

تأثیر دما و رطوبت بر جوانه‌زنی بذر شش گونه مختلف از جنس آویشن (*Thymus*)

ابراهیم شریفی عاشورآبادی^{۱*}، مریم مکی‌زاده تفتی^۲، جمال حسینی^۳، محمد حسین لباسچی^۴

۱. دانشیار بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران/تهران.
 ۲. استادیار بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران/تهران.
 ۳. مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران/تهران.
 ۴. دانشیار بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران/تهران.
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۴)

چکیده

گونه‌های مختلف جنس آویشن (*Thymus*) در پهنه‌های وسیعی از کشور ایران با شرایط اقلیمی متفاوت پراکنده هستند. در اکوسیستم‌های زراعی و رویشگاه‌های طبیعی، شرایط دمایی و رطوبتی خاک بر جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاه موثر است. بذر گونه‌های آویشن ممکن است در طیف وسیعی از تنش‌های دمایی خشک و مرطوب قرار گرفته و متاثر از آنها باشد. بررسی رفتار گونه‌های مختلف آویشن می‌تواند بر استقرار و پیش‌بینی رشد گیاه موثر باشد. به منظور بررسی سطح تحمل و غربال‌گری گونه‌های مختلف آویشن نسبت به تنش‌های دمایی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی اجرا شد. این آزمایش با استفاده از شش گونه آویشن (*Th. pubescens*, *Th. fedtschenkoi*, *Th. fallax*، *Th. daenensis*، *Th. kotschyanus*، *Th. vulgaris*)، در دو سطح رطوبتی (خشک و مرطوب) و در ۱۵ سطح دمایی (محدوده دمایی ۸- تا ۴۸ درجه سانتی‌گراد با فاصله ۴ درجه سانتی‌گراد بین دو دما) انجام شد. ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل درصد و متوسط زمان جوانه‌زنی بود. طبق نتایج بدست آمده، بیشترین درصد جوانه‌زنی به گونه‌های *Th. pubescens* (۷۰/۸۳٪) و *Th. daenensis* (۷۰/۴۴٪) و کمترین درصد جوانه‌زنی به گونه *Th. vulgaris* (۵۳/۰۴٪) تعلق داشت. میانگین درصد جوانه‌زنی بذور در شرایط خشک (۷۴/۶۶٪) به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط مرطوب (۵۶/۱۲٪) بود. بالاترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۴- (۷۹/۴۴٪)، صفر (۷۸/۳۳٪)، ۴ (۷۹/۷۲٪) درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که با سایرین اختلاف معنی‌دار داشت. اثر متقابل گونه و شرایط رطوبتی نشان داد، بالاترین درصد جوانه‌زنی مربوط به گونه‌های *Th. kotschyanus* (۷۹/۴۰٪)، *Th. pubescens* (۷۸/۹۵٪)، *Th. daenensis* (۷۸/۰۸٪) و *Th. falax* (۷۷/۵۳٪) در شرایط خشک و پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به گونه *Th. vulgaris* (۴۵/۴۶٪) در شرایط مرطوب بود. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان گونه‌های مختلف آویشن را از نظر سطح تحمل دمایی در شرایط خشک و مرطوب غربال‌گری و برای کشت در مناطق مختلف پیشنهاد نمود. در این آزمایش، گونه‌های بومی نسبت به تنش‌های دمایی مقاومتر بودند.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، تنش، تحمل، استان کردستان

Effect of temperature and humidity on seed germination of six different *Thymus* species

E. Sharifi Ashourabadi^{1*}, M. Mackizadeh Tafti², J. Hasani³, M. H. Lebaschy⁴

1. Associate Prof., Medicinal Plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands/ Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
 2. Assistant Prof., Medicinal Plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands/ Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
 3. Senior Research Expert, Kordestan Agricultural and Natural Research and Education Center/Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kordestan, Iran.
 4. Associate Prof., Medicinal Plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands/ Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
- (Received: Oct. 07, 2019 – Accepted: Apr. 02, 2020)

Abstract

Different species of *Thymus* are distributed in wide areas of Iran with different climatic conditions. In agroecosystems and natural habitats, temperature and soil moisture conditions are effective on seed germination and plant establishment. Thyme seeds are possible spent a wide range of temperature in dry to humid situations and be affected by these conditions. The behavior of different species of thyme can be effective in establishing and predicting plant growth. To investigate of tolerance levels and screening of different thyme species to the temperature stresses, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the vitro condition. The experiment was conducted using six *Thymus* species (*Th. fallax*, *Th. fedtschenkoi*, *Th. pubescens*, *Th. vulgaris*, *Th. daenensis* and *Th. kotschyanus*), at two moisture levels (dry and wet) and at 15 temperature levels (from -8°C to 48°C with an increase of 4°C). Measured characteristics included germination percentage and mean germination time. According to the results, the highest germination percentage belonged to *Th. pubescens* (70.83%) and *Th. daenensis* (70.44%) and the lowest germination percentage belonged to *Th. vulgaris* (53.04%). The average percentage of germination of seeds in dry condition (74.66%) was significantly higher than wet condition (56.12%). The highest germination percentage was observed at -4 (79.44%), zero (78.33%) and 4 (79.72%) Celsius that had significant differences with others. Interactions of species with moisture conditions showed, the highest germination percentage related to *Th. kotschyanus* (79.40%), *Th. pubescens* (78.95%), *Th. daenensis* (78.08%) and *Th. falax* (77.53%) in dry conditions and the lowest germination percentage belonged to *Th. vulgaris* (45.46%) in wet conditions. Using the results, different species of *Thymus* can be screened for temperature tolerance in dry and humid conditions and recommended for cultivation in different regions. In this experiment, native species were more resistant to temperature stresses.

Keywords: Medicinal plants, Stress, Tolerance, Kurdistan province

* Email: esharifi@rifr-ac.ir

مقدمه

نام آویشن به طور مترادف برای گروهی از گیاهان خانواده نعناع^۱ به کار رفته است. جنس تیموس^۲ یکی از جنس‌های مهم این خانواده بوده و شناخته شده‌ترین گیاهان دارویی در ایران و جهان را تشکیل می‌دهد. کشور پهناور ایران با شرایط اقلیمی مختلف دارای تنوع قابل توجهی از گونه‌های آویشن است که به عنوان منبع غنی از این گیاه دارویی ارزشمند محسوب می‌شود. در ایران، گونه‌های مختلف آویشن دارای الگوی پراکندگی خاصی بوده و از شمال شرق، شمال غرب به طرف مرکز و غرب تا مناطق کوهستانی جنوب ایران مشاهده می‌شوند. بیشترین حضور گونه‌های آویشن (۱۳ گونه) در شمال غرب ایران است که شامل استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و زنجان می‌باشد (Jamzad, 2009). گونه‌های مختلف جنس تیموس در صنایع غذایی، بهداشتی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سرشاخه اندام هوایی آویشن حاوی اسانس یا روغن اسانسی^۳ بوده که شامل ترکیب‌های فنلی، غیرفنلی و سایر مواد است (Guillen & Manzanos, 1998). ترکیب‌های فنلی تیمول^۴ و کارواکرول^۵ موجود در جنس تیموس، سبب ایجاد ویژگی‌های دارویی و فارماکولوژیک متعددی می‌شود. اسانس آویشن دارای خاصیت ضدباکتری (Asbaghan et al., 2011)، ضدقارچ (Pavel et al., 2010)، ضداکسایش یا آنتی‌اکسیدان (Ozen et al., 2011) و سایر ویژگی‌های دارویی است.

شرایط دمایی و رطوبتی مختلف بر جوانه‌زنی و استقرار گونه‌های مختلف جنس تیموس اهمیت به سزایی دارد. جوانه‌زنی اولین و مهم‌ترین مرحله نمو در گیاه است

که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد (Meyer and Pendleton, 2000). جوانه‌زنی بذر شامل فرایندهای پیچیده و متعددی است که عمدتاً وابسته به رطوبت، دما و برهمکنش این دو عامل می‌باشد (Baskin & Baskin, 2001). هر کدام از دو عامل به تنهایی یا همراه با هم می‌توانند بر درصد و سرعت جوانه‌زنی موثر باشند (Kebreab & Murdoch, 2000; Larsen et al., 2004; Qiu et al., 2006). بررسی‌های متعدد نشان داده است که چنانچه کاشت در شرایط رطوبتی و دمایی مناسب انجام شود، استقرار و پوشش گیاهی مطلوب برای انجام فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی، سریع‌تر در مزرعه ایجاد می‌شود. حداکثر درصد جوانه‌زنی در گیاهان در دامنه خاصی از دما اتفاق می‌افتد. در پایین‌تر و بالاتر از این دامنه دمایی، درصد جوانه‌زنی به‌طور ناگهانی کاهش می‌یابد. دما می‌تواند درصد و سرعت جوانه‌زنی را از طریق تأثیر بر زوال بذر، کاهش خواب بذر و کلیه فرایندهای جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار دهد (Kebreab & Murdoch, 2000; Hongyfei et al., 2008).

معمولاً سرعت جوانه‌زنی به‌طور خطی با قابلیت دسترسی به آب افزایش (Guerke et al., 2004) و درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب کاهش می‌یابد (Grundy et al., 2000). کاهش پتانسیل آب منجر به کاهش شانس استقرار گیاه، اختلال در سبز شدن یکنواخت و سرعت جوانه‌زنی و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (Springer, 2005). نتایج تحقیق Bannayan و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی خصوصیات جوانه‌زنی تعدادی از گیاهان دارویی حاکی از آن است که بالاترین درصد جوانه‌زنی پونه‌سای بینالودی (*Nepeta binaludensis*) و پونه‌سای البرزی (*Nepeta crassifolia*) در دامنه ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد، پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa*) در دامنه ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد، آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*) در دامنه ۲۵-۱۵ درجه سانتی‌گراد و برای آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus*) در دامنه

¹ Lamiaceae

² *Thymus*

³ Essential oil

⁴ Thymol

⁵ Carvacrol

۳۰-۱۵ درجه سانتی گراد بود.

در این تحقیق، گونه‌های مختلف آویشن از نظر تحمل دمایی در شرایط خشک و مرطوب غربال‌گری شده و قبل از کشت در مزرعه و یا استقرار در عرصه‌های طبیعی، گونه‌های حساس در آزمایشگاه مشخص می‌گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سطح تحمل و غربال‌گری گونه‌های مختلف آویشن نسبت به تنش‌های دمایی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در محل آزمایشگاه علوم زراعی بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور اجرا شد. به علت پراکنش

گونه‌های مختلف آویشن در طیف وسیعی از اقلیم‌های گرم و سرد و مواجه شدن بذر با نوسان‌های شدید دمایی سطح خاک، این آزمایش با استفاده از شش گونه آویشن (*Th. pubescens*, *Th. fedtschenkoi*, *Th. fallax*)، *Th. kotschyanus* و *Th. daenensis*، در دو سطح رطوبتی (خشک و مرطوب) و در ۱۵ سطح دمایی (محدوده دمایی ۸- تا ۴۸ درجه سانتی گراد با فاصله ۴ درجه سانتی گراد بین دو دما) انجام شد. بذرها مورد استفاده از مزرعه ایستگاه تحقیقات سارال وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان جمع‌آوری شد. در جدول ۱، منشاء بذرها ارائه شده است. در بین گونه‌های مورد بررسی، گونه *Th. vulgaris* منشاء خارجی داشت.

جدول ۱- مناطق جمع‌آوری بذر گونه‌های آویشن در استان کردستان

Table 1- Seed collecting locations of *Thymus* species in Kurdistan province

نام گونه Species	نام منطقه Location	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (meters)
<i>Th. fallax</i> Fisch. & C. A. Mey.	صاحب (بین سقز و سنندج) Sahib (between Saqez and Sanandaj)	1745-1755
<i>Th. fedtschenkoi</i> Ronniger.	ناصرآباد- سقز Nasirabad- Saqez	1700-1715
<i>Th. pubescens</i> Boiss. & Kotschy ex Celak.	بیجار Bijar	1970-2025
<i>Th. daenensis</i> Celak.	آصف‌آباد- قروه Asefabad- Qorveh	1900-2050
<i>Th. kotschyanus</i> Boiss. & Hohen.	حاج ممدان (بین سقز و مریوان) Haj Mammadan (between Saqez and Marivan)	2000-2108

شماره یک و بر روی آنها ۵۰ عدد بذر قرار داده شد و به هر ظرف پتری شش میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. به منظور انجام آزمون جوانه‌زنی، ظروف پتری به اتاقک رشد با شرایط هشت ساعت نور (۶۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه) و ۱۶ ساعت تاریکی، رطوبت ۹۵٪ و دمای ثابت ۲۲ درجه سانتی گراد منتقل شدند. شمارش بذور جوانه‌زده به صورت روزانه در ساعت معینی از روز اول کشت آغاز شد. بذوری جوانه‌زده تلقی شدند که

به منظور اعمال تیمارهای رطوبتی و دمایی، بذور شش گونه آویشن به مدت ۲۴ ساعت به حالت خشک و مرطوب (بر روی کاغذ صافی) در ۱۵ سطح دما قرار گرفتند. پس از آن، کشت بذور در ظروف پتری با قطر ۱۰ سانتی‌متر انجام شد. قبل از کشت، بذرها با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۲/۵٪ به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی شدند. پس از سترون کردن ظروف پتری و کاغذهای صافی، در کف هر پتری یک عدد کاغذ صافی واتمن

دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تأثیر گونه، شرایط رطوبتی، دما و اثر متقابل آنها بر درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین درصد جوانه‌زنی به گونه‌های *Th. pubescens* (۷۰/۸۳٪) و *Th. daenensis* (۷۰/۴۴٪) و کمترین درصد جوانه‌زنی به گونه *Th. vulgaris* (۵۳/۰۴٪) تعلق داشت (جدول ۳). درصد جوانه‌زنی بذور در شرایط خشک (۷۴/۶۶٪) به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط مرطوب (۵۶/۱۲٪) بود (جدول ۴). بالاترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۴- (۷۹/۴۴٪)، صفر (۷۸/۳۳٪) و ۴ (۷۹/۷۲٪) درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که با سایرین اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۵).

طول ریشه‌چه آنها دو میلی‌متر و بیشتر بود. گیاهچه‌هایی با هیپوکوتیل کوتاه، ضخیم و فنری شکل و ریشه اولیه بازداشته شده از رشد، به‌عنوان بذور غیرعادی در نظر گرفته شدند (Perry, 1991). مدت زمان آزمایش برای هر اکسشن ۱۰ روز بود و در پایان، درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی بررسی گردید. متوسط مدت زمان جوانه‌زنی (MGT)^۱ به طریق زیر محاسبه شد (Ellis and Roberts, 1980):

$$MGT = \frac{\sum Dn}{\sum n}$$

در این رابطه، n تعداد بذور جوانه‌زده در روز D، D تعداد روزهای شمارش از شروع آزمایش و MGT متوسط روزهای جوانه‌زنی است. داده‌های بدست آمده توسط نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های مربوط به جوانه‌زنی شش گونه آویشن تحت شرایط دمایی و رطوبتی مختلف

Table 2- Analysis of variance (Mean Squares) of germination for six *Thymus* species under different temperature and humidity conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean Germination Time
گونه	5	3766.167**	12.493**
Species			
شرایط رطوبتی	1	46407.474**	7.692**
Humidity Conditions			
دما	14	4134.121**	1.125**
Temperature			
گونه × شرایط رطوبتی	5	662.363**	0.737**
Species × Humidity Conditions			
گونه × دما	14	3241.676**	1.240**
Species × Temperature			
شرایط رطوبتی × دما	70	295.090**	0.099**
Humidity Conditions × Temperature			
گونه × شرایط رطوبتی × دما	70	137.622**	0.096**
Species × Humidity Conditions × Temperature			
خطا	360	50.872	0.016
Error			
ضریب تغییرات		10.91	7.76
C.V			

ns فاقد اختلاف معنی‌دار، * و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

ns: Not Significant, *and** : Significant at the 1% and 5% levels respectively

¹ Mean Germination Time

جدول ۳- میانگین جوانه‌زنی گونه‌های مختلف آویشن تحت شرایط دمایی و رطوبتی مختلف

Table 3- Means comparison of germination indices for different *Thymus* species under different temperature and humidity conditions

گونه Species	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (Day)
<i>Th. fallax</i>	65.54 b	1.36 d
<i>Th. fedtschenkoi</i>	66.50 b	1.34 d
<i>Th. pubescens</i>	70.83 a	1.61 c
<i>Th. vulgaris</i>	53.04 c	2.21 a
<i>Th. daenensis</i>	70.44 a	1.92 b
<i>Th. kotschyanus</i>	66.01 b	1.28 e

حروف مشابه در هرستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است. Similar letters in each column indicate no significant difference.

جدول ۴- میانگین جوانه‌زنی گونه‌های مختلف آویشن تحت شرایط رطوبتی مختلف

Table 4. Means comparison of germination indices for different *Thymus* species under different humidity conditions

شرایط رطوبتی Humidity Conditions	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (Day)
خشک Dry	74.66 a	1.74 a
مرطوب Humid	56.12 b	1.50 b

حروف مشابه در هرستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است. Similar letters in each column indicate no significant difference.

جدول ۵- میانگین جوانه‌زنی گونه‌های مختلف آویشن تحت شرایط دمایی مختلف

Table 5. Means comparison of germination indices for different *Thymus* species under different temperature conditions

دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (Day)
-8	71.83 b	1.66 a
-4	79.44 a	1.68 a
0	78.33 a	1.65 a
4	79.72 a	1.66 a
8	69.86 bc	1.67 a
12	68.56 bc	1.68 a
16	68.78 bc	1.66 a
20	67.50 bcd	1.67 a
24	65.39 cd	1.70 a
28	63.14 de	1.68 a
32	60.19 ef	1.69 a
36	58.58 fg	1.71 a
40	55.17 g	1.65 a
44	54.53 g	1.54 b
48	39.92 h	0.99 c

حروف مشابه در هرستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است. Similar letters in each column indicate no significant difference.

اثر متقابل گونه و شرایط رطوبتی نشان داد، بالاترین درصد جوانه‌زنی مربوط به گونه‌های *Th. kotschyanus* و *Th. daenensis*، ($\% ۷۸/۹۵$) *Th. pubescens*، ($\% ۷۸/۴۰$) *Th. fallax* و ($\% ۷۷/۵۳$) در شرایط خشک و پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به گونه *Th. vulgaris* ($\% ۴۵/۴۶$) در شرایط مرطوب بود (جدول ۶).

جدول ۶- میانگین اثرات متقابل گونه و شرایط رطوبتی بر جوانه‌زنی بذر آویشن

Table 6. Means comparison of interaction of species and different humidity conditions on *Thymus* seed germination

گونه Species	شرایط رطوبتی Humidity Conditions	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (Day)
<i>Th. fallax</i>	خشک Dry	77.53 a	1.45 f
	مرطوب Humid	53.55 d	1.28 h
<i>Th. fedtschenkoi</i>	خشک Dry	73.40 b	1.36 g
	مرطوب Humid	59.60 c	1.31 gh
<i>Th. pubescens</i>	خشک Dry	78.95 a	1.72 e
	مرطوب Humid	62.71 c	1.50 f
<i>Th. vulgaris</i>	خشک Dry	60.62 c	2.50 a
	مرطوب Humid	45.46 e	1.92 c
<i>Th. daenensis</i>	خشک Dry	78.08 a	2.04 b
	مرطوب Humid	62.80 c	1.79 d
<i>Th. kotschyanus</i>	خشک Dry	79.40 a	1.37 g
	مرطوب Humid	52.62 d	1.19 i

Similar letters in each column indicate no significant difference.

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

مشابه در شرایط خشک بود. در شرایط مرطوب با کاهش دما نیز خسارت به بذر زیاد شد و درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (جدول ۷).

اثر متقابل گونه و دما بر درصد جوانه‌زنی در جدول ۸ و همچنین اثر متقابل گونه، شرایط رطوبتی و دما در جدول ۹ ارائه شده است. در شرایط خشک و مرطوب روند کاهش جوانه‌زنی با افزایش دما در گونه *Th. daenensis* کمتر از سایر گونه‌ها بود (جدول ۹).

در اثر متقابل شرایط رطوبتی و دما، بالاترین درصد جوانه‌زنی در شرایط خشک و دماهای ۴ ($\% ۸۷/۶۷$)، ۴- ($\% ۸۵/۵۶$) و صفر ($\% ۸۳/۷۸$) درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۷). در شرایط مرطوب با افزایش دما، به‌طور قابل توجهی خسارت به بذر افزایش یافت به‌طوری که جوانه‌زنی بذر در دمای بیش از ۴۴ درجه سانتی‌گراد تقریباً متوقف شد (جدول ۷). در کلیه دماها، جوانه‌زنی بذر در شرایط مرطوب به‌طور معنی‌داری کمتر از دمای

در شرایط خشک (۱/۷۴ روز) به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط مرطوب (۱/۵۰ روز) بود (جدول ۴). اثر دما بر زمان جوانه‌زنی در جدول ۵، اثر متقابل گونه و شرایط رطوبتی در جدول ۶، شرایط رطوبتی و دما در جدول ۷، گونه و دما در جدول ۸ و همچنین اثر متقابل گونه، شرایط رطوبتی و دما بر زمان جوانه‌زنی در جدول ۹ ارائه شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده، تأثیر گونه، شرایط رطوبتی، دما و اثر متقابل آنها بر متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کوتاه‌ترین زمان جوانه‌زنی به گونه *Th. kotschyanus* (۱/۲۸ روز) و طولانی‌ترین زمان جوانه‌زنی به گونه *Th. vulgaris* (۲/۲۱ روز) تعلق داشت (جدول ۳). متوسط زمان جوانه‌زنی بذور

جدول ۷- میانگین اثرات متقابل شرایط رطوبتی و دما بر جوانه‌زنی بذور آویشن

Table 7. Means comparison of interaction of temperature and humidity conditions on *Thymus* seed germination

شرایط رطوبتی	دما (درجه سانتی‌گراد)	درصد جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)
Humidity Condition	Temperature (°C)	Germination Percentage	Mean Germination Time (Day)
خشک Dry	-8	82.11 abc	1.73 a-d
	-4	85.56 ab	1.77 ab
	0	83.78 ab	1.73 a-e
	4	87.67 a	1.69 a-h
	8	74.33 def	1.71 a-f
	12	72.67 d-g	1.75 abc
	16	76.22 cde	1.70 a-g
	20	72.89 d-g	1.73 a-d
	24	66.67 g-j	1.74 a-d
	28	64.56 ij	1.76 ab
	32	64.06 ij	1.76 ab
	36	68.94 f-i	1.80 a
مرطوب Humid	40	67.56 f-j	1.71 a-f
	44	73.83 def	1.70 a-g
	48	79.17 bcd	1.78 ab
	-8	61.56 jk	1.58 gh
	-4	73.33 d-g	1.60 fgh
	0	72.89 d-g	1.57 h
	4	71.78 e-h	1.62 c-h
	8	65.39 hij	1.63 c-h
	12	64.44 ij	1.62 c-h
	16	61.33 jk	1.62 d-h
	20	62.11 ijk	1.60 e-h
	24	64.11 ij	1.66 e-j
28	61.72 jk	1.59 fgh	
32	56.33 k	1.61 d-h	
36	48.22 l	1.61 d-h	
40	42.78 l	1.58 fgh	
44	35.22 m	1.39 i	
48	0.66 n	0.21 j	

Similar letters in each column indicate no significant difference.

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۸- میانگین اثرات متقابل گونه و دما بر جوانه‌زنی بذور آویشن

Table 8. Means comparison of interaction of species and temperature conditions on *Thymus* seed germination

گونه Species	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (Day)
<i>Th. fallax</i>	-8	80.6 a-f	1.40 o
	-4	85.3 ab	1.46 k-o
	0	80.0 a-g	1.37 o
	4	76.0 a-k	1.40 o
	8	69.8 e-s	1.42 no
	12	68.6e-s	1.45 l-o
	16	60.3 n-x	1.39 o
	20	71.0 d-q	1.39 o
	24	72.6 b-n	1.40 o
	28	65.8 h-u	1.36 o
	32	59.6 n-x	1.46 k-o
	36	54.3 u-z	1.38 o
	40	48.6 x-z	1.38 p
44	48.1 x-z	1.44 mno	
48	42.0 z	0.76 qr	
<i>Th. fedtschenkoi</i>	-8	68.0 e-t	1.32 o
	-4	72.6 b-n	1.31 o
	0	70.6 d-r	1.32 o
	4	83.3 a-d	1.31 o
	8	78.3 a-h	1.33 o
	12	74.0 a-m	1.37 o
	16	69.0 e-s	1.36 o
	20	60.0 n-x	1.34 o
	24	58.6 o-y	1.35 o
	28	64.0 j-w	1.37o
	32	68.0 e-t	1.31 o
	36	66.1 h-u	1.32 o
	40	58.0 p-y	1.35 o
44	64.0 i-v	1.32 o	
48	41.3 z	1.35 o	
<i>Th. pubescens</i>	-8	74.3 a-l	1.62 j-n
	-4	86.0 a	1.68 jk
	0	84.6 abc	1.65 ij
	4	86.0 a	1.72 ij
	8	78.0 a-h	1.70 ij
	12	78.0 a-h	1.66 jkl
	16	75.0 a-l	1.62 j-n
	20	71.6 c-o	1.67 jkl
	24	69.6 e-s	1.67 jkl
	28	67.0 f-t	1.62 j-n
	32	64.0 j-w	1.70 ij
	36	66.0 g-u	1.70 ij
	40	55.0 t-z	1.65 j-m
44	60.0 n-x	1.67 jkl	
48	43.3 z	0.85 pq	

Similar letters in each column indicate no significant difference.

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

Table 8- Continued

ادامه جدول ۸-

گونه Species	دما (درجه سانتی گراد) Temperature (°C)	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (Day)
<i>Th. vulgaris</i>	-8	62.0 l-w	2.31 abc
	-4	74.6 a-l	2.34 ab
	0	74.0 a-m	2.29 abc
	4	74.0 a-m	2.11 c-h
	8	57.3 s-y	2.16 b-g
	12	58.0 q-y	2.29 abc
	16	52.6 v-z	2.23 a-e
	20	52.6 v-z	2.60 a-d
	24	52.3 v-z	2.33 abc
	28	51.0 w-z	2.33abc
	32	36.0 z	2.30 abc
	36	40.0 z	2.44 a
	40	46.6 z	2.18 b-f
	44	35.6 z	2.25 a-d
48	28.0 z	1.28 o	
<i>Th. daenensis</i>	-8	71.3 d-p	1.95 gh
	-4	81.3 a-e	1.98 fgh
	0	80.0 a-f	1.89 hi
	4	78.0 a-i	2.01 fgh
	8	61.0 m-x	2.02 e-h
	12	57.6 r-y	1.95 gh
	16	76.6 a-j	1.95 gh
	20	78.6 a-h	2.00 fgh
	24	68.0 e-t	2.05 d-h
	28	63.0 k-w	1.98 fgh
	32	75.0 a-l	1.98 fgh
	36	75.0 a-l	2.04 e-h
	40	67.0 g-u	1.98 fgh
	44	80.6 a-f	1.94 gh
48	42.0 z	1.03 p	
<i>Th. kotschyanus</i>	-8	74.6 a-l	1.34 o
	-4	76.6 a-j	1.33 o
	0	80.0 a-g	1.37 o
	4	80.6 a-f	1.39 o
	8	74.0 a-m	1.38 o
	12	74.0 a-m	1.38 o
	16	78.6 a-h	1.40 o
	20	71.0 d-q	1.35 o
	24	71.0 d-q	1.38 o
	28	66.0 g-u	1.39 o
	32	58.0 q-y	1.37 o
	36	48.6 xyz	1.37 o
	40	55.3t-z	1.37 o
	44	37.3 z	0.65r
48	42.8 z	0.70 qr	

Similar letters in each column indicate no significant difference.

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۹- میانگین اثرات متقابل گونه، شرایط رطوبتی و دما بر جوانه‌زنی بذر آویشن

Table 9. Means comparison of interaction of species and humidity conditions and temperature on *Thymus* seed germination

گونه Species	شرایط رطوبتی Humidity Conditions	دما (درجه سانتی گراد) Temperature (°C)	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (Day)
<i>Th. fallax</i>	خشک Dry	-8	89.3	1.46
		-4	93.3	1.55
		0	86.6	1.38
		4	85.3	1.41
		8	80.0	1.46
		12	77.3	1.49
		16	72.6	1.37
		20	78.0	1.43
		24	78.6	1.42
		28	72.0	1.43
		32	62.6	1.55
		36	64.0	1.38
	40	65.3	1.41	
	44	73.6	1.46	
	48	84.0	1.53	
	مرطوب Humid	-8	72.0	1.34
		-4	77.3	1.37
		0	73.3	1.37
		4	66.6	1.40
		8	59.6	1.37
		12	60.0	1.41
		16	48.0	1.41
		20	64.0	1.35
		24	66.6	1.39
28		59.6	1.30	
32		56.6	1.38	
36		44.6	1.37	
40	32.0	1.35		
44	22.6	1.42		
48	0.00	0.00		
<i>Th. fedtschenkoi</i>	خشک Dry	-8	73.3	1.34
		-4	73.3	1.34
		0	76.0	1.35
		4	88.0	1.35
		8	80.6	1.36
		12	78.0	1.37
		16	77.3	1.39
		20	62.0	1.36
		24	52.0	1.36
		28	61.3	1.41
		32	65.3	1.29
		36	84.3	1.34
	40	69.3	1.39	
	44	81.3	1.34	
	48	78.8	1.39	
	مرطوب Humid	-8	62.6	1.30
		-4	72.0	1.27
		0	65.3	1.29
		4	78.6	1.28
		8	76.0	1.31
		12	70.0	1.37
		16	61.3	1.34
		20	58.0	1.33
		24	65.3	1.35
28		66.6	1.34	
32		70.6	1.34	
36		48.0	1.31	
40	47.3	1.31		
44	48.0	1.30		
48	4.00	1.30		

Table 9- Continued

ادامه جدول ۹-

گونه Species	شرایط رطوبتی Humidity Conditions	دما (درجه سانتیگراد) Temperature (°C)	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (Day)
<i>Th. pubescens</i>	خشک Dry	-8	86.0	1.67
		-4	86.6	1.69
		0	85.3	1.74
		4	88.6	1.83
		8	77.3	1.71
		12	82.6	1.73
		16	80.0	1.65
		20	79.3	1.72
		24	71.3	1.72
		28	68.0	1.70
		32	67.0	1.79
		36	74.6	1.81
	مرطوب Humid	40	66.6	1.65
		44	84.0	1.70
		48	86.6	1.71
		-8	62.6	1.58
		-4	85.3	1.67
		0	84.0	1.57
		4	84.0	1.61
		8	80.0	1.70
		12	74.0	1.60
		16	70.0	1.60
		20	64.0	1.62
		24	68.0	1.62
28	67.3	1.54		
32	62.0	1.61		
36	58.3	1.60		
40	43.3	1.65		
44	37.3	1.64		
48	0.00	0.00		
<i>Th. vulgaris</i>	خشک Dry	-8	77.3	2.58
		-4	84.0	2.71
		0	81.3	2.51
		4	81.3	2.14
		8	60.0	2.26
		12	61.3	2.55
		16	60.0	2.47
		20	58.0	2.42
		24	53.0	2.47
		28	49.3	2.60
		32	40.0	2.53
		36	46.6	2.78
	مرطوب Humid	40	56.0	2.38
		44	44.0	2.48
		48	56.0	2.56
		-8	46.6	2.04
		-4	65.3	1.96
		0	66.6	2.06
		4	66.6	2.08
		8	54.0	2.05
		12	54.6	2.04
		16	45.3	2.00
		20	47.36	2.10
		24	51.3	2.19
28	54.0	2.06		
32	32.0	2.07		
36	33.3	2.10		
40	37.3	1.97		
44	27.3	2.03		
48	0.00	0.00		

Table 9- Continued

ادامه جدول ۹-

گونه	شرایط رطوبتی	دما (درجه سانتی‌گراد)	درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)
Species	Humidity Conditions	Temperature (°C)	Germination Percentage	Mean Germination Time (Day)
<i>Th. daenensis</i>	خشک Dry	-8	81.3	2.00
		-4	85.3	2.03
		0	85.3	2.00
		4	92.0	2.06
		8	64.0	2.08
		12	50.6	2.00
		16	80.0	2.00
		20	82.6	2.10
		24	77.3	2.07
		28	67.3	2.01
		32	80.0	2.08
		36	84.0	2.14
	40	72.0	2.08	
	44	85.3	1.94	
	48	84.0	2.07	
	مرطوب Humid	-8	61.3	1.90
		-4	77.3	1.94
		0	76.0	1.79
		4	64.0	1.97
		8	58.0	1.96
		12	64.6	1.89
		16	73.3	1.92
		20	74.6	1.90
		24	58.6	2.03
28		58.6	1.95	
32		70.0	1.88	
36		67.3	1.94	
40	62.0	1.88		
44	76.0	1.94		
48	0.00	0.00		
<i>Th. kotschyanus</i>	خشک Dry	-8	85.3	1.37
		-4	90.6	1.29
		0	88.0	1.40
		4	90.6	1.38
		8	83.3	1.39
		12	86.0	1.36
		16	87.3	1.35
		20	77.3	1.37
		24	67.3	1.40
		28	69.3	1.41
		32	69.3	1.35
		36	60.0	1.37
	40	76.0	1.38	
	44	74.6	1.30	
	48	85.6	1.40	
	مرطوب Humid	-8	64.0	1.32
		-4	62.6	1.37
		0	72.0	1.33
		4	70.6	1.40
		8	64.6	1.38
		12	63.3	1.41
		16	70.0	1.45
		20	64.6	1.33
		24	74.6	1.37
28		64.0	1.38	
32		46.6	1.39	
36		37.3	1.37	
40	34.6	1.37		
44	0.00	0.00		
48	0.00	0.00		

بحث

رسوب پروتئین‌ها، یخ زدن آب بین سلولی و حرکت آب از پروتوپلاسم به فضای بین سلولی و تشکیل کریستال‌های یخ در داخل پروتوپلاسم صورت می‌گیرد (Taiz and Zeiger, 1998). میزان تحمل گونه‌های گیاهی به یخ زدگی در مراحل مختلف رشد متفاوت است. طول دوره بروودت (دمای یخ‌زدگی)، رطوبت خاک و از دست دادن سازگاری گیاه می‌توانند در تحمل به یخ‌زدگی یک گونه گیاهی مؤثر باشند (Meyer and Badaruddin, 2001).

همانگونه که در آزمایش مشاهده شد، گونه‌های مختلف آویشن نسبت به تنش‌های دمایی عکس‌العمل‌های متفاوتی داشتند. تنوع موجود بین گونه‌ها از نظر درصد و سرعت جوانه‌زنی احتمالاً به ویژگی‌های بذر مانند اندازه بذر (نسبت سطح به حجم بذر)، نفوذپذیری پوسته بذر و فعالیت‌های متابولیکی بذر مربوط می‌شود (Maiti and Wesche-Ebeling, 2001). در این آزمایش، تنوع ژنتیکی گونه‌ها در درون یک جنس امکان‌پذیر است. ژنوتیپ مورد نظر و مطلوب را فراهم می‌کند. در بین گونه‌های مورد بررسی، گونه *Th. daenensis* در تنش دمایی از میزان جوانه‌زنی بالایی برخوردار بود که از آن می‌توان در توسعه کشت دیم آویشن و به‌ویژه توسعه کشت در دیمزارهای کم‌بازده استفاده نمود. در این ارتباط Lebaschy و همکاران (۲۰۱۳) نیز به موفقیت استقرار و رشد آویشن دنیایی در دیمزارهای کشور اشاره نمودند. Sharifi Ashoorabadi و همکاران (۲۰۱۸)، تاثیر دما را بر مراحل فنولوژیک رشد گونه‌های مختلف آویشن بررسی نموده و به اختلاف رفتار گونه‌های مختلف اشاره داشته‌اند. رفتارشناسی گونه‌های مختلف جنس آویشن می‌تواند بر استقرار و پیش‌بینی رشد گیاه مؤثر باشد.

از آنجائیکه رفتارشناسی و بررسی سازگاری گیاه در شرایط زراعی مستلزم آزمایش‌های پرهزینه است، یکی از روش‌های منطقی و مؤثر، بررسی تحمل دمایی گیاه و ثبت رکورد آن در شرایط آزمایشگاهی است. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان گونه‌های مختلف آویشن را از

همانگونه که در نتایج مشاهده شد، در شرایط خشک، تغییرات دمایی بر میزان جوانه زنی مؤثر نبود. با جذب آب توسط بذر و فعال شدن آنزیم‌های آن، تنش‌های دمایی (اعم از دماهای پائین و بالا) موجب کاهش جوانه‌زنی گردید. جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه، فرآیندهای پیچیده‌ای بوده که وابسته به دما، رطوبت و اثرات متقابل آنها هستند. با افزایش دما تا دمای بهینه، جوانه‌زنی بذر افزایش می‌یابد درحالی که با افزایش دما بیش از حد بهینه، بذر دچار آسیب شده و این امر باعث کاهش جوانه‌زنی و کاهش رشد گیاهچه‌ها می‌شود (Kozłowski and Gentile, 1959). دماهای خیلی زیاد باعث تغییر ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها و متعاقب آن غیرفعال شدن برخی آنزیم‌ها شده و سرعت واکنش‌ها کاهش می‌یابد (Bonhomme, 2000). برادفورد (Bradford, 2002) بیان داشت در دماهای بالاتر از دمای مطلوب، انعقاد پروتئین‌ها و اختلال در کار غشاء از جمله عواملی هستند که باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر می‌شوند. تایگرسون و همکاران (Thygerson et al., 2002) کاهش کارایی متابولیک بذر را از دیگر عوامل کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در دماهای بالاتر از دمای مطلوب گزارش کردند.

در دماهای پایین، علت اصلی کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و طولانی شدن مدت جوانه‌زنی، کاهش جذب آب و متعاقب آن کاهش فعالیت‌های آنزیمی مربوط به فرآیندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی می‌باشد (Addae and Pearson, 1992; Maiti and Wesche-Ebeling, 2001). به‌طور کلی در دماهای خیلی پایین، پروتئین آنزیم برای تطابق با تغییرات مورد نیاز به‌اندازه کافی انعطاف‌پذیر نیست (Bonhomme, 2000). از طرفی دماهای پایین باعث تغییرات کمی و کیفی محتوی قند بافت‌ها شده (Jeong and Huosley, 1990) و در نهایت سبب مرگ بافت‌ها خواهد شد. مرگ گیاه در دماهای پایین به دلیل

نظر تحمل دمایی در شرایط خشک و مرطوب غربال‌گری
نمود و قبل از کشت در مزرعه، گونه‌های حساس را در
آزمایشگاه مشخص کرد.

Reference

منابع

- Addae, P.C., and C.J. Pearson. 1992.** Thermal requirement for germination and seedling growth of wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 585-594.
- Asbaghan, S., A. Shafaghat, K. Zarea, F. Kasimov, and F. Salimi. 2011.** Comparison of volatile constituents, and antioxidant and antibacterial activities of the essential oils of *Thymus caucasicus*, *T. kotschyanus* and *T. vulgaris*. *Nat. Prod. Commun.* 6 (1):137-140.
- Bannayan, M., F. Nadjafi, M. Rastgoo, and L. Tabrizi. 2006.** Germination properties of some wild medicinal plants from Iran. *J. Seed Technol.* 28: 80-86.
- Baskin, C.C., and J.M. Baskin. 2001.** Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego, California.
- Bonhomme, R. 2000.** Bases and limits to using degree day units. *Eur. J. Agron.* 13: 1-10.
- Bradford, K.J. 2002.** Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Sci.* 50: 248-260.
- Ellis, R.H., and E.H. Roberts. 1980.** Improved equations for the prediction of seed longevity. *Ann. Bot.* 45: 13-30.
- Grundy, A.C., K. Phelps, R.J. Reader, and S. Burston. 2000.** Modeling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. *New Phytol.* 148: 433-444.
- Guerke, W.R., T. Gutormson, D. Meyer, M. McDonald, D. Mesa, J.C. Robinson, and D. Tekrony. 2004.** Application of hydrotim analysis in seed testing. *Seed Technol.* 26: 75-85.
- Guillen, M.D., and M.J. Manzanos. 1998.** Composition of the extract in dichloromethane of the aerial parts of a Spanish wild growing plant *Thymus vulgaris* L. *Flavour Fragr. J.* 13 (4): 259-262.
- Hongyfei, L., J. Shen, X.D. Jin, B. Hannaway, C. Daly, and M.D. Halbleib. 2008.** Determining optimal seeding times for tall fescue using germination studies and spatial climate analysis. *Agric. For. Meteorol.* 148: 931-941.
- Jamzad, Z. 2009.** *Thymus* and *Satureja* species of Iran. Resaerch Institute of Forests and Rangelands, Tehran (In Persian)
- Jeong, B., and T.L. Huosley. 1990.** Fructan metabolism in wheat in alternating warm and cold temperatures. *Plant Physiol.* 93: 902-906.
- Kozlowski, T.T., and A.C. Gentile. 1959.** Influence of the seed coat on germination, water absorbsion and oxygen uptake of eastern white pine seed. *Forensic Sci.* 5: 389-395.
- Kebreab, E. and A.J. Murdoch. 1999.** A model of the effects of a wide range of constant and alternating temperatures on seed germination of four *Orobanche* species. *Ann. Bot.* 84: 549-557.
- Kebreab, E., and A.J. Murdoch. 2000.** The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanches aegyptiaca* seeds. *Seed Sci. Res.* 10: 127-133.
- Larsen, S.U., C. Bailly, D. Côme, and F. Corbineau. 2004.** Use of the hydrothermal time model to analysis interacting effects of water and temperature on germination of three grass species. *Seed Sci. Res.* 14: 35-50.
- Lebaschy, M.H., E. Sharifi Ashoorabadi, Z. Jamzad, S. Esfandiari, M. Bakhtiyary Ramezani, K. Bagherzadeh, J. Hasani, A. Sepahvand, A.H. Talebpor, G.M. Garivani, and K. Yousefi. 2013.** Investigation of Compatibility and yield of some *Thymus* species in dryland of Iran. Institute of Forests and Rangelands Research of Iran, Tehran. (In Persian, with English Abstract)
- Maiti, R., and P. Wesche-Ebeling. 2001.** *Advances in Chickpea Science.* Science Publishers Inc.

- Meyer, D.W., and M. Badaruddin. 2001.** Frost tolerance of ten seedling legume species at four growth stages. *Crop Sci.* 41: 1838-1842.
- Meyer, S.E., and R.L. Pendleton. 2000.** Genetic regulation of seed dormancy in *Purshia tridentate* (Rosaceae). *Ann. Bot.* 85: 521-529.
- Ozen, T., I. Demirtas, and H. Aksit. 2011.** Determination of antioxidant activities of various extracts and essential oil compositions of *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* var. *skorpilii*. *Food Chem.* 124 (1): 58-64.
- Pavel, M., M. Ristic, and T. Stevic. 2010.** Essential oils of *Thymus pulegioides* and *Thymus glabrescens* from Romania: chemical composition and antimicrobial activity. *J. Serbian Chem. Soc.* 75 (1): 27-34.
- Perry, D.A. 1991.** Methodology and application of vigour tests. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Qiu, J., Y. Bai, B. Coulman, and J.T. Romo. 2006.** Using thermal time models to predict seedling emergence of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) under alternating temperature regimes. *Seed Sci. Res.* 16: 261-271.
- Sharifi Ashoorabadi, E., Z. Jamizad, M.H. Lebaschy, A. Akbari Nia, L. Safaei, M. Larti, R. Habibi, G.M. Garivani, S. Safari, V. Samady Asl, and M. Mackizadeh Tafti. 2018.** Applying thermal index to predict the phenological stages of *Thymus* growth in natural habitats. *Journal of Iranian Nature.* 2(6) 34-44. (In Persian, with English Abstract)
- Springer, T.L. 2005.** Germination and early seedling growth of chaffy-seeded grasses at negative water potentials. *Crop Sci.* 45: 2075-2080.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 1998.** Plant physiology. Sinauer Association Publishers, Sunderland, Massachusetts, U.S.
- 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*). *Thermochim. Acta.* 394: 211-217.

