

ORIGINAL RESEARCH PAPER

## Evaluating the Effect of Potassium Nitrate and Cold Stratification on Dormancy Breaking, Germination Characteristics and Determining the Cardinal Temperatures of *Atriplex patula* Seeds

Ghaeloni<sup>1</sup>, S., Azizi<sup>2\*</sup>, A., Sayyari<sup>2</sup>, M. and Ahmadvand<sup>3</sup>, G.

1 and 2. MSc Graduated and Associate Professor, Respectively, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran

\*: Corresponding Author Email: azizi@basu.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's MSc thesis under the supervision of Ali Azizi.

Received: 2023/07/23 Accepted: 2023/09/21

### Abstract

*Atriplex patula* is a wild plant from the *Chenopodiaceae* family that has medicinal, nutritional, fodder and dedesertification applications. In order to determine the type of seed dormancy and characteristics of germination and the method of breaking dormancy and determining the cardinal temperatures of germination in this species, two experiments were conducted separately. In the first experiment, the first factor, potassium nitrate was evaluated at 4 levels and cold stratification as the second factor at 3 levels. The percentage and rate of seed germination were calculated. The second experiment was conducted to determine the germination cardinal temperatures, by 9 temperature levels (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40°C) and by determining the germination rate and fitting the most suitable regression model between temperature and germination rate. In both experiments, each treatment had 4 replications of 25 seeds and the percentage and germination rate were calculated. The results showed that potassium nitrate with a concentration of 250 mg/liter along with cold stratification at 3°C for one week had the most positive effect on the breaking of seed dormancy and the germination percentage and germination rate. the rate and percentage of germination reached 8.16 and 90%, respectively. In the second experiment, the cardinal germination temperatures, including the minimum, optimum and maximum temperatures, were obtained as 1.86°C, 22.5°C and 38.89°C, respectively, and the toothed regression model showed the best fit. According to these findings, seed dormancy in *Atriplex patula* was determined to be of non-deep physiological type.

**Keywords:** Wild spinach, seed dormancy, physiological dormancy, germination rate

### Introduction

Wild grassland plants are among the sources that have been considered for new food sources with the rapid increase of the world population and can be used as agricultural plants in the future. *Atriplex patula* is a herb of the *Chenopodiaceae* family, which has been reported for its medicinal, nutritional, fodder and dedesertification uses. *Atriplex* species are halophytes that are distributed in a variety of saline habitats, including the margins of wetlands, coastal areas, hills, and deserts (Bueno et al., 2017). These plants are suitable for dry and semi-arid degraded pastures in terms of compatibility with the environment, being evergreen and growing in poor and salty lands. Domestication of wild plants has obstacles, one of which is the existence of seed dormancy and, as a result, the problem of germination, so in order to improve seed germination, it is necessary to apply treatments to remove the obstacles to germination. According to the type and depth of seed dormancy, various treatments have been proposed to break dormancy and stimulate plant seed germination, which also depends on the genotype of the plant species. In order to determine the type of dormancy and characteristics of germination and a method for breaking dormancy and determining germination cardinal temperatures in this species, two experiments were conducted separately.

### Materials and Methods

The first experiment was conducted as a factorial in a completely randomized design with two factors. The first factor was potassium nitrate at 4 levels (0, 250, 500 and 750 mg.L<sup>-1</sup>) and the second factor was cold stratification at 3 levels (without cold stratification and cold stratification at +3°C and +6°C). The number of treatments was 12 and 25 seeds were used in 4 repetitions. The rate and percentage of seed germination were calculated. In order to determine the germination cardinal temperatures, an experiment was conducted in a completely random design by 9 temperature levels (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40°C). Each treatment had 4 replications of 25 seeds. this experiment was done by determining the germination rate and fitting the most suitable regression model between temperature and germination rate.

### Results and Discussion

The results of variance analysis of the effect of treatments used to break seed dormancy in this research, showed that the germination percentage of *Atriplex patula* seeds and their germination rate were significantly affected by the application of potassium nitrate, and cold stratification, and the interaction of these two treatments with a probability level of 99% ( $P < 0.01$ ). Based on the results, potassium nitrate ( $250 \text{ mg.L}^{-1}$ ) along with cold stratification at  $3^{\circ}\text{C}$  for one week had the most positive effect on seed dormancy breaking and increasing the germination percentage and rate. The rate and percentage germination reached 8.16 and 90% respectively by this treatment. The lowest germination percentage was related to the control treatment ( $0 \text{ mg.L}^{-1}$  potassium nitrate  $\times$  without cold stratification), and the highest germination percentage was 90.00%, related to the interaction of two factors of potassium nitrate  $250 \text{ mg.liter}^{-1} \times$  cold stratification at  $3^{\circ}\text{C}$ . Cold stratification treatment had a greater effect on seed dormancybreaking than potassium nitrate treatment. The lack of cold stratification, in different concentrations of potassium nitrate, decreased the germination percentage of seeds, although the treatment of seeds with different concentrations of potassium nitrate had a significant difference with the control treatment, but without the wet cooling treatment, the germination percentage decreased. In the second experiment, the germination cardinal temperature, including the minimum, optimal, and maximum temperatures, were obtained as 1.86, 22.51, and  $38.89^{\circ}\text{C}$ , respectively, and the best model was chosen to be the cardinal temperatures of the tooth-like model. The lowest germination rate (0.4) was observed at  $5^{\circ}\text{C}$ . With the increase in temperature from  $5^{\circ}\text{C}$  to above, the germination rate increased and at  $25^{\circ}\text{C}$ , the highest germination rate was achieved. From the temperature of  $25^{\circ}\text{C}$  and above, the germination rate decreased with a significant difference. Different temperatures with their effect on germination may be useful for evaluating the characteristics of germination and establishment potential of plant species. The issue that should be noted is that the germination rate is more important than the germination percentage in the discussion of plant establishment, because the faster the germination, the more likely the roots will come out of the soil and absorb soil moisture and result better establishment of the seedling (Hashemi *et al.*, 2017).

### Conclusion

According to the results of the present research, it was found that seed dormancy in *Atriplex patula* is of non-deep physiological type. Cold stratification at  $3^{\circ}\text{C}$  is more effective than potassium nitrate in breaking seed dormancy of this plant.

**Citations:** Ghaeloni, S., Azizi, A., Sayyari, M. and Ahmadvand, G. (2023). Evaluating the Effect of Potassium Nitrate and Cold Stratification on Dormancy Breaking, Germination Characteristics and Determining the Cardinal Temperatures of *Atriplex patula* Seeds. *Plant Production Technology*, 23(1), 117-132.  
<https://doi.org/10.22084/PPT.2017.14470.1760>

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Online ISSN: 2476-5651

Print ISSN: 2476-6321

## ارزیابی تأثیر نیترات پتاسیم و سرمادهی مرطوب بر شکست خواب و خصوصیات جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال بذر گیاه سلمکی (*Atriplex patula*)

### Evaluating the Effect of Potassium Nitrate and Cold Stratification on Dormancy Breaking, Germination Characteristics and Determining the Cardinal Temperatures of *Atriplex patula* Seeds

سامیه قائلونی<sup>۱</sup>، علی عزیزی<sup>۲\*</sup>، محمد سیاری<sup>۳</sup> و گودرز احمدوند<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰  
(مقاله پژوهشی)

#### چکیده

سلمکی (*Atriplex patula*) گیاهی از خانواده اسفنجیان (*Chenopodiaceae*) است که دارای کاربردهای دارویی، تغذیه‌ای، علوفه‌ای و بیابان‌زدایی است. به‌منظور تعیین نوع خواب بذر و ویژگی‌های جوانه‌زنی و روش شکست خواب و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی در این گونه، دو آزمایش به‌صورت جداگانه انجام گرفت. در آزمایش اول، فاکتور اول، چهار سطح نیترات پتاسیم و سه سطح سرمادهی مرطوب به‌عنوان فاکتور دوم مورد ارزیابی قرار گرفت. سرعت و درصد جوانه زنی بذور محاسبه گردید. آزمایش دوم در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌منظور تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذور در ۹ سطح دمایی (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) انجام گرفت و با تعیین سرعت جوانه‌زنی و برازش مناسب‌ترین مدل رگرسیونی بین درجه حرارت و سرعت جوانه‌زنی انجام شد. در هر دو آزمایش، هر تیمار دارای ۴ تکرار ۲۵ بذری بود و درصد و سرعت جوانه‌زنی محاسبه شد. نتایج نشان داد، نیترات پتاسیم با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه سرمادهی مرطوب در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک هفته بیش‌ترین تأثیر مثبت را در شکست خواب بذر و درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت و سرعت و درصد جوانه‌زنی را به‌ترتیب به ۸/۱۶ و ۹۰ درصد رساند. در آزمایش دوم، دماهای کاردینال جوانه‌زنی شامل دمای حداقل، مطلوب و حداکثر به‌ترتیب معادل ۱/۸۶، ۲۲/۵۱ و ۳۸/۸۹ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد و مدل رگرسیونی از نوع دندان‌های بیش‌ترین برازش را نشان داد. بنابراین یافته‌ها، خواب بذر در گیاه سلمکی، از نوع فیزیولوژیکی غیرعمیق تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: اسفنج وحشی، رکود بذر، خواب فیزیولوژیکی، سرعت جوانه‌زنی

ارجاع به مقاله: قائلونی، س.، عزیزی، ع.، سیاری، م. و گودرز احمدوند، گ. (۱۴۰۲). ارزیابی تأثیر نیترات پتاسیم و سرمادهی مرطوب بر شکست خواب و خصوصیات جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال بذر گیاه سلمکی (*Atriplex patula*). *مجله فناوری تولیدات گیاهی*، ۱(۱)، ۱۱۷-۱۳۲. <https://doi.org/10.22084/PPT.2017.14470.1760>

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.



شاپا چاپی: ۶۳۲۱-۲۴۷۶

شاپا الکترونیکی: ۵۶۵۱-۲۴۷۶

۱ و ۲. به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران  
۳. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران  
\* نویسنده مسئول Email: [azizi@basu.ac.ir](mailto:azizi@basu.ac.ir)  
مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول به راهنمایی آقای علی عزیزی می‌باشد.

## مقدمه

گیاهان وحشی و مرتعی خودرو از جمله منابعی هستند که با افزایش سریع جمعیت جهان به منظور منابع غذایی جدید مورد توجه قرار گرفته‌اند و می‌توانند به عنوان گیاهان زراعی در آینده مورد استفاده قرار گیرند. در کشور ما تعداد قابل توجهی گونه‌های گیاهی مرتعی بومی و با ارزش وجود دارد که قابلیت‌های خوراکی، دارویی، صنعتی و علوفه‌ای دارند. امروزه اهلی کردن و کشت گیاهان وحشی برای مصارف غذایی، دارویی و دامی اهمیت زیادی پیدا کرده است (جعفری، ۱۳۹۵). جنس گیاهی آتریپلکس (*Atriplex sp.*) از خانواده‌ی اسفناجیان (*Chenopodiaceae*) است که دارای گونه‌های مختلف و متنوع می‌باشد. گونه‌های جنس آتریپلکس، گیاهانی شورپسند (*Halophyte*) محسوب می‌شوند که در انواع زیستگاه‌های شور از جمله حاشیه تالاب‌ها، مناطق ساحلی، تپه‌ها و بیابان‌ها پراکنش یافته‌اند (بوئنو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). این گیاهان از نظر سازگاری با محیط، همیشه سبز بودن و رشد در اراضی شور و فقیر برای مراتع تخریب یافته خشک و نیمه‌خشک، مناسب می‌باشند. کاشت گونه‌های آتریپلکس از حدود ۳۵ سال پیش شروع گردیده است، تاکنون مطالعات گوناگونی در زمینه‌ی خصوصیات اکولوژیکی این گیاهان انجام گرفته است (تجلی، ۱۳۸۵). آتریپلکس‌ها بسیار متحمل به خشکی، شوری و درجه حرارت بالا هستند. این گیاهان در خاک‌های شور باعث افزایش مواد آلی خاک می‌شوند (ما<sup>۲</sup>، ۲۰۱۶). گونه *Atriplex patula* در این جنس، به سلمکی و یا اسفناج وحشی معروف است و دارای برخی ترکیبات فنلی مهم مانند کوئرستین و روتین است که به آن ویژگی دارویی هم داده است (داداکووا<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳).

فرایند کشت و اهلی سازی گیاهان وحشی دارای موانعی است که یکی از آن‌ها، وجود خواب بذر و به تبع آن، مشکل در جوانه‌زنی می‌باشد، بنابراین به منظور بهبود در جوانه‌زنی بذر، اعمال تیمارهایی جهت حذف موانع جوانه‌زنی ضروری است. باتوجه به نوع و عمق خواب بذر، تیمارهای گوناگونی جهت شکستن خواب و تحریک جوانه‌زنی بذر گیاهان پیشنهاد شده است که این نیز خود به ژنوتیپ گونه گیاهی بستگی دارد. از مهم‌ترین این تیمارها برای شکستن خواب بذر می‌توان به سرمادهی مرطوب و کاربرد نیترات پتاسیم اشاره کرد (نعمتی و همکاران، ۲۰۱۶؛ قدمیاری و همکاران، ۱۳۹۰) اشاره کرد.

هنگامی که یک بذر کاشته می‌شود، خواب بذر باید شکسته شده باشد. این امر هنگام تکثیر گیاه بسیار مهم است. بسیاری از بذور که توسط گیاهان وحشی در عرصه‌های طبیعی تولید می‌شوند، سطوح مختلف رکود را نشان می‌دهند. در گیاهان مرتعی، خواب بذر راهی برای جلوگیری از جوانه‌زنی بذر در شرایط نامساعد است. طیف گسترده‌ای از عوامل می‌توانند رکود فیزیولوژیکی بذر را تحت تأثیر قرار دهند، مانند دما، نور و مواد شیمیایی که به‌طور طبیعی در بستر رویش بذر وجود دارند (شریفی فر<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

جوانه‌زنی بذر در بسیاری از گونه‌های گیاهی توسط مکانیسمی که اصطلاحاً خواب بذر نامیده می‌شود، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. خواب بذر می‌تواند حتی در شرایط محیطی مساعد، مانع جوانه‌زنی شود (خاکپور<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه بحرانی‌ترین و مهم‌ترین مرحله در چرخه‌ی زندگی گیاهان محسوب می‌شوند و اهمیت زیادی در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارند. عوامل مختلفی در فرآیند جوانه‌زنی بذر مؤثر هستند که شامل ژنوتیپ گیاه، درجه حرارت، رطوبت بستر بذر و غیره می‌باشند (آقازاده<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). جوانه‌زنی یک فرآیند فیزیولوژیک پیچیده است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد. جوانه‌زنی با جذب آب توسط بذر شروع می‌شود و با طول شدن محور جنینی و خروج ریشه‌چه پایان می‌یابد (بیابانی<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). جوانه‌زنی سریع بذر و سبز شدن یکنواخت گیاهچه‌ها در مزرعه در استقرار محصولات موفق، چه در شرایط تنش و چه در شرایط بدون تنش، اهمیت ویژه‌ای دارد. جوانه‌زنی آهسته و سبز شدن غیریکنواخت منجر به کاهش عملکرد در سطح مزرعه خواهد شد و گیاهان تولید شده به تنش‌های زنده و غیرزنده حساسیت بیش‌تری خواهند داشت (شرف و فولاد<sup>۸</sup>، ۲۰۰۵).

از بین عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی، درجه حرارت یکی از فاکتورهای مهم در جوانه‌زنی بذرها است. تحقیقات زیادی نشان داده شده است که درجه حرارت و رطوبت بر درصد جوانه‌زنی مؤثر هستند (بلومبرگ<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). درجه حرارت از فاکتورهای مهم محیطی مؤثر در فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان در کلیه مراحل رشد و نمو اعم از جوانه‌زنی، گل‌دهی، رشد و نمو و فتوسنتز و تنفس است. در کلیه این فعالیت‌ها آستانه‌های حداکثر و حداقل درجه حرارت برای فعالیت وجود

4. Sharififar  
5. Khakpour  
6. Aghazadeh  
7. Biabani  
8. Ashraf and Foolad  
9. Bloomberg

1. Bueno  
2. Ma  
3. Dadáková

به منظور ضد عفونی کردن بذور، از هیپوکلریت سدیم تجاری با خلوص ۵ درصد (آب ژاول)، محلولی با غلظت یک درصد تهیه شد. سپس بذرها به مدت یک دقیقه در این محلول غوطه‌ور شدند و در نهایت با آب مقطر سه بار شستشو داده شدند.

### آزمون جوانه‌زنی جهت تعیین وجود خواب در بذر

وجود خواب در بذور گیاه سلمکی با آزمون جوانه‌زنی استاندارد بررسی شد. بذور ضد عفونی شده در پتری‌دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر قرار داده شدند. در هر پتری‌دیش ۲۵ عدد بذر در هر تکرار قرار گرفت و به هر پتری‌دیش ۳ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد سپس پتری‌دیش‌ها به اتافک رشد با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. هر ۲۴ ساعت یک‌بار، پتری‌دیش‌ها کنترل شدند و بعد از ۱۴ روز با توجه به این‌که هیچ‌کدام از بذرها جوانه نزدند خواب بذر این گونه ثابت شد.

### تست تترازولیوم

به منظور برآورد زنده‌مانی بذرها، تست تترازولیوم یک درصد انجام شد. بدین منظور، ابتدا بذرها به مدت ۲۴ ساعت در آب خیس‌مانده شدند. سپس بذور داخل محلول تری فنیل تترازولیوم کلراید به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی قرار داده شدند. به منظور ارزیابی بافت‌های زنده بذر به خصوص جنین، بذرها با اسکالپل برش داده شده و از طریق مشاهده زیر بینی‌کولار، مورد ارزیابی قرار گرفتند. تشکیل رنگ قرمز در اطراف جنین حاکی از زنده بودن بذرها بود. شکل ۱، بذر برش داده شده را تحت آزمون تترازولیوم زیر بینی‌کولار، نشان می‌دهد. پس از اطمینان از زنده بودن بذرها به منظور رسیدن به اهداف پژوهش، دو آزمایش به صورت جداگانه به اجرا درآمد.

### آزمایش اول: بررسی نوع خواب بذر و ارزیابی پتانسیل تیمار نیترات پتاسیم و سرمادهی مرطوب بر شکست خواب و جوانه‌زنی

به منظور تعیین نوع خواب بذر و روش شکستن آن، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲ فاکتور انجام شد. فاکتور اول تیمار با نیترات پتاسیم در چهار سطح (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و فاکتور دوم سرمادهی مرطوب در سه سطح (بدون سرمادهی مرطوب و سرمادهی مرطوب در دماهای ۳ و ۶ درجه سانتی‌گراد) بود. با احتساب ۱۲ تیمار و ۴ تکرار برای هر تیمار، تعداد ۴۸ واحد آزمایشی در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۲۵ عدد بذر برای هر تکرار در نظر گرفته شد. در هر مرحله‌ی انجام آزمایش کلیه وسایل

دارد، بنابراین پتانسیل عملکرد هر گیاه به شرط ثابت گرفتن دیگر عوامل محیطی در نهایت در ارتباط با رژیم‌های حرارتی است که گیاه در آن زندگی می‌کند. عواملی از قبیل آب موجود در گیاه، سن گیاه و فصل رویش، در تحمل و محدوده بردباری حرارتی گیاه تأثیر فراوانی دارند. احتیاجات دمایی موجودات زنده تحت عنوان دامنه‌های زیستی (کاردینال<sup>۱</sup>) معرفی می‌گردند که مثلاً در ارتباط با جوانه‌زنی بذر، شامل درجه حرارت حداقل (در کم‌تر از آن جوانه‌زنی صورت نمی‌گیرد)، بهینه (درجه حرارتی که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان رخ می‌دهد) و درجه حرارت حداکثر (در بیش‌تر از آن جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد و پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تجزیه نمی‌شوند) می‌باشند (آق‌زاده و همکاران، 2016).

طبق گزارش‌های موجود در گیاه سلمکی (*A. patula*) بذره‌های این گیاه دارای خواب می‌باشند و در حالت معمولی، میزان جوانه‌زنی بذر در این گیاه بین ۱۲ تا ۱۹ درصد است که با چینه‌سرمایی ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت سه ماه، جوانه‌زنی تا ۹۸ درصد ارتقا می‌یابد (نورث<sup>۲</sup> و همکاران، 2008). باتوجه به موارد ذکر شده، برای شروع مطالعات اهلی سازی و کشت گیاه سلمکی (*A. patula*) به عنوان اهداف پژوهش حاضر، الف: کسب اطلاعات اولیه از خواب بذر و ویژگی‌های جوانه‌زنی، ب: اندازه‌گیری دماهای کمینه، بهینه و بیشینه در جوانه‌زنی بذر و در نهایت ج: بررسی تأثیر نیترات پتاسیم و سرمادهی مرطوب بر جوانه‌زنی بذر این گیاه در نظر گرفته شد.

### مواد و روش‌ها

#### جمع‌آوری بذور

بذور گیاه سلمکی (*Atriplex patula*) جهت انجام آزمایش‌های مربوط به جوانه‌زنی، شکستن خواب بذر و دماهای کاردینال جوانه‌زنی، از اطراف دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا شهر همدان با ارتفاع ۱۸۲۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۳۳ درجه و ۹۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه‌ی عرض شمالی از خط استوا و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه‌ی طول شرقی در اواخر آبان‌ماه سال ۱۳۹۸ و از روی بوته‌های مادری (در پایان مراحل رشد زایشی و ریزش بذر) جمع‌آوری شد. پس از جمع‌آوری در ابتدا، بذور بوجاری شدند و بذرهایی با اندازه یکسان، یکنواخت و بدون شکستگی انتخاب شدند. بذرها تا زمان انجام آزمایش در دمای  $25 \pm 3$  درجه سانتی‌گراد و در پاکت‌های کاغذی نگهداری شدند. قبل از انجام آزمایشات،

1. Cardinal  
2. Nurse

قهوه‌ای رنگ استفاده شد و به‌نحوی انتخاب شدند که تاحدودی و به‌صورت نسبی از نظر ظاهری، یک اندازه و یکنواخت باشند.

مورداستفاده در اتوکلاو، سترون شدند. به‌منظور اجرای آزمایش، ۴۸ عدد پتری‌دیش استریل به قطر ۹ سانتی و کاغذ صافی واتمن تهیه شد. به‌منظور کاهش خطای آزمایشی، از بذور



شکل ۱: بذره‌های برش داده شده گیاه *Atriplex patula* بعد از آزمون تترازولیوم  
Fig. 1: sclaped seeds of *Atriplex patula* after tetrazolium test

در این معادلات:

n: تعداد کل بذره‌های جوانه زده در طی دوره، N: تعداد کل  
بذره‌های کشت شده،  $t_i$ : تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی

#### آزمایش دوم: تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر

به‌منظور تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر آتریپلکس، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار انجام شد. تیمارها شامل ۹ سطح دمایی بود. بذور در دماهای (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. برای هر تیمار ۴ تکرار و در مجموع ۳۶ عدد پتری‌دیش در نظر گرفته شد. هر تکرار شامل ۲۵ عدد بذر بود.

پس از اطمینان از رفع خواب بذور، به‌منظور انجام بهترین تیمار (با توجه به نتایج آزمایش قبل)، بذرها به مدت ۶ روز در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد در ظروف پتری حاوی کاغذ صافی مرطوب و در تاریکی قرار گرفتند. سپس، برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی، بذرها در هریک از دماهای (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) به‌صورت جداگانه به مدت ۱۴ روز در ژرمیناتور و در تاریکی قرار گرفتند (ایستا، ۲۰۰۸). شمارش بذره‌های جوانه‌زده پس از ۲۴ ساعت از شروع آزمایش هر ۲۴ ساعت انجام شد. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به‌طول ۲ میلی‌متر بود (الیس و روبرت، ۱۹۸۱). پس از برداشت داده‌ها سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی مطابق روش پانار و بهارادج، (۲۰۰۵) محاسبه گردید.

برای تهیه غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر نمک نیترات پتاسیم، به‌ترتیب مقدار ۰/۰۲۵، ۰/۰۵ و ۰/۰۷۵ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل حل گردید. بذور به‌مدت ۲۴ ساعت در غلظت‌های تعیین شده محلول نیترات پتاسیم خیسانده شدند. پس از ۲۴ ساعت تیماردهی با محلول نیترات پتاسیم، در هر پتری تعداد ۲۵ عدد بذر قرار داده شد و به هر پتری‌دیش مقدار ۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. سپس تعداد تعیین شده‌ی پتری‌دیش‌های حاوی بذور تیمار شده با نیترات پتاسیم به‌منظور اعمال تیمار سرمادهی مرطوب، داخل یخچال با دمای ۳ و ۶ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی به مدت یک هفته قرار داده شد.

بقیه پتری‌دیش‌های حاوی بذور تیمار شده با نیترات پتاسیم در دمای استاندارد ( $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد) و در تاریکی قرار داده شدند. بذور تیمار شده با سرمادهی مرطوب نیز پس از یک هفته از یخچال خارج شدند و در دمای  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در این آزمایش، شاهد بدون هیچ تیماری به‌همراه ۵ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای استاندارد و در تاریکی قرار داده شد. شمارش بذره‌های جوانه زده پس از ۲۴ ساعت از شروع انجام آزمایش، هر ۲۴ ساعت انجام شد و تا زمانی که تعداد تجمعی بذور جوانه‌زده شده به یک حد ثابت رسید، شمارش ادامه داشت. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به طول ۲ میلی‌متر بود. پس از برداشت داده‌ها، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی مطابق با معادلات ارائه شده توسط پانار و بهارادج<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) محاسبه گردید.

$$\text{Germination rate} = n/N \times 100 \quad (۱): \text{درصد جوانه‌زنی}$$

$$\text{Germination speed} = \sum (n_i/t_i) \quad (۲): \text{سرعت جوانه‌زنی}$$

## محاسبه دمای کاردینال

برای تعیین دمای کاردینال سه مدل رگرسیونی دندانمانند، دو تکه‌ای و پنج پارامتری بتا (رابطه های ۳، ۴ و ۵) روی درجه حرارت و سرعت جوانه‌زنی، برازش داده شد.

در این رابطه‌ها،  $F$  = سرعت جوانه‌زنی،  $T$  = دمای ژرمیناتور (دمای آزمایش)،  $T_b$  = دمای کمینه،  $T_{o1}$  = دمای بهینه پایین،  $T_{o2}$  = دمای بهینه بالا،  $T_o$  = دمای بهینه و  $T_c$  = دمای بیشینه که همگی بر حسب درجه سانتی‌گراد هستند.

(۳) تابع دندانمانند (پیپر<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۶)

$$F(T) = \frac{(T - T_b)}{(T_{o1} - T_b)}, \quad \text{if } T_b < T \leq T_{o1}$$

$$F(T) = \frac{(T_c - T)}{(T_c - T_{o2})}, \quad \text{if } T_{o2} < T \leq T_c$$

$$F(T) = 1, \quad \text{if } T_{o1} < T \leq T_{o2}$$

$$F(T) = 0, \quad \text{if } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c$$

(۴) تابع دو تکه‌ای (امویل<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۴)

$$F(T) = \frac{(T - T_b)}{(T_o - T_b)}, \quad \text{if } T_b < T < T_o$$

$$F(T) = \frac{(T_c - T)}{(T_c - T_o)}, \quad \text{if } T_o < T < T_c$$

$$F(T) = 0, \quad \text{if } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c$$

(۵) تابع بتا ۵ پارامتری (یان و هانت<sup>۳</sup>، ۱۹۹۹)

$$F(T) = \left( \frac{T - T_b}{T_o - T_b} \right) \left( \frac{T_c - T}{T_c - T_o} \right)^{\frac{(T_c - T_o)}{(T_o - T_b) \cdot \delta}}$$

$$\text{If } T > T_b \text{ and } T < T_c,$$

$$F(T) = 0, \quad \text{if } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c$$

برای اعتبار سنجی مدل‌ها، از ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین رگرسیونی (رابطه ۶) استفاده شد (برادفورد<sup>۴</sup>، ۲۰۰۲).

(۶)

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum (Y_{obs} - Y_{pred})^2}$$

در این رابطه  $Y_{obs}$  و  $Y_{pred}$  به ترتیب مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده و  $n$  تعداد نقاط می‌باشد. RMSE کوچک‌تر و  $R^2$  نزدیک‌تر به یک، نشان‌دهنده برازش بهتر مدل به داده‌ها می‌باشد.

## تجزیه آماری

داده‌های صفات مختلف پس از بررسی و انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار Excell (۲۰۱۹) رسم گردید.

## نتایج و بحث

### نتایج آزمایش اول

#### درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای به‌کار رفته برای شکست خواب بذر در این پژوهش (جدول ۱)، نشان داد درصد جوانه‌زنی بذرهای گیاه *Atriplex patula* و همچنین سرعت جوانه‌زنی آن‌ها، با کاربرد نیترات پتاسیم با غلظت‌های (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و تیمار سرمادهی مرطوب (شاهد بدون سرمادهی مرطوب، ۳ درجه سانتی‌گراد و ۶ درجه سانتی‌گراد) و برهم‌کنش (اثر متقابل) این دو تیمار به‌صورت معنی‌داری با سطح احتمال ۹۹ درصد ( $P < 0.01$ ) تحت تأثیر قرار گرفت.

مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تیمارهای شکست خواب بذر ( $KNO_3$  و سرمادهی مرطوب) بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه آتریپلکس (جدول ۲) نشان داد که کم‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد (صفر = نیترات پتاسیم × عدم سرمادهی مرطوب) بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی به‌میزان ۹۰/۰۰ درصد، مربوط به اثر متقابل دو فاکتور نیترات پتاسیم ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر × سرمادهی مرطوب در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد بود که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود. به‌طورکلی تیمار سرمادهی مرطوب به تنهایی نیز موجب شکست خواب بذر گونه سلمکی *A. patula* و افزایش درصد جوانه‌زنی شد، تیمار بذر با سرمادهی مرطوب در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد با بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی همراه بود که نشان داد یکی از راه‌های شکست خواب این گونه از جنس آتریپلکس، سرمادهی مرطوب می‌باشد. تیمار سرمادهی مرطوب نسبت به تیمار نیترات پتاسیم تأثیر بیش‌تری بر شکست خواب بذر داشت. عدم سرمادهی مرطوب در غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم، باعث کاهش درصد جوانه‌زنی بذر شد، اگرچه تیمار بذور با غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود اما بدون تیمار سرمادهی مرطوب درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. بین تیمار سرمادهی مرطوب در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد و ۶ درجه سانتی‌گراد بدون نیترات پتاسیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی نیز مربوط به اثر متقابل غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم × سرمادهی مرطوب در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد به میزان ۸/۱۶ بود که اختلاف معنی‌داری با اثر متقابل غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم × سرمادهی مرطوب در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد نداشت (جدول ۲). کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار

1. Piper
2. Mwale
3. Yan and Hunt
4. Bradford

کمتر از ۱۵ درصد است تأثیر ندارد (اریلی و دی آتریپ<sup>۲</sup>، 2007). نتایج بررسی فرج‌الهی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که تیمار نیترات پتاسیم ۰/۱ درصد بیش‌ترین اثر را در بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گونه *Atriplex lentifomis* داشته است. یکی از دلایلی که در اکثر گزارش‌های علمی در مورد اثرات نیترات پتاسیم بر جوانه‌زنی ذکر شده است این است که این ترکیب احتمالاً مانع تجمع و سمیت برخی یون‌ها در رویان بذرها می‌شود (دمیر و ونتر<sup>۳</sup>، 1999)

مطالعات خیاط مقدم و همکاران (۱۳۹۴) در گونه‌ای از گون (جنس *Astragalus*) نشان داد که خواب بذر از نوع فیزیولوژیک است، زیرا بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی بذرها در اثر اعمال تیمار تلفیقی سرمادهی مرطوب (به‌مدت ۱۴ روز) و اسید جیبرلیک (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌دست آمد. نتایج پژوهش غدیری و نیازی<sup>۴</sup> (2005) روی گیاه تاج‌خروس (جنس *Amaranthus*) نشان داد که تیمار پیش سرمادهی به‌مدت ۸ هفته باعث شکستن خواب بذرهای این گیاه شد. هم‌چنین تیمار سرمادهی به‌مدت ۷ و ۱۴ روز باعث افزایش میزان جوانه‌زنی بذرهای گیاه گون گون (جنس *Astragalus*) شده است (فاتح و همکاران، ۱۳۸۴).

شاهد (بدون نیترات پتاسیم × عدم سرمادهی مرطوب) به‌میزان ۱/۴۸ بود که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود. نیترات پتاسیم از پرمصرف‌ترین موادشیمیایی برای افزایش جوانه زنی بذرهاست.

نیترات پتاسیم به‌عنوان یک عامل مؤثر در کاهش نیاز نوری و افزایش جوانه زنی شناخته می‌شود. هم‌چنین، این ماده در پاسخ به فرآیندهای متابولیکی بذور به شرایط محیطی، مداخله می‌کند. این ترکیب ممکن است باعث بیوسنتز اکسین شده و باعث شروع رویش جنین گردد (مهر<sup>۱</sup>، 2003). اما احتمالاً مداخله این ماده به‌عنوان سیگنال تحریک‌کننده بوده و خود مستقیماً وارد واکنش‌های شیمیایی نمی‌گردد. این اثر سیگنال‌دهی احتمالاً مربوط به کاهش بیوسنتز اسید آبسزیک و عوامل بازدارنده نیز می‌تواند باشد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که خواب این گونه از آتریپلکس از نوع خواب فیزیولوژیکی غیرعمیق است. از بررسی اثرات محتوای رطوبت دانه در طول سرمادهی معلوم شده است مقداری رطوبت، برای تأثیر سرمادهی بر جوانه‌زنی لازم است. سرمادهی در جوانه‌زنی دانه‌هایی که رطوبت آن‌ها

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر تیمارهای شکست خواب بذر ( $KNO_3$  و سرمادهی مرطوب) بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه آتریپلکس

Table 1: Variance analysis of the effects of seed dormancy treatments ( $KNO_3$  and cold stratification) on the percentage and germination rate of *Atriplex* seeds

میانگین مربعات MS		منابع تغییر S.OV.
سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	درجه آزادی df
7.88**	632.18**	3
85.06**	9347.77**	2
3.28**	291.60**	6
0.18	3.92	36
7.43	2.84	-

\*\* نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد

\*\* : Significant at 0.01 Probability level



جدول ۲: مقایسه میانگین اثر برهم کنش تیمارهای شکست خواب بذر (KNO<sub>3</sub> و سرمادهی مرطوب) بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه آتریپلکس

Table 2: Mean comparisons of interaction effects of seed dormancy breaking treatments (KNO<sub>3</sub> and Cold stratification) on the percentage and germination rate of Atriplex plant seeds

سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	تیمار Treatment	
		سرمادهی مرطوب Cold stratification	KNO <sub>3</sub>
1.48 <sup>f</sup>	19.00 <sup>g</sup>	بدون سرمادهی مرطوب No Cold stratification	0
2.84 <sup>e</sup>	40.50 <sup>f</sup>	بدون سرمادهی مرطوب No Cold stratification	250
5.52 <sup>d</sup>	50.50 <sup>e</sup>	بدون سرمادهی مرطوب No Cold stratification	500
3.20 <sup>e</sup>	57.50 <sup>d</sup>	بدون سرمادهی مرطوب No Cold stratification	750
6.81 <sup>c</sup>	79.00 <sup>c</sup>	۳ درجه سانتی‌گراد 3°C	0
8.16 <sup>a</sup>	90.00 <sup>a</sup>	۳ درجه سانتی‌گراد 3°C	250
7.56 <sup>ab</sup>	86.50 <sup>ab</sup>	۳ درجه سانتی‌گراد 3°C	500
8.07 <sup>a</sup>	86.25 <sup>ab</sup>	۳ درجه سانتی‌گراد 3°C	750
5.79 <sup>d</sup>	80.50 <sup>c</sup>	۶ درجه سانتی‌گراد 6°C	0
7.03 <sup>bc</sup>	81.00 <sup>c</sup>	۶ درجه سانتی‌گراد 6°C	250
6.61 <sup>c</sup>	82.00 <sup>c</sup>	۶ درجه سانتی‌گراد 6°C	500
7.22 <sup>bc</sup>	85.00 <sup>b</sup>	۶ درجه سانتی‌گراد 6°C	750

اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند  
In each column, data having one similar letter are not significantly different at 5% level using Duncan test

علینقی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) دریافتند که نوع روشی که برای شکستن خواب بذر برای گیاهان به کار می‌رود به گونه گیاهی بستگی دارد. در پژوهشی که انجام دادند مشخص شد که جوانه‌زنی بذرهای سه گونه علف‌هرز (از نظر درصد و سرعت جوانه‌زنی) در روش‌های مختلف شکست خواب بذر، تفاوت معنی‌داری داشتند، به طوری که بذرهای سلمه‌تره (جنس *Conopodium*) در ۵ هفته سرمادهی مرطوب با میانگین جوانه‌زنی ۹۷ درصد، بذرهای پیچک (جنس *Convolvulus*) با تیمار خراش‌دهی با سنباده با میانگین جوانه‌زنی ۹۸ درصد و بذرهای دم روباهی (جنس *Alopecurus*) با تیمار اسید جیبرلیک در با میانگین جوانه‌زنی ۶۰ درصد، بالاترین میزان پاسخ را به این تیمارها داشتند. مطالعات نبئی<sup>۴</sup> و همکاران (2014) در گیاه خارمریم (جنس *Silybum*) نشان داد که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی بذرها (۵۸ درصد) از تیمار نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد (در مدت ۲۴ ساعت) حاصل شد و تیمارهای

عثمان و قاسسالی<sup>۱</sup> (1997) بیان کردند، وجود برگ‌ک‌های موجود در بذر گونه‌های مختلف آتریپلکس ممکن است در زمان جوان‌زدن بذرهای گیاه تأثیرگذار باشد و یا در انتشار بذر به وسیله آب و باد کمک کند. تانگ<sup>۲</sup> و همکاران (2008) گزارش کردند که اعمال تیمارهای سرمادهی نسبت به سایر تیمارهای شکستن خواب تأثیر بیشتری بر شکست خواب بذرهای سلمه‌تره (جنس *Conopodium*) دارد به طوری که در بررسی آن‌ها، افزایش مدت سرمادهی، موجب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بذرهای سلمه‌تره شد. نتایج مطالعات نعمتی<sup>۳</sup> و همکاران (2016) نشان داد که بهترین تیمار برای شکستن خواب بذرهای هندوانه ابوجهل (جنس *Citrullus*)، سرمادهی مرطوب به مدت ۹۰ روز و برای بذر گیاه خارمریم (جنس *Silybum*)، اسید جیبرلیک ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود.

1. Osman & Ghassali
2. Tang
3. Nemati

هم‌چنین، مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی در دماهای مختلف نشان داد که در دمای صفر و ۴۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی انجام نگرفت و با افزایش دما از ۰ به ۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی با اختلاف معنی‌داری به ۱۴/۵ درصد رسید و با همین روند، با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به حداکثر میزان خود (۸۹/۵ درصد) رسید و در ادامه با روند افزایش درجه حرارت از درصد جوانه‌زنی کاسته شد. هم‌چنین بین دمای ۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بین دماهای صفر، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۴). روند داده‌های مربوط به سرعت جوانه‌زنی تا حدودی مشابه روند افزایشی در درصد جوانه‌زنی بود و بین دماهای مختلف برای سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به میزان ۰/۴ مشاهده شد. با افزایش دما از ۵ درجه سانتی‌گراد به بالا سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی حاصل شد. از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به بالا سرعت جوانه‌زنی با اختلاف معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ۴).

درجه حرارت‌های مختلف با تأثیری که بر روی جوانه‌زنی می‌گذارند، ممکن است برای ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی و پتانسیل استقرار گونه‌های گیاهی مفید باشند. موضوعی که باید توجه کرد، این است که سرعت جوانه‌زنی در بحث استقرار گیاه اهمیت بیش‌تری از درصد جوانه‌زنی دارد، زیرا هرچه جوانه‌زنی سریع‌تر باشد احتمال خروج ریشه‌چه از خاک و جذب رطوبت خاک و استقرار بهتر گیاهچه افزایش می‌یابد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵).

در پژوهشی رومن<sup>۶</sup> و همکاران (۱۹۹۹) دمای کاردینال بذره‌های گیاه سلمه‌تره (جنس کنوپودیوم) را محاسبه کردند که در آن دمای پایه، مطلوب و سقف برای این گیاه به‌ترتیب صفر، ۳۰ و ۴۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شد. عسگرپور و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی تأثیر دما بر سرعت و درصد جوانه‌زنی دو توده غلف شور (جنس سالسولا) برآورد کردند که دما تأثیر معنی‌داری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی دارد و این گیاه قادر به جوانه‌زنی در دامنه وسیعی از شرایط دمایی (۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد و بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در هر دو توده در درجه حرارت‌های ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. خان و آنگار<sup>۷</sup> (۱۹۸۴) با بررسی دمای جوانه‌زنی گیاه آتریپلکس گونه *A. triangularis* مشاهده کردند که جوانه‌زنی

آب داغ و سرمادهی مرطوب نیز اگرچه اثر معنی‌داری بر افزایش درصد جوانه‌زنی داشتند اما در مقایسه با نیترات پتاسیم، چندان موثر واقع نشدند. شایان ذکر است که در برخی پژوهش‌ها مشاهده شده است که غلظت بالای نیترات پتاسیم اثرات معکوس روی جوانه زنی داشته است. ناسیمنتو<sup>۱</sup> (۲۰۰۳) گزارش کرده است که اثر کاهش جوانه‌زنی در غلظت‌های بالای نیترات پتاسیم در دانه‌های گیاه ترمینیلیا سرشیا<sup>۲</sup> (گونه‌ای هلیله)، ممکن است مربوط به سمیت و نقص در کارکرد سلولی باشد که در نهایت موجب از دست رفتن قدرت زنده‌مانی دانه می‌شود. ندجافی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی روش‌های مختلف شکستن خواب بذر دو گونه گیاه دارویی باریجه (جنس *Ferula*) و مریم‌نخودی (جنس *Teucrium*) به این نتیجه رسیدند که کاربرد تیمار شیمیایی نیترات پتاسیم اثر معنی‌داری بر شکستن خواب و جوانه‌زنی این دو گونه دارد.

در خواب از نوع فیزیولوژیکی بذر، تعادل هورمونی به گونه است که نسبت مواد بازدارنده جوانه زنی (اسید آبسزیک) به مواد محرک جوانه زنی (جیبرلین و اکسین) بیش‌تر است (هادیگری و وان وکتور<sup>۴</sup>، ۲۰۰۰). احتمالاً موادی مانند نیترات پتاسیم می‌تواند باعث تغییر در این تعادل هورمونی به نفع محرک‌های جوانه‌زنی شوند. گزارش شده است که محدوده دمایی مجاز برای جوانه‌زنی بذر در فرایند پرایمینگ بذر، با حضور نیترات پتاسیم، وسیع‌تر می‌شود (فینچ ساوژ<sup>۵</sup>، ۲۰۱۳). هم‌چنین گزارشات علمی نشان می‌دهد سرمادهی در شرایط هیدروپرایمینگ، سرعت و میزان جوانه‌زنی در اکثر گونه‌های گیاهی را افزایش می‌دهد (هادیگری و وان وکتور، ۲۰۰۰).

## نتایج آزمایش دوم

### تأثیر دما بر سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی بذر گیاه

#### آتریپلکس

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای دمایی به‌کار رفته بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر گیاه سلمکی *A. patula* در این پژوهش (جدول ۳)، نشان داد درصد جوانه‌زنی بذر و هم‌چنین سرعت جوانه‌زنی آن‌ها، با تغییر دما به‌صورت معنی‌داری با سطح احتمال ۹۹ درصد ( $P < 0.01$ ) تحت تأثیر قرار گرفت. به‌عبارتی، تأثیر دما بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر این گیاه معنی‌دار بود.

1. Nascimento
2. Terminalia sericea
3. Nadjafi
4. Hardegree and Van Vactor
5. Finch-Savage

6. Roman  
7. Khan and Ungar

از سه مدل رگرسیونی بتا، دو تکه‌ای و دندان‌مانند (دندان‌های) استفاده شد. ارزیابی مدل‌ها با استفاده از ضریب تبیین رگرسیون و ریشه میانگین مربعات خطا انجام گرفت. مقادیر ضریب تبیین رگرسیون برای مدل‌های بتا، دندان‌مانند و دو تکه‌ای به ترتیب ۰/۸۵، ۰/۹۳ و ۰/۹۱ به دست آمد (جدول ۵). مقادیر ریشه دوم میانگین مربعات خطا برای مدل‌های بتا، دندان‌مانند و دو تکه‌ای به ترتیب ۸/۶۴، ۱/۶۴ و ۱/۶۴ به دست آمد (جدول ۵). با توجه به ضریب تبیین رگرسیونی و مقادیر جذر میانگین مربعات خطا، بهترین مدل برازش داده شده برای سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه آتریپلکس مدل دندان‌مانند می‌باشد. در شکل‌های ۲، ۳ و ۴، گراف‌های نسبت سرعت جوانه‌زنی به درجه حرارت، به ترتیب در سه مدل رگرسیونی بتا، دو تکه‌ای و دندان‌مانند نشان داده شده است.

این گونه، در دمای ۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاترین سرعت و درصد جوانه‌زنی را دارد. امیری منفرد و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی دمای کاردینال جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی خشخاش (جنس پاپاور) نشان دادند که اثر دما بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر گیاه خشخاش در سطح یک درصد معنی‌دار بود و محدوده مجاز دمایی برای جوانه‌زنی بذر خشخاش از دمای ۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. در این محدوده دمایی، شاخص‌های جوانه‌زنی بذر در دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین مقدار را داشتند از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به بالا شاخص‌های مورد مطالعه به صفر کاهش یافت.

### ارزیابی مدل‌های رگرسیونی و محاسبه دماهای کاردینال به‌منظور بررسی واکنش سرعت جوانه‌زنی بذر آتریپلکس به دما،

جدول ۳: تجزیه واریانس درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه سلمکی در دماهای مختلف

Table 3: Variance analysis of of percentage and germination rate of Salmaki plant at different temperatures

میانگین مربعات MS		درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V.
سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage		
17.00**	4842.36**	8	دما Temperature
0.04	14.81	27	خطا Error
13.03	11.82	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

\*\*\*: نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد

\*\*\*: Significant at 0.01 Probability level

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر *Atriplex patula*

Table 4: Mean comparisons of the effects of temperature on the percentage and germination rate of *Atriplex patula* seeds

درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه زده در روز) Germination rate (number of germinated seeds per day)	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)
0.00 <sup>f</sup>	0.0 <sup>e</sup>	0
14.5 <sup>e</sup>	0.4 <sup>d</sup>	5
24.5 <sup>d</sup>	0.9 <sup>c</sup>	10
62.0 <sup>c</sup>	3.0 <sup>b</sup>	15
89.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	20
79.5 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	25
14.5 <sup>e</sup>	0.5 <sup>d</sup>	30
4.50 <sup>f</sup>	0.3 <sup>ed</sup>	35
0.00 <sup>f</sup>	0.0 <sup>e</sup>	40

اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

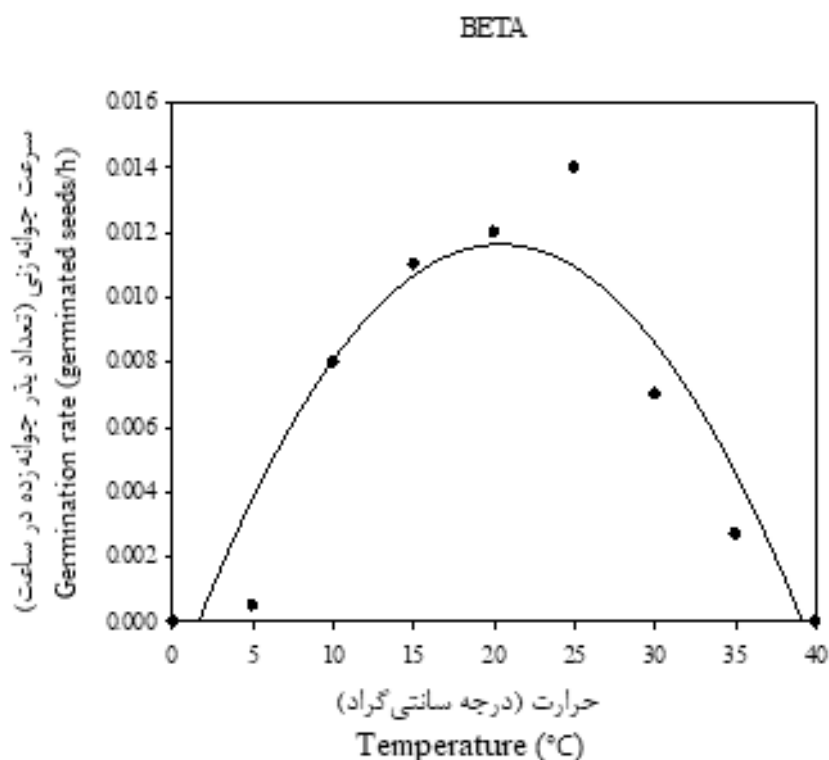
In each column, data having one similar letter are not significantly different at 5% level using Duncan tes

جدول ۵: پارامترهای بهینه برآورد شده برای جوانه‌زنی بذر آتریپلکس  
Table 5: Estimated optimal parameters for *Atriplex* seed germination

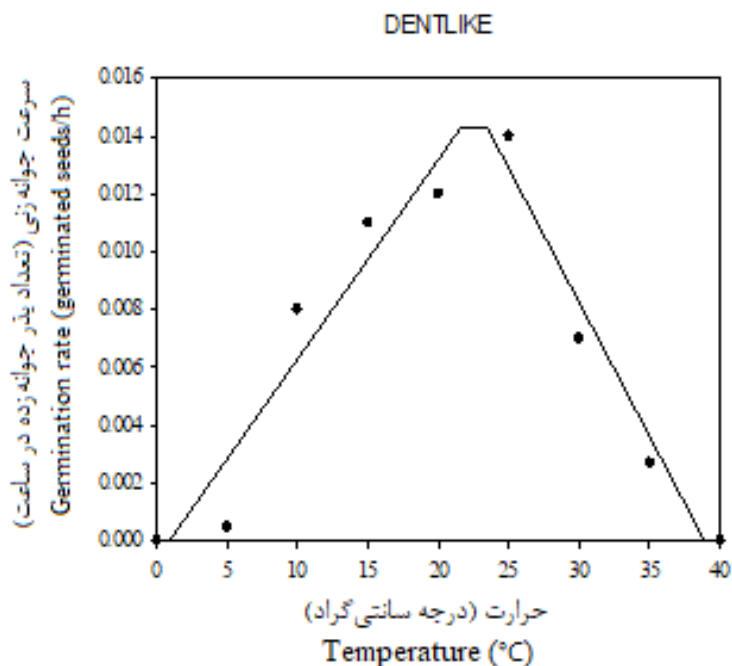
دمای پایه Minimum temperature	دمای سقف Maximum temperature	دمای مطلوب بهینه Optimum temperature	دمای مطلوب پایین Low optimum temperature	دمای مطلوب بالا High optimum temperature	ضریب تبیین Coefficient of Determination	ریشه دوم میانگین مربعات خطا Second root of the mean squared error	مدل Model
1.52	38.00	19.76	-	-	0.85	8.64	بتا Beta
1.86	38.89	22.51	21.56	23.47	0.93	1.64	دندان‌های Dentlike
1.96	37.82	22.66	-	-	0.91	1.64	دو تکه‌ای Segment

مربعات خطا). دماهای مذکور در مدل دندان‌مانند به ترتیب ۱/۸۶، ۲۲/۵۱ و ۳۸/۸۹ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. هم‌چنین دمای مطلوب بالا و دمای مطلوب پایین در این مدل به ترتیب ۲۳/۴۷ و ۲۱/۵۶ به دست آمد.

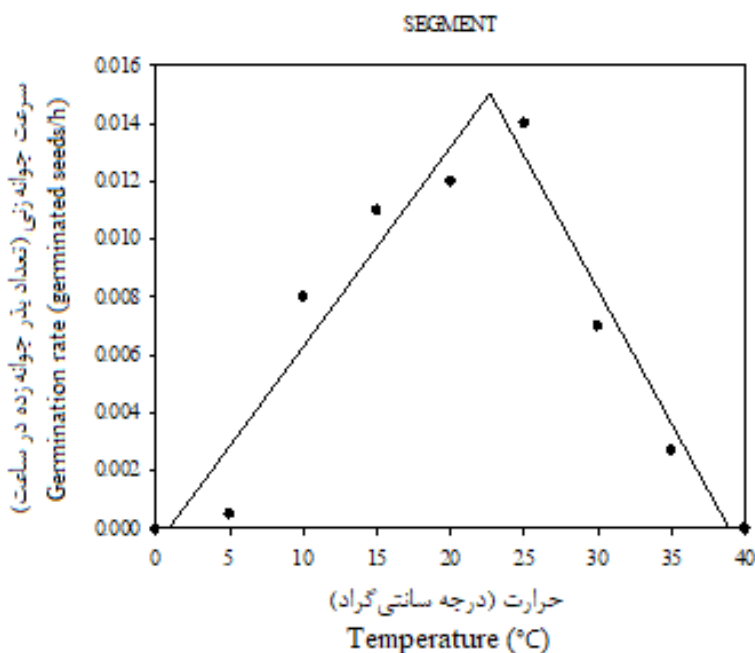
هم‌چنین در جدول ۵ دماهای کمینه، بهینه و بیشینه برای مدل بتا، دندان‌مانند و دو تکه‌ای بیان شده است. نتایج نشان داد پارامترهای برآورده شده که با استفاده از مدل دندان‌مانند به دست آمده بودند از اطمینان بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار بودند (۰/۹۳ = ضریب تبیین، ۱/۶۴ = جذر میانگین



شکل ۲: مدل بتا جهت برازش دمای کاردینال جوانه‌زنی بذر گیاه آتریپلکس  
Fig. 2: Beta model for fitting the cardinal temperature of *Atriplex* seed germination



شکل ۳: مدل دندانهای جهت برازش دمای کاردینال جوانه‌زنی بذر گیاه *Atriplex* / تریپلکس  
 Fig. 3: Dntlike model for fitting the cardinal temperature of *Atriplex* seed germination



شکل ۴: مدل دو تکه‌ای جهت برازش دمای کاردینال جوانه‌زنی بذر گیاه *Atriplex* / تریپلکس  
 Fig. 4: Segment model for fitting the cardinal temperature of *Atriplex* seed germination

خشخاش از اطمینان بهتری نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار بود و دمای کمینه، بهینه و بیشینه را در این مدل به ترتیب ۳، ۲۰/۷ و ۳۱ درجه سانتی‌گراد برآورد کردند. سارانی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی سرعت جوانه‌زنی نیلوفر پیچ بیان کردند که مدل دندان‌مانند از دقت بیشتری نسبت به مدل بتا و مدل خطوط متقاطع برخوردار است. دماهای کمینه، بهینه و بیشینه در مدل دندان‌مانند نیلوفر پیچ به ترتیب ۱۰/۹۰، ۲۲/۳۰ و

درخشان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) مدل دندان‌مانند را به‌عنوان مدل برتر در برآورد روند جوانه‌زنی بذر گیاه علف‌قناری (جنس *فلاریس*) گزارش نمودند و دماهای پایه، مطلوب و سقف جوانه‌زنی را به ترتیب ۴/۶۹، ۲۲/۶ و ۲۹/۶۲ درجه سانتی‌گراد برآورد کردند. امیری منفرد و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که مدل دندان‌مانند برای برآورد دمای کاردینال گیاه دارویی

1. Derakhshan

۳۵/۵۱ درجه سانتی‌گراد برآورد شد.

### نتیجه‌گیری کلی

بذور گونه گیاهی سلمکی از جنس آتریپلکس دارای خواب می‌باشد و خواب آن از نوع خواب فیزیولوژیکی غیرعمیق است، بر اساس نتایج این پژوهش، مناسب‌ترین تیمار برای شکست خواب این گونه، سرمادهی مرطوب در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته می‌باشد. با این وجود، پیشنهاد می‌شود که سایر روش‌های رفع خواب بذر از جمله خراش‌دهی فیزیکی و شیمیایی نیز بررسی شود. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که جوانه‌زنی بذور این گیاه، به دما وابسته است و دمای کمینه، بهینه و بیشینه برای جوانه‌زنی به ترتیب معادل ۱/۸۶، ۲۲/۵۱ و ۳۸/۸۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در دمای صفر و ۴۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد. مدل دندان‌مانند برای برآورد دمای کاردینال این گونه نسبت به مدل دوتکه‌ای و بتا، از اطمینان بیشتری برخوردار است. در پایان، با توجه به دو شکلی (دیمورفیک) بودن بذور گیاه آتریپلکس، پیشنهاد می‌شود که تفاوت جوانه‌زنی بذور قهوه‌ای و بذور سیاه بررسی شود.

۳۹/۹۲ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. گنجعلی و همکاران (۱۳۹۰) به منظور برآورد درجه حرارت‌های کاردینال و زمان حرارتی مورد نیاز برای جوانه‌زنی و سبز شدن ژنوتیپ‌های مختلف نخود با استفاده از مدل دندان‌مانند پژوهشی را تحت رژیم‌های دمایی بین ۳ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد انجام دادند که دمای پایه و درجه حرارت مناسب تحتانی و فوقانی برای جوانه‌زنی به ترتیب ۴/۲، ۲۰/۴ و ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. محمودی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی واکنش جوانه‌زنی یونجه حلزونی نسبت به دما نشان دادند که به ترتیب توابع رگرسیونی دندان‌مانند و تکه‌ای بهترین معادلات برای تعیین واکنش جوانه‌زنی هستند. آن‌ها در دامنه دمایی مورد استفاده از ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و با فواصل ۵ درجه سانتی‌گراد و با استفاده از توابع مذکور دماهای پایه، سقف و دمای مطلوب برای جوانه‌زنی را به ترتیب ۰/۶۴، ۴۰ و ۲۲/۲۲ درجه سانتی‌گراد تخمین زدند. بر اساس نتایج پژوهش نظری و همکاران (۱۳۹۶) دو مدل دندان‌مانند و بتای تغییر یافته به عنوان دو مدل برتر در کمی‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی گیاه پیاز به دما تعیین شدند به طوری که دمای پایه ۰/۲ و دمای سقف

### References

- Aghazadeh E., Parmon Q., Jodi Z., Samadi Kolkhoran, E. and Ismaeelpour, B. 2016. Determining the optimum germination temperature of periwinkle, Marigold and milk thistle. *Journal of Seed Research*, 6 (19): 11-23.
- Alinaghizadeh, M., Khaje Hosseini Saleh Abad, M., Hosseini, A. and Rashed Mohasel, M. H. 2017. The Study of Seed Germination and Dormancy of *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis* and *Setaria viridis* in Pistachio Orchards of Rafsanjan, Iran. *Iranian Journal of Seed Research*, 3 (2): 72-88. (In Persian).
- Amiri Monfard, V., Hashemi, A. Mamdi, A. and Tawakkul Afshari, R. 2017. Investigating the characteristics of germination and determining the cardinal temperature of poppy seeds (*Papaver somniferum*). *Iranian Journal of Seed Science and Technologym*, 2: 239-229. (In Persian).
- Asgarpour, R., Mijani, S. and Ghorbani, R. 2013. The effect of temperature on the germination rate of two stands of salt grass (*Salsola kali* L.) based on regression models. *Journal of Plant Protection*, 2: 483-476. (In Persian).
- Ashraf, M. and Foolad, M. R. 2005. Presowing seed treatment, a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88: 223-271.
- Biabani, A., Zarei, M., Sancholi, S. and Romani, A. 2017. Effect of temperature and duration of seed exposure to different temperatures on barley seed germination characteristics., *Plant Ecophysiology Applied Research Journal*, 4 (1): 173-186.
- Bloomberg, M., Sedcole, J. R., Mason, E. G. and Buchan, G. 2009. Hydrothermal time germination models for radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). *Seed Science Research*, 19 (3): 171-182.
- Bradford, K. J. 2002. Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50: 248-260.
- Bueno, M., Lendínez, M. L., Aparicio, C. and Cordovilla, M. P. 2017. Germination and growth of *Atriplex prostrata* and *Plantago coronopus*: Two strategies to survive in saline habitats. *Flora*, 227: 56-63.
- Dadáková, E., Vrchotová, N., Triska, J. and Děkanová, Z. 2013. Content of phenolic substances in the selected species of the *Chenopodiaceae* family. *Journal of Agrobiology*, 30 (2): 127-135.
- Demir, I. and VanDeVenter, H. A. 1999. The effect of priming treatments on the performance of water melon (*Citrillus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. *Seed Science Technology*, 27: 871-875.
- Derakhshan, A. and Gherekhloo, J. 2013. Factors affecting *Cyperus difformis* seed germination and seedling emergence. *Planta Daninha*, 31: 823-932.
- Ellis, R. H. and Roberts, E. H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science Technology*, 9: 377-409.
- Farajollahi, A., Tavili, A. and Pouzesh, H. 2011. The effect of different treatments on improving the seeds germination of *Atriplex lentiformis* and *Atriplex canescens*. *Pajouhesh & Sazandegi*, 93: 56-62. (In Persian).

- Fateh, A. Majnoon Hosseini, N. Madah Arefi, H. and Sharifzadeh, F. 2005. Investigating methods of breaking seed dormancy in *Astragalus tribuloides*. Journal of Genetic Research and Breeding of Grassland and Forest Plants of Iran, 13 (4): 345-360. (In Persian).
- Finch-Savage, B. 2013. Seeds: Physiology of development, germination and dormancy In: Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M. and Nonogaki, H. 2013. Seed Science Research, Springer, New York. 392 pp.
- Ganjali, A., Parsa, M. and Amiri Deh-Ahmadi, S. R. 2011. Estimation of cardinal temperatures and thermal time required for germination and greening of chickpea (*Cicer avietinum* L.) genotypes. Journal of Iranian Legume Research, 2 (2): 97-108. (In Persian).
- Ghadamyari, Sh., Mozafari, J., Sokhandan, B., Mousavi, L. and Rakhshandehroo, F. 2011. Synergistic effects of mechanical and chemical treatments on seed germination of Jimsonweed (*Datura stramonium* L. Iranian Journal of Biology, 24 (6): 809-817. (In Persian).
- Ghadiri, H. and Niazi, M. 2005. Effects of stratification, scarification, alternating temperature and light on seed dormancy of *Rumex dentatus*, *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album*. Iranian Journal of Weed Science, 2: 93-109. (In Persian).
- Hardegree, S. P. and Van Vactor, S. S. 2000. Germination and emergence of primed grass seeds under field and simulated- field temperature regimes. Annals of Botany, 85: 379-390.
- Hashemi, A., Baruti, S. H. and Tavakolafshari, R. 2017. Determine the cardinal temperatures of Marguerite seed (*Chrysanthemum maximum* Ramond). Iranian Journal of Seed Science and Technology, 5: 77-84. (In Persian).
- ISTA (International Seed Testing Association), 2008. International rules for seed testing. Seed Sci. Technol. 24:155-202.
- Jafari, A. A. 2016. Challenges of grasses seed production for rehabilitation of rangelands and cultivation in low efficient dryland farming of Iran. Iranian Journal of Seed Science and Research, 3 (3): 117-132. (In Persian).
- Khakpour, A. Habibi Bibalani, Q. and Mahdavi, Kh. 2012. Breaking of seed dormancy and stimulation of seed germination of purple sage seeds. Journal of Iran's Natural Ecosystems, 3: 67-78.
- Khan, M. A. and Ungar, I. A. 1984. The effect of salinity and temperature on the germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangularis* Willd. American Journal of Botany, 71 (4): 481-489.
- Khayat Moghadam, M., Agah, F. and Sadr Abadi Haghghi, R. 2013. Effective methods in breaking dormancy and increasing the germination of *Astragalus cicer* seeds. Journal of Seed Research, 4 (2): 21-27 (In Persian).
- Ma, Y., Zhang, J., Li, X., Zhang, S. and Lan, H. 2016. Effects of environmental stress on seed germination and seedling growth of *Salsola ferganica* (*Chenopodiaceae*). Acta Ecologica Sinica, 36 (6): 456-463.
- Mahmoudi, A., Soltani, A. and Barani, H. 2008. Germination response of snail alfalfa (*Medicago scutellata* L.) to temperature. Crop Production Journal, 1 (1): 54-63. (In Persian).
- Mehra, V., Tripathi, J. and Powell, A. A. 2003. Aerated hydration treatment improves the response of *Brassica juncea* and *Brassica campestris* seeds to stress during germination. Seed Science Technology, 31: 57-70.
- Mwale, S. S., Azam-Ali, S. N., Clark, J. A., Bradley, R. G. and Chatha, M. R. 1994. Effect of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Seed Science Technology, 22: 565-576.
- Nabai, M., Roshandel, P. and Mohammad Khavani, A. 2014. Investigating the effect of different chemical and non-chemical treatments on breaking seed dormancy in *Silybum marianum* L. Gaertner. Plant Researches (Biology of Iran), 27 (103): 48-54. (In Persian).
- Nascimento, W. M. 2003. Musk melon seed germination and seedling development in response to seed priming. Scientia Agricola Journal, 60 (1): 71-75.
- Nadjafi, F., Bannayan, M., Tabrizi, L., and Rastgoo, M. 2006. Seed germination and dormancy breaking technique for *Ferula gamosa* and *Teucrium polium*. Journal of Arid Environments, 64: 542-547.
- Nazari, M., Mamdi, A. and Hosseini, S. M. 2017. Investigating the reaction of onion (*Allium cepa*) seed germination to temperature by thermal time analysis and determining cardinal temperatures using different regression functions. Iranian Journal of Field Crop Science, 48 (4): 961-971. (In Persian).
- Nemati, A., Sharifi, H., Gerdakaneh, M. and Sharifi, Z., 2016. The effect of pre-Chilling and gibberellic acid on breaking seed dormancy of two medicinal plants species *silybum mrianum* and *citrulus colocynthis*. Iranian Journal of Seed Research, 3 (1): 169-177.
- Nurse, R. E., Reynolds, W. D., Doucet, C. and Weaver, S. E. 2008. Germination characteristics of the dimorphic seeds of spreading orach (*Atriplex patula*). Weed Science, 56 (2): 216-223.
- O'Reilly, C. and De Atrip, N. 2007. Seed Moisture Content during Chilling and Heat Stress Effects after Chilling on the Germination of Common Alder and Downy Birch Seeds. The Finnish Society of Forest Science. The Finnish Forest Research Institute: 5330-5337.
- Osman, A. E. and Ghassali, F. G. 1997. Effects of storage condition and presence of fruiting bracts on the germination of some species of *Atriplex*. Experimental Agriculture, 33: 149-155.
- Panwar, P. and Bhardwaj, S. D. 2005. Handbook of practical forestry: A Practical Guide for Tropical Forest Managers on Implementing New Standards. Agrobios, India. 191p.
- Piper, E. L., Boote, K. J., Jones, J. W. and Grimm, S. S. 1996. Comparison of two phenology models for predicting flowering and maturity date of soybean. Crop Science, 36 (6): 1606-1614.
- Roman, E. S., A. G. Thomas, S. D. Murphy and C. G. Swanton. 1999. Modeling germination and seedling elongation of common lamb squatters (*Chenopodium album*). Weed Science, 47: 149-155.

- Sarani, H., Izadi, E., Ghanbari, A. and Rahemi, A. 2019. Effect of temperature and light on germination characteristics of Japanese Morning Glory (*Ipomoea nil*): Determination of cardinal temperatures of germination. Iranian Journal of Seed Research, 6 (1): 113-126. (In Persian).
- Sharififar, A., Nazari, M. and Asghari, H. R. 2015. Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, and *Zygophyllum eurypterum*. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 2 (3): 102-104.
- Tajalli, A. 2006. The effect of *Atriplex canescens* on soil improvement and its ecological investigation in Ray city. *Giyāh Va Zist-būm*, 2 (6): 13-24. (In Persian).
- Tang, D. S., Hamayun, M., Ko, Y. M., Zhang, Y. P., Kang, S. M. and Lee, I. J. 2008. Role of redlight, temperature, stratification and nitrogen in breaking seed dormancy of *Chenopodium album* L. Journal of Crop Science and Biotechnology, 11: 199-204.
- Yan, W. and Hunt, L. A. 1999. An equation for modelling the temperature response of plants using only th cardinal temperatures. *Annals of Botany*, 84: 607-614.