کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی بذر چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) به دما

مارال اعتصامی [۱]، علی راحمی کاریزکی [۲،*]، بنیامین ترابی [۳]

[۱] دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۲] استادیار و عضو هیئت علمی گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس
[۳] استادیار و عضو هیئت علمی گروه زراعت، دانشگاه رفسنجان
[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: alirahemi@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۳۰)

چکیده

سرعت و درصد جوانه‌زنی در دماهای مطلوب در حداکثر و در دماهای پایه و سقف در حداقل است. به‌منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی به دما و ارزیابی دماهای کاردینال برای درصد و سرعت جوانه‌زنی در چای ترش آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در آزمایشگاه دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. بذرها از دمای صفر تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد با فاصله ۵ درجه از یکدیگر تحت جوانه‌زنی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که واکنش درصد و سرعت جوانه‌زنی به دما به ترتیب با تابع دندان مانند و دوتکه‌ای به‌خوبی برازش یافتند. دماهای پایه و سقف برای درصد جوانه‌زنی ۱/۶۶ و ۴۳/۳۳ درجه سانتی‌گراد و برای سرعت جوانه‌زنی ۴/۵۳ و ۴۲/۹۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. دمای مطلوب برای سرعت جوانه‌زنی ۳۰ درجه سانتی‌گراد و برای درصد جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۱۱/۵۶ و ۳۳/۶۳ درجه سانتی‌گراد بود؛ بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت که دمای پایه و مطلوب چای ترش به ترتیب حدود ۱۱ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد است. از این رو در شرایط گنبد قابل کشت و کار است.

واژه‌های کلیدی: بذر، جوانه‌زنی، چای ترش، دما

مقدمه

چای مکی با نام علمی (*Hibiscus Sabdariffa*) یک گیاه دارویی از تیره مالواسه[۱]، گیاهی یک‌ساله است که دارای خواصی چون کاهش فشارخون، خنک کننده بدن، رقیق و تصفیه کننده خون، کنترل کننده کلسترول خون، اختلالات کبدی و صفرایی و همچنین آرام بخشی می‌باشد. چای مکی بومی ایران نمی‌باشد و کشت این گیاه در ایران تنها در سیستان و بلوچستان گزارش شده است، بنابراین دما عاملی تعین کننده در انتشار گونه‌ها به‌خصوص چای ترش در مناطق جغرافیایی مختلف به شمار می‌آید (زرگری، ۱۳۷۶). دما نه‌تنها بر درصد جوانه‌زنی بلکه بر سرعت جوانه‌زنی نیز تأثیرگذار است (ریمنز[۲] و همکاران، ۲۰۰۴). اثر دما بر جوانه‌زنی، بر حسب دماهای کاردینال یعنی دمای حداقل، دمای مطلوب و دمای حداکثر بیان می‌شوند و جوانه‌زنی در این محدوده حرارتی رخ می‌دهد (سلطانی[۳] و همکاران، ۲۰۰۶). دمای مناسب عبارت است از دمایی که در آن بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان اتفاق می‌افتد (حجازی، ۱۳۷۳). سرعت و درصد جوانه‌زنی در دمای مطلوب حداکثر است اما در دمای پایه و سقف به صفر می‌رسد (محمودی و همکاران، ۱۳۸۷؛ هاردیگری[۴]، ۲۰۰۶). با تعیین درجه حرارت

[1] Malvaceae

[2] Riemens
[3] Soltani
[4] Hardegree

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.5.7]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.73]

کاردینال، امکان ارزیابی محدودیت‌های جغرافیایی گونه‌ها و زمان کشت آن‌ها ممکن می‌گردد (پارتیال[1] و همکاران، ۲۰۰۳). بررسی واکنش جوانه‌زنی و سبز شدن بذرها نسبت به دما و شناخت دماهای کاردینال در جهت ایجاد مدل‌های پیش‌بینی کننده جوانه‌زنی و سبز شدن، انتخاب تاریخ کاشت مناسب، غربال کردن ارقام به دماهای کم یا زیاد و تعیین نواحی جغرافیایی مساعد جوانه‌زنی و استقرار گونه‌ها یا ژنوتیپ‌ها مفید است (سلطانی و همکاران، a ۲۰۰۶؛ سلطانی و همکاران، b ۲۰۰۶). ملتی[2] و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که بذور گیاه باریجه در دمای بین ۵ الی ۸ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشته است ولی با افزایش دما به ۱۱ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی آن‌ها ۶/۲۵ درصد کاهش یافته است. دماهای کاردینال برای گیاهان مختلفی اندازه‌گیری شده است. اوول[3] و همکاران (۱۹۸۶) دمای پایه جوانه‌زنی برای نخود، عدس و سویا را به ترتیب صفر، ۲/۵ و ۴ درجه سانتی‌گراد تعیین نمود. محققین بذر گونه‌ای ترشک را در درجه حرارت‌های متفاوت در روشنایی و تاریکی مورد آزمایش قرار دادند و مشاهده کردند که بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (ریمنز[4] و همکاران، ۲۰۰۴). آزمایش‌های مختلف بر روی بیوتیپ‌های مختلف سلمه نشان داد که حداقل دما برای جوانه‌زنی آن بین ۲ تا ۷ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب بین ۲۰ تا ۲۵ و حداکثر دما را بین ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد گزارش نمودند. تبریزی و همکاران (۱۳۸۳) اعلام کردند که سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی شاخص حساس‌تری به دما بود که جوانه‌زنی را تحت تأثیرتأثیر قرار داد.

انواع مختلفی از مدل‌های ریاضی برای شرح رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی استفاده شده است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). برخی از محققین از این مدل‌ها برای تعیین دماهای کاردینال استفاده کرده‌اند (هاردی گری و وین استرال[5]، ۲۰۰۶). نتایج محمودی و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که واکنش درصد و سرعت جوانه‌زنی به دما در یونجه حلزونی به ترتیب با تابع دندان مانند و دوتکه‌ای توصیف خوبی داشتند، دمای پایه و سقف برای درصد و سرعت جوانه‌زنی این گیاه ۰/۴۶ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و دمای مطلوب سرعت جوانه‌زنی ۲۲/۲۲ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. جام و کاتفورس[6] (۲۰۰۴) از تابع بتا برای کمی‌سازی رابطه دما و سرعت جوانه‌زنی استفاده کردند، آن‌ها در مطالعه خود نشان دادند که دمای پایه، مطلوب و سقف برای گندم به ترتیب صفر، ۳۰ و ۴۲ درجه سانتی‌گراد بود. سفیلد[7] و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند دمای پایه برای ۶ رقم گندم بهاره بین ۱/۲ تا ۱/۶ درجه سانتی‌گراد تغییر کرد. گنجعلی و همکاران (۱۳۸۷) برای کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی نخود در برابر دما از مدل دندان مانند استفاده نمودند و متوسط دامنه مطلوب دمایی برای جوانه‌زنی نخود را ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد اعلام کردند. سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه ۴ رقم نخود دامنه دمایی ۲۰ تا ۲۹ درجه را به‌عنوان دمای مطلوب برای سبز شدن نخود گزارش کردند. قادری‌فر و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که در کدوی تخم کاغذی و سیاه‌دانه، مدل‌های بتا و دندان مانند نسبت به مدل‌های دیگر واکنش سرعت جوانه‌زنی را نسبت به دما بهتر توصیف کردند. بالندری و همکاران (۱۳۹۰) برای کاسنی پاکوتاه گزارش کردند که بیشترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ و بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از مدل‌های رگرسیونی خطوط متقاطع، چندجمله‌ای درجه ۲ و پنج پارامتری بتا به دست آمد. دانستن و پیگیری الگوهای جوانه‌زنی گیاهان در برنامه‌های مدیریتی بسیار سودمند است (برادفورد[8]، ۲۰۰۲)؛ بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی واکنش جوانه‌زنی بذر چای ترش نسبت به دما و ارزیابی دماهای حداقل، مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی در این گیاه بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه زراعت دانشگاه گنبد کاووس به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار ۲۵

[1] Phartyal
[2] Melati
[3] Ovell
[4] Riemens
[5] Hardegree and Winstral
[6] Jame and Cutforth
[7] Seefeldt
[8] Bradford

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.5.7]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.73]

بذری در دستگاه ژرمیناتور X۶۴۰ (شرکت فاطر الکتریک) با دماهای ثابت صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت. دستگاه بر اساس رطوبت نسبی ۴۰ درصد و ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی تنظیم شد. بذرها با محلول وایتکس ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو شدند و در پتری دیش‌های استریل شده به قطر ۹ سانتی‌متر بر روی کاغذ صافی قرار گرفتند. در طول آزمایش شمارش بذور جوانه‌زده هر روز به‌صورت تجمعی انجام می‌گرفت. معیار جوانه‌زنی بذور خروج ریشه‌چه به‌اندازه ۲ میلی‌متر بود. در طول آزمایش در صورت لزوم آب مقطر به پتری دیش‌ها افزوده شد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور از برنامه *Germin*[۱] استفاده شد که در این برنامه D۱۰ (مدت زمان ۱۰ درصد جوانه‌زنی) و $D_{۹۰}$ (مدت زمان ۹۰ درصد جوانه‌زنی) محاسبه شد. سرعت جوانه‌زنی از طریق فرمول زیر محاسبه گردید (آدم[۲] و همکاران، ۲۰۰۷):

$$R50=1/D50$$

آزمون رشد گیاهچه

برای انجام این آزمایش برای هر تیمار ۴ تکرار ۲۵ بذری انتخاب و سپس وزن تر بذور[۳] (IFSW) تیمار به‌صورت جداگانه محاسبه شد. ۲۵ عدد بذر انتخابی وزن شده روی یک خط در داخل سه لایه حوله به روش ساندویچ قرار گرفته و به مدت یک هفته در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بعد از ۸ روز، تعداد گیاهچه‌های نرمال شمارش گردید. سپس در گیاهچه‌های نرمال با استفاده از تیغ اسکالپل (جراحی) گیاهچه‌ها از باقیمانده بذر (لپه‌ها) به‌دقت جدا شدند. وزن خشک گیاهچه‌ها[۴] (SLDW) و وزن خشک باقیمانده بذرها[۵] (FSDW) نیز با قرار دادن آن‌ها در آون آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و سپس توزین آن‌ها با کمک ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم، محاسبه شد. در نهایت، مقدار استفاده از ذخایر بذر[۶] (SRUR) کارایی استفاده از ذخایر بذر[۷] (SRUE) (SRUE) و کسر ذخایر بذر مصرف شده (پویا شده،[۸]FMOB) بر اساس روابط ۱ تا ۳ محاسبه گردید.

۱) SRUR=ISDW-FSDW

۲) SRUE=SLDW/SRUR

۳) FMOB=SRUR/ISDW

که ISDW وزن اولیه بذرهای خشک است و از کسر رطوبت بذر از وزن اولیه بذرها به‌دست می‌آید (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش جوانه‌زنی و آزمایش رشد گیاهچه به‌طور جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه رگرسیون خطی قرار گرفتند (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). جهت کمی کردن واکنش سرعت و درصد جوانه‌زنی نسبت به دما و تعیین دماهای کاردینال، از مدل زیر برای توصیف واکنش سرعت و درصد جوانه‌زنی به دما در بذر چای ترش استفاده شد:

$$R50=F(T) / G0$$

که در آن *G0* حداقل ساعت تا جوانه‌زنی در دمای مطلوب است؛ بنابراین ۱/*G0* حداکثر جوانه‌زنی را نشان می‌دهد و F(T) تابع دما است که بین صفر (در دمای پایه) تا یک (در دمای مطلوب) تغییر می‌کند و از روابط زیر به دست می‌آید:

تابع دو تکه‌ای

$F(T)= (T- Tb)/(To- Tb)$ if $To<T<Tb$

$F(T)=F(T)= (Tc - T)/(Tc- To)$ if $To<T<TC$

$F(T)= 0$ if $T<Tb$ or $T< Tc$

تابع دندان مانند

$F(T)= (T- Tb)/(To1- Tb)$ if $Tb<T<To1$

$F(T)=F(T)= (Tc - T)/(Tc - To2)$ if $To2<T<TC$

$F(T)= 1$ if $To1<T<To2$

$F(T)= 0$ if $T<Tb$ or $T< Tc$

در این روابط T دما، Tb دمای پایه، To_1 دمای مطلوب تحتانی، To_2 دمای مطلوب فوقانی و Tc دمای سقف است. پارامترهای مدل توسط رویه Proc nlin در SAS محاسبه شدند (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶).

[۱] این برنامه توسط دکتر افشین سلطانی عضو هیات علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شده است.

[2] Adam
[3] Initial Fresh Seed Weight
[4] Seed Dry Weight
[5] Final Seed Dry Weight
[6] Seed Resource Use Rate
[7] Seed Resource Use Efficiency
[8] Fraction Mobilization

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.5.7]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.73]

در نهایت داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و تحلیل و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شدند. مقایسه میانگین داده‌ها نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد و با آزمون LSD انجام شدند.

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است تمام صفات مورد ارزیابی در این آزمایش تحت تأثیر دما قرار گرفتند. تأثیر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور، زمان تا آغاز جوانه‌زنی، زمان تا پایان جوانه‌زنی و کارایی ذخایر پویا در چای ترش در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. نتایج نشان داد واکنش درصد جوانه‌زنی نسبت به دماهای مختلف در زمان متفاوت بود (جدول ۲). درصد جوانه‌زنی در دامنه دماهای ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در حداکثر خود بودند. نتایج آزمایش نشان داد در دماهای صفر، ۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی در بذور مورد آزمایش مشاهده نشد. جدول ۱ نشان می‌دهد که دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد کمترین زمان تا شروع و پایان جوانه‌زنی را به خود اختصاص داده است و بذور در این دما زمان کمتری را برای رسیدن به جوانه‌زنی دارند. در دماهای پایین درصد و سرعت جوانه‌زنی کم می‌باشد اما با رسیدن به دامنه دمای مطلوب درصد و سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. مطالعات آلیس و روبرت[1] (۱۹۸۱) نشان می‌دهد بذور در دامنه وسیعی از دماهای مختلف جوانه می‌زنند اما حداکثر جوانه‌زنی آن‌ها به‌طور چشم‌گیری در آستانه‌های این دامنه کاهش می‌یابد. دامنه دمایی که حداکثر جوانه‌زنی در آن اتفاق می‌افتد با توجه به نوع گونه‌ها و کیفیت بذر متفاوت است. کارایی ذخایر پویا در دماهای مطلوب بالاترین عدد را به خود اختصاص داده است که بیان‌گر توانایی استفاده بذور از ذخایر و تولید گیاهچه است. کارایی ذخایر پویا در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد ۰/۸۵، در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ۰/۸۲ و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ۰/۷۸ بود (جدول ۲). کورت[2] (۲۰۱۲) در مطالعات خود بر روی بذور کتان بیان کرد که دمای مطلوب جوانه‌زنی برای این بذور حدود ۲۲/۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. جوانه‌زنی در شرایط مطلوب رطوبت به‌شدت متأثر از دما است و سرعت جوانه‌زنی در دماهای مطلوب حداکثر است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶).

مدل‌های برازش داده شده برای سرعت و درصد جوانه‌زنی در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. با توجه به پراکنش داده‌ها و مقادیر مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) مدل دو تکه‌ای برای سرعت جوانه‌زنی (شکل ۱) و مدل دندان مانند برای درصد جوانه‌زنی (شکل ۲) بهترین برازش داشتند.

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش دما از صفر تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی با شیب تندی سیر صعودی داشته و بعد از این مرحله، افزایش دما کاهش سرعت جوانه‌زنی را نشان می‌دهد؛ به‌طوری که در دماهای بالاتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی به صفر می‌رسد. بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌گردد.

شکل ۲ نشان می‌دهد با افزایش دما تا دمای مطلوب تحتانی درصد جوانه‌زنی افزایش یافته و نزدیک به ۱۰۰ درصد می‌رسد. در دامنه دمای مطلوب تحتانی تا دمای مطلوب فوقانی درصد جوانه‌زنی به ثبات رسیده و یک روند مشخص را طی می‌کند. با نزدیک شدن دما به بالاتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی به‌شدت کاهش یافته و به صفر می‌رسد. هاردیگری (۲۰۰۶) اعلام داشت جوانه‌زنی سریع سرعت استقرار گیاهچه‌ها را افزایش داده اما دماهای بالاتر از حد مطلوب با اختلال در فعالیت و سنتز پروتئین‌های ضروری باعث آسیب به بذر و توقف جوانه‌زنی است.

[1] Ellis and Roberts
[2] Kurt

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.5.7]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.73]

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر دما بر صفات مورد بررسی در چای ترش

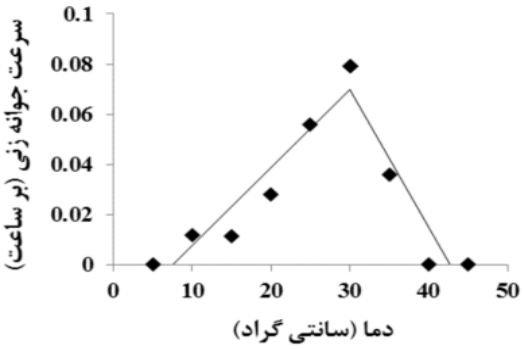
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	زمان تا شروع جوانه‌زنی	زمان تا پایان جوانه‌زنی	کارایی ذخایر پویا
دما	۹	۶۳۸/۵۱**	۰/۰۰۳**	۲۰۵۹/۲۹**	۷۸۸۶/۴۸**	۱۳/۱۸**
خطا	۳۰	۰/۲۱	۰/۰۰۰۰۰۷۲۷	۸/۲۴	۱۹/۶۱	۰/۱۹
CV (٪)		۳/۱۷	۱۲/۱۶	۲۱/۴۸	۱۱/۳۶	۲۴/۲۹

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

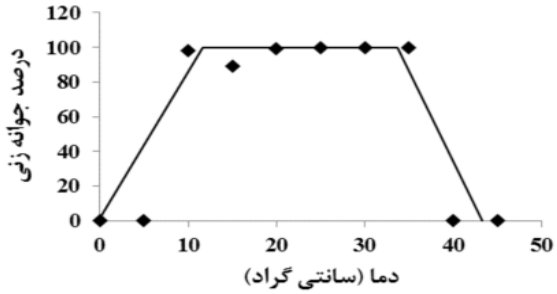
جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر دما بر درصد، سرعت، زمان تا شروع و پایان جوانه‌زنی در چای ترش

دما (درجه سانتی‌گراد)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	زمان تا شروع جوانه‌زنی (روز)	زمان تا پایان جوانه‌زنی	کارایی ذخایر پویا (گرم)
۱۰	۲۴/۵۰ a	۰/۰۱۱ e	۵۹/۹۵ a	۱۱۰/۹۰ a	۰ /۷۷ bc
۱۵	۲۲/۲۵ b	۰/۰۱۱ e	۶۴/۶۰ a	۱۱۷/۱۸ a	۰/۷۴ c
۲۰	۲۴/۷۵ a	۰/۰۲۸ d	۲۴/۷۸ b	۴۷/۷۴ b	۰/۴۷ d
۲۵	۲۵ a	۰/۰۵۵ b	۳/۶۱ cd	۴۰/۴۵ c	۰/۷۸ bc
۳۰	۲۵ a	۰/۰۷۹ a	۲/۵۴ cd	۲۴/۶۷ d	۰/۸۲ ab
۳۵	۲۵ a	۰/۰۳۶ c	۵/۷۲ c	۴۸/۷۵ b	۰/۸۵ d

در هر ستون حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد است.



شکل ۱- واکنش سرعت جوانه‌زنی بذور چای ترش نسبت به دما



شکل ۲- واکنش درصد جوانه‌زنی بذور چای ترش نسبت به دما

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.5.7]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.73]

دمای مطلوب جوانه‌زنی در محدوده ۱۱/۱۵ الی ۳۳/۶۳ و دمای سقف ۴۳/۳۳ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد که بذور چای ترش در دماهای بالا جوانه‌زنی مناسب‌تری نشان می‌دهد و همان‌طور که در مقدمه گفته شد از گیاهان گرمسیری است. بررسی ضرایب a، b، RMSE و R^2 حاصل رگرسیون خطی بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده برای تابع سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۶/۹۲، ۱، ۰/۰۱۳ و ۰/۸۴ بودند که نشان می‌دهد مدل دوتکه‌ای می‌تواند به‌خوبی رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی در چای ترش را نشان دهد. به عبارتی هر چه ضریب a به صفر و b به یک نزدیک‌تر باشند مدل ایده‌آل‌تر است. برای درصد جوانه‌زنی نیز با توجه به پراکنش داده‌ها مدل دندان مانند انتخاب شد و بعد از برازش ضرایب a، b، RMSE و R^2 برای تابع درصد جوانه‌زنی به ترتیب ۰/۰۰۰۰۱۲۵۵، ۱، ۲۵/۸۹، ۰/۸۵ بودند. کورت (۲۰۱۲) مدل رگرسیونی با ضریب تبیین ۰/۸۸را بهترین مدل برای بیان رابطه بین جوانه‌زنی و دما در بذور کتان بیان نمود. در مطالعه‌ای که رولینز[1] و همکاران (۲۰۱۲) بر روی جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز انجام دادند بیان کردند که معادلات خطی با ضریب تبیین ۰/۸۵ به‌خوبی رابطه جوانه‌زنی و دما را بیان می‌کند. تخمین مربوط به دماهای کاردینال در جدول ۳ ذکر شده است. دمای پایه و سقف برای درصد جوانه‌زنی به ترتیب ۱/۶۶ و ۴۳/۳۳ و برای سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۴/۵۳ و ۴۲/۹۵ بود. دمای مطلوب برای درصد جوانه‌زنی در حدود ۱۱/۵۶ و ۳۳/۶۳ و دمای مطلوب برای سرعت جوانه‌زنی در دامنه دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. آندروسی[2] و همکاران (۲۰۱۲) دمای مطلوب جوانه‌زنی برای کلزای علوفه‌ای را حدود ۳۱ درجه سانتی‌گراد بیان کردند. فریمن[3] (۱۹۷۳) گزارش کرد در لگوم‌ها در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۷ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب آب بیشتری در بذر وجود دارد.

در مطالعه‌ای که اشراقی‌نژاد[4] و همکاران (۲۰۰۹) بر روی سه گونه ارزن داشتند اعلام نمودند که مدل دندان مانند با کمترین مجذور میانگین مربعات خطای آزمایشی (۰/۰۰۰۰۹) و بیشترین ضریب تبیین (۰/۹۸) بهترین مدل در ارزیابی جوانه‌زنی بذور ارزن نسبت به دما به دست آمد. جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر دما بر روی کارایی استفاده از ذخایر بذر، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه معنی‌دار بوده است.

بیشترین و کمترین طول ریشه‌چه مربوط به تیمار ۳۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲/۸۳ و ۰/۱۸ سانتی‌متر بوده است. تیمار ۳۵ درجه سانتی‌گراد در صفات طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه و استفاده از ذخایر بذر بهترین تیمار محسوب می‌شود و تیمار ۲۰ درجه سانتی‌گراد بهترین کارایی استفاده از ذخایر را بین سایر تیمارها نشان داد. بیشترین قدرت تخلیه ذخایر در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه چه و بالاترین وزن تر و خشک گیاهچه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند دمایی مطلوب در رشد گیاهچه‌های بذور چای ترش باشد که با قدرت مصرف بیشتر ذخایر همراه بوده است. با توجه به حداقل طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، به نظر می‌رسد این دما، دمای مطلوبی برای رشد بذور چای ترش نباشد.

[1] Rawlins
[2] Andreucci
[3] Freeman
[4] EshraghiNejad

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.5.7]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.73]

جدول ۳- دمای پایه، مطلوب، و سقف برای جوانه‌زنی بذور چای ترش

	دمای پایه	دمای مطلوب	دمای سقف
سرعت جوانه‌زنی	۴/۵۳±۲/۹۷	۳۰/۰۰±۳/۰۷	۴۲/۹۵±۱/۹۷
درصد جوانه‌زنی	۱/۶۶±۱/۹۶	۱۱/۵۶±۳/۱۷ ۳۳/۶۳±۳/۰۵	۴۳/۳۳±۱/۹۳

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر درجه حرارت‌های مختلف بر صفات مورد آزمایش در بذر چای ترش

صفات	کارایی استفاده ذخایر بذر	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن تر گیاهچه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)
۱۰	۱/۷۸c	۰/۱۸e	۱/۵۲c	۲/۲۷d	۰/۳۱c
۱۵	۱/۷۳c	۰/۲۳e	۱/۶۰c	۲/۳۰d	۰/۳۴c
۲۰	۰/۸۱e	۱/۱۲d	۳/۴۲b	۳/۴۸bc	۰/۹۰a
۲۵	۱/۰۸d	۱/۸۰c	۳/۳۲b	۳/۲۲c	۰/۴۷b
۳۰	۲/۱۷b	۲/۴۴b	۴/۱۴a	۴ab	۰/۵۱b
۳۵	۲/۵۰a	۲/۸۳a	۴/۲۸a	۴/۳۸a	۰/۴۹b

در هر ستون حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه دما با سرعت جوانه‌زنی در بذر چای ترش با تابع دوتکه‌ای و با درصد جوانه‌زنی توسط تابع دندان مانند توصیف خوبی داشت و با استفاده از این دو مدل می‌توان دماهای کاردینال را برای جوانه‌زنی این گیاه تعیین کرد؛ بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت که دمای پایه و مطلوب چای ترش به ترتیب حدود ۱۱ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد است.

منابع

بالندری، ا.، رضوانی مقدم، پ.، و نصیری محلاتی، م. ۱۳۹۰. تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذور کاسنی پاکوتاه *Cichorium pumilumJacq*. دومین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد مشهد. آبان. ۱۸۱۸-۱۸۲۲.

تبریزی، ل.، نصیری محلاتی، م.، و کوچکی، ع. ۱۳۸۳. ارزیابی درجه حرارت‌های حداقل، بهینه و حداکثر جوانه‌زنی اسفرزه و پیسیلوم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۲(۲): ۵۰۱-۱۴۳.

حجازی، ا. ۱۳۷۳. تکنولوژی بذر. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۸۸ صفحه.

زرگری، ع. ۱۳۷۶. گیاهان داروئی. انتشارات دانشگاه تهران. ۹۷۶ صفحه.

قادری‌فر، ف.، سلطانی، ا.، و صادقی‌پور، ح. ر. ۱۳۸۸. ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیرخطی در کمی سازی جوانه‌زنی کدوی تخم کاغذی (*Borago officinalis* L.) و سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) به دما. فصلنامه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۱۶(۴): ۱۹-۱.

گنجعلی، ع.، پارسا، م.، و خطیب، م. ۱۳۸۷. کمی‌سازی واکنش ژنوتیپ‌های نخود تحت تأثیر رژیم دمایی و تنش خشکی. پژوهش کشاورزی. آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۸(۱): ۸۸-۷۷.

محمودی، ع.، سلطانی، ا.، و بارانی، ح. ۱۳۸۷. واکنش جوانه‌زنی یونجه حلزونی (*Medicago scutellata*) به دما. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۱(۱): ۶۱-۵۴.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.5.7]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.73]

Adam, N.R., Dierig, D.A., Coffelt, T.A., and Wintermeyer, M.J. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. Industrial Crops and Products, 25(1): 24-33.

Andreucci, M., Black, A.D., and Moot. D.J. 2012. Cardinal temperatures and thermal time requirements for germination of forage brassicas. Agronomy New Zealand, 42: 181-191.

Bradford, K.J. 2002. Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science, 50(2): 248-260.

Ellis R.H., and Roberts, E.H. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technolnology, 9: 373-409.

EshraghiNejad, M.E., Kamkar, B., and Soltani, A. 2009. Cardinal temperatures and required biological days from sowing to emergence of three millet species (common, foxtail, pearl millet). Journal of Agricultural Science and Technology, 3(12): 36-43.

Freeman, C.E. 1973. Germination response of Texas population of ocotillo to Constant temperature water stress pH and salinity. American midland Naturalist, 89: 252-256.

Hardegree, S.P. 2006. Predicting germination response to temperature I. cardinal-temperature models and subpopulation-specific regression. Annals of Botany, 97(6): 1115-1125.

Hardegree, S.P., and Winstral, A.H. 2006. Predicting Germination Response to Temperature. II. Three-dimensional Regression, Statistical Gridding an Iterative- probit Optimization Using Measured and Interpolated-subpopulation Data. Annals of Botany, 98(2): 403-410.

Jame, Y.W., and Cutforth, H.W. 2004. Simulation the effect of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agricultural and Forest Meteorology, 124(3): 207-218.

Orhan, K.U.R.T. 2012. A predictive model for the effects of temperature on the germination period of flax seeds (*Linum usitatissimum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36(6): 654-658.

Mellati, F., Koocheki, A.R., and Nassiri, M. 2005. Evaluation of germination behavior and optimum planting date of *Ferula gumosa*. Field Crops Research, 3(1): 123-128.

Ovell, S., Ellis, R.H., Roberts, E.H., and Summerfield, R.J. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. Journal of Experimental Botany, 37(5):705-715.

Phartyal, S.S., Thapial, R.C., Nayal, J.S., Rawat, M.M.S., and Joshi, G. 2003. The influence of temperatures on seed germination rate in Himalaya elm (*Ulmus wallichiana*). Seed Science and technology, 31(1): 83-93.

Rawlins, J.K., Roundy, B.A., Davis, S.M., Egget, M. 2012. Predicting germination in semi-arid wild land seedbeds. Thermal germination models. Environmental and Experimental Botany, 76: 60-67.

Riemens, M.M., Scheepens, P.C., and Van der Weide, R.Y. 2004. Dormancy, germination and emergence of weed seeds, with emphasis on influence of light. Plant Research International BV Note, 302: 1-2.

Seefeldt, S.S., Kidwell, K.K., and Waller, J.E. 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.

Soltani, A., Hamme, G.L., Torabi, B., Robertson, M.J., and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: Phonological development. Field Crops Research, 99(1): 1-13.

Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M., and Sarparast, R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology, 138(1): 156-167.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.5.7]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.73]

Iranian Journal of Seed Research, Vol: 2(1), 2015

Quantifying Germination Response of Hibiscus Tea (*Hibiscus sabdariffa*) Seeds to Temperature

Maral Etesami[1], Ali Rahemi Karizaki[2, *], Benyamin Torabi[3]

[1] *Ph.D. Student of Crop Physiology, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran*
[2] *Faculty Member of Plant Production Department, GonbadKavous University, Gonbad Kavous, Iran*
[3] *Faculty Member of Agronomy, Department, Rafsanjan University, Rafsanjan, Iran*
[*]Corresponding author, E-mail address: alirahemi@yahoo.com

(Received: 2014.11.03b ; Accepted: 2015.04.19)

Abstract

Germination rate and percentage are maximal at optimum temperatures and then reach to zero at the base and ceiling temperatures. An experiment was conducted at the Gonbad Kavous University laboratory as a completely randomized design with 4 replications, to study germination response to temperature and evaluation of cardinal temperature on germination rate and percentage of hibiscus tea. Seeds germinated at 0 to 45 degrees Celsius by 5 degree intervals. Results indicated that the response of germination percentage and rate adequately fitted with dent like and segmented functions, continually. Base and ceiling temperatures were 1.66 and 43.33 degree Celsius for germination percentage and 4.53 and 42.95 degree Celsius for germination rate. Optimum temperatures were 30 degree centigrade for germination rate and 11.56 and 33.63 degrees Celsius for germination percentage. In conclusion, base and favorable temperatures for hibiscus tea seeds were 11 and 35^{0}C. Therefore it is recommended to cultivate in the weather condition of Gonbad kavous.

Keywords: Seed, Germination, Hibiscus tea, Temperature

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-22]

[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.5.7]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.73]