D.R. 2002.** Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. Springer Verlag, New York.
- Derakhshan, A, and J. Gherekhloo. 2013.** Factors affecting *Cyperus difformis* seed germination and seedling emergence. *Planta Daninha*, 31: 823- 932.
- Derakhshan, A., Gherekhloo, J., Vidal, Ribas, A, and DePrado, R. 2014.** Quantitative description of the germination of littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) in response to temperature. *Weed Sci.* 62: 250-257.
- Edalat, M, and S.A. Kazemeini. 2014.** Estimation of cardinal temperatures for seedling emergence in corn. *Aust J Crop Sci*, 8(7): 1072- 1078.
- Eskandari,H, and A. Alizadeh-Amraie. 2014.** Improvement of lentil germination performance under salt and drought conditions using seed priming treatments. *Seed Sci Technol*, 1(42): 87- 91.
- Evers, G.W. 1991.** Germination response of subterranean, berseem, and rose clovers to alternating temperatures. *Agron J.*, 83: 1000- 1004.
- Ganjali, A., M. Parsa, and S. Amiri Deh Ahmadi. 2011.** Estimation of cardinals and thermal time required for germination and emergence of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Iranian J. Cereal Res.* 2(2): 97- 108. (In Persian).
- Ghassemi-Golezani, k., A.A. Aliloo, M. Valizadeh, and M, Moghaddam. 2008.** Effects of different priming techniques on seed invigoration and seedling establishment of lentil (*Lens culinaris* Medik). *J. Food, Agric. Environ.*, 6(2): 222- 226.
- Gholami\_Tilebeni, H., Gh. Kurd-Firozjaei, and E. Zeinal. 2011.** The determination of germination cardinal temperatures of rice cultivars. *Seed Sci Technol*, 1(1): 41- 52.
- Grusak, M.A. 2009.** Nutritional and health-beneficial quality. Pp 368- 390. In: W. Erskine. F.J. Muehlbauer, A. Sarker, and B. Sharma (Ed). *The Lentil: Botany, Pro. and Uses*. Wallingford: CABI.
- Hant, L.A., W. Yan, S. Gregory, and S. MacMaster. 2001.** Simulating response to temperature, proceeding of modeling temperature response in wheat and maize. *Workshop*, pp 23- 29.
- Jami Al-Ahmadi, M, and M. Kafi. 2007.** Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* L. *J Arid Environ*, 68: 308- 314.
- Kader, M.A, and S.C. Jutzi. 2004.** Effect of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19°C. *J Agron Crop Sci*, 190: 35- 38.
- Kamaha, C, and Y. Magure. 1992.** Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. *Seed Sci Technol*, 20: 181-185.
- 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 non-linear regression models. *Ind Crop Prod*, 35: 192- 198.
- Kamkar, B., M. Jami Al-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 non-linear regression models. *Ind Crop Prod*, 35: 192- 198.
- Kheirkhah, M., A. Kocheqi, P. Rezwani-Moqaddam, and M. Nasiri-Mahallati. 2011.** The determination of germination cardinal temperature of *Ziziphora clinopodioides* Lam. *Iranian J Field Crop Res*, 11(4): 543- 550. (In Persian).
- Koochaki, A, and M. Banyan aval. 1998.** Farming grains. *Jahad-e Daneshgahi Mashhad publict.* 236 p. (In Persian).
- Mahmoodi, A., E. Soltani, and H. Barani. 2008.** Germination response to temperature in snail medic (*Medicago sativa* L.). *Electronic J Crop Prod.*, 1: 54- 63. (In Persian).



- Mijani S., S. Eskandari Nasrabadi, H. Zarghani, and M. Gias Abadi. 2013.** Seed germination and early growth of responses hyssop, sweet basil and oregano to temperature levels. *Notulae Sci. Biol.* 5(4): 462–467.
- Mwale, S.S., S.N. Azam-Ali, J. Clark, R.G. Bradley, and M.R. Chatha. 1994.** Effect of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Seed Sci Technol*, 22: 565- 57.
- Nikzad, Kh, and R. Amooaghaie. 2013.** The effects of priming on tomato seeds germination under suboptimal temperatures. *J Plant Res (Iranian J Bio.)*, 2(26): 226- 237. (In Persian).
- Parsa, M, and A. R. Baghri. 2008.** Pulses. Publications University of Mashhad, p 522.
- Sarmadi, A., R. Tavakol Afshari, H. Rahimian Mashhadi, and Ah. Mummy. 2017.** Determination of optimum temperatures for seed germination of medicinal plant medicinal plant. *J Iranian Crop Sci.*, 48(2): 413- 419. (In Persian).
- Sink, M., D. Reickhoff, and A. Erbershobler. 2004.** Effect of low temperatures on the germination of different field pea genotypes. *Seed Sci Technol*, 32: 331- 339.
- Soltani, A., M.J. Robertson, B. Torabi, M. Yousefi-Daz, and R. Sarparast. 2006.** Modeling seedling emergence in chickpea as affected by temperature and sowing depth. *Agric. For. Metereol*, 138: 156- 167.
- Streck, N.A., A. Weiss, Q. Xue, and P.S. Baenzeiger. 2003.** Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. *Agric. For. Metereol*, 115:139- 150.
- Tabrizi, L., A. R. Koocheki, and M. Nasiri Mahallati. 2006.** Evaluation of Cardinal Germination of Two Species. *J. of Agric. Res. Iranian*, 2(2): 143- 150. (In Persian).

