

تعیین دماهای کاردینال دو گونه ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia sativa*; *Vicia pannonica*) در واکنش به دما و پتانسیل‌های مختلف آب با استفاده از مدل دو تکه‌ای

بتول مهدوی^{۱*}، حسین صفری^۲

۱. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۵)

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی جوانه‌زنی دو گونه ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia sativa* و *Vicia pannonica*) تحت دماهای (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و پتانسیل‌های آبی مختلف (۰، -۲، -۴، -۶، -۸، -۱۰ بار) در آزمایشگاه زراعت دانشگاه ولی عصر رفسنجان به صورت فاکتوریل سه عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و دما با استفاده از مدل دو تکه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در پتانسیل‌های مختلف آب، دمای پایه برای جوانه‌زنی گونه *Vicia pannonica* بین ۳/۶۵- تا ۱/۳۹، دمای مطلوب بین ۲۳/۹۹ تا ۲۵/۵۷ و دمای سقف بین ۳۰ تا ۵۸/۵۴ درجه سانتی‌گراد بود. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۲/۲۹ تا ۷۴/۹۷ ساعت بود. همچنین در پتانسیل‌های مختلف آب، دمای پایه برای جوانه‌زنی گونه *Vicia sativa* بین ۳/۵۴- تا ۱/۳۹، دمای مطلوب بین ۲۲/۷۰ تا ۲۵/۶۴ و دمای سقف بین ۳۰ تا ۴۲/۲۸ درجه سانتی‌گراد بود. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۳/۱۰ تا ۸۳/۵۴ ساعت بود. نتایج مربوط به سرعت جوانه‌زنی در هر دو گونه حاکی از آن بود که با افزایش پتانسیل آب، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. در تمامی پتانسیل‌های آب روند سرعت جوانه‌زنی تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایشی و پس از آن کاهش‌ی بود. از این پارامترها و روابط بدست آمده می‌توان برای پیش‌بینی زمان تا جوانه‌زنی یا سبز شدن این دو گونه ماشک گل خوشه‌ای در پتانسیل‌های مختلف آب استفاده نمود.

کلمات کلیدی: پتانسیل آب، دما، سرعت جوانه‌زنی، ماشک گل خوشه‌ای، مدل دو تکه‌ای

Determination cardinal temperatures of vetch (*Vicia sativa*; *Vicia pannonica*) in response to temperature and different water potential using segmented model

B. Mahdavi^{1*}, H. Safari²

1. Assistant Professor of agronomy, Department of Agronomy, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
2. Graduated MSc in Agronomy (Masters), Department of Agronomy, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
(Received: Oct. 15, 2016 – Accepted: Jan. 24, 2017)

Abstract

This study was conducted to study germination two species of vetch (*Vicia sativa*; *Vicia pannonica*) under temperatures (5, 10, 15, 20, 25, and 30 °C) and different water potentials (0, -2, -4, -6, -8 and -10 bar) at the Vali Asr Rafsanjan University laboratory in completely randomized design arranged as a factorial with four replications. The segmented function was evaluated to describe the relationship between germination rate and temperature. Results showed base temperature for germination of *Vicia pannonica* was -3.65 to 1.39, optimum temperature 23.99 to 25.57 and ceiling temperature 30 to 58.54 under different water potentials. The biological hours for germination of this specie were 32.29 to 74.97 hours under different water potentials. Also, base temperature for germination of *Vicia sativa* was -3.54 to 1.39, optimum temperature 22.70 to 25.64 and ceiling temperature 30 to 42.28 under different water potentials. The biological hour requirements for germination of this specie were between 33.10 to 83.54 hours under different water potentials. The results of germination rate in both species showed that with increasing water potential, germination rate decreased. In all of water potentials germination rate increased to 25°C and then decrease. Estimated parameters and the relations can be used to prediction time to germination or emergence in two species of vetch under different water potentials.

Keywords: Germination rate, Segmented Model, Temperature, Vetch, Water potential

* Email: b.mahdavi@vru.ac.ir

مقدمه

جوانه‌زنی یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی گیاه (De Villiers *et al.*, 1994) و یک فرآیند کلیدی در سبزشدن گیاهچه است (Forcella *et al.*, 2000). جوانه‌زنی بذر در شرایط رطوبت مناسب به شدت به دما وابسته است. زمان رسیدن به درصدهای مختلف جوانه‌زنی شاخصی است که به شدت تحت تاثیر شرایط حاکم بر جوانه‌زنی و به ویژه دما قرار می‌گیرد (Alvarado, 2000). گیاهان دارای سه دمای کاردینال شامل دمای پایه یا حداقل، دمای مطلوب و دمای حداکثر یا سقف برای جوانه‌زنی هستند. دمای پایه و حداکثر دماهایی هستند که به ترتیب در دماهای پایین‌تر و بالاتر از آن‌ها، جوانه‌زنی متوقف می‌شود و دمای مطلوب دمایی است که در آن جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان ممکن اتفاق می‌افتد. یعنی سرعت جوانه‌زنی در حداکثر است (Alvarado and Bradford, 2002). معمولاً تفاوت دماهای کاردینال در ارقام مختلف در داخل یک گونه اندک است، بنابراین می‌توان در هر گونه مقدار آن‌ها را ثابت در نظر گرفت مگر آن‌که آزمایش‌ها و شواهد نتایجی به غیر از این را برای یک رقم خاص نشان دهند (Soltani *et al.*, 2006). در ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی تحقیقات زیادی در زمینه تعیین دماهای کاردینال و کمی کردن رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و سبزشدن در برابر دما با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی صورت گرفته است (Ghaderi Far *et al.*, 2009; Kamkar *et al.*, 2006; Soltani *et al.*, 2006). ترابی و همکاران (Torabi *et al.*, 2013) با استفاده از توابع دوتکه‌ای، بتا و دندان مانند واکنش جوانه‌زنی ارقام مختلف گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) نسبت به دما را بررسی کردند که تابع دوتکه‌ای به عنوان تابع برتر شناخته شد. براساس این تابع دماهای پایه، مطلوب و سقف جوانه‌زنی برای گلرنگ به ترتیب ۵، ۳۲ و ۴۸ درجه

سانتی‌گراد بدست آمد. همچنین برای کمی کردن واکنش سبزشدن نخود (*Cicer arietinum*) نسبت به دما از تابع دندان مانند استفاده شد که دمای پایه این گیاه بر اساس این مدل برابر ۴/۵ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب تحتانی و فوقانی به ترتیب ۲۰/۲ و ۲۹/۰ درجه سانتی‌گراد و دمای سقف ۳۹/۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شدند (Torabi and Soltani, 2013). برخی از محققان برای واکنش سبزشدن باقلا (*Vicia faba* L.) نسبت به دما از توابع بتا، دوتکه‌ای، منحنی، درجه دو و دندان مانند استفاده کردند و نتایج نشان داد که واکنش سبزشدن باقلا نسبت به دما، به وسیله‌ی تابع دوتکه‌ای بهتر از سایر مدل‌ها توصیف می‌گردد (Ajam Norouzi *et al.*, 2007). برآورد دماهای کاردینال توسط تابع دوتکه‌ای نشان داد که برای ارقام مختلف باقلا دمای پایه از ۰/۹۸ تا ۱/۶۱ درجه سانتی‌گراد و دمای مطلوب از ۲۴/۹۹ تا ۲۸/۸ درجه سانتی‌گراد در نوسان بود و دمای سقف برای همه ارقام ۳۵ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. مدل‌های ریاضی متعددی برای توصیف الگوی جوانه‌زنی در واکنش به دما و پتانسیل آب ارائه شده‌اند (Tan *et al.*, 1997). از این میان، سه تابع دوتکه‌ای، بتا و دندان مانند برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها به دما بیشتر از بقیه استفاده شده‌اند (Kebreab and Murdoch, 2000). در مطالعات اخیر، کمی‌سازی سرعت جوانه‌زنی در واکنش به دما و پتانسیل آب با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی در گندم و جو بررسی و دماهای کاردینال این گیاهان تعیین شد (Kalili *et al.*, 2013; Nozari Nejad *et al.*, 2013). برخی از محققان واکنش جوانه‌زنی چهار نوع شبدر را در دماهای مختلف بررسی کردند (Iannucci *et al.*, 2000). آن‌ها دمای پایه برای جوانه‌زنی شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.)، کریسون (*Trifolium incarnatum* L.)، پرشن (*Trifolium risupinatum* L.) و اسکوراسیوم (*Trifolium squarrosum* L.) را به ترتیب ۰/۸، ۰/۴، ۱/۵ و ۰/۲ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. در کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی سه گیاه دارویی

مناطق کشور رشد می‌کند. این تحقیق برای ارزیابی مدل‌های مختلف رگرسیونی برای کمی کردن واکنش درصد جوانه‌زنی دو گونه ماشک گل خوشه‌ای به دما در پتانسیل‌های مختلف آب صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در آزمایشگاه بذر گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان به صورت فاکتوریل سه عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد که در آن عامل اول دو گونه ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia pannonica* و *Vicia sativa*)، عامل دوم پتانسیل‌های مختلف آب در شش سطح (۰، -۲، -۴، -۶، -۸، -۱۰- بار) و عامل سوم دما در شش سطح (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) بودند. تیمارهای دمایی توسط انکوباتور با دقت ۰/۵ درجه سانتی‌گراد تامین گردید. پتانسیل‌های آب بر اساس فرمول میشل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG6000) تهیه (رابطه ۱ و جدول ۱) و برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد.

۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش کاغذهای صافی در محلول‌های تهیه شده برای پتانسیل‌های مختلف قرار داده شدند. پتری دیش‌ها برای ضد عفونی به مدت ۲۴ ساعت در آون دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. کف پتری دیش‌ها با یک کاغذ صافی پوشانده شده و ۵۰ عدد بذر در داخل هر پتری دیش قرار گرفت. شمارش بذرهای جوانه‌زده هر ۲۴ ساعت یکبار صورت گرفت و معیار بذر جوانه زده خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر یا بیشتر بود (ISTA, 2009).

کدو تخم کاغذی (*Cucurbita pepo*)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و گاوزبان (*Borago officinalis* L.) به دما و پتانسیل آب از مدل‌های دندان مانند، دو تکه‌ای و بتا استفاده شد و دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف و ساعت زیستی این گیاهان برآورد شد (Akram Ghaderi et al., 2008). آزمایشات زیادی در زمینه کمی کردن رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و یا سبزشدن در برابر دما و نیز تعیین دماهای کاردینال در ارقام مختلف گیاهان زراعی با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی صورت گرفته است (Akram Ghaderi et al., 2008; Ghaderi Far et al., 2009; Wang et al., 2009).

دمای پایه برای جوانه‌زنی ارقام مختلف گل‌رنک ۵/۰ تا ۶/۹ درجه سانتی‌گراد و شبدر ۰/۲ تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد، گزارش شده است (Torabi et al., 2013; Iannucci et al., 2000). دمای مطلوب برای جوانه‌زنی ارقام مختلف گل‌رنک ۳۱/۴ تا ۳۴/۱ درجه سانتی‌گراد گزارش شد (Torabi et al., 2013). ساعت زیستی لازم برای سبزشدن ارقام مختلف نخود، ۶/۱ روز (Soltani et al., 2006) و ۷/۹ روز (Torabi and Soltani, 2013) و برای جوانه‌زنی ارقام مختلف گل‌رنک ۱۸/۷ روز (Torabi et al., 2013) گزارش شد.

Vicia pannonica گیاهی است یک ساله با ساقه‌های خشن و راست و برگ‌های شانه‌ای پهن متشکل از دو تا پنج جفت برگچه است. این گیاه آب و هوای مرطوب را ترجیح می‌دهد و مقاومت آن به سرمای زمستان زیاد نیست ولی زمستان‌های معتدل را بخوبی تحمل می‌کند. *Vicia sativa*، ماشک گل خوشه‌ای گونه‌ای یک ساله با ساقه‌ی بلند به ارتفاع ۸۰-۴۰ سانتی‌متر و برگ‌های شانه‌ای متوسط متشکل از دو تا پنج جفت برگچه است. این گیاه به عنوان یک گیاه علوفه‌ای زراعت می‌شود. ماشک گل خوشه‌ای زراعی در استان‌های شمالی کشور آذربایجان لرستان همدان و به صورت پراکنده در سایر

جدول ۱- مقادیر مورد نیاز برای ایجاد پتانسیل‌های محلول اسمزی پلی اتیلن گلیکول (برحسب گرم در لیتر)

Table 1- Required amount for creating osmotic potentials of polyethylene glycol (g/L).

پتانسیل آب (بار) Water potentials (bar)	دما Temperature (°C)					
	5	10	15	20	25	30
	غلظت محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (گرم در لیتر آب) Polyethylene glycol concentration (g/L Water)					
-2	94.4	99.8	105.8	112.4	119.5	127.9
-4	147	153.9	161.4	169.5	178.3	188.2
-6	188.2	196	204.5	213.7	223.6	234.7
-8	223.1	231.7	241	251	262	273.8
-10	254	263.3	273.3	284	295.7	308.4

معادله تابع دو تکه‌ای (۲)

$$f(T) = \frac{T - T_b}{T_o - T_b} \quad \text{اگر } T_b \leq T \leq T_o$$

$$f(T) = \left[1 - \frac{T - T_b}{T_c - T_o} \right] \quad \text{اگر } T_o < T < T_c$$

$$f(T) = 0 \quad \text{اگر } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c$$

در این روابط T دمای متوسط روزانه (دمای آزمایش)، T_b دمای پایه، T_o دمای مطلوب، T_c دمای سقف بر حسب درجه سانتی‌گراد است. تخمین پارامتر مدل مذکور با روش مطلوب سازی تکراری به کمک رویه NLIN در نرم افزار SAS صورت گرفت (Soltani, 2007).

نتایج و بحث

با توجه به تعیین دماهای کاردینال توسط مدل دو تکه‌ای دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای جوانه‌زنی گونه *Vicia pannonica* در دامنه‌ای از پتانسیل‌های آب به ترتیب بین $-۳/۶۵$ تا $۱/۳۹$ ، $۲۳/۹۹$ تا $۲۵/۵۷$ و ۳۰ تا $۵۸/۵۴$ درجه سانتی‌گراد تغییر داشت. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین $۳۲/۲۹$ تا $۷۴/۹۷$ ساعت بود (جدول ۱).

در طول آزمایش در صورت نیاز محلول مربوطه به ظرف‌های پتری اضافه شد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها از برنامه جرمن (Germin) (Soltani and Maddah, 2010) استفاده شد که این برنامه زمان لازم برای رسیدن به ۱۰ (D10)، ۵۰ (D50) و ۹۰ (D90) درصد حداکثر جوانه‌زنی را محاسبه می‌کند. این برنامه این پارامترها را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون یابی خطی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند. برای کمی کردن واکنش جوانه‌زنی به دما و تعیین دماهای کاردینال از مدل زیر استفاده شد (Soltani et al., 2006).

$$R50=f(T) R_{max} \quad (۲)$$

در این رابطه $f(T)$ تابع دما است که از صفر در دمای پایه و سقف تا ۱ در دمای مطلوب تغییر می‌کند و R_{max} حداکثر سرعت ذاتی جوانه‌زنی در دمای مطلوب است. بنابراین $1/R_{max}$ حداقل ساعت تا جوانه‌زنی را در دمای مطلوب نشان می‌دهد که همان تعداد ساعت زیستی مورد نیاز برای جوانه‌زنی می‌باشد. برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها به دما در پتانسیل‌های مختلف تابع دمایی دو تکه‌ای مورد استفاده قرار گرفت (Soltani et al., 2006).

جدول ۲- برآورد دمای پایه (T_b ، درجه سانتی گراد)، دمای مطلوب (T_o ، درجه سانتی گراد) و دمای سقف (T_c ، درجه سانتی گراد)، و تعداد ساعت زیستی (G_o) برای سبز شدن (۵۰ درصد جمعیت) در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای.

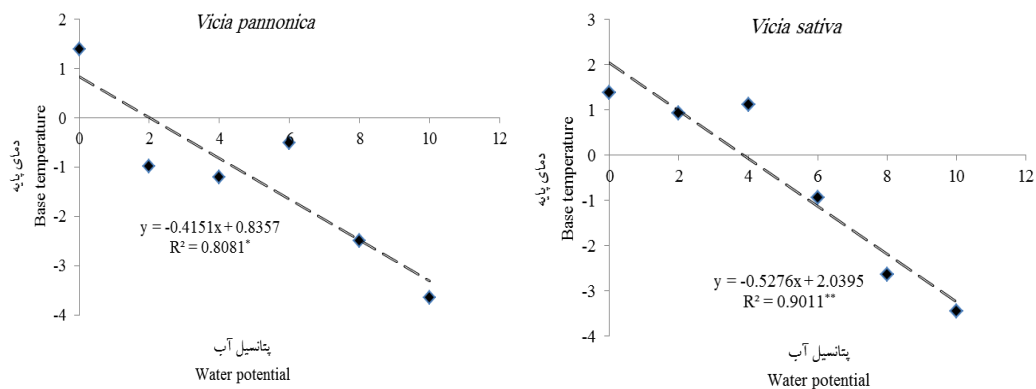
Table 2- Estimates of base temperature (T_b , °C), optimum temperature (T_o , °C), ceiling temperature (T_c , °C) and biological hour (G_o), for emergence of two species of vetch

گونه Species	پتانسیل آب (بار) Water potentials (bar)	T_b	T_o	T_c	G_o	RMSE
<i>Vicia pannonica</i>	0	1.39 ± 0.68	25.57 ± 0.55	58.54 ± 4.12	32.29 ± 0.77	0.00085
	-2	-0.98 ± 1.56	24.86 ± 1.01	54.52 ± 10.53	40.13 ± 1.46	0.00115
	-4	-1.20 ± 1.26	24.62 ± 0.76	50.00 ± 5.99	49.25 ± 1.46	0.00075
	-6	-0.50 ± 0.83	24.26 ± 0.32	34.32 ± 0.58	47.79 ± 1.19	0.00059
	-8	-2.50 ± 0.85	24.21 ± 0.22	32.14 ± 0.26	69.31 ± 1.45	0.00032
	-10	-3.65 ± 1.65	23.99 ± 0.67	30.00 ± 0.52	74.97 ± 6.02	0.00116
<i>Vicia sativa</i>	0	1.39 ± 0.18	25.64 ± 0.13	42.28 ± 0.60	33.10 ± 0.21	0.00023
	-2	0.92 ± 0.64	24.86 ± 0.27	35.34 ± 0.57	36.70 ± 0.77	0.00064
	-4	1.12 ± 1.16	24.82 ± 0.55	36.87 ± 1.43	43.23 ± 1.64	0.00084
	-6	-0.93 ± 3.51	24.95 ± 1.38	37.32 ± 3.70	55.34 ± 5.12	0.00189
	-8	-2.64 ± 2.07	23.83 ± 0.79	36.78 ± 1.91	68.92 ± 3.23	0.00079
	-10	-3.45 ± 1.93	22.70 ± 1.03	30.00 ± 0.77	83.54 ± 7.63	0.00127

گردید. ضریب تبیین پتانسیل آب و دمای سقف برای گونه *Vicia sativa* و *Vicia pannonica* به ترتیب برابر با ۰/۹۲ و ۰/۵۸ مشاهده گردید (شکل ۳). نتایج بدست آمده برای تعداد ساعت زیستی جهت جوانه‌زنی گونه‌های ماشک گل خوشه‌ای تحت پتانسیل‌های مختلف آبی نشان داد که در اثر افزایش پتانسیل آبی تعداد ساعت زیستی نیز در سطح یک درصد افزایش یافت و روند افزایشی در هر دو گونه بطور یکسان عمل کرد (شکل ۴).

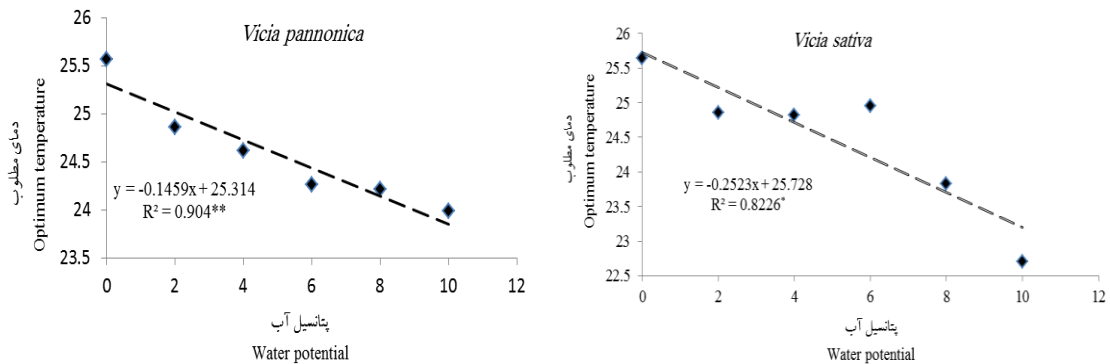
ضریب تبیین پتانسیل آب و ساعت زیستی برای گونه *Vicia sativa* و *Vicia pannonica* به ترتیب برابر با ۰/۹۲ و ۰/۹۵ مشاهده گردید که میزان دقت برازش خط بین نقاط پتانسیل آب و ساعت زیستی برای گونه دوم را بیان می‌کند (شکل ۴). روند درصد جوانه‌زنی تجمعی نشان داد که در دمای ۵ درجه سانتی گراد بذره‌های شاهد در گونه *Vicia pannonica* بعد از روز چهارم (شکل ۵) و در گونه *Vicia sativa* بعد از روز پنجم (شکل ۶) جوانه زدند و با افزایش پتانسیل آب به ۸- بار این زمان در هر دو گونه به هفت روز افزایش یافت.

همچنین دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای جوانه‌زنی گونه *Vicia sativa* در دامنه‌ای از پتانسیل‌های آب به ترتیب بین ۳/۵۴- تا ۱/۳۹، ۲۲/۷۰ تا ۲۵/۶۴ و ۳۰ تا ۴۲/۲۸ درجه سانتی گراد تغییر داشت. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۳/۱۰ تا ۸۳/۵۴ ساعت بود (جدول ۱). با توجه به نتایج گزارش شده در شکل ۱ دمای پایه جهت جوانه‌زنی در هر دو گونه (*Vicia sativa* و *Vicia pannonica*) روند یکسانی داشتند به طوری که با افزایش پتانسیل آبی تا ۱۰- بار در هر دو گونه کاهش یافت. در خصوص نتایج مربوط به پتانسیل آب و تعیین دمای مطلوب برای دو گونه مورد بررسی همان گونه که در شکل (۲) گزارش شده است در اثر افزایش پتانسیل آب، دمای مطلوب از تیمار شاهد (صفر بار) تا فشار ۱۰- بار کاهش یافت. ضریب تبیین پتانسیل آب و دمای مطلوب گونه *Vicia pannonica* برابر با ۰/۹۰ بود و برای گونه *Vicia sativa* برابر با ۰/۸۲ بدست آمد که نشان‌دهنده برازش خط مناسب‌تر برای گونه مذکور می‌باشد. در اثر افزایش پتانسیل آب از تیمار شاهد تا ۱۰- بار روند کاهشی در دمای سقف مشاهده



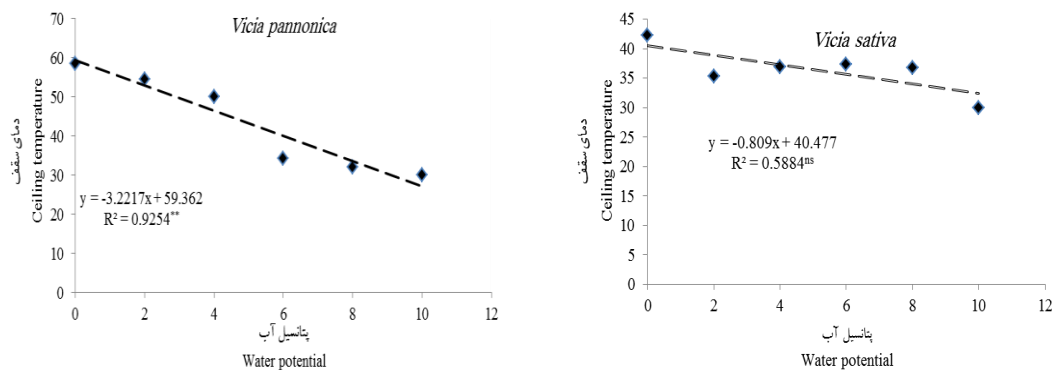
شکل ۱- تاثیر پتانسیل آب بر حسب بار بر دمای پایه برآورد شده در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای

Figure 1- Effect of water potential (bar) on estimated base temperature in two species of vetch



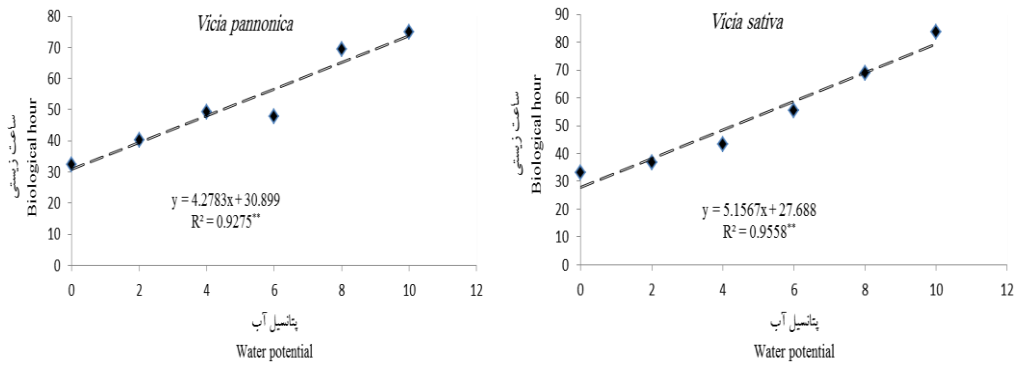
شکل ۲- تاثیر پتانسیل آب بر حسب بار بر دمای مطلوب برآورد شده در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای

Figure 2- Effect of water potential (bar) on estimated optimum temperature in two species of vetch



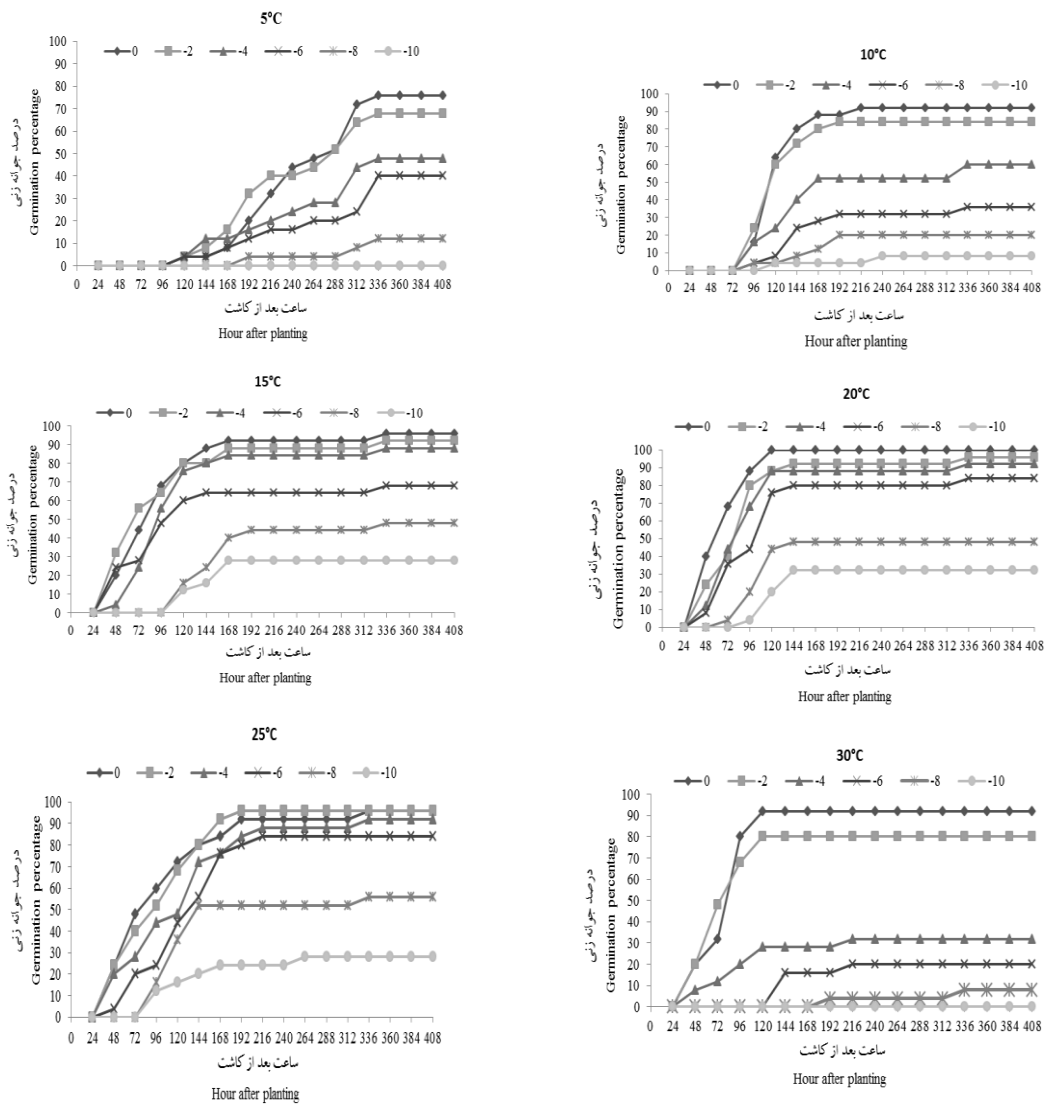
شکل ۳- تاثیر پتانسیل آب بر حسب بار بر دمای سقف برآورد شده در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای

Figure 3- Effect of water potential (bar) on estimated ceiling temperature in two species of vetch



شکل ۴- تاثیر پتانسیل آب بر حسب بار بر ساعت زیستی برآورد شده در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای

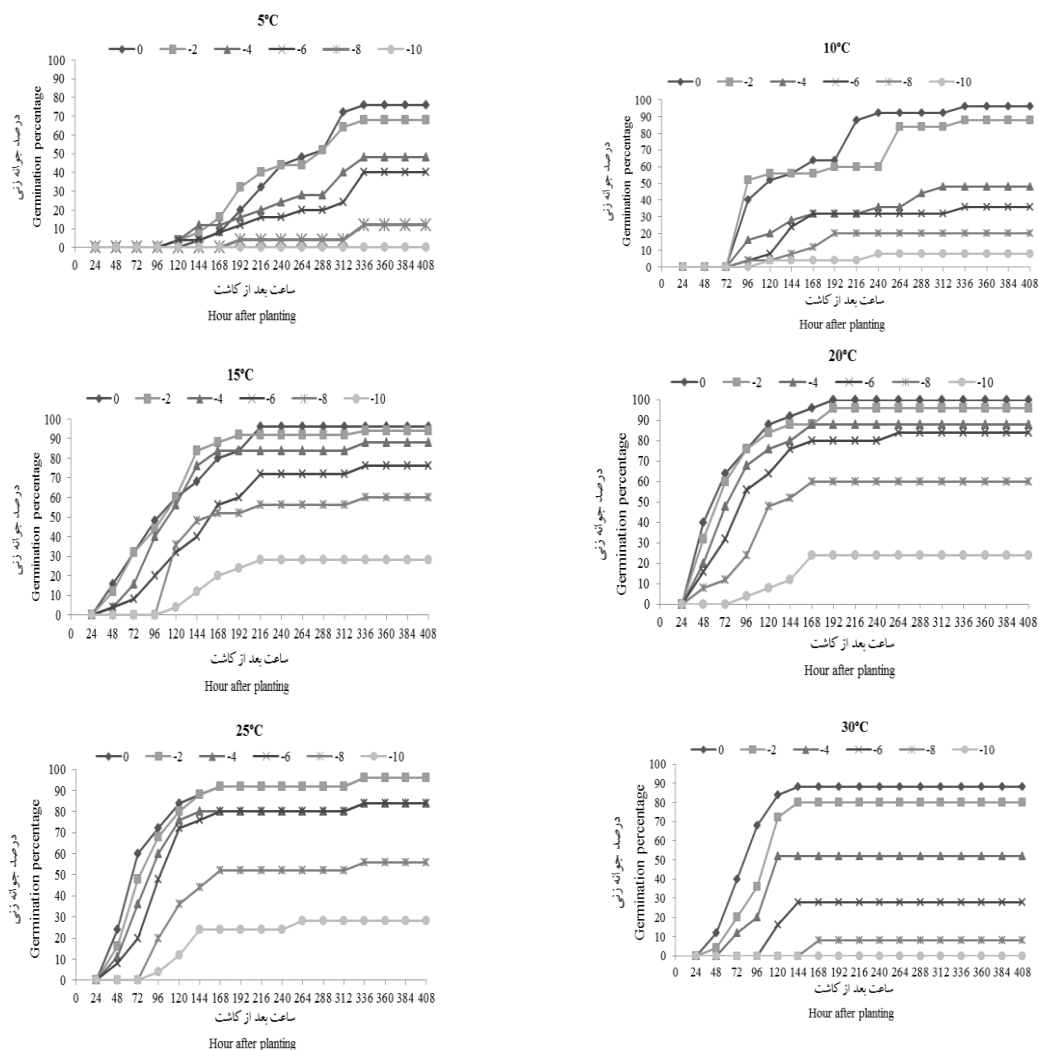
Figure 4- Effect of water potential (bar) on estimated biological hour in two species of vetch



شکل ۵- جوانه‌زنی بذرهای ماشک گونه *Vicia pannonica* تحت تأثیر سطوح مختلف پتانسیل آب (بار)

در گستره دمایی ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در طی ۴۰۸ روز

Figure 5- Germination of *Vicia pannonica* seeds under different levels of water potential (bar) and temperature range between 5 to 30 during 17 days



شکل ۶- جوانه‌زنی بذرهای ماشک گونه *Vicia sativa* تحت تأثیر سطوح مختلف خشکی (بار)

در گستره دمایی ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در طی ۴۰۸ ساعت

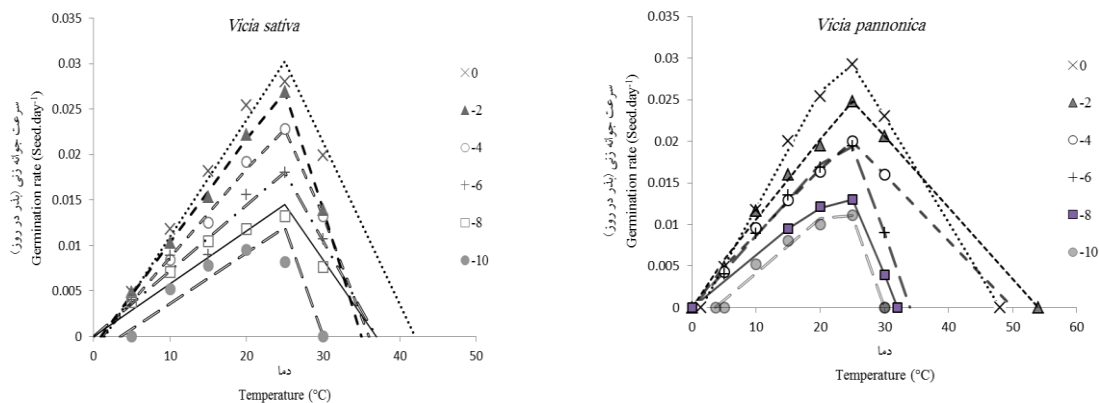
Figure 6- Germination of *Vicia sativa* seeds under different levels of water potential (bar) and temperature range between 5 to 30 during 17 days

در هر دو گونه افزایش یافت که این امر در مورد تمامی پتانسیل‌های آبی صادق بود و پس از آن با افزایش دما به بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش سرعت جوانه‌زنی در تمامی پتانسیل‌ها و هر دو گونه مشاهده شد (شکل ۷). محققین دیگر نیز کاهش جوانه‌زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد را نسبت به سایر دماها گزارش کردند (Guan et al., 2009). تحقیقات نشان داده است که در این دما جوانه‌زنی احتمالاً به علت یخ زدگی جنین، عدم فعالیت متابولیکی آن و القا کمون در بذر ممانعت می‌شود

در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، هر دو گونه در تمامی سطوح تنش اسمزی به غیر از -۱۰ بار بذرها بعد از سه روز جوانه زدند. در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بذرهای هر دو گونه در تمامی پتانسیل‌های اسمزی به غیر از -۸ و -۱۰ بار بعد از روز اول جوانه زدند. در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، بذرهای شاهد هر دو گونه بعد از روز اول جوانه زدند و با افزایش پتانسیل اسمزی جوانه‌زنی به تأخیر افتاد تا در پتانسیل -۱۰ بار به صفر رسید. با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی تا سقف دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

کریمسون (*Trifolium incarnatum* L.)، پرشن (*Trifolium risupinatum* L.) و اسکوراسیوم (*Trifolium squarrosum* L.) را به ترتیب ۰/۴، ۰/۸ و ۰/۲ درجه سانتی گراد گزارش کردند. در تحقیق مشابهی مشخص گردید که دمای پایه برای جوانه‌زنی دهک‌های مختلف در چهار رقم *Panicum virgatum* بین ۵/۵ تا ۱۰/۹، در سه رقم *Andropogon gerardii* بین ۷/۳ تا ۸/۷، در دو رقم *Sorghastrum nutans* بین ۷/۵ تا ۹/۶ و در دو رقم *Calamovilfa longifolia* بین ۴/۵ تا ۷/۹ درجه سانتی گراد تغییر داشت (Madakadze et al., 2001). آن‌ها نشان دادند که دمای پایه و درصد جوانه‌زنی در بین و درون گونه متفاوت است ولی بین دهک‌های مختلف در هر رقم از نظر دمای پایه اختلافی وجود ندارد.

(Bradbeer, 1988). از طرفی دمای بالا به دلیل حفظ محتوای بالای اسید آبسزیک درون بذر سبب محدود شدن جوانه‌زنی بذر می‌شود (Toyomasu et al., 1993). زینلی و همکاران (Zeinli et al., 2010) تأثیر هفت دمای ثابت بین ۵ و ۳۷ درجه سانتی گراد بر ویژگی‌های جوانه‌زنی ۱۲ رقم گندم مورد ارزیابی قرار دادند. دمای پایه‌ی ارقام گندم مورد مطالعه از ۲/۹ تا ۲/۰۴ درجه سانتی گراد، دمای مطلوب از ۳۱/۸۱ تا ۳۵/۴۲ درجه سانتی گراد و دمای سقف از ۳۸/۰۸ تا ۴۲/۰۸ درجه سانتی گراد متغیر بود. همچنین در مطالعه‌ای دیگر واکنش جوانه‌زنی چهار نوع شبدر را در دماهای مختلف بررسی گردید (Iannucci et al., 2000). آن‌ها دمای پایه برای جوانه‌زنی شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.)



شکل ۷- واکنش سرعت جوانه‌زنی در دماها و پتانسیل‌های مختلف آب (بار) با مدل دو تکه ای در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای

Figure 7- Response of germination rate in different temperatures and water potential (bar) using segmented function in two species of vetch

۲۰ درجه سانتی گراد موجب تأخیر بیش‌تر در شروع جوانه‌زنی شد، به ویژه کاهش دما از ۱۰ تا ۴/۵ درجه سانتی گراد تا ۳ برابر باعث تأخیر در شروع جوانه‌زنی شد. محمودی و همکاران (Mahmoodi et al., 2008) نشان دادند که به ترتیب توابع رگرسیونی دندان مانند و دوتکه‌ای بهترین معادلات برای تعیین واکنش جوانه‌زنی یونجه حلزونی (*Medicago scutellata* L.) نسبت به دما

همچنین در تحقیقات درباره اثر دماهای مختلف بر جوانه‌زنی نه رقم کلزا (*Brassica napus*)، دمای پایه در این نه رقم بین صفر تا ۴ درجه سانتی گراد و دمای مطلوب بین ۱۶ تا ۳۰ درجه سانتی گراد گزارش شد (Latifi et al., 2004). آن‌ها همچنین گزارش کردند دماهای کم‌تر از ۱۵ درجه سانتی گراد باعث کاهش درصد نهایی جوانه‌زنی شدند، در حالی که کاهش دما به کم‌تر از

نتیجه گیری نهایی

با توجه به تعیین دماهای کاردینال توسط مدل دوتکه‌ای دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای جوانه‌زنی گونه *Vicia pannonica* در دامنه‌ای از پتانسیل‌های آب استفاده شده به ترتیب بین ۳/۶۵- تا ۱/۳۹، ۲۳/۹۹ تا ۲۵/۵۷ و ۳۰ تا ۵۸/۵۴ درجه سانتی‌گراد تغییر داشت. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۲/۲۹ تا ۷۴/۹۷ ساعت بود همچنین دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای جوانه‌زنی گونه *Vicia sativa* در دامنه‌ای از پتانسیل‌های آب به ترتیب بین ۳/۵۴- تا ۱/۳۹، ۲۲/۷۰ تا ۲۵/۶۴ و ۳۰ تا ۴۲/۲۸ درجه سانتی‌گراد تغییر داشت. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۳/۱۰ تا ۸۳/۵۴ ساعت بود.

است. آنها در دامنه دمایی مورد استفاده از ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و با فواصل ۵ درجه و با استفاده از توابع مذکور دماهای پایه و سقف و دمای مطلوب برای جوانه‌زنی را به ترتیب ۰/۶۴، ۴۰ و ۲۲/۲۲ درجه تخمین زدند. برخی محققان برای کمی کردن واکنش سرعت جوانه‌زنی در مقابل دما در سه جنس ارزن (شامل ارزن معمولی *Panicum miliaceum*، ارزن مرواریدی *Pennisetum galucum* و گاورس زرد *Setaria italic*) از مدل خط‌های شکسته استفاده نمود (Kamkar et al., 2006). دمای پایه، دمای مطلوب و تحتانی، دمای مطلوب فوقانی و دمای سقف برای جوانه‌زنی گندم در پتانسیل‌های مختلف آب به ترتیب صفر تا ۱/۵، ۲۳ تا ۲۵ و ۴۰ تا ۴۱ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Nozari Nejad et al., 2013).

Reference

منابع

- Ajam Norouzi, H., A. Soltani, E. Majidi, and Homaei, M. 2007. Modeling response of emergence to temperature in faba bean under field condition. J Agric Sci. Nat. Res. 14 (4): 100-111. (In Persian, with English Abstract.)
- Akram Ghaderi, F., A. Soltani, and H.R. Sadeghipour. 2008. Effect of temperature and water potential on germination of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo. convar. pepo var. styriaca*), black cumin (*Nigella sativa* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). J. Agric. Sci. Nat. Res. 15(5). 1-20. In Persian, with English Abstract.)
- Alvarado, V., and K.J. Bradford, 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant Cell Environ. 25: 1061-1069.
- Alvarado, V. 2000. Hydrothermal time model of boranical potato seed germination. M.Sc thesis. University of California. Davis.
- Bradbeer, J.W. 1988. Seed Dormancy and Germination. Blackie, Glasgow. pp: 146.
- De Villiers, A.J., M.W. Van Rooyrn, G.K. Theron, and H.A. Van De Venter. 1994. Germination of three namaqaland pioneer species, as influenced by salinity, temperature and light. Seed Sci. Technol. 22: 424-423.
- Forcella, F., R.L. Benech Arnold, R. Sanchez, and C.M. Ghera. 2000. Modeling seedling emergence. Field Crops Res. 67: 123-139.
- Ghaderi-Far, F., A. Soltani, and H. R. Sadeghipour. 2009. Evaluation of nonlinear regression models in quantifying germination rate of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. subsp. *Pepo. Convar. Pepo var. styriaca* Greb), borage (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.) to temperature. 2009. J Agric. Sci. Nat. Res. 16(4):1-19. . (In Persian, with English Abstract.)
- Guan, B., D. Zhou, H. Zhang, Y. Tian, W. Japhet, and P. Wang. 2009. Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. J. Arid Environ. 73: 135-138.
- Iannucci, A., N. di Fonzo, and P. Martiniello. 2000. Temperature requirements for seed germination in four annual clovers grown under tow irrigation treatments. Seed Sci. Technol. 28: 59-66.

- Kamkar, B., A. Koocheki, M.N. Mahallati, and M.P.R. Moghaddam. 2006.** Cardinal temperatures for germination in three millet species. *Asian J. Plant Sci.* 5: 316-319.
- Kebreab, E., and A.J. Murdoch. 2000.** The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanchis aegyptiaca* seeds. *Seed Sci. Res.* 10: 127-133.
- Khalili, N., A. Soltani, E. Zeinali, and F. Ghaderi far, 2013.** Evaluation of nonlinear regression models to quantify barley germination rate response to temperature and water potential. *Electronic J Crop Prod.* 7(4): 23-40. (In Persian, with English Abstract.)
- Latifi, N., A. Soltani, and D. Spanner. 2004.** Effect of temperature on germination components in canola cultivars. *Iranian J. Agric. Sci.* 35(2): 313-321. (In Persian, with English Abstract.)
- Madakadze, I.C., B. Prithiviraj, K.A. Stewart, P.R. Peterson, B.E. Coulman, and D.L. Smith. 2001.** Variation in base temperatures for germination in warm season grasses. *Seed Sci Technol.* 29: 31-38.
- Mahmoodi, A., E. Soltani, and H. Barani. 2008.** Germination response to temperature of snail medic (*Medicago scutellata* L.). *Electronic J. Crop Prod.* 1(1): 54-63. (In Persian, with English Abstract.)
- Michel, B.E., and M.R. Kaufmann. 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 72: 66-70.
- Nozari Nejad, M., E. Zeinali, A. Soltani, E. Soltani, and B.Kamkar. 2013.** Quantify wheat germination rate response to temperature and water potential. *Electronic J Crop Prod.* 6(4): 117-135. (In Persian, with English Abstract.)
- Soltani, A. 2007.** Application of SAS in statistical analysis. 2nd ed., JDM Press, Mashhad, Iran, 182p.
- Soltani, A., and V. Maddah. 2010.** Simple, applied programs for education and research in agronomy. Niak Press.
- Soltani, A., M.J. Robertson, B. Torabi, M. Yousefi Daz, and R. Sarparast. 2006.** Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Field Crop Res.* 138: 156-167.
- Tan, D.K.Y., A.H. Wearing, K.G. Rickert, and C.J. Birch. 1997.** A systems approach to developing model that predicts crop ontogeny and maturity in broccoli in south-east Queensland. In: Wollin, A.S. and K.G. Rickert. (Eds.), *Third Australia and New Zealand Systems Conference Proceedings Linking People, Nature, Business and Technology.* The University of Queensland, Gatton, 179-187.
- Torabi, B., M. Attarzadeh, and A. Soltani, 2013.** Germination response to temperature in different safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars. *Seed Technol. J.* 35: 47-59.
- Torabi, B., and A. Soltani. 2013.** Quantifying response of chickpea emergence to air temperature. *J. Crop Prod. Processing.* 2(6): 109-120. (In Persian, with English Abstract.)
- Toyomasu, T., H. Tsuji, H. Yamane, M. Nakayama, I. Yamaguchi, N. Murofushi, N. Takahashi, and Y. Inoue. 1993.** Light effects on endogenous levels of gibberellins in photoblastic lettuce seeds. *J. Plant Growth Regul.* 12: 85-90.
- Wang, H., H. Cutforth, T. McCaig, G. McLeod, K. Brandt, R. Lemke, T. Goddard, and C. Sprout, 2009.** Predicting the time to 50% seedling emergence in wheat using a beta model. *Wagen. Life Sci. J.* 57: 65-71.
- Zeinati, E., A. Soltani, S. Galeshi, and S.J. Sadati. 2010.** Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Electronic J. Crop Prod.* 3(3): 23-42. (In Persian, with English Abstract.)

