

## تعیین دماهای کاردینال و مطالعه اثر دما بر کارایی پرایمینگ بذر پیاز خواراکی رقم زرگان (*Allium Cepa cv, Zargan*)

زهرا یگم مرادی شکوریان<sup>۱</sup>، محمدعلی عسکری سرچشمہ<sup>۲\*</sup>، مجتبی دلشداد<sup>۳</sup>، رضا توکل افشاری<sup>۴</sup>

او ۲۰۲۰. دانشجوی دکتری، دانشیار، دانشیار گروه علوم باگیانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۴. استاد گروه آموزشی اگرو-تکنولوژی، دانشکده کشاورزی فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۶)

### چکیده

به منظور بررسی اثر پرایمینگ بزرگانه زنی بذر پیاز خواراکی رقم زرگان در شرایط دمایی متفاوت این تحقیق با ۶ سطح دمایی ۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد و سه پیش تیمار بذر یعنی شاهد، هیدرو پرایمینگ و هالو پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ به مدت ۱۲ ساعت با سه تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد پرایمینگ بذر پیاز با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ توانست بر مولفه های جوانه زنی موثر باشد. بذرها پرایمینگ شده با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ میزان جوانه زنی بیشتری در دامنه های مختلف دمایی نشان دادند. نیترات پتاسیم ۰/۵٪ توانست بر واکنش جوانه زنی به دما تأثیر گذاشته و بذرها در مقایسه با دو تیمار دیگر در دمای ۵ درجه سانتی گراد در حدود ۳۳/۶٪ جوانه زنی بیشتری داشتند. سایر نتایج نشان داد درصد جوانه زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در کلیه پیش تیمارها به حد اکثر مقدار خود رسیدند و پس از آن تقریباً روند ثابتی داشتند. در ارزیابی مدل دو تکه ای برای پیش بینی دماهای کاردینال جوانه زنی بذر تیمار شده دمایهای پایه، مطلوب و سقف به ترتیب ۴۶/۰۹، ۲۷/۳۸، ۱/۰۷ درجه سانتی گراد (در تیمار نیترات پتاسیم ۰/۰۵٪)، ۱، ۲۵، ۴۳ درجه سانتی گراد (در تیمار هیدرو پرایمینگ) و ۰/۹، ۲۷/۶، ۴۶/۱۲ درجه سانتی گراد (در تیمار شاهد) تعیین شد. برای پیش بینی زمان جوانه زنی در دماهای ثابت مختلف از مدل زمان دمایی استفاده گردید که ضریب ثابت دمای طبیعی برابر ۱۸۷۲/۷۹۴ درجه سانتی گراد ساعت بود.

**کلمات کلیدی کلیدی:** بذر پیاز، رقم زرگان، ترمال تایم، پرایمینگ

## Determination of the Cardinal Temperatures and Studying the Effect of Temperature on the Efficiency of Priming on Onion Seed (*Allium Cepa cv, Zargan*)

Z. Moradi Shakoorian<sup>1</sup>, M.A. Askari Sarcheshmeh<sup>2</sup>, M. Delshad<sup>3</sup>, R. Tavakkol Afshari<sup>4</sup>

1,2,3. Ph D Student, Associate Professor, Associate Professor, Department of Horticultural Science and Landscape,  
Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj

4. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: Jan. 13, 2018 – Accepted: Aug. 07, 2018)

### Abstract

In order to study the effect of priming on onion seed germination of Zangan Cultivar in different temperature conditions, this study was carried out with 6 levels of temperature of 5 to 30 °C and three seed pretreatment, include control, hydro-priming and halo-priming with 0.5% potassium nitrate with three replicate. The results showed that priming treatment with potassium nitrate (0.5%) could be effective on germination components. Primed seeds with potassium nitrate (0.5%) showed more germination at all temperatures. Potassium nitrate (0.5%) treatment also affected the germination reaction to temperature. These seeds showed 33.6% more germination than the other two treatments at 5°C. The results showed that germination percentage at 20°C in all treatments reaches its maximum and then remained relatively constant. In evaluating the segmented model for predicting cardinal temperatures, seed germination at base, optimum and ceiling temperatures was 1.7, 27.38, 46.09°C(in potassium nitrate (0.5%) treatment), 1, 25, 43°C (in hydro-priming treatment) and 1.9, 27.6, 46.12°C (in control treatment). For predicting time of germination at different constant temperatures used Thermal-time that constant coefficient of Thermal-time was 1872.79(°Ch).

**Keywords:** Onion, Zangan Cultivar, cardinal temperatures, Thermal Time, Priming

\* Email: askari@ut.ac.ir

کیفیت بالا (دارای ظرفیت جوانه‌زنی، قدرت و خلوص بالا) باعث استقرار مناسب گیاهچه در طیف متنوعی از شرایط محیطی خواهد شد (Basra and Ahmad, 2004).

پرایمینگ یکی از روش‌های بهبود کارکرد و افزایش کیفیت بذر در شرایط نامساعد محیطی می‌باشد (Basra and Ahmad, 2004). در تیمار پرایمینگ به بذر اجازه داده می‌شود مقداری آب جذب کند بطوریکه مراحل اولیه جوانه‌زنی شامل فعل شدن آنزیم‌ها انجام شود اما ریشه‌چه خارج نمی‌شود. به عبارت بهتر در این روش، بذرها تا مرحله دوم آبنوشتی پیش می‌روند، اما وارد مرحله سوم آبنوشتی نمی‌شوند. بعد از تیمار پرایمینگ بذرها خشک می‌شوند و همانند بذرهای بدون تیمار (شاهد) ذخیره و کشت می‌شوند (McDonald, 1999). این روش به طور گستره‌ای برای افزایش درصد و یکنواختی استقرار گیاهچه بذر سبزی‌ها و گل‌های استفاده می‌شود استقرار گیاهچه بذر سبزی‌ها و گل‌های اسفلاد می‌باشد (Cheng and Beradford, 1999). با این حال واکنش متنوع توده‌های بذر به پرایمینگ باعث محدودیت اصلی کاربرد تجاری پرایمینگ بذر شده است (Cheng and Beradford, 1999).

گزارش‌های مختلفی مبنی بر افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن در بذر یونجه معمولی، لوییا چشم بلبلی، عدس، نخود (Hu et al., 2006; Posmyk and Janas, 2007; Kaur et al., 2006; Ghassemi-Golezani et al., 2008)، گوجه فرنگی (Mauromicale and Cavallaro, 1997) Demir and Vande (Zheng et al., 1994) (Bradfor et al., 1999)، فلفل (venter, 1999) و کاهش دمای پایه جوانه‌زنی در گوجه فرنگی و سورگوم (Mauromicale and Cavallaro, 1997) با استفاده از پرایمینگ وجود دارد.

رمضانی و رضائی (Ramezani and Rezaei, 2011) مشاهده کردند پاسخ جوانه‌زنی بذرهای گوجه فرنگی به تیمار پرایمینگ بین سه توده بذری استفاده شده تفاوت زیادی داشته است. الیس و بوستچر (Ellis and Butcher, 1988) پیشنهاد

## مقدمه

پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) یکی از مهمترین سبزی‌هایی است در دنیا که در سطح وسیع کشت می‌شود و از هزاران سال پیش تا کنون یکی از اجزای جدایی ناپذیر رژیم غذایی روزانه تمامی اقوام جهان بوده و در میان ۱۵ سبزی که به وسیله سازمان خوارو بار جهانی فهرست شده است، پیاز رتبه دوم را پس از گوجه فرنگی دارا است (Naik et al., 1992). افزون بر ارزش غذایی، مطالعات علمی، اثر دارویی قابل ملاحظه این گیاه را اثبات نموده است (Martinez et al., 2007). بذر این گیاه به طور معمول تحت شرایط مطلوب خاک، ۱۰ تا ۱۴ روز برای جوانه‌زنی احتیاج دارد و استرس دما و رطوبت منجر به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و به دنبال آن استقرار نامناسب گیاهچه می‌گردد (Rowse and Finch-Savage, 2003).

جوانه‌زنی یکی از حیاتی‌ترین دوره‌ها در چرخه زندگی گیاهان است. عوامل محیطی به طور مستقیم جوانه‌زنی بذر و متعاقب آن سبز شدن گیاهچه و استقرار بعد از آن را تعیین می‌کنند (Tabrizi et al., 1997). دما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی در جوانه‌زنی بذرها محسوب می‌شود و می‌تواند بر درصد و سرعت جوانه‌زنی تأثیر بگذارد (Brodford, 2002). با توجه به اینکه دما اثرات قابل توجهی در شروع جوانه‌زنی، درصد و سرعت جوانه‌زنی دارد، همواره از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده موفقیت یا شکست استقرار گیاهچه به شمار می‌رود (Jami Al-Ahmadi and Kafi, 2007).

اویله پائین توانایی جوانه‌زنی و سبز شدن کمتری دارند که این امر منجر به ایجاد مشکلاتی در تولید محصول می‌شود. جوانه‌زنی و استقرار گیاه مرحله حیاتی در چرخه زندگی گیاه است، استقرار گیاه گزینه تعیین کننده در ایجاد تراکم مناسب، یکنواختی جوانه‌زنی و مدیریت تولید برای بذرهای گران قیمت هیرید سبزی‌ها و گل‌ها می‌باشد (Cheng and Beradford, 1999).

تاریک در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد برای ۴۸ ساعت قرار داده شدند و پس از طی این مدت ضمن نگهداری در آزمایشگاه خشک شدند. برای تیمار هالو پرایمینگ (Dhanush, 2016) روش پیشنهادی دانوش و همکاران (Dhanush, 2016) بذرها در محلول نیترات پتاسیم ۰/۵٪ به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و پس از طی این مدت بذرها خشک شدند. بذرهای هر تیمار به تعداد ۵۰ عدد بذر، داخل پتربی دیش‌هایی به قطر ۹ cm روی کاغذ صافی قرار داده شده و با پنچ میلی لیتر آب مقطر مرطوب شدند. شمارش بذرها جوانه زده به صورت روزانه تا ۱۲ روز انجام شد. معیار جوانه‌زنی بذور خروج ریشه‌چه، به اندازه ۲ میلی متر بود. تجزیه آماری با استفاده از برنامه آماری SAS و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام گردید. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از روش زیر استفاده گردید (Ellis and Roberts, 1986).

$$Gt = \frac{N_t}{N} * 100$$

که در آن  $n$  تعداد بذرها جوانه زده در پایان آزمایش و  $N$  تعداد کل بذرها است در ادامه با روش زیر سرعت جوانه‌زنی محاسبه گردید (Maguire, 1962).

$$V_g = \sum \frac{N_i}{D_i}$$

که در این فرمول  $Vg$  سرعت جوانه‌زنی بر حسب تعداد بذور در روز،  $Ni$  تعداد بذر جوانه زده در هر روز و  $Di$  روز شمارش است. برای کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی به دما در تیمارهای پرایم و تعیین دمای اصلی و مهم برای جوانه‌زنی بذر پیاز حواراکی رقم زرگان از مدل دو تکه ای که معادله تابع آن به صورت زیر است استفاده شد (Mwal et al., 1994).

$$f(T) = \begin{cases} (T - T_b) / (T_o - T_b) & \text{if } T_b < T < T_o \\ 1 - \left( \frac{T - T_o}{T_c - T_o} \right) & \text{if } T_o \leq T < T_c \\ 0 & \text{if } T \leq T_b \text{ or } T_c \leq T \end{cases}$$

در این رابطه  $T$  دمای میانگین روزانه (دمای آزمایش)،

کردن دمای پایه جوانه‌زنی یک ویژگی ژنتیکی گیاه است که تحت تاثیر تفاوت کیفیت بذر قرار نمی‌گیرد. آن‌ها همچنین نشان دادند که اثر پرایمینگ در میان بذرهای یک توده متنوع است.

مطابق با یافته‌های هاردگری و ون وکتور (Hardegree and Van Vactor, 2000) مشخص شد پرایمینگ سرعت جوانه‌زنی در دمای پائین را برای بسیاری از گونه‌ها افزایش می‌دهد. آن‌ها نشان دادند که پرایمینگ به طور قابل توجهی دمای پایه برای جوانه‌زنی بذرهای چمن را کاهش می‌دهد.

با توجه به ماهیت ریز بذر و کند بودن نسبی جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه‌های پیاز خواراکی و این حقیقت که تاخیر در جوانه‌زنی و یا کاهش تراکم در مزارع پیاز اثر نسبتاً شدیدتری بر عملکرد برگ‌جای می‌گذارد، چنانچه بتوان با استفاده از پرایمینگ جوانه‌زنی بذور پیاز را بهبود بخشید، می‌توان شاهد افزایش استقرار بوته و در نهایت افزایش عملکرد در این گیاه بود. این تیمارها در صورت موفقیت، تاثیر مهم و بارزتری بر جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه در شرایط تنفس (بخصوص تنفس‌های دمایی) خواهند داشت. مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذرها پیاز در دمای مختلف بود.

## مواد و روش‌ها

این بررسی در آزمایشگاه کنترل و گواهی بذر پرديس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل دما در ۶ سطح (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد) و پرایمینگ در سه سطح (هیدرو پرایمینگ، هالو پرایمینگ (نیترات پتاسیم ۰/۵٪) و بدون پرایمینگ (شاهد)) بودند. به منظور اعمال تیمار پرایمینگ با آب (روش پیشنهادی درنا و همکاران Dorna et al., 2013) به ازای هر گرم بذر پیاز رقم زرگان ۵۰۰ میکرو لیتر آب مقطر اضافه و بذرها در جای

انحراف معیار است) برای پیش بینی زمان جوانه‌زنی بود.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد در بخش آزمایش تاثیر پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر پیاز خوراکی رقم زرگان تاثیر دما، پرایمینگ بذر و اثر متقابل دما و پرایمینگ بذر بر درصد و سرعت جوانه‌زنی در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان می‌دهد درصد جوانه‌زنی در بذرهای پرایم شده با نیترات پتابسیم ۰/۵٪ در کلیه دماها مورد بررسی، بیشتر تحت تاثیر فرار گرفت. این نتیجه با نتایج هاردگری و ون وکتور (Hardegree and Van Vactor, 2000) که بیان داشتند پرایمینگ بذر می‌تواند باعث بهبود سرعت و درصد جوانه‌زنی برای بسیاری از گونه‌های زراعی شود، همخوانی داشت.

پایین ترین سطح جوانه‌زنی در کلیه تیمارهای بذری در دمای ۵ درجه سانتی گراد مشاهده شد ولی با افزایش دما تا محدوده ۲۰ درجه سانتی گراد درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت به عبارت دیگر زمان لازم برای رسیدن به ۹۰٪ جوانه‌زنی کاهش یافت که تفاوت معنی داری با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نشان نداد.

$T_b$  دمای پایه،  $T_c$  دمای مطلوب،  $T_g$  دمای سقف بر حسب درجه سانتی گراد است. همچنین برای دقت مدل از مشخصه و پارامترهای زیر استفاده شد:

RSME: جذر میانگین مربعات خطأ

$R^2$ : ضریب تبیین رگرسیون بین مقادیر پیش بینی و مقادیر مشاهده شده

به منظور پیش بینی جوانه‌زنی پیاز با مدل زمان-دما برای دماهای زیر مطلوب بر اساس مدل ترمال تایم (TT) از توایع زیر استفاده شد (Alvarado and Bradford, 2002):

$$TT_{sub} = (T - T_b)t_g$$

$$Probit_g = [(T - T_b)t_g - \theta_{T(50)}] / \sigma_g$$

که  $T$  دمای محیط،  $T_b$  دمای پایه و  $t_g$  زمان تا جوانه‌زنی برای  $g$  است که  $g$  درصد خاصی از جوانه‌زنی است،  $\theta_{T(50)}$  ثابت ترمال تایم بر حسب درجه سانتی گراد ساعت و  $\sigma_g$  نشان دهنده انحراف معیار از توزیع نرمال ترمال تایم است. با استفاده از این مدل زمان جوانه‌زنی بذر پیاز با توجه به درصد تجمعی جوانه‌زنی در هر از سطوح دمایی، پیش بینی شد و نمودارها با نرم افزار Excel رسم شد. هدف از این مدل بدست آوردن پارامترهای لازم (دمای پایه، مقدار ثابت ترمال تایم و سیگما) که همان

جدول ۱- میانگین مربعات خصوصیات جوانه‌زنی بذر پیاز رفم زرگان تحت تیمار پرایم در دماهای مختلف

Table 1- Analysis of variance for germination indices of (*Allium cepa* cv Zargan) under priming treatment in different temperature

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean Squares)		
		درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	
Temperature	5	1876.38**	191.1**	
Priming	2	213.62**	17.23**	
Temperature*Priming	10	108.91**	5.61**	
Error	36	4.22	0.234	
C.V(%)		2.21	4.46	

\*\* Significant at 1% Probability level

\*\* معنی داری در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات جوانه زنی بذر پیاز تحت پرایمینگ در دماهای مختلف

Table 2- Mean comparison of effect of prime treatment in different temperature on seed germination Characteristics

دما Temperatures (°C)	پرایمینگ Priming	ویژگی های جوانه زنی Germination characteristics		
		درصد جوانه زنی Germination Percentage (%)	سرعت جوانه زنی Germination rate	
5	halopriming (پتاسیم نیترات (٪۰/۵	81.33c	4.49j	
	Haloprimeing (Potassium nitrate (0.5%))			
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	54.66d	3.07k	
10	شاهد Control	54.00d	2.93k	
	halopriming (پتاسیم نیترات (٪۰/۵	99.33a	7.73hj	
	Haloprimeing (Potassium nitrate (0.5%))			
15	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	98.66ab	7.22i	
	شاهد Control	99.33a	7.10i	
	halopriming (پتاسیم نیترات (٪۰/۵	100.00a	8.51gh	
20	Haloprimeing (Potassium nitrate (0.5%))			
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	98.66ab	10.33f	
	شاهد Control	99.33a	8.73g	
25	halopriming (پتاسیم نیترات (٪۰/۵	100.00a	14.30c	
	Haloprimeing (Potassium nitrate (0.5%))			
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	98.00ab	12.93d	
30	شاهد Control	100.00a	11.33e	
	halopriming (پتاسیم نیترات (٪۰/۵	100.00a	14.95bc	
	Haloprimeing (Potassium nitrate (0.5%))			
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	96.66ab	17.15a	
	شاهد Control	98.00ab	15.51b	
	halopriming (پتاسیم نیترات (٪۰/۵	99.33a	14.78bc	
	Haloprimeing (Potassium nitrate (0.5%))			
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	95.33b	16.38ab	
	شاهد Control	96.00ab	10.35f	

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

Means followed by the same letters in each column, are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

تیمار سرعت جوانه‌زنی را بهبود می‌بخشد. مشابه با این نتایج پیری و همکاران (Piri *et al.*, 2009) بیان داشتند اعمال تیمار پرایمینگ بر بذرهای خیار، قدرت جوانه‌زنی را در دمای پایین افزایش می‌دهد. هاردگری و همکاران (Hardegree *et al.*, 2002) نیز بیان داشتند تیمار پرایمینگ باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر به ویژه تحت تنشی‌های محیطی (خشکی و سرما) در گیاهان زراعی و غیر زراعی می‌شود.

در مجموع نتایج نشان داد با بکارگیری نیترات پتابسیم ۰/۵٪ در دمای مختلف مشخصه‌های جوانه‌زنی بهبود یافت. به طوریکه در پایین‌ترین و بالاترین سطح دمایی مورد آزمایش بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار نیترات پتابسیم ۰/۵٪ مشاهده شد. این نتایج با پژوهش مائورو میکال و کاوالارو (Mauromical and Cavallaro, 1997) برای گوجه فرنگی، ژانگ و همکاران (Zheng *et al.*, 1994) Demir and Vande (venter, 1999) برای بذر کانولا، دمیر و واند ونتر (Demir and Vande) در بذر هندوانه که بیان داشتند تیمار پرایمینگ سرعت و درصد جوانه‌زنی را در کلیه دمایها به خصوص در دمای پایین افزایش می‌دهد همخوانی داشت. محققین مختلف در پژوهش‌های خود نیز موارد بالا را تائید و اعلام کردند جوانه‌زنی مناسب و هماهنگ بذرهای پرایمینگ شده به طور عمده به این دلیل می‌باشد که در طی فرایند پرایمینگ به بذر تا اندازه‌ای اجازه داده می‌شود که فرایندهای متابولیکی پیش از جوانه‌زنی فعال شوند ولی خروج ریشه چه از بذر رخ ندهد. بر این اساس، به دلیل اینکه بذر بخشی از مراحل جوانه‌زنی را قبلًا طی کرده است، زمانی که در مزرعه کاشته می‌شود، زودتر جوانه می‌زند.

### محاسبه دمایهای پایه و سرعت جوانه‌زنی بذر پیاز خوراکی رقم زدگان

به منظور کمی سازی واکنش جوانه‌زنی بذرهای پیاز در دمایها و تیمار پرایمینگ از مدل رگرسیون غیرخطی استفاده شد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده گردید در

در مقابل با افزایش دما از ۲۵ درجه سانتی گراد به ۳۰ درجه سانتی گراد سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و این کاهش در تیمار شاهد بسیار مشهود بود که تفاوت معنی داری با دو تیمار دیگر داشت (جدول ۲). در دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی گراد در همه تیمارهای بذری درصد جوانه‌زنی، ۰/۶۷٪ در تیمار پرایمینگ نیترات پتابسیم ۰/۰۵٪، ۱/۳۷٪ در تیمار هیدرو پرایمینگ و ۰/۴٪ در تیمار شاهد کاهش نشان داد. بهترین پاسخ به پرایمینگ در دمای ۵ درجه سانتی گراد مشاهده شد و شاخص‌های جوانه‌زنی در این دما نسبت به دیگر دمایها پاسخ بهتری نشان داد به طوریکه در این دما جوانه‌زنی تحت تاثیر تیمار پرایمینگ با نیترات پتابسیم ۰/۰۵٪، در هیدرو پرایمینگ ۵۴/۶۶٪ و در شاهد ۵۴٪ مشاهده گردید. سرعت جوانه‌زنی در این دما از ۴/۴۹ در تیمار نیترات پتابسیم ۰/۰۵٪ به ۳/۰۷ در تیمار هیدرو پرایمینگ و ۲/۹۳ در تیمار شاهد کاهش یافت. در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد نیز صرف نظر از معنی داری، بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار نیترات پتابسیم ۰/۰۵٪ مشاهده شد (جدول ۲). در نتیجه می‌توان اظهار داشت محدوده دمایی مجذب برای جوانه‌زنی بذر در تیمار پرایمینگ با نیترات پتابسیم ۰/۰۵٪ وسیع تر بوده و در مقابل در تیمار هیدرو پرایمینگ و شاهد محدوده دمایی مجذب برای جوانه‌زنی محدودتر می‌شود (جدول ۲). در دو تیمار هیدروپرایم و شاهد بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد رخ داد و در دمای بالاتر و پایین تر از این دما، کاهش درصد جوانه‌زنی مشاهده شد و این اختلاف در دمای ۵ درجه سانتی گراد بیشتر مشهود بود به طوریکه کاهش شدید در درصد جوانه‌زنی در این دما در دو تیمار هیدروپرایم و شاهد نسبت به دمایهای مطلوب در حدود ۴۴ درصد بود. اما این کاهش در بذرهای پرایم شده با نیترات پتابسیم ۰/۰۵٪ کمتر از بذرهای شاهد و هیدروپرایم در مقایسه با دمای مطلوب و در حدود ۱۹ درصد بود. بعارت دیگر تاثیر تیمار پرایمینگ با نیترات پتابسیم ۰/۰۵٪ بر درصد جوانه‌زنی بذرهای پیاز در دمای پایین بیشتر می‌باشد و با کاهش دما استفاده از این

اطمینان ۹۷٪ دمای بهینه ( $T_o$ ) دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، دمای سقف ( $T_c$ ) ۴۳ درجه سانتی گراد و دمای پایه ۱ درجه سانتی گراد و در تیمار پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ با اطمینان ۹۴٪ دمای بهینه ( $T_o$ ) ۲۷/۳۸۶ درجه سانتی گراد، دمای سقف ( $T_c$ ) ۴۶/۰۹۷ درجه سانتی گراد و دمای پایه ( $T_b$ ) ۱/۰۷۵ پیش بینی شد. بدین ترتیب دماهای اصلی و مهم بذر پیاز در سطوح پرایم توسط مدل دو تکه ای برآورد شد.

مقادیر RMSE برای تیمار بذری پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵٪، هیدروپرایمینگ و شاهد به ترتیب برابر ۰/۳۸۳۶۷۵، ۰/۲۳۳۲۷۷ و میزان ضریب تبیین به ترتیب برابر ۰/۹۷، ۰/۹۴ و ۰/۹۹ با استفاده از این مدل برآورد شده شد.

بذرهای پیاز در یک نقطه سرعت جوانه‌زنی در حداکثر مقدار خود بود و بالاتر و پایین تر از این نقطه سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت، با توجه به پراکنش داده‌های سرعت جوانه‌زنی در مقابل دما مدل دو تکه ای بهترین برآورده را نشان داد. مقادیر RMSE (جذر میانگین مربعات خط)،  $R^2$  (ضریب تبیین)،  $T_b$  (دمای پایه)،  $T_o$  (دمای بهینه)،  $T_c$  (دمای سقف) مربوط به مقادیر جوانه‌زنی پیش بینی شده مدل دو تکه ای در تیمار پرایم در جدول ۳ نشان داده شده است.

در تیمار شاهد دمای بهینه ( $T_o$ ) ۲۷/۶۲۲ درجه سانتی گراد با اطمینان ۹۹٪ برای جوانه‌زنی بهینه بذر گیاه ۴۶/۱۲ درجه سانتی گراد برای دمای سقف ( $T_c$ ) و ۱/۰۹۱ درجه سانتی گراد برای دمای پایه ( $T_b$ ) پیش بینی شد (جدول ۳). در تیمار هیدروپرایمینگ این مقادیر با

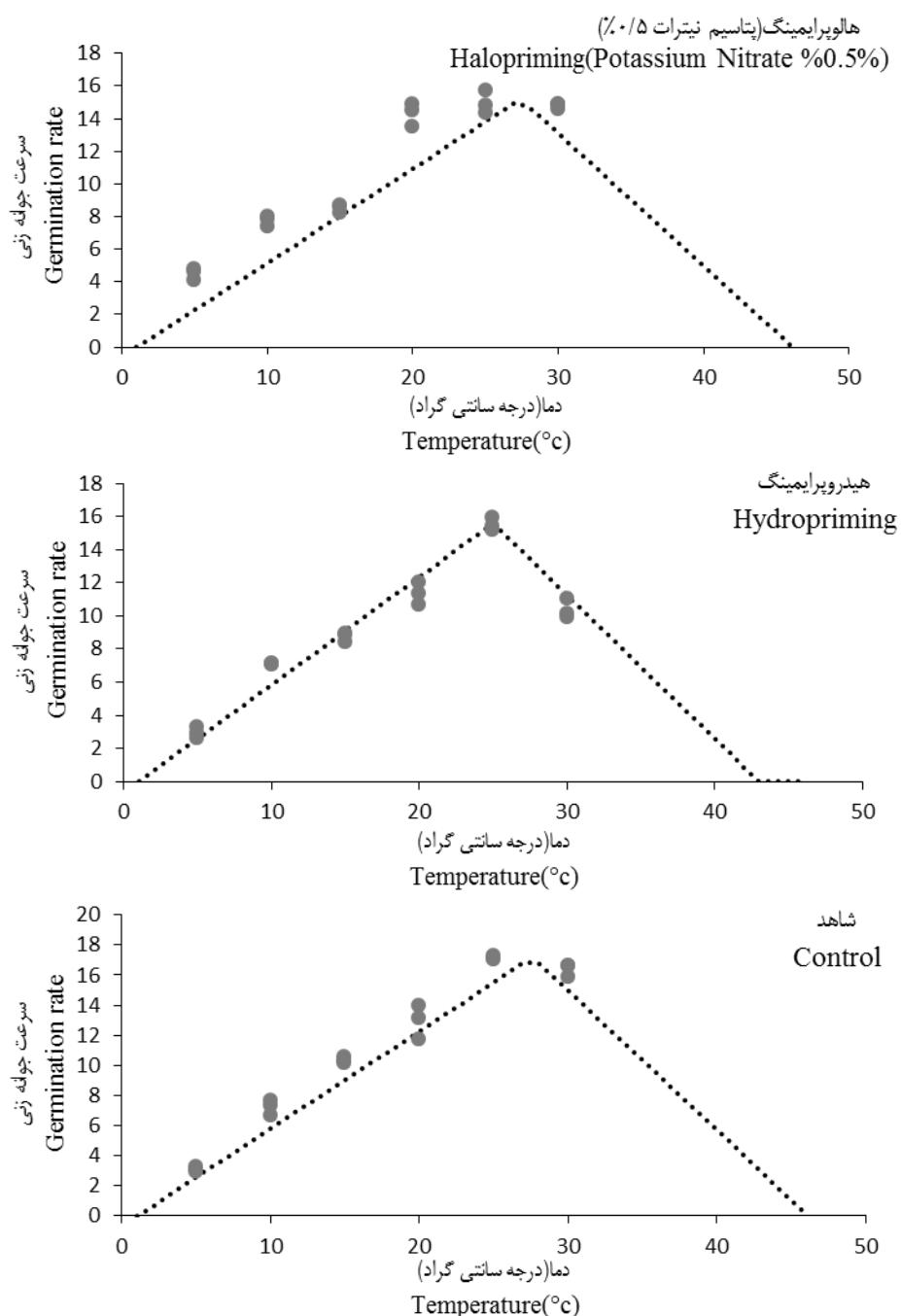
جدول ۳- پارامترهای پیش بینی شده با استفاده از مدل دو تکه ای

Table 3- Estimated parameters for the Segmented

تیمار Treatment	RMSE	جذر میانگین مربعات خط $R^2$	ضریب تبیین $T_c$	دمای بهینه $T_o$	دمای پایه $T_b$
اسمو پرایمینگ(نیترات پتاسیم ۰/۵٪) Osmopriming (Nitrat potassium0.5%)	0.383675	0.94	46.097	27.386	1.075
هیدروپرایمینگ Hydropriming	0.152355	0.97	43.000	25.000	1.000
شاهد Control	0.233277	0.99	46.120	27.622	1.091

درجه سانتی گراد دمای پایه را نسبت به بذرهای شاهد کاهش دهد. علاوه بر آن با استفاده از این تیمار محدوده تحمل بذرها به دمای بالا نیز افزایش یافت. در مقابل، تیمار هیدروپرایمینگ در مقایسه با دو تیمار دیگر دمای پایه کمتری داشت به طوریکه هیدروپرایمینگ با اختلاف ۰/۰۹ درجه سانتی گراد در مقایسه با بذور شاهد، تحمل بذر را به دمای پائین افزایش و محدوده تحمل بذرها به دمای بالا را نیز به میزان ۳ درجه سانتی گراد کاهش داد (شکل ۱).

کمترین دمای پایه در تیمار هیدروپرایمینگ دیده شد و بیشترین دمای سقف در تیمار پرایمینگ با نیترات پتاسیم مشاهده شد. نتایج نشان داد که تیمار پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ محدوده دمایی جوانه‌زنی را افزایش داد (جدول ۳). این نتایج با نتایج فوتی و همکاران (Foti et al., 2002) روی سورگوم هم خوانی دارد. بذرهای پرایمینگ شده با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ در مقایسه با بذرهای شاهد دارای دمای پایه کمتری بودند به طوریکه پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ توانست ۰/۰۲



شکل ۱- رابطه بین دما (درجه سانتی گراد) و سرعت جوانه‌زنی بر اساس مدل دو تکه‌ای

Figure 1- Predicted (lines) vs. observed (symbols) germination rate at different constant temperatures to reach 50% germination (R50) using segmented model.

کاهش دهنده.  
Mauromicale and  
ماورو میکایل و کاروالیو (Cavallaro, 1997)  
در آزمایش خود روی جوانه‌زنی بذرهای تحت پراپرایمینگ  
دماهای پایه جوانه‌زنی گوجه فرنگی را  $0/3^{\circ}\text{C}$  تا  $0/4^{\circ}\text{C}$  درجه

در مطالعات مختلف به اثر پراپرایمینگ بر کاهش دمای پایه اشاره شده است. فوتی و همکاران (Foti et al., 2002) در آزمایش خود روی جوانه‌زنی بذرهای تحت پراپرایمینگ سورگوم توانسته‌اند دمای پایه را یک درجه سانتی گراد

اما در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بعد از ۷۲ ساعت آبتوشی، بیش از ۵٪ جوانهزنی داشت (شکل ۲). این امر ممکن است به دلیل نزدیک بودن دمای ۵ درجه سانتی گراد به دمای پایه بوده و در نتیجه زمان دما تجمعی مورد نیاز برای رسیدن به بالای ۸۰٪ جوانهزنی تا ۱۵۰ ساعت کافی نباشد. مدل زمان دما پیش بینی کرد، هنگامی که بذرها تحت دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد به دلیل تجمع کافی زمان دما، جوانهزنی در زمان کمتری نسبت به دماهای پایین تر صورت گرفت و تنها تفسیر برای تفاوت در درصد نهایی جوانهزنی، بیان خواب در دماهای پایین (Nazari *et al.*, 2017) و یا کاهش سرعت آبتوشی بذر در دماهای پایین (Bewley and Black, 1994) می باشد.

جوانهزنی در دماهای پایین موجب ایجاد خواب در کسری از بذرها می شود و این نتیجه با نتایج ویندور و همکاران (*Jatropha curcas*) روی بذر (Windauer *et al.*, 2012) در پنج سطح دمایی همخوانی دارد به طوری که بیشترین درصد جوانهزنی تجمعی برای بذر پیاز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد با استفاده از مدل زمان دما پیش بینی شد. کاهش درصد و سرعت جوانهزنی در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد را نیز می توان به دلیل کاهش یا ممانعت فعالیت آنزیم ها (Kamaha and Magure, 1992) و کاهش کارائی سوخت و ساز بذرها (Thygerson *et al.*, 2002) در نتیجه کاهش سرعت فرایندهای زیستی لازم برای جوانهزنی در دمای بالا نسبت داد.

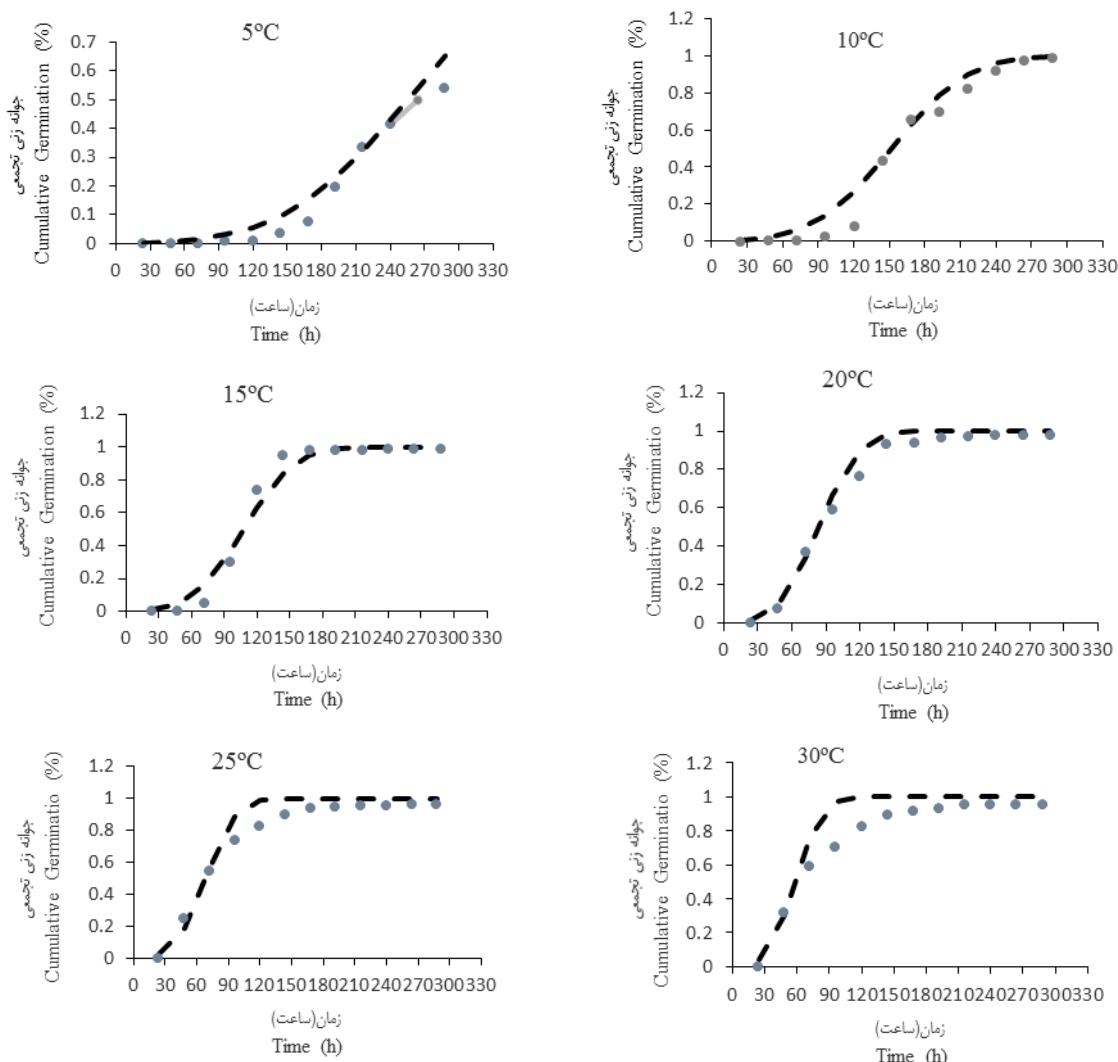
مشابه با این آزمایش از مدل زمان دما برای پیش بینی دماهای پایه و ضریب ثابت زمان دما در گیاهان مختلف من جمله پیاز (Nazari *et al.*, 2017) با ضریب تبیین ( $R^2$ ) ۰/۹۸ و کرامب (Naghedinia and Rezvani, 2009) با ضریب تبیین ( $R^2$ ) ۰/۹۶ در دماهای زیر مطلوب استفاده شده است.

سانتی گراد کاهش دهد. کاهش دمای پایه باعث می شود که بذر جوانهزنی خود را زودتر آغاز کند و در رقابت با علف های هرز موفق تر باشد. به عبارت دیگر، بذر های تیمار شده با نیترات پتابسیم ۰/۵٪، نسبت به بذر های شاهد جوانهزنی را زودتر آغاز کرده و در نتیجه تحت نتش های محیطی این بذرها سریع تر استقرار یافته و زودتر از خاک خارج خواهند شد و مدت زمان کمتری در معرض آفات و پاتوژن های خاکزی قرار خواهند گرفت. نظر به اینکه بذر های پرایمینگ شده با نیترات پتابسیم ۰/۵٪، دارای درصد جوانهزنی بیشتر و دمای پایه کمتر نسبت به بذر های شاهد هستند در نتیجه قدرت رقابت بیشتری با علف های هرز دارند.

### تعیین مدل زمان-دماهی

مدل زمان-دماهی به خوبی قادر به پیش بینی زمان جوانهزنی پیاز در دماهای زیر مطلوب و پتانسیل صفر بار (شاهد) بود. مقدار ضریب تبیین برابر ۰/۹۸ برای دماهای زیر حد مطلوب با استفاده از مدل زمان دما بدست آمد که بیانگر میزان دقیق مدل زمان دما بوده و نشان دهنده آن است که این مدل به خوبی توانسته رابطه بین سرعت جوانهزنی و دما را توصیف کند. مقدار دمای پایه برآورد شده با استفاده از برآش مدل زمان دما ۰/۹۵ درجه سانتی گراد بود (جدول ۴).

بر اساس مدل زمان دما، زمان مورد نیاز برای جوانهزنی با افزایش دما (از ۵ به ۲۵ درجه سانتی گراد در پتانسیل صفر)، کاهش یافت. همچنین در دماهای پایین تر از ۲۵ درجه سانتی گراد، درصد جوانهزنی نهایی به تدریج کاهش نشان داد. علاوه بر کاهش درصد جوانهزنی نهایی، کاهش سرعت جوانهزنی نیز در دماهای پایین نسبت به دماهای بالا کاملا مشهود بود. به طوریکه در دمای ۵ درجه سانتی گراد بعد از ۱۹۲ ساعت، فقط ۲۰٪ جوانهزنی داشت



شکل ۲- جوانه‌زنی تجمعی در دماهای ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل صفر. علامت درصد جوانه‌زنی مشاهده شده است و خطوط درصد جوانه‌زنی پیش‌بینی شده با مدل زمان دما

Figure 2- Germination progress curves incubated in water potential of 0 MPa at constant temperature of 5-30 °C. the line were fitted by Thermal-time model.

جدول ۴- تخمین پارامترهای مدل زمان دما برای پیش‌بینی پاسخ جوانه‌زنی پیاز به دماهای زیر مطلوب.

Table 4- parameter estimates by Thermal-time model to fit germination progress curves at different constant temperatures

رقم Cultivar	دماهای زیر مطلوب Sub-Optimal	T <sub>b</sub> (°C)	θ <sub>T</sub> (°Ch)	σ θ <sub>T</sub> (°Cd)	R <sup>2</sup>
زرگان Zargan	5-30(°C)	0.95	1872.794	625.2798	0.98

می تواند جوانهزنی بذر را در دامنه وسیعی از دما افزایش دهد به گونه ای که بذرها در دماهای خیلی پایین و بالا جوانهزنی مناسب داشته و این امر قابلیت سازگاری به منظور کشت بذر پیاز در مناطق مختلف با دامنه دمایی ۳۰-۵ درجه سانتی گراد را افزایش دهد و این امر باعث می شود که بذر جوانهزنی خود را زودتر آغاز کند و در رقابت با علف های هرز موفق تر باشد. به عبارت دیگر، این بذرها جوانهزنی شان را زودتر آغاز کرده و در نتیجه تحت نتش محیطی سریع تر استقرار یافته و زودتر از خاک خارج خواهند شد و مدت زمان کمتری در معرض آفات و پاتوژن ها قرار خواهند گرفت در نتیجه قدرت رقابت بیشتری با علف های هرز دارند. شاید بتوان با این تیمار بذری مشکل جوانهزنی بذر و استقرار گیاهچه پیاز در مناطق گرم و سرد ایران را مرتفع ساخت و محصولی با کمیت و کیفیت بالا برداشت کرد.

## نتیجه گیری کلی

در این تحقیق با کمک مدل دو تکه ای دماهای مهم برای جوانهزنی تعیین شد. دمای کمینه، دمای بهینه و بیشینه برای جوانهزنی پیاز بدون اعمال تیمار بذری به ترتیب  $46/12$  و  $27/622$  و  $1/091$  به دست آمد که از این مدل با ضریب تبیین ( $R^2 = 0.99$ ) و  $RMSE = 233277$  می توان در پیش بینی زمان جوانهزنی استفاده کرد. حتی می توان با تعیین دماهای مهم در تعیین تاریخ کاشت گیاه و حتی معرفی گیاه به یک منطقه و همچنین در پیش بینی دیگر مراحل رشد و توسعه سودمند واقع شود. نتایج حاصل از تیمار پرایمینگ بر جوانهزنی بذر نشان داد که واکنش بذر پیاز رقم زرگان به دما می تواند متاثر از تیمار پرایمینگ باشد. پرایمینگ می تواند جوانهزنی را در دماهای نزدیک به دمای پایه بهبود ببخشد. تیمار نیترات پتاسیم  $0.5\%$

## Reference

- Alvarado, V., and K.J. Bradford. 2002.** A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant Cell Environ.* 25:1061-1069.
- Basra, S.M.A., M. Ashraf, N. Iqbal, A. Khaliq, and R. Ahmad. 2004.** Physiological and biochemical aspects of pre-sowing heat stress on cotton seed. *Seed Sci. Technol.* 32:765-774.
- Bewley, J.D., and M. Black. 1994.** Seeds: Physiology of Development and Germination. New York: Plenum Press.
- Boroumand Rezazadeh, Z., and A. Koocheki. 2006.** Evaluation of cardinal temperature for three species of medicinal plants, Ajowan (*Trachyspermum ammi*), Fennel (*Foeniculum vulgare*) and Dill (*Anethum graveolens*). *Biaban (Desert Journal)*. 11(2):11-16. (In Persian)
- Bradford, K.J. 1986.** Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort Sci.* 21:1105-1112.
- Bradford, K. J. 2002.** Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Sci.* 50:248-260.
- Brocklehurst, P.A., and J. Dearman. 1983.** Interactions between seed priming treatments and nine lots of carrot, celery, and onion. I. Laboratory germination. *Ann. Appl. Biol.* 102:577-584.
- Brocklehurst, P. A., and J. Dearman. 2008.** Interaction between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion II. Seedling emergence and plant growth. *Ann. Appl. Biol.* 102:583-593.
- Cheng, Z., and K. J., Bradford. 1999.** Hydrothermal time analysis of tomato seed germination responses to priming treatments. *Exp. Bot.* 50(330):89-99.
- Demir, I., and H.A. Vande venter. 1999.** The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum. & Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. *Seed Sci. Technol.* 27: 871-875.

## منابع

- Dhanush, K, S. 2016.** Comparative evaluation of Different seed priming techniques for enhancing planting value in onion. Master. Thesis. UNIV New delhi. Indian.
- Dorna, H., M. Jarosz, D. Szopiska, I. Szulc, and A. Rosiska. 2013.** Germination, Vigour and Health of Primed *Allium cepa* L. seed after storage. *Acta sci. Pol.* 12(4):43-58.
- Ellis, R.H., and P.D. Butcher. 1988.** The effects of priming and ‘natural’ differences in quality amongst onion seed lots on the response of the rate of germination to temperature and the identification of the characteristics under genotypic control. *Exp. Bot.* 39: 935–950.
- Ellis, R.H., S. Covell, E.H. Roberts, and R.J. Summerfield. 1986.** The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. *Exp. bot.* 37:1503-1515.
- Foti, S., S.L. Cosentino, C. Patane, and G.M. D'Agosta. 2002.** Effect of Osmo conditioning upon seed germination of Sorghom (*Sorghom Bicolor* (L.) Moench) under low temperatures. *Seed Sci. Technol.* 30: 521-533.
- Ghassemi-Golezani, K., A.A., Aliloo, M. Valizadeh, and M. Moghaddam. 2008.** Effects of hydro and osmo-priming on seed germination and field emergence of Lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 36: 29-33.
- Jami Al-Ahmadi, M., and M. Kafi. 2007.** Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* (L.). *Arid Environ.* 68:308–314.
- Hardegree, S.P., and S.S. Van Vactor. 2000.** Germination and emergence of primed grass seeds under field and simulated- field temperature regimes. *Ann. Bot.* 85: 379-390.
- Hardegree, S.P., A.J. Thomas, and S.S. Van Vactor. 2002.** Variability in thermal response of primed and non-primed seeds of Squirrel tail [(Raf.) Swezey and (J.G. Smith) M.E. Jonse]. *Ann. Bot.* 89:311-319.
- Hu, J., X.J., Xie. Z.F. Wang, and W.J. Song. 2006.** Sand priming improves alfalfa germination under high-salt concentration stress. *Seed Sci. Technol.* 34: 199204.
- Hussain, S., M. Zheng, F. Khan, A. Khaliq, S. Fahad, S. Peng, et al. 2015.** Benefits of rice seed priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. *Sci. Rep.* 5:8101. doi: 10.1038/srep 08101.
- Kamaha, C., and Y.D. Magure. 1992.** Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. *Seed Sci. Technol.* 20: 181-185.
- Kebreab, E., and A. J. Murdoch. 1999.** Modelling the effects of water stress and temperature on germination rate of (*Orobanche aegyptiaca*) seeds. *Exp. Bot.* 50(334):655-664.
- Kaur, S., A.K. Gupta, and N. Kaur. 2006.** Effect of hydro-and osmoprimeing of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds on enzymes of sucrose and nitrogen metabolism in nodules. *Plant Growth Regul.* 49: 177-182.
- Kheirkhah, M., A. Koocheki, P. Rezvani Moghadam., and Nasiri Mahallati. 2011.** Determination cardinal temperature for perennial medicinal plant Kakooti germination (*Ziziphora clinopodioides* Lam.). water, soil and plant in Agriculture. 8(1):18-25. (In persian).
- Lee, S.S., and J.H. Kim. 2000.** Total sugars, a-amylase activity, and emergence after priming of normal and aged rice seeds. *Crop Sci.* 45:108–111.
- Maguire, J.D. 1962.** Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.
- Martinz, M.C., N. Corzo, and M. Villiamiel. 2007.** Biological properties of onion and garlic. *Trends in Food Sci. Technol.* 18:609-625.
- Mauromicale, G., and H. Cavallaro. 1997.** A comparative study of the effects of different compounds on priming of tomato seed germination under suboptimal temperatures. *Seed Sci. Technol.* 25:399-408.
- McDonald, M.B. 1999.** Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Sci. Technol.* 27:177-237.

- Mwale, S.S., S. N. Azam-Ali, J. A. Clark, R.G. Bradley, and M.R. Chatha.** 1994. Effect of temperature on germination of sunflower. *Seed Sci. Technol.* 22: 565–571.
- Naghedinia, N., and N. Rezvani Moghaddam.** 2009. Investigations on the cardinal temperatures for germination of crambe kotschyana. *Field Crop. Res.* 2(7): 451-456.
- Naik L.B., and K. Srinivas.** 1992. Seed production of vegetable crops-onion-A Review. *Agric. Rev.* 13:59-80.
- Nazari, M. A., Mamadi, and S.M. Bagher Hoseini.** 2017. The evaluation response of onion (*Allium cepa*) seed germination to temperature by thermal time analysis and determine cardinal temperatures by using nonlinear regression. *Field crop. Sci.* 48(4): 961-971.
- Piri, M., M.B. Mahdieh, J.A., Olfati, and Gh. Peyvast.** 2009. Germination and seedling development of cucumber are enhanced by priming at low temperature. *Veg. Sci.* 15(3):285-292.
- Posmyk, M.M., and K.M. Janas.** 2007. Effects of seed hydropriming in presence of exogenous proline on chilling injury limitation in *Vigna radiata* L. seedlings. *Acta Physiol Plant.* 25: 326-328.
- Rowse, H.R., and W.E., Finch-Savage.** 2003. Hydrothermal Threshold Models Can Describe the Germination Response of Carrot (*Daucus carota*) and Onion (*Allium cepa*) Seed Populations across Both Sub- and Supra-Optimal Temperatures. *The New Phytol.* 158 (1):101-108.
- Tabrizi, L., M. Nasiri Mahalati, and A. Kochaki.** 2004. Investigation on the cardinal temperature for germination of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. *Field Crops Res.* 2:143-151. (In Persian).
- Thygerson, T., J.M. Harris, B.N. Smith, L.D. Hansen, R.L. Pendleton, and D.T. Booth.** 2002. Metabolic response to temperature for six populations of winterfat (*Eurotia lanata*). *Thermochimica Acta.* 394: 211-217.
- Zheng, G.H., R.W. Wilen, A.E. Slinkard., and L.V. Gusta.** 1994. Enhancement of canola seed germination and seedling emergence at low temperature by priming. *Crop Sci.* 34: 1589-1593.
- Windauer, L.B., J. Martinez, D. Rapoport, D. Wassner., and R. Benech-Arnold.** 2012. Germination responses to temperature and water potential in *Jatropha curcas* seeds: a hydrotime model explains the difference between dormancy expression and dormancy induction at different incubation temperatures. *Ann. Bot.* 109(1):265-273.

