دماهای ویژه جوانه‌زنی گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

سید مهدی جوادزاده [۱]، پرویز رضوانی مقدم [۲،*]، محمد بنایان اول [۲]، جواد اصیلی [۳]

[۱] دانشجوی دکتری آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد، گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایرانشهر

[۲] استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۳] استاد گروه فارماکوگنوزی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: rezvani@um.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۱۲)

چکیده

گیاه چای ترش یکی از گیاهان مهم دارویی و صنعتی از خانواده پنیرکیان است که در سطح وسیعی از استان سیستان و بلوچستان کشت می‌شود. در یک مطالعه آزمایشگاهی، تأثیر درجه حرارت‌های مختلف بر جوانه‌زنی بذرهای گیاه چای ترش مورد بررسی قرار گرفت و درجه حرارت‌های کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی آن‌ها، به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار تعیین شد. برای این منظور تیمارهای دمایی ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. دماهای ویژه جوانه‌زنی بذر بر اساس سه مدل خطوط متقاطع، مدل پنج پارامتری بتا و مدل چندجمله‌ای درجه دو برآورد شد. صفات مورداندازه‌گیری عبارت بودند از درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی که اثر دما بر تمامی صفات مورد اندازه‌گیری معنی‌دار بود. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه رگرسیون داده‌ها نشان داد که بهترین مدل در ارتباط با دمای ویژه این گیاه مدل پنج پارامتری بتا بود و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این مدل، می‌توان گفت که دمای کمینه و بهینه چای ترش به ترتیب ۴/۰۴ و ۲۹/۸۳ درجه سانتی‌گراد است.

واژه‌های کلیدی: دمای کاردینال، سرعت جوانه‌زنی، گیاهان دارویی، مدل‌های رگرسیون غیرخطی

مقدمه

بررسی خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاهان دارویی در طی فرآیند اهلی سازی به‌ویژه گونه‌های غیربومی با نیازهای ناشناخته، ضروری می‌باشد (خارکاول[۱] و همکاران، ۲۰۰۲). درجه حرارت عامل مهم تنظیم‌کننده جوانه‌زنی بذر در اکوسیستم‌های زراعی فاریاب است (گاراسیا-هودبرو[۲] و همکاران، ۱۹۸۲). چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* L. از خانواده گیاهی یک‌ساله و مرکز تنوع ژنومی این گیاه ساب ساهاران در آفریقا می‌باشد (ویلسون[۴]، ۱۹۹۴). این گیاه بومی قاره آفریقا است. گیاهی دومنظوره است که به‌منظور استفاده خوراکی (کاسبرگ) و یا استفاده از الیاف یا چوب، یا هر دو نوع مورد کشت کار قرار می‌گیرد (ابید عسکری[۵] و همکاران، ۱۹۹۵). کشت این محصول در سراسر هند و آفریقا، بخشی از آسیا، آمریکا و استرالیا گزارش شده است (کوبلی[۶]، ۱۹۶۸). این گیاه از اهمیت زیادی در صنایع داروسازی، پزشکی و صنعتی برخوردار است. فرایند جوانه‌زنی با ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه و طویل شدن آن‌ها و تخصیص مواد غذایی

[1] Kharkwal
[2] Garcia-Huidobro
[3] Malvaceae
[4] Wilson
[5] Abid-Askari
[6] Cobley

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

ذخیره‌ای به محور جنینی آغاز می‌شود (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۷۷). جوانه‌زنی مرحله‌ای بحرانی در چرخه حیات گیاهان بوده و اغلب پویایی جمعیت را کنترل می‌کند (کیلر و کولمن[1]، ۱۹۹۹). جوانه‌زنی فرآیند فیزیولوژیکی کاملی است که توسط عوامل محیطی متعددی مانند درجه حرارت، رطوبت و نور تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در این میان درجه حرارت تأثیر مهمی بر خواب و جوانه‌زنی بذرها دارد (آلواردو[2]، ۲۰۰۰؛ برادفورد[3]، ۲۰۰۲). در تمامی موجودات درجه حرارت، سرعت متابولیسم و به دنبال آن سرعت رشد و توسعه آن‌ها را تعیین می‌کند (الیس و پاتچر[4]، ۱۹۸۸). درجه حرارت‌های مختلف با تأثیری که روی جوانه‌زنی می‌گذارند، ممکن است برای ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی یا پتانسیل استقرار گونه‌های گیاهی مفید باشند (جردن و هافرکاپ[5]، ۱۹۸۸). درجه حرارت می‌تواند درصد و سرعت جوانه‌زنی را از طریق تأثیر بر زوال بذر، کاهش خواب بذر و کلیه فرایندهای جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار دهد (کبریب و مردوخ[6]، ۱۹۹۹).

تکثیر چای ترش از طریق بذر است و به‌طور طبیعی از طریق رویشی تکثیر نمی‌شود. جوانه‌زنی بذر گیاه چای ترش به‌صورت برون زمینی[7] می‌باشد و در هنگام استقرار ریشه محور زیر لپه[8] به‌صورت یک خمیدگی شروع به رشد کرده خاک را شکافته و جوانه انتهایی را حین عبور از خاک که توسط لپه‌ها احاطه‌شده به سطح خاک می‌آورد و همچنین دارای یک ریشه راست و عمیق و قابل نفوذ است (دوک[9]، ۱۹۹۳). ۱۹۹۳).

عکس‌العمل جوانه‌زنی نسبت به درجه حرارت به عوامل متعددی ازجمله گونه‌های گیاهی، رقم، منطقه رویش، کیفیت بذر و مدت‌زمان پس از برداشت بستگی دارد (کاپلند و مک‌دونالد[10]، ۲۰۰۲). گزارش‌های متعددی در مورد خصوصیات جوانه‌زنی گونه‌های مختلف گیاهی اعم از گیاهان زراعی، مرتعی و دارویی وجود دارد (تبریزی و همکاران، ۱۳۸۳؛ نجفی و همکاران، ۱۳۸۵؛ ادوم[11] و همکاران، ۲۰۰۷؛ بنایان[12] و همکاران، ۲۰۰۶). از آنجا که درجه حرارت اثرات قابل‌توجهی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی از جمله شروع، سرعت و درصد جوانه‌زنی دارد، بنابراین بحرانی‌ترین عاملی است که موفقیت یا عدم موفقیت استقرار گیاه را تعیین می‌کند (جامی الاحمدی و کافی[13]، ۲۰۰۷). به‌طورکلی سه درجه حرارت کمینه، بهینه و بیشینه به‌عنوان درجه حرارت‌های ویژه شناخته می‌شوند که بذرهای هرگونه مشخص می‌توانند در این دامنه حرارتی جوانه بزنند (باسکین و باسکین[14]، ۲۰۰۴). اثر دما روی جوانه‌زنی می‌تواند به‌صورت درجه حرارت‌های ویژه بیان شود (کاپلند و مک‌دونالد، ۲۰۰۲). درجه حرارت کمینه یا پایه (T_b[15]) کمترین درجه حرارتی است که جوانه‌زنی در آن رخ می‌دهد. درجه حرارت بهینه (T_o)[16] درجه حرارتی است که جوانه‌زنی در آن بیشترین سرعت را داشته و درجه حرارت بیشینه (T_m)[17] بالاترین درجه حرارتی است که بذرها در آن قادر به جوانه‌زنی می‌باشند و پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تجزیه می‌شوند (آلواردو، ۲۰۰۰؛ برادفورد، ۲۰۰۲). درجه حرارت‌های ویژه جوانه‌زنی، عموماً بستگی به دامنه سازگاری محیطی یک‌گونه دارد و تطابق زمان جوانه‌زنی با شرایط مطلوب برای مراحل بعدی رشد و توسعه گیاهچه را تضمین می‌نماید (آلواردو، ۲۰۰۰). دماهای ویژه برای ارائه مدل پیش‌بینی جوانه‌زنی بذرها در گونه‌های گیاهی موردنیاز می‌باشند (رامین[18]، ۱۹۹۷). جامی الاحمدی و کافی (۲۰۰۷) در تحقیق خود به‌منظور تعیین درجه حرارت ویژه جوانه‌زنی گونه، کوشیا[19] عنوان کردند که این گیاه در دامنه‌ای وسیع از درجه حرارت از ۳/۵ درجه سانتی‌گراد (درجه حرارت

[1] Keller and Kollmann
[2] Alvardo
[3] Bradford
[4] Ellis and Butcher
[5] Jordan and Haferkamp
[6] Kebreab and Murdoch
[7] Epigeal
[8] Hypocotyl
[9] Duke
[10] Copeland and McDonald
[11] Adam
[12] Bannayan
[13] Jami Al-Ahmadi and Kafi
[14] Baskin and Baskin
[15] Bese Temperature
[16] Optimum Temperature
[17] Maximum Temperature
[18] Ramin
[19] *Kochia scopa*ria

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

پایه) تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد (درجه حرارت بیشینه)، قادر به جوانه‌زنی بوده و درجه حرارت مطلوب جوانه‌زنی آن ۲۴ درجه سانتی‌گراد است. نتایج تحقیق بنایان و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی خصوصیات جوانه‌زنی تعدادی از گیاهان دارویی ایران حاکی از آن است که بالاترین درصد جوانه‌زنی در دامنه ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد برای پونه سای بینالودی[۱] و پونه سای البرزی[۲]، همچنین ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد برای آویشن شیرازی[۳]، ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد برای پونه سای انبوه[۴] ۳۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد برای آویشن البرزی[۵]، روناس[۶] و بومادران[۷] به دست آمد. محققان، رابطه خطی بین دما و سرعت جوانه‌زنی را در برخی گونه‌های گیاهی گزارش کرده‌اند و به‌طور عمده از رگرسیون خطی برای توصیف رابطه دما و سرعت جوانه‌زنی استفاده می‌کنند (رامین، ۱۹۹۷؛ آلواردو، ۲۰۰۰ و برادفورد، ۲۰۰۲).

مدل‌های ریاضی متعددی برای توصیف الگوی جوانه‌زنی در واکنش به درجه حرارت ارائه شده است (کول[۸] و همکاران، ۱۹۸۶؛ آلیس و باتچر، ۱۹۸۸). برخی برخی از این مدل‌ها برای پیش‌بینی واکنش جوانه‌زنی تجمعی بکار می‌روند و درجه حرارت‌های ویژه و ضرایب مدل را برای مقایسه توده‌ها بذری نیز پیش‌بینی می‌کنند (هاردگری[۹]، ۲۰۰۶؛ پارتیال[۱۰] و همکاران، ۲۰۰۳؛ استرینوس[۱۱] و همکاران، ۲۰۰۰).

هاردگری و وینسترال[۱۲] (۲۰۰۶) سه مدل درجه حرارت ویژه جوانه‌زنی حرارتی، رگرسیون غیرخطی و روش رگرسیون خطی دو قطعه‌ای را مورد آزمون قرارداد و ملاحظه کردند که دقت پیش‌بینی سرعت و زمان جوانه‌زنی را می‌توان با استفاده از مدل‌های تجربی که کمترین فرضیه‌های از پیش تعیین‌شده را دارند، افزایش داد. آلن[۱۳] (۲۰۰۳) عنوان کرد که مدل‌های درجه حرارت ویژه کاربردهای دیگری نیز دارند به‌طوری که ضرایب این مدل‌ها می‌تواند با فرایندهای فیزیولوژیکی خاصی همبستگی داشته باشد. در آزمایشی بر اساس رگرسیون خطی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت، درجه حرارت‌های ویژه (کمینه، بهینه و بیشینه) به ترتیب شامل ۴، ۱۹/۴ و ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد برای اسفرزه[۱۴] و ۹/۴، ۲۸/۸ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای پسیلیوم[۱۵] به دست آمد (تبریزی و همکاران، ۱۳۸۳). مدل خطوط متقاطع (کوکابس[۱۶] و همکاران، ۱۹۹۹؛ پارتیال و همکاران، ۲۰۰۳) و مدل ۵- پارامتری بتا (ین[۱۷]، ۱۹۹۶) و مدل چندجمله‌ای درجه ۲ (آدم و همکاران، ۲۰۰۷) از مدل‌های رگرسیونی هستند که در برخی مطالعات مورداستفاده قرارگرفته‌اند. 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. در کشت گیاهان دارویی غیربومی، اطلاع از نحوه جوانه‌زنی بذر آن‌ها به‌منظور استقرار موفق و مطلوب گیاه ضرورت دارد. استفاده از گونه‌های گیاهی، نیازمند آگاهی از نیازهای رشدی و همچنین جوانه‌زنی بذر آن‌ها است (بهاچارگا[۱۸] و همکاران، ۲۰۰۰) و تاکنون چنین گزارشی در مورد چای ترش یافت نشده است، لذا هدف از این پژوهش ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بذر چای ترش و تعیین درجه حرارت‌های ویژه این گیاه بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش تحت شرایط آزمایشگاهی در سال ۱۳۹۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه گیاه‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد

[1] *Nepeta binaludensis*
[2] *Nepeta crassifolia*
[3] *Zataria multiflora*
[4] *Nepeta glomerulosa*
[5] *Thymus kotschyanus.*
[6] *Rubia tinctorum*
[7] *Achillea millefolium* ssp. *elburensis*
[8] Covell
[9] Hardegree
[10] Phartyal
[11] Steinmaus
[12] Hardegree and Winstral

[13] Allen
[14] *Plantago ovata*
[15] *Plantago psyllium.*
[16] Kocabas
[17] Yin
[18] Bhattacharga

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

ایرانشهر انجام شد. بذرهای چای ترش در فروردین‌ماه سال ۱۳۹۲ از مزارع چای ترش منطقه دلگان واقع در استان سیستان و بلوچستان تهیه شدند. ارزیابی واکنش جوانه‌زنی در دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵،۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد در ژرمیناتور تاریک با متوسط رطوبت نسبی ۵۰ تا ۶۰ درصد صورت گرفت. برای این کار ابتدا، بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۲ دقیقه ضدعفونی شدند. سپس ۳ مرتبه با آب مقطر شسته و درنهایت بذرها درون پتری دیش‌هایی به قطر ۱۰ سانتی‌متری دارای دولایه کاغذ صافی و ۵ میلی‌لیتر آب مقطر ضدعفونی‌شده، کشت شدند. جهت حفظ رطوبت و تبادل حرارتی مناسب، کاغذ صافی درون پتری دیش‌ها در طی آزمایش مرطوب نگه‌داشته شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش و به‌طور روزانه انجام شد. بذرهای جوانه‌زده در هر ۲۴ ساعت شمارش و از پتری دیش خارج شدند. بذرها زمانی به‌عنوان جوانه‌زده شمارش شدند که ریشه‌چه، آن‌ها قابل‌رؤیت بود (آدم و همکاران، ۲۰۰۷؛ براندل و جنسن[1]، ۲۰۰۵) و شمارش تا زمانی که تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده به یک حد ثابت برسد به‌طور مرتب ادامه یافت. درصد جوانه‌زنی[2] (قوه نامیه) و سرعت جوانه‌زنی بذرها[3] (قدرت نامیه) در هر درجه حرارت محاسبه شد.

به‌منظور تعیین درجه حرارت‌های ویژه (کمینه، بهینه و بیشینه) با استفاده از مدل رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت‌های مختلف صورت می‌گیرد که در درجه حرارت‌های مختلف به‌عنوان متغیر مستقل (محور X) و سرعت جوانه‌زنی به‌عنوان متغیر وابسته محور (Y) در نظر گرفته می‌شوند.

مدل‌های مورد استفاده

مدل خطوط متقاطع (ISL[4]) با استفاده از معادلات زیر به دست می‌آیند (پارتیال و همکاران، ۲۰۰۳).

f = if (T≤To, region1 (T), region2 (T))

Region1 (T) = b (T-T_b)

Region2 (T) = C (T_m-T)

مدل ۵-پارامتری بتا (FPB)[5] با استفاده از معادلات زیر به دست می‌آیند (ین،۱۹۹۶).

$f = \exp^{(\mu)} (T-T_b)^{\beta} (T_m-T)^{\alpha}$

$T_o = (\alpha T_m + \beta T_b) / (\alpha+\beta)$

مدل چندجمله‌ای درجه ۲ (QPN)[6] با استفاده از معادلات زیر به دست می‌آیند.

$f = a + bT + CT^2$

$T_o = b + 2CT$

در این مدل‌ها f: سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)، T: درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)، T_m: درجه حرارت بیشینه، T_o: درجه حرارت بهینه، T_b: درجه حرارت کمینه، همچنین a، b، C و α، β، μ به‌عنوان ضرایب رگرسیون در نظر گرفته می‌شوند. جهت برازش مدل‌ها با استفاده از روش‌های رگرسیونی و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SigmaPlot version 12.0 و Excel و SlideWrite Plus Version 7.0 برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین از نرم‌افزار Spss version 21.0 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همچنین برای انتخاب مدل برتر از میان مدل‌های مختلف از ضریب تبیین (R^2) و ضرایب رگرسیون خطی (c و b) استفاده گردید.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

نتایج آزمایش‌های جوانه‌زنی بذر نشان داد که بذر چای ترش فاقد دوره خواب است. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به اثر تیمارهای مختلف درجه حرارت بر درصد جوانه‌زنی بذرهای چای ترش در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تیمارهای درجه حرارت دارای اثرات معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر درصد جوانه‌زنی این‌گونه می‌باشند. بیشترین درصد جوانه‌زنی بذرها در دامنه حرارتی ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. افزایش درجه حرارت از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و افزایش درجه حرارت از ۴۰ درجه سانتی‌گراد، باعث کاهش شدید و معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شد (جدول

[1] Brandel and Jensen
[2] Percentage of germination
[3] Germination rate
[4] Intersected-lines Model (ISL)
[5] Five-Parameters Beta Model (FPB)
[6] Quadratic Polynomial Model (QPN)

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

۲). بالا بودن درصد جوانه‌زنی چای ترش در دماهای بالا ۳۵-۳۰ نشان‌دهنده توان بالای این گیاه در تحمل به گرما است و نیاز حرارتی بالای برای جوانه‌زنی دارد و در دماهای بالا و در اواخر بهار سرعت جوانه‌زنی بیشتری را خواهد داشت، در حالی که در اوایل فصل که هوا سردتر است سرعت جوانه‌زنی کمتری را دارا خواهد بود. رحیمی و کافی (۱۳۸۹) نیز گزارش کرد که بذرهای خرفه[1] در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز ۳ درصد جوانه‌زنی داشتند؛ ولی تفاوت معنی‌داری با دمای ۵۱ درجه سانتی‌گراد که در آن هیچ بذری جوانه نزد، نداشتند جوانه‌زنی بذرهای خرفه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد متوقف شد که با دماهای زیر ۵ درجه سانتی‌گراد که جوانه‌زنی کمتر از ۳ درصد داشتند تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. جوانه‌زنی بذرهای گیاه جارو[2] نیز در دمای پایین‌تر از ۳/۵ درجه سانتی‌گراد متوقف شد (جامی الاحمدی و کافی، ۲۰۰۷).

تأثیر درجه حرارت‌های مختلف بر درصد جوانه‌زنی چای ترش معنی‌دار بود، به‌طوری که کمترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد و در دماهای ۱۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی بیشتر از ۵۰ درصد مشاهده شد. مقایسه تیمارهای مختلف دمایی نشان داد که با افزایش دما از ۱۰ درجه به ۱۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی ۳۴ درصد افزایش یافت و پس از آن با افزایش دما از ۳۵ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی۴۶ درصد کاهش یافت و درنهایت در ۵ درجه سانتی‌گراد به صفر رسید (جدول ۲). چای ترش اغلب در ارتفاعات بالای ۹۰۰ متر کشت می‌شود، این گیاه در مناطق گرمسیری در اواخر اسفندماه سبز شده و قادر به تحمل درجه حرارت‌های بالا می‌باشد. به‌طور کلی دما به دلیل اثری که بر خواب، سرعت جوانه‌زنی و سرعت رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دارد، درصد جوانه‌زنی نهایی بذرها را در گیاهان مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد (برادفورد، ۲۰۰۲). نتایج این آزمایش نیز دلالت بر این امر دارد که مشاهده می‌شود گیاه چای ترش برای شروع جوانه‌زنی به دمای بیشتری نیازمند است، به‌تدریج با بالا رفتن دما میزان جوانه‌زنی آن افزایش می‌یابد، به‌ویژه این که حتی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد دارای ۹۷ درصد جوانه‌زنی است که این امر در اکثر گیاهان دیده می‌شود. با توجه به این امر می‌توان نتیجه گرفت گیاه چای ترش می‌تواند در مناطق گرمسیر سازگار باشد. نکته قابل ذکر این است که این گیاه در محدوده حرارتی بالا قادر به جوانه‌زنی است و بنابراین در مناطق گرمسیری حضور آن مشهود است و پس از اوج جوانه‌زنی با گرم‌تر شدن هوا میزان جوانه‌زنی آن کاهش می‌یابد همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است در گستره دمایی ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد هیچ تفاوت معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی دیده نمی‌شود و تنها در خارج از این دامنه کاهش معنی‌داری می‌یابد.

سرعت جوانه‌زنی

نتایج نشان داد که تیمارهای درجه حرارت دارای اثرات معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۱$) بر سرعت جوانه‌زنی این گونه می‌باشند (جدول ۱). بیشترین سرعت جوانه‌زنی در درجه حرارت ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (جدول ۲).

شیمف[3] و همکاران (۱۹۷۷) گزارش کردند که سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی شاخص حساس‌تری از دما بود که جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار داد؛ اما در این آزمایش تغییرات درصد و سرعت جوانه‌زنی موازی باهم صورت گرفت. افزایش درجه حرارت از ۴۰ درجه سانتی‌گراد، باعث کاهش شدید (۴۷ درصد) و معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شد (جدول ۲). خان[4] و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی اثر رژیم‌های حرارتی مختلف بر جوانه‌زنی کوشیا دریافتند که درجه حرارت تأثیر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی داشت و در درجه حرارت‌های بالاتر سرعت جوانه‌زنی بیشتر بود. بنابراین با توجه به حساسیت بالای جوانه‌زنی بذرهای چای ترش نسبت به درجه حرارت‌های پایین، لازم است تا تاریخ کاشت آن در هر منطقه طوری انتخاب شود که با درجه حرارت‌های پایین توأم نشود.

[1] *Portulaca oleracea*
[2] *Kochia scoparia*
[3] Schimpf
[4] Khan and Weber

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر دما بر صفات جوانه‌زنی بذر چای ترش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی
دما	۹	۵۹۲۴/۸۴**	۱۶/۸۱**	۲۴/۵۲**
خطا	۳۰	۱/۸۰	۰/۰۰۰۰۸۱۳	۳
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۴	۱/۰۵	۲۹/۳۵

**معنی‌داری در سطح یک درصد

جدول ۲- مقایسه سطوح مختلف دمایی برای شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای گیاه دارویی چای ترش

درجه حرارت (سانتی‌گراد)	جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)
۵	۵^{h}	۰/۱۷۵^{h}
۱۰	۲۷^{f}	۱/۰۱^{g}
۱۵	۷۹^{d}	۲/۴۰^{e}
۲۰	۸۴^{cd}	۴/۱۴^{c}
۲۵	۸۷^{bc}	۳/۹۸^{c}
۳۰	۹۲^{ab}	۴/۹۰^{b}
۳۵	۹۷^{a}	۵/۹۷^{a}
۴۰	۵۱^{e}	۳/۱۲^{d}
۴۵	۱۷^{g}	۱/۳۷^{f}
۵۰	۰^{h}	۰^{i}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

انتظار می‌رود که دماهای پایین (۵ تا ۱۵) علاوه بر کاهش سرعت جوانه‌زنی، سبب زوال بذر نیز شوند (هاردگری، ۲۰۰۶). دلیل عدم جوانه‌زنی در دمای بالاتر از دمای بیشینه تغییر ماهیت پروتئین‌ها، عدم کارکرد مناسب غشای پلاسمایی سلول و اثرات متقابل ایجاد شده با آب است (برادفورد، ۲۰۰۲). بذرهای چای ترش جوانه‌زنی سریع و هم‌زمان دارند. نتایج نشان داد که با افزایش درجه حرارت از ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و از ۳/۹۸ بذر در روز در ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ۴/۹۰ بذر در روز در ۳۵ درجه سانتی‌گراد رسید. با تداوم افزایش درجه حرارت از ۴۰ درجه سانتی‌گراد به بعد سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌گونه‌ای که در ۴۵ درجه سانتی‌گراد به ۱/۳۷ بذر در روز رسید. کمترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱۰ و ۱۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۲). گزارش‌ها متعدد حاکی از اثر افزایشی دما تا نقطه‌ای خاص بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها می‌باشند (بنائیان و همکاران، ۲۰۰۶؛ هاردگری، ۲۰۰۶). برخی مطالعات حاکی از آن است که به‌طور معمول با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی حداقل در یک دامنه دمایی مناسب به‌طور خطی افزایش می‌یابد، ولی در دماهای بالاتر از آن افت شدیدی نشان می‌دهد (ماولو[1] و همکاران، ۱۹۹۴). آدام و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند که واکنش جوانه‌زنی به دما می‌تواند در میان گونه‌ها و حتی توده‌های درون یک گونه متفاوت باشد. با افزایش دما به بالاتر از دمای مطلوب سرعت جوانه‌زنی بذرهای چای ترش کاهش یافت و در دمای حداکثر، سرعت و درصد جوانه‌زنی به صفر می‌رسد. کاپلند و مک‌دونالد (۲۰۰۲) تغییر پروتئین‌های ضروری جوانه‌زنی را عامل توقف جوانه‌زنی در دمای حداکثر می‌دانند.

[1] Mwale

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

دماهای ویژه جوانه‌زنی

همان‌طور که بیان شد سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی شاخص حساس‌تری نسبت به دما بوده که جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به همین دلیل از واکنش سرعت جوانه‌زنی به دما برای تعیین درجه حرارت‌های ویژه یا کاردینال استفاده می‌گردد (هاردگری، ۲۰۰۶). دماهای ویژه برای گیاهان مختلفی اندازه‌گیری شده است. به‌عنوان مثال کول و همکاران (۱۹۸۶) دمای پایه جوانه‌زنی برای بذرها نخود[1]، عدس[2] و سویا[3] را به ترتیب صفر، ۲/۵ و ۴ درجه سانتی‌گراد تعیین نمودند. رومن[4] و همکاران (۱۹۹۹) نیز دماهای ویژه جوانه‌زنی برای بذر سلمه تره[5] را محاسبه کردند که در آن دمای بهینه ۲۶ و دمای بیشینه ۳۹/۵ دمای پایه ۴/۲ درجه سانتی‌گراد بود.

درجه حرارت‌های ویژه با استفاده از سه مدل خطوط متقاطع، چندجمله‌ای درجه ۲ و ۵- پارامتری بتا برازش شدند (جدول ۳). بر این اساس مدل‌های خطوط متقاطع، چندجمله‌ای درجه ۲ و ۵- پارامتری بتا به تربیت مقادیر درجه حرارت حداقل ۶/۳،۲۵/۱۰ و ۴/۰۴ بهینه ۳۴/۱۰، ۲۸/۲۵ و ۲۹/۸۳ و حداکثر ۴۹/۱۵، ۵۰/۲۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. این دامنه حرارتی بیانگر این است که این چای ترش قادر به جوانه‌زنی در دامنه وسیعی از شرایط دمایی می‌باشد. ولی با توجه به اینکه گیاه چای ترش، در دماهای بالا و اواسط تابستان رشد بیشتری دارد. همچنین ازآنجاکه در دماهای بالاتر سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشته و متحمل به خشکی است، در محیط‌های گرم و خشک، توانایی رشد بیشتری خواهد داشت. پورطوسی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که دماهای کمینه، بهینه و بیشینه خرفه به ترتیب ۱۱/۸، ۳۵، ۴۹/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

بر اساس مدل رگرسیونی خطوط متقاطع، ۵- پارامتری بتا و چندجمله‌ای درجه ۲، درجه حرارت پایه جوانه‌زنی (T_b)، برای چای ترش بین ۶/۲۶-۳/۱۰ درجه سانتی‌گراد، درجه حرارت بهینه (T_O) بین ۳۴/۲۲-۲۸/۲۵ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت بیشینه جوانه‌زنی (T_C) بین ۵۰/۲۵-۴۹/۱۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (جدول ۳). برای بذرهای بیشتر گونه‌های گیاهی دماهای بهینه و بیشینه جوانه‌زنی به ترتیب بین ۳۰-۱۵ و ۴۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (کاپلند و مک‌دونالد، ۱۹۹۵). نتایج نشان داد که درجه حرارت‌های ویژه به‌دست‌آمده در روش خطوط متقاطع و مدل ۵- پارامتری بتا و مدل چندجمله‌ای درجه ۲ با یکدیگر متفاوت بودند (جدول ۳). به نظر می‌رسد که تفاوت حاصله ناشی از ساختار مدل در تخمین درجه حرارت‌های ویژه باشد.

دمای بهینه جوانه‌زنی بذر، به خصوصیات ژنتیک گیاه و شرایط اقلیمی که گیاه در آن رشد و نمو می‌کند، بستگی دارد (سلیمی و قربانلی، ۱۳۸۰). دماهای ویژه برای گیاهان دارویی مختلفی اندازه‌گیری شده است. به‌عنوان مثال، تبریزی (۱۳۸۶) دامنه دمای پایه، مطلوب و حداکثر گیاه دارویی آویشن خراسانی[6] را به ترتیب ۳/۳-۱ و ۲۹-۲۴/۹ و ۴۵-۴۶ درجه سانتی‌گراد گزارش نمود. با تعیین درجه حرارت‌های ویژه، امکان ارزیابی محدودیت‌های جغرافیایی گونه‌ها و زمان کشت آن‌ها ممکن می‌گردد (رامین، ۱۹۹۷).

شاید بتوان گفت که درجه حرارت کمینه، بهینه و بیشینه برای پیش‌بینی مراحل رشد و نمو گیاهان زراعی شاخص‌های مناسبی هستند، هرچند که برای تأیید این فرضیه نیاز است که آزمایش‌های متعددی صورت گیرد. دماهای بهینه گیاهان یونجه حلزونی[7] (محمودی و همکاران، ۱۳۸۷)، پسیلیوم و اسفرزه (تبریزی و همکاران، ۱۳۸۳) که همگی گیاهانی سه کربنه می‌باشند، به ترتیب حدود ۲۰، ۲۸/۸ و ۱۹ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. دماهای بهینه چندین گونه ارزن[8] نیز نزدیک دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (کامکار[9] و همکاران، ۲۰۰۶).

[1] *Cicer arietinum*
[2] *Lens culinaris*
[3] *Glycine max*
[4] Roman
[5] *Chenopodium album*
[6] *Thymus transcaspicus*
[7] *Medicago scutellata*
[8] *Panicum miliaceum, Pennisetum glaucum and Setaria italica*
[9] Kamkar

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

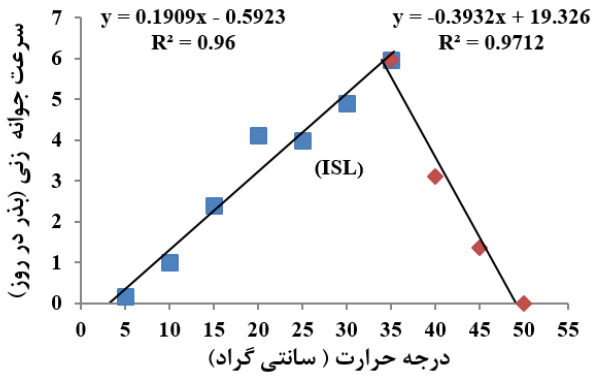
جدول ۳- مقادیر دماهای ویژه یا کاردینال جوانه‌زنی بذر چای ترش بر اساس سه مدل برازش شده

دما (درجه سانتی‌گراد)	مدل ۵ پارامتری بتا (FPB)	مدل خطوط متقاطع (ISL)	مدل چندجمله‌ای درجه ۲ (QPN)
دمای حداقل (Tb)	۴/۰۴	۳/۱۰	۶/۲۵
ضریب a	۱/۸۸۴	۰/۵۹۲	۰/۰۰۹
دمای بهینه (To)	۲۹/۸۳	۳۴/۱۰	۲۸/۲۵
ضریب b	۱/۴۷۳	-۰/۱۹۰	۰/۵۵۹
دمای حداکثر (Tc)	۵۰	۴۹/۱۵	۵۰/۲۵
مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)	۰/۷۲۴	۰/۴۹۸	۰/۸۳۳
ضریب تبیین (R^2)	۰/۹۶۵	۰/۹۶۶	۰/۸۷۰

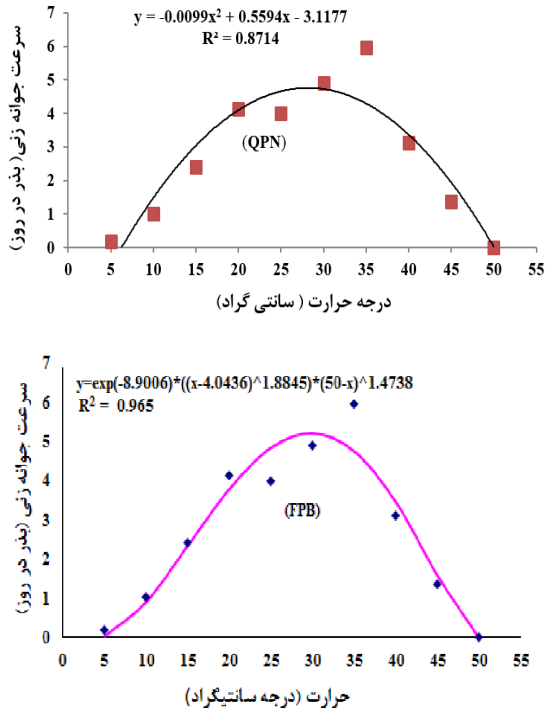
b و a ضرایب رگرسیون می‌باشند و R^2 ضریب تبیین ($p< ۰/۰۵$)

تبریزی (۱۳۸۶) با ارزیابی مدل‌های مختلف جوانه‌زنی بر روی دو توده زراعی و طبیعی آویشن خراسانی نشان دادند که مدل ۵- پارامتری بتا بهترین برازش را در خصوص بذرهای توده طبیعی این گیاه دارد. درمجموع، بر اساس ضرایب رگرسیونی، ضریب تبیین و مجذور میانگین مربعات خطا به نظر می‌رسد مدل‌های خطوط متقاطع (ISL) و پنج پارامتری بتا (FPB) برای تخمین درجه حرارت‌های ویژه چای ترش، مناسب هستند (شکل ۱).

دامنه وسیع جوانه‌زنی بذرهای چای ترش از حدود ۱۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد، نشان از توانایی این گیاه برای رویش در شرایط آب و هوایی گرم می‌باشد. از نتایج فوق استنباط می‌شود که گیاه چای ترش می‌تواند در مناطق گرم و خشک ایران در دامنه وسیعی از دماهای مختلف جوانه‌زده و استقرار پیدا نماید و از رقبای جدی گیاهان زراعی مخصوصاً گیاهان سه کربنه به‌حساب بیاید و با توجه به قابلیت کشت چای ترش در مناطق گرمسیر به‌عنوان یک گیاه دارویی چنین به نظر می‌رسد که از این گیاه می‌توان به‌عنوان گیاهی جدید در اکوسیستم‌های تحت تنش گرمایی استفاده کرد. درجه حرارت‌های ثابت پایین از جوانه‌زنی بذر این گیاه ممانعت می‌کند و در درجه حرارت‌های بالا تا متوسط واکنش جوانه‌زنی بهتری از خود نشان می‌دهد.



[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]



شکل ۱- تأثیر درجه حرارت‌های مختلف بر سرعت جوانه‌زنی بذر چای ترش بر اساس سه مدل خطوط متقاطع (ISL)، چندجمله‌ای درجه ۲ (QPN) و ۵- پارامتری بتا (FPB)

نتیجه‌گیری

چای ترش را می‌توان به‌عنوان یک گونه زراعی دارویی محسوب نمود و با توجه به وجود بازار رو به رشد استفاده از گیاهان دارویی، این گیاه می‌تواند در شرایط مشابه یا مناطقی که به دلیل گرمای زیاد امکان کاشت سایر گونه‌های زراعی در آنجا فراهم نیست، جایگزین بعضی از گونه‌های زراعی باشد. با توجه به نتایج به دست آمده و نتایج دیگر محققین در سایر نقاط دنیا، عکس‌العمل گونه‌ها، واریته‌ها و توده‌های محلی نسبت به شرایط محیطی متفاوت است و ضرورت دارد با توجه به زراعی بودن این گونه به این مسئله توجه شود.

بررسی‌ها نشان داد که این گیاه در محدوده دمایی وسیعی قادر به جوانه‌زنی است و با تعیین درجه حرارت‌های ویژه می‌توان زمان و منطقه مناسب (محدودیت‌های جغرافیایی) جهت کشت آن‌ها را تخمین زد. و از طرفی با توجه به حساسیت بالای جوانه‌زنی بذر چای ترش در درجه حرارت‌های پایین، لازم است تا تاریخ کاشت در هر منطقه طوری انتخاب شود که با درجه حرارت‌های پایین توأم نباشد.

همچنین از نتایج فوق استنباط می‌شود که گیاه چای ترش می‌تواند در مناطق گرم و خشک کشور در دامنه وسیعی از دماهای مختلف جوانه‌زده و استقرار پیدا نماید و از رقبای جدی گیاهان زراعی به‌خصوص گیاهان سه کربنه به‌حساب آید؛ که از این گیاه می‌توان به‌عنوان گیاهی جدید در اکوسیستم‌های تحت تنش گرما نام برد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مدل ۵- پارامتری بتا و خطوط متقاطع بهترین مدل‌های برازش داده‌شده برای چای ترش بودند که مدل ۵ پارامتری بتا بهترین برازش را برای چای ترش داشت.

همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود از بین مدل‌های رگرسیون غیرخطی (۵ پارامتری بتا، خطوط متقاطع و چندجمله‌ای درجه ۲) مورداستفاده برای محاسبه دماهای ویژه جوانه‌زنی چای ترش، مدل ۵ پارامتری بتا به دلیل بالاترین مقدار R^2 و مجذور میانگین مربعات خطای (RMSE) کوچک‌تر و همچنین نزدیکی ضرایب a به صفر و b به یک،

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

مناسب‌ترین برازش را نشان داد؛ زیرا این مدل نسبت به مدل‌های دیگر از دقت بیشتری در توصیف سرعت جوانه‌زنی گیاه چای ترش نسبت به دما برخورداراست و به‌خوبی سرعت جوانه‌زنی این گیاه را نسبت به دما توصیف می‌کند. بنابراین از این مدل‌ها و پارامترهای برآورد شده آن می‌توان در تهیه و ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی چای ترش استفاده کرد. از نقطه‌نظر مدیریتی نکته قابل توجه این است که با وجود جوانه‌زنی کم و کند چای ترش در دماهای پایین و از طرفی جوانه‌زنی سریع در دماهای بالا، به نظر می‌رسد کشت دیرهنگام از جهت تسریع جوانه‌زنی نسبت به کشت زودهنگام برتری داشته باشد و از زوال بذر جلوگیری کند؛ بنابراین گسترش و رشد چای ترش با توجه به درجه حرارت‌های ویژه آن در مناطق گرم بیشتر است.

علیرغم گرمسیری بودن گیاه چای ترش، این گیاه دمای پایه جوانه‌زنی پایینی (۳/۱۰ تا ۶/۲۵ درجه سانتی‌گراد) دارد. از این رو شروع جوانه‌زنی زودهنگام این گیاه در مقایسه با سایر گیاهان گرما زیست و علف‌های هرزی که دمای پایه بالاتری دارند به غالبیت این گونه منجر خواهد شد.

به‌منظور رفع بهینه نیازهای دمایی چای ترش در طول جوانه‌زنی پیشنهاد می‌شود با توجه به درجه حرارت‌های ویژه چای ترش این گیاه در مناطقی کشت شود که نیاز گرمایی آن‌ها بهتر تأمین شود. درجه حرارت حداقل، بهینه و حداکثر، برای پیش‌بینی مراحل رشد و نمو گیاهان دارویی شاخص‌های مناسبی هستند، هرچند که برای تأیید این فرضیه نیاز است که آزمایش‌ها متعددی صورت گیرد.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد که تسهیلات لازم را به‌منظور انجام تحقیق فراهم نموده‌اند و همچنین مسئولین محترم آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی به‌واسطه فراهم نمودن شرایط اجرای آزمایش و از جناب آقای مجید دشتی عضو هیئت‌علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی قدردانی می‌شود.

منابع

ابراهیم‌زاده معبود، ح.، میرمعصومی، م.م. و فخر طباطبایی، م. ۱۳۷۷. اثر عوامل اقلیمی -خاکی بر میزان محصول بذر اسفرزه، بارهنگ و پسیلیوم .اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۲(۶): ۱۴۱- ۱۲۵.

بالندری، ا.، و رضوانی‌مقدم، پ. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۹۰. تعیین دماهای ویژه جوانه‌زنی بذرهای کاسنی پاکوتاه (*Cichorium pumilum* Jacq). دومین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

تبریزی، ل.، نصیری محلاتی، 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.

تبریزی، ل. ۱۳۸۶. ارزیابی ویژگی‌های اکولوژیکی گونه آویشن خراسانی (*Thymus transcaspicus* Klokov) در عرصه‌های طبیعی و امکان‌سنجی اهلی سازی آن در نظام‌های زراعی کم نهاده. رساله دکتری زراعت (گرایش اکولوژی)، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

پورطوسی، ن.، راشد محصل، م.ح و ایزدی دربندی، ا. ۱۳۸۷. تعیین دماهای ویژه جوانه‌زنی بذرهای خرفه، سلمه و علف خرچنگ. پژوهش‌های زراعی ایران، ۶(۲): ۲۶۲- ۲۵۵.

رحیمی، ز. و کافی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی درجه حرارت‌های ویژه و تأثیر سطوح مختلف دما بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L.). نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴(۱): ۸۶-۸۰.

سلیمی، ح. و قربانلی، م.۱۳۸۰. بررسی جوانه‌زنی بذرهای یولاف وحشی در شرایط متفاوت و تأثیر برخی عوامل مؤثر در شکست خفتگی بررسی جوانه‌زنی بذرهای یولاف وحشی در شرایط متفاوت و تأثیر برخی عوامل مؤثر در شکست خفتگی. رستنی‌ها، ۲: ۵۵-۴۱.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

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

نجفی، ف.، کوچکی، ع.، رضوانی‌مقدم، پ. و راستگو، م. ۱۳۸۵. بررسی خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی بومی و در حال انقراض پونه سای بینالودی (*Nepeta binaludensis Jamzad*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۴(۲): ۸-۱.

Abid-Askari, M., Solangi, S., and Ahmad, M.S.1995. Autecological studies of exotic plant *Hibiscus sabdariffa* L. (Roselle), a multipurpose plant, for is introduction and culture. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research, 38(1): 19-21.

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. Indian Journal of Crops and Production, 25(1): 24-33.

Allen, P.A. 2003. When and how many? Hydrothermal models and the prediction of seed germination. New Phytologist, 158(1): 1-3.

Alvardo, V. 2000. Hydrothermal time model of botanical potato seed germination. MS Thesis. University of California, Davis, 71p.

Bannayan, M., Nadjafi, F., Rastgoo, M., and Tabrizi, L. 2006. Germination properties of some wild medicinal plants from Iran. Journal of Seed Technology, 28(1): 80-86.

Baskin, C.C., and Baskin, J.M. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, 14(10): 1-16.

Bhattacharga, A., Nagar, P.K., and Ahuja, P.S. 2000. Seed germination of (*Rumex hastatus)* D. Don. Seed Science and Technology, 28: 67-74.

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

Brandel, M., and Jensen, K. 2005. Effect of temperature on dormancy and germination of *Eupatorium cannabinum* L. Achenes. Seed Science Research, 15(2): 143-151.

Copeland, L.O., and McDonald, M.B. 2002. Principles of Seed Science and Technology. Annals of Botany, 89(6): 789.

Cobley, L.S., 1968. An Introduction to Botany of Tropical Crops. Longman, London, 378p.

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 of Experimental Botany, 37(5): 705-715.

Duke, J.A. 1993. Medicinal plants and the pharmaceutical industry. New Crops. Wiley, New York, 664–669.

Ellis, R.H., and Butcher, P.D. 1988. The effects of priming and natural differences in quality amongst onion seed lots on the response of the rate of germination to temperature and the identification of the characteristics under genotypes control. Journal of Experimental Botany, 39(7): 935-950.

Garcia-Huidobro, J., Monteith, J.L., and Squire, J.R. 1982. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). Journal of Experimental Botany, 33(2): 288-296.

Hardegree, S. 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 and iterative-profit optimization using measured and interpolatedsubpopulation data. Annals of Botany, 98(10): 403-410.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

Jami Al-Ahmadi M., and Kafi, M. 2007. Cardinal temperatures for germination of (*Kochia scoparia* L.). Journal of Arid Environments, 68(2): 308-314.

Jordan, G.L., and M.R. Haferkamp. 1989. Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. Journal of Range Management, 42(1): 41-45.

Kamkar, B., Koochaki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Cardinal temperatures for germination in three millet species (*Panicum miliaceum, Pennisetum glaucum and Setaria Italica*). Asian Journal of Plant Science, 5(2): 316-319.

Kebreab, E., and Murdoch, A.J. 1999. A model of the effects of a wide range of constant and alternating temperatures on seed germination of four *Orobanche* species. Annals of Botany, 84(4): 549-557.

Keller, M., and Kollmann, J. 1999. Effects of seed provenance on germination of herbs for agricultural compensation sites. Agriculture, Ecosystem and Environment, 72(1): 87-99.

Khan, M., Gul, A., and Weber, D.J. 2001. Influence of salinity and temperature on germination of *Kochia scoparia*. Wetlands Ecology and Management, 9(6): 483-489.

Kharkwal, A., Prakash, O., Bhattachaya, A., Nagar, P.K. and Ahuja, P.S. 2002. Method for inducing improved seed germination in *Podophylllum hexandrum.* Council of Scientific and Industrial Research. United States Patent Number 6: 449- 899.

Kocabas, Z., Craigon, J., and Azam-Ali, S.N. 1999. The germination response of Bambara groundnut (*Vigna sublerrannean* (L.) Verdo) to temperature. Seed Science and Technology, 27(1): 303-313.

Mwale, S.S., Azam-Ali, S.N., Clark, J., Bradley, R.G., and Chatha, M.R. 1994. Effect of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Seed Science and Technology, 22(3): 565-571.

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

Ramin, A.A. 1997. The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium amploprasum* L. spp. iranicum W.). Seed Science and Technology, 25(3): 419-426.

Roman, E.S., Thomas, A.G., Murphy, S.D., and Swanton, C.G. 1999. Modeling Germination and seedling elongation of common lambsquaters (*Chenopodium album*). Weed Science, 47(2): 149-155.

Schimpf, D.J., Flint, S.D., and Palmbland, I.G. 1977. Representation of germination curves with the logistic function. Annual of Botany, 41(6): 1357-1360.

Steinmaus, S.J., Prather, T.S., and Holt, J.S. 2000. Estimation of base temperatures for nine weeds species. Journal of Experimental Botany, 51(343): 275-286.

Yin, X. 1996. Quantifying the effects of temperature and photoperiod on phonological development to flowering in rice. Ph.D. Thesis Wageningen Agricultural University, the Netherlands, 173p.

Wilson, F.D. 1974. Hibiscus section Furcaria (Malvaceae) in Australia. Australian Journal of Botany, 22(1): 157–182.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]

Iranian Journal of Seed Research, Vol: 3(2), 2017

Cardinal Temperatures for Germination of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Seyyed Mahdi Javadzadeh [1], Parviz Rezvani Moghaddam [2, *], Mohammad Banayan-Aval [2], Javad Asili [3]

[1] Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, International Campus, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Iranshahr, Iranshahr, Iran
[2] Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[3] Professor, Mashhad University of Medical Sciences Department of Pharmacognosy, School of Pharmacy, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
[*]Corresponding author, E-mail address: rezvani@um.ac.ir

(Received: 09.09.2015 ; Accepted: 02.07.2016)

Abstract

Roselle is an important medicinal and industrial plant of the family of Malvaceae, and is planted in vast areas of Sistan and Baluchestan. In a laboratory study, the effect of varying temperatures on seed germination of *Hibiscus sabdariffa* was investigated and minimum, optimum and maximum temperatures for its germination were determined in a completely randomized design with four replications. For this purpose, temperatures 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 and 50°C were considered in each treatment. Cardinal temperatures for germination were determined consistent with three models (i.e., Intersected-lines Model, Five-Parameters Beta Model and Quadratic Polynomial Model). The traits measured were germination percentage, speed of germination and mean germination time. The temperature effect on all the measured traits was significant. The results of the regression analysis showed that the best model in terms of cardinal point of this plant is the Five-Parameters Beta Model. Given the results of this model, the minimum and the optimal temperatures for the germination of Roselle are 4.04°C, and 29.83° C, respectively.

Keywords: Cardinal temperatures, Germination rate, Plant medicinal, Regression models

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.2.1.2]
[DOI: 10.29252/yujs.3.2.129]