

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

زهرا بیگم مرادی شکوریان^۱، محمدعلی عسکری سرچشمه^{۲*}، مجتبی دلشاد^۳، رضا توکل افشاری^۴

۱ و ۲. دانشجوی دکتری، دانشیار، دانشیار گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۴. استاد گروه آموزشی آگرو تکتولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

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

چکیده

به منظور بررسی اثر پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر پیاز خوراکی رقم زرگان در شرایط دمایی متفاوت این تحقیق با ۶ سطح دمایی ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد 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 مولفه‌های جوانه‌زنی موثر باشد. بذرهای پرایمینگ شده با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ میزان جوانه‌زنی بیشتری در دامنه‌های مختلف دمایی نشان دادند. نیترات پتاسیم ۰/۵٪ توانست بر واکنش جوانه‌زنی به دما تاثیر گذاشته و بذرها در مقایسه با دو تیمار دیگر در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در حدود ۳۳/۶٪ جوانه‌زنی بیشتری داشتند. سایر نتایج نشان داد درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در کلیه پیش تیمارها به حداکثر مقدار خود رسیدند و پس از آن تقریباً روند ثابتی داشتند. ارزیابی مدل دوتکه‌ای برای پیش بینی دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر تیمار شده دماهای پایه، مطلوب و سقف به ترتیب ۱/۰۷، ۲۷/۳۸، ۴۶/۰۹ درجه سانتی‌گراد (در تیمار نیترات پتاسیم ۰/۵٪)، ۱، ۲۵، ۴۳ درجه سانتی‌گراد (در تیمار هیدرو پرایمینگ) و ۱/۰۹، ۲۷/۶، ۴۶/۱۲ درجه سانتی‌گراد (در تیمار شاهد) تعیین شد. برای پیش بینی زمان جوانه‌زنی در دماهای ثابت مختلف از مدل زمان-دمایی استفاده گردید که ضریب ثابت دمای طبیعی برابر ۱۸۷۲/۷۹۴ درجه سانتی‌گراد ساعت بود.

کلمات 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 Shakoorian¹, M.A. Askari Sarcheshmeh^{2*}, M. Delshad³, R. Tavakkol Afshari⁴

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 Zargan 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, Zargan Cultivar, cardinal temperatures, Thermal Time, Priming

* Email: askari@ut.ac.ir

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 بذر 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). بذرهایی با قدرت اولیه 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 بذرهایی گران قیمت هیبرید سبزی‌ها و گل‌ها می‌باشد (Cheng and Beradford, 1999). استفاده از بذرهایی با

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 فعال شدن آنزیم‌ها انجام شود اما ریشه‌چه خارج نمی‌شود. به عبارت بهتر در این روش، بذرها تا مرحله دوم آبنوشی پیش می‌روند، اما وارد مرحله سوم آبنوشی نمی‌شوند. بعد از تیمار پرایمینگ بذرها خشک می‌شوند و همانند بذرهایی بدون تیمار (شاهد) ذخیره و کشت می‌شوند (McDonald, 1999). این روش به طور گسترده‌ای برای افزایش درصد و یکنواختی استقرار گیاهچه بذر سبزی‌ها و گل‌های استفاده می‌شود (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)، کاناو (Zheng *et al.*, 1994)، هندوانه (Demir and Vande venter, 1999)، فلفل (Bradfor *et al.*, 1999) و کاهش دمای پایه جوانه‌زنی در گوجه فرنگی و سورگوم (Mauromicale and Cavallaro, 1997) با استفاده از پرایمینگ وجود دارد.

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

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 (روش پیشنهادی دانوش و همکاران (Dhanush, 2016)) بذرهای 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 بذرهای خشک شدند. بذرهای هر تیمار به تعداد ۵۰ عدد بذر، داخل پتری دیش‌هایی به قطر ۹ cm روی کاغذ صافی قرار داده شده و با پنج میلی لیتر آب مقطر مرطوب شدند. شمارش بذرهای 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).

$$Gt = (n/N * 100)$$

که در آن n تعداد بذرهای 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 V_g سرعت جوانه‌زنی بر حسب تعداد بذور در روز، N_i تعداد بذر جوانه زده در هر روز و D_i روز شمارش است. برای کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی به دما در تیمارهای پرایم و تعیین دمای اصلی و مهم برای جوانه‌زنی بذر پیاز حوراکي رقم زرگان از مدل دو تکه ای که معادله تابع آن به صورت زیر است استفاده شد (Mwal et al., 1994).

$$f(T) = (T - T_b) / (T_o - T_b) \text{ if } T_b < T < T_o$$

$$f(T) = 1 - \left(\frac{T - T_o}{T_c - T_o} \right) \text{ if } T_o \leq T < T_c$$

$$f(T) = 0 \text{ if } T \leq T_b \text{ or } T_c \leq T$$

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

کردند 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 و کتور (Hardegee 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 خوراکی و این حقیقت که تاخیر در جوانه‌زنی و یا کاهش تراکم در مزارع پیاز اثر نسبتاً شدیدتری بر عملکرد برجای 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 تنش (بخصوص تنش‌های دمایی) خواهند داشت. مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذرهای پیاز در دمای مختلف بود.

مواد و روش‌ها

این بررسی در آزمایشگاه کنترل و گواهی بذر پردیس 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 بذرهای در جای

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

RSME: جذر میانگین مربعات خطا

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

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

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

$$Probit_g = [(T - T_b)t_g - \theta_T(50)] / \sigma_\theta$$

که T دمای محیط، T_b دمای پایه و t_g زمان تا جوانه زنی برای g است که g درصد خاصی از جوانه زنی است، $\theta_T(50)$ ثابت ترمال تایم بر حسب درجه سانتی گراد ساعت و σ_θ نشان دهنده انحراف معیار از توزیع نرمال ترمال تایم است. با استفاده از این مدل زمان جوانه زنی بذر پیاز با توجه به درصد تجمعی جوانه زنی 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

انحراف معیار است) برای پیش بینی زمان جوانه زنی بود.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد در بخش آزمایش تاثیر پرایمینگ بر جوانه زنی بذر پیاز خوراکی رقم زرگان تاثیر دما، پرایمینگ بذر و اثر متقابل دما و پرایمینگ بذر بر درصد و سرعت جوانه زنی در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان می دهد درصد جوانه زنی در بذرهایی پرایم شده با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ و در کلیه دماها مورد بررسی، بیشتر تحت تاثیر قرار گرفت. این نتیجه با نتایج هاردگری و ون و کتور (Hardegree and Van Vactor, 2000) که بیان داشتند پرایمینگ بذر می تواند باعث بهبود سرعت و درصد جوانه زنی برای بسیاری از گونه های زراعی شود، همخوانی داشت.

پایین ترین سطح جوانه زنی در کلیه تیمارهای بذری در دمای ۵ درجه سانتی گراد مشاهده شد ولی با افزایش دما تا محدوده ۲۰ درجه سانتی گراد درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی افزایش یافت به عبارت دیگر زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ و ۹۰٪ جوانه زنی کاهش یافت که تفاوت معنی داری با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نشان نداد.

جدول ۱- میانگین مربعات خصوصیات جوانه زنی بذر پیاز رقم 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 جوانه زنی Germination Percentage	سرعت جوانه زنی 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 می دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات جوانه‌زنی 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	ویژگی‌های جوانه‌زنی Germination characteristics	
		درصد جوانه‌زنی Germination Percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
5	هالوپرایمینگ (پتاسیم نترات ۰/۵٪) Halopriming (Potassium nitrate (0.5%))	81.33c	4.49j
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	54.66d	3.07k
	شاهد Control	54.00d	2.93k
	هالوپرایمینگ (پتاسیم نترات ۰/۵٪) Halopriming (Potassium nitrate (0.5%))	99.33a	7.73hj
10	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	98.66ab	7.22i
	شاهد Control	99.33a	7.10i
	هالوپرایمینگ (پتاسیم نترات ۰/۵٪) Halopriming (Potassium nitrate (0.5%))	100.00a	8.51gh
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	98.66ab	10.33f
15	شاهد Control	99.33a	8.73g
	هالوپرایمینگ (پتاسیم نترات ۰/۵٪) Halopriming (Potassium nitrate (0.5%))	100.00a	14.30c
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	98.00ab	12.93d
	شاهد Control	100.00a	11.33e
20	هالوپرایمینگ (پتاسیم نترات ۰/۵٪) Halopriming (Potassium nitrate (0.5%))	100.00a	14.95bc
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	96.66ab	17.15a
	شاهد Control	98.00ab	15.51b
	هالوپرایمینگ (پتاسیم نترات ۰/۵٪) Halopriming (Potassium nitrate (0.5%))	99.33a	14.78bc
25	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	95.33b	16.38ab
	شاهد Control	96.00ab	10.35f
	هالوپرایمینگ (پتاسیم نترات ۰/۵٪) Halopriming (Potassium nitrate (0.5%))	99.33a	14.78bc
	هیدرو پرایمینگ Hydropriming	95.33b	16.38ab
30	شاهد Control	96.00ab	10.35f

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار 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 بذره‌های خیار، قدرت جوانه‌زنی را در دمای پایین افزایش می‌دهد. هاردگری و همکاران (Hardegee et al., 2002) نیز بیان داشتند تیمار پرایمینگ باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر به ویژه تحت تنش‌های محیطی (خشکی و سرما) در گیاهان زراعی و غیر زراعی می‌شود.

در مجموع نتایج نشان داد با بکارگیری نیترات پتاسیم ۰/۵٪ در دماها مختلف مشخصه‌های جوانه‌زنی بهبود یافت. به طوریکه در پایین‌ترین و بالاترین سطح دمایی مورد آزمایش بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار نیترات پتاسیم ۰/۵٪ مشاهده شد. این نتایج با پژوهش مائورومیکال و کاولارو (Mauromical and Cavallaro, 1997) برای گوجه فرنگی، ژانگ و همکاران (Zheng et al., 1994) برای بذر کانولا، دمیر و واند و نتر (Demir and Vande venter, 1999) در بذر هندوانه که بیان داشتند تیمار پرایمینگ سرعت و درصد جوانه‌زنی را در کلیه دماها به خصوص در دمای پایین افزایش می‌دهد همخوانی داشت. محققین مختلف در پژوهش‌های خود نیز موارد بالا را تأیید و اعلام کردند جوانه‌زنی مناسب و هماهنگی بذره‌های 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 قبلاً طی کرده است، زمانی که در مزرعه کاشته می‌شود، زودتر جوانه می‌زند.

محاسبه دماهای پایه و سرعت جوانه‌زنی بذر پیاز

خوراکی رقم زرگان

به منظور کمی سازی واکنش جوانه‌زنی بذره‌های پیاز در دماها 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 سانتی‌گراد به ۳۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و این کاهش در تیمار شاهد بسیار مشهود بود که تفاوت معنی‌داری با دو تیمار دیگر داشت (جدول ۲). در دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در همه تیمارهای بذری درصد جوانه‌زنی، ۰/۶۷٪ در تیمار پرایمینگ نیترات پتاسیم ۰/۵٪، ۱/۳۷٪ در تیمار هیدرو پرایمینگ و ۲/۰۴٪ در تیمار شاهد کاهش نشان داد. بهترین پاسخ به پرایمینگ در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و شاخص‌های جوانه‌زنی در این دما نسبت به دیگر دماها پاسخ بهتری نشان داد به طوریکه در این دما جوانه‌زنی تحت تاثیر تیمار پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵٪، ۸۱/۳۳٪، در هیدرو پرایمینگ ۵۴/۶۶٪ و در شاهد ۵۴٪ مشاهده گردید. سرعت جوانه‌زنی در این دما از ۴/۴۹٪ در تیمار نیترات پتاسیم ۰/۵٪ به ۳/۰۷٪ در تیمار هیدرو پرایمینگ و ۲/۹۳٪ در تیمار شاهد کاهش یافت. در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نیز صرف نظر از معنی‌داری، بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار نیترات پتاسیم ۰/۵٪ مشاهده شد (جدول ۲). در نتیجه می‌توان اظهار داشت محدوده دمایی مجاز برای جوانه‌زنی بذر در تیمار پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ وسیع‌تر بوده و در مقابل در تیمار هیدرو پرایمینگ و شاهد محدوده دمایی مجاز برای جوانه‌زنی محدودتر می‌شود (جدول ۲). در دو تیمار هیدروپرایم و شاهد بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد رخ داد و در دمای بالاتر و پایین‌تر از این دما، کاهش درصد جوانه‌زنی مشاهده شد و این اختلاف در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر مشهود بود به طوریکه کاهش شدید در درصد جوانه‌زنی در این دما در دو تیمار هیدروپرایم و شاهد نسبت به دماهای مطلوب در حدود ۴۴ درصد بود. اما این کاهش در بذره‌های پرایم شده با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ کمتر از بذره‌های شاهد و هیدروپرایم در مقایسه با دمای مطلوب و در حدود ۱۹ درصد بود. عبارت دیگر تاثیر تیمار پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵٪ بر درصد جوانه‌زنی بذره‌های پیاز در دمای پایین بیشتر می‌باشد و با کاهش دما استفاده از این

اطمینان ۰/۹۷٪ 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 ۰/۹۴٪ 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 برازش شد.

مقادیر RMSE برای تیمار بذری پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵٪، هیدروپرایمینگ و شاهد به ترتیب برابر ۰/۳۸۳۶۷۵، ۰/۱۵۲۳۵۵ و ۰/۲۳۳۲۷۷ و میزان ضریب تبیین به ترتیب برابر ۰/۹۴، ۰/۹۷ و ۰/۹۹ با استفاده از این مدل برازش داده شد.

بذرهای پیاز در یک نقطه سرعت جوانه زنی در حداکثر مقدار خود بود و بالاتر و پایین تر از این نقطه سرعت جوانه زنی کاهش یافت، با توجه به پراکنش داده های سرعت جوانه زنی در مقابل دما مدل دو تکه ای بهترین برازش را نشان داد. مقادیر RMSE (جذر میانگین مربعات خطا)، R^2 (ضریب تبیین)، T_b (دمای پایه)، T_o (دمای بهینه)، T_c (دمای سقف) مربوط به مقادیر جوانه زنی 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 ۰/۹۹٪ برای جوانه زنی بهینه بذر گیاه و 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 هیدرو پرایمینگ این مقادیر با

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

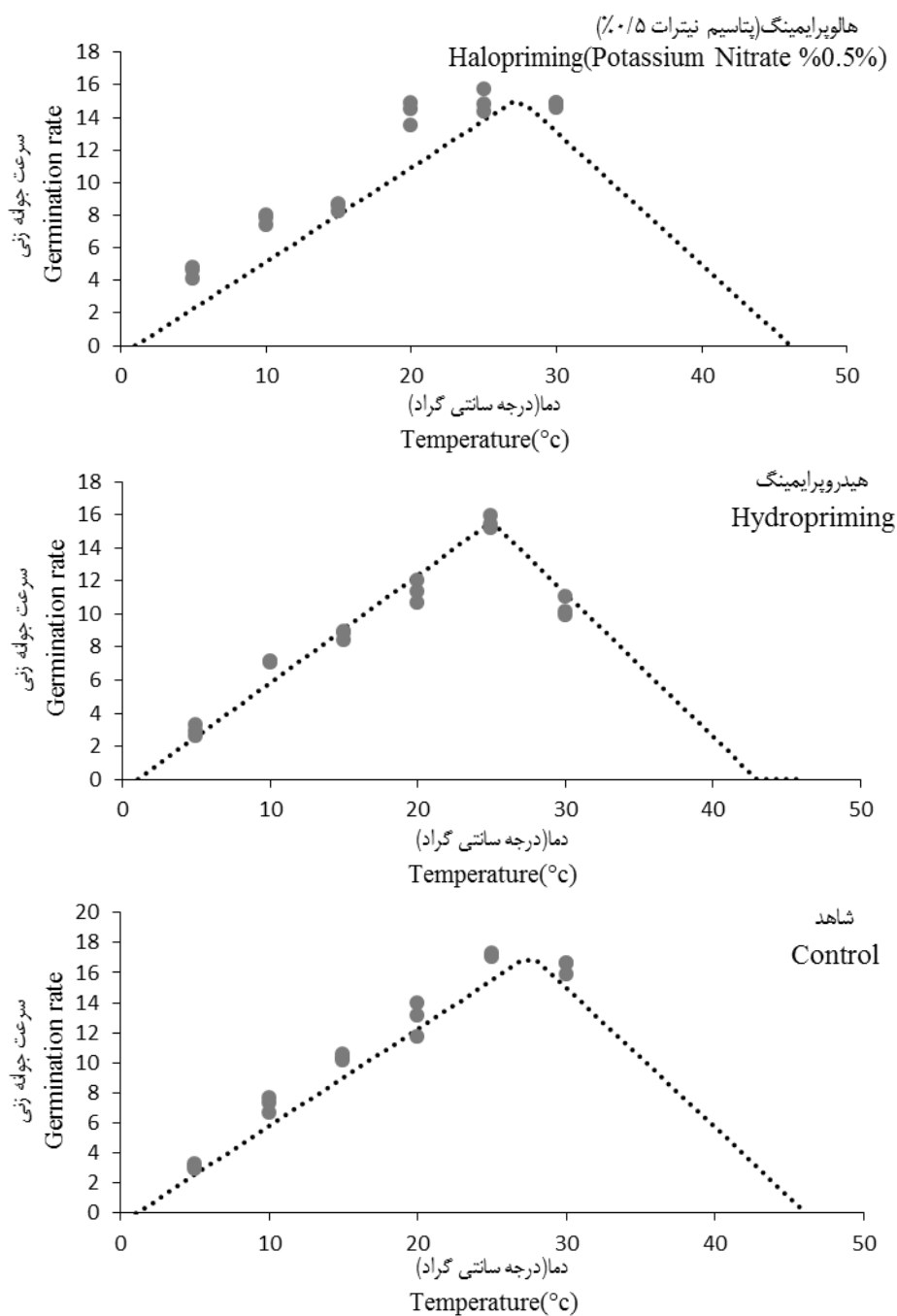
Table 3- Estimated parameters for the Segmented

تیمار Treatment	جذر میانگین مربعات خطا RMSE	ضریب تبیین R^2	دمای سقف T_c	دمای بهینه T_o	دمای پایه T_b
اسمو پرایمینگ (نیترات پتاسیم ۰/۵٪) Osmopriming (Nitrat potassium 0.5%)	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 جوانه زنی 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 جوانه زنی بر اساس مدل دو تکه ای

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

کاهش دهند.

مانتورومیکایل و کاروالیو (Mauromicale and Cavallaro, 1997) نیز نشان دادند که پرایمینگ توانست دمای پایه جوانه زنی گوجه فرنگی را ۰/۳ تا ۰/۴ درجه

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

سانتی گراد کاهش دهد. کاهش دمای پایه باعث می شود که بذر جوانه زنی خود را زودتر آغاز کند و در رقابت با علف های هرز موفق تر باشد. به عبارت دیگر، بذره های تیمار شده با نیترات پتاسیم ۰/۵٪، نسبت به بذره های جوانه زنی را زودتر آغاز کرده و در نتیجه تحت تنش 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 خاکری قرار خواهند گرفت. نظر به اینکه بذره های پرایمینگ شده با نیترات پتاسیم ۰/۵٪، دارای درصد جوانه زنی بیشتر و دمای پایه کمتر نسبت به بذره های شاهد هستند در نتیجه قدرت رقابت بیشتری با علف های هرز دارند.

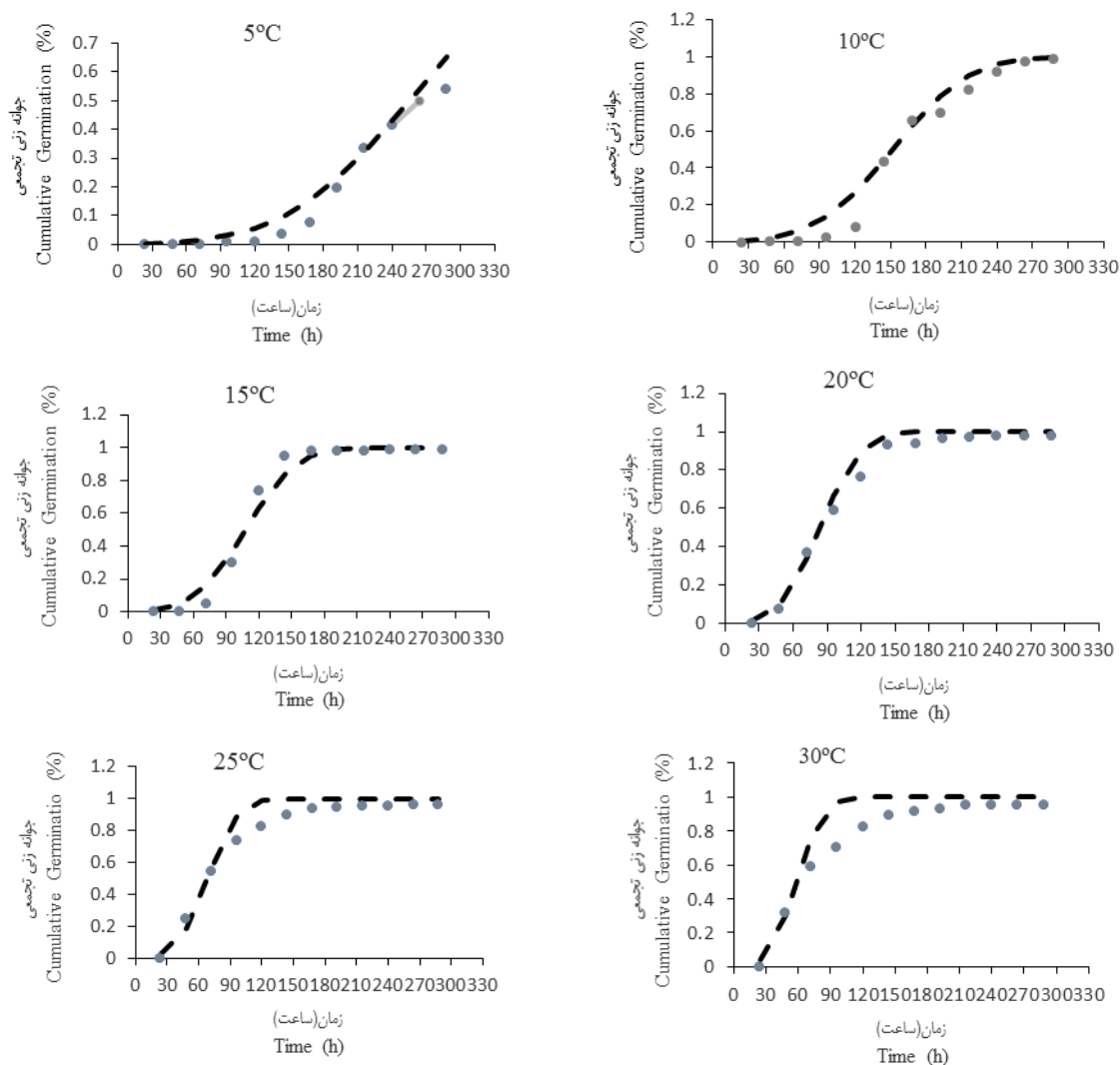
تعیین مدل زمان-دمایی

مدل زمان-دمایی به خوبی قادر به پیش بینی زمان جوانه زنی 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 دقت مدل زمان دما بوده و نشان دهنده آن است که این مدل به خوبی توانسته رابطه بین سرعت جوانه زنی و دما را توصیف کند. مقدار دمای پایه برآورد شده با استفاده از برآزش مدل زمان دما ۰/۹۵ درجه سانتی گراد بود (جدول ۴).

بر اساس مدل زمان دما، زمان مورد نیاز برای جوانه زنی 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 جوانه زنی نهایی به تدریج کاهش نشان داد. علاوه بر کاهش درصد جوانه زنی نهایی، کاهش سرعت جوانه زنی نیز در دماهای پایین نسبت به دماهای بالا کاملاً مشهود بود. به طوریکه در دمای ۵ درجه سانتی گراد بعد از ۱۹۲ ساعت، فقط ۲۰٪ جوانه زنی داشت

اما در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بعد از ۷۲ ساعت آبنوشتی، بیش از ۵۰٪ جوانه زنی داشت (شکل ۲). این امر ممکن است به دلیل نزدیکی بودن دمای ۵ درجه سانتی گراد به دمای پایه بوده و در نتیجه زمان دما جمعیتی مورد نیاز برای رسیدن به بالای ۸۰٪ جوانه زنی 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، جوانه زنی در زمان کمتری نسبت به دماهای پایین تر صورت گرفت و تنها تفسیر برای تفاوت در درصد نهایی جوانه زنی، بیان خواب (Nazari *et al.*, 2017) و یا کاهش سرعت آبنوشتی بذر در دماهای پایین (Bewley and Black, 1994) می باشد. جوانه زنی در دماهای پایین موجب ایجاد خواب در کسری از بذرها می شود و این نتیجه با نتایج ویندور و همکاران (Windauer *et al.*, 2012) روی بذر (*Jatropha curcas*) در پنج سطح دمایی همخوانی دارد به طوری که بیشترین درصد جوانه زنی جمعیتی برای بذر پیاز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد با استفاده از مدل زمان دما پیش بینی شد. کاهش درصد و سرعت جوانه زنی 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) و در نتیجه کاهش سرعت فرایندهای زیستی لازم برای جوانه زنی 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 کرامسب (Naghedinia and Rezvani, 2009) با ضریب تبیین (R^2) ۰/۹۶ در دماهای زیر مطلوب استفاده شده است.



شکل ۲- جوانه زنی تجمعی در دماهای ۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد و پتانسیل صفر. علائم درصد جوانه زنی مشاهده شده است و خطوط درصد جوانه زنی پیش بینی 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 پیش بینی پاسخ جوانه زنی بیاز به دماهای زیر مطلوب.

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

رقم Cultivar	دمای زیر مطلوب Sub-Optimal	Tb (°C)	θ_T (°Ch)	$\sigma \theta_T$ (°Cd)	R ²
زرگان Zargan	5-30(°C)	0.95	1872.794	625.2798	0.98

می تواند جوانه زنی بذر را در دامنه وسیعی از دما افزایش دهد به گونه ای که بذرها در دماهای خیلی پایین و بالا جوانه زنی 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 جوانه زنی خود را زودتر آغاز کند و در رقابت با علف های هرز موفق تر باشد. به عبارت دیگر، این بذرها جوانه زنی شان را زودتر آغاز کرده و در نتیجه تحت تنش 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 جوانه زنی 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 جوانه زنی تعیین شد. دمای کمینه، دمای بهینه و بیشینه برای جوانه زنی پیاز بدون اعمال تیمار بذری به ترتیب ۱/۰۹۱، ۲۷/۶۲۲ و ۴۶/۱۲ به دست آمد که از این مدل با ضریب تبیین (R^2) ۰/۹۹ و $RMSE$ ۰/۲۳۳۲۷۷ می توان در پیش بینی زمان جوانه زنی 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 جوانه زنی بذر نشان داد که واکنش بذر پیاز رقم زرگان به دما می تواند متاثر از تیمار پرایمینگ باشد. پرایمینگ می تواند جوانه زنی را در دماهای نزدیک به دمای پایه بهبود بخشد. تیمار نترات پتاسیم ۰/۵٪

Reference

منابع

- 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.
- Brodford, 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.
- 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.
- Hardegee, 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.
- Hardegee, 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/srep08101.
- 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 osmopriming of chickpea (*Cicer orietinum* 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. Mahdiah, 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 ovate* 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 hydrotimic model explains the difference between dormancy expression and dormancy induction at different incubation temperatures. *Ann. Bot.* 109(1):265-273.

