"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد سیزدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳
(ص ۱۳-۱)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of Seed Science and Technology
Vol.: 13, No.: 1, Spring 2024
(pp: 1-13)
DOI: 10.22092/ijsst.2023.361781.1480
Research Article

تعیین بهترین شرایط آزمون جوانه‌زنی استاندارد توده‌های بذری زنیان (*Carum capticum*)

علی شایان‌فر[۱*]، بیتا اسکویی[۱]، عباس ده‌شیری[۲]، حدیث افشار[۳]، الهه قیصری[۳]

۱ و ۲. به‌ترتیب استادیار و دانشیار پژوهش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال-کرج – ایران
۳. کارشناس ارشد آزمایشگاه تجزیه کیفی بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال-کرج – ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۳۱)

چکیده

به منظور تعیین بهترین روش برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر زنیان (*Carum capticum*)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار طراحی و در موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج اجرا گردید. بذرها در دو تیمار نیترات پتاسیم (۲ گرم در هزار میلی‌لیتر آب مقطر) و سرمادهی (۷ روز در دمای ۷ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد) و سه حالت بستر روی کاغذ، بین کاغذی و ماسه و در دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۰-۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس در ژرمیناتور به مدت ۲۵ روز قرار گرفتند. زنده‌مانی پس از آزمون تترازولیوم ۷۵٪ بود. بالاترین درصد جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه عادی در دمای ۲۰ و ۱۵ درجه سلسیوس در سرمادهی و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در نیترات پتاسیم و شاهد ثبت گردید. در دمای ۳۵ درجه سلسیوس هیچ گونه جوانه‌زنی پس از اعمال تیمارهای شاهد و نیترات پتاسیم مشاهده نشد اما پس از سرمادهی بیش از ۲۶٪ جوانه‌زنی ثبت گردید. پتانسیل جوانه‌زنی در بستر روی کاغذ و بین کاغذی نسبت به ماسه بالاتر بود. کمترین سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای شاهد و نیترات پتاسیم، و بیشترین در سرمادهی ثبت گردید. شاخص وزنی بنیه در بسترهای روی کاغذ و بین کاغذی در سه دمای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس بالاترین مقدار بود. در راستای ارزیابی بهینه جوانه‌زنی استاندارد زنیان استفاده از نیترات پتاسیم و سرمادهی در دو دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس در دو بستر روی کاغذ و بین کاغذی پیشنهاد می‌گردد، زیرا می‌تواند حداکثر پتانسیل جوانه‌زنی و شاخص وزنی بنیه را حاصل نماید.

کلمات کلیدی: بنیه گیاهچه، جوانه‌زنی بذر، زنیان، شرایط محیطی.

Optimal condition determination for Ajwain (*Carum capticum*) standard germination test

A. Shayanfar[1*], B. Oskouei[1], A. Dehshiri[2], H. Afshar[3], E. Gheisari[3]

1. Research Assistant Professor, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran
2. Research Associate Professor, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran
3. Master of seed laboratory of Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran
(Received: Apr. 03, 2023 – Accepted: May. 21, 2023)

Abstract

Randomized factorial design was implemented in four replications to determine optimal methods of Ajwain (*Carum capticum*) standard seeds germination in SPCRI. Ajwain seeds were placed top and between paper and sand exposed to two potassium nitrate (two grams per 1000 ml distilled water) and pre-chilling (seven days under 7-10ºC) pre-treatments which were under six temperatures (10, 15, 20, 25, 20-30, and 35ºC) in germinator for 25 days so as to germination indices were assessed. Ajwain seeds viability was estimated 75% after tetrazolium test. The highest final and normal seedling percentages were found under 15 and 20ºC in pre-chilling treatment and also 20ºC in potassium nitrate and control. No germination was observed under 35ºC in potassium nitrate and control, however, pre-chilling led to >26% germination. The higher germination potential was shown in top and between papers compared with sand. The lowest germination rate was recorded in control and potassium nitrate and the highest one in pre-chilling. The maximum of seedling weight vigor was suggested in top and between paper when seeds were put under 10, 15, and 20ºC. In order to evaluate optimal standard germination of Ajwain seeds, it was resulted that applying of two potassium nitrate and pre-chilling treatments placed top and between papers under 15 and 20ºC caused maximum of germination potential and seedling weight vigor.

Keywords: Ajwain, Environmental condition, Seed germination, Seedling vigor.

* Email: ali.shayanfar13@gmail.com

مقدمه

از گذشته تا به امروز استفاده به اشکال مختلف از گیاهان داروئی در حال گسترش بوده است و در ابعاد جهانی توجه ویژه‌ای به آنها شده است. برداشت بی رویه این گیاهان در عرصه طبیعت سبب شده است که بسیاری از این گونه‌های مهم در معرض انقراض قرار بگیرند. بنابراین احیای مناطق کشور و استفاده اصولی و بجا از این گیاهان و تلاش برای اهلی و زراعی سازی آنها از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. یکی از این گیاهان مهم زنیان است که بسیاری از بخش‌های آن در صنعت پزشکی و داروئی استفاده می‌شود. زنیان با نام علمی *Carum capticum* از تیره چتریان (*Apiaceae*) است که به عنوان یک گیاه داروئی مهم شناخته می‌شود. این گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک از نواحی مرکزی اروپا، آسیا، هند و ایران (به ویژه در نواحی شرقی بلوچستان)، عراق، افغانستان و پاکستان رشد می‌کند (Zahin *et al*., 2010). گیاهی چندساله که ارتفاع آن کمی بیشتر از زیره سیاه و در حدود یک متر است، اما شکل برگ و رنگ گل‌ها مشابه با زیره سیاه است. میوه‌های گیاه کوچک، تخم مرغی شکل، زرد تیره و سطح میوه پنج خط با رنگ زرد روشن دارد. میوه‌ها و ریشه‌های آن به میزان زیادی در پزشکی سنتی کاربرد دارند. ترکیبات بذر شامل هیدرات‌های کربن (۳۸/۶٪)، روغن (۱۸/۱٪)، پروتئین (۱۵/۴٪)، فیبر (۱۱/۹٪)، تانن، گلوکوزید، رطوبت (۸/۹٪)، ساپونن، فلاوون، و مواد معدنی (۷/۱٪) است (Boskabady *et al*., 2014).

گیاه زنیان در طبیعت بیشتر از طریق بذر تکثیر می‌گردد. تاکنون اطلاعات دقیقی از الگوی جوانه‌زنی بذرهای این گیاه منتشر نشده است. محققان مطالعات متعددی در خصوص پاسخ جوانه‌زنی بذرها و حذف خواب اولیه و ثانویه بذرهای خانواده چتریان به عنوان یکی از مهم‌ترین خانواده‌های گیاهان داروئی، انجام داده‌اند که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

گونه های خانواده چتریان اغلب بذرهایی با انواع و سطوح مختلفی از خواب بذر دارند (Nurulla *et al*., 2014). جنین‌های بذر در اعضای این خانواده بیشتر توسعه نیافته است و نیاز دارند تا قبل از خروج ریشه چه (جوانه‌زنی) درون بذر رشد کنند و اغلب خواب مورفوفیزیولوژیک داشتند که از جمله می‌توان به گیاهان *Conium maculatum*، *Trepocarpus aethusae*، *Chaerophyllum procumbens*، *Bupleurum aureum* اشاره نمود (Baskin and Baskin, 2014). بذرهای مشگک (*Ducrosia anethifolia*) تحت تیمارهای مختلف قرار گرفتند و مشخص گردید بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی بذرها در صورت تیمار با محلول نیترات پتاسیم حاصل گردید (Ghavam *et al*., 2018). شیوه های خراش دهی، پس‌رسی و سرمادهی سبب رفع خواب در بذر برخی از جمعیت‌های گیاه داروئی مرزه (*Satureja* spp) شد (Alizadeh *et al*., 2017).

بذرهای انجدان رومی (*Levisticum officinale*) بهترین جوانه‌زنی و رفع خواب بذر را پس از تیمار های خیساندن بذرها به مدت ۱۲ ساعت و سرمادهی در دمای ۵ درجه سلسیوس به مدت شش هفته داشتند (Afzali Group *et al*., 2018). تیمار سرمادهی مرطوب و جیبرلین بیشترین تأثیر را بر افزایش جوانه‌زنی بذر زیره سیاه ایرانی داشتند (Kamali and Sadeghipour, 2016). در مطالعه دیگر بر روی بذر زیره سیاه ایرانی گزارش گردید تیمار ده هفته سرمادهی همراه با دوره سه ساله پس‌رسی در شرایط بهینه، سبب رفع خواب و القای جوانه‌زنی می‌گردد (Sasani *et al*., 2006). جوانه‌زنی بذرهای آنغوزه پس از قرارگیری در معرض سرمادهی، آبشویی و جیبرلیک اسید، افزایش معنی‌داری را حاصل نمود (Nowruzian *et al*., 2017). در مطالعه دیگر نیز نشان داده است بهترین تیمار برای افزایش جوانه‌زنی بذرهای آنغوزه تیمار سرمادهی مرطوب است (Raisi *et al*., 2013). بذرهای باریجه

(*Ferula gummosa*) خواب مورفوفیزیولوژیکی داشتند و به سرمادهی مرطوب در دمای ۵ درجه سلسیوس برای رفع خواب نیاز داشتند و استفاده از جیبرلین نتوانست خواب آنها را رفع کند (Zardari *et al*., 2019). بذرهای سنبل ختایی (*Angelica keiskei*) خواب فیزیولوژیک داشتند و مشخص شده است که استفاده از سرمادهی مرطوب سبب رفع خواب آنها به میزان زیادی می‌شود و در طبیعت بذرهای این گیاه درنتیجه قرارگیری در معرض سرمای طبیعی، خواب فیزیولوژیکی آنها رفع شده و در ابتدای فصل رشد بذرها جوانه زده و تولید گیاهچه می‌کنند (Zhang *et al*., 2019).

تا کنون دستورالعملی توسط انجمن بین‌المللی آزمون‌های بذر (ایستا) در مورد آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر زنیان گزارش نشده است. در این مطالعه با توجه به اینکه بیشتر گونه‌های موجود در خانواده چتریان در جهت حصول حداکثر جوانه‌زنی و رفع خواب احتمالی، به پیش تیمارهای سرمادهی و نیترات پتاسیم پاسخ مثبتی را نشان دادند، جوانه‌زنی بذرهای زنیان در یک پنجره دمایی ۱۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس و بسترهای مختلف جوانه‌زنی و همچنین پیش تیمارهای مذکور ارزیابی گردید تا برای اولین بار یک دستورالعمل جامع و قابل ارائه برای ایستا ارائه گردد تا سایر محققین نیز برای اساس دستورالعمل ارائه شده، جوانه‌زنی بذرهای زنیان را مورد ارزیابی قرار دهند.

مواد و روش‌ها

در راستای ارزیابی جوانه‌زنی توده بذرهای زنیان ایرانی، مطالعه‌ای در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه تجزیه کیفی بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج طراحی و اجرا شد تا شرایط بهینه آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر زنیان حاصل گردد. آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. بذرهای مورد استفاده در این تحقیق از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. در ابتدای آزمایش، رطوبت بذرها ارزیابی و در حدود ۸٪ ثبت گردید. بذرها در دمای ۱۰ درجه سلسیوس در پاکت‌های کاغذی تا شروع آزمایش به مدت دو ماه قرار گرفتند. بذرها با هیپوکلریت سدیم ۱٪ به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی سطحی شده و سپس سه مرتبه با آب معمولی شستشو شدند.

در راستای ارزیابی زنده‌مانی بذرها، آزمون تترازولیوم انجام گردید. جهت انجام این آزمون چهار تکرار ۵۰ بذری زنیان به مدت ۱۸ ساعت در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در آب مقطر غوطه‌ور شدند. سپس بیش از نصف (یک دوم) بذرها بصورت طولی برش داده شدند، و به مدت ۱۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در محلول تترازولیوم یک درصد قرار داده شدند. بذرهایی زنده محسوب شدند که تمامی بخش‌های داخلی بذر از جمله جنین و آندوسپرم بخوبی رنگ گرفته بودند (ISTA, 2022).

تیمارهای اعمال شده و مورد ارزیابی در این مطالعه شامل شش سطح دما، سه سطح بستر کشت و دو پیش تیمار سرمادهی و نیترات پتاسیم بودند که تمامی پیش تیمارهای استفاده شده در این مطالعه براساس دستورالعمل انجمن بین‌المللی آزمون‌های بذر بود (ISTA, 2022).

در پیش تیمار سرمادهی، بذرهای زنیان ابتدا در سه بستر کشت جوانه‌زنی روی کاغذ[1] (TP)، بین کاغذ[2] (BP) و ماسه[3] (S) قرار گرفتند و در دمای ۷ تا ۱۰ درجه سلسیوس به مدت هفت روز استقرار یافتند و سپس به دماهای جوانه‌زنی منتقل شدند. در تیمار نیترات پتاسیم، از محلول نیترات پتاسیم با غلظت دو گرم در هزار میلی‌لیتر آب مقطر استفاده شد و بذرها پس از قرارگیری در بسترهای کشت بجای آب مقطر، محلول نیترات پتاسیم به آنها اضافه شد و در دماهای مربوطه قرار گرفتند (ISTA, 2022).

ظرف‌های کشت سپس به دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵،

[1] Top of paper
[2] Between paper
[3] Sand substrate

۳۰-۲۰ و ۳۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۵ روز انتقال یافتند. تیمارهای بذری شامل چهار تکرار ۱۰۰ بذری برای هر نمونه از هر تیمار بودند. بذرهای شاهد یا بدون تیمار شامل بذرهایی بودند که تمامی تیمارهای دمایی و بستر کشت را دریافت نموده بودند و هیچ گونه پیش تیماری سرمادهی یا نیترات پتاسیم بر آنها اعمال نگردید.

ارزیابی بذرها به‌صورت روزانه تا روز پایانی آزمایش (۲۵ روز)، انجام گرفت و خروج ریشه‌چه به میزان دو میلی‌متر به عنوان معیار جوانه‌زنی ثبت گردید (Ghaderi-Far and Soltani, 2014؛ISTA, 2022). ارزیابی بذرها در ظرف‌های کشت پس از انتقال به دماهای مختلف (بجز دمای متناوب) در شرایط نور کامل در تمامی دوره جوانه‌زنی انجام گردید تا چنانچه بذرها نیاز نوری داشته باشند، تاریکی سبب کاهش جوانه‌زنی نگردد. در خصوص دمای متناوب ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد، ترکیب تاریکی ۱۶ ساعت – روشنایی ۸ ساعت اعمال گردید (ISTA, 2022). منبع نور موجود در ژرمیناتورها، از نوع فلورسنت یا سفید مهتابی (۳۰۰۰ کلوین) بود (ISTA, 2022). جوانه‌زنی بذرهای زنیان در شرایط شاهد تحت دمای ۱۰ درجه سلسیوس، چندین روز مانده به انتهای آزمایش (روز ۲۵ ام)، پایان یافت. در انتهای آزمایش درصد گیاهچه عادی و بذرهای غیر زنده براساس مشاهدات انجام شده ثبت گردید. تعداد ۱۰ گیاهچه از هر تیمار شمارش و پس از خشک کردن در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و برحسب میلی‌گرم ثبت گردید. شاخص وزنی بنیه زنیان نیز براساس رابطه (۱) محاسبه گردید (Orchard, 1977).

رابطه (۱) = شاخص وزنی بنیه

(میلی‌گرم) وزن خشک گیاهچه × (درصد) گیاهچه عادی

سرعت جوانه‌زنی نیز در این مطالعه با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید (AOSA, 1983).

رابطه (۲) $RI = \sum_{i=1}^{c} Ni / \sum_{i=1}^{c} Ti$

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

$\sum Ti$ = مجموع زمان بر حسب روز از شروع آزمایش جوانه‌زنی

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارها SAS V. 9 و Excel 2013 انجام شد (SAS Institute, 1994). مقایسه میانگین داده‌های مختلف مورد ارزیابی در این مطالعه با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج

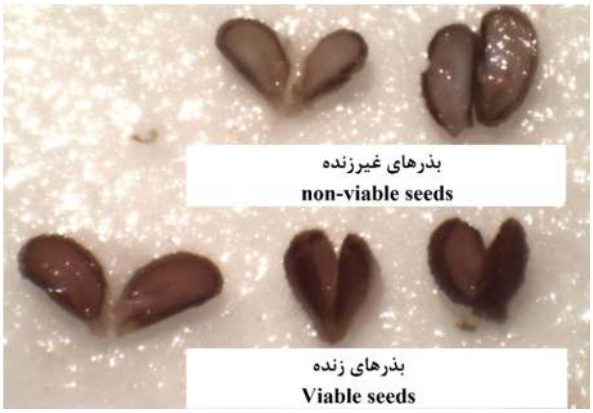
نتایج آزمون تترازولیوم نشان داد میزان بذرهای زنده زنیان ۷۵٪ بود. تمامی بخش‌های داخلی بذر از جمله جنین و آندوسپرم در بذرهای زنده به خوبی رنگ پذیری نشان دادند (شکل ۱).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی تحت تیمارهای دما، بستر کشت و پیش تیمارهای مختلف (شاهد، نیترات پتاسیم و سرمادهی) نشان داد اثرمتقابل سه تیمار مورد مطالعه بر تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۱). با توجه به اینکه اعمال تیمار سرمادهی قبل از انتقال به دمای ۱۰ درجه سلسیوس مفید نبود لذا نتایج تیمار شاهد در دمای ۱۰ درجه سلسیوس با تیمار سرمادهی (۷ روز به مدت ۱۰ درجه سلسیوس) و سپس انتقال به دمای ۱۰ درجه سلسیوس، نتایج یکسانی را حاصل می‌کرد، از ارائه نتایج سرمادهی در دمای ۱۰ درجه سلسیوس در تمامی شاخص‌های ارزیابی شده خودداری گردید.

درصد جوانه‌زنی نهایی

پس از مقایسه میانگین بین درصد جوانه‌زنی نهایی در تیمارهای مختلف، تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). در تیمار شاهد و تیمار نیترات

پتاسیم میزان جوانه‌زنی بذرها در بسترهای کشت رو و بین کاغذ در تمامی دماها بیشتر از بستر ماسه بود. بالاترین درصد جوانه‌زنی در شرایط شاهد به ترتیب در دمای ۱۰ و ۱۵ در بستر بین کاغذ و دمای ۱۵ و ۲۰ سلسیوس در بستر روی کاغذی ثبت گردید. بالاترین درصد جوانه‌زنی تحت تیمار نیترات پتاسیم به ترتیب در دمای ۱۵ و ۱۰ درجه سلسیوس در دو بستر بین و روی کاغذی مشاهده شد. در تیمار پیش سرمادهی، دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس در هر بستر در مقایسه با دماهای دیگر، درصد جوانه‌زنی بالاتری داشتند (جدول ۲). در دمای ۳۵ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی ۴۳/۵۰، ۵۸/۲۵ و ۲۶/۲۵٪ به ترتیب در سه بستر روی کاغذ، بین کاغذی و ماسه در تیمار پیش سرمادهی بود اما در تیمارهای نیترات پتاسیم و شاهد در این دما جوانه‌زنی مشاهده نشد. پس از مقایسه داده‌ها در بین تمامی تیمارها مشخص گردید که بالاترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب در بستر کشت بین کاغذی و تیمار سرمادهی در دمای ۲۰ و ۱۵ درجه سلسیوس (۷۳/۲۵ و ۷۲/۰۰٪) و تیمار نیترات پتاسیم در دمای ۱۵ درجه سلسیوس (۷۱/۷۵٪) ثبت گردید (جدول ۲).



شکل ۱- آزمون تترازولیوم بذرهای زنیان. در بالا تمامی یا بخشی از بذرها به‌خوبی رنگ نگرفته است (بذرهای غیرزنده)، در پایین تمامی بخش‌های داخلی بذر از جمله جنین و آندوسپرم به‌خوبی رنگ گرفته است (بذرهای زنده).

Figure 1- Ajwain seeds tetrazolium test. Above, all or part of the seeds are not well colored (non-viable seeds), at the bottom, all the internal parts of the seeds, including the embryo and endosperm, are well colored (viable seeds).

درصد گیاهچه عادی

در شرایط شاهد و نیترات پتاسیم همواره درصد گیاهچه عادی در دماهای مختلف در دو بستر روی کاغذ و بین کاغذی بالاتر از ماسه بود و جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس صفر گزارش شد. در تیمار سرمادهی در صد گیاهچه عادی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس، بالاتر از دو تیمار نیترات پتاسیم و شاهد بود و تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. در تیمار شاهد، به ترتیب بالاترین درصد گیاهچه عادی در تیمارهای ۱۰ و ۱۵ در بستر بین کاغذی، ۱۵، ۲۰، ۱۰ و ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس در بستر روی کاغذی مشاهده شد. در تیمار نیترات پتاسیم به ترتیب بالاترین درصد گیاهچه عادی در دمای ۱۵، ۱۰، ۲۰-۳۰ و ۲۰ درجه سلسیوس در هر دو بستر روی کاغذ و بین کاغذی مشاهده شد. در تیمار سرمادهی، بالاترین مقدار این شاخص در دمای ۲۰ و ۱۵ درجه سلسیوس در بستر بین کاغذی ثبت شد. (جدول ۳).

درصد بذرهای غیرزنده

پس از مقایسه میانگین درصد بذرهای غیرزنده زنیان در تیمارهای مختلف مشاهده شد که بالاترین مقدار این شاخص در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در دو تیمار شاهد و نیترات پتاسیم مشاهده شد. در شرایط شاهد و نیترات پتاسیم پس از دمای ۳۵ درجه سلسیوس، بالاترین در صد بذرهای غیرزنده در بستر کشت ماسه در در تمامی دماها مشاهده شد. بالاترین درصد بذرهای غیرزنده به ترتیب در دمای ۱۰، ۲۵، ۱۵، ۲۰ و ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس در بستر

ماسه مشاهده گردید و کمترین درصد بذرهای غیرزنده در سه دمای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس در بستر بین کاغذی ثبت گردید. بالاترین درصد بذرهای غیرزنده در تیمار نیترات پتاسیم در تیمار ۱۰ و ۲۵ درجه سلسیوس در بستر ماسه ثبت گردید (جدول ۴). در تیمار سرمادهی درصد بذرهای غیرزنده در دمای ۳۵ درجه سلسیوس پایین‌تر از دو تیمار شاهد و نیترات پتاسیم بود. در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس همواره در صد بذرهای غیرزنده کمترین مقدار بود (جدول ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های جوانه‌زنی بذر زنیان در دما، بستر کشت و تیمارهای متفاوت.

Table 1- Analysis of variance (mean squared) of Ajwain seed germination indices under different temperatures, substrates and treatments.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F.	جوانه‌زنی نهایی Final germination	گیاهچه عادی Normal seedling	بذرهای غیرزنده Dead seeds	سرعت جوانه‌زنی Germination rate index	شاخص وزنی بنیه Weight vigor index
تیمار Treatment (T)	2	5677.54 **	5785.01 **	5474.67 **	1725.29 **	47171.84 **
بستر Substrate (S)	2	9832.29 **	9673.29 **	9676.03 **	1376.79 **	296746.20 **
دما Temperature (Temp)	5	12072.30 **	12009.88 **	12341.16 **	1330.69 **	321639.88 **
تیمار × بستر (T × Temp)	4	197.58 **	184.9 **	204.16 **	111.10 **	7401.08 **
تیمار × دما (T × Temp)	10	1233.04 **	1239.79 **	1162.06 **	186.52 **	21962.17 **
دما × بستر (Temp × S)	10	1428.85 **	1438.52 **	1442.15 **	45.48 **	78765.92 **
تیمار × دما × بستر (T × Temp × S)	20	197.18 **	192.60 **	177.31 **	12.75 **	7225.06 **
خطا Error	162	45.3	44.99	46.47	2.07	3799.9
ضریب تغییرات C.V.	-	14.14	14.13	12.98	13.73	26.46

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

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

سرعت جوانه‌زنی

پس از مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای مختلف مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین آنها وجود داشت (جدول ۵). سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد، نیترات پتاسیم و سرمادهی در بسترهای روی کاغذی و بین کاغذی بالاتر از ماسه بود. بالاترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد و نیترات پتاسیم در دو بستر روی کاغذ و بین کاغذی در دو دمای ۲۰ و ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس مشاهده گردید. کمترین سرعت جوانه‌زنی (پس از دمای ۳۵ درجه سلسیوس) در دمای ۱۰ و ۲۵ درجه سلسیوس در بستر ماسه در دو تیمار شاهد و نیترات پتاسیم مشاهده شد. در شرایط سرمادهی بالاترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار سه دمای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس در دو بستر روی کاغذ و بین کاغذی نشان داده شده است (جدول ۵). سرعت جوانه‌زنی در تمامی تیمارهای سرمادهی بالاتر از نیترات پتاسیم و شاهد بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بستر کشت و تیمار بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذر زنیان.

بستر کشت (Sub): روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

Table 2- Mean comparison of interaction effects (Temperature × Substrate × Treatment) on Ajwain seeds final germination percentage. Substrate (Sub): Top paper (TP), Between paper (BP), Sand (S).

دما (Temp)	بستر (S)	درصد جوانه‌زنی نهایی (Final germination percentage)		
		بدون تیمار (No treatment)	نیترات پتاسیم (KNO_3)	پیش سرمادهی (Pre-chilling)
10	TP	62.75 a-g	67.00 a-e	
	BP	68.25 a-d	65.50 a-e	
	S	11.75 op	0.00 p	
15	TP	65.50 a-e	70.50 abc	66.75 a-e
	BP	68.25 a-d	71.75 ab	72.00 ab
	S	44.75 i-l	56.00 d-i	61.00 a-h
20	TP	65.75 a-e	62.25 a-g	65.50 a-e
	BP	60.75 b-h	63.75 a-f	73.25 a
	S	45.25 i-l	45.75 i-l	67.75 a-d
25	TP	34.75 lm	35.75 lm	63.25 a-g
	BP	42.75 kl	49.75 h-k	60.75 b-h
	S	17.25 no	15.75 no	66.00 a-e
20-30	TP	61.25 a-h	64.75 a-f	61.00 a-h
	BP	55.25 e-j	63.25 a-g	60.00 b-h
	S	51.00 g-k	42.25 kl	53.00 f-k
35	TP	0.00 p	0.00 p	43.50 jkl
	BP	0.00 p	0.00 p	58.25 c-h
	S	0.00 p	0.00 p	26.25 mn
LSD 0.01			12.40	

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.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بستر کشت و تیمار بر درصد گیاهچه عادی بذر زنیان.

بستر کشت (Sub): روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

Table 3- Mean comparison of interaction effects (Temperature × Substrate × Treatment) on Ajwain normal seedling percentage. Substrate (Sub): Top paper (TP), Between paper (BP), Sand (S).

دما (Temp)	بستر (S)	درصد گیاهچه عادی (Normal seedling percentage)		
		بدون تیمار (No treatment)	نیترات پتاسیم (KNO_3)	پیش سرمادهی (Pre-chilling)
10	TP	62.75 a-g	67.00 a-e	
	BP	68.25 a-d	65.50 a-e	
	S	11.75 op	0.00 p	
15	TP	65.50 a-e	70.50 abc	66.75 a-e
	BP	68.25 a-d	71.75 ab	72.00 ab
	S	44.75 i-l	56.00 d-i	61.00 a-h
20	TP	64.50 a-f	61.75 a-g	65.50 a-e
	BP	60.50 b-h	63.75 a-f	73.25 a
	S	45.25 i-l	45.75 i-l	67.75 a-d
25	TP	34.00 lm	34.75 lm	63.25 a-f
	BP	42.75 kl	48.75 h-k	60.75 b-h
	S	17.25 no	15.75 no	66.00 a-e
20-30	TP	60.50 b-h	64.00 a-f	60.50 b-h
	BP	55.25 e-j	63.00 a-g	59.75 b-h
	S	50.75 g-k	42.25 kl	53.00 f-k
35	TP	0.00 p	0.00 p	43.50 jkl
	BP	0.00 p	0.00 p	58.25 c-h
	S	0.00 p	0.00 p	26.25 mn
LSD 0.01			12.36	

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.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بستر کشت و تیمار بر درصد بذرهای غیرزنده زنیان.

بستر کشت (Sub): روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

Table 4- Mean comparison of interaction effects (Temperature × Substrate × Treatment) on Ajwain dead seeds percentage. Substrate (Sub): Top paper (TP), Between paper (BP), Sand (S).

دما (Temp)	بستر (S)	درصد بذرهای غیرزنده (Dead seeds percentage)		
		بدون تیمار (No treatment)	نیترات پتاسیم (KNO_3)	پیش سرمادهی (Pre-chilling)
10	TP	37.25 j-p	33.00 m-p	
	BP	31.75 nop	34.50 k-p	
	S	88.25 ab	100.00 a	
15	TP	34.50 k-p	29.50 op	33.25 m-p
	BP	31.75 nop	28.25 op	28.00 op
	S	55.25 e-h	44.00 h-n	39.00 i-p
20	TP	34.25 l-p	37.75 i-p	34.50 k-p
	BP	34.25 i-p	36.25 k-p	26.75 p
	S	54.75 e-h	54.25 e-h	32.25 m-p
25	TP	65.25 de	64.25 de	36.75 j-p
	BP	57.25 efg	50.25 f-i	39.25 i-p
	S	82.75 bc	84.25 bc	34.00 m-p
20-30	TP	38.75 i-p	35.25 k-p	39.00 i-p
	BP	44.75 g-m	36.75 j-p	40.00 i-o
	S	49.00 f-j	57.75 ef	47.00 f-k
35	TP	100.00 a	100.00 a	56.50 e-h
	BP	100.00 a	100.00 a	46.75 f-l
	S	100.00 a	100.00 a	73.75 cd
LSD 0.01			12.56	

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.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بستر کشت و تیمار بر سرعت جوانه‌زنی بذر زنیان.

بستر کشت (Sub): روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

Table 6- Mean comparison of interaction effects (Temperature × Substrate × Treatment) on Ajwain seeds germination rate. Substrate (Sub): Top paper (TP), Between paper (BP), Sand (S).

دما (Temp)	بستر (S)	سرعت جوانه‌زنی (Germination rate، 1/d)		
		بدون تیمار (No treatment)	نیترات پتاسیم (KNO_3)	پیش سرمادهی (Pre-chilling)
10	TP	4.048 rs	4.081 rs	
	BP	4.169 rs	4.106 rs	
	S	0.532 tu	0.000 u	
15	TP	8.969 m-p	9.600 mn	15.399 f-i
	BP	9.359 mno	10.004 lmn	16.161 e-h
	S	4.123 rs	5.206 qrs	6.46 pqr
20	TP	18.290 e	15.021 g-j	28.611 c
	BP	16.034 e-h	15.526 f-i	30.875 bc
	S	8.292 m-p	7.978 nop	14.411 hij
25	TP	9.379 mno	9.211 mno	33.829 a
	BP	10.700 klm	12.499 ijk	32.050 ab
	S	3.349 s	2.846 st	15.454 f-i
20-30	TP	16.793 e-h	17.079 efg	22.275 d
	BP	15.385 f-i	16.768 e-h	22.340 d
	S	8.932 m-p	6.917 opq	9.022 m-p
35	TP	0.000 u	0.000 u	12.922 ijk
	BP	0.000 u	0.000 u	17.990 ef
	S	0.000 u	0.000 u	3.661 s
LSD 0.01			2.65	

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.

شاخص وزنی بنیه

شاخص وزنی بنیه در تمامی تیمارهای شاهد و نیترات پتاسیم مشابه بود و از یک الگوی تقریباً مشابه پیروی نمود. در شرایط تیمار شاهد و نیترات پتاسیم، بالاترین شاخص وزنی بنیه زنیان در دو بستر روی کاغذ و بین کاغذی در سه دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰ درجه سلسیوس مشاهده شد، اگرچه در شرایط دو تیمار شاهد و نیترات پتاسیم در تیمار ۱۰ درجه سلسیوس شاخص وزنی بنیه صفر بود. همواره بالاترین شاخص وزنی بنیه در شرایط شاهد و نیترات پتاسیم در دو بستر کشت روی کاغذ و بین کاغذی در تمامی دماها و کمترین در دمای ۳۵ درجه سلسیوس مشاهده شد. در شرایط تیمار پیش سرمادهی الگوی متفاوتی با دو تیمار نیترات پتاسیم و شاهد مشاهده شد. در شرایط تیمار سرمادهی در دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سلسیوس در بستر روی کاغذی بالاترین شاخص وزنی بنیه زنیان مشاهده گردید. پس از مقایسه تمامی تیمارهای دمایی، بستر کشت و سه تیمار شاهد، نیترات پتاسیم و سرمادهی، بالاترین شاخص وزنی بنیه در دمای ۱۰ و ۲۰ درجه سلسیوس در بستر روی کاغذی در نیترات پتاسیم ثبت گردید (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بستر کشت و تیمار بر شاخص وزنی بنیه زنیان.

بستر کشت (Sub): روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

Table 6- Mean comparison of interaction effects (Temperature × Substrate × Treatment) on Ajwain seedling weight vigor. Substrate (Sub): Top paper (TP), Between paper (BP), Sand (S).

دما (Temp)	بستر (S)	شاخص وزنی بنیه (Weight vigor index)		
		بدون تیمار (No treatment)	نیترات پتاسیم (KNO_3)	پیش سرمادهی (Pre-chilling)
10	TP	360.00 a-f	419.25 a	
	BP	374.50 abc	395.00 ab	
	S	0.00 o	0.00 o	
15	TP	343.75 a-g	319.50 a-i	318.00 a-i
	BP	341.25 a-g	358.75 a-f	268.75 c-k
	S	236.75 g-l	224.25 h-l	275.25 c-k
20	TP	370.50 a-d	419.75 a	363.00 a-e
	BP	260.00 d-l	322.00 a-h	293.00 b-j
	S	222.50 h-l	287.75 b-k	372.75 a-d
25	TP	240.50 g-l	249.75 e-l	332.25 a-h
	BP	244.75 g-l	241.75 g-l	243.00 g-l
	S	185.00 j-m	83.75 mno	263.50 c-k
20-30	TP	242.50 g-l	288.25 b-k	287.25 b-k
	BP	207.50 i-l	189.00 j-m	239.00 g-l
	S	279.25 c-k	146.75 lmn	241.25 g-l
35	TP	0.00 o	0.00 o	176.00 k-n
	BP	0.00 o	0.00 o	246.75 f-l
	S	0.00 o	0.00 o	70.25 no
LSD 0.01			113.61	

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.

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد جوانه زنی بذر زنیان در تیمارهای مختلف دمایی، بستر کشت و پیش تیمارهای نیترات پتاسیم و سرمادهی در بستر کشت رو و بین کاغذ نسبت به ماسه مطلوبتر و در صد جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص وزنی بنیه بالاتر و درصد بذرهای غیرزنده پایین‌تری داشتند. در مجموع پاسخ جوانه‌زنی بذر زنیان در شرایط شاهد و اعمال تیمار نیترات پتاسیم یک روند تقریباً مشابه داشت، با اعمال تیمار

سرمادهی نیز پاسخ‌ها متفاوت بود. در برخی از منابع ذکر شده است که تیمار نیترات پتاسیم می‌تواند سبب کاهش و یا رفع خواب اولیه بذرها و افزایش جوانه‌زنی گردد و در بذرهای خانواده چتریان که همواره خواب ناشی از جنین مشاهده می‌گردد می‌تواند سبب تسریع در فرایند تمایز بافت‌های ضروری موثر گردد (Rahimi *et al*., 2017).

پاسخ جوانه‌زنی بذرهای زنیان در دماهای مختلف متغییر بود به نحوی که پاسخ‌های مشابهی در الگوی جوانه‌زنی بذرهای زنیان بویژه در دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس فارغ از هر پیش تیمار و بستر کشت، مشاهده شد(با رسم نمودار نشان دهید که پاسخ ها مشابهند). نتایج نشان داد بذرهای زنیان در سه دمای مذکور، از درصد جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی و درصد بذرهای غیرزنده تقریباً مشابهی برخوردار بودند. نتایج این مطالعه با تحقیق Rezazadeh and Koocheki (2006) همخوانی داشت و مشخص شد که بذرها در دمای ۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی زیر ۲۵٪ را داشتند و بهترین جوانه‌زنی را بین دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سلسیوس (۶۵ تا ۷۰٪) نشان دادند. بسیاری از بذرهای گیاهان خانواده چتریان در پنجره دمایی ۱۰ تا ۲۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی بهتری داشتند که از جمله می توان به بذرهای سنبل ختایی (*Angelica keiskei*) در دمای ۱۰-۲۰ درجه سلسیوس (Zhang *et al*., 2019) و راج دریایی (*Eryngium maritimum* L) در دمای ۱۵-۲۰ درجه سلسیوس (Cortés-Fernández *et al*., 2021) اشاره کرد. در دو دمای ۱۵ و ۲۰ سلسیوس در هر دو تیمار نیترات پتاسیم و سرمادهی سبب بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی گردیده است به نحوی که در این دماها و اغلب در تمامی بسترهای کشت، بالاترین جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی، و شاخص وزنی بنیه و کمترین درصد بذرهای غیرزنده مشاهده شد. همواره سرعت جوانه‌زنی در تمامی تیمارها نسبت به تیمار سرمادهی پایین‌تر بود. بالاترین شاخص وزنی بنیه در تیمار نیترات پتاسیم تحت دمای ۱۰ و ۲۰ درجه سلسیوس و در بستر روی کاغذی مشاهده گردید. گزارش شده است که پیش آبنوشی بذرها با نیترات پتاسیم، در استقرار و بنیه گیاهچه نقش بسزایی دارد (Ali *et al*., 2020). همچنین مشخص شده است که نیترات پتاسیم می‌تواند با کاهش مدت زمان جوانه‌زنی، نقش زیادی را در بنیه گیاهچه و یکنواختی در زمان جوانه‌زنی ایفا نماید (Abdel-Baki *et al*., 2018 and Moaaz *et al*., 2020). در مطالعات مختلف انجام شده بر روی بذرهای خانواده چتریان مشخص شده است که بذرها برای حصول حداکثر جوانه‌زنی به دوره‌ای چند هفته تا چند ماه سرمادهی نیاز دارند (Baskin and Baskin, 2014؛ Afzali Group *et al*., 2018؛ Nowruzian *et al*., 2017؛ Zhang *et al*., 2019). سرمادهی مرطوب می‌تواند با تغییر توازن هورمون های تنظیم کننده جوانه‌زنی و رشد، تغییر در ساختار و میزان ذخایر بذر ازجمله پروتئین ها، لیپیدها، قندها و همچنین تغییر زیر ساخت‌های سلول همراه تاثیرگذار با شد (Chen *et al*., 2015). سرمادهی مرطوب سبب افزایش مقدار جیبرلین‌های درونی و کاهش درونی آبسیزیک اسید، کاهش پروتئین‌ها و لیپیدها و همچنین افزایش قندهای محلول و اسیدهای آمینه می‌گردد (Bewley *ey al*., 2013). تغییر در توازن هورمون‌های دخیل در جوانه‌زنی طی سرمادهی مرطوب در بذرها به تغییر الگوی بیان ژن‌های دخیل در بیوسنتز جیبرلیک اسید و آبسیزیک اسید ربط داده شده است (Aihua *et al*., 2018). سرمادهی سبب افزایش حلالیت اکسیژن در آب پیرامونی بذر شده و سبب تامین نیاز اکسیژن جنین شده و موازنه بین مواد تحریک کننده و بازدارنده درون بذر را تغییر داده و موازنه را به سمت افزایش مقادیر مواد تحریک کننده تغییر می‌دهد (Keshtkar *et al*., 2008).

بذرهای زنیان در شرایطی که تحت تیمار شاهد و نیترات پتاسیم بودند جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس نداشتند اما پس از اعمال تیمار سرمادهی، جوانه‌زنی آنها در این دما به میزان معنی‌داری افزایش یافت. کمترین

درصد جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی و شاخص وزنی بنیه در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در هر سه تیمار و در هر سه بستر کشت ثبت گردید، اگرچه تیمار سرمادهی سبب حصول جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه عادی بالاتری نسبت به دو تیمار نیترات پتاسیم و شاهد گردید و بالطبع بالاترین درصد بذرهای غیرزنده در این دما مشاهده شد. در مطالعه دیگر بر روی بذرهای *Corchorus olitorius* L. مشاهده شد که بذرهای شاهد در دمای ۳۵ درجه سلسیوس هیچ جوانه‌زنی نداشتند اما در صورتی که قبل از قرارگیری در این دما، به مدت ۷ روز سرمادهی شده بودند، جوانه‌زنی تا ٪۷۵ افزایش یافت (Nkomo and Kambizi, 2009).

بالاترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار سرمادهی در دو دمای ۲۰ و ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس و در تیمارهای نیترات پتاسیم و شاهد در دو دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس در هر دو بستر روی کاغذ و بین کاغذی مشاهده گردید. دمای کاردینال بذرهای زنیان در مطالعه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت و گزارش گردید که سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس بیشترین مقدار بود (Rezazadeh and Koocheki, 2006). سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد، نیترات پتاسیم و سرمادهی در بسترهای روی کاغذی و بین کاغذی بالاتر از ماسه بود. سرعت جوانه‌زنی بذر آوندول (*Smyrnium cordifolium*) پس از قرارگیری به مدت چند ماه در تیمار سرمادهی و انتقال به دمای ۲۰ درجه سلسیوس جهت جوانه‌زنی، بالاتر از سایر تیمارهای هورمونی بود (Gholami *et al*., 2019). بالاترین سرعت جوانه‌زنی و کمترین مدت زمان مورد نیاز برای حصول حداکثر جوانه‌زنی بذرهای زیره ایرانی (*Carum carvi* L.) تیمارشده با سرمادهی به مدت ۶۰ روز مشاهده شد (Hammami *et al*., 2018).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این مطالعه در ارزیابی بهتر جوانه‌زنی استاندارد زنیان به میزان زیادی می‌تواند مفید باشد. جوانه‌زنی بذرهای زنیان در دو بستر رو و بین کاغذ، به نحو بهتری پتانسیل بذرهای زنیان را نشان می‌دهد. استفاده از پیش تیمار نیترات پتاسیم در دو دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس سبب حداکثر جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی و شاخص وزنی بنیه و کمترین درصد بذرهای غیرزنده می‌گردد، همچنین اعمال پیش تیمار سرمادهی نیز در دو دمای مذکور می‌تواند سبب حصول حداکثر جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی، شاخص وزنی بنیه و سرعت جوانه‌زنی و کمترین درصد بذرهای غیرزنده گردد. از این رو پیشنهاد می‌گردد استفاده از دو پیش تیمار نیترات پتاسیم و سرمادهی در دو دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس در دو بستر روی کاغذ و بین کاغذ، می‌تواند حداکثر پتانسیل جوانه‌زنی و بنیه بذرهای زنیان را مشاهده و بهترین دستورالعمل برای ارزیابی بهینه آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر زنیان موجود در ایران در شرایط آزمایشگاهی باشد و این روش بعد از آزمون در شرایط خاک با شرایط مطلوب درجه حرارت، رطوبت نسبی و نور می‌تواند به عنوان آزمون استاندارد در تمامی شرایط محسوب گردد.

سپاسگزاری

نگارندگان از معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال برای حمایت مالی از این پژوهش با شماره پروژه ۱۲۴-۰۸-۰۸-۰۰۹-۹۸۰۲۴-۰۰۰۷۳۲ تشکر و قدردانی می‌نماید.

Reference

منابع

Abdel-Baki, G.K., M. Shaddad, D. Mostafa, and A-S. Rafat. 2018. The effect of seed presoaking with KNO_3 on seed germination, proline, protein pattern, ß-amylase and mineral composition of two faba bean cultivars treated with NaCl. Egypt. J. Bot. 58: 445–461. DOI: 10.21608/ejbo.2018.3423.1166.

Afzali Group, S., N. Mehdinejad, H. Azad Ghojeh Biglou, and N. Salarnia. 2018. The effect of chilling and leaching in removing dormancy the seeds of Lovage (*Levisticum officinale* KOCH). J. Seed Res. 8: 60-68. (In Persian, with English Abstract)

Aihua, L., J. Shunyuan, Y. Guang, L. Ying, G. Na, C. Tong, K. Liping, and H. Luqi. 2018. Molecular mechanism of seed dormancy release induced by fluridone compared with cold stratification in *Notopterygium incisum*. BMC Plant Biol. 18: 1-16. DOI:10.1186/s12870-018-1333-2.

Ali, M.M., T. Javed, R.P. Mauro, R. Shabbir, I. Afzal, and A.F. Yousef. 2020. Effect of seed priming with potassium nitrate on the performance of tomato. Agriculture.10(11): 1–10. DOI: 10.3390/agriculture10110498.

Alizadeh, M.A., A.A. Hosienpoor Ghazvini, A. Jafari, and J. Daneshian. 2017. Effect of different treatment on removing seed dormancy to induction of seed emergence and vigor in some populations of four species of savory (*Satureja* spp.). Iranian J. Seed. Sci. Technol. 5: 223-233. DOI: 10.22034/ijsst.2017.108295. (In Persian)

Anonymous. 2022. ISTA. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Associations.

Anonymous. 1983. Association of Official Seed Analysis AOSA. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No. 32 to the handbook on Seed Testing.

Baskin, C.C. and J.M. Baskin. 2014. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination, 2nd ed. Elsevier/Academic Press, San Diego.

Bewley, J.D., K.J. Bradford, H.W.M. Hilhorst, and H. Nonagaki. 2013. Seeds: physiology of development, germination and dormancy, 3th Edition. Springer. New York Heidelberg Dordrecht London, Switzerland.

Boskabady, M.H., S. Alitaneh, and A. Alavinezhad. 2014. *Carum copticum* L.: A Herbal Medicine with Various Pharmacological Effects. BioMed Res. Int. 569087: 1-11. DOI: 10.1155/2014/569087.

Chen, S.Y., S.H. Chou, C.C. Tsai, W.Y. Hsu, C.C. Baskin, J.M. Baskin, and L.L. Kuo-Huang. 2015. Effects of moist cold stratification on germination, plant growth regulators, metabolites and embryo ultrastructure in seeds of *Acer morrisonense* (Sapindaceae). Plant Physiol. Biochem. 94: 165-173. DOI: 10.1016/j.plaphy.2015.06.004.

Cortés-Fernández, I., M.D. Cerrato, A. Ribas-Serra. 2021. Evidence of interpopulation variation in the germination of *Eryngium maritimum* L. (Apiaceae). Plant Ecol. 222: 1101–1112. DOI: 10.1007/s11258-021-01164-y.

Ghaderi-Far, F. and A. Soltani. 2014. Seed testing and control. Publications of University of Mashhad, Mashahd, Iran. (In Persian)

Ghavam, M., Z. Soleimani Nejad, and A. Tavili, 2018. Dormancy breaking of (*Ducrosia anethifolia* Boiss) seed under the influence of different treatments. New Cell. Mol. Biotechnol. J. 8: 35-44. DOI: 20.1001.1.22285458.1397.8.30.4.9. (In Persian, with English Abstract)

Gholami, M., A. Danesh Shahraki, E. Asadi, P. Tahmasbi, and H. Shirmardi. 2019. The effects of Pre-chilling and gibberellic acid on seed dormancy break, germination and plant growth Indices of *Smyrnium cordifolium* BOISS. J. Rangeland. 13(4): 571-583. DOR:20.1001.1.20080891.1398.13.4.4.1. (In Persian, with English Abstract)

Hammami, H., B. Saadatian, and A. Aliverdi. 2018. Geographical variation in breaking the seed dormancy of Persian cumin (*Carum carvi* L.) ecotypes and their physiological responses to salinity and drought stresses. Ind. Crops. Prod. 124: 600-606. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.08.040.

Kamali, N. and A. Sadeghipour. 2016. Investigation on some dormancy breaking treatments on germination percentage and rate of seeds of (*Bunium persicum*). Watershed Manage. Res. 29: 24-32. DOI: 10.22092/WMEJ.2016.112318.

Keshtkar, H.R., H. Azarnivand, V. Etemad, and S.S. Moosavi. 2008. Seed dormancy-breaking and germination requirements of *Ferula ovina* and *Ferula gummosa*. Desert. 13(1): 45-51. DOI: 10.22059/JDESERT.2008.27174.

Moaaz Ali, M., T. Javed, R. Paolo Mauro, R. Shabbir, I. Afzal, and A. Fathy Yousef. 2020. Effect of seed priming with potassium nitrate on the performance of tomato. Agric. 10(11): 498. DOI: 10.3390/agriculture10110498.

Nkomo, M. and L. Kambizi. 2009. Effects of pre-chilling and temperature on seed germination of *Corchorus olitorius* L. (Tiliaceae) (Jew's Mallow), a wild leafy vegetable. Afr. J. Biotechnol. 8(6): 1078-1081.

Nowruzian, A., M. Masoumian, M.A. Ebrahimi, and Gh.A. Bakhshi khaniki. 2017. Effect of Breaking Dormancy Treatments on Germination of *Ferula assa foetida* L. Seed. Iranian J. Seed Res. 2: 155-169. DOI: 10.29252/yujs.3.2.155. (In Persian, with English Abstract)

Nurulla, M., C.C. Baskin, J.J. Lu, D.Y. Tan, and J.M. Baskin. 2014. Intermediate morpho-physiological dormancy allows for life-cycle diversity in the annual weed, *Turgenia latifolia* (Apiaceae). Aust. J. Bot. 62: 630–637. DOI: 10.1071/BT14281.

Orchard, T. 1977. Estimating the parameters of plant seedling emergence. Seed Sci. Technol. 5: 61-69.

Rahimi, H., B. Torabi, E. Soltani, and F. Ghaderi-Far. 2017. Investigation of the process of seed germination of wild mustard (*Sinapis arvensis*) during dormancy elimination. Weed Res J. 2: 15-30. (In Persian, with English Abstract)

Raisi, A., S.N. Kalat, and A.S. Darban. 2013. The study effects of stratification, temperature and potassium nitrate on seed dormancy breaking *Ferula assa foetida*. World Appl. Sci. J. 23: 379-383. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.21.3.2785.

Rezazadeh, Z.B., and A. Koocheki. 2006. Evaluation of cardinal temperature for three species of medicinal plants, Ajowan (*Trachyspermum ammi*), Fennel (*Foeniculum vulgare*) and Dill (*Anethum graveolens*). Desert J. 11(2): 11-16. DOI: 10.22059/JDESERT.2006.31870.

Sasani, Sh., R. Tavakol-Afshari, K. Postini, and F. Sharifzadeh. 2006. Evaluation of the effect of moist-chilling, hormonal treatments and storage period on dormancy breaking and induction of *Bunium persicum* (Boiss.) B. Fedtsch seed germination. 9th Iranian Congress of Plant Science and Plant Breeding. 27 Aug. 2006. Tehran, Iran.

Zahin, M., I. Ahmad, and F. Aqil. 2010. Antioxidant and antimutagenic activity of *Carum copticum* fruit extracts. Toxicol in Vitro. 24(4): 1243–1249. DOI: 10.1016/j.tiv.2010.02.004.

Zardari, S., F. Ghaderi-Far, H.R. Sadeghipour, E. Zeinali, E. Soltani, and C.C. Baskin. 2019. Deep and intermediate complex morphophysiological dormancy in seeds of *Ferula gummosa* (Apiaceae). Plant Species Biol. 34: 85–94. DOI: 10.1111/1442-1984.12238.

Zhang, K., Y. Zhang, J.L. Walck, and J. Tao. 2019. Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of *Angelica keiskei* (Apiaceae). Sci. Hortic. 255: 202–208. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.05.039.