Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 48, No 2, Summer 2017 (413-419)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.202647.654064

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۶ (ص ۴۱۹-۴۱۳)

تعیین دماهای بهینهٔ جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی خارخسک (*Tribulus terrestris*)

احمد سرمدی[۱]، رضا توکل افشاری[۲*]، حمید رحیمیان مشهدی[۳] و آرش مامدی[٤]
۱، ۳ و ٤. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۲. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/٤/۱۵)

چکیده

گیاه خارخسک به‌رغم اینکه به‌عنوان یک علف هرز در زراعت‌های بهاره شناخته شده است، استفادهٔ فراوانی در صنایع دارویی دارد که با شناخت مراحل مختلف نمو این گیاه می‌توان افزون بر مدیریت آن در زراعت‌ها از نظر دارویی نیز اقدام به تولید آن کرد. به‌منظور بررسی تأثیر دما روی جوانه‌زنی بذر خارخسک و تعیین دماهای بهینه آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی در سطوح دمایی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ٤۰) انجام شد و ویژگی‌های جوانه‌زنی (سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و گیاهچهٔ نرمال) در این دماها بررسی شد. نتایج نشان داد، سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس، درصد جوانه‌زنی و گیاهچهٔ نرمال در دمای ۲۰ و ۲۵ درجهٔ سلسیوس به بیشترین میزان خود می‌رسند و پس‌ازآن کاهش می‌یابند. بهترین مدل برای پیش‌بینی دماهای بهینهٔ جوانه‌زنی بذر خارخسک مدل دندان مانند بود که در آن دماهای کمینه (پایه)، بهینهٔ کم (مطلوب پایین) و بهینهٔ بیش (مطلوب بالا) و بیشینه (سقف) به ترتیب ۸، ۲۵، ۳۰/۸، ۳۷ درجهٔ سلسیوس پیش‌بینی شد.

واژه‌های کلیدی: دمای مطلوب، سرعت جوانه‌زنی، گیاهچهٔ نرمال، مدل بتا.

Cardinal temperatures for germination of *Tribulus terrestris*

Ahmad Sarmadi[1], Reza Tavakkol Afshari[2*], Hamid Rahimian Mashhadi[3] and Arash Mamedi[4]
1, 3, 4. Former M. Sc. Studetn, Professor and Ph. D. Candidate, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Professor, Department of Agronomy & Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(Received: Apr. 20, 2016 - Accepted: Jul. 5, 2016)

ABSTRACT

In spite of the fact that *Tribulus terrestris* is known as a spring weed but it has a significant input in the medicinal industries, so studying its different developmental stages of the plant will be useful for management of fields to produce it. In order to study the cardinal temperatures, a laboratory study was conducted to investigate the effect of different temperatures on seed germination of *Tribulus terrestris* in a completely randomized design with three replications. Various constant temperatures (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40ºC) were considered. The germinated seeds were counted everyday and the rate of germination and germination percentage, normal seedling and cardinal temperatures of *Tribulus terrestris* were measured. Cardinal temperatures of seed germination were estimated by using three regression models including dent-like, segmented and beta models. The effects of temperatures on rate and percentage of germination and normal seedling were significant. The highest germination rates were detected at 30 ºC and the highest germination percentage and normal seedling were detected at 20 and 25 ºC. The best model for estimating cardinal temperatures was dent-like mode. The base temperature, optimal temperatures and ceiling temperature were, 8, 25, 30.8 and 37 °C, respectively.

Keywords: Beta Model, germination rate, normal seedling, optimal temperature.

* Corresponding author E-mail: tavakkol@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

خارخسک (*Tribulus terrestris*) گیاهی از خانوادهٔ Zygophyllaceae است. این گیاه به‌عنوان یک گیاه با پراکنش جهانی شناخته شده است و در ایران هم در اقلیم‌های متفاوت پراکنده شده است، در ایران این گیاه به‌عنوان یک علف هرز زراعت‌های بهاره و یک گیاه دارویی شناخته شده است و در طب سنتی چین و هند پیشینه‌ای طولانی و کاربردهای درمانی بسیار دارد (Salehi Sormaghi, 2010). قسمت مورد استفادهٔ این گیاه میوه، دانه، برگ، ریشه و گاهی همهٔ قسمت‌های گیاه است و اغلب، همهٔ میوهٔ آن استفاده می‌شود (Sharifi *et al*., 2012). گیاه خارخسک شامل یک نوع آلکالوئید، میزان کمی اسانس روغن فرار، میزانی روغن ثابت رزین، تانن، استرول‌های گیاهی، مواد کانی شامل کلسیم، فسفر، آهن، سدیم، پتاسیم، گوگرد، نیتروژن و کلر، ۲۵ نوع فلاونوئید (مانند کوئرستین)، ساپونیتی (مانند دیوزژنین)، گلوکز و گالاکتوز و در دانهٔ آن هرمین است (Sharifi *et al*., 2012) و در تولید داروهایی مانند پروستاتان، آفرودیت، سنکل، دیورتیک و انواع مواد نیروزا استفاده می‌شود.

جوانه‌زنی بذر به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین دوره‌ها در چرخهٔ زندگی گیاهان مدنظر می‌باشد. عامل‌های محیطی به‌طور مستقیم جوانه‌زنی بذر و در پی آن سبز شدن گیاهچه و استقرار پس‌ازآن را تعیین می‌کنند (Tabrizi *et al*., 2004). دما یکی از مهم‌ترین عامل‌های محیطی در جوانه‌زنی بذرها به شمار می‌آید و می‌تواند بر درصد و سرعت جوانه‌زنی تأثیر بگذارد (Brodford, 2002). با توجه به اینکه دما تأثیر شایان توجهی در آغاز، درصد و سرعت جوانه‌زنی دارد، همواره از مهم‌ترین عامل‌های تعیین‌کنندهٔ موفقیت یا شکست استقرار گیاهچه به‌شمار می‌رود (Jami Al-Ahmadi & Kafi, 2007).

به‌طورکلی سه دمای کمینه، بهینه و بیشینه به‌عنوان دماهای مهم (Cardinal tempratures) شناخته می‌شوند که بذرهای هرگونهٔ گیاهی در این دامنهٔ دمایی جوانه می‌زنند (Pourreza & Bahrani, 2012). دمای کمینه یا پایه، دمایی است که سرعت جوانه‌زنی در آن صفر است. دمای بهینه (مطلوب)، دمایی است که جوانه‌زنی در آن بیشترین سرعت را داشته و دمای بیشینه، دمایی است که سرعت جوانه‌زنی بذر صفر است و پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تجزیه می‌شوند (Alvarado & Bradford, 2002).

دماهای مهم برای ارائهٔ مدل پیش‌بینی جوانه‌زنی بذرها در گونه‌های گیاهی مورد نیاز هستند (Ramin, 1997). به‌عنوان یک قاعدهٔ کلی بذرهای مناطق معتدله در مقایسه با بذرهای مناطق گرمسیری به دماهای کمتری نیاز داشته و گونه‌های وحشی نیاز دمایی کمتری از گیاهان اهلی دارند. دمای مناسب جوانه‌زنی برای بیشتر بذرها بین ۱۵ و ۳۰ درجهٔ سلسیوس است. بیشترین دما برای بیشتر گونه‌ها بین ۳۰ تا ۴۰ درجهٔ سلسیوس است.

مواد و روش‌ها

بذرهای خارخسک درون میوه‌های ناشکوفا که پوستهٔ سختی دارند، قرار دارند و در هنگام برداشت خواب هستند، اما پس از ۱۲-۶ ماه در بذرهای خارج‌شده از میوهٔ پس‌رسی رخ می‌دهد. در این آزمایش میوه‌های ناشکوفا از مزرعهٔ آموزشی پردیس منابع طبیعی و کشاورزی کرج گردآوری شد و پس از شش ماه بذرها با استفاده از کاردک تیز (اسکالپل) از درون میوه خارج و در هشت سطح دمایی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰) برحسب درجهٔ سلسیوس در سه تکرار ۲۵ بذری مورد آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند. این آزمایش در آزمایشگاه کنترل و گواهی بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در قالب طرح کامل تصادفی اجرا شد. بذرهای خارخسک درون پتری دیش‌های با قطر ۱۰ سانتی‌متر روی دو لایه کاغذ صافی قرار داده شد و با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر مرطوب شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده به‌صورت هر روز و تا چهارده روز انجام شد. در پایان تجزیهٔ واریانس درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و درصد گیاهچهٔ نرمال در دماهای یادشده در قالب طرح کامل تصادفی و همچنین مقایسهٔ میانگین با استفاده از روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

برای محاسبهٔ درصد جوانه‌زنی از روش زیر استفاده شد (Ellis & Roberts, 1981):

$$Gt= (n/N* 100)$$

Archive of SID

www.SID.ir

که در آن n: شمار بذرهای جوانه‌زده در پایان آزمایش و N: شمار کل بذرها است.

در ادامه با استفاده از روش زیر سرعت جوانه‌زنی محاسبه شد (Maguire, 1962):

$$V_g = \Sigma \frac{N_i}{D_i}$$

که در این رابطه V_g سرعت جوانه‌زنی برحسب شمار بذر در روز، N_i شمار بذر جوانه‌زده در هر روز و D_i روز شمارش است.

بنابراین پس از محاسبهٔ سرعت جوانه‌زنی، از مدل دو تکه‌ای، دندان مانند و بتا برای تعیین دماهای مهم بر پایهٔ رابطهٔ زیر استفاده شد (Soltani *et al.*, 2006):

۱) مدل دو تکه‌ای

$f(T) = (T - Tb) / (To - Tb)$, if $Tb < T \leq To$
$f(T) = (Tc - T) / (Tc - To)$, if $To < T < Tc$
$f(T) = 0$, if $T \leq Tb$ or $T \geq Tc$

۲) مدل دندان مانند

$f(T) = ((T-Tb)/(To_1-Tb))$, if $Tb < T \leq To1$
$f(T) = ((Tc-T)/(Tc-To_2))$, if $To2 < T \leq Tc$
$f(T) = 1$, if $To1 < T \leq To2$
$f(T) = 0$, if $T \leq Tb$ or $T \geq Tc$

۳) مدل بتا

$$f(T) = \{[(\frac{T-T_b}{T_o-T_b})(\frac{T_c-T}{T_c-T_o})]^{(\frac{T_c-T_o}{T_o-T_b})}\}^{\alpha}$$

if $T > T_b$ and $T < T_c$;
$f(T) = 0$, if $T \leq Tb$ or $T \geq Tc$

در این رابطه‌ها T دمای میانگین روزانه (دمای آزمایش)، T_b دمای کمینه، To_1 دمای بهینهٔ کم (پایین)، To_2 دمای بهینهٔ بیش (بالا) و T_c دمای بیشینه (سقف) که همگی برحسب سلسیوس هستند.

همچنین برای دقت مدل از فراسنجه (پارامتر)های زیر استفاده شد:

۱. RMSE: جذر میانگین مربعات خطا

۲. R^2: ضریب تبیین رگرسیون بین مقادیر پیش‌بینی و مقادیر مشاهده.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس تأثیر معنی‌دار دما بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر خارخسک در سطح ۱ درصد را نشان داد (جدول ۱).

بنابر نتایج مقایسهٔ میانگین (جدول ۲) می‌توان بیان کرد، در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر خارخسک صفر بود و با افزایش دما از ۵ درجه به ۱۰ درجهٔ سلسیوس جوانه‌زنی بهبود یافت به طوری که در دمای ۱۰ درجه ۱۴/۶۶ درصد جوانه‌زنی مشاهده شد، ولی سرعت جوانه‌زنی همچنان پایین بود و حتی درصد گیاهچهٔ نرمال به دلیل دمای پایین صفر بود. حال با افزایش دما به ۱۵ درجهٔ سلسیوس درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب به ۵۲ درصد و ۲/۶۸ افزایش یافت و درصد گیاهچهٔ نرمال از صفر در دمای ۱۰درجه به ۲۹/۳ درصد در دمای ۱۵ درجه افزایش یافت.

با افزایش دما به ۲۰ درجهٔ سلسیوس ویژگی‌های جوانه‌زنی همچنان در حال بهبود بود و با افزایش دما به ۲۵ درجهٔ سلسیوس درصد جوانه‌زنی به بیشترین حد (۸۶/۶۶ درصد) و سرعت جوانه‌زنی هم به ۴/۱۵ افزایش یافت و شمار گیاهچه‌های نرمال به ۷۶/۵ درصد رسید به‌طوری‌که بیشترین درصد گیاهچه‌های نرمال در دو دمای ۲۰ و ۲۵ درجهٔ سلسیوس به دست آمد.

با افزایش دما به ۳۰ درجهٔ سلسیوس سرعت جوانه‌زنی به بیشترین میزان رسید، ولی درصد جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما شمار گیاهچه‌های نرمال از ۷۶/۵ درصد در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس به‌طور معنی‌دار به ۵۸/۶ کاهش یافت، شاید بتوان گفت که کاهش شمار گیاهچه‌های نرمال در دماهای بالا و پایین به علت حساسیت رشد گیاهچهٔ خارخسک در دماهای بالا (۳۰ و ۳۵) و در دماهای پایین (۵ و ۱۰) باشد که بازدارندهٔ رشد نرمال گیاهچه می‌شود.

جدول ۱. میانگین مربعات ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر خارخسک در دماهای مختلف

Table 1. Analysis of variance for germination indices of (*Tribulus terrestris*)

S.O.V	df	Germination (%)	Normal seedling (%)	Germination rate (d)
Temperature	7	2250.1**	202.26**	1947.13**
Error	16	4.75	1.18	6.95
C.V (%)		5.67	13.66	8.89

**: significantly different P= 0.01. **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

Archive of SID

www.SID.ir

با افزایش دما به ۳۵ درجهٔ سلسیوس ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر خارخسک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که با افزایش دما به ۴۰ درجهٔ سلسیوس درصد جوانه‌زنی و گیاهچهٔ نرمال همانند دمای ۵ درجهٔ سلسیوس به صفر کاهش یافت. بنابراین بذر خارخسک در دامنهٔ به نسبت گستردهٔ دمایی از ۱۰ تا ۳۵ درجهٔ سلسیوس توانایی جوانه‌زنی را دارد و می‌توان گفت که خارخسک به‌عنوان یک گیاه دارویی قابلیت کشت و سازگاری بالایی دارد. نتایج تحقیقی دیگری نیز کاهش درصد جوانه‌زنی گیاه دارویی اسفرزه را در دماهای بالا گزارش کرده‌اند (Kebreab & Murdoch, 1999). به‌طورکلی ملاحظه شد که با افزایش دما از دامنهٔ دمایی بهینهٔ جوانه‌زنی، ویژگی‌های جوانه‌زنی بذرها کاهش یافت و روند کاهش درصد گیاهچه‌های نرمال در نتیجهٔ افزایش دما، بیشتر از کاهش درصد جوانه‌زنی بود. (Nandula *et al.*, 2006) در نتایج بررسی خود گزارش کردند، جوانه‌زنی بذر *Bidens pilosa* در دمای بالا ۴۰ درجهٔ سلسیوس رخ می‌دهد.

با افزایش دما تا حد معینی سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد و آنگاه در دماهای بالاتر با شدت بیشتری از سرعت جوانه‌زنی کاسته می‌شود (Mwale *et al.*, 1994) در این بررسی نیز چنین روندی مشاهده می‌شود. در جوانه‌زنی بذر کاکوتی چندساله، سرعت جوانه‌زنی شاخص حساس‌تری نسبت به درصد جوانه‌زنی در تغییرپذیری‌های دمایی است (Kheirkhah *et al.*, 2011) که با نتایج این بررسی همخوانی دارد.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر خارخسک در دماهای مختلف

Table 2. Mean comparison of effect of different temperature on seed germination rate, percentage and normal seedling

Temperature (°C)	Normal seedling (%)	Germination rate (d)	Germination (%)
5	0 e	0 f	0 e
10	0 e	0.81f	14.66 d
15	29.3c	2.68 d	52 b
20	77a	3.85 c	84 a
25	76.5 a	4.15 b	86.66 a
30	58.6b	4.44 a	82.66 a
35	14.6d	1.97 e	28 c
40	0 e	0 f	0 e

محاسبهٔ دماهای مهم سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه خارخسک

کمّی‌سازی واکنش جوانه‌زنی بذرهای خارخسک در دماهای مختلف با کمک مدل دو تکه‌ای، دندان مانند و بتا برازش داده شد. مقادیر RMSE (جذر میانگین مربعات خطا)، R^2 (ضریب تبیین)، Tb (دمای کمینه)، To_1 (دمای بهینهٔ پایین)، To_2 (دمای بهینهٔ بالا) و TC (دمای سقف) مربوط به هر مدل در دماهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شد. در مدل دو تکه‌ای دمای کمینه ۶/۳۴، دمای مطلوب ۳۰/۴ و دمای بیشینه ۳۶/۳۴ درجهٔ سلسیوس و میزان R^2 و RMSE به‌ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۴۷ پیش‌بینی شد که نشان‌دهندهٔ دقت مناسب این مدل در پیش‌بینی دماهای مهم جوانه‌زنی بذر خارخسک است. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود سرعت جوانه‌زنی از دمای ۵ تا ۳۰ درجه افزایش و پس‌ازآن کاهش می‌یابد. جوانه‌زنی و استقرار این گیاه در طبیعت از اواسط اردیبهشت‌ماه آغاز شده و تا اواسط شهریور ادامه دارد که با دماهای مهم پیش‌بینی‌شده همخوانی دارد.

جدول ۳. فراسنجه‌های پیش‌بینی‌شده با استفاده از مدل دو تکه‌ای، دندان مانند و بتا برای جوانه‌زنی بذر خارخسک

Table 3. Estimated parameters for the Segmented, Beta and Dent-like models for germination for each cultivar of *Tribulus terrestris* seeds

Model	RMSE	R^2	To_2	To_1	T_C	T_o	T_b
Segmented	0.43	0.95	-	-	36.34	30.4	6.34
Dent-like	0.40	0.96	30.8	25	37	-	8
Beta	1.43	0.73	-	-	39.22	27	8

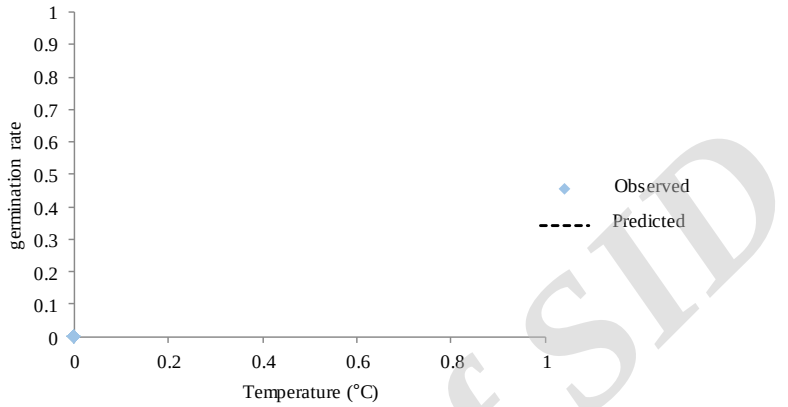
در مدل دندان مانند دمای کمینهٔ ۸، دمای بهینهٔ پایین ۲۵، دمای بهینهٔ بالا ۳۰/۸ و دمای بیشینهٔ ۳۷ درجهٔ سلسیوس و میزان R^2 و RMSE به ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۴۰ پیش‌بینی شد که نشان می‌دهد، این مدل نسبت به مدل دو تکه‌ای، برازش بهتری از دماهای مهم بذر خارخسک دارد. بر پایهٔ این مدل سرعت جوانه‌زنی از دمای ۸ تا ۲۵ درجه افزایش یافته و در فاصلهٔ بین ۲۵ تا ۳۰ درجه ثابت می‌ماند و پس‌ازآن کاهش می‌یابد.

در مدل بتا دمای پایهٔ ۸ ، دمای بهینهٔ ۲۷ و دمای بیشینهٔ ۳۹/۲۲ درجهٔ سلسیوس و R^2 و RMSE به ترتیب ۰/۷۳ و ۱/۴۳ پیش‌بینی شد. این فراسنجه‌ها

Archive of SID

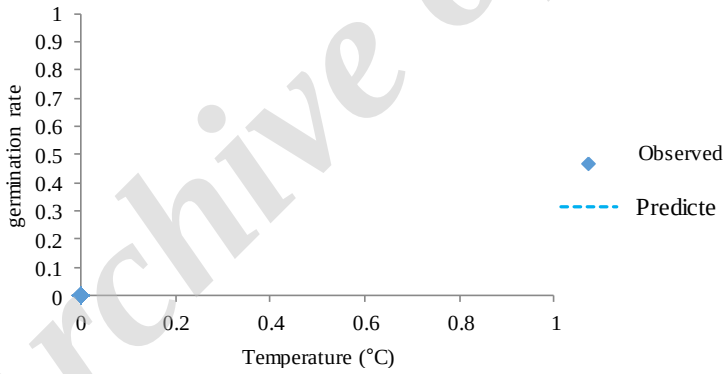
www.SID.ir

نشان می‌دهد، این مدل نسبت به مدل‌های پیشین در پیش‌بینی دماهای مهم بذر خارخسک چندان موفق نیست. نتایج این تحقیق گویای آن است، آنچه برتری تابع دندان مانند بر دو تابع دیگر را مشخص می‌کند، برخورداری از کمترین RMSE (مجذور میانگین مربعات خطا) و بالاترین ضریب همبستگی است. بر همین پایه، این تابع به‌عنوان تابع برتر شناخته می‌شود. Ganjeali *et al.* (2006)، از مدل‌های بتا، دو تکه‌ای و دندان مانند برای مدل‌سازی سبز شدن گیاه نخود در دماها و عمق‌های مختلف استفاده کردند و مدل دندان مانند را به‌عنوان مدل برتر در پیش‌بینی سبز شدن این گیاه را معرفی کرده‌اند.



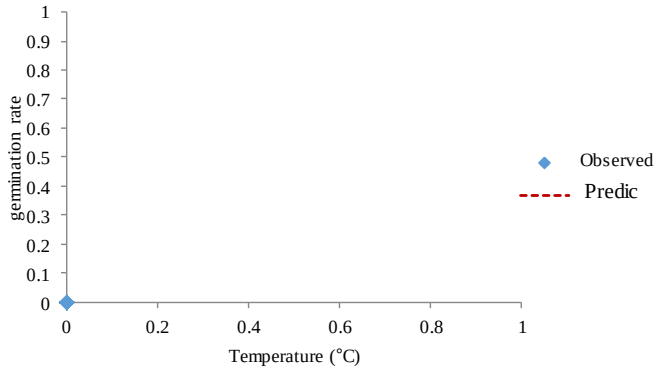
شکل ۱. رابطهٔ بین دما (درجهٔ سلسیوس) و سرعت جوانه‌زنی بذر خارخسک بر پایهٔ مدل دو تکه‌ای

Figure 1. Predicted (lines) vs. observed (symbols) germination rate of *Tribulus terrestris* seeds at different constant temperatures to reach 50% germination (R50) using segmented model.



شکل ۲. رابطهٔ بین دما (درجهٔ سلسیوس) و سرعت جوانه‌زنی بذر خارخسک بر پایهٔ مدل دندان مانند

Figure 2. Predicted (lines) vs. observed (symbols) germination rate of *Tribulus terrestris* seeds at different constant temperatures to reach 50% germination (R50) using dent-like models.



شکل ۳. رابطهٔ بین دما (درجهٔ سلسیوس) و سرعت جوانه‌زنی بذر خارخسک بر پایهٔ مدل بتا

Figure 3. Predicted (lines) vs. observed (symbols) germination rate of *Tribulus terrestris* seeds at different constant temperatures to reach 50% germination (R50) using beta model.

Archive of SID

www.SID.ir

دمای بهینه برای جوانه‌زنی بذر، به ژنتیک گیاه و شرایط اقلیمی که گیاه در آن رشد و نمو می‌کند، بستگی دارد. برای بذر بیشتر گونه‌های گیاهی، دمای بهینه بین ۱۵ تا ۳۰ درجهٔ سلسیوس گزارش شده است (Pourreza & Bahrani, 2012). با تعیین دماهای بهینه، امکان ارزیابی محدودیت‌های جغرافیایی گونه‌ها و زمان کشت آن‌ها ممکن می‌شود (Ramin, 1997).

شاید بتوان گفت که دمای کمینه، بهینه و بیشینه برای پیش‌بینی مرحله‌های مختلف رشد و نمو گیاهان زراعی شاخص‌های مناسبی هستند، هرچند که برای تأیید این فرضیه نیاز است که آزمایش‌های چندی صورت گیرد. دمای کمینهٔ جوانه‌زنی برای گونه‌های دارویی شوید (*Anethum graveolens*)، رازیانه (*Foeniculum vulgare*) و زنیان (*Trachyspermum ammi*) به ترتیب ۵، ۳/۸۶، ۲/۸۸ درجهٔ سلسیوس گزارش شده است (Boroumand Rezazadeh & Koocheki, 2006). از مدل دندان مانند برای تعیین دماهای بهینهٔ دو بوم‌جور (اکوتیپ) آویشن در پاسخ جوانه‌زنی بذر به سطوح مختلف دمایی استفاده شده است (Tolyat *et al.*, 2014).

نتیجه‌گیری کلی

از دیدگاه بوم‌شناختی دما مهم‌ترین نقش را در تنظیم پدیدهٔ جوانه‌زنی بذر دارد. بنابراین، به نظر می‌رسد بهره‌گیری از مدل بالا به تواند کارایی مدل‌های سبز شدن خارخسک را افزایش دهد و به پیرو با کاربرد می‌توان به‌عنوان ابزار کنترلی در مدیریت کشت خارخسک به‌عنوان گیاه دارویی کمک کند. نتایج نشان داد، پنجرهٔ محدودهٔ دمایی خارخسک برای جوانه‌زنی در دامنهٔ گستردهٔ دمایی از ۱۰ تا ۳۵ درجهٔ سلسیوس است که نشان می‌دهد خارخسک قابلیت کشت و سازگاری در مناطق گستردهٔ جغرافیایی دارد.

REFERENCES

1. Alvarado, V. & Bradford, K. J. (2002). A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant Cell Environmental*, 25, 1061-1069.
2. Brodford, K. J. (2002). Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50, 248-260.
3. Boroumand Rezazadeh, Z. & Koocheki, A. (2006). Evaluation of cardinal temperature for three species of medicinal plants, Ajowan (*Trachyspermum ammi*), Fennel (*Foeniculum vulgare*) and Dill (*Anethum graveolens*). *Biaban Desert Journal*, 11(2), 11-16. (in Farsi)
4. Ellis, R. H. & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9, 377-409.
5. Ganjeali, A., Parsa, M. & Khatib, M. (2006). Quantifying seed germination response of Chickpea genotypes under temperature and drought stress regimes. *Iranian Journal of Water, Soil and Plant in Agriculture*, 8(1), 12-17. (in Farsi)
6. Jami Al-Ahmadi, M. & Kafi, M. (2007). Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* (L.). *Journal of Arid Environment*, 68, 308-314.
7. Kheirkhah, M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P. & Nasiri Mahallati, M. (2011). Determination cardinal temperature for perennial medicinal plant Kakooti germination (*Ziziphora clinopodioides Lam.*). *Iranian Journal of water, soil and plant in Agriculture*, 8(1), 18-25. (in Farsi)
8. Kebreab, E. & Murdoch, A. J. (1999). Modelling the effects of water stress and temperature on germination rate of (*Orobanche aegyptiaca*) seeds. *Journal of Experimental Botany*, 50(334), 655-664.
9. Maguire J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177.
10. Mwale, S. S., Azam-Ali, S. N., Clark, J. A., Bradley, R. G. & Chataha, M. R. (1994). Effect of temperature on germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Seed Science Technology*, 22, 565-571.
11. Nandula, V. K., Eubank, T. W., Poston, D. H., Koger, C. H. & Reddy, K. N. (2006). Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Science*, 54(5), 898-902.
12. Pourreza, J. & Bahrani, A. (2012). Estimating cardinal temperatures of milk thistle (*Silybum marianum*) seed germination. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 12, 1485-1489.
13. Salehi Sormaghi, M. H. (2010). Medicinal Plants and herbal therapy. *Tehran Nutrition world*, 2, 149-151. (in Farsi)
14. Sharifi, S., Nejad Sattari, T., Zebarjadi, A. R., Majd, A. & Ghasempour, H. R. (2012). Enhanced callus induction and high-efficiency plant regeneration in *Tribulus terrestris* L., an important medicinal plant. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(27), 4401-4408.

Archive of SID

www.SID.ir

15. Soltani, A., Robertson, M. J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M. & Sarparast, R. (2006). Modeling seedling emergence in chickpea as affected by temperature and sowing depth. *Agricultural Forest*, 138, 156-167.
16. Ramin, A. A. (1997). The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium ampeloprasum* L. spp. iranicum W.). *Seed Science and Technology*, 25, 419-426.
17. Tolyat, M. A., Tavakkol Afshari, R., Jahansoz, M. R., Nadjafi, F. & Naghdibadi, H. A. (2014). Determination of cardinal germination temperatures of two ecotypes of *Thymus daenensis* subsp. daenensis. *Seed Science and Technology*, 42, 28-35.
18. Tabrizi, L., Nasiri Mahalati, M. & Kochaki, A. (2004). Investigation on the cardinal temperature for germination of *Plantago ovate* and *Plantago psyllium*. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 2, 143-151. (in Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir