"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲
(ص ۷۸-۶۵)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 12, No.: 2, Summer 2023
(pp: 65-78)
DOI: 10.22092/ijsst.2023.360608.1461
Research Article

تعیین شرایط بهینه آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر خاکشیر (*Descurainia sophia*)

بیتا اسکویی[1]، عباس ده‌شیری[2]، حدیث افشار[3]، الهه قیصری[3]، علی شایان‌فر[1]*

۱ و ۲. به‌ترتیب استادیار و دانشیار، ۳. کارشناس ارشد آزمایشگاه تجزیه کیفی بذر، پژوهش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال-کرج – ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷)

چکیده

به منظور تعیین شرایط آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر خاکشیر (*Descurainia sophia*)، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار طراحی و اجرا گردید. بذرهای خاکشیر در سه تیمار نیترات پتاسیم (۲ گرم در هزار میلی‌لیتر آب مقطر)، سرمادهی مرطوب (۷ روز در دمای ۷ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد) و غوطه‌وری (۲۴ ساعت در آب مقطر)، و دو بستر کشت سلولزی روی کاغذی و بین کاغذی و همچنین بستر کشت ماسه، و در شش دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۰-۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در ژرمیناتور به مدت ۱۴ روز قرار گرفتند و شاخص‌های جوانه‌زنی ارزیابی گردید. پس از مقایسه سه تیمار نیترات پتاسیم، سرمادهی مرطوب و غوطه‌وری با شاهد، بالاترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار سرمادهی مرطوب در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. کمترین مقدار شاخص‌های جوانه‌زنی و بالاترین درصد بذرهای مرده در دو دمای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بهترین تیمار در راستای ارتقای جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه خاکشیر استفاده از محلول نیترات پتاسیم و بهترین دما برای حصول حداکثر جوانه‌زنی، دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. بسترهای روی و بین کاغذی نیز جوانه‌زنی بالاتری را نسبت به ماسه حاصل کردند. در مجموع پیشنهاد می‌گردد تیمار نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دو بستر روی و بین کاغذی و تیمار نیترات پتاسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه، بهترین شرایط برای ارزیابی جوانه‌زنی استاندارد بذرهای خاکشیر است، زیرا بالاترین درصد جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی و بنیه وزنی گیاهچه، و پایین‌ترین درصد بذرهای مرده را حاصل می‌نمایند.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی بذر، خاکشیر، دمای جوانه‌زنی، شرایط محیطی، گیاه دارویی، نیترات پتاسیم.

Optimal condition determination for Flixweed standard seed germination test (*Descurainia sophia*)

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

1. Research Assistance, and 2. Research Associate Professor, 3. Master of seed laboratory of Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran
(Received: Nov. 16, 2022 – Accepted: Jan. 07, 2023)

Abstract

An experiment was implemented based on completely randomized design with four replications to determine standard Flixweed (*Descurainia sophia*) germination test condition. Flixweed seeds were placed in germinator for 14 days under 6 temperatures 10, 15, 20, 25, 20-30, 35ºC exposed to three treatments of potassium nitrate (2 grams per 1000 ml of distilled water), pre-chilling (7-10ºC for 7 days), pre-soaking (24h in distilled water), two cellulose substrates of top paper and between paper, and sands. Then, germination indexes were assessed. After comparison of three mentioned treatments (potassium nitrate, pre-chilling, and pre-soaking) with control it was demonstrated that the highest germination rate belonged to pre-chilling in 15ºC.The lowest amount of germination indices and the highest percentage of dead seeds were found in 25 and 35ºC. The best treatment to improve germination and seedling vigor was applying of potassium nitrate and optimal temperatures to reach maximum of germination was 10 and 15ºC. Higher germination was achieved when top and between paper substrate were used than sand. In total, it was suggested that it would be better for potassium nitrate to be under 10 and 15ºC when top and between paper and sand were applied, respectively to optimal condition for standard germination determination was achieved, because the highest percentage of final germination, normal seedlings, and seedling weight vigor, and also the lowest percentage of dead seeds were observed.

Keywords: Environmental condition, Flixweed, Germination temperature, Medicinal plant, Potassium nitrate, Seed germination

* Email: ali.shayanfar13@gmail.com

مقدمه

امروزه گیاهان داروئی نقش بسزایی را در صنایع مختلف و پزشکی ایفا می‌کنند و پایه بسیاری از داروهایی موجود در بازار برگرفته از گیاهان داروئی است (Khosravi-Pour *et al*., 2015). یکی از گیاهان دارویی که در ایران از اهمیت بسزایی برخوردار است گیاه خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) و گیاهی یکساله از خانواده شب‌بوئیان است (Khan *et al*., 2012). این گونه تنها گونه‌ای از جنس *Descurainia* است که در ایران وجود دارد و در تمامی بخش‌هایی ایران تا ارتفاع زیر ۳۰۰۰ متر از سطح دریا رشد می‌کند (Hedge and Rechinger, 1968). گیاه خاکشیر در ایران و در شهرهای شیراز، مشهد و شمال شرق کشور به وفور یافت می‌شود (Bahmani *et al*., 2016). به‌طور سنتی در بسیاری از کشورها به عنوان یک داروی عمومی استفاده می‌شود. بذر این گیاه برای درمان تب، زخم و التهاب کلیه استفاده شده است. در ایران از بذرها (به صورت مخلوط با آب خنک) به عنوان ملین استفاده می‌شود (Ghorbani, 2005). این گیاه پتانسیل بالایی در تولید و رشد در هر محیطی را داشته و بین ۷۵ تا ۶۵۰ بذر به ازای هر گیاه تولید می‌کند و مشخص شده است که بذرها قادرند تا به مدت چهار سال در شرایط نامساعد محیطی اعم مواجه با خشکی در خاک، زنده بمانند (Li *et al*., 2005). بذرها ریز و زرد تیره تا قهوه‌ای هستند. بذرهای خاکشیر حاوی بیش از ۲۵ درصد پروتئین، ۲۲ تا ۴۴ درصد روغن، ۳/۵ تا ۴ درصد خاکستر و ۷/۶ درصد فیبر هستند (Bekker *et al*., 2005).

در طبیعت، میکروکلیمای پیرامونی بذر و ویژگی‌های ژنتیکی آن در الگوهای رشد و نموی آنها تاثیرگذار است. مرحله جوانه‌زنی حساس‌ترین مرحله زندگی گیاه است، زیرا موفقیت در دوره جوانه‌زنی اثر بسزایی در استقرار و کیفیت بذر و زیستایی گیاهچه دارد (Lamichhane *et al*., 2018). عامل بستر کشت و فراهمی آب و موادغذایی نیز بر روند جوانه‌زنی بذر تأثیر می‌گذارند (Ghaderi-Far and Soltani, 2014). عوامل مختلف محیطی و ژنتیکی به تنهایی یا توام با یکدیگر سبب تفاوت در رفتار جوانه‌زنی بذرهای جمعیت‌های مختلف یک گونه شوند (Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006). شرایط اقلیمی مختلف اعم از دما، طول روز و میزان بارش در دوره رشد و نمو گیاهان به‌ویژه شرایط محیطی در دوره‌ی پر شدن و نمو بذرها از مهم‌ترین عوامل مؤثر در پاسخ جوانه‌زنی است (Bewley and Black, 2012). شرایط بهینه جوانه‌زنی بذر بسیاری از گیاهان خانواده شب‌بوئیان در مطالعات زیادی ارزیابی شده است برای مثال پیشنهاد شده است که بذرهای گیاه کلزا به دمای ۱۵-۲۵ یا ۲۰ درجه سانتی‌گراد به همراه تیمار نیترات پتاسیم یا سرمادهی برای حصول جوانه‌زنی حداکثری نیاز دارند. همچنین در اکثر گیاهان .Brassica sp بهترین دما در راستای جوانه‌زنی ۲۰ درجه سانتی‌گراد است (ISTA, 2022). در بذرهای تربچه وحشی (*Raphanus sativus*) یکی از اعضای خانواده شب‌بوئیان نیز الگویی شبیه به کلزا مشاهده شد و گزارش شد که بذرها پس از ریزش در سطح خاک به تنهایی یا به همراه غلاف در اواخر تابستان تا اواخر پاییز و همچنین پس از سپری نمودن زمستان، در بهار با افزایش دما، جوانه‌زنی می‌کنند. بذرهای این گیاه بهترین جوانه‌زنی را در دمای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد نشان دادند (Vercellino *et al*., 2019). بذرهای خاکشیر نیز به نظر می‌رسد به گرمای تابستان برای جوانه‌زنی در پاییز و زمستان نیاز دارند (Li *et al*., 2005).

در شرایط آزمایشگاهی همواره محققان در تلاشند تا با استفاده از تیمارهای مختلف، جوانه‌زنی بذرها را ارتقا ببخشند. از تیمارهای مختلف نیترات پتاسیم و سرمادهی مرطوب در راستای بهبود جوانه‌زنی بذرهای گیاهان استفاده شده است (Davazdah Emami *et al*., 2005؛ Abdel-Baki *et al*., 2018 and Moaaz *et al*., 2020).

این دو تیمار به میزان زیادی در بهبود جوانه‌زنی بذر بسیاری از گونه‌های گیاهی تاثیرگذار هستند به نحوی که در کتابچه آزمون‌های بذر ایستا در رابطه با حصول حداکثر جوانه‌زنی بذر گیاهان مورد استفاده قرار گرفته‌اند (ISTA, 2022). تیمار بذرها با نیترات پتاسیم با غلظت ۲ گرم در هزار میلی‌لیتر آب مقطر، سبب بهبود جوانه‌زنی بذرهای همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) و آرتیشو (*Cynara scolymus* L.) در شرایط تاریکی شد (Aghilian *et al*, 2014). جذب نیتروژن موجود در محلول نیترات پتاسیم توسط بذرها، منجر به افزایش سنتز پروتئین‌ها می‌گردد که بر کیفیت بذرها تاثیرگذار بوده و سبب بهبود جوانه‌زنی می‌گردد (Vance, 2001). تغییر موازنه در هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلیک اسید، آبسزیک اسید و همچنین براسینواستروئیدها در نتیجه اعمال تیمارهای سرمادهی مرطوب سبب بهبود جوانه‌زنی بذرها گردید. براسینواستروئیدها در بالادست مکان ژنی پیام‌رسانی آبسزیک و پایین‌دست پیام‌رسانی سرمادهی مرطوب در خصوص جوانه‌زنی و خواب بذر قرار دارند و فوق بیان ژن‌های بیوسنتزکننده براسینواستروئیدها بذرها پس از اعمال سرمادهی مرطوب، گزارش شده است (Kim *et al*., 2019).

با در نظر گرفتن این موضوع که هیچ دستورالعملی در انجمن بین‌المللی آزمون‌های بذر برای ارزیابی جوانه‌زنی استاندارد بذر خاکشیر وجود ندارد، برای نخستین بار با استفاده از تیمارهای مذکور که مورد تایید انجمن بین‌المللی آزمون‌های بذر هستند، تلاش گردید تا بهترین شرایط برای انجام این آزمون حاصل گردد. این مطالعه اطلاعات مفیدی را در رابطه با الگوی جوانه‌زنی بذرهای خاکشیر با توجه به اینکه در یک پنجره دمایی متنوع انجام شده است، ارائه می‌دهد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی روش‌ها و تیمارهای مختلف جوانه‌زنی و معرفی شرایط بهینه آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر خاکشیر، این مطالعه در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه تجزیه کیفی بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج طراحی و اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. بذرهای مورد استفاده در سال ۱۴۰۱ از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. بذرها با رطوبت ۸-۷ درصد (بر مبنای وزن خشک) درکیسه‌های پلاستیکی نفوذناپذیر به آزمایشگاه انتقال داده شدند. با توجه به اینکه پیش آزمایش جوانه‌زنی در دمای اتاق انجام گردید و بذرها پس از گذشت مدت زمان ۱۴ روز هیچ گونه آلودگی مشاهده نشد، از این رو تنها بذرها در راستای ضدعفونی سطحی، به مدت ۳۰ ثانیه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد قرار داده شدند و سپس سه مرتبه با آب جاری شستشو شدند. فاکتورهای مورد ارزیابی شامل دما، بستر کشت و همچنین تیمارها بود. تیمارهای غوطه‌وری، سرمادهی مرطوب و نیترات پتاسیم استفاده شد. تمامی تیمارهای انجام شده براساس تیمارهای مورد استفاده در دستورالعمل انجمن بین‌المللی آزمون‌های بذر بوده که در این مطالعه انتخاب و استفاده شدند (ISTA, 2022).

در تیمار غوطه‌وری، ابتدا به ازای هر ۱۰۰ عدد بذر خاکشیر، ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و و بذرها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط غوطه‌وری قرار گرفتند و سپس به بسترهای کشت و دماهای مربوطه اضافه شدند. بذرها در تیمار سرمادهی مرطوب ابتدا در سه نوع بستر کشت و به مدت هفت روز در دمای ۷ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس به دماهای جوانه‌زنی انتقال یافتند. 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).

به‌منظور ارزیابی تأثیر بستر جوانه‌زنی از سه بستر روی کاغذ (TP)، بین کاغذ (BP) و ماسه (S) استفاده شد.

جنس کاغذهای مورد استفاده شده در مطالعه از نوع سلولزی با اسیدیته ۶ تا ۷ بود. پس از آماده‌سازی بسترهای کشت، ظرف‌های حاوی بذر به دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۰-۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ روز منتقل شدند و شمارش بذرها به صورت روزانه انجام شد و معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به مقدار دو میلی‌متر بود (Ghaderi-Far and Soltani, 2014). در خصوص دمای متناوب ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد، ترکیب تاریکی ۱۶ ساعت – روشنایی ۸ ساعت اعمال گردید اما در رابطه با تمامی دماهای ثابت در شرایط حضور نور کامل در طی دوره جوانه‌زنی انجام گردید تا در صورتی که بذرها فوتوبلاست باشند، عدم حضور نور سبب ممانعت از جوانه‌زنی نگردد. مشخصات نور مورد استفاده در این مطالعه ۳۰۰۰ کلوین از نوع سفید مهتابی بود (ISTA, 2022). تیمارها در چهار تکرار ۱۰۰ بذری مورد آزمون قرار گرفتند. پس از گذشت ۱۴ روز از شروع آزمون، بذرهای جوانه نزده از بسترهای مختلف خارج شدند و با استفاده از آزمون فشار از نظر زنده‌مانی مورد ارزیابی قرار گرفتند که تمام بذرهای باقی‌مانده در حالت طبیعی و بدون فاسدشدگی بودند (Shayanfar *et al.*, 2020). جوانه‌زنی در تیمار شاهد در ۱۰ درجه سانتی‌گراد چند روز مانده به انتهای آزمایش (روز پایانی شمارش) ثابت گردید، از این رو نتایج تیمار سرمادهی (هفت روز در دمای ۷-۱۰ درجه سانتی‌گراد) قبل از قرارگیری به مدت ۱۴ روز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، مشابه با تیمار شاهد بود و در جدول‌های مقایسه میانگین‌ها ارائه نشد. تعداد ۱۰ گیاهچه از هر نمونه شمارش و پس از خشک کردن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین و برحسب میلی‌گرم ثبت گردید. شاخص بنیه وزنی بذرهای خاکشیر نیز براساس معادله زیر محاسبه گردید (Orchard, 1977).

= شاخص وزنی بنیه گیاهچه
(میلی‌گرم) وزن خشک گیاهچه × (درصد) گیاهچه عادی

شاخص سرعت جوانه‌زنی نیز در این مطالعه محاسبه گردید که به شرح زیر است. مهمترین شاخص جوانه‌زنی که می‌تواند سرعت را به خوبی در کلیه شرایط مساعد و نامساعد محیطی نشان دهد این شاخص می‌باشد (AOSA, 1983).

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

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

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

مقایسه میانگین داده‌های شاخص‌های مختلف مورد ارزیابی در این مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح یک درصد انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹ و برنامه اکسل ۲۰۱۳ انجام شد (SAS Institute, 1994).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تمامی تیمارها (نیترات پتاسیم، سرمادهی و غوطه‌وری)، دماها و بسترهای کشت بر پنج صفت مورد ارزیابی شامل درصدهای جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی، بذرهای مرده، شاخص سرعت و همچنین بنیه وزنی گیاهچه در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۱).

درصد جوانه‌زنی نهایی

ارزیابی مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی بذر خاکشیر در شش دما و سه بستر کشت و همچنین سه تیمار نیترات پتاسیم، سرمادهی مرطوب و غوطه‌وری در مقابل با شاهد انجام شد (جدول ۲). نتایج این مطالعه نشان داد که بذرهای خاکشیر بسته به تیمار مورد استفاده، پاسخ‌های متنوعی را به دماهای اعمال شده نشان دادند. بذرهای خاکشیر مورد استفاده در این مطالعه به مدت چندین ماه در شرایط انبار طبیعی نگهداری شده بودند، هیچ گونه خوابی در آنها

مشاهده نشد. قرارگیری بذرهای خاکشیر در انبار خشک در دمای اتاق سبب حذف خواب اولیه می‌گردد (Li *et al.*, 2005). بالاترین درصد جوانه‌زنی در بین تیمارها، در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دو بستر روی و بین کاغذی و ۱۵ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه در تیمار نیترات پتاسیم مشاهده شد. دو تیمار سرمادهی مرطوب و غوطه‌وری جوانه‌زنی بیش از ۶۵ درصد را در تمامی تیمارهای دمایی و بستر کشت سبب نشد. در مطالعه دیگر بر روی بذرهای خاکشیر متعلق به شرق آسیا مشخص شده است که تیمار توام ۷ روز سرمادهی به همراه نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد سبب کاهش خواب بذر و قرارگیری در معرض دمای متناوب ۱۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد سبب حصول بالاترین درصد جوانه‌زنی می‌گردد (Nie et al., 2021).

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

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

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی D.F.	جوانه‌زنی نهایی Final germination	گیاهچه عادی Normal Seedling	بذرهای مرده Dead seeds	شاخص سرعت جوانه‌زنی Germination rate index	بنیه وزنی گیاهچه Seedling weight vigor
تیمار Treatment (T)	3	720.53 **	1405.06 **	720.54 **	2176.23 **	27657.25 **
دما Temperature (Temp)	5	15643.92 **	19883.73 **	15643.93 **	1909.4 **	87548.70 **
بستر Substrate (Sub)	2	3482.34 **	2383.03 **	3482.35 **	1679.36 **	2902.70 **
تیمار × دما (T × Temp)	15	2319.62 **	1807.51 **	2319.63 **	786.14 **	22038.23 **
تیمار × بستر (T × Sub)	6	1459.68 **	1110.83 **	1459.69 **	571.77 **	15355.14 **
دما × بستر (Temp × Sub)	10	2544.44 **	2684.48 **	2544.45 **	247.37 **	22530.90 **
تیمار × دما × بستر (T × Temp × Sub)	30	532.30 **	548.41 **	532.31 **	131.15 **	6638.72 **
خطا Error	216	38.84	35.00	38.85	12.51	118.2
ضریب تغییرات C.V.	-	17.90	18.07	9.57	27.9	16.87

**، *، 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.

همانطور که از نتایج مشخص می‌گردد، بذرهای خاکشیر جوانه‌زنی بهتری را در دماهای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد در هر سه تیمار شاهد، نیترات پتاسیم و سرمادهی مرطوب نشان دادند. دماهای پایین‌تر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان دمای مطلوب جوانه‌زنی در بذرهای آنغوزه و باریجه پیشنهاد شده است (Kumar *et al.*, 2020; Zardari *et al.*, 2019). گزارش شده است که نفوذپذیری غشا در دماهای پایین به دلیل جابجایی هورمون جیبرلین به مکان‌های موثر در رشد بذر تاثیرگذار است (Bianco *et al.*, 1984). واکنش جوانه‌زنی به دما در میان گونه‌ها و حتی توده‌های درون یک گونه می‌تواند متفاوت باشد. به طور کلی کاهش درصد

جوانه‌زنی در دماهای بالا و پایین‌تر از حد مطلوب به دلیل کاهش کارآیی متابولیکی در بذرهای گیاهان باشد (Adam *et al*., 2007). وقوع شرایط طبیعی سرمادهی در محیط زیست گیاهان یکی از نیازهای جوانه‌زنی بذرهای برخی از گونه‌های گیاهی است که نشان دهنده نیاز فیزیولوژیک بذرها به سرمای دوره‌ای به‌منظور القای جوانه‌زنی در آنها است (Sharifi *et al*., 2017).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بستر کشت و تیمار بر شاخص درصد جوانه‌زنی نهایی بذر خاکشیر.
بستر کشت (Sub): روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

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

دما (Temp)	بستر (Sub)	درصد جوانه‌زنی نهایی (Final germination percentage)			
		شاهد Control	نیترات پتاسیم KNO3	سرمادهی Pre-chilling	غوطه‌وری Soaking
10	TP	58.25 d-i	90.00 a		60.25 d-h
	BP	57.25 d-i	88.50 a		61.50 b-g
	S	18.00 s-y	56.50 d-i		24.25 p-w
15	TP	19.50 r-y	61.00 c-g	58.50 d-i	25.00 p-v
	BP	30.75 n-t	62.75 b-f	62.00 b-g	33.50 m-q
	S	74.25 b	90.75 a	25.00 p-v	42.25 j-n
20	TP	28.50 o-t	36.50 k-p	20.25 q-x	26.75 p-u
	BP	24.50 p-w	45.50 i-m	28.00 o-t	31.25 n-s
	S	64.25 b-e	8.25 xyz	17.50 t-y	50.75 e-j
25	TP	10.50 xyz	9.50 xyz	31.75 n-r	28.5 o-t
	BP	13.00 v-z	11.50 w-z	26.50 p-u	30.50 n-s
	S	10.00 xyz	6.50 xyz	13.75 u-z	49.75 f-j
20-30	TP	62.75 b-f	59.00 d-h	41.25 j-o	55.75 d-i
	BP	73.75 bc	65.75 bcd	47.50 h-l	59.50 d-h
	S	25.50 p-v	6.75 xyz	6.75 xyz	48.75 g-k
35	TP	0.50 z	0.50 z	34.50 m-p	8.00 xyz
	BP	0.50 z	0.75 z	35.25 l-p	1.50 z
	S	0.25 z	0.00 z	11.00 xyz	4.00 z

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

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

مشخص شده است که تیمار سرمادهی مرطوب و غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم و استیل سالیسیک اسید در بهبود جوانه‌زنی بذرهای خاکشیر نقش دارد. یکی از دلایل اثر مثبت تحریک‌کننده‌های شیمیایی مانند نیترات پتاسیم بر جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های بارهنگ و خاکشیر ناشی از ایجاد موازنه بین نسبت‌های هورمونی و کاهش میزان آبسزیک اسید است. تیمار سرمادهی مرطوب برای ۱۰ روز سبب حصول بالاترین جوانه‌زنی در بذرهای خاکشیر شد (Tavili *et al*., 2010). مشخص شده است که استفاده از نیترات پتاسیم در خاک، سبب افزایش جوانه‌زنی بذرهای خاکشیر و تخلیه خاک از بذرهای خاکشیر در بانک بذر خاک می‌شود (Karimmojeni *et al*., 2014).

کمترین درصد جوانه‌زنی نهایی در دمای ثابت ۳۵ درجه سانتی‌گراد در هر سه بستر کشت مشاهده گردید. در تیمار سرمادهی مرطوب تنها در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در دو بستر کشت روی و بین کاغذی سبب افزایش جوانه‌زنی تا ۳۵ درصد شد (جدول ۲). بذرهای *Corchorus olitorius* L در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد هیچ جوانه‌زنی نداشتند، اما در صورتی که قبل از قرارگیری در این دما، به مدت ۷ روز سرمادهی شده بودند، جوانه‌زنی آنها تا ۷۵ درصد افزایش یافت (Nkomo and Kambizi, 2009).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بستر کشت و تیمار بر شاخص درصد گیاهچه عادی خاکشیر.
بستر کشت (Sub): روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

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

دما (Temp)	بستر (Sub)	درصد گیاهچه عادی (Normal seedling percentage)			
		شاهد Control	نیترات پتاسیم KNO3	سرمادهی Pre-chilling	غوطه‌وری Soaking
10	TP	58.25 cde	89.50 a		59.50 cde
	BP	57.25 c-f	88.25 a		61.50 cde
	S	18.00 o-u	56.50 c-g		24.25 m-r
15	TP	19.50 n-s	59.25 cde	56.25 c-g	24.50 m-r
	BP	30.75 k-o	60.25 cde	59.00 cde	32.00 k-n
	S	74.25 a	90.50 a	24.75 m-r	42.00 h-k
20	TP	27.00 l-p	34.25 j-m	19.00 n-t	25.25 m-q
	BP	23.75 m-s	44.75 g-j	25.25 m-q	29.25 l-p
	S	64.25 bc	8.25 s-w	17.50 p-u	50.75 d-h
25	TP	9.25 s-w	7.25 s-w	30.00 l-p	27.50 l-p
	BP	12.50 r-w	9.50 s-w	25.50 m-q	29.00 l-p
	S	10.00 s-w	6.00 uvw	13.75 q-v	49.25 e-i
20-30	TP	62.75 bcd	57.50 c-f	38.50 i-l	54.25 d-g
	BP	73.75 a	63.50 bcd	45.50 f-j	57.00 c-g
	S	25.50 m-q	6.50 s-w	4.50 vw	48.75 e-i
35	TP	0.50 w	0.25 w	0.00 w	0.00 w
	BP	0.50 w	0.00 w	0.00 w	0.00 w
	S	0.25 w	0.00 w	0.00 w	0.00 w

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

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

درصد گیاهچه عادی

در مقایسه سه تیمار نیترات پتاسیم، سرمادهی مرطوب و غوطه‌وری با تیمار شاهد، کمترین درصد گیاهچه عادی در دو دمای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در هر سه بستر کشت مشاهده گردید. بالاترین مقدار این شاخص در بین تیمارها در نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دو بستر روی و بین کاغذی و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه و سپس در شرایط شاهد، در دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه ثبت گردید (جدول ۳). در مطالعه‌ای بر روی بذرهای خارمریم مشاهده گردید که استفاده از تیمار نیترات پتاسیم سبب افزایش درصد گیاهچه‌های عادی و همچنین بهبود استقرار گیاهچه می‌گردد

(Ebrahimi Mohammad Abadi and Kaboli, 2020). بالاترین مقدار شاخص درصد گیاهچه غیرعادی در تیمار ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید، اگرچه مقدار این شاخص در تمامی تیمارها بجز سرمادهی مرطوب که در حدود ۳۵ درصد بود ، زیر ۴ درصد مشاهده گردید (داده‌ها ارائه نشده است). گزارش شده است که درصد گیاهچه عادی بذر پس از قرارگیری در دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد (۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) کاهش معنی‌داری را نشان داد (Iloh *et al*., 2014 ؛Abu-Rayyan *et al*., 2012).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بستر کشت و تیمار بر شاخص درصد بذرهای مرده خاکشیر.
بستر کشت (Sub): روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

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

دما (Temp)	بستر (Sub)	درصد بذرهای مرده (Dead seeds percentage)			
		شاهد Control	نیترات پتاسیم KNO_3	سرمادهی Pre-chilling	غوطه‌وری Soaking
10	TP	41.75 r-w	10.00 z		39.75 s-w
	BP	42.75 r-w	11.50 z		38.50 t-y
	S	82.00 b-h	43.50 r-w		75.75
15	TP	80.50 c-i	39.00 t-x	41.50 s-w	75.00 e-k
	BP	69.25 g-m	37.25 u-y	38.00 t-y	66.50 j-n
	S	25.75 y	9.25 z	75.00 e-k	57.75 m-q
20	TP	71.50 g-l	63.50 k-p	79.75 c-j	73.25 f-k
	BP	75.50 d-k	54.50 n-r	72.00 g-l	68.75 h-m
	S	35.75 v-y	91.75 abc	82.50 b-g	49.25 q-v
25	TP	89.50 abc	90.50 abc	68.25 i-m	71.50 g-l
	BP	87.00 a-e	88.50 a-d	73.50 f-k	69.50 g-m
	S	90.00 abc	93.50 ab	86.25 a-f	50.25 q-u
20-30	TP	37.25 u-y	41.00 s-w	58.75 l-q	44.25 r-w
	BP	26.25 xy	34.25 wxy	52.50 o-s	40.50 s-w
	S	74.50 e-k	93.25 abc	93.25 abc	51.25 p-t
35	TP	99.50 a	99.50 a	65.50 k-n	92.00 abc
	BP	99.50 a	99.25 a	64.75 k-o	98.50 a
	S	99.75 a	100.00 a	89.00 abc	96.00 a

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد می‌باشند.
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability levels using Duncan test.

درصد بذرهای مرده

بالاترین درصد بذرهای مرده در دو دمای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد (جدول ۴). افزایش درصد بذرهای مرده و ممانعت از جوانه‌زنی در پاسخ به دماهای بالا اغلب درنتیجه مرگ جنین و سلول‌ها رخ می‌دهد (Piramila et al., 2011). در تیمار نیترات پتاسیم در دو دمای ۲۰ و ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه، بالاترین درصد بذرهای مرده مشاهده شد. در سرمادهی مرطوب، در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در هر سه بستر و در دمای ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه درصد بذرهای مرده بالا ثبت شد. بالاترین درصد بذرهای مرده در تیمار غوطه‌وری در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه، در دمای ۱۵ و

۲۰ درجه سانتی‌گراد در بستر روی و بین کاغذی نشان داده شد. کمترین درصد بذرهای مرده در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دو بستر روی و بین کاغذی و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه در تیمار نیترات پتاسیم مشاهده شد (جدول ۴). مشخص شده است که زنده‌مانی بذرها در دماهای پایین افزایش یافته و زنده‌مانی بهتری داشته و پس از قرارگیری در دماهای پایین با سرعت کمتری، جوانه‌زنی را آغاز نموده و درصد بذرهای مرده نیز کمتر بوده است (Jaganathan *et al*., 2020). برخلاف بذرهای خاکشیر، در بذرهای برخی از گیاهان نیام‌دار، جذب آب در دماهای پایین سبب خسارت به غشای سلولی و اجزای داخلی بذر شده و علی رغم سرعت اندک در جوانه‌زنی برخی از بذرها، منجر به مرگ درصد زیادی از بذرهای آن جمعیت می‌گردد (Plazek *et al*., 2018).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بسترکشت و تیمار بر شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر خاکشیر.
بستر کشت (Sub): روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

Table 5- Mean comparison of interaction effects (Temperature × Substrate × Treatment) on *Descurainia Sophia* seeds germination rate index. Substrate (Sub): Top paper (TP), Between paper (BP), Sand (S).

دما (Temp)	بستر (Sub)	شاخص سرعت جوانه‌زنی (Rate index)، 1/d			
		شاهد Control	نیترات پتاسیم KNO3	سرمادهی Pre-chilling	غوطه‌وری Soaking
10	TP	5.73 q-y	11.27 l-t		8.14 o-y
	BP	5.44 q-y	11.71 k-s		8.94 n-x
	S	1.50 wxy	5.28 r-y		2.41 wxy
15	TP	3.88 s-y	14.32 i-p	55.01 a	8.85 n-x
	BP	6.91 p-y	13.00 j-r	59.65 a	12.33 j-r
	S	14.32 i-p	22.65 d-h	16.36 g-n	13.44 i-q
20	TP	9.29 n-w	8.77 n-x	10.55 m-v	19.48 f-k
	BP	7.30 p-y	11.13 l-u	16.61 g-n	19.83 e-j
	S	19.09 f-k	1.40 wxy	6.80 p-y	18.31 f-m
25	TP	2.59 v-y	2.47 v-y	27.36 b-e	18.51 f-l
	BP	3.39 t-y	3.75 s-y	19.36 f-k	21.05 e-i
	S	3.08 u-y	1.06 xy	6.49 p-y	20.20 e-j
20-30	TP	24.21 c-g	22.27 d-h	23.42 c-h	30.34 bc
	BP	27.32 b-e	25.68 b-f	30.53 bc	32.51 b
	S	8.02 o-y	1.00 xy	2.68 v-y	15.78 h-o
35	TP	0.28 y	0.18 y	29.50 bcd	7.12 p-y
	BP	0.17 y	0.29 y	30.92 bc	0.92 xy
	S	0.08 y	0.00 y	6.31 p-y	1.42 wxy

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد می‌باشند.
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability levels using Duncan test.

شاخص سرعت جوانه‌زنی

شاخص سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی، شاخص حساس‌تری نسبت به دما بوده که جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tabrizi *et al*., 2004). در شرایط تیمار شاهد، نیترات پتاسیم و غوطه‌وری، شاخص سرعت جوانه‌زنی در تمامی تیمارها پایین بود و تنها در دمای ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد در دو بستر روی و بین کاغذی، شاخص سرعت بالا بود. در تیمار سرمادهی

مرطوب تقریباً سرعت جوانه‌زنی نسبت به تمامی تیمارهای متناظر (شاهد، نیترات پتاسیم و غوطه‌وری) خود در شش دما و سه بستر دیگر، بالاتر بود (جدول ۵). در مطالعه‌ای بذرهای خاکشیر با سرمادهی مرطوب تیمار شدند و سپس تحت تیمار هورمون جیبرلیک اسید در غلظت‌های مختلف در شرایط نور یا تاریکی قرار گرفته و مشخص شد که سرعت جوانه‌زنی بذرها به میزان زیادی در شرایط وجود نور بالاتر از تاریکی بود و نشان داد که رفع نیازهای هورمونی بذر، سبب می‌گردد تا بذرها نیاز کمتری به شرایط سرمادهی (که سبب تغییرات هورمونی می‌شود) داشته باشند (Li *et al*., 2005). مشخص شده است که افزایش جوانه‌زنی در بذرها در شرایط سرمادهی ناشی از افزایش محتوی پروتئین محلول است و مشخص شد که اثر سرمادهی بر جوانه‌زنی چند بذر گیاهان داروئی سرخارگل، بالنگو، دو گونه بارهنگ (اسپرزه)، خارمریم، و زیره سبز مثبت بود و جوانه‌زنی بهبود یافت (Davazdah Emami *et al*., 2005). تغییر توازن هورمون‌های دخیل در جوانه‌زنی طی سرمادهی در بذرها به تغییر در الگوی بیان ژن‌های دخیل در بیوسنتز هورمون‌های جیبرلیک‌اسید و آبسیزیک اسید نسبت داده‌شده است (Aihua *et al*., 2018). در مقایسه چهار تیمار (شاهد، نیترات پتاسیم، سرمادهی مرطوب و غوطه‌وری) با یکدیگر مشاهده شد که بالاترین شاخص سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در دو بستر روی و بین کاغذی مشاهده شد و کمترین شاخص سرعت جوانه‌زنی نیز در دو دمای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بویژه در دو تیمار شاهد و نیترات پتاسیم ثبت گردید (جدول ۵). کاهش سرعت جوانه‌زنی در بذرهای گندم با افزایش دما به بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Sharma *et al*., 2022).

بنیه وزنی گیاهچه

مقایسه میانگین بنیه وزنی گیاهچه بذرهای خاکشیر در تیمارهای مختلف دمایی، بستر کشت و تیمارها (شاهد، نیترات پتاسیم، سرمادهی و غوطه‌وری) حاکی از تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بود (جدول ۶). در تیمار شاهد، بالاترین بنیه وزنی گیاهچه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه ثبت گردید. در مقایسه تیمارهای نیترات پتاسیم، سرمادهی و غوطه‌وری با شاهد مشاهده شد که بالاترین بنیه وزنی گیاهچه در تیمار نیترات پتاسیم، در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه و در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دو بستر روی و بین کاغذی ثبت گردید. کمترین بنیه وزنی گیاهچه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در هر سه بستر کشت و هر سه تیمار سرمادهی مرطوب، نیترات پتاسیم و غوطه‌وری، مشاهده شد (جدول ۶). نیتروژن موجود در نیترات پتاسیم، به بذرها کمک می‌کند تا پروتئین‌ها را سنتز کند و درنتیجه بر کیفیت بذر تاثیرگذار است (Vance, 2001).گزارش شده است که پرایمینگ بذرها با نیترات پتاسیم، نقش مثبتی در استقرار گیاهچه و بنیه گیاهچه دارد (Ali *et al*., 2020; Mohammadi, 2009). استفاده از نیترات پتاسیم بر جوانه‌زنی نهایی بذر از طریق کاهش مدت زمان جوانه‌زنی، بنیه بذر و یکنواختی جوانه‌زنی در گونه‌های مختلف گیاهی تاثیر می‌گذارد (Abdel-Baki *et al*., 2018 and Moaaz *et al*., 2020). بذرهای چندین رقم گوجه فرنگی پس از پرایمینگ با نیترات پتاسیم، بنیه گیاهچه را از طریق افزایش و ارتقای فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی افزایش دادند (Mebratu, 2022).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این مطالعه اطلاعات مفیدی را در رابطه با پاسخ‌های جوانه‌زنی بذر خاکشیر در طیف وسیعی از دماها ارائه می‌کند. پس از مقایسه سه تیمار نیترات پتاسیم، سرمادهی مرطوب و غوطه‌وری با شاهد، کمترین مقدار شاخص‌های جوانه‌زنی و بالاترین درصد بذرهای مرده در دو دمای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بهترین تیمار در راستای ارتقای جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه خاکشیر

استفاده از محلول نیترات پتاسیم و بهترین دما برای حصول حداکثر جوانه‌زنی، دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. بسترهای روی و بین کاغذی نیز جوانه‌زنی بالاتری را نسبت به ماسه حاصل کردند. در مجموع تیمار نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دو بستر روی و بین کاغذی و تیمار نیترات پتاسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در بستر ماسه، بهترین شرایط برای ارزیابی جوانه‌زنی استاندارد بذرهای خاکشیر پیشنهاد می‌گردد، زیرا بالاترین درصد جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی و بنیه وزنی گیاهچه، و پایین‌ترین درصد بذرهای مرده خاکشیر را حاصل می‌نمایند.

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 می‌نمایند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، بستر کشت و تیمار بر بنیه وزنی گیاهچه خاکشیر.
بسترکشت (Sub)، روی کاغذی (TP)، بین کاغذی (BP)، ماسه (S).

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

دما (Temp)	بستر (Sub)	بنیه وزنی گیاهچه (Seedling weight vigor)			
		شاهد Control	نیترات پتاسیم KNO3	سرمادهی Pre-chilling	غوطه‌وری Soaking
10	TP	70.75 i-n	288.45 b		79.70 i-m
	BP	124.25 fgh	260.40 c		70.30 i-n
	S	36.50 pqr	73.80 i-n		29.95 qrs
15	TP	24.40 q-u	114.02 h	83.98 ijk	58.20 l-p
	BP	56.88 m-p	128.70 fgh	119.40 gh	65.45 j-o
	S	141.78 f	352.40 a	53.30 nop	187.50 e
20	TP	31.10 qrs	89.625 i	24.55 q-u	71.60 i-n
	BP	26.85 q-u	59.98 l-o	60.88 k-o	81.50 i-l
	S	121.30 fgh	9.20 s-v	18.725 r-v	226.78 d
25	TP	9.25 s-v	6.15 tuv	60.40 k-o	67.87 i-n
	BP	15.90 r-v	8.625 s-v	52.55 nop	70.65 i-n
	S	10.00 s-v	6.40 tuv	28.425 q-t	140.90 fg
20-30	TP	85.05 ij	59.025 l-o	43.53 opq	57.00 m-p
	BP	77.4 i-m	63.50 j-o	71.95 i-n	61.60 k-o
	S	30.55 qrs	6.25 tuv	3.83 uv	127.50 fgh
35	TP	0.00 v	0.03 v	0.00 v	0.00 v
	BP	0.00 v	0.00 v	0.00 v	0.00 v
	S	0.00 v	0.00 v	0.00 v	0.00 v

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

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

Reference منابع

Abdel-Baki, G. K., M. Shaddad, D. Mostafa, and A-S. Rafat. 2018. The effect of seed presoaking with KNO3 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.

Abu-Rayyan, A., M.W. Akash, and G. Gianquinto. 2012. Onion seed germination as affected by temperature and light. Int. J. Veg. Sci. 18(1): 49-63.

Adam, N. R., D. A. Dierig, T. A. Coffelt, M. J. Wintermeyer, B. E. Mackey, and G. W. Wall. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. Ind. Crops. Prod. 25: 24-33.

Aghilian S., M. Khajeh-Hosseini, and S. Anvarkhah. 2014. Evaluation of seed dormancy in forty medicinal plant species. Intl. J. Agric. Crop Sci. 10: 760-768.

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.

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

Association of Official Seed Analysis AOSA. 1983. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No. 32 to the handbook on Seed Testing. 1st Ed., AOSA, East Lansing, Michigan, U.S.

Bahmani, M., P. Tajeddini, B. Ezatpour, M. Rafieian-Kopaei, N. Naghdi, and M. Asadi-Samani. 2016. Ethenobothanical study of medicinal plants against parasites detected in Shiraz, southern part of Iran. Der Pharm. Lett. 8: 153–160.

Bekker, N.P., N.T. Ulchenko, and A.I. Glushenkova. 2005. Lipids from *Descurainia Sophia* seeds. Chem. Nat. Compd. 41: 346–347.

Bewley, J.D., and M. Black. 2012. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: volume 2: viability, dormancy, and environmental control. Springer Science and Business Media, Berlin, Heidelberg, Germany.

Bianco, J., S. Lassechere, and C. Bulard. 1984. Gibberellins in dormant embryos of *Pyrus malus* L. CV. Golden delicious. J. Plant Phys. 116: 185-188.

Davazdah Emami, S., and E. Shahmansouri. 2005. The effect of Cold on seed germination of several species of medicinal, Articles Summary 2nd Cong. Med. Plants, Univ. Shahed. 26 and 27 Jan. 2005, Tehran, Iran.(In Persian)

Ebrahimi Mohammad Abadi, N., and S-H. Kaboli. 2020. Effect of different times and kno_3 concentrations on *silybum marianum* seedling enhancement. J. Med. Plants. By-prod. 1: 51-58.

Finch-Savage, W.E., and G. Leubner-Metzger. 2006. Seed dormancy and the control of germination. New Phytol. 171: 501-523.

Ghaderi-Far, F., and A. Soltani. 2014. Seed testing and control. Publications University of Mashhad. 200 pp.

Ghorbani, A. 2005. Studies on pharmaceutical ethnobotany in the region of Turkmen Sahra, north of Iran (part 1): General results. J. Ethnopharm. 102: 58-68.

Hedge, I. and K. H. Rechinger. 1968. Cruciferae (57). In Rechinger, K.H. (Ed.), *Flora Iranica*, Graz. 36 Tafeln. 372 S. gr8vo. Broschiert.

Iloh, A.C., G. Omatta, G.H. Ogbadu, and P.C. Onyenekwe. 2014. Effects of elevated temperature on seed germination and seedling growth on three cereal crops in Nigeria. Sci. Res. Essays. 9: 806–813.

ISTA, 2022. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Associations. Wallisellen, Switzerland.

Jaganathan, G.K., S.E. Dalrymple, and H.W. Pritchard. 2020. Seed survival at low temperatures: a potential selecting factor influencing community level changes in high altitudes under climate change. Crit. Rev. Plant Sci. 39(6): 479-492.

Karimmojeni, H., A. Taab, B. Rashidi, and A-H. Bazrafshan. 2014. Dormancy breaking and seed germination of the annual weeds *Thlaspi arvense*, *Descurainia sophia* and *Malcolmia Africana* (Brassicaceae). J. Plant Prot. Res.54. 2: 179-187.

Khan, M., Y. Xiao, B. Yu, N. Wang, A. Rasul, F. Yi, L. Yang, H. Yang, and T. MA. 2012. Artabotryside A, a constituent from *Descurainia Sophia* (L.) induces cell death in U87 glioma cells through apoptosis and cell cycle arrest at G2/M phase. J. Med. Plant Res. 6: 3754-3765.

Khosravi-Pour, B., A. Siahpoosh, and Z. Mohammadi-Karbalaei. 2015. The importance of cultivating medicinal plants and producing their products in agriculture. 1st National Conference on Herbs and Herbal Medicine. Tehran. 27 May 2015, Tehran, Iran. (In Persian)

Kim, S.Y., K.M. Warpeha, and S.C. Huber. 2019. The brassinosteroid receptor kinase, BRI1, plays a role in seed germination and the release of dormancy by cold stratification. J. Plant Physiol. 241: 1-8.

Kumar, A., R. Kumar, S. Singh, S. Sharma, S. Singh, and S. Kumar. 2020. Evaluation of *Ferula Assa-Foetida* accessions for germination parameters under cold stratification to overcome seed dormancy and effect of media mixtures on seedling growth. Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-112608/v1.

Lamichhane, J.R., P. Debaeke, C. Steinberg, M.P. You, M.J. Barbetti, and J.N. Aubertot. 2018. Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: a conceptual framework. Plant and soil. 432(1): 1-28.

Li, W., X. Liu, M. A. Khan, Y. Kamiya, and S. Yamaghuchi. 2005. Hormonal and environmental regulation of seed germination in flixweed (*Descurainia sophia*). Plant Growth Regul. 45: 199–207.

Mebratu, A. 2022. Potassium Nitrate Priming Effect on the Germination of Tomato (*Lycopersicum esculentum*. Mill) cvs. "Mersa" and "Tekeze-1". Int. J. Agron. https://doi.org/10.1155/2022/4970107

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. Agriculture. 10(11): 3-10.

Mohammadi, G.R. 2009. The effect of seed priming on plant traits of late-spring seeded soybean (*Glycine max* L.). Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 5: 322–326.

Nie, Y., S. Fengxue, C. Kailun, T. Jiang, S. Juan, and H. Yan, 2021. Determination of optimum germination temperature and dormancy breaking method for seeds of wild herb. Res. J. Seed Sci.14: 27-38.

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.

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

Piramila, B.H.M., A.L. Prabha, V. Nandagopalan, and A.L. Stanley. 2011. Effect of heat treatment on germination, seedling growth and some biochemical parameters of dry seeds of black gram. Int. J. Pharm. Phytopharm. Res. 1: 194–202.

Plazek, A., F. Dubert, P. Kopec, M. Dziurka, A. Kalandyk, J. Pastuszak, and B. Wolko. 2018. Seed hydropriming and smoke water significantly improve low-temperature germination of *Lupinus angustifolius* L. Int. J. Mol. Sci. 19(992): 2-18.

Sharifi, H., A. Nemati, and M. Gardakaneh. 2017. Breaking seed dormancy and improve germination of four medicinal species of apiaceae by gibberellic acid and prechilling treatments. Iran. J. Seed Sci. Res. 4: 27-38. In Persian with English Abstract.

Sharma, S., V. Singh, H. Tanwar, V.S. Mor, M. Kumar, R.C. Punia, M.S. Dalal, M. Khan, S. Sangwan, and A. Bhuker, A. 2022. Impact of High Temperature on Germination, Seedling Growth and Enzymatic Activity of Wheat Agriculture. 12: 1-19.

Shayanfar, A., F. Ghaderi-Far, R. Behmaram, A. Soltani, and H. R. Sadeghipour. 2020. Impacts of fire cues on germination of *Brassica napus* L. seeds with high and low secondary dormancy. Plant Biol. 22(4): 647-654.

Tabrizi, L., M. Nasiri Mahallati, and A. Kochaki. 2004. Investigation on the cardinal temperature for germination of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Iran. J. Field Crops Res. 2: 143-151. In Persian with English Abstract.

Vance, C. P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition: Plant nutrition in a world of declining renewable resources. Plant Physiol. 127: 390–397.

Vercellino, R.B., C.E. Pandolfo, A. Cerrota, M. Cantamutto, and A. Presotto. 2019. The roles of light and pericarp on seed dormancy and germination in feral *Raphanus sativus* (Brassicaceae). Weed Res. 59(5): 396-406.

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.