"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد ششم، شماره ۱، بهار و تابستان ۹۶
(ص ۸۸-۷۹)

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 6, No.: 1, Spring and Summer 2017
(pp: 79-88)
DOI: 10.22034/IJSST.2017.113217

کاربرد مدل‌های رگرسیونی در تخمین دماهای کاردینال جوانه زنی بذر اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)

محترم حبیب زاده زرندی[1]، ایرج اله دادی[2]، حمیده خلج [3]، محمدرضا لبافی[4*]

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.
۲- هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.
۳- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران.
۴- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۶- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۰)

چکیده

تحقیق حاضر به منظور ارزیابی برخی مدل‌های رگرسیونی غیر خطی برای توصیف سرعت جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال بذر چهار اکوتیپ زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) نسبت به دما اجرا گردید. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه زراعت، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، در سال ۱۳۹۰ انجام شد. در این آزمایش بذور چهار اکوتیپ زیره سبز (خراسان، جندق، کرمان و اصفهان) تحت تاثیر شش تیمار دمایی (۰، ۵ ، ۱۵ ، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد) قرار گرفتند و سرعت جوانه‌زنی بذور محاسبه گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد، که دما اثر معنی داری در سطح یک درصد بر سرعت جوانه زنی دارد. با توجه به اینکه کمترین مقدار AICc و بیشترین مقدار $Adj\ R^2$ مربوط به مدل دو تکه‌ای بود نسبت به مدل‌های دیگر سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما را در اکوتیپ‌های زیره سبز بهتر توصیف نمود. براین اساس دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای اکوتیپ خراسان به ترتیب ۰، ۱۱/۴ ، ۲۵، در اکوتیپ کرمان به ترتیب ۰، ۱۱/۵ ، ۲۸/۹، اکوتیپ جندق ۰، ۹/۶ ، ۲۷/۱ و اکوتیپ اصفهان به ترتیب۰، ۱۰/۱ ، ۳۵/۵ درجه سانتی گراد تخمین زده شد. با توجه به نتایج می‌توان برای کمی سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی این اکوتیپ‌ها از مدل دو تکه‌ای استفاده نمود.

کلمات کلیدی: زیره سبز، سرعت جوانه زنی، مدل‌های رگرسیونی غیر خطی، دماهای کاردینال.

Application of nonlinear regression models for prediction of cardinal temperatures in seed germination of various cumin (*Cuminum cyminum*) ecotypes

Mohtaram Habibzadeh Zarandi[1], Iraj Allahdadi[2], Hamideh Khalaj[3], MohammadReza Labbafi[4]*

1. MSc. Student of Agronomy, Aburaihan College, University of Tehran.
2. Assistant Professor, University of Tehran, Aburaihan College.
3. Department of Agronomy, Payam Noor University, P.O. Box 19395-3697, Tehran, Iran.
4. Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran.
(Received: 05.Apr.2017– Accepted: 01.Aug.2017)

Abstract

This study was done to evaluate different nonlinear regression models to describe the response of germination rate and to determinate the cardinal temperature of four ecotypes of *Cuminum cyminum* (Cumin) seeds. This experiment was arranged in the form of three-factor factorial completely randomized design with 4 replications at the Agronomy Laboratory (Aburaihan College, University of Tehran) in 2011.The seeds were treated with different temperatures (0, 5, 15, 25, 35 and 45 ^{o}c) and the germination rate were calculated. The result showed that the temperature had a significant effect on germination rate of all plants. The segmented model was superior compared to other models in ecotypes of cumin since the minimum amount of AICc and maximum value of Adj R^2 were related to this model. Base (Tb), optimum (To) and ceiling (Tc) temperatures were predicted with appropriate models. T_b, T_o, and T_c for Khorasani ecotype were 0, 11.4, 25 °C; for Krmani ecotype were 0, 11.5, 28.9 °C, for Jandaghi ecotype were 3.1, 9.6, 27.1 °C and for Esfahan ecotype 0, 10.1, 35.5 °C, respectively. It was concluded that this model can be used to quantify response of cumin seed germination to temperature and to obtain the proper cardinal temperatures of germination.

Keywords: *Cuminum cyminum*, germination rate, nonlinear regression model, cardinal Temperatures.

* Email: mohammad1700@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

زیره سبز با نام علمی *Cuminum cyminum* L. گیاهی معطر از تیره چتریان است که کاربرد زیاد به ویژه بعنوان طعم دهنده در غذا دارد. این گیاه دومین گیاه صادراتی ایران است (Moraghebi *et al*., 2009) و هر ساله مقادیر زیادی از آن کشت و صادر می‌شود، از بذر یا میوه آن برای خوشبو کردن غذا، رفع ناراحتی‌های گوارشی بویژه در کودکان، تهیه داروها، صنایع شیرینی و غیره استفاده می‌شود. نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد زیره موجب پایین آوردن قندخون (Roman-Romos *et al*., 1995)، ضد سرطان (Aruna *et al*., 1992)، ضد باکتری (Agnihotri and Vaidya, 1996) و ضد قارچ (Garg and Siddiqui, 1992) و افزایش ترشح شیر (Agrawala *et al*., 1968) می‌گردد. از دانه این گیاه در طب سنتی برای درمان تشنج استفاده می‌شود (Zargari, 1990).

جوانه‌زنی اولین مرحله نموی گیاهان است، که یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی و یک فرایند کلیدی در سبزشدن گیاهچه می باشد (De Villiers *et al*.,1994). این مرحله از رشد به شدت تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Anda and Pinter,1994) از این رو هر عاملی که از طریق کاهش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی منجر به استقرار نامناسب و تراکم پایین گیاهچه شود، منجر به کاهش عملکرد می‌گردد. اثرات شرایط نامطلوب در طول دوره جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشد گیاه نسبت به سایر مراحل رشد مهم‌تر می‌باشد. بنابراین جوانه‌زنی خوب و مناسب در محدوده وسیعی از شرایط محیطی برای استقرار گیاهچه ضروری است (Brar *et al*.,1991; Jacobsen and Bach.,1998).

دما یکی از عوامل بسیار مهم در فرایند جوانه زنی است (Nerson, 2007). دماهای مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذور تحت عنوان دماهای کاردینال شناخته شده است و به سه دسته دماهای حداقل (Tm)، مطلوب (To) و حداکثر (TM) تقسیم می‌شود. دمای حداقل و حداکثر دماهایی هستند که به ترتیب در دماهای پایین‌تر و بالاتر از آن، جوانه‌زنی متوقف می‌شود و دمای مطلوب، دمایی است که جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان ممکن رخ می‌دهد یعنی سرعت جوانه‌زنی در حداکثر است (Alvarado and Bradford, 2002). هر یک از مراحل گیاهی نیازمند دمای بهینه متفاوتی می‌باشند. همچنین حد مطلوب دما برای جوانه‌زنی در گیاهان مختلف و همچنین ارقام مختلف یک گونه متفاوت است، اما آنچه از نتایج مطالعات متعدد برمی آید این است که دامنه پایین‌تر یا بالاتر از حد مطلوب برسرعت و مدت جوانه‌زنی تاثیر منفی دارد (Brady and weil, 2002).

بررسی واکنش جوانه‌زنی و سبزشدن بذرها نسبت به دما و شناخت دماهای کاردینال در جهت ایجاد مدل‌های پیش‌بینی جوانه‌زنی و سبزشدن، انتخاب تاریخ کاشت مناسب، گزینش گونه‌ها و ژنوتیپ‌ها برای تحمل به دماهای پایین یا بالا و تعیین نواحی جغرافیایی که در آنجا گونه‌ها یا ژنوتیپ‌ها بتوانند با موفقیت جوانه بزنند و استقرار یابند، مفید است (Mwal *et al*., 1994; Ramin,1997).

تحقیقات فراوانی برای بدست آوردن دمای بهینه جوانه‌زنی گیاهان مختلف از جمله *Salvia sclarea* (Kumar *et al*., 2012)، ترشک (Demiriezen *et al*., 2007)، *Jacaranda mimosifolia* (Socolowski *et. al*., 2004) و علف پشمکی (Eslami *et al*., 2008) انجام شده است.

با توجه به ارزش اقتصادی و سطح زیر کشت زیره

Archive of SID

www.SID.ir

سبز هدف از اجرای این آزمایش، بررسی کارایی مدل‌های رگرسیونی غیر خطی در پیش بینی سرعت جوانه‌زنی اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز بر اساس دما و برآورد دماهای کاردینال می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه زراعت پردیس ابوریحان دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شش دمای مختلف (۰، ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار، برای ۴ اکوتیپ گیاه دارویی زیره سبز (خراسانی، کرمانی، جندقی و اصفهانی) بود. تیمارهای دمایی توسط ژرمیناتور تأمین و بذور مذکور از شرکت گیاهان دارویی (ایران) در اصفهان تهیه گردید. برای سهولت در جوانه‌زنی بذر زیره سبز و از بین رفتن اثر فنول که مانع از جوانه‌زنی بذور می‌گردد، بذور به مدت سه روز در آب خیسانده شد. سپس ۱۰۰ عدد بذر زیره سبز را بر روی کاغذ صافی واتمن در پتری‌های ۹ سانتی متری ضدعفونی شده، کشت و در داخل ژرمیناتور در دمای مورد نظر قرار داده شدند. در طول آزمایش (۲۱ روز) در صورت نیاز به پتری‌ها آب مقطر اضافه شد. شمارش بذرهای جوانه زده هر روز صورت گرفت معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر بود (Rahemi Kariziki *et al.*, 2012). بذرهای جوانه زده بعد از شمارش از محیط حذف شدند. درصد جوانه‌زنی از تقسیم بذرهای جوانه زده به کل بذرها ضربدر عدد ۱۰۰ به دست آمد (Khalili *et al.*, 2014). در کلیه تیمارهای دمایی برای هر تکرار منحنی پیشرفت جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه گردید و معکوس زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی به عنوان معیاری از سرعت جوانه‌زنی در نظر گرفته شد (Soltani *et al.*, 2002). پس از محاسبه سرعت جوانه‌زنی از توابع دندان مانند[1] (تابع ۱)، دوتکه‌ای[2] (تابع ۲)، و بتا[3] (تابع ۳) برای توصیف تغییرات سرعت جوانه‌زنی در مقابل دما و تخمین دماهای کاردینال (دمای پایه، مطلوب و بیشینه) بذور جوانه زده استفاده گردید.

تابع دندانه‌ای (Dent-Like) با علامت اختصاری (D) بصورت زیر توصیف می‌شود (Soltani *et al.*, 2006):

$$f(t) = \frac{(T - Tb)}{(To1 - Tb)} \qquad Tb < T \le To1 \qquad (۱)$$

$$f(t) = \frac{(Tc - T)}{(Tc - To2)} \qquad To2 < T \le Tc$$

$$f(t) = 1 \qquad To1 < T \le To2$$

$$f(t) = 0 \qquad Tc \le T \ or \ T \ge Tc$$

تابع دو تکه‌ای (Segmented) با علامت اختصاری (S) (Soltani *et al.*, 2006):

$$f(t) = \frac{(T - Tb)}{(To - Tb)} \qquad Tb < T \le To \qquad (۲)$$

$$f(t) = \frac{(Tc - T)}{(Tc - To)} \qquad To < T \le Tc$$

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

تابع بتا (Beta) با علامت اختصاری (B) (Soltani *et al.*,2006):

$$f(t) = \left[\left(\frac{(T - Tb)}{(To - Tb)} \times \frac{(Tc - T)}{(Tc - Tb)}\right)^{\frac{(Tc - To)}{(Tc - Tb)}}\right]^{a} \qquad Tb < T < Tc \qquad (۳)$$

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

در این توابع T متوسط دمای روزانه، Tb دمای

[1] Dent-like
[2] Segmented
[3] Beta

Archive of SID

www.SID.ir

پایه، To دمای مطلوب،To1 دمای مطلوب تحتانی، To2 دمای مطلوب فوقانی و Tc دمای سقف می‌باشد. برازش مدل‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیگما پلات 11.0 SigmaPlot انجام شد. ارزیابی برازش مدل‌های تطابق زمان مشاهده شده و پیش‌بینی شده جوانه‌زنی، با کمک ریشه دوم میانگین خطا (RMSE)، و ضریب تبیین تصحیح شده (R^2 adj) انجام گرفت که به ترتیب با استفاده از معادلات ۴ و ۵ محاسبه می‌شوند. هرچه RMSE کوچکتر و R^2 adj نزدیکتر به یک نشانگر برازش بهتر مدل به داده‌هاست. Yobs و Ypred به ترتیب مقادیر مشاهده و پیش‌بینی شده می‌باشند (Soltani *et al.*, 2006).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y\,obs - y\,pred)^2} \quad (۴)$$

$$R^2adj = 1 - \frac{\sum (y\,obs - y\,pred)^2}{\sum (y\,obs - \bar{y}\,obs)^2} \quad (۵)$$

برای انتخاب بهترین مدل از شاخص آکائیک (AIC) استفاده شد (Burnham and Anderson, 2002). در مقایسه دو مدل، هرکدام که از مقدار AIC کمتری برخوردار است به عنوان مدل بهتر انتخاب می‌شود (معادله ۶). در آزمایشاتی که تعداد نقاط یا نمونه‌های کوچک است از شاخص آکائیک تصحیح شده (AICc) استفاده می‌شود که توسط معادله ۷ محاسبه می‌شود، در این فرمول RSS مجموع مربعات باقیمانده رگرسیون، K تعداد پارامترهای برآورد شده در مدل و n تعداد نقاط یا نمونه‌ها می‌باشد.

$$AIC = n \times \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2 \times K \quad (۶)$$

$$AICc = -2 \times \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2 \times K + \frac{2 \times K \times (K+1)}{n - K - 1} \quad (۷)$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر آن است که درصد جوانه زنی بذور زیره سبز در تمامی اکوتیپ‌ها در سطح یک درصد تحت تاثیر درجه حرارت قرار گرفت (جدول۱). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج ذکر شده توسط دیگر محققان در گیاهان مختلف یولاف و نخود همخوانی دارد (Page *et al.*, 2006; Soltani *et al.*, 2006; Naylor, 2007).

جدول ۱- تجزیه واریانس درصد جوانه زنی بذور زیره سبز تحت تیمار دما در چهار اکوتیپ زیره سبز

Table 1. Analysis of variance cumin seed germination of four ecotypes influenced by temperature treatment

S.O.V. منابع تغییرات	df درجه آزادی	Ecotype Khorasan اکوتیپ خراسان	Ecotype Kerman اکوتیپ کرمان	Ecotype Jondagh اکوتیپ جندق	Ecotype Esfahan اکوتیپ اصفهان
Treatment تیمار	5	934.825**	213.100**	449.90**	483.66**
Erorr خطا	18	131.925	25.23	11.90	21.93
CV(%) ضریب تغییرات (درصد)	-	24.48	9.33	8.19	8.41

Archive of SID

www.SID.ir

برای کمی سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما از مدل‌های دندانه‌ای، دوتکه‌ای و بتا استفاده شد. مقادیر معیارهای مورد نظر برای مقایسه مدل‌های مختلف به‌منظور انتخاب مدل برتر برای توصیف سرعت جوانه‌زنی بذور مختلف نسبت به دما در جدول ۲ ارائه شده‌اند. باتوجه به این معیارها، به‌منظور توصیف سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما از مدل برتر برای هراکوتیپ جهت تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی استفاده گردید. بهترین مدل بخش بزرگتری از تغییرات را توجیه ($Adj\ R^2$ بزرگ‌تر)، شاخص آکائیک تصحیح شده (AICc) و جذر میانگین مربعات خطای (RMSE) کوچک‌تری دارد (Yousefi-Daz *et al*., 2006; Ajam Norouzi *et al*., 2007).

جدول۲- مقادیر جذر میانگین مربعات خطای (RMSE)، Adj R2 و شاخص آکائیک تصحیح شده (AICc)

Table 2. The values of the root mean square error (RMSE), Adj R2 and Akaike index corrected (AICc)

Ecotype اکوتیپ	Model مدل	RMSE	Adj R^2	AICc
Khorasan خراسان	دو تکه‌ای (Segmented)	0.00005	0.98	-470.13
	دندان مانند (Dent-Like)	-	-	-
	بتا (Beta)	0.0001	0.67	-112.36
Kerman کرمان	دو تکه‌ای (Segmented)	0.0001	0.97	-459.14
	دندان مانند (Dent-Like)	0.001	0.603	-118.45
	بتا (Beta)	0.0003	0.75	-144.42
Jondagh جندق	دو تکه‌ای (Segmented)	0.00009	0.99	-469.77
	دندان مانند (Dent-Like)	0.0008	0.79	-119.26
	بتا (Beta)	0.0003	0.81	-131.25
Esfahan اصفهان	دو تکه‌ای (Segmented)	0.0003	0.98	-55.71
	دندان مانند (Dent-Like)	0.0006	0.61	-38.80
	بتا (Beta)	-	-	-

هرچه شاخص آکائیک تصحیح شده منفی‌تر (کوچک‌تر) باشد، مدل برازش بهتری داشته است.

The index corrected Akaike more negative (smaller), the model is a better fit.

با توجه به جدول ۲، مدل دو تکه‌ای نسبت به سایر مدل‌ها در اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز دارای پارامترهای RMSE، AICc کمتر و $Adj\ R^2$ بیشتر بود که نشان‌دهنده برتری این مدل در تخمین جوانه‌زنی بذرهای این اکوتیپ‌هاست. درنتیجه، مدل دوتکه‌ای برای اکوتیپ‌های خراسانی، کرمانی، جندقی و اصفهانی زیره سبز بهترین برازش را نشان داد.

از مدل‌های رگرسیون غیرخطی برای کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی و سبز شدن بذرهای گیاهان در مقابل دما استفاده شده است (Jame and Cutforth, 2004; Hardegree, 2006). وال و همکاران (Mwal *et al*.,1994) در آفتابگردان؛ رامین (Ramin, 1997) در تره ایرانی، الیس و همکاران (Ellis *et al*.,1986) در نخود؛ قادری فر و همکاران (Ghaderi-Far *et al*., 2001) در شبدر زیرزمینی از مدل‌های دو تکه‌ای استفاده کردند. سلطانی و

Archive of SID

www.SID.ir

همکاران (Soltani *et al.*, 2006) از مدل دندان‌مانند و بتا برای کمی‌سازی واکنش سبز شدن نخود نسبت به دما استفاده کردند. این محققان با استفاده از این مدل‌ها، دماهای کاردینال جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهان مورد نظر را برآورد کردند. بنابراین انتخاب مدل مناسب برای کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی نسبت به دما در تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی دارای اهمیت است (Burnham and Anderson, 2002).

جدول۳- برآورد دمای پایه (Tb)، دمای مطلوب (To) دمای سقف (Tc) برای جوانه‌زنی ۵۰ درصد جمعیت در اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز

Table 3. The estimated base temperature (Tb), optimum temperature (To) ceiling temperature (Tc) for germination 50% of the population in different ecotypes of cumin

تابع	اکوتیپ	A	T	To	To1	To2	Tc
دوتکه‌ای Segmented	خراسان Khorasan	-	0 ±0.004	11.462 ±0.98	-	-	25 ±1.8
	کرمان Kerman	-	0 ±0.002	11.533 ±0.01	-	-	28.91 ±2.23
	جندق Jondagh	-	0 ±0.28	9.623 ±0.629	-	-	27.175 ±0.043
	اصفهان Esfahan	-	0 ±0.37	10.156 ±0.623	-	-	35.533 ±0.871
دندانه‌ای Dent-Like	خراسان Khorasan	-	-	-	-	-	-
	کرمان Kerman	-	0 ±6.668	-	8.444 ±6.062	11.882 ±12.839	39.761 ±7.306
	جندق Jondagh	-	0 ±5.654	-	6.584 ±4.201	8.236 ±17.226	39.27 ±8.655
	اصفهان Esfahan	-	0 ±4.28	-	7.94 ±3.629	13.322 ±8.043	41.034 ±5.246
بتا Beta	خراسان Khorasan	1.015±0.02	0 ±2.6	13.616 ±4.9	-	-	25 ±9.8
	کرمان Kerman	1.656 ±0.02	0 ±3.4	12.497 ±3.7	-	-	35 ±8.8
	جندق Jondagh	1.506 ±0.02	0 ±2.8	11.316 ±5.7	-	-	35 ±7.3
	اصفهان Esfahan	-	-	-	-	-	-

در جدول ۳ مقادیر برآورده شده دماهای کاردینال برای کلیه مدل‌ها جهت مقایسه قابلیت تخمین هر یک از مدل‌ها ارائه شده است، البته همانطور که ذکر گردید بهترین مدل، مدل دو تکه‌ای است. در شکل‌های ۱ تا ۴ رابطه سرعت جوانه زنی و دما در اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز با استفاده از مدل‌های مختلف نشان داده شده است.

دمای پایه، مطلوب و سقف با توجه به مدل برتر (دو تکه‌ای) برای اکوتیپ خراسان به ترتیب ۰، ۱۱/۴ و ۲۵ درجه سانتی گراد (جدول۳ و شکل ۱)، در اکوتیپ کرمان به ترتیب ۰، ۱۱/۵ و ۲۸/۹ درجه سانتی‌گراد (جدول۳ و شکل ۲) و در اکوتیپ جندق

Archive of SID

www.SID.ir

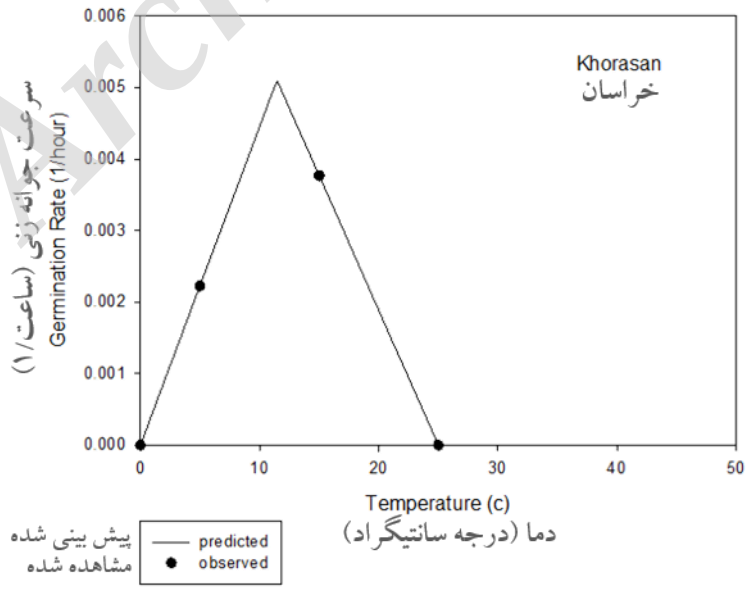
۰، ۹/۶ و ۲۷/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (جدول۳ و شکل ۳). در اکوتیپ اصفهان نیز دماهای پایه، مطلوب و سقف ۰، ۱۰/۱ و ۳۵/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (جدول۳ و شکل ۴).

خوش خوی و بنیان پور (Khosh-Khui and Bonyanpour, 2006) گزارش کردند که دما ایده آل برای جوانه زنی بذور و رشد گیاهچه زیره سبز ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. دماهای بالاتر از حد مطلوب باعث افزایش میزان تنفس، کاهش جذب CO_2 و کاهش منابع غذایی شده که موجب کاهش طول و وزن گیاهچه می‌شود (Malek *et al.*, 1992; Booth and Bai, 1999).

مراقبی و همکاران (Moraghebi *et al.*, 2009) با بررسی تیمارهای کودی بر مورفولوژی زیره سبز محلی خراسان، کرمان و اصفهان بیان داشتند که اشتراکات دو رقم خراسان و کرمان با یکدیگر بیشتر بوده و رقم اصفهان دارای اختلافات بیشتری با این دو رقم محلی می‌باشد که با نتایج به دست آمده در این آزمایش همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است که در بین مدل‌های رگرسیونی غیرخطی، مدل دوتکه‌ای بهترین برازش جوانه زنی بذور زیره سبز را نشان داد. بطور کلی در اکوتیپ‌های زیره سبز دمای پایه صفر، دمای مطلوب ۲± ۱۰ درجه سانتی‌گراد و دمای سقف ۵± ۳۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. به احتمال زیاد اختلاف زیاد در دمای حداکثر اکوتیپ‌های خراسان، کرمان و جندق با اکوتیپ اصفهان به علت تفاوت ژنتیکی اکوتیپ‌ها می‌باشد. نتایج به دست آمده این آزمایش با پروتکل انجمن بین المللی آزمون بذر که دمای متناوب ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد را پیشنهاد نموده است همخوانی ندارد که احتمالا به علت تفاوت ژنتیکی اکوتیپ‌های بومی ایران با بذور مورد آزمایش ISTA می‌باشد.

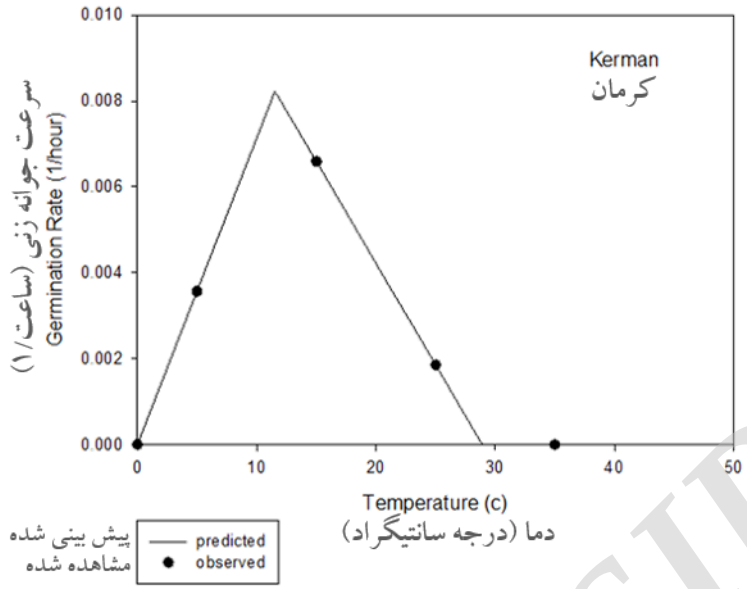


شکل ۱- رابطه سرعت جوانه زنی و دما در اکوتیپ خراسان با استفاده از مدل دوتکه‌ای

Figure 1. The relationship between germination rate and temperature Segmented model in ecotypes Khorasan

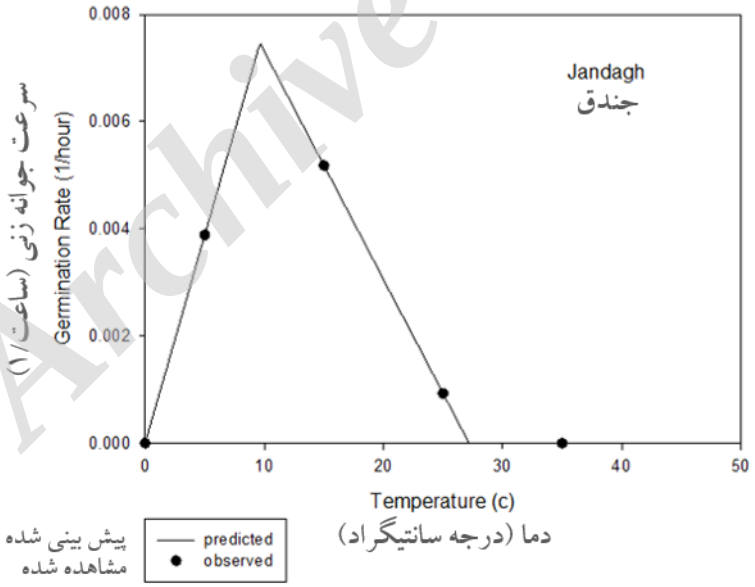
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- رابطه سرعت جوانه زنی و دما در اکوتیپ کرمان با استفاده از مدل دوتکه‌ای

Figure 1. The relationship between germination rate and temperature Segmented model in ecotypes Kerman

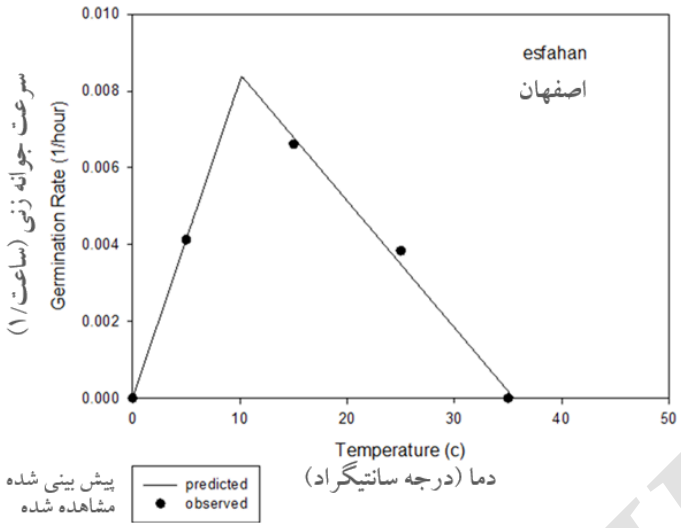


شکل ۳- رابطه سرعت جوانه زنی و دما در اکوتیپ جندق با استفاده از مدل از دوتکه‌ای

Figure 1. The relationship between germination rate and temperature Segmented model in ecotypes Jandagh

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴- رابطه سرعت جوانه زنی و دما در اکوتیپ اصفهان با استفاده از مدل دوتکه‌ای

Figure 1. The relationship between germination rate and temperature Segmented model in ecotypes Esfahan

References منابع

Agnihotri, S., and A.D. Vaidya, 1996. A novel approach to study antibacterial properties of volatile components of selected indian medicinal herbs. Indian J. Exp. Biol. 34:712-15.

Agrawala, I.P., M. V. Achar, R.V. Boradkar, and N. Roy, 1968. Galactagogue action of *Cuminum cyminum* and *Nigella sativa*. Indian J. Med. Res.56: 841-4.

Ajam Norouzi, H., A. Soltani, E. Majidi, and M. Homaei, 2007. Modeling response of emergence to temperature in faba bean under field condition. J. Agri. Sci. Nat. Res. 14(4), 100-111 (In Persian with English Abstract).

Alvarado, V., and K.J. Bradford, 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant Cell Environ. 25: 1061-1069.

Anda, A., and L. Pinter, 1994. Sorghum germination and development as influenced by soil temperature and water content. Agron. J. 86:621-624.

Aruna, K., and V.M. Svaramakrishnan, 1992. Plant products as protective agents against cancer. Food Chem. Toxicol. 30: 953-6.

Booth, D., and Y. Bai. 1999. Imbibition temperate affects on seedling vigor: In crops and shrubs. J. Range Manage. 52: 534-538.

Brady, N.C., and R.R. Weil, 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th Edition. Prentice Hall, USA. pp. 935.

Brar, G.S., J.F. Gomez, B.L. McMichael, A.G. Matches, and H.M. Taylor, 1991. Germination of twenty forage legumes as influenced by temperature. Agron. J. 83: 173-175.

Burnham, K.P., and D.R. Anderson, 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach (2nd ed.), Springer-Verlag.

Demirezen, D., and A. Aksoy, 2007. Physiologycal effects of different environmental condition on the seed germination of *Rumex Scutatus* L. (*Polygonaceae*). Erciyes Univ.. 23(1-2): 24-29.

De Villiers, A.J., M.W. VanRoyan, G.K. Theron, and H.A. Deventer, 1994. Germination of three namaqual and pioneer species as influenced by salinity, temperature and light. Seed. Sci. Technol. 22:427-433.

Ellis, R.H., S. Covell, E.H. Roberts, and R.J. Summerfield, 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. J. Exp. Bot. 37: 1503-1515.

Archive of SID

www.SID.ir

Eslami, S.V., F.Afghani, and S. Mahmoodi, 2008. Effects of Some Environmental Factors on Germination and Longevity of Downy Brome (*Bromus tectorum*) Seeds. J. Weed Sci. 4(2):47-57 (In Persian with English Abstract).

Garg, S.C., and N. Siddiqui, 1992. Antifungal activity of some essential oil isolates. Pharmazie. 47: 467-8.

Ghadri-Far, F., S. Galeshi, S.J Sadati, and A. Kashiri, 2001. Determination of cardinal temperature in *Trifolium aubterraneum* L. Pajouhesh and Sazandegi, 53: 36-39 (In Persian with English Abstract).

Hardegree, S.P. 2006. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal-temperature models and subpopulation-specific regression. Ann. Bot. 97: 1115-1125.

Jacobsen, S.E., and A.P. Bach, 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Seed Sci. Technol. 26:515-523.

Jame, Y.W., and H.W. Cutforth, 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agric. For. Meteorol. 124: 207-218.

Khalili, N., A. Soltani, E. Zeinali, and F. Ghaderi far. 2014. Evaluation of nonlinear regression models to quantify barley germination rate response to temperature and water potential. Electronic J. Crop Prod. 7 (4): 23-40 (In Persian with English Abstract).

Khosh-Khui, M., and A.R. Bonyanpour. 2006. Effects of some variables on seed germination and seedling growth of cumin (C*uminum cyminum* L.). Int. J. Agri. Res. 1(1): 20-24.

Kumar, R., and S. Sharma, 2012. Effect of light and temperature on seed germination of important medical and aromatic plants in north western Himalayas. Int. J. Med. Arom. Plants. 2(3): 468-475.

Malek, A., F.A. Blazich, S.L. Warren, and J.E. Shelton, 1992. Initiation growth of seedling of *Mountain laural* as influenced by day – night temperatures. J. Am. Soc. Hortic. 117: 736-739.

Moraghebi, F., S. Peyda, and H. Aghel pasand, 2009. The effect of fertilization on *Cuminum cyminum* (Khorasan, Kerman and Isfahan varieties) morphological characters. J. Sci. (islamic azad university). 18, 70(1): 61-70 (In Persian with English Abstract).

Mwale, S.S., S.N. Azam-Ali, J.A. Clark, R.G. Bradley, and M.R. Chataha, 1994. Effect of temperature on germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Seed Sci. Technol. 22: 565-571.

Naylor, R.E.L., 2007. Using segmented regression to analyse the response of germination to temperature. Seed Sci. Tech. 35, 539-549.

Nerson, H. 2007. Seed production and germinability of cucurbit crops. Seed Sci. Biotechnol. 1: 1-10.

Page, E.R., R.S. Gallagher, A.R. Kemanian, H. Zhang, and E.P. Fuerst, 2006. Modeling site-specific wild oat (*Avena fatua*) emergence across a variable landscape. Weed Sci. 54, 838-846.

Rahemi Karizaki, A., A. Nakhzari Moghddam, and M. Pourabdullah. 2012. The effect of seed vigor on germination and heterotrophic seedling growth response of wheat to salinity. J. Seed Sci. Technol. 2(2): 60-67 (In Persian with English Abstract).

Ramin, A.A. 1997. The influence of temperature on germination taree irani. Seed Sci. Technol. 25: 419-426 (In Persian with English Abstract).

Roman-Romos, R., J.L. Flores-Saenz, and F.J. Alarcon-Aguilar, 1995. Anti hyperglycemic effect of some edible plants. J. Ethanopharmacol. 48: 25-32.

Scolowski F., T. Massanori, 2004. Germination of *Jacaranda mimosifolia* (D. Don bignoniaceae) seeds: Effects of light, temperature and water stree. Braz. Arch. Biol. Technol. 47(5): 785-792.

Soltani, A., M.J. Robertson, B. Torabi, M. Yousefi-Daz, and R. Sarparast, 2006. Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Forest. Meteorol. 138: 156-167.

Yousefi-Daz, M., A. Soltani, F. ghaderi-far, and R. Sarparast, 2006. Evaluation of non-linear regression models to describe response of emergence rate to temperature in chickpea. Agric. Sci. Technol. 20: 93-102.

Zargari, A. 1990. Medicinal plants.University press, Tehran (In Persian).

Zhou, J., E. Deckard, and W.H. Ahrens, 2005. Factor affecting germination of hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) seeds. Weed Sci, 53: 41-45.

Archive of SID

www.SID.ir