Journal of Seed Research

ISSN (Print): 2383-2665
ISSN (Online): 2981-2461

Study of seed germination properties and determination of cardinal temperatures of Bitter Apple (*Citrullus colocynthis* L.) as a medicinal plant

Hamid Marvi[1*], Mohammad Armin[2]

[1] Assistance professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran, Email: hamidmarvi@yahoo.com

[2] Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran Email: armin@iaus.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-11-7
Revised: 2024-2-7
Accepted: 2024-2-28

Keywords:
germination rate
Bitter Apple
Maximum temperature
Cardinal temperatures

ABSTRACT

Bitter apple (*Citrullus colocynthis*) is one of the medicinal plant that grows in semi-arid and desert condition which have been used in traditional medicine. There is a few research on cardinal temperatures of Bitter apple in the literature. In order to determine Germination characteristics and cardinal temperatures for Bitter apple, a laboratory experiment was down in petri dish based on completely randomized design with four replications. The experimental treatments were nine different temperatures (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 °c). The measured traits were germination percentage, germination rate and mean germination time. Cardinal temperature was calculated using dental, dual, and beta functions. The results showed that with increasing temperature up to 30 ° C, percentage and germination speed increased. The highest germination percentage (70%) and germination rate (2.8 seeds / day) were observed at 30 ° C. The lowest germination time (4.48 days) was observed at 30°C. The base, favorite and maximum temperatures (cardinal temperatures) for this plant were12, 30 and 45 °c, respectively.

Cite this article: Marvotti, Z., Noorani, M. (2023). Evaluation of genetic diversity in some bread wheat genotypes under drought stress conditions using germination stage indices. *Seed Research*, 13 (1), 51-61.

©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

تحقیقات بذر
شاپا چاپی: ۲۶۶۵-۲۳۸۳
شاپا الکترونیکی: ۲۴۶۱-۲۹۸۱

بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و تعیین دماهای کاردینال گیاه دارویی هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis*)

حمید مروی[1*]، محمد آرمین[2]

[1] استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران، رایانامه: hamidmarvi@yahoo.com
[2] استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، سبزوار، ایران، رایانامه: armin@iaus.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۱۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۹

واژه‌های کلیدی:
سرعت جوانه‌زنی
هندوانه ابوجهل
دمای بیشینه
دماهای کاردینال

چکیده

هندوانه ابوجهل یکی از گیاهان دارویی مهم در طب سنتی می‌باشد که عمدتاً در مناطق خشک و بیابانی رشد می‌کند و تاکنون پژوهش‌های چندانی پیرامون دماهای کاردینال آن انجام نشده است. به‌منظور بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و تعیین دماهای کاردینال این گیاه مطالعه‌ای در شرایط آزمایشگاهی صورت گرفت. بدین منظور آزمایشی در ۹ دمای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، و ۴۵ درجه سانتی‌گراد در پتری دیش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار اجرا شد. صفات مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی. دمای کاردینال با استفاده از توابع دندان مانند، دوتکه‌ای و بتا. نتایج نشان داد با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد درصد و سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت. بیشترین درصد جوانه زنی بذر(۷۰ درصد) و سرعت جوانه زنی(۲/۸ عدد بذر/روز) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. کمترین زمان جوانه زنی بذر (۴/۴۸ روز) نیز در دمای ۳۰ درجه مشاهده گردید. دمای پایه، مطلوب و بیشینه این گیاه به‌ترتیب ۱۲، ۳۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

استناد: مروی، حمید؛ آرمین، محمد. (۱۴۰۲). بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و تعیین دماهای کاردینال گیاه دارویی هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis*). *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۱)، ۶۱-۵۱.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

گیاهان دارویی همانند سایر گیاهان از طریق جنسی و غیرجنسی تکثیر می‌شوند، ولی کشت این گیاهان از طریق بذر اقتصادی‌ترین روش می‌باشد. در این رابطه یکی از مشکلات اصلی گیاهان دارویی این است که اولاً بذر آن‌ها دارای خواب بوده و ثانیاً جوانه‌زنی بذر در شرایط محیطی، طبیعی بوده ولی تحت شرایط آزمایشگاهی یا زراعی مناسب نیست (koochaki and azizi, 2005).

دما از عوامل مهم محیطی مؤثر در فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان در کلیه مراحل رشد و نمو اعم از جوانه‌زنی، گلدهی، رشد، فتوسنتز و تنفس است که در کلیه این فعالیت‌ها یک آستانه حداکثر و حداقل دما وجود دارد. جوانه‌زنی از بحرانی‌ترین مراحل در استقرار گیاهچه‌ها می‌باشد که اهمیت زیادی در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارد و توسط عوامل محیطی متعددی مانند دما، رطوبت و نور تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در این میان دما تأثیر مهمی برخواب و جوانه‌زنی بذور دارد. درهمه موجودات زنده دما عامل مهمی بر سرعت واکنش‌های متابولیسمی و به‌دنبال آن سرعت رشد ونمو آن‌ها می‌باشد (Ranjbar et al., 2013). به‌طورکلی اثر دما بر جوانه‌زنی برحسب دماهای کاردینال یعنی دمای حداقل، مطلوب و حداکثر بیان می‌شوند، که بذور هر گونه مشخص می‌تواند در این دامنه از دما جوانه بزنند (Alipoor and Mahmodi, 2016).

دمای مناسب برای جوانه‌زنی بذر هر گیاه، دمایی است که در آن بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین دوره زمانی انجام می‌شود. جوانه‌زنی نه تنها دارای دمای پایه است بلکه هر یک از مراحل آن نیز به دمای پایه خاصی نیاز دارد. بنابراین واکنش نسبت به دما ممکن است در طی جوانه‌زنی متفاوت باشد، عکس‌العمل به دما به گونه، رقم، منطقه رشد و مدت زمان بعد از برداشت بستگی دارد (Ranjbar et al., 2013). به‌عنوان یک قاعده کلی بذرهای حاصل از مناطق معتدله در مقایسه با بذرهای حاصل از مناطق گرمسیری به دماهای کمتری نیاز داشته و گونه‌های وحشی نیاز حرارتی کمتری از گیاهان اهلی دارند .دمای مناسب جوانه‌زنی برای اکثر بذرها بین ۱۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. حداکثر دما برای اکثر گونه‌ها بین ۳۰ تا ٤٠ درجه سانتی‌گراد است. البته در دماهای بالاتر ا ز ۵۰ درجه سانتی‌گراد عمل جوانه‌زنی بذرها متوقف می‌شود (Portosi et al., 2008).

به‌طورکلی سه دمای حداقل، مطلوب و حداکثر به‌عنوان دماهای کاردینال شناخته می‌شوند که بذور هرگونه مشخص می‌توانند در این دامنه حرارتی جوانه بزنند. دمای حداقل یا پایه[1] (T_b) ، کمترین دمایی است که جوانه‌زنی در آن رخ می‌دهد. دمای مطلوب[2] (T_o)، دمایی است که جوانه‌زنی در آن بیشترین سرعت را داشته و دمای حداکثر[3] (T_m) بالاترین دمایی است که بذور در آن قادر به جوانه‌زنی می‌باشند و پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تجزیه می‌شوند، دماهای کاردینال برای ارائه مدل پیش‌بینی جوانه‌زنی بذور درگونه‌های گیاهی مورد نیاز می‌باشند (Zangoie et al., 2012). محققان، رابطه خطی بین دما و سرعت جوانه‌زنی را در برخی گونه‌های گیاهی گزارش کرده‌اند و عمدتاً از رگرسیون خطی برای توصیف رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی استفاده می‌کنند. گزارشات متعددی در مورد اثر دما بر خصوصیات جوانه‌زنی گونه‌های مختلف گیاهی از جمله گیاهان دارویی، مرتعی و زراعی وجود دارد (Jami Al-Ahmadi and Kafi, 2007; Adam et al., 2007; Bannayan et al., 2006). کورتار (Kurtar, 2010) با مدل‌سازی اثر دما روی جوانه‌زنی بذر برخی

[1] Base temperature
[2] Optimum temperature
[3] Maximum temperature

از گیاهان خانواده کدوئیان اظهار داشت دمای حداقل، مطلوب و حداکثر برای خربزه (*Cucumis melo*) و خیار (*Cucumis sativus*) به‌ترتیب ۱۰، ۲۵ تا ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و برای هندوانه ۱۰، ۲۵ تا ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد و برای انواع کدو ۱۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، سایر تحقیقات نیز دماهای کاردینال این گیاهان را در همین محدوده گزارش داده‌اند (Salk et al., 2008).

هندوانه ابوجهل (۲n= ۲۶) با نام‌های عمومی Bitter apple، Coloynthis، Colocynth و Wild groundو با نام علمی *Citrullus colocynthis*، یک گیاه دارویی از خانواده کدوئیان است (Ghahraman, 2000؛ mozaffarian, 1991). گیاهی است یک‌ساله با تیپ رشدی خزنده و رشد نامحدود که رشد رویشی و زایشی همزمان در آن صورت می‌گیرد. از نظر خصوصیات ظاهری و گیاه‌شناسی شبیه هندوانه می‌باشد. این گیاه بومی مناطق گرم بیابانی و نیمه بیابانی است که در تثبیت شن‌های روان در این مناطق نقش بسیار مهمی دارد. گیاهی است مقاوم به خشکی و در مناطقی که میانگین بارندگی سالانه آن‌ها بین ۲۵۰ تا ۳۷۰ میلی‌متر است می‌تواند رشد نماید است (Ghahraman, 2000).

از آنجا که تعیین دماهای کاردینال در تعیین دقیق تاریخ کاشت و تخمین محدوده جغرافیایی مطلوب برای کشت گیاهان دارویی نقش مهمی دارند، این آزمایش برای بررسی تاثیر دما بر درصد و سرعت جوانه زنی بذر هندوانه ابوجهل و تعیین دماهای کاردینال جوانه زنی این گیاه دارویی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر هندوانه ابوجهل در دماهای مختلف و تعیین دماهای کاردینال آن، آزمایشی در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار انجام شد. برای این منظور در اواخر مهر ماه اقدام به جمع‌آوری میوه‌های این گیاه در رویشگاه طبیعی آن در منطقه چاه تلخ شد. منطقه چاه تلخ واقع در ۱۰۰کیلومتری جنوب سبزوار در محدوده مختصات جغرافیایی۵۷ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ٤٤ دقیقه عرض شمالی با میانگین بارندگی سالانه ۱۸۹/۵ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱٤/۳ درجه سانتی‌گراد در استان خراسان رضوی قرار دارد. میوه‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه منتقل گردید و پس از جدا نمودن بذرها از میوه‌ها، برای شکستن خواب بذرها آنها را به مدت ۳۰ روز در داخل یخچال در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و قبل از هر آزمایش بذرهای مورد نیاز ۲٤ ساعت در آب خیسانده و سپس مورد استفاده قرار گرفتند. در این آزمایش ۹ دمای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ٤۰، و ٤۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریکی با متوسط رطوبت نسبی ۵۰ درصد در اتاقک رشد مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ٤ تکرار اجرا شد.

برای ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی، ابتدا کلیه پتری‌دیش‌ها و سپس بذرها با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی و پس از آن چندین بار با آب مقطر شسته شدند. به‌منظور انجام آزمون جوانه‌زنی، کاغذ صافی در داخل هر پتری‌دیش با قطر ۹ سانتی‌متر با آب مقطر مرطوب شده و ۲۵ بذر روی آن قرار گرفت. سپس پتری‌دیش‌ها داخل اتاقک رشد با دماهای مورد نظر و رطوبت نسبی ۵۰ درصد منتقل شدند. به‌منظور حفظ رطوبت و تبادل حرارتی مناسب، پتری‌دیش‌ها در طول دورهٔ آزمایش به میزان مناسب مرطوب نگه‌داشته شدند. بذرها به‌طور روزانه بازبینی شدند و تعداد بذرهای جوانه‌زده (دارای ریشه‌چه‌ای به‌طول ۱تا ۲

میلی‌متر و یا بیشتر) شمارش و ثبت گردید. کار شمارش بذور جوانه‌زده تا زمانی که جوانه‌زنی ثابت شد و دیگر بذری جوانه نزد ادامه داشت (حدود ۲۰ روز). سپس درصد، سرعت، زمان جوانه‌زنی و دماهای کاردینال محاسبه گردید.

در محاسبه درصد جوانه‌زنی (Gp) از رابطه ۱ استفاده شد (Ranjbar *et al*., 2013):

$GP = n/N.100$ (رابطه ۱)

در این رابطه n تعداد بذور جوانه‌زده و N تعداد کل بذرها است .

اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی بذر با استفاده از رابطه ۲ صورت گرفت (Alipoor and Mahmodi, 2016):

$GR = \sum (S_i/D_i)$ (رابطه ۲)

GR: سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)

S_i: تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش

D_i: تعداد روز تا شمارش nام

متوسط زمان جوانه‌زنی بذرها (MGT)[1] با استفاده از رابطه ۳ محاسبه‌گردید(Kheirkhah *et al*.,2013).

$x/\Sigma fx.MGT=\Sigma fx$ (رابطه ۳)

در این رابطه، fx: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز x و x : روز شمارش بذرها می‌باشد.

یکنواختی جوانه‌زنی نیز از رابطه زیر به دست آمد (Alipoor and Mahmodi, 2016):

یکنواختی جوانه‌زنی = $D_{90} - D_{10}$ (رابطه ٤)

که در این رابطه D_{90} زمان تا رسیدن به ۹۰ درصد جوانه‌زنی و D_{10} زمان تا رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی می‌باشد. مقادیر پایین آن حاکی از یکنواختی بیشتر و مقادیر بالای آن نشان دهنده یکنواختی کمتر جوانه‌زنی می‌باشد.

برای تعیین دماهای کاردینال از رابطه زیر استفاده گردید (Ansori et al., 2014)

$R_{50}= f(T) / eo$ (رابطه ۵)

که در آن $f(T)$ تابع دما و eo تعداد روز بیولوژیک (حداقل زمان از آب نوشی بذر تا جوانه‌زنی در شرایط دمایی مطلوب) مورد نیاز برای جوانه‌زنی می‌باشد. توابع دمایی مورد آزمون به شرح زیر می‌باشد (Soltani et al., 2008):

۱- تابع دندان مانند[2]:

(رابطه ٦)

$Tb < T \leq To_1$ if $f(T) = (T- T_b)/(T_{o1}- T_b)$

(رابطه ۷)

$T < T_C$ $f(T) = (T_c - T)/(T_c- T_{o2})$ if $T_{o2}<$
$f(T)= 1$ if $T_{o1}\leq T\leq T_{o2}$
$f(T) = 0$ if $T \leq T_b$ or $T \geq T_c$

۲- تابع بتا[3] :

(رابطه ۸)

$$f(T) = [[(T- T_b)/(T_o - T_b) \times (T_c - T)/(T_c- T_o)]^{(Tc - To)/(To- Tb)}]^{\alpha}$$

۳- تابع دو تکه‌ای[4]:

(رابطه ۹)

$Tb < T \leq To$ if $f(T) = (T- T_b)/(T_o- T_b)$

(رابطه ۱۰)

$T < T_C$ $1- (T - T_o)/(T_c- T_o)$ if $T_o\leq f(T) =$
$f(T)= 0$ if $T \leq T_b$ or $T \geq T_c$

که در آن T: دما، T_b: دمای پایه، T_O:دمای مطلوب، T_{O1}: دمای مطلوب پایینی و T_{O2}: دمای مطلوب بالایی، T_C: دمای حداکثر و α: پارامتر شکل برای تابع بتا می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از روش LSD استفاده گردید.

نتایج و بحث

تأثیر دما بر سرعت جوانه‌زنی: تجزیه واریانس داده‌های مربوط به‌سرعت جوانه‌زنی بذر نشان داد که

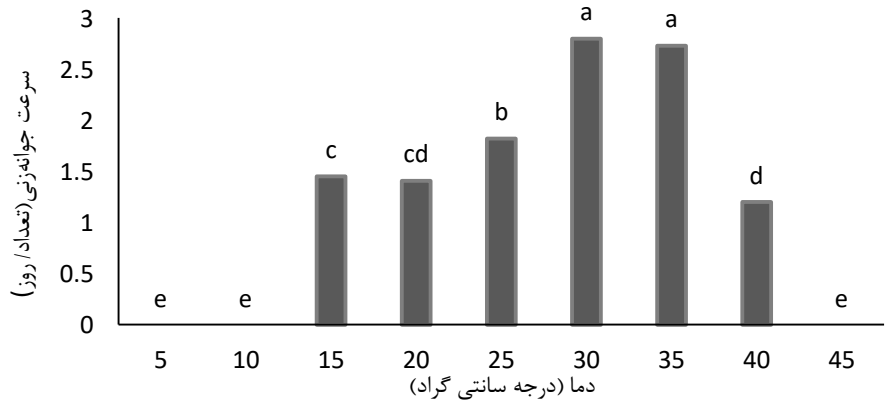
[1] Mean Germination Time

[2] Dent- like function
[3] Beta function
[4] Segmened function

بین سرعت جوانه‌زنی بذر در دماهای مختلف از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) وجود داشت (جدول۱).

با افزایش دما از ۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر سرعت جوانه‌زنی افزوده شد تا در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد حداکثر سرعت جوانه‌زنی به‌دست آمد، ولی بین دمای ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد از لحاظ سرعت جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت(شکل۱). با افزایش دما از ۳۵ به ٤٠ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی بذر هندوانه ابوجهل کاهش یافت به نحوی که در دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد هیچ بذری جوانه نزد (جدول۲).

به نظر می‌رسد که با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی حداقل در یک دامنه دمایی مناسب به‌طور خطی افزایش می‌یابد، ولی در دماهای بالاتر افت شدیدی نشان می‌دهد. دما سرعت واکنش‌های شیمیایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از آنجا که جوانه‌زنی شامل فرآیندهای آنزیمی متعددی از نوع کاتابولیسم و آنابولیسم می‌باشد، بنابراین به‌شدت نسبت به دما واکنش نشان می‌دهد. در نتیجه سرعت جوانه‌زنی پایین در دماهای کم را می‌توان به پایین بودن سرعت واکنش‌های متابولیسمی در این محدوده دمایی نسبت داد (Sarmadnia and koochaki, 2007). در پژوهش صورت گرفته روی جوانه‌زنی بذر گیاهان دارویی ملاحظه شد که افزایش دما تا محدوده ۳۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی و افزایش دما بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی بذور را کاهش داده است (Najafi et al., 2007). جوانه‌زنی سریع احتمال خروج به‌موقع ریشه‌چه از بذرها و استفاده از رطوبت خاک و همچنین استقرار بهتر گیاهچه را در گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد.

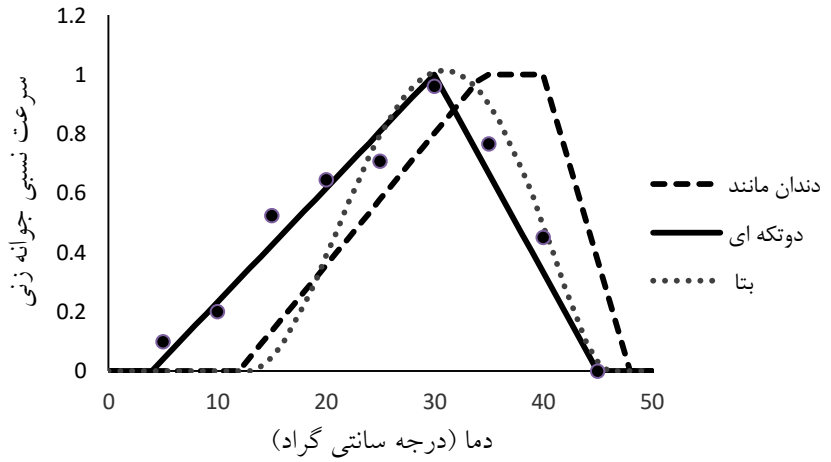


شکل ۱- سرعت جوانه‌زنی بذر هندوانه ابوجهل در دماهای مختلف

جدول۱-تجزیه واریانس ویژگی‌های **جوانه‌زنی بذر هندوانه ابوجهل در شرایط اعمال دماهای مختلف**

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی
دما	8	4.83**	17.4**	69.2**	3611**
خطا	27	0.028	0.35	0.149	3.11
ضریب تغییرات		13.2	14.1	9.20	4.88

**معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد



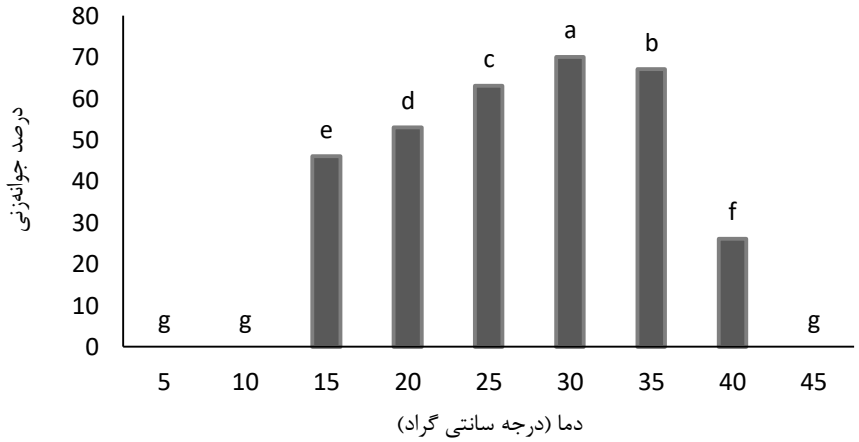
شکل ۲- پاسخ سرعت جوانه‌زنی بذر هندوانه ابوجهل به سطوح مختلف دمائی در مدل های مختلف

تأثیر دما بر درصد جوانه‌زنی: طبق نتایج حاصله (جدول ۱)، تأثیر دما بر درصد جوانه معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۱$). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد (۷۰ درصد) به دست آمد و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به دمای ۱۵ و ٤۰ درجه سانتی‌گراد بود. در دمای ۵، ۱۰ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی مشاهده نشد (شکل ۳). علت توقف جوانه‌زنی در دمای حداکثر، احتمالاً تغییر ماهیت پروتئین‌های ضروری جوانه‌زنی می‌باشد، دماهای بالا علاوه بر کاهش سرعت جوانه‌زنی سبب از بین رفتن بذر نیز می‌شود (Zangoie et al., 2012).

جوانه زنی بذر مجموعه‌ای از فعل و انفعالات بیوشیمیایی است که عمدتا به دما و رطوبت بستگی دارد، به طوری که کاهش فعالیت‌های آنزیمی در دماهای پایین و خسارت آنزیم‌ها در دماهای بالا علت اصلی کاهش درصد جوانه زنی در خارج از محدوده دمایی مطلوب گیاهان می‌باشد. اگر بذرها در دمای مناسب جوانه‌زنی قرار نداشته باشند برای شروع جوانه زنی به زمان بیشتری نیاز دارند. دماهای خارج از محدوده دمایی مطلوب برای جوانه‌زنی علاوه بر کاهش درصد جوانه‌زنی سبب افزایش مدت زمان رسیدن به درصدهای مختلف جوانه‌زنی بذرهای این گیاه شد. سرعت بالای جوانه‌زنی امکان استفاده به موقع از رطوبت خاک و استقرار موفق گیاهچه‌ها را فراهم می‌نماید (Nozarpour et al., 2016).

به‌طورکلی یکی از مزایای افزایش درصد جوانه‌زنی بذر گیاهان، افزایش تراکم بوته در واحد سطح و نهایتاً افزایش عملکرد است. دما به‌دلیل اثری که بر خواب، سرعت جوانه‌زنی و سرعت رشد ریشه‌چه و ساقه چه دارد، درصد جوانه‌زنی نهایی بذرها را در گیاهان مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد (Poortousi et al., 2008).

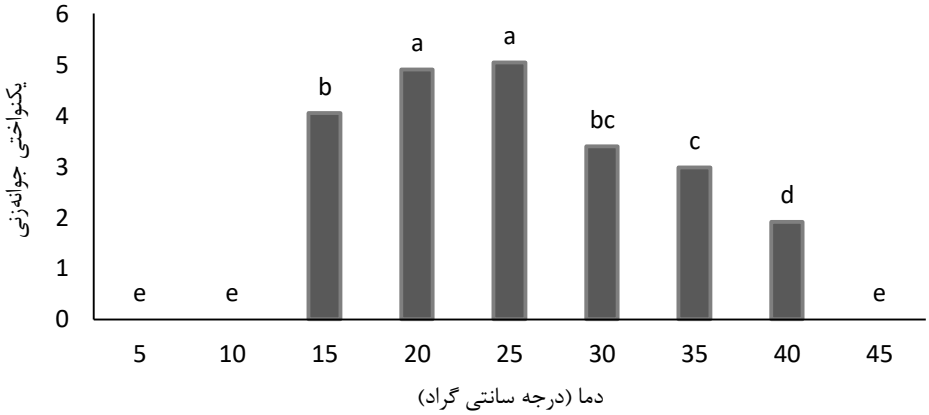
تأثیر دما بر یکنواختی جوانه‌زنی: طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) اثر دما بر یکنواختی جوانه‌زنی بذر هندوانه ابوجهل معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود. با افزایش دما از ۵ تا ٤۰ درجه سانتی‌گراد، یکنواختی جوانه‌زنی افزایش یافت. بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی از دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین آن از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. روند افزایش دما از ۱۵ درجه سانتی‌گراد تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش یکنواختی جوانه‌زنی بذر شد، ولی افزایش دما از ۳۰ تا ٤۰ درجه سانتی‌گراد یکنواختی جوانه‌زنی بذور را افزایش داد. بین دماهای ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد و دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد از نظر یکنواختی جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل٤).



شکل ۳- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی بذرهندوانه ابوجهل در دماهای مختلف

بیشترین افزایش یکنواختی جوانه‌زنی با افزایش دما از ۳۵ به ۴۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. افزایش یکنواختی جوانه‌زنی بذر در دماهای پایین حاکی از اثرات نامطلوب دماهای پایین بر سرعت بخشی از فرآیندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی (تجزیه ذخایر غذایی و رشد گیاهچه) است.

در حقیقت یکنواختی جوانه‌زنی طول مرحله خطی در منحنی درصد تجمعی جوانه‌زنی در مقابل زمان را نشان می‌دهد، هرقدر طول این مرحله کوتاه‌تر باشد جوانه‌زنی از همزمانی بیشتری برخوردار است. برعکس طولانی بودن این مرحله نشان می‌دهد که بذرها به‌طور همزمان جوانه نزده‌اند، بلکه جوانه‌زنی آن‌ها در دوره زمانی طولانی‌تری صورت گرفته است. جوانه‌زنی غیر همزمان در مدت طولانی‌تر با احتمال بیشتر حمله بیماری‌های خاکزی به بذر و گیاهچه روبرو هستند و سبب کاهش استقرار کامل گیاهچه‌ها خواهد شد. سایر تحقیقات نیز نشان داده است که معمولاً بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی بذر گیاهان در دماهای بالا صورت می‌گیرد (Zeinali, 2001 ; Latifi, 2004).



شکل٤- اثر دما بر یکنواختی جوانه‌زنی بذر هندوانه ابوجهل

تأثیر دما بر میانگین زمان جوانه‌زنی: بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها (جدول ۱) اختلاف میانگین زمان جوانه‌زنی در دماهای مختلف معنی‌دار بوده ($p\leq$۰/۰۱)، به‌طوری که با افزایش دما از ۵ درجه به ٤۰ درجه سانتی‌گراد متوسط زمان جوانه‌زنی بذر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول

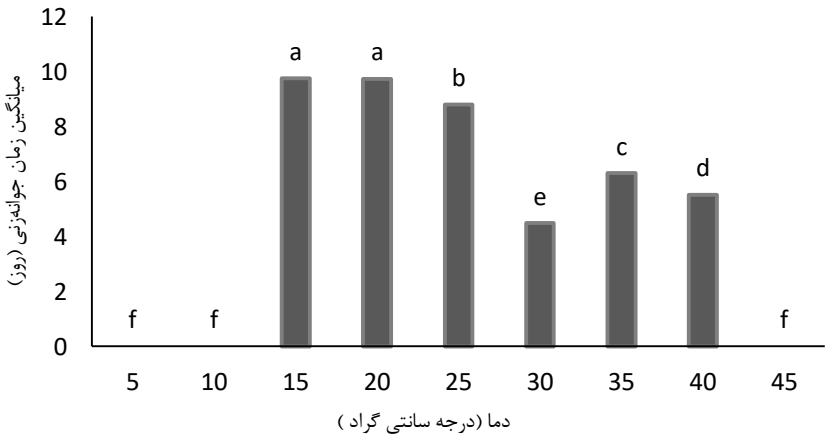
۲). بیشترین زمان جوانه‌زنی مربوط به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد (۹/۷۵ روز) و کم‌ترین زمان جوانه‌زنی بذور مربوط به دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد (۵/۵۲ روز) بود. اختلاف معنی‌داری از نظر میانگین زمان جوانه‌زنی بذر بین دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین بین دماهای ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد (شکل ۵).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر دماهای مختلف بر ویژگی‌های **جوانه زنی بذر هندوانه ابوجهل**

دما (درجه سانتی‌گراد)	سرعت جوانه‌زنی(تعداد/ روز)	یکنواختی جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	درصد جوانه‌زنی
5	0e	0e	0f	0g
10	0e	0e	0f	0g
15	1.45c	4.04b	9.75a	46e
20	1.41cd	4.90a	9.73a	53d
25	1.82b	5.04a	8.80b	63c
30	2.80a	3.39bc	4.48e	70a
35	2.73a	2.98c	6.31c	67b
40	1.20d	1.91d	5.52d	26f
45	0e	0e	0f	0g
LSD 5%	0.24	0.86	0.56	2.56

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جوانه‌زنی بذر فرایند پیچیده‌ای است که در آن واکنش‌های بیوشیمیایی زیادی دخالت دارند و این واکنش‌ها تحت تأثیر آنزیم‌ها هستند در نتیجه افزایش دما با افزایش سرعت فعالیت‌های آنزیمی باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی شده و مدت زمان لازم برای خروج گیاهچه از بذر را کاهش می‌دهد (Alipoor and Mahmodi,2016).



شکل ۵- اثر دما بر میانگین زمان جوانه‌زنی بذر هندوانه ابوجهل

دماهای کاردینال جوانه‌زنی: دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر هندوانه ابوجهل بر اساس توابع دمایی مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. بر این اساس دمای پایه ۱۲ درجه سانتی‌گراد، دمای بهینه بین ۳۰ تا ۳٤/۵ درجه سانتی‌گراد و دمای بیشینه حدود ٤۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این بررسی، میانگین روز بیولوژیک (تعداد روز مورد نیاز برای جوانه‌زنی تحت شرایط دمای مطلوب) ۲/۵ روز بود.

جدول ۳- مقادیر دماهای کاردینال جوانه‌زنی هندوانه ابوجهل بر اساس توابع دندان‌مانند، بتا و دوتکه‌ای

دمای کاردینال (درجه سانتی‌گراد)	تابع دندان مانند	انحراف معیار	تابع بتا	انحراف معیار	تابع دوتکه‌ای	انحراف معیار
دمای پایه	12	±3.99	12	±3.82	12	±2.35
دمای مطلوب تحتانی	29.2	±1.49	---	----	---	---
دمای مطلوب فوقانی	34.5	±2.59	30	±3.37	30	±3.72
دمای حداکثر	44.8	±1.66	45	±1.9	45	±3.69
روز بیولوژیک	2.8	±0.51	2	±2.76	2.91	±0.62

از آنجا که گیاهان خانواده کدوئیان عمدتاً با آب‌وهوای گرم سازگار هستند. بنابراین بسیاری از آنها برای جوانه‌زنی به دماهای نسبتاً بالا نیاز دارند (Nerson, 2007). محدوده دمای جوانه‌زنی برای این گیاهان از ۱۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که با توجه به نوع گیاه و رقم متفاوت می‌باشد، ولی در بیشتر مطالعات دمای مطلوب جوانه‌زنی برای این گیاهان در محدوده ۲۰ تا ۳۰ و حداقل آن ۱۵ و حداکثر آن ۳۸ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Milani et al., 2007). کورتار (Kurtar, 2010) گزارش کرد که بذر اکثر گیاهان خانواده کدوئیان (انواع کدو، خیار و خربزه) در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد به میزان قابل توجهی جوانه می‌زنند اما هندوانه برعکس سایر گیاهان این خانواده برای جوانه‌زنی به دمای حداقل ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد. با توجه به این‌که هندوانه ابوجهل نیز از خانواده کدوئیان و بومی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است، دماهای کاردینال آن نیز در محدوده بیشتر گیاهان این خانواده قرار دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد بذرهای هندوانه ابوجهل در صورت شکسته شدن خواب قادرند در شرایط آزمایشگاهی تا ۷۰ درصد جوانه بزنند. با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه زنی، درصد جوانه زنی و یکنواختی جوانه زنی افزایش یافت و پس از آن روند کاهشی داشت. دمای پایه، مطلوب و بیشینه این گیاه به ترتیب ۱۲، ۳۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

References

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: 24-33.

Alipoor, Z. and Mahmodi, S. 2016. Determination of cardinal temperatures and respons of *Securigera securidaca* L. to different temperatures of germination. Iranian Journal of Seed Research, 2(2) :137-147.

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

Ghahraman, A., 1991. Color Flora of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands Publications. Botany Department. Tehran.

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

Kamkar, B. Zolfagharnejad, H. Khalili, N. 2015. Quantifying of germination rate response to temperature of three sunflower varieties using nonlinear regression models. Journal of Plant Production, 22(2): 119-136.

Kherikhah, M., Koochaki, A., Rezvani Moghaddam, P. and Nassiri Mohallati, M.2013. Determination of Cardinal Temperature of seed germination of Zizphora (*Ziziphora clinopodioides*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research, 11(49): 543-550.

Koochaki, A., Azizi, G. 2005. Effect of different treatments on breaking dormancy of Teucrium polium. Iranian Journal of Field Crops Research, 3(1):81-88.

Kurtar, E.S. 2010. Modelling the effect of temperature on seed germination in some cucurbits. African Journal of Biotechnology, 9(9): 1343-1353.

Latifi, N., Soltani, A., and Spanner, D. 2004. Effect of temperature on germination components in Canola cultivars. Iranian, J. Agric. Sci., 35(2): 313-321.

Milani, E., Seyed, M., Razavi, A., Koocheki, A., Nikzadeh,V., Vahedi, N. and GholamhosseinPour, A. 2007. Moisture dependentphysical properties of cucurbit seeds. International Agrophysics, 21: 157-168.

Mozaffarian, v. 2000. Flora Yazd. Yazd Publishing. Yazd.

Najafi, F., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P. and Rastgoo, M. 2007. Evaluation of seed germination characteristics in *Nepeta binaludensis*, a highly endangered medicinal plant of Iran. Iranian Journal of Field Crops Research, 4(2): 385-392.

Nerson, H. 2007. Seed production and germinability of cucurbit crops. Seed Science *and* Biotechnology, 1: 1-10.

Nozarpour, E., Tavakkol Afshari, R., Elias Soltani, E. and Majnoun Hosseini, N. 2016. Determination of cardinal temperatures of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) seeds in response to temperatures and water potentials. Iranian Journal of Crop Sciences, 47(3): 341-351.

Portoosi, N., Rashed Mohasel, M. H. and Ezadi Darbandi, E. 2008. Germination characteristics and cardinal temperatures of lambsquarter, purselane and crabgrass. Iranian Journal of Field Crops Research, 6(2): 255-361.

Ranjbar, f., koocheki, A., Nassiri Mahalati, M. and kamayestani, n. 2013. Cardinal temperatures and germination properties of fennel (*foeniculum vulgar*). Seed research, 3(3): 61-68.

Salk, A., Arın, L., Deveci, M., and Polat, S. 2008. Special vegetable growing. In Turkish, Tekirdag, p.488, ISBN 978-9944-0786-0-3.

Sarmadnia, Gh.H. and koochaki, A. 2007. Plant physiology. Publications Jahad Daneshgahi Mashhad.400pp.

Soltani, E., Galeshi, S., Kamkar, B. and Akram-Ghaderi, F. 2008. Modeling seed aging effects on the response of germination to temperature in wheat. Seed Science and Biotechnology, 2, 32-36.

Zangoie, M., Parsa, S., Mahmoodi, M. and Jami Al-Ahmadi, M. 2012. Evaluation of cardinal temperature for germination of asafoetida (*Ferula assafoetida* L.) seeds. J. of Plant Production, 19(3): 193-202.

Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S., and Sadati, S.J. 2001. Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. J. Plant Prod., 3(3): 23-42.