به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۰ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ۴۳۸-۴۲۷

کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی توده‌های مختلف ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به دما

سحر بینش[۱]، غلامعباس اکبری[۲*]، الیاس سلطانی[۳]، فاطمه امینی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران.
۳. استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۱۷

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی بذور ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به دما و تعیین دماهای کاردینال برای درصد و سرعت جوانه‌زنی، آزمایشی به‌صورت تجزیه مرکب در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و شش سطح دمایی (۸، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و۳۵ درجه سانتی‌گراد) در آزمایشگاه تکنولوژی بذر پردیس ابوریحان دانشگاه تهران در سال ۹۵-۱۳۹۶ به اجرا در آمد. در این تحقیق ۲۲ توده ریحان شامل تهران (سبز)، شهرری (سبز)، بیرجند (سبز)، بیرجند (بنفش)، شیراز (سبز)، زابل (سبز)، زاهدان۱ (سبز)، زاهدان۲ (سبز)، کرمانشاه (سبز)، پیشوا (سبز)، پیشوا (بنفش)، ملایر (سبز)، خاش (سبز)، تنکابن محلی (سبز)، اصفهان ۲ (سبز)، اصفهان ۲ (بنفش)، اصفهان ۳ (سبز)، اصفهان ٤ (سبز)، مشهد (سبز)، ناپولتانو آمریکایی (سبز)، جینویس ایتالیایی(سبز) و سوئیس (سبز) مورد ارزیابی قرار گرفتند. بازه دمای بهینه برای درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب ۲۷/۷۸-۱۹/۱۰ و ۲۹/۸۹-۲۰/۳۲ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. در اکثر توده‌ها بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بین توده‌های مورد ارزیابی در این تحقیق، توده اصفهان ۳ (سبز) در همه دماها بالاترین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص داد. نتایج آزمایش نشان داد که واکنش درصد و سرعت جوانه‌زنی به دما به‌ترتیب با تابع بتا و دوتکه‌ای توصیف خوبی داشتند و با استفاده از این دو مدل می‌توان دماهای کاردینال را برای ریحان تعیین کرد.

کلیدواژه‌ها: تابع بتا، تابع دوتکه‌ای، دماهای کاردینال، سرعت جوانه‌زنی، مدل.

* نویسنده مسئول
Email: ghakbari@ut.ac.ir

۱. مقدمه

جوانه‌زنی یکی از حساس‌ترین و بحرانی‌ترین مراحل در چرخه زندگی گیاهان و یک فرایند کلیدی در سبز شدن گیاهچه به‌شمار می‌رود [۷]. یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور، درجه حرارت می‌باشد. جوانه‌زنی بذر در شرایط رطوبت مناسب به‌شدت به دما وابسته است. دما اثرات چشم‌گیری بر ویژگی‌های اکولوژیکی بذر از جمله شروع زمان جوانه‌زنی، درصد نهایی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی دارد. بنابراین، مهم‌ترین عامل در موفقیت یا عدم موفقیت استقرار گیاه محسوب می‌شود [۹ و ۱۷]. با افزایش دما به بیشتر از دمای مطلوب پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تجزیه می‌شود، در نتیجه درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا کرده و به‌تدریج به صفر می‌رسد. کاهش دما به کمتر از دمای مطلوب نیز سبب عدم جوانه‌زنی می‌گردد. بنابراین، تعیین آستانه حداقل و حداکثر برای انجام جوانه‌زنی بهینه و استقرار مناسب گیاه ضروری به‌نظر می‌رسد [۱۲]. نیاز دمایی گیاهان در مرحله‌ی جوانه‌زنی به دماهای مناسب تحت عنوان دامنه دمای زیستی (کاردینال) معرفی می‌گردد که شامل دمای حداقل (که در کمتر از آن جوانه‌زنی صورت نمی‌گیرد)، مطلوب (درجه حرارتی که بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان ممکن رخ می‌دهد) و حداکثر (که در بیشتر از آن جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد) می‌باشد [۲ و ۱۱].

ریحان با نام علمی (*Ocimum basilicum* L.) متعلق به خانواده نعناعیان[1] می‌باشد [۱۹]. ریحان مانند سایر گیاهان تیره نعناع منبع ترکیبات حلقوی و اسانس است که دافع حشرات بوده و عملکرد ضد قارچ، ضد باکتری، ضد ویروس و ضد اکسایشی دارد. اسانس ریحان از سه ماده اصلی تشکیل شده است که شامل مونوترپن‌ها، سزکویی‌ترپن‌ها و فنیل‌پروپانوئیدها می‌باشد. ترکیبات مذکور به اسانس این گیاه خاصیت دارویی می‌بخشند. بخش عمده و اصلی اسانس گیاه ریحان را فنیل‌پروپانوئیدها تشکیل می‌دهند که تا حدود ۹۰ درصد از ترکیبات اسانس را شامل می‌شوند [۲۰]. در بین گونه‌های جنس *Ocimum*، ریحان اقتصادی‌ترین گونه محسوب شده و تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل کشت و کار می‌شود. ریحان به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و سبزی تازه استفاده شده و در اکثر فارماکوپه‌ها به‌عنوان یک گیاه دارویی معرفی شده است [۵]. منشأ این گیاه، ایران، هند و افغانستان گزارش شده است. ریحان در ایران و افغانستان به‌طور خودرو می‌روید ولی تولید فعلی آن در ایران صد درصد از کشت در مزرعه به‌دست می‌آید. این گیاه در ایران به‌طور وحشی در اطراف تهران، همدان، خراسان در ارتفاع ۲۳۰۰ متری از سطح دریا و در کرمانشاه در ارتفاع ۱۵۰۰ متری و همچنین در خرمشهر، بلوچستان و آذربایجان در اطراف تبریز می‌روید. عملکرد بذر ریحان ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و عملکرد اسانس آن هشت تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است [۱ و ۵].

مدل‌های مختلفی برای کمی‌سازی تأثیر دما بر جوانه‌زنی در گیاهان مختلف استفاده شده است [۱۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳]. پارامترهای این مدل‌ها یعنی دماهای کاردینال (حداقل، مطلوب و حداکثر) کاربردهای مختلفی دارند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به ارزیابی ژن نمونه‌ها برای تحمل به دماهای بالا یا پایین، شناسایی مناطق جغرافیایی که گیاه می‌تواند در آن جوانه زده و رشد کند و توسعه مدل‌های مدیریت گیاهان زراعی اشاره کرد [۱۵]. درجه حرارت‌های حداقل، مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی، عموماً به دامنه سازگاری محیطی یک گونه بستگی دارد و تطابق

1. Lamiaceae

زمان جوانه‌زنی با شرایط مطلوب برای مراحل بعدی رشد و نمو گیاهچه را تضمین می‌نماید. شناسایی ارقام متحمل به دماهای بالا و یا پایین می‌تواند محققان را در اصلاح ارقام جدید یاری داده و انعطاف تاریخ کاشت برای کشاورزان را نیز افزایش دهد [۸]. تعیین دماهای کاردینال و ارزیابی ارقام در گیاهان مختلف صورت گرفته است، ولی چنین بررسی‌ای در سطح وسیع و جامع به‌صورتی‌که قابل تعمیم به نقاط مختلف کشور باشد در مورد گیاه دارویی ریحان انجام نشده است. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی واکنش درصد و سرعت جوانه‌زنی به دماهای مختلف و تعیین دماهای کاردینال در ریحان بود.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر پردیس ابوریحان دانشگاه تهران به‌صورت تجزیه مرکب بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و شش سطح دمایی (۸، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) به اجرا درآمد. در این تحقیق ۲۲ توده مختلف ریحان شامل تهران (سبز)، شهرری (سبز)، بیرجند (سبز)، بیرجند (بنفش)، شیراز (سبز)، زابل (سبز)، زاهدان۱ (سبز)، زاهدان۲ (سبز)، کرمانشاه (سبز)، پیشوا (سبز)، پیشوا (بنفش)، ملایر (سبز)، خاش (سبز)، تنکابن محلی (سبز)، اصفهان۲ (سبز)، اصفهان۲ (بنفش)، اصفهان۳ (سبز)، اصفهان٤ (سبز)، مشهد (سبز)، ناپولتانو آمریکایی (سبز)، جینویس ایتالیایی (سبز) و سوئیس (سبز) مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت از بین رفتن آلودگی‌های سطحی، بذرها با محلول وایتکس ۱۰ درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند و در پتری‌دیش‌های استریل‌شده به قطر نه سانتی‌متر روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شده و به انکوباتورهای مربوطه در شرایط استاندارد (١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) منتقل شدند. شمارش روزانه بذور به مدت ١٤ روز و در هر روز دو بار صورت گرفت. در هر شمارش بذور جوانه زده حذف می‌شدند. معیار جوانه‌زنی بذر، خروج حدود دو میلی‌متری ریشه‌چه از پوسته بذر در نظر گرفته شد [٢٤] و در طول دوره آزمایش در صورت نیاز آب مقطر به ظروف پتری‌دیش اضافه گشت. برای محاسبه درصد و میزان جوانه‌زنی بذرها از برنامه GerminV2 استفاده شد [۲۱]. این برنامه D30 (مدت زمان تا ۳۰ درصد جوانه‌زنی) را محاسبه می‌کند و بر اساس آن سرعت جوانه‌زنی (R30، در ساعت) از طریق رابطه (۱) محاسبه شد:

$$R30 = \frac{1}{D30} \qquad (۱)$$

برای کمی کردن واکنش سرعت و درصد جوانه‌زنی به دما و تعیین دماهای کاردینال در بذرهای ریحان از رابطه (۲) زیر استفاده شد [۲۱]:

$$R30 = f(T)Rmax \qquad (۲)$$

که در این رابطه F(T) تابع دماست که از صفر در دمای پایه و سقف تا یک در دمای مطلوب تغییر می‌کند. Rmax حداکثر سرعت ذاتی جوانه‌زنی در دمای مطلوب است. بنابراین، 1/Rmax حداقل ساعت تا جوانه‌زنی را در دمای مطلوب نشان می‌دهد.

تابع دمایی دوتکه‌ای و بتا به‌ترتیب برای بررسی واکنش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای ریحان به دما در توان (پتانسیل)های بالقوه مختلف به داده‌ها برازش داده شد [۱۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳].

تابع دوتکه‌ای:

$$f(T) = (T - Tb)/(T0 - Tb) \qquad (۳)$$
$$if \qquad Tb < T \leq To$$

$$f(T) = (Tc - T)/(Tc - To)$$
$$if \qquad To < T < Tc$$

$$f(T) = 0$$
$$if \qquad T \leq Tb \quad or \quad T \geq Tc$$

تابع بتا:

$$f(T)=\left\{\left[\left(\frac{T-T_b}{T_o-T_b}\right)\left(\frac{T_c-T}{T_c-T_o}\right)\right]^{\left((T_c-T_o)/(T_o-T_b)\right)}\right\}^{\alpha} \qquad (٤)$$

$$if \qquad T>Tb \ and \ T<Tc$$

$$f(T)=0 \qquad if \qquad T\le Tb \ or \ T\le Tc$$

در این روابط T دما، T_b دمای پایه، To دمای مطلوب و Tc دمای سقف را نشان می‌دهد. α شکل پارامتر برای تابع بتا است که انحنای تابع را تعیین می‌کند. پارامترهای مدل توسط رویه NLIN در SAS محاسبه شدند [٦]. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.2) انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس درصد و سرعت جوانه‌زنی نشان داد که تأثیر دما، توده و همچنین، اثرات متقابل دما و توده بر پارامترهای ذکرشده در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

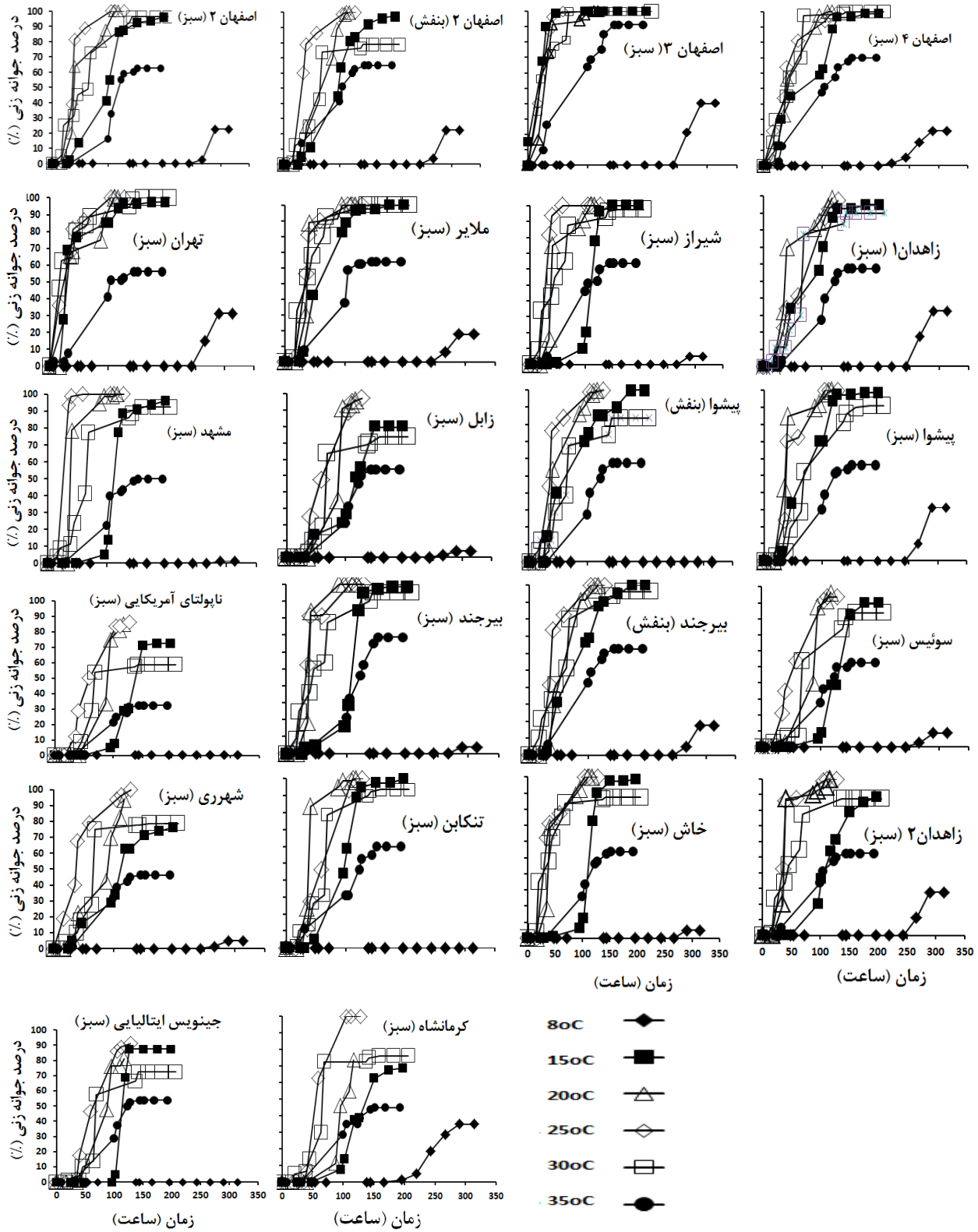
جدول ۱. تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی و سرعت تا ۳۰ درصد جوانه‌زنی توده‌های ریحان تحت تأثیر دما

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی
دما	٥	٩٤٦٦٣/٥٩ **	٠/٠١٦٩ **
خطای اصلی	٦	١١٦/٠٤ **	٠/٠٠٠٠٤٢٤ ns
توده	٢٠	١٢٦٩/٢٨ **	٠/٠٠٢٨٤ **
اثرات متقابل	١٠٠	٢٢٧/٢٨ **	٠/٠٠٠٤١٠ **
خطای فرعی	٣٩٦	٤٠/١١	٠/٠٠٠٠٩٥٧

*، **و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار.

جوانه‌زنی تجمعی هر توده در دماهای مختلف نشان داده شده است (شکل۱). درصد جوانه‌زنی در دامنه دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در حداکثر خود بود و اکثر توده‌ها در این دو دما صد درصد جوانه‌زنی داشتند. جوانه‌زنی اکثر توده‌های ریحان در دماهای پایین (مانند ۸ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) دیرتر شروع شد و نیز دیرتر خاتمه یافت. به‌تدریج با افزایش دما جوانه‌زنی زودتر آغاز شد و نیز زودتر به اتمام رسید. اما، در دماهای بالا (مانند ۳۵ درجه سانتی‌گراد) مجدداً شروع و اتمام جوانه‌زنی با تأخیر انجام شد که نشان می‌دهد بذرهای در دمای پایین‌تر از مطلوب دیرتر جوانه‌زنی خود را آغاز کردند. این درحالی است که بذرهای در دمای بالاتر از مطلوب دیرتر جوانه‌زنی خود را به پایان رساندند.

در همه توده‌های مورد ارزیابی، سرعت و درصد جوانه‌زنی در هشت درجه سانتی‌گراد کمترین مقدار خود را داشت، سپس با افزایش دما افزایش پیدا کرد و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد مجدداً با کاهش مواجه شد. در اکثر توده‌ها بالاترین سرعت جوانه‌زنی به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اختصاص یافت. بین توده‌های مورد ارزیابی در این مطالعه بالاترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به توده اصفهان ۳ (سبز) (۰/۱۳۹ بر ساعت) در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. در همه‌ی دماهای ۸ تا ۳۵ درجه نیز توده اصفهان ۳ سبز بیشترین سرعت جوانه‌زنی را داشت. توده بومی کرمانشاه (سبز) با ۰/۰۱۹۹ (برساعت) و توده اصفهان ۳ (سبز) با ۰/۰۸۹ (بر ساعت) به‌ترتیب کمترین و بیشترین میزان ذاتی جوانه‌زنی را داشتند. جوانه‌زنی بذر در شرایط رطوبت مناسب به‌شدت به دما وابسته است. حداکثر درصد جوانه‌زنی در گیاهان در دامنه خاصی از دماها رخ می‌دهد و در پایین‌تر و بالاتر از این دامنه دمایی، درصد جوانه‌زنی به‌طور ناگهانی کاهش پیدا می‌کند. سرعت جوانه‌زنی نیز تحت تأثیر افزایش دما، تا دمای مطلوب افزایش یافته و پس از آن با کاهش مواجه می‌گردد [۱۲].



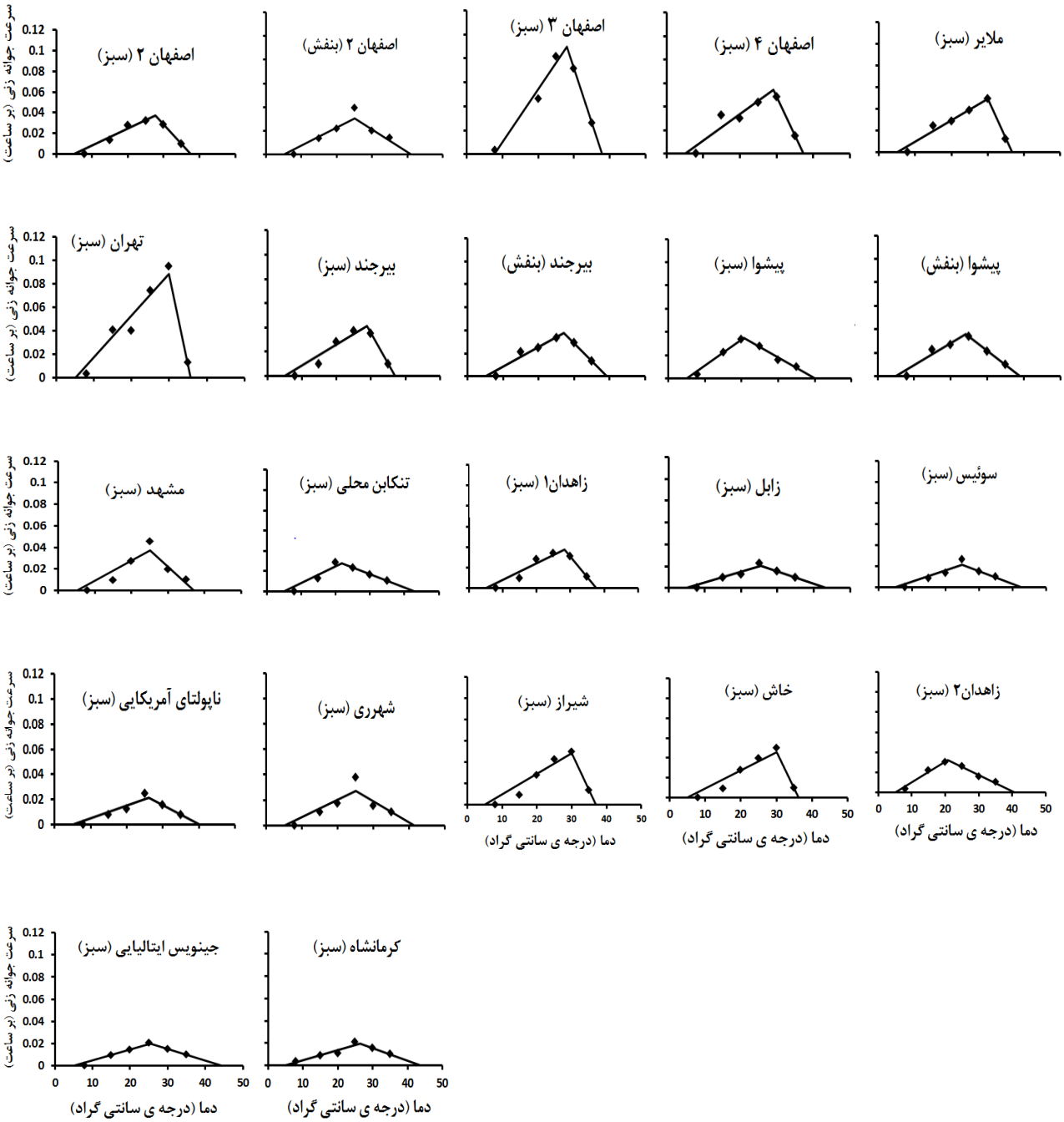
شکل ۱. روند تجمعی جوانه‌زنی توده‌های مورد ارزیابی ریحان در دماهای مختلف

به‌طور کلی دما درصد و سرعت جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اما، اینطور به‌نظر می‌رسد که سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد آن شاخص حساس‌تری به دما می‌باشد [۳]. سرعت جوانه‌زنی بالا، خروج به موقع ریشه‌چه از بذر و استفاده بهینه از رطوبت خاک را سبب شده و در نتیجه گیاهچه در خاک بهتر استقرار پیدا می‌کند [۲ و ۱۳]. با افزایش دما تا دمای مطلوب، فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه کارایی واکنش‌های آنزیمی افزایش می‌یابد که درنهایت سبب بهبود درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد. درجه حرارت‌های بالاتر و پایین‌تر از دمای مطلوب، فعالیت آنزیم‌ها و به تبع آن کارایی واکنش‌های آنزیمی را کاهش می‌دهد و درصد و سرعت جوانه‌زنی را با اختلال مواجه می‌سازد [٤]. دماهای پایین‌تر از دمای مطلوب سبب کاهش فعالیت متابولیکی بذور و مختل شدن واکنش‌های گیاهی می‌شوند. کاهش سرعت جوانه‌زنی بذور در دماهای بالاتر از دمای مطلوب را می‌توان به انعقاد پروتئین‌ها و اختلال در کار غشاها نسبت داد [٤ و ١٤]. شاید مهم‌ترین اثر منفی افزایش دما به بالاتر از دمای مطلوب، آسیب به غشا در اثر افزایش غیر عادی سیالیت آن است. دماهای بالا علاوه بر کاهش استحکام پیوندهای هیدروژنی و روابط الکترواستاتیکی بین گروه‌های قطبی پروتئین‌ها در فاز مایع غشا که سبب تغییر ساختار غشای سلولی و نشت یون‌ها از سلول می‌گردد، با ممانعت از فرآیند تنفس می‌توانند بر فرآیند جوانه‌زنی اثر منفی بر جای بگذارند. همچنین، دماهای بالا سبب تبخیر شدید آب و ایجاد تنش خشکی برای بذر می‌شوند. در شرایط کاهش پتانسیل آب، جذب آب توسط بذر با اشکال مواجه می‌گردد و سرعت جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد [٤]. علاوه بر موارد ذکرشده برخی از تنظیم کننده‌های رشد و ترکیبات هورمونی در گیاهان تحت تأثیر دما بوده و برای فعالیت‌های خود نیاز به دماهای مشخصی دارند. این ترکیبات دارای اثرات فیزیولوژیکی مختلف در رشد و نمو گیاهان می‌باشند. به‌عنوان مثال موجب تحریک رشد و تقسیم سلولی می‌شوند، بر جوانه‌زنی بذرها، خصوصیات الکتریکی نفوذپذیری، ساختمان، پایداری و فعالیت آنزیم‌های موجود در غشای بذر اثر می‌گذارند. از آنجایی‌که دمای محیط بر این ترکیبات اثر می‌گذارد، لذا قرار گرفتن بذر در دمای مطلوب برای درصد و سرعت جوانه‌زنی مناسب امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

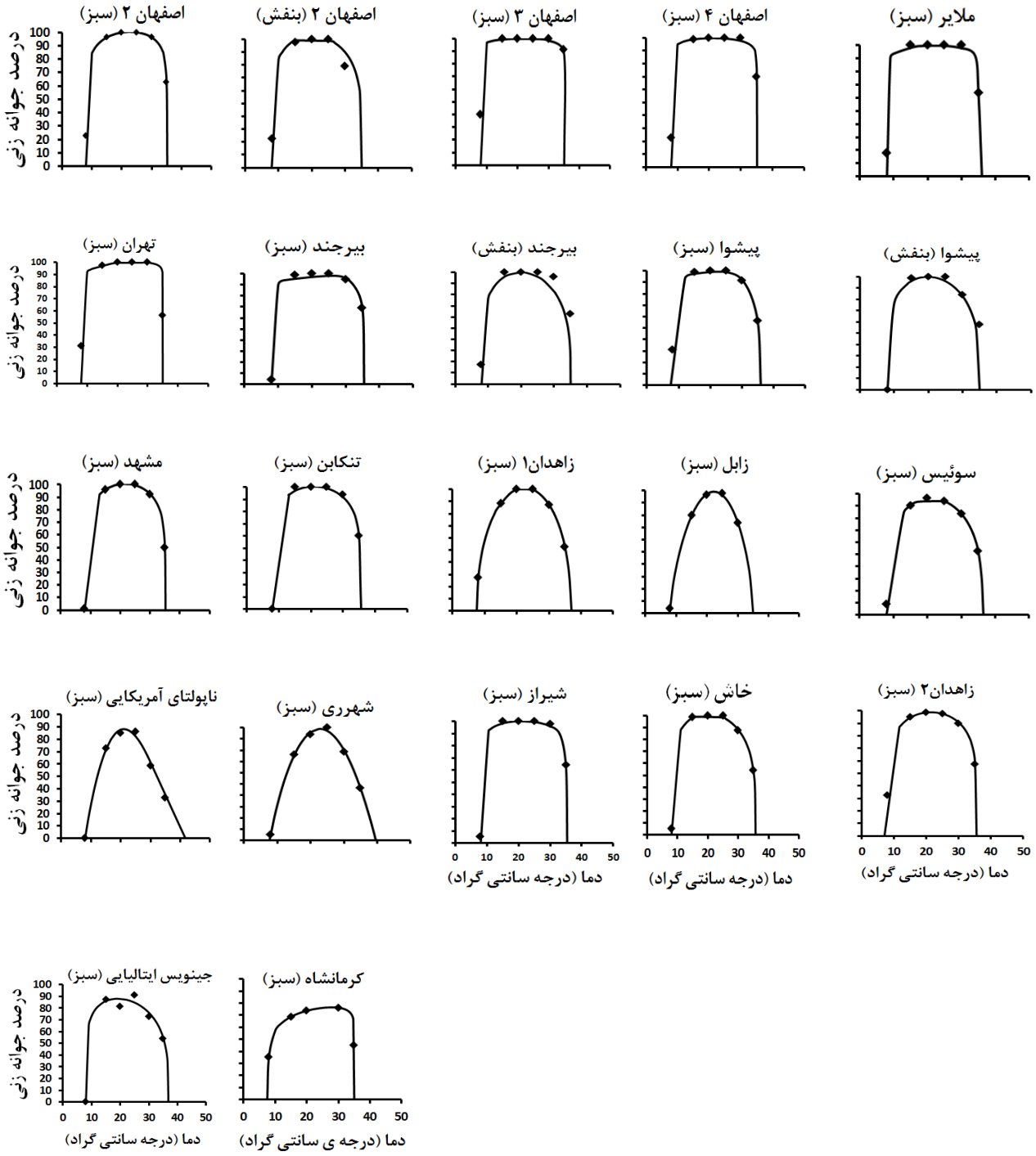
کمی‌سازی سرعت و درصد جوانه‌زنی توده‌های مختلف در واکنش به دما به‌خوبی انجام شد (شکل‌های ۲ و ۳). در مطالعات اخیر، کمی‌سازی سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف کنجد در واکنش به دما با استفاده از تابع سگمنتد انجام شده است. میانگین دماهای حداقل، مطلوب و حداکثر در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی ۱۲/۸، ۳۸/۰ و ٤۹/۳ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. در تحقیق مذکور دامنه بردباری به دماهای زیر مطلوب، دماهای بالای مطلوب و دامنه بردباری کل به‌ترتیب ۱۱/۳، ۲۵/۲ و ۳٦/۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شده است [۸]. در تحقیقی مشابه، واکنش جوانه‌زنی پنبه نسبت به دما با استفاده از مدل رگرسیون غیر خطی تعیین و دماهای کاردینال با تابع دندان‌مانند محاسبه شد. بر اساس این مدل دمای حداقل، مطلوب و حداکثر به‌ترتیب ۱۱/۸، ۲۹/۵۸ و ۳۸/۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد [۲].

تعیین سرعت و درصد جوانه‌زنی در روز می‌تواند تخمین مناسبی برای برآورد دمای حداقل، مطلوب وحداکثر در گیاهان باشد [۱۳]. اما، سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی شاخص بهتری جهت تعیین دماهای کاردینال در گیاهان است. بنابراین، در شرایط طبیعی استفاده از شاخص سرعت جوانه‌زنی در گونه‌های گیاهی جهت برازش مدل‌های رگرسیونی، برای تعیین دماهای کاردینال نتایج بهتری خواهد داشت [١٦ و ٢٦].

گزارش‌های مختلفی در مورد تعیین دماهای کاردینال در گیاهان مختلف وجود دارد [۳، ۱۰، ۱۸، ۲۱، ۲۲ و ۲۵]. تخمین‌های مربوط به دماهای کاردینال و سرعت ذاتی جوانه‌زنی در جدول‌های ۲ و ۳ ذکر شده است.



شکل ۲. واکنش سرعت جوانه‌زنی توده‌های مختلف ریحان به دما با استفاده از توابع دوتکه‌ای



شکل ۳. واکنش درصد جوانه‌زنی توده‌های مختلف ریحان به دما با استفاده از توابع بتا

جدول ۲. دمای پایه (Tb)، مطلوب (To) و سقف (Tc)، حداکثر درصد جوانه‌زنی (Gmax) و پارامتر شکل برای تابع بتا (α) برای میانگین درصد جوانه‌زنی ۲۲ توده از ریحان

توده	Tb	To	Tc	Gmax	α
اصفهان۲ (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۲۲/۷۵±(۰/۰۷)	۳۵/۰۶±(۰/۰۱)	۱۰۰±(۰/۰۹)	۰/۱۲٤±(۰/۰۰۳)
اصفهان۲ (بنفش)	۷/۹۳±(۰/۱۳)	۲۰/۰۲±(۱/۱۹۷)	۳۵±(۰/۰۰)	۱۰۰±(۲/۸۹)	۰/۰۳٤٤±(۰/۱٤)
اصفهان۳ (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۲۰/۸۹±(۰/۱۰)	۳۵/۰۹±(۰/۳۷)	۹۹/۹۷±(۰/۰٦)	۰/۰۲٤±(۰/۰۵)
اصفهان٤ (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۲۱/۱۷±(۲/۲۱)	۳۵±(۱/۱٤)	۹۹/٦۸±(۰/۰٤)	۰/۰۳۹±(۰/۰۳)
بیرجند (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۲۰/۷۳±(۰/۸۰)	۳۵/۱۷±(۰/۱۵)	۱۰۰±(۰/۵۸)	۰/۰۸۹±(۰/۰۳)
بیرجند (بنفش)	۸±(۰/۰۰)	۱۹/۳۳±(٤/۰٤)	۳۵±(۰/۰۲)	۱۰۰±(۱/۲۱)	۰/۰٤۷±(۰/۰٦)
پیشوا (سبز)	۷/۹۹±(۰/۰۰)	۲۰/۱٦±(۱/۰۵)	۳۵/۲۵±(۰/۲٤)	۱۰۰±(۱/۰۹)	۰/۱۳٦±(۰/۰۵)
پیشوا (بنفش)	۸±(۰/۰۰)	۱۹/۸۰±(۱/۳۳)	۳۵±(۰/۰۰)	۱۰۰±(۲/۲۵)	۰/۲۳۵±(۰/۱۰)
تهران (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۲۵/۹۷±(۲/۰۹)	۳۵±(۰/۰۰)	۹۸/۷٤±(٤/۳۰)	۰/۰۵۱۳±(۰/۰۵)
تنکابن‌محلی (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۲۰/۸۹±(۲/٦٦)	۳۵/۳۳±(۲/۹۲)	۹٤/۱۲±(۱/۳۱)	۰/۱۵۷±(۰/٦٦)
جینویس ایتالیایی (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۱۹/۱۰±(۰/٦٤)	۳٦/۸۱±(۰/۰۰)	۸۸/۰٤±(۱/۵۳)	۰/۱۷۳±(۰/۱۰)
خاش (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۱۹/۸٦±(۱/۲۳)	۳۵/٦۹±(۰/٦۷)	۱۰۰±(۱/۷٤)	۰/۱۹۰±(۰/۰۸)
زاهدان۱ (سبز)	۷/۹۹±(۰/۰۰)	۲۱/۰٦±(۰/۰۵)	۳۵/٤۱±(۰/۰۲)	۹۸/۹۲±(۰/۰۸)	۰/۱۷۲±(۰/۰۰)
زاهدان۲ (سبز)	۷/۵٤±(۰/۰۳)	۲۲/۳۹±(۰/۰۵)	۳٦/۷۵±(۰/۰۹)	۱۰۰±(۰/۱۵)	۰/٤٦٤±(۰/۰۱)
زابل (سبز)	۷/۹۱±(۰/۰۷)	۲۲/۲٤±(۰/۲٤)	۳۵±(۰/۰۰)	۹۹/۲۸±(۱/۳۸)	۰/۷۲۸±(۰/۰۷)
سوئیس (سبز)	۷/۹۹±(۰/۰۰)	۲۱/۱۲±(۰/۱٤)	۲۰/۳٦±(۰/۱۷)	۹٦/۱۹±(۰/۳۰)	۰/۲۷۷±(۰/۰۲)
شهرری (سبز)	۷/۷۲±(۰/٤۱)	۲۲/۷۸±(۰/۷۲)	۳۹/۵۹±(۳/۹۷)	۹۹/۰٤±(۳/۲٤)	۰/۸۹۹±(۰/۳۱)
شیراز (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۲۱/۰۸±(۰/۱۹)	۳۵/۰۲±(۱/۳۱)	۱۰۰±(۰/٤۷)	۰/۰۷۸±(۰/۰٦)
مشهد (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۲۱/٦۱±(۰/۳۵)	۳۵/۱۱±(۰/۰۵)	۱۰۰±(۰/۵۰)	۰/۱۷۲±(۰/۰۲)
ناپولتا آمریکایی (سبز)	۷/۹۹±(۰/۳۱)	۲۱/۰۵±(۰/۹۰)	٤۱/٦۹±(۸/٦٤)	۸۸/۲۹±(٤/۷٤)	۰/۹٦۸±(۰/٤۸)
کرمانشاه (سبز)	۷/۸۹±(۰/۲۸)	۲۷/۷۸±(۳/۵۸)	۳۵±(۲/٦۲)	۷٦/۵۹±(٤/۳۲)	۰/۱٦۳±(۰/۰٤)
ملایر (سبز)	۸±(۰/۰۰)	۲۲/۱۳±(۰/۰۵)	۳۵±(۰/۰۳)	۹۲/۹٦±(۲/۲٤)	۰/۰٤۷±(۰/۰۸)

جدول ۳. دمای پایه (Tb)، مطلوب (To) و سقف (Tc) و حداکثر سرعت جوانه‌زنی (Rmax)، برای سرعت جوانه‌زنی ۲۲ توده از ریحان

توده	Tb	To	Tc	Rmax
اصفهان۲ (سبز)	۸/۳٦±(۱/۸٤)	۲٤/۳۰±(۱/٦۷)	٤۰/۳۲±(۳/۲۰)	۰/۰۳٦۵±(۰/۰۰)
اصفهان۲ (بنفش)	۸/۳۵±(۱/۹۱)	۲۵±(۲/۵۳)	٤۰/۰۳±(٤/۵٤)	۰/۰۳٤٤±(۰/۰۱)
اصفهان۳ (سبز)	۷/۷۰±(۲/۲۰)	۲۸/۰۱±(۱/۲۸)	۳۷/۸۷±(۱/۸۰)	۰/۰۸۹٦±(۰/۰۱)
اصفهان٤ (سبز)	۸/۰۳±(۰/۱۵)	۲۹/۱۹±(۰/۰۷)	۳۷/۲۹±(۰/۰۹۵)	۰/۰۵۳±(۰/۰۰)
بیرجند (سبز)	۸/۸۳±(۱/۳۵)	۲۸/۱۱±(۰/۹۱)	۳٦/۹۱±(۱/۰۸)	۰/۰٤٤٤±(۰/۰۰)
بیرجند (بنفش)	۷/۰۸±(۲/۵۱)	۲٤/۳۰±(۲/۰٦)	٤۲/٤۹±(٤/۸۱)	۰/۰۳٦۵±(۰/۰۰)
پیشوا (سبز)	٦/۵٤±(۰/۸٤)	۲۰/۳۲±(۰/۷۹)	٤۰/۰۲±(۱/۷۰)	۰/۰۳۵۱±(۰/۰۰)
پیشوا (بنفش)	۷/۱٦±(۱/۷۹)	۲۳/۵۳±(۱/۳۹)	۳۸/۹۸±(۲/۳۱)	۰/۰۳۷۳±(۰/۰۰)
تهران (سبز)	٦/٤۲±(۱/۵۰)	۲۹/۸۹±(۰/۵۰)	۳۵/۷۹±(۰/٤۵)	۰/۰۸۸۳±(۰/۰۱)
تنکابن‌محلی (سبز)	۸/٤۵±(۰/۸۵)	۲۰/۸۹±(۱/۰۳)	٤۲/۹۵±(۳/۲٤)	۰/۰۲۹۰±(۰/۰۰)
جینویس ایتالیایی (سبز)	۷/۸۱±(۰/۳۸)	۲۵±(۰/۳۵)	٤٤/۱۹±(۰/۹۲)	۰/۰۲۰۷±(۰/۰۰)
خاش (سبز)	۱۱/٤۹±(۱/۲٦)	۲۹/۵۲±(۰/٤۷)	۳٦/۲۱±(۰/٤٤)	۰/۰۵٤±(۰/۰۰)
زاهدان۱ (سبز)	٦/۰٦±(۱/۱۰)	۲۰/۵۷±(۰/۹۸)	٤۰/٦٦±(۲/۱۹)	۰/۰۳۲۵±(۰/۰۰)
زاهدان۲ (سبز)	۸/۷۷±(۲/٤۱)	۲٤/۸۸±(۲/۳۰)	٤۱/۱۹±(٤/۷۳)	۰/۰۳٦۹±(۰/۰۱)
زابل (سبز)	۸/۱۵±(۱/٤۲)	۲۵±(۲/۰٤)	٤۳/۲۳±(۵/۵۷)	۰/۰۲۱۳±(۰/۰۰)
سوئیس (سبز)	۸/٦۵±(۱/۸۵)	۲۵±(۲/۷۲)	٤۲/۱۸±(٦/٦٤)	۰/۰۲۲۹±(۰/۰۰)
شهرری (سبز)	۷/٦۳±(۰/۱۱)	۲۳/٦۸±(۰/۱۲)	٤۵±(۰/۰۰)	۰/۰۲۲٤±(۰/۰۰)
شیراز (سبز)	۹/۲۲±(۱/٤٤)	۲۹/٦٤±(۰/۷۳)	۳٦/۸۹±(۰/۹۱)	۰/۰۵۲۷±(۰/۰۰)
مشهد (سبز)	۹/۱۳±(۲/۲۵)	۲۵±(۲/۹٤)	۳۷/۵۰±(۳/۵۰)	۰/۰۳۸۹±(۰/۰۱)
ناپولتا آمریکایی (سبز)	۸/۸٦±(۱/۷۱)	۲۵/٤۲±(۲/۲۵)	٤۰/۱۸±(٤/۲۸)	۰/۰۲۲۷±(۰/۰۰)

کرمانشاه (سبز)	۵/۲۶±(۳/۱۰)	۲۶/۳٤±(۲/۷٤)	٤۳/٦۲±(۷/۷۵)	۰/۰۱۹۹±(۰/۰۰)
ملایر (سبز)	٦/۵٦±(۲/۰۹)	۲۹/۸۰±(۰/۷۵)	۳٦/٦۲±(۰/۸٦)	۰/۰۵۰۹±(۰/۰۰)

٤. نتیجه‌گیری

دمای پایه، مطلوب و سقف برای درصد جوانه‌زنی ۸-۷/۵٤، ۲۷/۷۸-۱۹/۱۰ و ۳٦/۸۱، ۳۵ و برای سرعت جوانه‌زنی ۹/۲۲-۵/۲٦، ۲۹/۸۹-۲۰/۳۲ و ٤۵-۳۵/۷۹ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه دما با سرعت جوانه‌زنی در ریحان با تابع دوتکه‌ای و با درصد جوانه‌زنی توسط تابع بتا توصیف خوبی داشت و می‌توان با استفاده از این دو مدل دماهای کاردینال برای این گیاه را تعیین کرد. در بین توده‌های مورد ارزیابی در این تحقیق، توده اصفهان ۳ (سبز) در همه دماها (۸ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد) بالاترین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص داد. همچنین، در اکثر دماها ۱۰۰ درصد جوانه‌زنی داشت. بنابراین، می‌توان گفت توده مذکور نسبت به تغییرات دما دامنه بردباری وسیع‌تری داشته و از نظر منطقه جغرافیایی و زمان کاشت از محدودیت کمتری برخوردار است.

منابع

۱. پازکی ع، قاضی پیرکوهی م، شیرانی راد ا، بیگدلی و حبیبی د (۱۳۹۰) تغییرات درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تأثیر کاربرد نیتروژن، منیزیم و منگنز. یافته‌های نوین کشاورزی. ۶(۱): ۱۶-۶.

۲. پورعلی قهفرخی ف، قادری فر ف، سلطانی ا و پهلوانی م (۱۳۹۳) برآورد دماهای کاردینال پنبه (*Gossypium hirsutum* L.). اولین کنگره بین‌المللی و سیزدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات. ۳-۱.

۳. تبریزی ل، نصیری محلاتی م و کوچکی ع (۱۳۸۳) ارزیابی حرارت‌های حداقل، بهینه و حداکثر جوانه‌زنی اسفرزه (*Plantago ovata*) و پسیلیوم (*Plantago psyllium*) مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۲(۲): ۱۵۰-۱۴۳.

۴. خدابخشی ا، کامکار ب و خلیلی ن (۱۳۹۴) کمی‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی گیاه دارویی مرزه به دما و پتانسیل آب با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی. به‌زراعی کشاورزی. ۱۷(۱): ۲۴۰-۲۹۹.

۵. رضایی‌مودب ع و نبوی‌کلات م (۱۳۹۱) اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی بر عملکرد بذر و اجزای عملکرد ریحان (*Ocimum basilicum* L.). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲(۲۲): ۱۵۷-۱۵۰.

۶. سلطانی ا (۱۳۹۲) کاربرد نرم‌افزار SAS در تجزیه‌های آماری (برای رشته‌های کشاورزی). انتشارات جهاد دانشگاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)، مشهد. ۱۸۴ صفحه.

۷. سلطانی ا، اویسی م، سلطانی ا، گالشی س، قادری‌فر ف و زینلی ا (۱۳۹۳) مدل‌سازی جوانه‌زنی کلزای خودرو تحت تأثیر دما و پتانسیل آب: مدل هیدروترمال تایم. پژوهش علف‌های هرز. ۶(۱):۳۸-۲۳.

۸. قادری‌فر ف و سلطانی ا (۱۳۹۴) ارزیابی جوانه‌زنی ارقام کنجد در واکنش به دما: تعیین دماهای مهم و مقاومت به دما. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۶ (۳): ۴۸۳-۴۷۳.

۹. محمودی ع، سلطانی ا و بارانی ح (۱۳۸۷) واکنش جوانه‌زنی یونجه حلزونی (*Medicago scutellata* L.) به دما. تولید گیاهان زراعی. ۱(۱): ۶۳-۵۴.

10. Akramghaderi F, Soltani A and Sadeghipour HR (2008) Cardinal temperature of germination in medical pumpkin (*Cucurbita pepo* conver *pepo* var. *styriaca*), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Asian Journal of Plant Science. 2: 101-109.
11. Baskin CC and Baskin J M (2004) A classification system for seed dormancy. Seed Science Research. 14(1): 1-16.
12. Bradford KJ (2002) Application of hydrothermal time to quantifying and

Univesity of California Agriculture and Natural Resources Publication. 3488.

14. Evers GW (1991) Germination response of subterranean, berseem and rose clovers to alternating temperatures. Agronomy Journal. 83(6): 1000-1004.
15. Farzaneh S Soltani E Zeinali E and Ghaderi-Far F (2014) Screening Oilseed Rape Germination for Thermotolerance Using a Laboratory-Based Method. Seed Technology. 36(1): 15-27.
16. Hardegree SP and Winstral AH (2006). Predicting Germination Response to Temperature. II. Three-dimensional Regression, Statistical Gridding and Iterative-probit Optimization Using Measured and Interpolated-subpopulation Data. Annals of Botany. 98(2): 403-410.
17. Jame YW and Cutforth HW (2004) Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agricultural For Meteorology. 124(3-4): 207-218.
18. Jami Al-Ahmadi M and Kafi M (2007) Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* (L.). Journal of Arid Environments. 68(2): 308-314.
19. Khalid AK., Hendawy SF and El-Gezawy E (2006) *Ocimum basilicum* L production under organic farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 2(1): 25-32.
20. Labra M, Miele M, Ledda B, Grassi F, Mazzei M and Sala F (2004). Morphological characterization essential oil composition and modeling seed germination and dormancy. Weed Science. 50(2): 248-260.
13. Ditomaso J, and Erelyn AH (2007) Weeds of California and other Western States. Vol 1. DNA genotyping of *Ocimum basilicum* L. cultivars. Plant Science. 167(4): 725-731.
21. Soltani A, Robertson M J, Torabi B, Yousedi-Daz M and Sarparast R (2006) Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agricultural and Forest Meteorology*. 138(1-4): 156-167.
22. Soltani E, Galeshi S, Kamkar B and Akramghaderi F (2008) Modeling seed aging effects on the response of germination to temperature in wheat. *Seed Science and Biotechnology*. 2(1): 32-36.
23. Soltani E, Soltani A, Galeshi S, Ghaderi-Far F and Zeinali E (2013) Seed Bank Modelling of Volunteer Oil Seed Rape: from Seeds Fate in the Soil To Seedling Emergence. *Planta Dania*. 31(2): 267-279.
24. Soltani A, Galeshi S, Zenial E and Lithify N (2002) Germination seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science Technology. 30(1): 51-60.
25. Seefeldt SS, Kidwell KK and Waller JE (2002) Base growth temperatures, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from the US Pacific Northwest. Field Crops Research. 75(1): 47-52.
26. SadrabadiHaghighi R and Sazevari G (2011) Evaluation of effect on *Alhajipseudlhaji* germination response to salinity and temperature. World Applied Sciences Journal. 13(1): 157-164.

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)
Vol. 20 ■ No. 2 ■ Summer 2018

Quantifying the germination response of different Basil accessions (*Ocimum basilicum* L.) to temperature

Sahar Binesh[1], Gholamabas Akbari[2*], Elias Soltani[3], Fateme Amini[3]

1. M.Sc. Student of Agronomy, Department of Crop Science and Plant Breeding, Aboureyhan Faculty, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Crop Science and Plant Breeding, Aboureyhan Faculty, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Crop Science and Plant Breeding, Aboureyhan Faculty, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.

Received: June 11, 2017 Accepted: October 9, 2017

Abstract

The present paper aims at examining the germination response of basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) to temperature and determining cardinal temperatures for percentage and rate of germination. For this purpose, a combined experiment was performed from 2016 to 2017 at the seed technology laboratory of Abu-Raihan Campus, Univerity of Tehran, through a completely-random design with four replications and six thermal levels (8, 15, 20, 25, 30, and 35 degrees centigrade), thus enabling the evaluation of 22 Basil accessions that include “Tehran”, Green Shahr-e-Rey”, “Green Birjand”, “Purple Birjand”, “Green Shiraz”, “Green Zabol”, “Zahedan”, “Green Zahedan”, “Kermanshah”, “Green Pishva”, “Purple Pishva”, “Green Malayer”, “Khash”, “Local green Tonekabon”, “Green Isfahan II”, “Purple Isfahan II”, “Green Isfahan III”, “Green Isfahan IV”, “Green Mash’had”, “American green Napoltano”, “Italian Genovese”, and “Switzerland”. It has been seen that the optimal range of temperature for germination percentage and germination rate was from 19.10 to 27.78 and from 20.32 to 29.89 degrees centigrade, respectively, with the highest germination rate observed at 25 degrees centigrade in most accessions. Among all evaluated accessions in the current research, Isfahan III presented the highest germination rate in all temperatures. Results from this experiment show that the response of germination percentage and germination rate to temperature is well described via Beta Function and Segmented Function, respectively, and that the cardinal temperatures can be determined for Basil by means of these two models.

Keywords: Beta function, cardinal temperatures, germination rate, model, segmented function.

Corresponding author: ghakbari@ut.ac.ir