

## تعیین درجه حرارت‌های کاردینال و واکنش جوانه‌زنی بذور به دما در اکوتیپ‌های ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

### Determination of Cardinal Temperatures and Response to Temperature for Seed Germination in Basil (*Ocimum basilicum* L.) Ecotypes

سیدفاضل فاضلی کاخکی<sup>۱\*</sup>، نسرین مشفق<sup>۲</sup> و مرتضی گلدانی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۲۵

#### چکیده

بررسی واکنش جوانه‌زنی بذر گیاهان زراعی به دما از نظر سرعت و یکنواختی حائز اهمیت می‌باشد. از این رو به منظور تعیین دماهای کاردینال و تأثیر سطوح مختلف دما بر شاخص‌های جوانه‌زنی، ۷ اکوتیپ ریحان (شامل: بنفش بندرعباس، بنفش کرمان، سبز دزفول، سبز یزد، سبز محلات، سبز شیراز و سبز اصفهان) در ۸ سطح دما (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که تأثیر درجه حرارت بر شاخص‌های جوانه‌زنی در اکوتیپ‌های ریحان معنی‌دار بود. بیشترین شاخص‌های جوانه‌زنی (درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه) از دما ۲۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. تمامی اکوتیپ‌های ریحان بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد داشتند. از نظر سرعت جوانه‌زنی اکوتیپ سبز یزد در دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد با ۳۹/۱ بذر در روز بیشترین و اکوتیپ سبز اصفهان با ۱۳/۲ بذر در روز در همین دما کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند. با افزایش دما به بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش یافت و زمانی که دما از ۳۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، شاخص‌های فوق نیز افت کردند. با افزایش دما به بیشتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد درصد و سرعت جوانه‌زنی به طور قابل ملاحظه‌ای روند افزایشی داشت. براساس نتایج رگرسیون خطی بین سرعت جوانه‌زنی و دما مشخص شد که دماهای کاردینال (حداقل، بهینه و حداکثر) در اکوتیپ‌های ریحان به ترتیب در دامنه ۳/۵-۷/۱، ۲۷/۸-۲۴ و ۴۲/۸-۴۵/۷ درجه سانتی‌گراد قرار دارد.

**واژه‌های کلیدی:** سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه، نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه

۱. دانش آموخته دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و مدرس مرکز تحقیقات و آموزش و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران  
۲ و ۳. به ترتیب کارشناس ارشد و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

Email: sf\_fazeli@yahoo.com

\*: نویسنده مسئول

## مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی است یک‌ساله، علفی، معطر، متعلق به خانواده Lamiaceae که ارتفاع ساقه آن تا ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌های آن به صورت متقابل، بیضوی، دارای گل‌های کوچک و معطر به رنگ‌های سفید، قرمز و گاهی بنفش مشاهده می‌شود. بذر آن سیاه و ریز است (امیدبیگی، ۱۳۸۴). برگ ریحان و سرشاخه‌های جوان آن به مصرف تغذیه و تهیه اسانس می‌رسد. ریحان در ایران و افغانستان به طور خودرو می‌روید و در اکثر نقاط دنیا کاشته می‌شود (امیدبیگی، ۱۳۸۴؛ حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۱). رشد و نمو گیاهان علاوه بر عوامل ژنتیکی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارد و درجه حرارت مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی در کلیه مراحل رشد اعم از جوانه‌زنی، گلدهی، رشد، فتوسنتز و تنفس می‌باشد که به همراه سایر عوامل نقش تعیین‌کننده در پتانسیل عملکرد گیاهان دارد (رحیمی و کافی، ۱۳۸۹). با این حال محدوده بردباری گیاهان به دما تحت تأثیر عواملی مانند سن گیاه، میزان آب گیاه و فصل سال قرار دارد. افزایش بازدهی استفاده مؤثر از عوامل محیطی مانند تشعشع، افزایش قدرت رقابت گیاه زراعی با علف هرز، دستیابی سریع به پوشش کامل زمین و سطح برگ مناسب، به جوانه‌زنی سریع و استقرار بوته‌ها در مزرعه وابسته می‌باشد (سلطانی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). جوانه‌زنی از بحرانی‌ترین مراحل استقرار گیاهچه‌های گیاهان زراعی است و اهمیت زیادی در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح داشته و در صورت مهیا بودن سایر شرایط رشدی توسط دما محدود می‌شود (چوردن<sup>۲</sup> و هافرکمپ، ۱۹۸۹). عکس العمل جوانه‌زنی نسبت به دما به عوامل متعددی از جمله گونه‌های گیاهی، واریته، منطقه رویشی، کیفیت بذر و مدت زمان پس از برداشت بستگی دارد. نیاز دمایی گیاهان در مرحله جوانه‌زنی به دماهای مناسب تحت عنوان دامنه دمای زیستی (کاردینال) معرفی می‌گردد که شامل دما حداقل (که کمتر از آن جوانه‌زنی صورت نمی‌گیرد)، بهینه (درجه حرارتی که بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان رخ می‌دهد) و دما حداکثر (که در بیشتر از آن جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد) می‌باشد (رحیمی و کافی، ۱۳۸۹). با تعیین دماهای کاردینال امکان ارزیابی محدودیت‌های جغرافیایی گونه‌ها و زمان کشت آنها ممکن می‌گردد. شاید بتوان گفت که دما حداقل، بهینه و حداکثر برای پیش‌بینی مراحل رشد و نمو گیاهان زراعی شاخص‌های مناسبی هستند. هر چند که برای

تأیید این فرضیه نیاز است که آزمایشات متعددی صورت پذیرد. دمای بهینه جهت جوانه‌زنی بذر به ژنتیک گیاه و شرایط اقلیمی که گیاه در آن رشد و نمو می‌کند بستگی دارد (سلیمی و قربانلی، ۱۳۸۰). کولپند و مکدونالد<sup>۳</sup> (۱۹۹۵) گزارش کردند که در اکثر گونه‌های گیاهی دما بهینه و حداکثر جوانه‌زنی بذور به ترتیب بین ۳۰-۱۵ و ۴۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارد.

محققین رابطه خطی بین دما و سرعت جوانه‌زنی را در برخی گونه‌های گیاهی گزارش کرده‌اند و عمدتاً از رگرسیون خطی برای بیان رابطه دما با سرعت جوانه‌زنی استفاده می‌کنند (تبریزی و همکاران، ۱۳۸۳). مطالعات انجام شده در زمینه گیاهان مختلف زراعی نشان داده است که امتداد خطوط رگرسیون دمای بالا و پایین با محور دما به ترتیب به‌عنوان دمای حداکثر یا سقف و دمای پایه در نظر گرفته شده است و تلاقی این دو خط به‌عنوان دمای بهینه، که در آن بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی اتفاق می‌افتد را معرفی کرده‌اند (زینلی و همکاران، ۱۳۸۹).

بسیاری از شاخص‌های جوانه‌زنی مانند: سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی در صورت مهیا بودن اکسیژن و رطوبت کافی توسط دما تعیین می‌شود (رامین<sup>۴</sup>، ۱۹۷۷). با افزایش دما به بیشتر از دمای بهینه سبب تجزیه پروتئین‌های ضروری مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذر شده در نتیجه میزان درصد جوانه‌زنی کاهش یافته و به تدریج به صفر می‌رسد و کاهش دما نیز به کمتر از دمای مطلوب سبب عدم جوانه‌زنی بذور می‌گردد (تبریزی و همکاران، ۱۳۸۳). بنابراین تعیین آستانه حداقل و حداکثر دما برای انجام جوانه‌زنی مطلوب و استقرار مناسب گیاه ضروری به نظر می‌رسد (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۶). این فرآیند با ظهور ساقه‌چه و ریشه‌چه و طول شدن آنها و تخصیص مواد غذایی ذخیره شده به محور جنینی آغاز می‌شود.

در رابطه با تعیین دامنه دمای زیستی جوانه‌زنی گیاهان مختلف زراعی و ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی مطالعات نسبتاً گسترده‌ای صورت پذیرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات رامین (۱۹۹۷) در مورد ژنوتیپ‌های تره ایرانی (*Allium ampeloprasum* L. ssp. *iranicum*)، ویژیل<sup>۵</sup> و همکاران (۱۹۹۷) در کلزا (*Brassica napus* L.) و شلغم روغنی (*B. rapa* L.)، رحیمی و کافی (۱۳۸۹) در خرفه (*Portulaca oleracea* L.) و تبریزی و همکاران (۱۳۸۳) در اسفزه (*Plantago ovata* Forsk.) و پسیلیوم (*Plantago psyllum* L.)

3. Copeland and McDonald

4. Ramin

5. Vigil

1. Soltani

2. Jordan and Haferkamp

gi تعداد بذر جوانه زده در هر شمارش و di تعداد روز شمارش تا روز nام می باشد.

برای تعیین دماهای کاردینال از رگرسیون خطی بین سرعت جوانه زنی (تعداد بذر در روز) و دماهای مختلف استفاده شد (تبریزی و همکاران، ۱۳۸۳). با برازش خطوط رگرسیون در طرفین نقطه بهینه (بالا تر و پایین تر از نقطه بهینه)، محل تقاطع خطوط رگرسیون برازش داده شده با محور Xها (دما)، به عنوان دماهای حداقل و حداکثر تخمین زده شد (رامین، ۱۹۹۷؛ آفلاکپوی<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۹۸). خطوط به نحوی برازش داده شدند که بیشترین ضریب همبستگی (R<sup>2</sup>) را داشتند و پراکندگی داده ها در اطراف منحنی از روند منطقی برخوردار باشد. معادله رگرسیون بین سرعت جوانه زنی و دما از معادله (۳) به دست آمد:

$$Y = a + bX \quad X \leq T_o \quad \text{معادله (۳)}$$

در این معادله Y: سرعت جوانه زنی، a: عرض از مبدأ، X: درجه حرارت، b: شیب خط است (تبریزی و همکاران، ۱۳۸۳) که با قرار دادن Y=0 در معادله فوق و حل آن برای X، دمای حداقل و حداکثر جوانه زنی به دست می آید (جووردن و همکاران، ۱۹۸۹):

$$X = -a/b \quad X \geq T_o \quad \text{معادله (۴)}$$

معادله نهایی با احتساب دمای بهینه (T<sub>o</sub>)، براساس مدل مثلثی (Triangular) برازش داده شد و به این ترتیب مقادیر دماهای حداقل (T<sub>min</sub>)، بهینه (T<sub>o</sub>) و حداکثر (T<sub>max</sub>) تعیین شد (تبریزی و همکاران، ۱۳۸۳).

شاخص بنیه گیاهچه<sup>۵</sup> (SVI) براساس معادله ۴ محاسبه شد (علیزاده و ایسوند<sup>۶</sup>، ۲۰۰۵):

$$SVI = \frac{RL + SL}{N} \quad \text{معادله (۴)}$$

RL و SL به ترتیب طول ریشه چه و طول ساقه چه و N تعداد کل بذور جوانه زده در روز آخر می باشند.

قبل از آنالیز آماری تبدیل زاویه ای (آرک سینوس) داده های مربوط به درصد جوانه زنی انجام شد (سوزوکی و خان<sup>۷</sup>، ۲۰۰۰؛ دادخواه، ۱۳۸۵). جهت آنالیز داده ها از برنامه آماری Minitab و مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

اشاره کرد.

با توجه به اینکه تا کنون گزارشی مبنی بر تعیین دماهای کاردینال در اکوتیپ های ریحان یافت نشده است، لذا این مطالعه با هدف تحقیق دامنه دماهای مناسب جوانه زنی (کاردینال) و شناسایی رابطه بین دما و سرعت جوانه زنی انجام شد.

## مواد و روش ها

به منظور تعیین دماهای کاردینال (دمای کمینه، بهینه و بیشینه) بذور اکوتیپ های گیاه ریحان و اثر دماهای مختلف بر برخی شاخص های جوانه زنی آن، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در آزمایشگاه گیاهان ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۱ انجام شد. فاکتور اول هفت اکوتیپ ریحان (شامل: بنفش بندرعباس، بنفش کرمان، سبز دزفول، سبز یزد، سبز محلات، سبز شیراز و سبز اصفهان) و فاکتور دوم ۸ سطح دما (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد) بود. ابتدا بذور با محلول هیپوکلرید سدیم ۲/۵ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضد عفونی شد و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند. ۲۵ عدد بذر که توسط آب مقطر به اندازه کافی مرطوب شده بودند داخل پتری دیش های به قطر ۹ سانتی متر و ضخامت ۱/۵ سانتی متر حاوی یک کاغذ صافی واتمن قرار داده شدند و به ژرمیناتورهای تنظیم شده با دمای ثابت با دقت ±۱ منتقل شدند. مبنای جوانه زنی بذور، خروج ریشه چه از پوسته بذر به میزان ۲ میلی متر بود (آدام و درینگ<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). شمارش بذور جوانه زده تا ۱۴ روز پس از شروع آزمایش و هر روز در یک ساعت مشخص (در ساعت ۱۲ ظهر) انجام شد و در صورت کاهش رطوبت در پتری دیش ها آب مقطر اضافه شد. در پایان شاخص های زیر اندازه گیری شدند:

درصد جوانه زنی<sup>۲</sup> براساس معادله ۱ محاسبه شد (رحیمی و کافی، ۱۳۸۹)

$$FGP = (n / N) \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله n، تعداد بذر جوانه زده در روز آخر و N، تعداد کل بذرها است.

سرعت جوانه زنی<sup>۳</sup> براساس معادله ۲ محاسبه شد (رحیمی و کافی، ۱۳۸۹)

$$GR = \sum_{i=1}^n \frac{gi}{di} \quad \text{معادله (۲)}$$

4. Aflakpui  
5. Seedling Vigor Index  
6. Alizadeh and Eysouvand  
7. Suzuki and Khan

1. Adam and Diering  
2. Final Germination Percentage  
3. Germination Rate

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که دماهای کاردینال (پایه، مطلوب و حداکثر) به طور معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) تحت تأثیر رقم قرار گرفت (جدول ۱). بررسی رگرسیون خطی بین سرعت جوانه‌زنی و دما بیانگر وجود همبستگی مناسبی بین آنها بود و نشان داد که خطوط رگرسیون در دو نقطه محور Xها را قطع می‌کنند که دماهای حدود  $۳/۵$  و  $۴۵$  درجه سانتی‌گراد به ترتیب دامنه دما حداقل و حداکثر اکوتیپ‌های ریحان تعیین می‌شوند (شکل ۱). همچنین محل تقاطع خطوط رگرسیون معرف دمای مطلوب بوده و در اکوتیپ‌های ریحان این دامنه بین حدود  $۲۴$  تا  $۲۷$  درجه سانتی‌گراد قرار داشت (شکل ۱ و جدول ۶). در این مطالعه حداقل دمای پایه ( $۳/۵$  درجه سانتی‌گراد) در اکوتیپ سبز دزفول و بیشترین دمای پایه با مقدار  $۷/۱$  درجه سانتی‌گراد در دو اکوتیپ بنفش بندرعباس و سبز اصفهان قرار داشت (جدول ۶) و دامنه تغییرات دمای پایه  $۳/۶$  درجه سانتی‌گراد بین اکوتیپ‌ها متفاوت بود. نتایج مطالعه نجفی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که دامنه تغییرات حداکثر سرعت جوانه‌زنی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در دامنه دمای بین  $۲۰$  تا  $۳۰$  درجه سانتی‌گراد قرار دارد. در همین مطالعه آنها دمای پایه و سقف را برای ریحان به ترتیب حدود  $۴$  و  $۴۱/۳$  درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. به نظر می‌رسد وجود تنوع در دمای پایه می‌تواند مربوط به سازگاری‌های آنها به محیط‌های با دماهای کم یا زیاد باشد. بررسی دمای سقف جوانه‌زنی نشان داد که در مقایسه با دمای پایه از تنوع کمتری برخوردار بود کمترین مقدار دمای سقف در دو اکوتیپ سبز یزد و سبز اصفهان با مقدار  $۴۲/۸$  درجه سانتی‌گراد و بیشترین مقدار دمای سقف با مقدار  $۴۵/۷$  درجه سانتی‌گراد در اکوتیپ سبز محلات مشاهده شد و دامنه تغییرات دما حداکثر بین اکوتیپ‌ها  $۲/۸$  درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۶). نتایج مطالعه رحیمی و کافی (۱۳۸۹) نشان داد که تغییرات حداکثر دمای جوانه‌زنی در خرفه بین  $۱۵$  تا  $۴۰$  درجه متغیر بود و این دامنه در گیاه اسفرزه محدود و بین  $۱۰$  تا  $۱۵$  درجه سانتی‌گراد قرار داشت (تبریزی و همکاران، ۱۳۸۳). از آنجا که درصد جوانه‌زنی در میزان استقرار گیاهچه اهمیت دارد. به نظر می‌رسد وجود تنوع در تحمل به دمای زیاد در جوانه‌زنی بین اکوتیپ‌های ریحان به دلیل وجود تنوع اقلیمی در ایران از اهمیت خاصی برخوردار باشد، زیرا تأخیر در تاریخ کاشت که معمولاً در بهار با افزایش دمای محیط همراه است از درصد جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه ریحان کاسته می‌شود. با این حال وجود تنوع اکولوژیکی

در خواستگاه این اکوتیپ‌ها می‌تواند بیانگر این تنوع در پاسخ به دما نیز باشد.

شیب خطوط رگرسیون در اکوتیپ‌های مورد بررسی که بیانگر تأثیر میزان جوانه‌زنی در دماهای مختلف است در دماهای بالاتر از مطلوب بیشتر از شیب خطوط رگرسیون در دماهای پایین‌تر از مطلوب می‌باشد (جدول ۷) و با افزایش دما پایه تا دمای مطلوب، سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت و سپس با افزایش دما به بیشتر از دمای مطلوب، سرعت جوانه‌زنی به صورت خطی و با آهنگ تندتری کاهش یافت. این روند در تمامی اکوتیپ‌های ریحان دیده شد. با این حال اکوتیپ سبز اصفهان کمترین زاویه شیب خطوط رگرسیون را با محور Xها را داشت و بیشترین زاویه شیب خطوط رگرسیون که حاکی از تند بودن شیب خطوط فوق می‌باشد در اکوتیپ سبز یزد مشاهده شد (جدول ۷). براساس این نتایج به نظر می‌رسد که واکنش‌پذیری اکوتیپ‌های مورد مطالعه به تغییرات دما در کمتر از مقدار مطلوب نسبت به درجه حرارت‌های بیشتر از درجه حرارت مطلوب کمتر می‌باشد. نتایج این بررسی با یافته‌های کوول<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۸۶)، کاماها و مگوئیر<sup>۳</sup> (۱۹۹۲) و وید<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۹۳) مطابقت دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی تحت تأثیر دما، اکوتیپ و برهمکنش آنها معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) بود (جدول ۱). بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی از دمای  $۲۰$  درجه سانتی‌گراد به دست آمد و کمترین مقدار صفات مذکور از دمای  $۵$  و  $۴۰$  درجه سانتی‌گراد حاصل شد (جدول ۲). دماهای  $۱۵$  و  $۲۵$  درجه سانتی‌گراد از نظر سرعت و درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. از نظر شاخص بنیه گیاهچه نیز اختلاف معنی‌داری بین دماهای  $۱۵$ ،  $۲۰$  و  $۲۵$  مشاهده نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اکوتیپ‌های مورد بررسی از نظر شاخص‌های جوانه‌زنی با همدیگر اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) داشتند (جدول ۱). به طوری که بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی از اکوتیپ سبز یزد و سبز اصفهان به ترتیب با  $۷۴/۴$  و  $۳۲/۷$  درصد حاصل شد (جدول ۳). از نظر سرعت جوانه‌زنی و نیز سایر مؤلفه‌های جوانه‌زنی (شاخص بنیه گیاهچه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه) اکوتیپ سبز یزد برتر از سایر اکوتیپ‌های ریحان بود (جدول ۳). جوردن و همکاران (۱۹۸۹) نیز گزارش کردند که امکان تفاوت در درصد و سرعت جوانه‌زنی در درون توده‌های بذری اکوتیپ‌های گیاهی وجود

2. Covell

3. Kamaha and Maguire

4. Wade

1. Najafi

برهمکنش دما و اکوتیپ بر روی سرعت جوانه‌زنی نیز مشخص کرد که بیشترین مقدار آن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در تمامی اکوتیپ‌ها مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین سرعت جوانه‌زنی در اکوتیپ سبز یزد با مقدار ۳۹/۱ بذر در روز به‌دست آمد که نسبت به اکوتیپ سبز اصفهان حدود ۲/۹۷ برابر از سرعت جوانه‌زنی بیشتری برخوردار بود. اکوتیپ سبز اصفهان در تمامی دماهای مورد مطالعه نسبت به سایر اکوتیپ‌ها سرعت جوانه‌زنی کمتری داشت (جدول ۵). اکوتیپ بنفش بندرعباس در دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری از نظر سرعت جوانه‌زنی با هم نداشتند و همین روند در اکوتیپ بنفش کرمان نیز مشاهده شد. واکنش سایر اکوتیپ‌ها به دماهای مورد مطالعه از تنوع زیادی برخوردار بودند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که دمای بهینه برای حداکثر جوانه‌زنی در دامنه ۱۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد برای اکثر گونه‌های گیاهی قرار دارد (رحیمیان مشهدی و همکاران، ۱۳۷۰) و این واکنش به ژنتیک گیاه و شرایط اقلیمی که گیاه در آن رشد و نمو کرده بستگی دارد (کوپلند و مک دونالد، ۱۹۹۵).

دارد. اکوتیپ سبز یزد دو برابر اکوتیپ بنفش کرمان بیشترین مقدار شاخص بنیه گیاهی را داشت و در صفت مذکور دو اکوتیپ بنفش بندرعباس و سبز محلات اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص بنیه گیاهی با هم نداشتند (جدول ۳). نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی تأثیر بیشتری بر شاخص بنیه گیاهی داشت (جدول ۸). از نظر طول ساقچه تنها دو اکوتیپ بنفش کرمان و سبز دزفول با سایر اکوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری داشتند و همین روند نیز در صفت طول ریشه‌چه نیز مشاهده شد (جدول ۳). نتایج برهمکنش اکوتیپ و دما بر درصد جوانه‌زنی نشان داد هر چند در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تمامی اکوتیپ‌های مورد مطالعه بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشتند اما در همین دما اکوتیپ بنفش بندرعباس حدود ۹۲/۵ درصد نسبت به سایر اکوتیپ‌ها درصد جوانه‌زنی بیشتری داشت (جدول ۴). اکوتیپ بنفش کرمان در سه دمای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری از نظر درصد جوانه‌زنی با هم نداشتند و سایر اکوتیپ‌ها تنوع زیادی از نظر واکنش‌پذیری جوانه‌زنی به دماهای مختلف در آنها مشاهده شد (جدول ۴). نتایج

جدول ۱: تجزیه واریانس مؤلفه‌های جوانه‌زنی اکوتیپ‌های ریحان

Table 1: Analysis of variance of germination traits and seedling growth of basil ecotypes

نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقچه Radicle length to plumule length ratio	طول ساقچه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	شاخص بنیه گیاهی Seed vigour index	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییر Source of variation
3.60**	44.2**	34.9**	1.58**	2094.79**	17652**	7	دما Temperature
0.594**	0.730**	6.83**	0.566**	361.69**	4799.3**	6	اکوتیپ Ecotype
0.126**	0.732**	1.55**	0.358**	77.49**	456.8**	42	دما × اکوتیپ Temperature × Ecotype
0.014	0.030	0.114	0.005	0.24	3.001	168	خطا Error
15.58	6.38	13.78	13.29	3.24	3.66		ضریب تغییرات CV

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, \* and \*\*: non-significant and significant at the 5% and 1% probability level, respectively

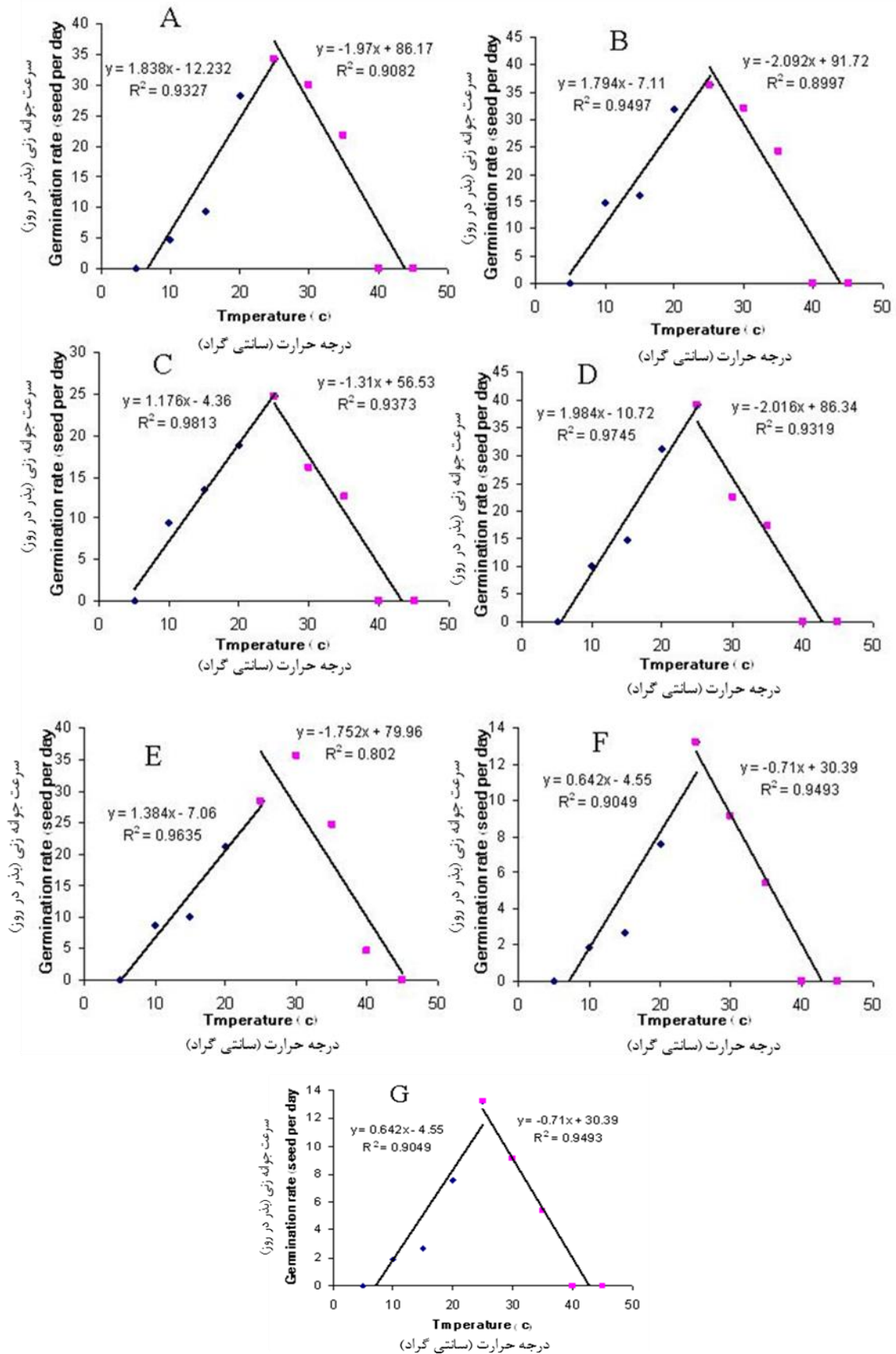
جدول ۲: مقایسه میانگین اثر دماهای مختلف بر برخی مؤلفه‌های جوانه‌زنی

Table 2: Mean comparison of the effect of temperature on some germination indices on seedling growth

نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقچه Radicle length to plumule length ratio	طول ساقچه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	شاخص بنیه گیاهی Seed vigour index	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	دما Temperature
1.18a	2.21d	2.61c	0.545c	8.9f	52.7d *	5
0.895b	3.73a	3.34a	0.655b	11.2e	68.2c	10
0.910b	3.45b	3.14b	0.693ab	23.3b	69.8b	15
0.893b	3.94a	3.52a	0.730a	24.3a	78.7a	20
0.880c	3.53b	3.05b	0.688ab	23.2b	70.3b	25
0.864 d	3.17c	2.25d	0.660b	20.5c	49.33d	30
0.919b	2.12d	1.95e	0.535c	14.4d	41.62e	35
0.0e	0.0e	0.0f	0.0d	۵.۶g	35.4f	40

\*: میانگین‌هایی که در هر ستون یک حرف مشترک دارند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

\*: Means containing similar letters in each column, are not significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan test



شکل ۱: تأثیر دماهای مختلف بر سرعت جوانه‌زنی: (A) بنفش بندرعباس، (B) بنفش کرمان، (C) سبز دزفول، (D) سبز یزد، (E) سبز محلات، (F) سبز شیراز، (G) سبز اصفهان

Fig. 1: Effect different temperature on germination rate in: A) Bandar Abbas purple, B) Kerman purple, C) Dezfol green, D) Yazd green, E) Mahallat green, F) Shiraz green, G) Isfahan green

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های مولفه‌های جوانه‌زنی اکوتیپ‌های ریحان

Table 3: Mean comparison of germination indices and seedling growth between basil ecotypes

نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه Radicle length to plumule length ratio	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	شاخص بنیه گیاهچه Seed vigor index	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	اکوتیپ Ecotype
0.542d	2.95a	1.89e	0.698b	9.8e	34.7f*	بنفش بندرعباس Bandar Abbas purple
0.550d	2.52bc	1.62f	0.376e	17.6b	67.5b	بنفش کرمان Kerman purple
0.735c	2.43c	2.17d	0.297f	15.6d	59.8e	سبز دزفول Dezfol green
0.951a	2.93a	3.19a	0.753a	20.5a	74.4a	سبز یزد Yazd green
0.835b	2.83ab	2.66b	0.661b	17.3bc	65.1c	سبز محلات Mahallat green
1.014a	2.73abc	3.23a	0.613c	17.1c	62.1d	سبز شیراز Shiraz green
0.779bc	2.62abc	2.45c	0.425d	8.2f	32.7g	سبز اصفهان Isfahan green

\*: میانگین‌هایی که در هر ستون یک حرف مشترک دارند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

\*: Means containing similar letters in each column, are not significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan test

جدول ۴: میانگین اثر متقابل دما و اکوتیپ ریحان روی درصد جوانه‌زنی

Table 4: Mean comparison interaction effect of temperature and basil ecotypes on germination percentage

سبز اصفهان Isfahan green	سبز شیراز Shiraz green	سبز محلات Mahallat green	سبز یزد Yazd green	سبز دزفول Dezfol green	بنفش کرمان Kerman Purple	بنفش بندر عباس Bandar Abbas purple	دما Temperature
0f	0h	0g	0g	0f	0e	0g *	5
8e	34.7f	54.7e	58.7e	53.3b	72c	32f	10
30.6c	50.6d	69.3c	74.6bc	54.2b	84ab	50.1e	15
36b	62.7b	62.7d	77.3bc	56.1b	86.7a	86b	20
44a	76.5a	76a	85.3a	61.4a	84ab	92.5a	25
36b	56.3c	73.3b	80b	44.2c	85ab	84b	30
24d	44.7e	62d	64d	32.4d	72c	80c	35
8e	26.7g	36f	36f	22.2e	49.3d	72d	40

\*: میانگین‌هایی که در هر ستون یک حرف مشترک دارند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

\*: Means containing similar letters in each column, are not significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan test

جدول ۵: میانگین اثر متقابل دما و اکوتیپ ریحان روی سرعت جوانه‌زنی

Table 5: Mean comparison interaction effect of temperature and basil ecotypes on germination rate

میانگین سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Mean germination rate (seed per day)	سبز اصفهان Isfahan green	سبز شیراز Shiraz green	سبز محلات Mahallat green	سبز یزد Yazd green	سبز دزفول Dezfol green	بنفش کرمان Kerman purple	بنفش بندر عباس Bandar Abbas purple	دما Temperature
0	0g	0f	0f	0g	0e	0e	0f *	5
8.1	1.9f	7.4e	8.8e	10.2f	9.4d	14.7d	4.8e	10
11.8	2.7e	15.7c	10.1e	14.7e	14.5c	16.2d	9.39d	15
22.7	7.6c	20.3b	21.d	31.2b	18.8b	31.8b	28.3b	20
29.5	13.2a	23.7a	35.5a	39.1a	24.7a	36.3a	34.2a	25
22.1	9.1b	16.4c	28.4b	22.6c	16.1b	32b	30.1b	30
16.8	5.4d	12.2d	24.6c	17.2d	12.6c	24.2c	21.8c	35
0	0g	0f	0f	0g	0e	0e	0f	40

\*: میانگین‌هایی که در هر ستون یک حرف مشترک دارند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

\*: Means containing similar letters in each column, are not significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan test

سانتی‌گراد در روز) نیز نشان داد که مقدار این صفت در دمای ۱۰ سانتی‌گراد، ۱/۴، در دمای ۱۵ سانتی‌گراد، ۰/۷۴، در دمای ۲۰ سانتی‌گراد، ۱/۲، در دمای ۲۵ سانتی‌گراد، ۱/۳ و از دمای ۲۵ سانتی‌گراد به بالا از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد به طوری که با افزایش هر یک درجه سانتی‌گراد از دمای ۲۵ درجه سانتی-گراد به بالا حدود ۱/۹ بذر در روز از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد. بیشترین افت سرعت جوانه‌زنی از دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به بالا بود که در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به صفر

میانگین سرعت جوانه‌زنی اکوتیپ‌ها در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، ۸/۱ بذر در روز، در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۱/۸ بذر در روز، در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۲/۷ بذر در روز، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۲۹/۵ بذر در روز، در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۲/۱ بذر در روز، در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۶/۸ بذر در روز، و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد صفر بود (جدول ۵). نتایج میانگین واکنش‌پذیری سرعت جوانه‌زنی به دما (تعداد بذر جوانه‌زده به ازای افزایش یک درجه

جوانه‌زده افزایش یافت که این مقدار برای دامنه دمای بین ۱۵ تا ۲۰ حدود ۵/۱ درصد بود و با افزایش دما از درصد جوانه‌زنی به ازای افزایش هر یک درجه سانتی‌گراد کاسته شد.

رسید. نتایج مطالعه نجفی و همکاران (2009) نشان داد که در گیاه آویشن با افزایش دما از ۵ به ۱۰ درجه سانتی‌گراد، به ازای افزایش هر یک درجه سانتی‌گراد حدود ۵/۷ درصد تعداد بذور

جدول ۶: دماهای کاردینال (درجه سانتی‌گراد) اکوتیپ‌های ریحان

Table 6: Cardinal temperature (°C) of basil ecotypes

سبز اصفهان Isfahan green	سبز شیراز Shiraz green	سبز محلات Mahallat green	سبز یزد Yazd green	سبز دزفول Dezfol green	بنفش کرمان Kerman purple	بنفش بندر عباس Bandar Abbas purple	
7.1	3.9	5.3	5.5	3.5	3.9	7.1	دمای حداقل T <sub>min</sub>
25.8	24.0	27.8	24.3	24.8	25.2	25.3	دمای بهینه T <sub>o</sub>
42.8	43.2	45.7	42.8	43.1	43.8	42.8	دمای حداکثر T <sub>max</sub>

و نیز کاهش میزان استقرار گیاهچه می‌گردد و زمانی که دمای محیط به بالای ۳۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد درصد جوانه‌زنی اکوتیپ‌های ریحان به شدت کاهش می‌یابد. با این حال کشت زودهنگام اکوتیپ‌های ریحان از دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به بالا می‌تواند از درصد جوانه‌زنی و استقرار مناسبی برخوردار باشد.

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که بین اکوتیپ‌های ریحان از نظر واکنش به دماهای کاردینال تنوع وجود دارد، به‌طوری‌که دامنه این تنوع بین ۳/۹ تا ۷/۱ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. دمای مطلوب نیز با دامنه‌ای ۳/۸ درجه سانتی‌گراد بین ۲۴ تا ۲۷/۱ درجه سانتی‌گراد متغیر بود. بنابراین امکان پراکنش جغرافیایی گونه‌ها وابسته به دماهای کاردینال (حداقل، بهینه و حداکثر) آنها می‌تواند باشد (رامین، 1997). با این حال اگرچه دماهای کاردینال برای پیش‌بینی مراحل رشد و نمو گیاهان زراعی شاخص‌های مناسبی هستند، برای تأیید این فرضیه لازم است که آزمایشات متعدد به انجام برسد.

نتایج این پژوهش نشان داد که اکوتیپ‌های ریحان از نظر واکنش شاخص سرعت جوانه‌زنی در دمای سقف نسبت به دمای پایه از تنوع کمتری برخوردار بودند. کلیه اکوتیپ‌های ریحان بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد داشتند. نتایج برهمکنش دما و اکوتیپ نیز نشان داد که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اکوتیپ بنفش بندرعباس با ۹۲/۵ درصد بیشترین درصد جوانه‌زنی و اکوتیپ سبز اصفهان با ۴۴ درصد کمترین مقدار صفت فوق را داشتند. از نظر سرعت جوانه‌زنی اکوتیپ سبز یزد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با ۳۹/۱ بذر در روز بیشترین و اکوتیپ سبز اصفهان با ۱۳/۲ بذر در روز در همین دما کمترین مقدار صفت فوق را داشت. با افزایش دما به بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی افت کرد و زمانی که دما از ۳۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت شاخص‌های فوق به شدت افت کردند و در ۴۰ درجه سانتی‌گراد به صفر رسیدند. از نتایج فوق استنباط می‌شود، تأخیر در تاریخ کاشت در مناطق گرمسیری که با افزایش دمای محیط همراه است، سبب کاهش درصد جوانه‌زنی



جدول ۷: معادله خطوط رگرسیون سرعت جوانه‌زنی (Y)، نسبت به دما (X)، شیب خطوط رگرسیون (b)، زاویه خطوط رگرسیون ( $\alpha$ ) در دماهای کمتر از بهینه ( $T < T_o$ ) و بیشتر از بهینه ( $T > T_o$ ) با محور Xها در اکوتیپ‌های ریحان

Table 7: Regression lines equation germination rate (Y) to temperature (X), regression lines gradient (b), regression lines angle ( $\alpha$ ) with axis X in temperature lower than optimum ( $T < T_o$ ) and higher than optimum ( $T > T_o$ ) in basil ecotypes

R2	زاویه خط رگرسیون با محور X ها Regression line angle with axis X	b	معادله رگرسیون Regression equation	دامنه دمایی Temperature range	رقم Cultivar
93	61.4	1.838	$Y=1.838X - 12.23$	$T < T_o$	بنفش بندر عباس
91	-63.1*	-1.97	$Y=-1.97X + 86.17$	$T > T_o$	Bandar Abbas purple
94	60.8	1.794	$Y=1.794X - 7.11$	$T < T_o$	بنفش کرمان
90	-64.4	-2.09	$Y=-2.09X + 91.72$	$T > T_o$	Kerman purple
98	49.6	1.176	$Y=1.176X - 4.36$	$T < T_o$	سبز دزفول
93	-52.6	-1.31	$Y=-1.31X + 56.53$	$T > T_o$	Dezfol green
97	63.2	1.984	$Y=1.984X - 10.72$	$T < T_o$	سبز یزد
93	-63.6	-2.016	$Y=-2.016X + 86.34$	$T > T_o$	Yazd green
96	54.1	1.384	$Y=1.384X - 7.06$	$T < T_o$	سبز محلات
80	-60.2	-1.752	$Y=-1.752X + 79.96$	$T > T_o$	Mahallat green
97	50.3	1.206	$Y=1.206X - 4.67$	$T < T_o$	سبز شیراز
94	-51.9	-1.276	$Y=-1.276X + 55.12$	$T > T_o$	Shiraz green
90	32.7	0.642	$Y=0.642X - 455$	$T < T_o$	سبز اصفهان
94	-35.3	-0.71	$Y=-0.71X + 30.39$	$T > T_o$	Isfahan green

\*: این زاویه در ناحیه چهار مثلثاتی واقع شده که از نظر مقدار با زاویه خط در ناحیه یک مثلثاتی برابر است که متقابل به رأس با آن نیز می‌باشد و با کسر آن از  $180^\circ$  درجه مقدار زاویه در جهت مثبت محور Xها به دست می‌آید

\*: This angle is in 4 region of axes (Y, X - axis) and equals with intersection in one region axis and also equals with it. Therefore with subtracting from  $180^\circ$  that value of angle in positive direction of X- axis is derived

جدول ۸: ضرایب همبستگی شاخص‌های جوانه‌زنی اکوتیپ‌های ریحان

Table 8: Correlation between some germination indices of basil ecotypes

8	7	6	5	4	3	2	1	
							1	درصد جوانه‌زنی (Germination percent)
						1	0.840*	سرعت جوانه‌زنی (Germination rate)
					1	0.593	0.571	شاخص بنیه گیاهچه (Seed vigor index)
				1	0.589	0.544	0.680	طول ریشه‌چه (Radicle length)
			1	0.800	0.613	0.582	0.724	طول ساقه‌چه (Plumule length)
		1	0.557	0.866	0.482	0.471	0.634	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (Radicle to plumule ratio)
	1	0.681	0.613	0.686	0.447	0.554	0.647	وزن خشک ریشه‌چه (Radicle dry weight)
1	0.483	0.408	0.331	0.444	0.127	0.356	0.467	وزن خشک ساقه‌چه (Plumule dry weight)

\*: کلیه ضرایب همبستگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار هستند

\*: All correlation coefficients are significant at the 1% probability level

## منابع

- امیدبیگی، ر. ۱۳۸۴. روش‌های تولید و فرآیند گیاهان دارویی. انتشارات به نشر، مشهد، ۳: ۳۹۷.
- تبریزی، ل.، نصیری‌محللاتی، م. و کوچکی، ع. ر. ۱۳۸۳. ارزیابی درجه حرارت‌های حداقل، بهینه و حداکثر جوانه‌زنی اسفرزه و پسیلیوم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۲ (۲): ۱۵۰-۱۴۳.
- حسینی، ع. و امیدبیگی، ر. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی، ۱۲ (۳): ۴۷-۶۱.
- رحیمیان مشهدی، ح.، باقری، ع. و پاریاب، ا. ۱۳۷۰. اثر پتانسیل‌های مختلف حاصل از پلی‌اتیلن گلیکول و کلرور سدیم توأم با درجه حرارت بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی توده‌های گندم دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۵ (۱): ۳۷-۴۶.
- رحیمی، ز. و کافی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی درجه حرارت‌های کاردینال و تأثیر سطوح مختلف دما بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L.). نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴ (۱): ۸۶-۸۰.
- زینلی، ا.، سلطانی، ا.، گالشی، س. و ساداتی، س. ج. ۱۳۸۹. دماهای کاردینال، واکنش به دما و دامنه بردباری دمایی جوانه‌زنی بذر در ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.). مجله الکترونیک تولیدات گیاهان زراعی، ۳ (۳): ۴۲-۲۳.
- سلیمی، ح. و قربانلی، م. ۱۳۸۰. بررسی جوانه‌زنی بذور یولاف وحشی در شرایط متفاوت و تأثیر برخی عوامل مؤثر در شکست خفگی بذر. رستنی‌ها، ۲: ۵۵-۴۱.
- نصیری‌محللاتی، م.، کوچکی، ع. ر.، رضوانی، پ. و بهشتی، ع. ۱۳۸۶. آگرو اکولوژی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۵۹ صفحه.
- Adam, N. R., Diering, D. A., Coffelt, T. A. and Wintermeyer, M. J. 2007. Cardinal temperatures for germination early growth of two *Lesquerella* species. *Industrial Crops and Products*, 25: 24-33.
- Aflakpui G. K. S., Gregory P. J. and Froud-Williams, R. J. 1998. Effect of temperature on seed germination rate of (*Striga hermonthica* Del benth). *Crop Protection*, 17: 129-133.
- Alizadeh, M. A. and Eysouvand, H. R. 2005. Percentage germination rate and seedling vigour index in two pharmaceutical plant (*Anthemis altissima* L.) and (*Eruca sativa* L.) in freezing and dry storage condition. *Pharmaceutical Plants Research in Iran*, 20 (3): 301-307.
- Copeland, L. O. and McDonald, M. B. 1995. *Principles of Seed Science and Technology*. Pub. Chapman and Hall. USA.
- Covell, S., Ellis, R. H., Roberts, E. H. and Summerfield, R. J. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. *Journal Experimental Botany*, 37: 705-715.
- Dadkhah, A. R. 2006. Effect of salinity on germination and seedling growth of four sugar beet genotypes (*Beta vulgaris* L.) Pajouhesh and Sazandegi, 70: 88-93.
- Jordan, G. L. and Haferkamp, M. R. 1989. Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. *Journal of Range Management*, 42: 41-45.
- Kamaha, C. and Maguire, Y. D. 1992. Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. *Seed Science and Technology*, 20:181-185.
- Nadjafi, F., Tabrizi, J., Shabahang, J. and Mahdavi Damghni, A. M. 2009. Cardinal germination temperatures of some medicinal plant species. *Seed Technology*, 31(2): 156-163.
- Ramin A. A. 1997. The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium ampeloprasum* L. Spp. *iranicum* W.). *Seed Science and Technology*, 25: 419-426.
- Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology*, 29: 653-662.
- Suzuki, H. and Khan, A. A. 2000. Effective temperature and duration for seed humidification in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Seed Science and Technology*, 28: 381-389.
- Vigil, M. F., Anderson, R. L. and Beard, W. E. 1997. Base temperature and growing degree hour requirement for the emergence of canola. *Crop Science*, 37: 844- 849.
- Wade, L. J., Hammer, G. L. and Davey, M. A. 1993. Response of germination to temperature amongst diverse sorghum hybrids. *Field Crop Research*, 31: 295-308.

## Determination of Cardinal Temperatures and Response to Temperature for Seed Germination in Basil (*Ocimum basilicum* L.) Ecotypes

Fazeli Kakhki<sup>1\*</sup>, S. F., Moshfegh<sup>2</sup>, N. and Goldani<sup>3</sup>, M.

### Abstract

Response of seed germination crops to temperature is important in aspect of fast and uniformity germination. In order to determination the cardinal temperatures and the effect of different levels of temperature on germination indices in basil ecotypes an experiment was carried out in completely randomized design with 4 replications in factorial experimental arrangement. The first factor was 7 basil ecotypes (Includes: Purple Bandar Abbas, Kerman Purple, Dezfol Green, Yazd green, Mahallat green, Shiraz green and Isfahan green) and second factor was 8 levels of temperatures (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C). Results showed that the effect of temperature and basil ecotypes were significant difference on seed germination indices. The highest germination indices (speed and percent of germination, seedling vigor index, radicle and plumule length, radicle to plumule ratio) were obtain from of 20 °C. All of basil ecotypes had the highest germination percent (GP) and germination rate (GR) at 25 °C. The maximum germination rate with 39.1 seed per day was found in Yazd green ecotype at 25 °C and the lowest of this trait was also obtain from Isfahan green ecotype with 13.2 seed per day in this temperature (25°C). With increasing temperature above 25 °C, all of germination indices were reduced and when temperature was higher than 35 °C all germination indices were declined very sharply. With increasing temperature from 15 °C was considerable increased GP and GR. Based on linear regression between germination rate and temperature, the cardinal temperatures in all basil ecotypes: minimum ( $T_{min}$ ), optimum ( $T_o$ ) and maximum ( $T_{max}$ ) were determined in the range 3.5-7.1, 24-27.8 and 42.5-45.7 °C respectively.

**Keywords:** Germination rate, Radicle to plumule ratio, Seed vigor index

---

1. PhD Graduate, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Lecturer in Research, Education and Natural Resource Center of Khorasan Razavi, Mashhad, Iran

2 and 3. Instructor and Associate Professor, Respectively, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Khorasan Razavi, Iran

※: Corresponding author

Email: sf\_fazeli@yahoo.com