Research Article

Iranian Journal of Seed Research, 2025, 11(2): 19-40

Study on optimal temperature, light, duration, and substrate conditions for three *Salicornia* species seed germination

Aidin Hamidi [1,*], Bita Oskouei [2], Ali Shayanfar [2]

Extended abstract

Introduction: Salicornia is a halophyte plant which cultivation is important for reclamation of saline soils and producing fodder. Seed germination has always been of interest to plant ecologists due to its key role in plant population establishment. Also, due to the importance of this process in seed certification, this phenomenon is of interest to control and seed certification experts. Temperature, access to sufficient humidity, and the presence of light in light-sensitive species for seed germination are considered to be the most important natural factors for seed germination. Additionally, the time required for germination and sufficient early seedling growth are important to determine the potential seed germination. Therefore, determining the temperature, the need or lack of light, as well as the time required for germination and the suitable substrate for planting seeds, are of great importance in the process of seed certification laboratory tests. This experiment was conducted to investigate the optimal conditions of temperature, light, duration, and substrate for seed germination of three *Salicornia* species.

Materials and Methods: A preliminary study was conducted to determine the light requirements, duration, and suitable substrate for the standard germination test of *Salicornia persica*, *S. persepolitana*, and *S. bigelovi*, seeds. Since no difference was observed in the percentage of seedlings emerging in light and darkness (seeds of the studied *Salicornia* species germinated under light and dark conditions) and maximum seed germination was achieved within 7 and 12 days in the substrate between germination paper (BP) and top of paper (TP), at constant temperatures of 20°C and 25 °C and alternating temperatures of 20-25 °C (8-16 hours/day-night), the main experiment was carried out under these conditions.

Results: The results showed that the seeds of *S. bigelovi* species had the highest percentage of normal seedlings at 25 °C constant temperature for 7 days in the top-of-paper (TP) substrate. Also, the seeds of *S. persica* had the highest percentage of normal seedlings at 20-25 °C alternating temperature for 7 days in the top-of-paper (TP) substrate. *S. persepolitana* seeds at 25 °C constant temperature for 7 days on the top of paper (TP) substrate had the highest percentage of normal seedlings. *S. persica*, *S. bigelovi*, and *S. persepolitana* seeds had a higher percentage of normal seedlings in both germination durations and temperatures, respectively.

Conclusions: The results of the research showed that the seeds of the studied *Salicornia* species did not require light for germination. Also, the studied *Salicornia* species in the research had significant differences in terms of temperature, duration, and optimal substrate for the standard germination test. So that the optimal temperature for germination of *S. persica* seeds was alternative temperature and the optimal temperature for germination of *S. bigelovii* and *S. perspolitana* seeds were constant temperature. The constant temperature for germination of *S. bigelovii* species seeds was higher than the constant temperature for germination of *S. perspolitana* seeds. Also, the top of paper (TP) substrate was suitable for the standard germination test of all three species.

Keywords: Constant and alternating temperatures, Germination duration, Germination substrate, Native Salicornia species

***Highlights*:**

1. Light was not necessary for the studied *Salicornia* species seeds' germination.
2. The germination response of the seeds of the studied *Salicornia* species to the optimum germination temperature and duration varied.
3. The studied Salicornia species did not differ significantly in terms of suitable growing medium for seed germination.

[1] Research Associate Professor of Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran.
[2] Research Assistance Professor of Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran.

*Corresponding author, E-mail: a.hamidi@areeo.ac.ir

Received: 29.5.2024; Revised: 2.11.2024;
Accepted: 3.11.2024; Online Published: 21.3.2025

http://dx.doi.org/10.61882/yujs.11.2.19

ISSN: 2383-1480 (On-Line); 2383-1251 (Print)

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

مقاله پژوهشی

پژوهش‌های بذر ایران/ سال یازدهم/ شماره دوم/ ۱۴۰۳/ صفحات: ۴۰-۱۹

بررسی شرایط بهینه دما، نور، مدت و بستر کشت برای جوانه‌زنی بذر سه گونه سالیکورنیا

آیدین حمیدی [۱،*]، بیتا اسکوئی [۲]، علی شایان‌فر [۲]

چکیده مبسوط

مقدمه: سالیکورنیا گیاهی شورپسند است که کشت آن برای اصلاح اراضی شور و تولید علوفه از آن از اهمیت برخوردار است. جوانه‌زنی بذر به‌دلیل نقش کلیدی آن در استقرار جمعیت گیاهی همیشه مورد توجه بوم‌شناسان گیاهی بوده است. همچنین به‌علت اهمیت این فرآیند در گواهی بذر، این پدیده مورد توجه متخصصین کنترل و گواهی بذر است. دما و دسترسی به رطوبت کافی و نیز وجود نور در گونه‌های حساس به نور برای جوانه‌زنی بذر از مهم‌ترین عوامل طبیعی برای رخداد جوانه‌زنی بذر محسوب می‌گردند. همچنین مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه کافی گیاهچه برای تعیین قابلیت جوانه‌زنی بالقوه بذر مهم است. از این‌رو تعیین دما، نیاز یا عدم نیاز به نور و نیز مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی و نیز بستر مناسب برای کاشت بذرها در فرآیند آزمون‌های آزمایشگاهی گواهی بذر از اهمیت به‌سزائی برخوردار هستند. این آزمایش به منظور بررسی شرایط بهینه دما، نور، مدت و بستر کشت برای جوانه‌زنی بذر سه گونه سالیکورنیا انجام شد.

مواد و روش‌ها: بررسی اولیه برای تعیین نیاز جوانه‌زنی بذر گیاه *سالیکورنیا پرسیکا*، *پرسپولیتانا* و *بیگلوی* به نور، مدت زمان و بسترهای کشت مناسب برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد، یک آزمایش مقدماتی انجام شد. با توجه به عدم مشاهده تفاوت درصد گیاهچه‌های ظاهر شده در معرض نور و تاریکی (بذرهای گونه‌های مورد بررسی سالیکورنیا تحت شرایط روشنایی و بدون نور جوانه زدند) و نیز رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی بذرها در مدت ۷ و ۱۲ روز در بسترهای کشت بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) و روی کاغذ جوانه‌زنی (TP)، در دماهای ۲۰ و ۲۵ به‌صورت ثابت و دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب (۱۶- ۸ ساعت / روز- شب)، آزمایش اصلی تحت این شرایط به اجرا درآمد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بذرهای گونه *بیگلوی* دارای بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در مدت ۷ روز در بستر کشت روی کاغذ جوانه‌زنی (TP) بودند. همچنین بذرهای گونه *پرسیکا* دارای بالاترین درصد گیاهچه‌های عادی در دمای ۲۰-۲۵ درجه سلسیوس متناوب به‌مدت ۷ روز در بستر کشت روی کاغذ جوانه‌زنی (TP) بودند. بذرهای گونه *پرسپولیتانا* در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت به‌مدت ۷ روز روی بستر کشت کاغذ جوانه‌زنی (TP) از بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی برخوردار بودند. در دماهای جوانه‌زنی و بسترهای کشت مورد بررسی در هر دو مدت جوانه‌زنی به‌ترتیب بذرهای گونه *پرسیکا*، *بیگلوی* و *پرسپولیتانا* درصد گیاهچه‌های عادی بالاتری داشتند.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد، بذرهای گونه‌های مورد بررسی *سالیکورنیا* برای جوانه‌زنی به نور نیاز نداشتند. همچنین گونه‌های بررسی‌شده سالیکورنیا در این تحقیق از لحاظ دما، مدت و بستر کشت بهینه برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند. به‌طوری‌که دمای بهینه برای جوانه‌زنی بذرهای گونه *پرسیکا* دمای متناوب و دمای بهینه برای جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های *بیگلوی* و *پرسپولیتانا* دمای ثابت بود. دمای ثابت برای جوانه‌زنی بذرهای گونه *بیگلوی* بیش از دمای ثابت برای جوانه‌زنی بذرهای گونه *پرسپولیتانا* بود. همچنین بستر کشت روی کاغذ جوانه‌زنی (TP) برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد هر سه گونه مناسب بود.

واژه‌های کلیدی: بسترهای کشت، دماهای ثابت و متناوب جوانه‌زنی، گونه‌های بومی *سالیکورنیا*، مدت جوانه‌زنی

جنبه‌های نوآوری:

۱- جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های مورد بررسی *سالیکورنیا* نیازمند به نور نبود.

۲- پاسخ جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های مورد بررسی *سالیکورنیا* به دما و مدت زمان جوانه‌زنی مطلوب متفاوت بود.

۳- گونه‌های مورد بررسی *سالیکورنیا* ازلحاظ بستر کشت مناسب برای جوانه زنی بذر تفاوت معنی‌داری نداشتند.

[۱] دانشیار پژوهش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج، ایران.

[۲] استادیار پژوهش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج، ایران.

[*] رایانامه نویسنده مسئول: a.hamidi@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۹؛ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۸/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۱۳؛ تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۳/۱۲/۲۹

http://dx.doi.org/10.61882/yujs.11.2.19

شاپا: ۱۴۸۰-۲۳۸۳ (برخط)؛ ۱۲۵۱-۲۳۸۳ (چاپی)

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

مقدمه

دو سوم کشور ایران دارای اقلیم گرم و خشک و خاک‌ها و منابع آب شور یا لب شور است و تلاش برای سازگاری با این شرایط و بهره‌گیری از گیاهان شوردوست (هالوفیت[1])، ازطریق توسعه کشاورزی تخصصی کشت در مناطق شور یا شوردوست‌ورزی[2] اهمیت یافته است (ونتورا و ساگی[3]، ۲۰۱۳). مساحت زمین‌های زراعی تحت کشت به‌علت تغییرات آب‌و هوایی جهان درحال کاهش است که ناشی از افزایش سطح دریا و شورشدن آب‌های زیرزمینی است، در همین زمان جمعیت بشر در جهان درحال افزایش است، بنابراین تولید غذا و مواد اولیه بسیار مهم است (فائو[4]،۲۰۱۱). توسعه کشاورزی در مناطق شور که محصولی با ارزش بالا ارائه می‌دهد جایگزین جدی برای کشاورزی متداول است که با آب و خاک غیرشور انجام می‌شود. در این نوع کشاورزی آب شور به‌عنوان یک منبع به جای تهدید فرصتی برای تولید بیشتر زیست‌توده و دیگر محصولات زیستی است (سینگ[5] و همکاران، ۲۰۱۴). از آن‌جا که آبشویی خاک‌های شور به‌عنوان راه حل مؤثر در رفع شوری خاک نیازمند دسترسی به منابع فراوان آب شیرین و نیز صرف هزینه فراوان برای ایجاد زهکش مناسب بوده و در بیشتر مناطق غیر قابل اجراست، تلاش جهت سازگاری با شرایط شوری آب و خاک و بهره گیری از گیاهان شوردوست که بومی این مناطق بوده و در گذر زمان ویژگی‌های لازم را جهت سازگاری با شوری کسب کرده و در این جهت تکامل یافته‌اند و نیز از قابلیت‌های مورد نیاز زراعی جهت کشت و کار برخوردارند، راهبردی اجرایی و کم هزینه در رویارویی با مشکل روز افزون کمبود آب و شوری خاک خواهد بود (ونتورا و ساگی، ۲۰۱۳).

جوانه‌زنی بذر به‌دلیل اهمیت در استقرار جمعیت گیاهی مورد توجه بوم‌شناسان گیاهی است (اویسی[6] و همکاران، ۲۰۲۴). دما بر الگوی زمانی جوانه‌زنی بذر مؤثر است (خان و گول[7]، ۱۹۹۸). دمای بهینه جوانه‌زنی در بیشتر گیاهان مناطق معتدل ۱۵ تا۳۰ درجه سلسیوس (کاپلند و مکدونالد[8]، ۲۰۰۴) و به‌طور متوسط، ۲۱ درجه سلسیوس است (گوآن[9] و همکاران، ۲۰۰۹ ؛ خان و گول، ۲۰۰۶؛ باسکین و باسکین[10]، ۲۰۱۴). با این وجود، تأثیر دما بر جوانه‌زنی بذر بسته به گونه بسیار متفاوت است (بلوچی[11]و همکاران، ۲۰۲۳). نور نیز می‌تواند نقشی در جوانه‌زنی داشته باشد (فرانکلین و وایتلام[12]، ۲۰۰۵) و نبود نور در برخی از گونه‌ها مانع جوانه‌زنی شده (بنونوتی[13] و همکاران، ۲۰۰۱) یا تاحدودی مانع شده یا تأثیری بر جوانه‌زنی ندارد (ضیاء و خان[14]، ۲۰۰۴).

گیاهان شورپسند، به‌طور طبیعی به شوری متحمل هستند و تقریباً دو درصد از کل گونه‌ها را تشکیل می‌دهند (پاتل[15]، ۲۰۱۶). گیاهان شورپسند به تازگی به خاطر کاربردهای تجاری ازجمله تغذیه و خوراک دام، و ترکیبات صنعتی- شیمیایی مورد علاقه دانشمندان و محققان قرار گرفته‌اند (سینگ و همکاران، ۲۰۱۴). گیاهان جنس *Salicornia* spp. گیاهانی علفی، با ساقه‌های گوشتی و آبدار، با تحمل بسیار بالا به شوری و یک‌ساله از تیره تاج‌خروس (*آمارانتاسه*[16]) هستند. بهره‌برداری از گیاهان جنس *سالیکورنیا*[17] روئیده در رویشگاه‌های طبیعی و کشت و کار آنها یکی از موفق‌ترین نمونه‌های بهره‌برداری از گیاهان شوردوست است (ونتورا و ساگی، ۲۰۱۳). گیاهان این جنس توانایی زیستن در شرایط خاک شور را دارد و کاربردهای بسیاری را در صنایع غذایی، داروئی و انرژی زیستی دارد و باتوجه به رشد مطلوب آنها در سطح شوری آب دریا و کاربردها و مصارف گوناگون آن، می‌تواند به‌عنوان گیاهی برای کشت در مناطق شور برای تولید روغن و علوفه و بهبود و احیاء چرخه‌های بوم‌شناختی و سرسبزی اراضی ساحلی و شوره‌زارها باشد (کاردناس-پرز[18] و همکاران، ۲۰۲۱). این

[1] Halophyte
[2] Saline culture
[3] Ventura and Sagi
[4] Food and Agriculture Organization (FAO)
[5] Singh
[6] Oveisi
[7] Khan and Gul

[8] Copeland and Mc Donald
[9] Guan
[10] Baskin and Baskin
[11] Balouchi
[12] Franklin and Whitelam
[13] Benvenuti
[14] Zia and Khan
[15] Patel
[16] *Amaranthaceae*
[17] *Salicornia* spp.
[18] Cardenas-Perez

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

جنس دارای گونه‌های مهمی است که ازجمله می‌توان به *یوروپیا*[1]، *بیگلوی*[2]، *براکیاتا*[3]، *ویرجینیکا*[4]، *ماریتیما*[5]، *راموسیسما*[6] و *هرباسیا*[7] و اشاره کرد (کالونه[8] و همکاران، همکاران، ۲۰۲۰). مهم‌ترین گونه‌های بومی ایران این جنس گونه‌های *پرسیکا*[9] و *پرسپولیتانا*[10] هستند که در مرکز و جنوب شرقی کشور یافت می‌شود. گونه *پرسیکا* گونه‌ای یکساله و نسبتاً پابلند (با ارتفاع بوته حدود۳۰ سانتی‌متر) و گونه *پرسپولیتانا* گونه‌ای چندساله و ترپلوئید است‌که به‌نظر می‌رسد در نتیجه تلاقی طبیعی بین گونه *پرسیکا* و *ایرانیکا*[11] ایجاد شده باشد (آخانی[12]، ۲۰۰۳؛ ۲۰۰۶؛ ۲۰۰۸، نوری آکندی[13]، ۲۰۲۱). گونه *بیگلوی* یک گونه غیربومی در رویشگاه‌های گیاهی طبیعی ایران است و عملکرد زیست توده آن حدود۳۵ تن در هکتار، عملکرد بذر آن ۲/۹۷ تن در هکتار و میزان روغن بذر آن در حدود ۳۲/۱۴ درصد است (زارعی[14] و همکاران، ۲۰۱۰).

تکثیر و پراکنش گیاهان جنس *سالیکورنیا* ازطریق بذر است، بنابراین ارزیابی جوانه‌زنی بذرهای این گیاهان مهم است. جوانه‌زنی بذرهای *سالیکورنیا* در مطالعات مختلفی بررسی شده است که بیشتر به‌دلیل شورپسند بودن این گیاه، بر تحمل به شوری و پاسخ‌های فیزیولوژیک مرتبط به آنها بوده است. باوجود اهمیت بذر برای تکثیر و توسعه کشت این گیاه، بررسی اثر شرایط محیطی بر جوانه‌زنی بذر برخی از گونه‌های جنس*سالیکورنیا* تاکنون اثر دما، نیاز به نور، مدت لازم برای دستیابی به حداکثر جوانه‌زنی و بستر مناسب کشت در شرایط آزمایشگاهی، با هدف تعیین شرایط بهینه برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر گونه‌های جنس *سالیکورنیا* به‌منظور گواهی بذر مورد تحقیق قرار نگرفته است. بنابراین پروژه بین‌المللی تعیین مناسب‌ترین شرایط برای جوانه‌زنی بذر *سالیکورنیا*[15] در کمیته فنی جوانه‌زنی[16] انجمن بین‌المللی آزمون (ISTA)[17] مصوب و بررسی اولیه توسط نویسنده مسئول مقاله انجام و از این‌رو در این تحقیق شرایط بهینه دما، نور، زمان و نوع بستر کشت آزمون جوانه‌زنی بذر گونه *بیگلوی* و دو گونه بومی *پرسیکا* و *پرسپولیتانا* مورد بررسی قرارگرفت و نتایج آن به کمیته بین‌المللی گزارش گردیده که بخشی از نتایج آن گزارش در قالب این مقاله ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی دما، مدت زمان و بستر کشت جوانه‌زنی مناسب برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر سه گونه گیاه *سالیکورنیا*، دو گونه بومی ایران: *پرسیکا* و *پرسپولیتانا* و یک گونه غیربومی، *بیگلوی*، در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه اعتبارسنجی-شده (آکرودیته)[18] بین‌المللی تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت کنترل و گواهی بذر[19] و نهال (IRDL01) کرج در سال ۱۴۰۱ با اجرای بررسی اولیه[20] به‌صورت یک آزمایش مقدماتی[21] و یک آزمایش اصلی انجام شدند.

آزمایش مقدماتی

ابتدا بذرهای گونه‌های *پرسیکا* و *پرسپولیتانا* به‌ترتیب در مهر و آذر ماه ۱۴۰۱ از منطقه کفه انار شهرستان انار استان کرمان واقع در موقعیت جغرافیائی ۳۰ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع از سطح دریاهای آزاد ۱۱۵۰ متر جمع‌آوری شدند. بذرهای گونه *بیگلوی* نیز از منطقه اطراف شهرستان اشتهارد استان البرز واقع در موقعیت جغرافیائی ۳۵ درجه و ۷۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ارتفاع از سطح دریاهای آزاد ۱۱۷۵ متر در مهر ماه ۱۴۰۱ جمع‌آوری شدند (شکل ۱).

[1] *S. europaea*
[2] *S. bigelovii* (Torr.)
[3] *S. brachiata*
[4] *S. virginica*
[5] *S. maritima*
[6] *S. ramosissima*
[7] *S. herbacea*
[8] Calone
[9] *S. persica*
[10] *S. perspolitana*
[11] *S. iranica*
[12] Akhani
[13] Nouri Akandi
[14] Zerai

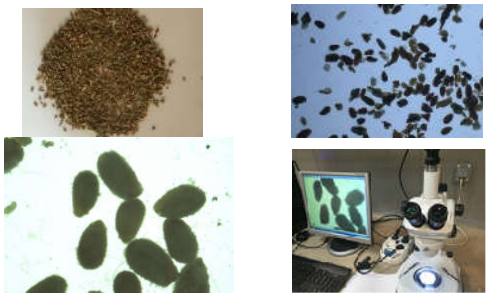
[15] Determination of the most suitable conditions for Dwarf Saltwort (*Salicornia* spp.) seed germination
[16] Germination Technical Committee (GER TCOM)
[17] International Seed Testing Association (ISTA)
[18] Accredited
[19] Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI)
[20] Preliminary assessment
[21] Preliminary test

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

شکل ۱- بوته‌های گونه‌های مورد بررسی *سالیکورنیا* در رویشگاه‌های طبیعی که بذرهای مورد استفاده در تحقیق از آنها جمع‌آوری شده است: گونه‌های *پرسپولیتانا*(راست-منطقه کفه انار شهرستان انار استان کرمان)، *بیگلوی* (وسط- منطقه اطراف شهرستان اشتهارد استان البرز) و *پرسیکا* (چپ- منطقه کفه انار شهرستان انار استان کرمان) (تصاویر تهیه شده به‌وسیله نویسنده مسئول).

Fig. 1- Studied *Salicornia* plants in natural vegetation habitats which used collected seeds in research: *perspolitana* (right- Kerman province Anar county Kafe Anar region), *bigelovii* (middle- Alborz province Eshtehard around region) and *persica* (left- Kerman province Anar county Kafe Anar region) (images prepared by corresponding author).

جداسازی بذرها از مواد جامد با غربال سیمی با قطر چشمه ۰/۵ میلی‌متر انجام شد و برای هر آزمون از هر نمونه چهار تکرار ۲۵ بذر ازنظر ظاهری (زیر بینوکولر دوربین‌دار[1]) سالم و یکنواخت جدا شدند (شکل ۲). سپس سپس به‌منظور بررسی اولیه[2] برای تعیین نیاز جوانه‌زنی بذر گونه‌های مورد بررسی *سالیکورنیا* به نور، مدت زمان و بسترهای کشت مناسب برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد، آزمایش مقدماتی[3] انجام شد. تیمارهای دماها، مدت زمان-زمان‌ها و بسترهای کشت آزمون جوانه‌زنی استاندارد از مفاد دستورالعمل آزمون جوانه‌زنی استاندارد در فصل پنجم کتاب قوانین بین‌المللی برای آزمون بذر انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ایستا[4]، ۲۰۲۲) اقتباس شدند. تیمارهای آزمایش مقدماتی دماهای جوانه‌زنی بذرها به-صورت ثابت[5]: ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس و دماهای جوانه‌زنی بذرها به‌صورت متناوب[6](به‌ترتیب به-مدت ۱۶-۸ ساعت/روز-شب): ۱۰-۵، ۱۵-۵، ۲۰-۵، ۲۵-۵، ۳۰-۵، ۱۵-۱۰، ۲۰-۱۰، ۲۵-۱۰، ۳۰-۱۰، ۲۰-۱۵، ۲۵-۱۵،۳۰-۱۵، ۲۵-۲۰، ۳۰-۲۰ و ۳۰-۲۵ درجه - سلسیوس، مدت زمان‌های جوانه‌زنی بذرها به‌مدت‌های ۷، ۱۴ و ۲۱ روز و بسترهای کشت روی کاغذ جوانه‌زنی (TP)[7]، بین کاغذ جوانه‌زنی (BP)[8] (شکل ۳)، روی ماسه (TS)[9]، درون ماسه (S)[10] (شکل ۴)، کاغذ جوانه‌زنی چین‌دار (PP)[11] (شکل ۵) و به‌منظور بررسی نیاز یا عدم نیاز به نور جوانه‌زنی بذرها پتری‌های کشت شده برای جلوگیری از نفوذ نور با فویل آلومینیومی به‌طور کامل پوشانده شده و درون کیسه پلاستیکی سیاه ژرمیناتور قرار داده شدند (شکل ۶).



شکل ۲- بالا به‌ترتیب از راست به چپ توده بذرهای جداسازی نشده *سالیکورنیا* و بذرهای دارای مواد جامد پیش از جداسازی، پائین به‌ترتیب از راست به چپ بینوکولر دوربین‌دار مورد استفاده برای جداسازی بذرها و بذرهای خالص جداسازی شده در زیر میدان دید بینوکولر (تصاویر تهیه شده به‌وسیله نویسنده مسئول).

Fig 2. Above right to the left respectively, *Salicornia* unseparated seeds lot and seeds having inert mater, below used camera stereo microscope for seeds separation and pure separated seeds in field of view of the microscope (images prepared by corresponding author).

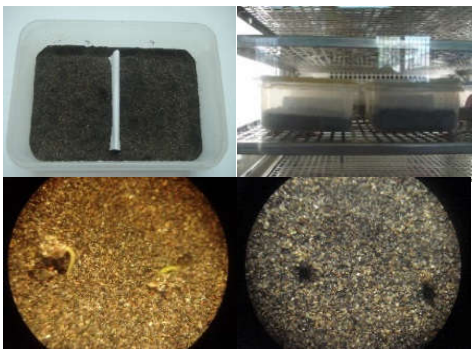
شکل ۳- راست، بذرهای خالص سالیکورنیای کشت شده روی کاغذ (TP) جوانه‌زنی مرطوب شده درون تشتک و چپ، تشتک‌های کشت شده و مسدود شده با پارافیلم درون ژرمیناتور (تصاویر تهیه شده به‌وسیله نویسنده مسئول).

Fig 3- Right, planted on moisten blotter paper (Top of paper) in petri dish *Salicornia* pure seeds and left, planted and sealed by para film petri dishes in germinator (images prepared by corresponding author).

[1] Camera stereo microscope
[2] Preliminary assessment
[3] Preliminary test
[4] International Rules for Seed Testing
[5] Constant
[6] Alternative

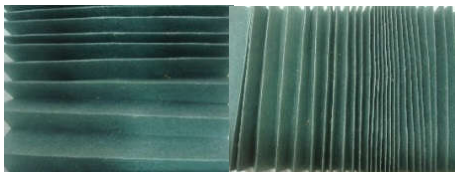
[7] Top of paper(TP)
[8] Between paper(BP)
[9] Top of sand
[10] Sand
[11] Pleated paper

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]



شکل ۴- جوانه‌زنی بذرهای *سالیکورنیا* درون بستر ماسه (S) و روی ماسه (TS)، بالا راست کشت بذرهای *سالیکورنیا* درون و روی ماسه داخل جعبه پلاستیکی شفاف و چپ جعبه‌های پلاستیکی شفاف حاوی بستر ماسه کشت شده با بذرهای *سالیکورنیا* درون ژرمیناتور، پائین راست گیاهچه‌های ظاهر شده در کشت بذرهای *سالیکورنیا* درون بستر کشت ماسه و چپ گیاهچه‌های درحال ظهور از بستر کشت روی ماسه (تصاویر تهیه شده به‌وسیله نویسنده مسئول).

Fig. 4- *Salicornia* seeds germination in sand substrate and top of sand substrate, above right *Salicornia* planted seeds in sand and top of sand in transparent plastic box and left transparent plastic boxes contains planted in sand substrate *Salicornia* seeds in germinator, below right emerged seedlings of *Salicornia* from sand substrate and left emerging seedlings of seeds planted on top of sand (images prepared by corresponding author).



شکل ۵- جوانه‌زنی بذرهای *سالیکورنیا* در بستر کشت کاغذ چین‌دار.

Fig. 5- *Salicornia* seeds germination planted in pleated paper substrate (images prepared by corresponding author).

شکل ۶- راست، تشتک‌های کشت شده بذرهای *سالیکورنیا* پوشیده درون فویل آلومینیومی و کیسه پلاستیکی سیاه برای جلوگیری از نفوذ نور و چپ، پتری‌های در معرض نور (تصاویر تهیه شده به‌وسیله نویسنده مسئول).

Fig. 6- Right planted *Salicornia* seeds petri dishes sealed in aluminum foil and covered in black plastic bag for light penetration prevention and left exposed to light petri dishes (images prepared by corresponding author).

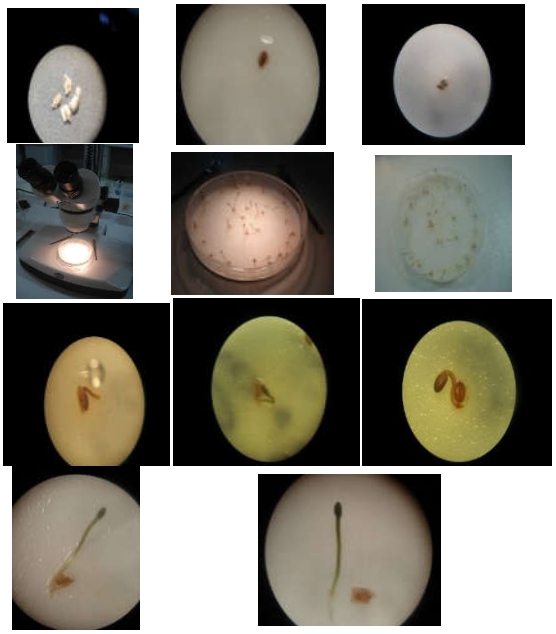
بذرها با محلول هیپوکلریت‌سدیم ۱۰ درصد (حجمی/حجمی) به‌مدت پنج دقیقه ضدعفونی سطحی شدند و سپس سه بار با آب جاری[1] (طبق دستورالعمل ذیل فصل پنج کتاب قوانین بین‌المللی برای آزمون بذر انجمت بین‌المللی آزمون بذر) به دقت شستشو شدند (ایستا، ۲۰۲۲). به‌منظور کشت بذرها در بسترهای کشت کاغذی، کاغذهای جوانه‌زنی (واتمن شماره ۱) به شکل دایره با آب مرطوب و درون پتری‌های به قطر ۹ سانتی‌متر قرارداده شدند و بذرها به‌صورت بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) و روی کاغذ جوانه‌زنی (TP) کشت و برای تنظیم میزان رطوبت پتری‌ها با پارا فیلم مسدود شدند. پتری‌های کشت شده درون ژرمیناتور در دماهای جوانه‌زنی مورد بررسی به‌طور جداگانه قرار داده شدند.

معیار جوانه‌زنی بذرها طبق دستورالعمل ذیل فصل پنج کتاب قوانین بین‌المللی برای آزمون بذر انجمن بین-المللی آزمون بذر (ایستا، ۲۰۲۲) گیاهچه‌های عادی[2] بودند. بنابراین در هر آزمون درصد جوانه‌زنی با شمارش گیاهچه‌های عادی در پایان هر دوره آزمون جوانه‌زنی انجام پذیرفت و درصد آنها تعیین شد. باتوجه به عدم تعیین معیارهای ارزیابی گیاهچه‌های عادی برای گیاهان جنس *سالیکورنیا*، گیاهچه‌های کامل و دارای بخش‌های حیاتی و بدون آسیب مطابق با معیارهای انجمن بین-المللی آزمون بذر (دان و دوکورنائو[3]، ۲۰۱۸) برای ارزیابی گیاهچه‌های عادی تیره *آمارانتاسه*[4] (جنس *آمارانتوس*[5]) به‌عنوان گیاهچه‌های عادی محسوب شدند (شکل ۷). همچنین به‌علت ریز بودن بذرها و کوچک بودن گیاهچه-های گونه‌های مورد مطالعه *سالیکورنیا*، شمارش بذرهای جوانه‌زده و بررسی مراحل جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه و ارزیابی آنها برای تشخیص و شمارش گیاهچه‌های عادی با استفاده از بینوکولر انجام شد (شکل ۷).

سپس باتوجه به عدم مشاهده تفاوت درصد گیاهچه‌های ظاهر شده در معرض نور و تاریکی (بذرهای گونه‌های مورد بررسی *سالیکورنیا* تحت شرایط روشنایی و بدون نور جوانه‌زدند) و نیز رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی

[1] Tap water
[2] Normal seedlings
[3] Don and Ducournau
[4] *Amaranthaceae*
[5] *Amaranthus*

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]



شکل ۷- مراحل مختلف جوانه‌زنی بذر *سالیکورنیا*، ردیف اول از بالا به‌ترتیب از چپ به راست، بذرهای خشک، بذر آب جذب کرده، آغاز خروج رادیکل، ردیف دوم از بالا ارزیابی بذرهای جوانه‌زده و گیاهچه-های ظاهرشده زیر بینوکولر دوربین‌دار، گیاهچه‌های۱۲ روزه و ۷ روزه *سالکورنیا پرسیکا*، ردیف سوم از بالا به‌ترتیب از چپ به راست، پیشرفت خروج رادیکل، خروج محور زیرلپه و لپه‌ها از پوسته بذر، خروج کامل گیاهچه از پوسته بذر، ردیف پائین به‌ترتیب از چپ به راست، بخش هوائی گیاهچه خارج شده از پوسته بذر و یک گیاهچه عادی رشد کامل یافته(تصاویر تهیه شده به‌وسیله نویسنده مسئول).

Fig. 7- *Salicornia* seed germination various stages, above first row left to right respectively, dry seeds, imbibed seed, beginning of radicle emergence, above second row left to right respectively, *Salicornia* germinated seeds and seedlings evaluation under camera stereo microscope, 12 days and 7 days old *Salicornia persica* seedlings, above third row left to right respectively, development of radicle emergence, hypocotyl axis and cotyledons emergence from seed coat, entire seedling emergence from seed coat, below row left to right respectively, emerged from seed coat seedling shoot and a complete developed normal seedling (images prepared by corresponding author).

بذرها در مدت ۷ و ۱۲ روز در بسترهای کشت بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) و روی کاغذ جوانه‌زنی (TP)، در دماهای ۲۰ و ۲۵ به‌صورت ثابت و دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب، آزمایش اصلی تحت این شرایط به اجرا درآمد.

آزمایش اصلی

براساس نتایج آزمایش مقدماتی تیمارهای آزمایش اصلی: سه دمای جوانه‌زنی بذرها شامل دو دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت و دمای جوانه‌زنی بذرها به‌صورت متناوب ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس (به‌ترتیب به-مدت ۱۶-۸ ساعت/روز-شب)، بسترهای کشت بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) و روی کاغذ جوانه‌زنی (TP) (کاغذ جوانه-زنی نوع واتمن شماره۱ مرطوب شده با میزان کافی آب معمولی ب تنظیم میزان رطوبت با مسدودکردن درب پتری‌ها با نوار پارافیلم) و دو مدت جوانه‌زنی ۷ و ۱۲ روز بودند.

پتری‌های کشت شده درون ژرمیناتور در هر سه دمای جوانه‌زنی مورد بررسی به‌طور جداگانه قرار داده شدند. برای تعیین سرعت و مدت زمان جوانه‌زنی و برخی شاخص‌های مرتبط تعداد بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه با معیار خروج ریشه‌چه به اندازه حداقل ۲ میلی‌متر تعیین شدند. تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز نهایی شمارش، به‌عنوان درصد جوانه‌زنی نهایی (FGP)[1] محسوب گردید و شاخص‌های مدت و سرعت جوانه‌زنی: ۱- متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT)[2]، ۲-متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG)[3]، ۳- شاخص سرعت (RI)[4] جوانه‌زنی، ۴- یکنواختی جوانه‌زنی (GU)[5] و ۵- مدت زمان رسیدن به ۱۰ (T 10) و ۶- ۵۰ درصد (T 50) جوانه‌زنی[6] با استفاده از روابط ۱-۳ و به‌وسیله نرم‌افزار Germin تعیین شدند (سلطانی و مداح[7]، ۲۰۱۰):

متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT) که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی است برحسب واحد روز با استفاده از رابطه۱ محاسبه گردید (رانال و دی سانتانا[8]، ۲۰۰۶).

رابطه ۱:
$$MGT = \frac{\sum \mathrm{NiDi}}{N}$$

که در آن Ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز iام و Di تعداد روزها از شروع آزمون (هنگام کشت) تا شمارش iام (پایان دوره آزمون) و N تعداد کل بذرهای جوانه‌زده است.

[1] Final germination percent (FGP)
[2] Mean germination time (MGT)
[3] Mean daily germination (MDG)
[4] Germination rate index (RI)
[5] Germination uniformity (GU)
[6] Time to germination 10 (T 10) and 50 percentage (T 50)
[7] Soltani and Maddah
[8] Ranal and De Santana

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG) که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه برحسب واحد روز است از رابطه ۲ محاسبه شد:

رابطه ۲: $$MDG = \frac{\mathrm{FGP}}{D}$$

که در این رابطه: FGP درصد جوانه‌زنی نهایی و D تعداد روز تا پایان دوره اجرای آزمون است (رانال و دی سانتانا، ۲۰۰۶).

شاخص سرعت (RI) که از مهم‌ترین شاخص‌های سرعت جوانه‌زنی می‌باشد و واحد آن عکس روز است با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (رانال و دی سانتانا، ۲۰۰۶):

رابطه ۳: $$RI = \sum_{i=1}^{c} Ni / \sum_{i=1}^{c} Ti$$

که در این رابطه:

$\sum Ni$ = مجموع کل بذرهای جوانه‌زده تا پایان آزمایش

$\sum Ti$ = مجموع زمان بر حسب روز از شروع آزمایش جوانه‌زنی می‌باشند (رانال و دی سانتانا، ۲۰۰۶).

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.2 و رسم نمودارها با نرم‌افزارExcel 2013 انجام شدند. توزیع نرمال داده‌های صفات درصدی و کشیدگی[1] و چولگی[2] آنها ابتدا بررسی شده و درصورت نیاز تبدیل آرک سینوسی شدند. تجزیه واریانس داده‌ها ابتدا براساس طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی[3] تجزیه واریانس شده و باتوجه به به معنی‌دار نبودن اثر تکرار (بلوک) برای هیچ‌کدام از صفات مورد مطالعه، از طرح آزمایشی کاملاً تصادفی[4] برای برای تجزیه واریانس داده‌ها استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای مختلف از آزمون LSD در سطح یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی نهایی

درصد جوانه‌زنی نهائی ظرفیت بالقوه جوانه‌زنی یا قابلیت جوانه‌زنی[5] بذرها را فارغ از تعریف جوانه‌زنی از دیدگاه فن‌آوری بذر مشخص می‌سازد. بنابراین داده‌های درصد جوانه‌زنی نهائی بذر برای تعیین اثر دما و مدت جوانه‌زنی بر آن برای هریک از بسترهای جوانه‌زنی به‌طور جداگانه تجزیه واریانس شدند. نتایج تجزیه واریانس اثر دما و مدت جوانه‌زنی بر درصد جوانه‌زنی نهائی برای هریک از بسترهای جوانه‌زنی به‌طور جداگانه در جدول ۱ ارائه شده است.

تجزیه واریانس نشان داد دماهای مورد بررسی و بستر کشت بر درصد جوانه‌زنی بذرهای سه گونه سالیکورنیای مورد بررسی اثر بسیار معنی‌داری داشتند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود درصد جوانه‌زنی نهائی بذرهای گونه *بیگلوی* در هر سه دما با هم اختلاف معنی‌داری داشتند و بذرهای این گونه با ۸۸ درصد جوانه‌زنی نهائی دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی تحت دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در مدت ۷ روز با کشت بذرها در بسترهای کشت روی کاغذ (TP) و بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) بودند (شکل ۸). همچنین درمورد بذرهای گونه *پرسیکا* در هر دو مدت جوانه‌زنی درصد جوانه‌زنی نهائی بذرها در بسترهای کشت بررسی شده متفاوت بود و بذرهای این گونه دارای بالاترین درصد جوانه‌زنی نهائی به مقدار ۱۰۰ درصد در شرایط دمای متناوب ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۷ روز در بسترهای کشت روی کاغذ (TP) و بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) (شکل ۸) و نیز در همین دما به‌مدت ۱۲ روز در بستر کشت روی کاغذ جوانه‌زنی (TP) به میزان۱۰۰ درصد و در بستر بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) ۹۷ درصد بودند و تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نداشتند (شکل ۹). بذرهای گونه *پرسپولیتانا* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت به‌مدت ۷ روز روی کاغذ جوانه‌زنی (TP) دارای حداکثر درصد جوانه‌زنی نهائی ۶۰ درصد و تحت همین دما به مدت ۱۲ روز در بستر کشت بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) از بیشترین میزان جوانه‌زنی به مقدار ۷۱ درصد برخوردار بودند (شکل ۹). نتایج این تحقیق همچنین مشخص کرد در شرایط مختلف دمای جوانه‌زنی و در بسترهای کشت بررسی شده در هر دو مدت جوانه‌زنی به‌ترتیب بذرهای گونه *پرسیکا*، *بیگلوی* و *پرسپولیتانا* از درصد جوانه‌زنی نهائی بالاتری برخوردار بودند (شکل ۸ و ۹).

[1] Kurtosis
[2] Skewness
[3] Randomized Complete Blocks Design (RCBD)
[4] Completely Randomized Design (CRD)
[5] Germination ability

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر دما و مدت جوانه‌زنی بر درصد جوانه‌زنی نهائی بذر سه گونه سالیکورنیای مورد بررسی برای هریک از بسترهای جوانه‌زنی به‌طور جداگانه.

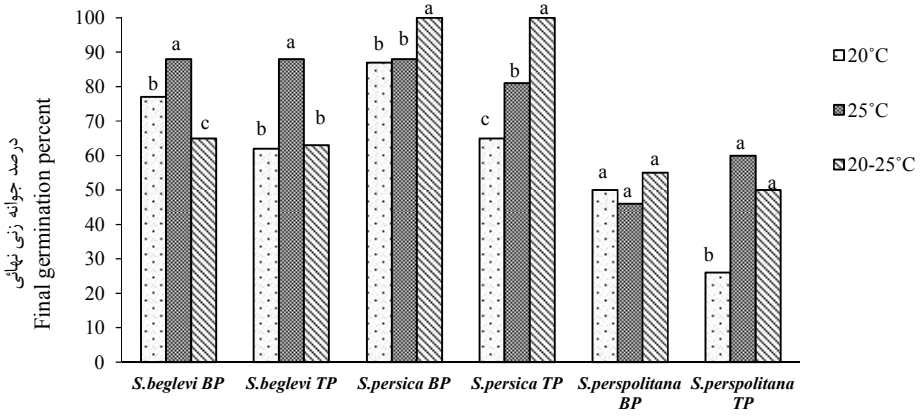
Table1- Variance analysis of the effect of temperature, duration on seed final germination percentage of the three studied *Salicornia* species for seprate substrate.

منابع تغییرات S.O.V		df		SS		MS		F	
گونه-مدت جوانه‌زنی Species-Germination duration		TP^{+}	BP^{++}	TP	BP	TP	BP	TP	BP
***S. bigelovii* – 7 days**	دما (T) Temperature	2	2	1058.6	818.6	529.3	409.3	17.01**	29.71**
	خطای آزمایشی (E) Error	9	9	280.0	124.0	31.1	13.7		
	کل (G)	11	11	1338.6	942.6				
	ضریب تغییرات(درصد) (C.V.%)	2	5.4						
***S. bigelovii*- 12 days**	دما (T) Temperature	2	2	690.6	690.6	345.3	345.3	33.78**	33.78**
	خطای آزمایشی (E) Error	9	9	92.0	92.0	10.2	10.2		
	کل (G)	11	11	782.6	782.6				
	ضریب تغییرات(درصد) (C.V.%)	4.1	4.1						
***S. persica*- 7 days**	دما (T) Temperature	2	2	488.0	1802.6	244.0	901.3	14.08**	61.45**
	خطای آزمایشی (E) Error	9	9	156.0	132.0	17.3	14.6		
	کل (G)	11	11	644.0	1934.6				
	ضریب تغییرات(درصد) (C.V.%)	4.5	4.7						
***S. persica*- 12 days**	دما (T) Temperature	2	2	248.0	802.6	124.0	401.3	10.33**	82.09**
	خطای آزمایشی (E) Error	9	9	108.0	44.0	12.0	4.8		
	کل (G)	11	11	356.0	846.6				
	ضریب تغییرات(درصد) (C.V.%)	3.6	2.58						
***S. perspolitana*- 7 days**	دما (T) Temperature	2	2	162.6	2442.6	81.3	1221.3	2.2**	21.47**
	خطای آزمایشی (E) Error	9	9	332.0	512.0	36.8	56.8		
	کل (G)	11	11	494.6	2954.6				
	ضریب تغییرات(درصد)(C.V.%)	12.0	16.6						
***S. perspolitana*- 12 days**	دما (T) Temperature	2	2	14.0	2194.6	7.0	1097.3	0.21^{ns}	58.79**
	خطای آزمایشی (E) Error	9	9	307.0	168.0	34.1	18.6		
	کل (G)	11	11	321.0	2362.6				
	ضریب تغییرات(درصد) (C.V.%)	9.8	7.8						

TP^{+} روی کاغذ (Top of paper) و BP^{++} روی کاغذ (Between of paper)

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns are statistically significant at the probability of 1%, 5% and not significant

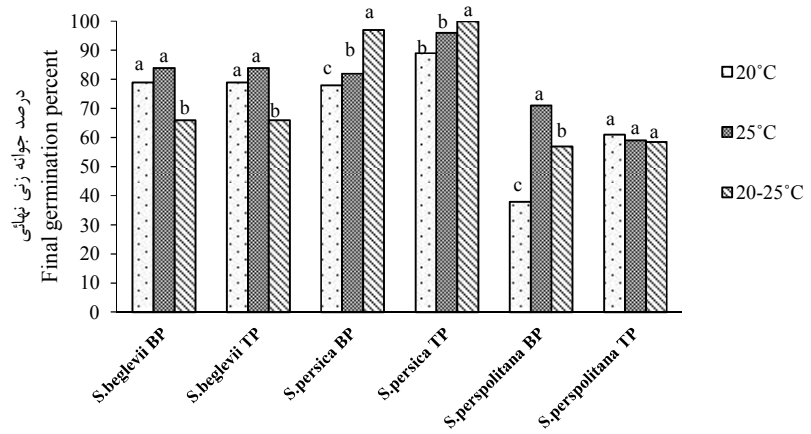


شکل ۸- مقایسه میانگین اثر سه دما بر درصد جوانه‌زنی نهائی بذر سه گونه مورد بررسی *سالیکورنیا* درمدت هفت روز در بسترهای روی کاغذ (TP) و بین کاغذ (BP) (حروف مشابه در هر گونه و بستر کشت عدم تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در مقایسه به‌روش LSD را نشان می‌دهد).

Fig. 8- Mean comparisons of the effect of three temperatures during 7 days in top of paper (TP) and between paper (BP) substrates on three studied *Salicornia* species seed final germination percent (the same letters in each species and substrate showed means comparisons non significant difference of means by LSD method).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر سه دما بر درصد جوانه‌زنی نهائی بذر سه گونه مورد بررسی *سالیکورنیا* درمدت ۱۲ روز در بستر روی کاغذ (TP) و بین کاغذ (BP) (حروف مشابه در هر گونه و بستر کشت عدم تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در مقایسه به‌روش آزمون LSD را نشان می‌دهد).

Fig. 9 - Mean comparisons of the effect of three temperatures in during 12 days in top of paper (TP) and between paper (BP) substrates on three studied Salicornia species seed final germination percent (the same letters in each species and substrate showed means comparisons non significant difference of means by LSD).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی سه گونه سالیکورنیا در دما و بستر کشت متفاوت

Table 2- Analysis of variance (mean squared) of germination indices related to three *Salicornia* species under different temperatures and substrates

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد گیاهچه‌های عادی Normal seedlings percent	متوسط زمان جوانه زنی Mean germination time	متوسط جوانه زنی روزانه Mean daily germination	شاخص سرعت جوانه‌زنی Germination rate index	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	مدت زمان رسیدن به درصد جوانه‌زنی Time to germination percentage	
							۱۰ درصد T10	۵۰ درصد T50
گونه Species (S)	2	6950**	27.49**	69.50**	2513.11**	8.27**	30.07**	26.61**
دما Temperature (T)	2	504.66**	18.45**	5.04**	677.52**	10.35**	13.15**	29.98**
بستر کشت Substrate (Sub.)	1	1494.22**	0.31^{ns}	14.94**	263.58**	0.34^{ns}	0.18^{ns}	1.73**
دما × بستر T × Sub.	2	160.22**	1.92**	1.60**	35.05*	3.10**	0.25^{ns}	3.17**
گونه × دما S × T	4	554.66**	1.51**	5.54**	232.42**	7.25**	3.75**	1.87**
گونه × بستر S × Sub.	2	96.22**	0.82**	0.96**	51.15**	2.06**	0.26^{ns}	0.35^{ns}
گونه × دما × بستر S × T × Sub.	4	262.22**	0.25^{ns}	2.62**	8.43^{ns}	2.82**	0.15^{ns}	0.50*
خطا Error	-	13.62	112.14	0.13	7.82	0.49	0.16	0.18
درصد ضریب تغییرات C.V.%		4.79	7.19	4.79	12.69	12.32	19.46	10.16

ns، *و** به‌ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

ns, * and ** non-significant and significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل گونه، بستر کشت و دما بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر سالیکورنیا.

Table 3- Mean comparison of interaction effects (Substrate × Species × Temperature) on Salicornia seeds germination indices.

گونه‌های سالیکورنیا Salicornia species	دما Temprature (ºC)	بستر کشت Substrate	درصد گیاهچه‌های عادی Normal seedlings percent	متوسط جوانه‌زنی روزانه (٪) Mean daily germination (%)	یکنواختی جوانه‌زنی (روز) Germination uniformity (day)	مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (روز) Time to 50 percent germination (day)
S. persica	20	TP^{+}	89 c	8.9 c	5.84 b-e	3.92 fg
S. perspolitana			61 fg	6.1 fg	4.10 fg	6.57 ab
S. bigelovii			90 bc	9.0 bc	6.06 b-e	4.44 ef
S.persica		BP^{++}	78 d	7.8 d	6.66 abc	5.59 cd
S. perspolitana			38 h	3.8 h	4.24 fg	6.89 a
S. bigelovii			79 d	7.9 d	6.67 abc	5.88 bc
S. persica	25	TP	96 ab	9.6 ab	7.02 ab	2.70 h
S. perspolitana			59 g	5.9 g	6.26 a-d	4.78 de
S. bigelovii			98 a	9.8 a	7.39 a	3.19 gh
S.persica		BP	82 d	8.2 d	5.66 cde	2.67 h
S.perspolitana			71 e	7.1 e	5.85 b-e	4.89 de
S.bigelovii			84 cd	8.4 cd	6.46 abc	2.68 h
S.persica	20-25	TP	100 a	10.0 a	3.01 g	2.39 h
S.perspolitana			61 fg	6.1 fg	5.65 cde	4.59 ef
S.bigelovii			80 d	8.0 d	6.83 abc	4.43 ef
S.persica		BP	97 a	9.7 a	4.85 ef	2.51 h
S.perspolitana			57 g	5.7 g	5.60 cde	4.6 ef
S.bigelovii			66 ef	6.6 ef	4.93 def	4.07 ef

TP^{+} روی کاغذ (Top of paper) و BP^{++} روی کاغذ (Between of paper)

میانگین‌های که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح یک درصد می‌باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability levels using LSD test.

درصد گیاهچه‌های عادی

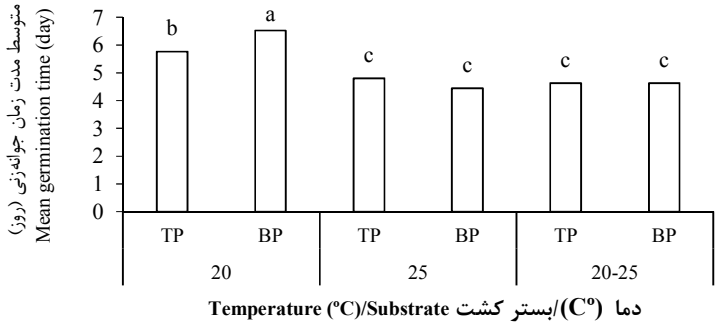
اثرمتقابل گونه × دما × بستر بر درصد گیاهچه‌های عادی در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد بذرهای گونه *پرسیکا* در دمای جوانه‌زنی متناوب ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس روی بستر کشت کاغذ (TP) از بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی به میزان ۱۰۰ درصد برخوردار بودند. کمترین درصد گیاهچه‌های عادی نیز در بذرهای گونه *پرسپولیتانا* جوانه‌زده در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر کشت روی کاغذ (TP) مشاهده شد. همچنین در دمای‌های جوانه‌زنی ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت همواره دو گونه *پرسیکا* و *بیگلوی* درصد گیاهچه‌های عادی بالاتری نسبت به گونه *پرسپولیتانا* داشتند اما در دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب، درصد گیاهچه‌های عادی گونه *پرسیکا* به‌ترتیب از گونه‌های *بیگلوی* و *پرسپولیتانا* بالاتر بود. درصد گیاهچه‌های عادی در روش کشت روی کاغذ (TP) نسبت به بین کاغذ (BP) در هر سه گونه بالاتر بود و بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی در گونه *پرسیکا* و کمترین درصد گیاهچه‌های عادی در گونه *پرسپولیتانا* در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت (۳۸ درصد) و ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب (۵۷ درصد) در بستر کشت بین کاغذ (BP) مشاهده شد (جدول ۳).

متوسط زمان جوانه‌زنی

اثر اصلی دما، گونه، اثرات متقابل دوگانه دما × بستر، گونه × دما و گونه × بستر دما، بر متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌داری بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل دوگانه دما × بستر نشان داد کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی به‌میزان ۴/۴۵ روز مربوط به تیمار جوانه‌زنی بذرها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر کشت بین کاغذ (BP) بود (شکل ۱۰). همچنین مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل گونه × دما مشخص نمود کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی به‌مدت ۳/۲۴ روز به بذرهای گونه *پرسپولیتانا* جوانه‌زده در دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب تعلق داشت (شکل ۱۱). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل گونه × بستر بر متوسط زمان جوانه‌زنی نیز بیانگر برخورداری بذرهای گونه *پرسیکا* جوانه‌زده روی کاغذ (TP) از کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی به مقدار ۳/۸۳ روز بود (شکل ۱۲).

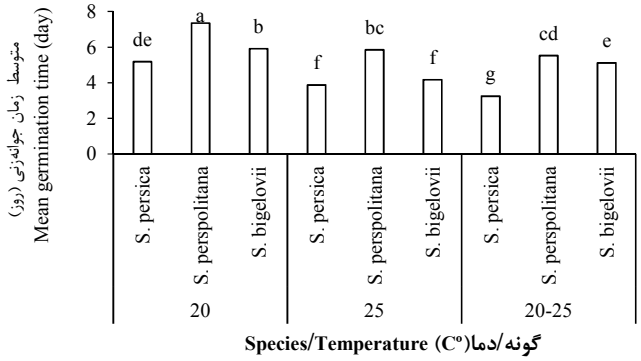
[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]



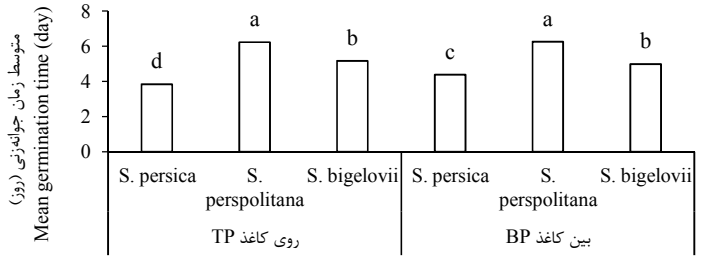
شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل دما × بستر بر متوسط زمان جوانه‌زنی (حروف مشابه عدم تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در مقایسه به‌روش LSD را نشان می‌دهد).

Fig. 10- Temperature × substrate interaction effect on mean germination time mean comparisons (the same letters showed means comparisons non-significant difference of means by LSD).



شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل گونه × دما بر متوسط زمان جوانه‌زنی (حروف مشابه عدم تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در مقایسه به‌روش LSD را نشان می‌دهد).

Fig. 11- Species × temperature interaction effect on mean germination time mean comparisons (the same letters showed means comparisons non-significant difference of means by LSD).



شکل ۱۲- مقایسه میانگین‌های گونه × بستر بر متوسط زمان جوانه‌زنی (حروف مشابه عدم تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در مقایسه به‌روش LSD را نشان می‌دهد).

Fig. 11- Species × substrate interaction effect on mean germination time mean comparisons (the same letters showed means comparisons non-significant difference of means by LSD).

متوسط جوانه‌زنی روزانه

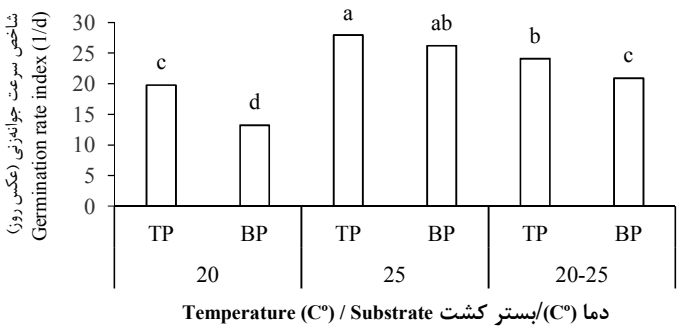
تمامی اثرات اصلی و اثرات متقابل گونه، دما و بستر کشت اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر متوسط جوانه‌زنی روزانه داشتند (جدول ۲). بذرهای سه گونه *سالیکورنیا* پس از قرارگیری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر روی کاغذ (TP)، دارای بیشترین

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

متوسط جوانه‌زنی روزانه بودند، اگرچه همواره بیشترین مقدار این شاخص در بستر روی کاغذ (TP) نسبت به بین کاغذ (BP) مشاهده شد و کمترین مقدار آن نیز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر بین کاغذ (BP) ثبت گردید (جدول ۳). کمترین متوسط جوانه‌زنی روزانه در گونه *پرسپولیتانا* در تمامی تیمارهای دمایی مشاهده گردید. بالاترین مقدار این شاخص در دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب در گونه *پرسیکا* و سپس در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در گونه *پرسیکا* و *بیگلوی* و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در گونه *پرسیکا* ثبت گردید. بالاترین مقدار این شاخص در گونه *پرسیکا* و سپس *بیگلوی* در هر دو بستر کشت مشاهده شد و کمترین مقدار آن در گونه *پرسپولیتانا* نشان داده شد. با مقایسه میانگین مقدار متوسط جوانه‌زنی روزانه مشخص گردید که همواره مقدار این شاخص در تیمار دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب در هر دو بستر کشت و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در بستر کشت روی کاغذ (TP) مشاهده شد (جدول ۳) و کمترین مقدار این شاخص در تمامی تیمارها در گونه *پرسپولیتانا* نشان داده شد (جدول ۳).

شاخص سرعت جوانه‌زنی

اثر اصلی گونه، دما و بستر کشت و اثرات متقابل دوگانه دما × بستر، گونه × دما و گونه × بستر دما، بر شاخص سرعت جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌داری بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل دما × بستر بر شاخص سرعت جوانه‌زنی بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی به‌میزان ۲۷/۹۸ بر روز در بذرهای جوانه‌زده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر کشت روی کاغذ (TP) مشاهده شد (شکل ۱۳). همچنین مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل گونه × دما بر این شاخص مشخص کرد بذرهای گونه *پرسپولیتانا* جوانه‌زده در دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب دارای بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی به‌میزان ۳۷/۰۹ بر روز بودند (شکل ۱۴). مقایسه میانگین‌های گونه × بستر بر شاخص سرعت جوانه‌زنی برخوردار بودن بذرهای گونه *پرسیکا* کشت شده در بستر روی کاغذ (TP) را مشخص نمود (شکل ۱۵). همچنین کمترین مقدار این شاخص در تیمار دمای جوانه‌زنی ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر کشت بین کاغذ (BP) مشاهده شد و به‌طورکلی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در هر دو بستر کشت، کمترین شاخص سرعت جوانه‌زنی ثبت گردید. بالاترین شاخص سرعت جوانه‌زنی نیز در گونه *پرسیکا* در هر دو دمای ۲۵ به‌صورت ثابت و ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب و سپس در گونه بیگلوی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت مشاهده شد.

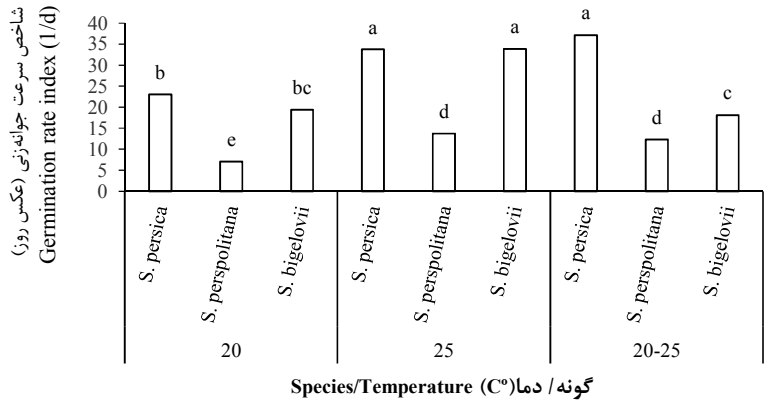


شکل ۱۳- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل دما × بستر بر شاخص سرعت جوانه‌زنی (حروف مشابه عدم تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در مقایسه به‌روش LSD را نشان می‌دهد).

Fig. 13- Temperature × substrate interaction effect on germination rate index mean comparisons (the same letters showed means comparisons non-significant difference of means by LSD).

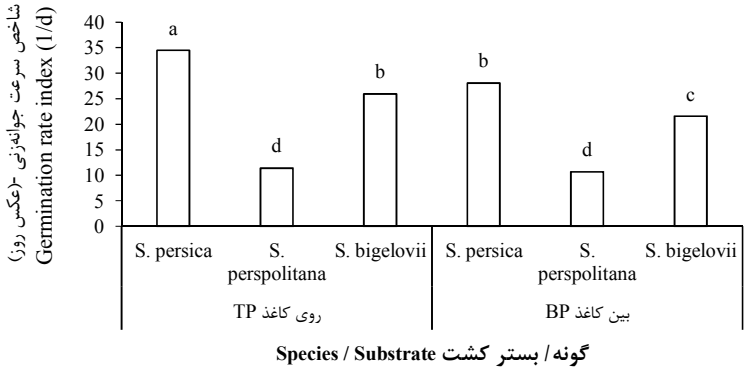
[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]



شکل ۱۴- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل گونه × دما بر شاخص سرعت جوانه‌زنی (حروف مشابه عدم تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در مقایسه به‌روش LSD را نشان می‌دهد).

Fig. 14- Species × temperature interaction effect on mean germination rate index mean comparisons (the same letters showed means comparisons non-significant difference of means by LSD).



شکل ۱۵- مقایسه میانگین‌های گونه × بستر بر شاخص سرعت جوانه‌زنی (حروف مشابه عدم تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در مقایسه به‌روش LSD را نشان می‌دهد).

Fig. 15- Species × substrate interaction effect on germination rate index mean comparisons (the same letters showed means comparisons non-significant difference of means by LSD).

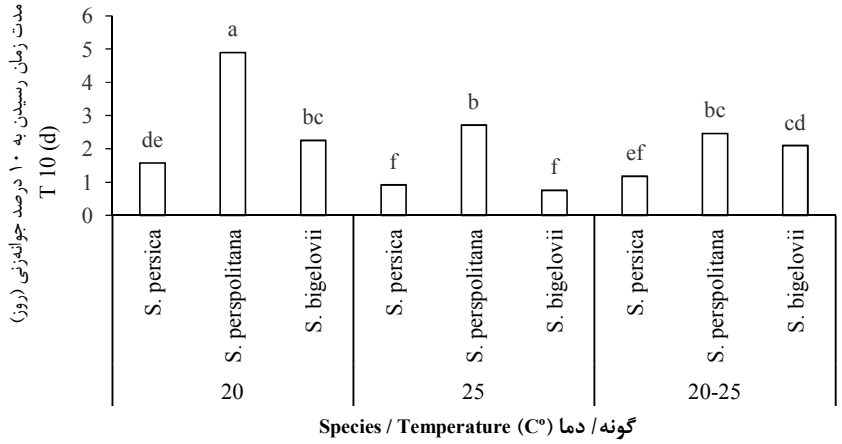
شاخص یکنواختی جوانه‌زنی

تمامی اثرات اصلی به‌جز اثر بستر کشت و اثرات متقابل تیمارهای مورد بررسی بر شاخص یکنواختی جوانه‌زنی معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند (جدول ۲). کمترین و بیشترین مقدار شاخص یکنواختی جوانه‌زنی (UI) به‌ترتیب در گونه *بیگلوی* در تیمار دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت روی کاغذ (TP) و در گونه *پرسیکا* در دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب روی کاغذ (TP) مشاهده شد (جدول ۳).

شاخص مدت زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی

اثرات اصلی دما و گونه و اثرمتقابل دما × گونه بر شاخص مدت زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). کمترین مقدار این شاخص در گونه‌های *بیگلوی* و *پرسیکا* به‌ترتیب به میزان‌های ۰/۷۶ و ۰/۹۱ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت مشاهده شد. همچنین بذرهای گونه *پرسپولیتانا* در هر سه دمای جوانه‌زنی مورد بررسی نسبت به دو گونه دیگر به مدت زمان بیشتری برای رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی نیاز داشت (شکل ۱۶).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]



شکل ۱۶- مقایسه میانگین اثرمتقابل دما و گونه بر شاخص مدت زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی برحسب روز (حروف مشابه عدم تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در مقایسه به‌روش آزمون LSD را نشان می‌دهد).

Fig. 16 -Mean comparisons of temperature and species interaction on time to 10% germination percentage as days (the same letters showed means comparisons non-significant difference of means by LSD).

مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی

اثرمتقابل گونه × دما × بستر بر شاخص مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل گونه × دما × بستر نشان داد بذرهای گونه *پرسپولیتانا* در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر بین کاغذ (BP) با ۶/۸۹ روز و کمترین بذرهای گونه *پرسیکا* جوانه‌زده در دمای۲۰-۲۵ درجه سلسیوس متناوب روی کاغذ (TP) با ۲/۳۹ روز به‌ترتیب دارای بیشترین و کمرین شاخص مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی بودند (جدول ۳).

بحث

عدم تفاوت درصد جوانه‌زنی بذرهای این سه گونه در تاریکی و نور مشخص کرد جوانه‌زنی تحت تأثیر نور نیست و غیرنوررست[1] است. اگرچه در مطالعه لی[2] و همکاران (۲۰۱۶) نور تأثیر معنی‌داری بر افزایش درصد جوانه‌زنی گونه *سالیکورنیا هرباسئا* داشت اما در گونه‌های مورد ارزیابی در این مطالعه تأثیر نور بر جوانه‌زنی مشاهده نشد. نور در اثرمتقابل با دما و شوری می‌تواند تعیین کننده زمان جوانه‌زنی در بذرهای برخی از گیاهان شورپسند باشد (گول[3] و همکاران، ۲۰۰۰ و آقاله[4] و همکاران، ۲۰۰۸). جوانه‌زنی بذرهای گیاه شورپسند *Suaeda vermiculata* در شرایط بدون تنش شوری و با شوری پایین، مستقل از نور بود اما در سطوح بالای شوری، بذرها به‌صورت مثبتی نوررست[5] بودند (ال-کبلاوی[6] و همکاران، ۲۰۱۸). معنی‌دار بودن اثر دما بر جوانه‌زنی و پاسخ متفاوت آن به دما بیانگر نیاز متفاوت دمای جوانه‌زنی بود. نتایج درصد جوانه‌زنی در این مطالعات نشان داد که بذرهای گونه‌های مورد بررسی سالیکورنیا کمترین درصد جوانه‌زنی نهائی را در دمای۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت داشتند و نیاز دمایی آنها برای حصول حداکثر جوانه‌زنی، با این دما برطرف نمی-گردد و دماهای بالاتر (۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت) و دمای متناوب سبب افزایش جوانه‌زنی بذرها گردید. درطول جوانه‌زنی بذر برخی از گونه‌ها مانند *سالیکورنیا روبرا*[7] حتی به تغییرات اندک دمای محیط نیز واکنش نشان می‌دهند (گول و همکاران، ۲۰۰۰؛ خان[8] و همکاران، ۲۰۰۰) حال آن‌که گونه‌های شوردوست دیگر مانند گونه‌ای سیاه شور[9] تأثیرپذیری بسیار کمی را نشان می‌دهند (خان و همکاران، ۲۰۰۱).

[1] Non photoblastic
[2] Lee
[3] Gul
[4] Aghaleh
[5] Photoblas
[6] El-Keblawy
[7] *Salicornia rubra* Nels.
[8] Khan
[9] *Suaeda moquinii*

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

لی و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خویش روی جوانه‌زنی بذرهای گونه *سالیکورنیا هرباسیا* پس از قرارگیری در دمای ثابت۵ تا ۴۵ درجه سلسیوس مشاهده نمودند که بهترین دما برای جوانه‌زنی دمای ۳۰ درجه سلسیوس بود، به‌نحوی‌که با افزایش دما از ۵ به ۳۰ درجه سلسیوس، جوانه‌زنی روند افزایشی نشان داد و جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس کاهش یافت و هیچ گونه جوانه‌زنی در دماهای ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس مشاهده نگردید. خان و همکاران (۲۰۰۰) بیشترین درصد جوانه-زنی بذرهای گونه *سالیکورنیا روبرا* را در دمای شبانه ۲۵ و روزانه ۳۵ درجه سلسیوس گزارش نمودند و مشاهده کردند تناوب دمای شبانه-روزانه ۵-۱۵ درجه سلسیوس سبب توقف جوانه‌زنی می‌گردد. سینگ و همکاران (۲۰۱۴) بیشترین درصد جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های مختلف *سالیکورنیا* را در دمای متناوب۱۰-۲۰ درجه سلسیوس مشاهده کردند. خان و وبر[1] (۱۹۹۶) مشاهده نمودند بالاترین درصد جوانه‌زنی بذر گونه *سالیکورنیا پاسیفیکا* واریته *یوتاهنزیس*[2] در دمای متناوب (شبانه-روزانه) ۵-۲۵ درجه سلسیوس و در مدت جوانه‌زنی ۸-۱۰ روز دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی بود و تقریباً در تمامی رژیم‌های دمای جوانه‌زنی مورد بررسی حداکثر درصد جوانه‌زنی در چنین بازه زمانی حاصل گردید. روئدا-پوئنته[3] و همکاران (۲۰۰۷) نیز مشاهده کردند با افزایش دما درصد جوانه‌زنی بذرهای اکوتیپ‌های مختلف گونه *بیگلوی* افزایش یافت و بیشترین درصد جوانه‌زنی در تناوب دمایی۲۵-۳۵ درجه سلسیوس حاصل گردید.

نتایج این تحقیق همچنین مشخص کرد که جوانه-زنی بذرهای گونه‌های بررسی شده سالیکورنیا در بستر کشت روی کاغذ (TP) بهتر از بستر کشت بین کاغذ (BP) بود. درصد جوانه‌زنی نهایی در تمامی تیمارها در هر سه گونه مورد ارزیابی نشان داد درصد جوانه‌زنی نهائی بذرهای گونه *پرسیکا* در دو بستر کشت و دماهای جوانه‌زنی ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت کمتر از گونه *بیگلوی* بود. اما در دمای جوانه‌زنی ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب در هر دو بستر کشت، درصد جوانه-زنی نهایی گونه *پرسیکا* در بستر کشت روی کاغذ (TP) ۲۰ درصد و در بین کاغذ (BP) ۳۲ درصد نسبت به گونه *بیگلوی* بیشتر بود. درصد جوانه‌زنی گونه *پرسپولیتانا* در مقایسه با دو گونه دیگر در دو بستر کشت در سه دمای مورد ارزیابی، کمتر مشاهده شد. بذرهای گونه *پرسیکا* در هر دو بستر کشت در دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب و ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر روی کاغذ (TP) بالاترین جوانه‌زنی (بیش از ۹۶ درصد) را داشتند و قرارگیری این بذرها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر کشت بین کاغذ (BP) سبب کاهش جوانه‌زنی (۸۲ درصد) گردید و همچنین کاهش دما به ۲۰ درجه سلسیوس در هر دو بستر کشت، سبب کاهش جوانه‌زنی گردید. در بذرهای گونه *بیگلوی* بالاترین درصد جوانه‌زنی نهایی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در بستر کشت روی کاغذ (TP) (۹۸ درصد) مشاهده شد و با کاهش دما به۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در هر دو بستر، درصد جوانه-زنی کاهش یافت (TP = ۹۰ درصد، BP =۷۹ درصد) و همچنین با قرارگیری بذرها در دمای ۲۰-۲۵ متناوب، نسبت به ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (TP = ۸۰ درصد، BP = ۶۶ درصد). در بذرهای گونه *پرسپولیتانا* نیز مشاهده گردید که بالاترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در بستر بین کاغذ (BP) (۷۱ درصد) حاصل شد و قرارگیری بذرها در بستر روی کاغذ (TP) سبب کاهش جوانه‌زنی شد (TP = ۵۹ درصد). نکته حائز اهمیت در بذرهای گونه *پرسپولیتانا* این بود که بذرها پس از قرارگیری در دمای۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت (TP = ۶۱ درصد) و ۲۵-۲۰ (TP = ۶۱ درصد) درجه سلسیوس در بستر روی کاغذ (TP) نسبت به ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در شرایط مشابه، مقدار کمی جوانه‌زنی بیشتری داشتند. عدم جوانه‌زنی متغییر بذرهای این گونه شاید نوعی سازگاری در راستای حفظ بهتر آنها در عرصه طبیعت باشد و نتایج مشابه جوانه‌زنی بذرهای این گونه در سه دمای مورد بررسی در بستر روی کاغذ (TP)، شاید نشان دهنده محدوده دمایی وسیع‌تر این بذرها برای جوانه‌زنی و سازگاری با محیط زیست دارد. برخی بذرها پس از

[1] Khan and Weber
[2] *Salicornia pacifica* var. *utahensis* (Tridestrom) Munz
[3] Rueda-Puente

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

قرارگیری در شرایط جوانه‌زنی و دریافت محرک‌های محیطی به خواب شرطی وارد می‌شوند و یا خواب ثانویه در آنها القاء می‌گردد (الیاس[1] و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه‌ای پاسخ‌های جوانه‌زنی بذر گونه *بیگلوی* در شرایط آزمایشگاهی در بستر روی کاغذ (TP) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت ارزیابی گردید و مشخص شد که در بستر کشت حاوی همراه آب مقطر، بذرها نزدیک به ۶۰ درصد جوانه‌زنی داشتند، اگرچه بذرها پس از قرارگیری در بستر آب شرب جوانه‌زنی آنها به ۶۶ درصد رسید و بیشترین جوانه‌زنی را زمانی که در بستر حاوی آب مقطر به همراه شیرابه ورمی‌کمپوست قرار گرفتند، نشان دادند و جوانه‌زنی آنها به بیش از ۷۰ درصد رسید (گارسیا گالیندو[2] و همکاران، ۲۰۲۱). در بذرهای *سالیکورنیا روبرا*[3] پس از قرارگیری در بستر جوانه‌زنی (روی دولایه کاغذ صافی) در دماهای متناوب ۵-۱۵، ۱۰-۲۰، ۱۵-۲۵، ۲۰-۳۰ و ۲۵-۳۵ درجه سلسیوس مشاهده گردید که با افزایش دما، درصد جوانه‌زنی روند افزایشی را نشان داد و بالاترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵-۳۵ و سپس ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (اجمل خان[4] و همکاران، ۲۰۰۰). دمیلو[5] و همکاران (۲۰۱۷) نیز تفاوت درصد جوانه‌زنی بذرهای گونه *اریوتکا گراسیلیپس*[6] در بسترهای کشت متفاوت و دماهای جوانه‌زنی مختلف را گزارش نموده و مشاهده نمودند بذرهای کشت شده بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) در دمای ۲۵، ۳۰ یا دمای متناوب ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس از درصد جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند. در بذرهای گونه *سالیکورنیا روبرا* پس از قرارگیری در بستر جوانه‌زنی (روی دولایه کاغذ صافی) در دماهای متناوب ۵-۱۵، ۱۰-۲۰، ۱۵-۲۵، ۲۰-۳۰ و ۲۵-۳۵ درجه سلسیوس مشاهده گردید که با افزایش دما، درصد جوانه‌زنی روند افزایشی را نشان داد و بالاترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵-۳۵ و سپس ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (اجمل خان و همکاران، ۲۰۰۰). جوانه‌زنی بذرهای *سالیکورنیا یوروپیا* در دمای ۲۴ درجه سلسیوس در شرایط ۱۶-۸ ساعت روزانه -شبانه به‌مدت ۱۸ روز در بستر روی کاغذ (TP) ارزیابی و مشخص گردید جوانه‌زنی بذرها ۷۰ درصد بود (کالونه و همکاران، ۲۰۲۰). جوانه‌زنی بذرهای گونه *سالیکورنیا هرباسیا*[7] با افزایش دما از ۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس افزایش یافت اما پس از آن (دمای بیش از ۳۰ درجه سلسیوس) روند کاهشی را نشان داد و مشخص گردید که در صورت حذف ساختار اطراف بذر، جوانه‌زنی از ۲۸ به ۹۵ درصد افزایش می‌یابد و براساس نظر این محققان حذف اندام‌های اطراف بذر بیشترین تأثیر را در جوانه‌زنی بذر دارد و بهترین تیمار بهبوددهنده جوانه‌زنی این بذرها، حذف ساختار اطراف بذر و قرارگیری در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به‌همراه نور و در شرایط بهینه بدون شوری است (لی و همکاران، ۲۰۱۶). تغییر در فنوتیپ بذرهای حاصل از گیاهان در نتیجه پیام‌های محیطی در طی رشد گیاه والدینی رخ می‌دهد (هولسکی[8] و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعات زیادی مشخص شده است که نیازهای جوانه‌زنی و خواب بذر گونه‌های مشابه بسته به عادت رشدی گیاه مادری و زمان نمو بذر روی گیاه مادری تغییر می‌کند (ال- کبلاوی و همکاران، ۲۰۱۷). بذرهای گونه *سالیکورنیا هرباسیا* پس از حذف ساختارهای احاطه کننده، جوانه‌زنی آنها به میزان زیادی افزایش یافت که نشان از وجود خواب فیزیکی در آنها بود (لی و همکاران، ۲۰۱۶) و مشخص شده است که در برخی گونه‌های *سالیکورنیا*، خواب فیزیکی وجود دارد که نشان از کنترل ورود و خروج آب به بذر در زمان جوانه‌زنی دارد (باسکین[9]، ۲۰۰۳). جوانه‌زنی در گونه‌های متعلق به مناطق شور (شورپسند) درنتیجه اثرمتقابل بین شوری و دما است که تعیین کننده زمان جوانه‌زنی است (ال- کبلاوی و بهات[10]، ۲۰۱۵). جوانه‌زنی بالاتر در شوری بالاتر در دماهای پایین‌تر نوعی سازگاری است که در برخی گونه‌ها رخ می‌دهد تا در زمانی که احتمال بارش در زمستان توأم با دمای پایین، بیشتر است، رخ دهد تا از شوری خاک کاسته شود (بوئر[11]، ۱۹۹۷) از

[1] Ellias
[2] García-Galindo
[3] *S. rubra*
[4] Ajmal Khan
[5] de Melo
[6] *Eriotheca gracilipes*
[7] *Salicornia herbacea*
[8] Holeski
[9] Baskin
[10] Bhatt
[11] Boer

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

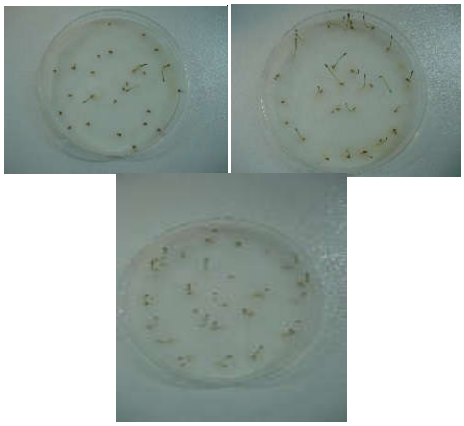
این رو احتمال دارد جوانه‌زنی بذرهای گونه *پرسپولیتانا* در دامنه وسیعی از دماها نوعی سازگاری به شرایط محیطی باشد، اگرچه احتمال دارد خواب ثانویه نیز به بذرها القاء شده باشد که می‌تواند در سایر مطالعات مورد ارزیابی قرار گیرد.

براساس این نتایج، پاسخ‌های جوانه‌زنی در سه گونه بسته به شرایط کشت متفاوت است و شرایط محیط کشت اعم از دما و بستر، و اثر ژنتیک گیاه تأثیر به‌سزایی در جوانه‌زنی بذرهای *سالیکورنیا* دارند. نتایج نشان داد که بذرهای سه گونه *سالیکورنیا*، جوانه‌زنی کمتری در دمای ثابت۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت نسبت به دماهای ۲۵ به‌صورت ثابت و ۲۰-۲۵ متناوب درجه سلسیوس داشتند. کمتر بودن درصد جوانه‌زنی بذرهای گونه *پرسپولیتانا* در تیمارهای مورد مطالعه ممکن است به‌دلیل احتمال وجود پنجره دمایی وسیع‌تر و یا خواب القایی در بذرها بوده باشد که بایستی در سایر مطالعات مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین کشت بذرهای دو گونه *بیگلوی* و *پرسیکا* و بستر کشت روی کاغذ (TP) و بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) تفاوت معنی‌داری نداشته ولی درصد جوانه‌زنی گونه *پرسپولیتانا* در بستر کشت بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) بیشتر بوده است. همچنین در هر دو بستر کشت، درصد جوانه‌زنی نهایی گونه *پرسیکا* نسبت به گونه *بیگلوی* بیشتر بود. درصد جوانه‌زنی گونه *پرسپولیتانا* در مقایسه با دو گونه دیگر در دو بستر کشت در سه دمای مورد ارزیابی، کمتر مشاهده شد (شکل ۱۷).

بالاتر بودن درصد جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های *بیگلوی* و *پرسیکا* در کشت بین کاغذ (BP) جوانه‌زنی می‌تواند ناشی از نیاز بیشتر بذرهای این گونه‌ها به رطوبت برای جوانه‌زنی و تأمین بهتر رطوبت در این نوع بستر کشت باشد. بنابراین بذرهای گونه *بیگلوی* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت در مدت ۷ روز با کشت بذرها در بستر کشت بین کاغذ جوانه‌زنی (BP)، بذرهای گونه *پرسیکا* در دمای متناوب۲۰-۲۵ درجه سلسیوس متناوب به‌مدت ۷ روز در بستر کشت روی کاغذ (TP) و بین کاغذ (BP) و نیز در همین دما به‌مدت ۱۲ روز در هردو بستر کشت و بذرهای گونه *پرسپولیتانا* تحت دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت به‌مدت ۷ روز روی کاغذ جوانه‌زنی (TP) و تحت همین دما به مدت ۱۲ روز از بیشترین میزان جوانه‌زنی برخوردار بودند (شکل ۸ و ۹).

در مطالعه روی بذرهای گونه *سالیکورنیا یوروپیا*[1] که که از دو منطقه تهیه شده بودند مشخص شد که شرایط محیطی گیاه مادری نیز به میزان زیادی بر پاسخ بذرها به شرایط محیطی تأثیر دارند به نحوی که بذرهای نوع اول در شرایط شاهد بیش از ۷۰ درصد جوانه‌زنی داشتند و تحت شرایط تنش شوری مشابه با شرایط شاهد بود اما در نوع دوم در حدود ۳۰ درصد جوانه‌زنی داشت و با افزایش سطح تنش شوری، درصد جوانه‌زنی به بیش از ۴۵ درصد رسید (اورلوسکی[2] و همکاران، ۲۰۱۶).

سرعت جوانه‌زنی و مدت زمان مورد نیاز هر گونه در تیمارهای مختلف جوانه‌زنی در این مطالعه محاسبه و ثبت گردید. از شاخص‌های متنوع مرتبط با شاخص سرعت جوانه‌زنی استفاده گردید تا فهم بهتری از مدت زمان مورد نیاز برای رسیدن به متوسط و یا ۱۰ درصد جوانه‌زنی حاصل شود.



شکل ۱۷- به‌ترتیب از راست به چپ بذرهای جوانه‌زده گونه‌های *پرسپولیتانا*، *پرسیکا* و *بیگلوی* در مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت و دمای ۲۰-۲۵ درجه سلسیوس متناوب در بستر کشت روی کاغذ (TP).

Fig. 17- Respectively right to left *S. perspolitana*, *S. persica* and *S. bigelovii* species germinated seeds planted on top of paper planting substrate during 7 days at constant 25˚C and alternative 20-25˚C.

[1] *S. europaea*
[2] Orlovsky

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

بیشترین مقدار سرعت جوانه‌زنی در تمامی تیمارها در بذر گونه *پرسیکا* در دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب در بستر روی کاغذ (TP) مشاهده شد. سرعت جوانه‌زنی در گونه‌های *پرسیکا* و *بیگلوی* در تیمار دمای جوانه‌زنی ۲۵ به‌صورت ثابت و ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس متناوب بیشترین مقدار بود و یکنواختی جوانه‌زنی بذرها کمترین مقدار را نشان دادند و مدت زمان رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی در این دو دما در هر دو بستر کشت، کمترین مقدار بود. این درحالی است‌که با کاهش دما به ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و بذرها به مدت زمان بیشتری برای رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی نیاز داشتند. بذرها در دمای۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت، سرعت جوانه-زنی کمتری در بستر بین کاغذ (BP) نسبت به روی کاغذ (TP) داشتند و به مدت زمان بیشتری برای رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی نیاز داشتند. جوانه-زنی گونه *Suaeda vermiculata* در دماهای مختلف متناوب از ۲۰-۱۵، ۳۰-۲۰ و ۳۵-۲۵ درجه سلسیوس (روز – شب) در شرایط بدون تنش مشابه بود و نشان دهنده پنجره دمایی وسیع گیاهان شورپسند برای جوانه‌زنی است‌که نشان می‌دهد برای بذرهای این گیاهان شاید شوری خاک، مهم‌تر از دما برای جوانه‌زنی باشد (ال-کبلاوی و همکاران، ۲۰۱۸). سرعت جوانه‌زنی بذرهای گونه *پرسپولیتانا* در هر سه دما و بستر کشت تقریباً مشابه و کمتر از دو گونه دیگر بود و بذرهای این گونه برای رسیدن به درصد جوانه‌زنی ۱۰ و ۵۰ درصد به‌مدت زمان بیشتری نیاز داشتند و از بستر جوانه‌زنی کمتر تأثیر پذیرفتند. تغییر درصد و سرعت جوانه‌زنی در جمعیت‌های مختلف گیاهی به محیط می‌تواند درون هر جمعیت از حیث ژنتیکی تثبیت شود (موریوچی[1] و همکاران، ۲۰۱۶) و به نظر می‌رسد در گونه *پرسپولیتانا* اثرات گیاه مادری در کنار ژنتیک به میزان زیادی بر توانایی جوانه‌زنی آن تأثیرگذار بوده است و درصد جوانه-زنی بالاتر شاید نیاز به حصول شرایط بهتری برای بذرهای این گونه دارد. درنتیجه برخی از بذرها مادامی- که شرایط جوانه‌زنی در پنجره رشدی بذر قرار نگیرد، جوانه‌زنی نخواهند کرد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد، بهترین دما، مدت و بستر کشت برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر گونه *بیگلوی* به‌ترتیب دمای ۲۵ درجه سلسیوس به-صورت ثابت به‌مدت ۷ روز و بستر کشت روی کاغذ جوانه‌زنی (TP)، گونه *پرسیکا* به‌مدت ۷ روز در دمای۲۰-۲۵ درجه سلسیوس متناوب و بستر کشت روی کاغذ (TP) و بذرهای گونه *پرسپولیتانا* تحت دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت ثابت به‌مدت ۱۲ روز و کشت بین کاغذ جوانه‌زنی (BP) از بیشترین درصد جوانه‌زنی نهائی، درصد گیاهچه‌های عادی و شاخص‌های ارزیابی شده زمان و سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی برخوردار بودند. این نتایج به‌عنوان بهترین دماها، مدت‌ها و بسترهای کشت برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد به کمیته فنی بین‌المللی جوانه‌زنی بذر انجمن بین المللی آزمون بذر (ISTA) گزارش شدند تا در آزمایشگاه‌های اعتبارسنجی شده (آکرودیته) بین‌المللی آن انجمن تحت اعتبارسنجی روش[2] آزمون جوانه‌زنی استاندارد قرار گیرند.

[1] Moriuchi

[2] Method validation

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

منابع

Aghaleh, M., Niknam, V., Ebrahimzadeh, H. and Razavi, K. 2009. Salt stress effects on growth, pigments, proteins and lipid peroxidation in *Salicornia persica* and *S. europaea*. Biologia Plantarum, 53(2): 243-248. https://doi.org/10.1007/s10535-009-0046-7

Ajmal Khan, M., Gul, B. and Weber, D.J. 2000. Germination responses of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. Journal of Arid Environments, 45: 207-214. https://doi.org/10.1006/jare.2000.0640

Akhani, H. 2003: Salicornia persica Akhani (Chenopodiaceae) a remarkable new species from central Iran. Linzer Biologische Beiträge, 35(1): 607-612.

Akhani, H. 2008. Taxonomic revision of the genus *Salicornia* L. (Chenopodiaceae) in central and southern of Iran. Pakistan Journal of Botany, 40(4): 1635-1655.

Akhani, H., 2006. Biodiversity of halophytic and sabkha ecosystems in Iran: 71-88. In: Khan, M.A., Böer, B., Kust, G.S. and Barth, H.-J., (Eds.). Sabkha Ecosystems. Volume II: West and Central Asia. Springer, 263p. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5072-5_6

Balouchi, H., Soltani Khankahdani, V., Moradi, A., Gholamhoseini, M., Piri, R., Heydari, S.Z. and Dedicova, B. 2023. Seed fatty acid changes germination response to temperature and water potentials in six sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars: Estimating the cardinal temperatures. Agriculture, 13(10): 1-17. https://doi.org/10.3390/agriculture13101936

Baskin, C.C. 2003. Breaking physical dormancy in seeds - focussing on the lens. New Phytologist, 158(2): 229-232. https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00751.x

Baskin, J.M. and Baskin, C.C., 2014. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, CA, USA.

Benvenuti, S., Macchia, M., and Miele, S. 2001. Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. Weed Science, 49: 528-535. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0528:QAOEOS]2.0.CO;2

Boer, B. 1997. An introduction to the climate of the United Arab Emirates. Journal of Arid Environments, 35: 3-16. https://doi.org/10.1006/jare.1996.0162

Calone, R., Sanoubar, R., Noli, E. and Barbanti, L. 2020. Assessing Salicornia europaea tolerance to salinity at seed germination stage. Agriculture, 10(29): 1-11. https://doi.org/10.3390/agriculture10020029

Cárdenas-Pérez, S., Piernik, A., Chanona-Pérez, J.J., Grigore, M.N. and Perea-Flores, M.J. 2021. An overview of the emerging trends of the *Salicornia* L. genus as a sustainable crop. Environmental and Experimental Botany, 191: 104606. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104606

Copeland, L.O. and Mc Donald, M.B., 2004. Principles of Seed Science and Technology. Springer, Dordrecht, Netherlands.

De Melo, P.A.F.R., M. Id. P. Cavalcanti, E. U. Alves, C. C. Martins and L. R. de Araújo, 2017. Substrates and temperatures in the germination of *Eriotheca gracilipes* seeds. Revista Ciência Agronômica, 48(2): 303-309. https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170035

Don, R. and Ducournau, S. 2018. ISTA Handbook on Seedling Evaluation Fourth Edition. International Seed Testing Association (ISTA), Zürichstr. 50, 8303 Bassersdorf, Switzerland.

El-Keblawy A Gairola, S., Bhatt, A. and Mahmoud, T. 2017. Effects of maternal salinity on salt tolerance during germination of Suaeda aegyptiaca: a facultative halophyte in the Arab Gulf desert. Plant Species Biology, 32: 45-53. https://doi.org/10.1111/1442-1984.12127

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

El-Keblawy, A. and Bhatt, A. 2015. Aerial seed bank affects germination behavior of two small seeded halophytes in the Arabian deserts. Journal of Arid Environments, 117: 10-17. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.02.001

El-Keblawy, A., Al-Shamsi, N. and Mosa, K. 2018. Effect of maternal habitat, temperature and light on germination and salt tolerance of Suaeda vermiculata, a habitat in different halophyte of arid Arabian deserts. Seed Science Research, 28: 140-147. https://doi.org/10.1017/S0960258518000144

Ellias, S.G., Copeland, L.O., McDonald, M.B. and Baalbaki, R.Z. 2012. Seed Testing. Michigan State University Press.

FAO. 2011. Proceedings of the global forum on salinization and climate change (GFSCC2010). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 110 pp.

Franklin, K.A. and Whitelam, G.C., 2005. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. Annals of Botany, 96: 169-175. https://doi.org/10.1093/aob/mci165

García-Galindo, E., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Lucero-Vega, G., Murillo-Amador, B., Ruiz-Espinoza, F.H. and Fraga-Palomino, H.C. 2021. Germination of *Salicornia bigelovii* (Torr.) under shrimp culture effluents and the application of vermicompost leachate for mitigating salt stress. Agronomy, 11(424): 1-15. https://doi.org/10.3390/agronomy11030424

Guan, B., Zhou, D., Zhang, H., Tian, Japhet, Y., W. and Wang, P. 2009. Germination responses of Medicago ruthenica seeds to salinity, alkalinity, and temperature. Journal of Arid Environment, 73: 135-138. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.08.009

Gul, B., Khan, M.A. and Weber, D.J. 2000. Alleviation salinity and dark-enforced dormancy in Allenrolfea occidentalis seeds under various thermo periods. Australian Journal of Botany, 48: 745-752. https://doi.org/10.1071/BT99069

Holeski, L.M., Jander, G. and Agrawal, A.A. 2012. Transgenerational defense induction and epigenetic inheritance in plants. Trends in Ecology & Evolution, 27: 618-626. https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.011

International Seed Testing Association (ISTA), 2022. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Zürich, Switzerland.

Khan, M. A. Gul, B. and Weber, D. J. 2000. Germination responses of Salicornia rubra to temperature and salinity. Journal of Arid Environments, 45: 207-214. https://doi.org/10.1006/jare.2000.0640

Khan, M.A. and Gul, B. 1998. High salt tolerance in the germinating dimorphic seeds of *Arhrocnemum macrostachyum*. International Journal of Plant Sciences, 159: 826-832. https://doi.org/10.1086/297603

Khan, M.A. and Weber, D.J. 1986. Factors influencing seed germination in Salicorniapacifica var. utahensis. American Journal of Botany, 73: 1163-1167. https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1986.tb08562.x

Khan, M.A., Gul, B., 2006. Halophyte seed germination. In: Khan, M.A., Weber, D.J. (Eds.), Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants. Springer, the Netherlands, pp. 11-30. https://doi.org/10.1007/1-4020-4018-0_2

Khan, M.A., Gul, B., Weber, D.J., 2001. Seed germination characteristics of Halogeton glomeratus. Canadian Journal of Botany, 79: 1189-1194. https://doi.org/10.1139/b01-097

Lee, S.J., Jeon, H-J., Jeong, J-H. and Chung, N-J. 2016. Germination is enhanced by removal of the Funiculus in the Halophyte Glasswort (*Salicornia herbacea*). Horticulture, Environment, and Biotechnology, 57(4): 323-329. https://doi.org/10.1007/s13580-016-0108-7

Moriuchi KS., Friesen, M.L., Cordeiro, M.A., Badri, M., Vu, W.T., Main, B.J., Elarbi Aouani, M., Nuzhdin, S.V., Strauss, S.Y. and von Wettberg, E.J.B. 2016. Salinity adaptation and the

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]

contribution of parental environmental effects in Medicago truncatula. PloS One, 11(3): 1-19. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150350

Nouri Akandi, Z., Goshasbi, F. and Mahforouzi, R. 2021. Study of seed germination and seedling growth of *Salicornia* species in different concentrations of sodium chloride. Chemistry Proceeding, 3.

Orlovsky, N., Japakova, U., Zhang, H. and Volis, S. 2016. Effect of salinity on seed germination, growth and ion content in dimorphic seeds of *Salicornia europaea* L. (Chenopodiaceae). Plant Diversity, 38: 183-189. https://doi.org/10.1016/j.pld.2016.06.005

Oveisi, M., Alizadeh, H., Lorestani, S.A., Esmaili, A., Sadeghnejad, N., Piri, R., Gonzalez-Andujar, J.L. and Müller-Schärer, H. 2024. Triangle area model (TAM) for predicting germination: An approach to enhance hydrothermal time model applications. Current Plant Biology, 39: 1-15. https://doi.org/10.1016/j.cpb.2024.100356

Patel, S. 2016. Salicornia: Evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. 3 Biotech, 6(104): 1-10. https://doi.org/10.1007/s13205-016-0418-6

Ranal, M. and De Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process? Revista Brasilian Botanique, 29(1): 1-11. https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002

Rueda-Puente, E.O., Garcı'a-Hernández, J.L., Preciado-Rangel, P., Murillo-Amador, B., Tarazón-Herrera, M.A., Flores-Herna'ndez, A. Holguin-Peña, J., Aybar, A.N., Barro'nHoyos, J.M., Weimers, D., Mwandemele, O., Kaaya, G., Mayoral, J.L. and Troyo-Die'guez, E. 2007. Germination of *Salicornia bigelovii* ecotypes under stressing conditions of temperature and salinity and ameliorative effects of plant growth-promoting bacteria. Journal of Agronomy and Crop Science, 193: 167-176. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2007.00254.x

Singh, D., Buhmann, A.K., Flowers, T.J., Seal, C.E. and Papenbrock, J. 2014. Salicornia as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions AoB Plants, 6: 1-20. https://doi.org/10.1093/aobpla/plu071

Soltani, A. and Maddah, V. 2010. Simple, Applied Programs for Education and Research in Agronomy, Shahid Beheshti University Press. Tehran, Iran. [In Persian]

Ventura, V. and Sagi, M. 2013. Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. Environmental and Experimental Botany, 92: 144-153. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.07.010

Zerai, D.B., Glenn, E.P., Chatervedi, R., Lu, Z., Mamood, A.N., Nelson, S.G. and Ray, D.T. 2010. Potential for the improvement of Salicornia bigelovii through selective breeding. Ecological Engineering, 36: 730-739. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.01.002

Zia, S. and Khan, M.A. 2004. Effect of light, salinity, and temperature on seed germination of Limonium stocksii. Canadian Journal of Botany, 82(2): 151-157. https://doi.org/10.1139/b03-118

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: 10.61882/yujs.11.2.19]