"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد نهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
(ص ۸۳-۷۳)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 9, No.: 3, Autumn 2020
(pp: 73-83)
DOI: 10.22034/ijsst.2020.128718.1315
Research Article

بررسی جوانه‌زنی بذر گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) رقم فرامان، تحت تنش کمبود آب و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی

عباس هاشمی[۱]، فرزاد شریف زاده[۲*]، رضا معالی امیری[۳]، رضا توکل افشاری[۴]

۱. دانشجوی دکتری علوم و تکنولوژی بذر، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳. دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴. استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۹/۲۱؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۴/۲۱)

چکیده

گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) از گیاهان مهم صنعتی است که در دسته گیاهان روغنی طبقه‌بندی می‌شود. دامنه تحمل گیاهان مختلف، نسبت به تنش کمبود آب متفاوت است و همچنین گیاهان دارای نیازهای دمایی و رطوبتی مختلفی می‌باشند و شناخت این نیازها می‌تواند به بقا و تکثیر آن ها کمک کند. هدف از این تحقیق ارزیابی پاسخ‌های دما رطوبتی و امکان پیش‌بینی قدرت سازگاری گیاه گلرنگ تحت شرایط دمایی و رطوبتی مختلف می‌باشد. بدین منظور جوانه‌زنی بذر گلرنگ (رقم فرامان) در دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد درانکوباتور مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه از سه تابع دوتکه‌ای، بتا و دندان‌مانند برای تعیین دماهای کاردینال گلرنگ استفاده شد. سپس به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گلرنگ نسبت به سطوح مختلف تنش کمبود آب آزمایش دیگری با ۵ سطح تنش کمبود آب، شامل ۵-، ۷-و ۹- ، ۱۰- بار و شاهد (پتانسیل ۰) در دمای ثابت ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. بر اساس مدل_های محاسبه شده، دمای پایه جوانه‌زنی گلرنگ در مدل های بتا، دندان‌مانند و دوتکه‌ای به ترتیب برابر ۴/۶، ۴/۱، ۴/۱ درجه سانتی‌گراد، دمای بهینه جوانه‌زنی نیز برابر با ۲۲/۰۲، ۲۰ تا ۲۴/۳ و ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد و دمای بیشینه شامل ۴۳/۳، ۵۰/۳ و ۵۰/۳ درجه سانتی‌گراد بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: سرعت جوانه‌زنی، مدل دوتکه‌ای، مدل بتا، مدل دندان‌مانند، رقم فرامان

Evaluation of Germination of Safflower Seed (*Carthamus tinctorius L.*) Faraman Cultivar, Under Water Deficite Stress and Determination of Cardinal Germination Temperatures

A. Hashemi[1], F. Sharif Zadeh[2*], R.Maali Amiri[3], R. Tavakkol Afshari[4]

1. Ph.D Students, Seed Science and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
2 and 3. Associate Professor and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
4. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(Received: Dec. 12, 2019 – Accepted: Jul. 11, 2020)

Abstract

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an important industrial plant, which classified in the category of oil plants. The tolerance of plants to drought is different, as well as Plants have different temperature and water requirements, and understanding this requirement helps them survive and reproduce. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the germination characteristics of safflower seeds at different temperatures and humidity and the adaptation power of this plant under these conditions. For this purpose, germination of safflower seed (Faraman cultivar) was investigated in incubator at constant temperatures of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 ° C. in this study, 3 regression model including, Beta model, Dent like model and segmented model were used to determine cardinal safflower temperatures. Then, to investigate germination and seedling growth response of *Carthamus tinctorius* toward different levels of Water Deficite Stress at an optimum temperature, another test was conducted. in this experiment, seed germination was assessed in five levels of Water Deficite Stress with the osmotic potential of 0, - 5, -7 and -9 bar (in temperatures of 20 ° C). Based on Beta model, Dent like model and segmented model, the cardinal temperatures of *Carthamus tinctorius* seeds germination including, (Tbase, Topt and Tmax) were: (4.6, 4.1, 4.1), (22.02, 20 – 24.3, 22.5) and (43.3, 50.3, 50.3) °C, respectively.

Keywords: germination rate, segmented model, Beta model, Dent like model, Faraman Cultivar

* Email: sharifz@ut.ac.ir

مقدمه

بخش اعظم روغن خوراکی در کشور از طریق واردات تامین می‌شود که بسیار هزینه‌بر است. بنابراین توسعه کشت و کار گیاهان روغنی از اهمیت خاصی در کشور برخوردار است. گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) از گیاهان مهم روغنی است که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان توسعه یافته و به دلیل سیستم ریشه‌ای عمیق رشد خوبی در این مناطق دارد (Armah-Agyeman *et al*., 2002; Merrill *et al*., 2002). گلرنگ دارای ۳۵ تا ۴۵ درصد روغن گیاهی با کیفیت بالا است (Mahasi *et al*., 2009). همچنین بذر این گیاه به عنوان غذای پرندگان نیز می‌تواند استفاده شود. از گلبرگ گلرنگ برای تولید رنگ و چاشنی غذا نیز استفاده می‌شود (Bagheri and Sam-Daliri, 2011). گلرنگ دارای ارقام بسیار متنوعی است که از نظر رنگ گل، ارتفاع، شکل برگ، خاردار بودن، میزان روغن و پروتیین دانه، مقاومت به عوامل محیطی، طول فصل رشد، وزن دانه و صفات دیگر با هم تفاوت دارند. بررسی های انجام شده توسط موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور نشان داد که رقم فرامان عملکرد بهتری از سایر ارقام مخصوص مناطق دیم دارد. رقم فرامان با دارا بودن این ویژگی‌های می‌تواند به منظور افزایش خوداتکائی دانه‌های روغنی و نیز ایجاد گزینه‌ای جدید در تناوب محصولات دیم کشور بکار گرفته شود. جوانه‌زنی بذر شامل شروع فعالیت متابولیکی سریع، رشد جنین، خروج ریشه‌چه و سرانجام ظهور اندام‌های هوایی در گیاه است (Grzesik and Romanowska-Duda, 2014). عوامل فیزیکی تنظیم کننده جوانه‌زنی برای بذرهای بدون خواب، به طور معمول شامل دما، آب و اکسیژن و برای بذرهای دارای خواب، علاوه بر این عوامل، نور و محرک‌های شیمیایی می‌باشد (Baskin and Baskin, 2004). دما و رطوبت می‌توانند با هم یا به طور جداگانه بر درصد و سرعت جوانه‌زنی اثر بگذارند (Bloomberg *et al*., 2009). وقتی رطوبت مناسب باشد، سرعت و درصد جوانه‌زنی یک نمونه بذری دارای قابلیت حیات، توسط دما کنترل می‌شود (Bradford and Still, 2004). جوانه‌زنی مطلوب و در پی آن استقرار مناسب و یکنواخت محصول در مزرعه می‌تواند راه را برای تولید محصولی قابل قبول از نظر کمی و کیفی هموار سازد. تنش کم‌آبی می‌تواند آناتومی، مرفولوژیکی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهان و نیز رشد و نمو جنین بذر را تحت تاثیر قرار دهد و همچنین روی جنبه‌های مختلف جوانه‌زنی مانند قدرت آبنوشی بذرها، درصد و سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی و بنیه بذر اثر بگذارد. در کل می‌توان گفت که در سراسر دنیا یکی از مهمترین عوامل غیرزیستی و محدودکننده جوانه‌زنی و همچنین رشد اولیه گیاهچه‌ها، به طور معمول تنش کمبود آب است (Kaya *et al*., 2006).

کشور ایران از لحاظ جغرافیایی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان واقع شده و همین خشکی یکی از معضلات اراضی زراعی کشور به حساب می‌آید، بنابراین مشکل خشکی و کم‌آبی باید مورد توجه خاصی قرار گیرد (Raziei *et al*., 2009). تنش کمبود آب از تنش‌های غیر زنده مهمی است که اثرات زیانباری بر عملکرد گیاه و کیفیت محصول دارند (Mizrahi and Pasternak, 1985). دامنه تحمل گیاهان نسبت به خشکی متفاوت است و انتخاب گیاه برای کشت در زمین‌های کم آب باید از دیدگاه‌های مختلف (آستانه تحمل به تنش، مرحله رشدی مقاومت و ...) مورد بررسی قرار گیرد (Khan and Gulzar, 2003). اگرچه تنش کمبود آب در تمام مراحل رشدی گیاه می‌توانند تأثیر منفی داشته باشد، اما مرحله گیاهچه‌ای را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Rauf *et al*., 2007). گیاهان دارای نیازهای دمایی و رطوبتی مختلفی می‌باشند و شناخت این نیازها می‌تواند به بقا و تکثیر آن ها کمک کند. گیاهان دارای سه دمای ویژه شامل دمای پایه یا حداقل، دمای مطلوب و دمای

حداکثر یا سقف برای جوانه‌زنی هستند. دمای پایه و حداکثر دماهایی هستند که به ترتیب در دماهای پایین‌تر و بالاتر از آن دماها، سرعت جوانه‌زنی صفر است و در واقع جوانه‌زنی متوقف می‌شود و دمای مطلوب، دمایی است که درآن بالاترین سرعت جوانه‌زنی مشاهده می‌شود. از روابط ریاضی و متدهای مختلفی برای تعیین این دماها در گیاهان مختلف استفاده می‌شود که می‌توان به مدل‌های رگرسیونی غیر خطی که شامل توابع دو تکه ای، دندان‌مانند، بتا و چند جمله‌ای درجه دوم است، اشاره کرد (Alvarado and Bradford, 2002). در نتیجه هدف از این تحقیق ارزیابی پاسخ‌های دما رطوبتی و امکان پیش بینی قدرت سازگاری گیاه گلرنگ تحت شرایط دمایی و رطوبتی مختلف می‌باشدکه ممکن است در آینده ای نه چندان دور به وقوع بپیوندد. تعیین دمای مناسب جوانه‌زنی برای بذر گلرنگ می‌تواند به تعیین بهترین زمان کشت این گیاه در مزرعه کمک شایانی کند. همچنین آگاهی از آستانه تحمل جوانه‌زنی و استقرار به تنش کمبود آب در این گیاه نیز می‌تواند به استقرار و شناسایی مکان‌های مناسب برای کشت آن ها کمک کند، به گونه‌ای که با سنجش خاک منطقه از لحاظ میزان رطوبت آب قابل دسترس می‌توان راجع به کشت و یا عدم کشت این گیاه با توجه به آستانه تحمل آن به تنش کمبود آب اقدام کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد. بدین منظور بذر گلرنگ رقم فرامان از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور واقع در استان کرمانشاه تهیه شد. گلرنگ فرامان رقمی متحمل به تنش کمبود آب، زودرس با تیپ رشد بینابین، بدون خار، دانه درشت، دارای گل‌های قرمز و با متوسط ارتفاع بوته ۹۰ سانتی‌متر است. رقم فرامان در مناطق دیم معتدل سرد، عملکرد مناسب دارد و از نظر بیماری زنگ، مقاوم است (Poordad, 2018). همچنین در شرایط دارای آبیاری تکمیلی و در سال های پرباران نیز دارای پتانسیل عملکرد بالائی است. در این پژوهش، جوانه‌زنی بذرهای این گیاه در دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد درانکوباتور مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار انجام شد. در هر تکرار ۵۰ عدد بذر انتخاب شد و در ظروف پتری به قطر۹ سانتی‌متر، حاوی یک لایه کاغذ صافی واتمن مرطوب شده، قرار داده شدند و به دماهای ثابت مورد نظر انتقال یافتند. به منظور حفظ رطوبت و تبادل حرارتی مناسب، ظروف پتری در طول دوره آزمایش به میزان مناسب مرطوب نگهداشته شد. شمارش بذور جوانه زده ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش و به طور روزانه انجام گرفته و بذرهای جوانه زده (دارای طول ریشه چه ۲-۱ میلی متر یا بیشتر) ثبت شد (Adam *et al*., 2007) و (Brindle *et al*., 2005). عمل شمارش بذور تا زمان اتمام جوانه‌زنی و یا تا زمانی که جوانه‌زنی به میزان ثابتی می‌رسید، به طور منظم ادامه پیدا کرد. درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور در هر درجه حرارت محاسبه شد. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی تعداد کل بذرهای جوانه‌زده نرمال بر تعداد بذرهای کشت شده تقسیم و عدد بدست آمده ضربدر ۱۰۰ شد (رابطه ۱).

رابطه ۱

$$\text{درصد جوانه زنی} = \frac{\text{تعداد بذرهای جوانه زده}}{\text{تعداد کل بذرها}} \times ۱۰۰$$

برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی نیز از رابطه زیر استفاده شد (Saha *et al*., 2008).

رابطه ۲

$$R_{50} = \frac{1}{D_{50}}$$

که در رابطه بالا، D_{50}، مدت زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، و R_{50}، سرعت جوانه‌زنی می‌باشد. تعیین درجه حرارت‌های کاردینال (پایه، مطلوب و حداکثر)

با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت‌های مختلف صورت گرفت، که در آنها درجه حرارت‌های مختلف به عنوان متغیر مستقل (محور x) و سرعت جوانه‌زنی به عنوان متغیر وابسته (محورy) در نظرگرفته شدند. در این مطالعه از سه تابع دوتکه‌ای، بتا و دندان‌مانند برای تعیین دمای ویژه گلرنگ استفاده شد (Hardegree, 2006; Jame and Cutforth, 2004).

تابع دو تکه‌ای

$$f(T) = (T - Tb) / (To - Tb) \quad \text{if } Tb < T \leq To$$
$$f(T) = (Tc - T) / (Tc - To) \quad \text{if } To < T < Tc$$
$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc$$

تابع بتا

$$f(T) = \left\{ \left[\left(\frac{T - Tb}{To - Tb}\right)\left(\frac{Tc - T}{Tc - To}\right)^{(Tc - To)/(To - Tb)} \right] \right\}^{a} \quad if \; T \leq Tb \; or \; T \geq Tc$$
$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc$$

تابع دندان‌مانند

$$f(T) = (T - Tb) / (To1 - Tb) \quad \text{if } Tb < T < To1$$
$$f(T) = (Tc - T) / (Tc - To2) \quad \text{if } To2 < T < Tc$$
$$f(T) = 1 \quad \text{if } To1 < T < To2$$
$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc$$

در این توابع T: درجه حرارت (بر حسب سانتی‌گراد)، Tb، To، Tc، To1 ، To2 و a به ترتیب دمای پایه، دمای بهینه، دمای بیشینه، دمای مطلوب پایینی (برای تابع دندان مانند)، دمای مطلوب بالایی (برای تابع دندان‌مانند) و پارامتر شکل برای تابع بتا است که انحنای تابع را تعیین می‌کند. دماهای ویژه جوانه‌زنی با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیونی و به کمک مدل‌های ارائه شده و با استفاده از سرعت جوانه‌زنی محاسبه شد. محاسبه دماهای ویژه بر اساس رابطه سرعت جوانه‌زنی و دما، روشی مرسوم در مطالعات مربوط به تعیین دماهای ویژه جوانه‌زنی به حساب می‌آید (Bradford, 2002; Colbach *et al*., 2002). جهت برازش مدل با استفاده ازروش‌های رگرسیونی، از نرم افزار sigmaplot version 12 استفاده شد.

سپس به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گلرنگ نسبت به سطوح مختلف تنش کمبود آب در دمای بهینه آزمایش دیگری به اجرا در آمد. در این آزمایش جوانه‌زنی بذرها در ابتدا در چهار سطح تنش کمبود آب، با پتانسیل (صفر ، ۵- ، ۱۰-، ۱۵-و ۲۰- بار) به عنوان تست اولیه برای تعیین محدوده تحمل به کمبود آب، مورد بررسی قرار گرفت. سپس با توجه به اینکه جوانه‌زنی بذر گلرنگ در پتانسیل تنش کمبود آب (خشکی) بالای ۱۰- بار متوقف شد از پتاسیل‌های کمتر از ۱۰- بار برای بررسی خصوصیات جوانه‌زنی بذر گلرنگ استفاده شد. پتانسیل‌های ایجاد شده برای تنش کمبود آب شامل ۵-، ۷-و ۹- ، ۱۰- و شاهد (پتانسیل ۰) بودند. برای ایجاد سطح تنش صفر بار (شاهد) در آزمایش، از آب مقطر استفاده شد. همچنین به منظور ایجاد تنش کمبود آب، پتانسل‌های مورد نظر طبق دستور العمل کافمن و میشل با استفاده از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ ایجاد شد (مطالعات نشان داده که این ماده برای شبیه‌سازی شرایط تنش خشکی مناسب است) (Kaufman and Michel, 1973).

نتایج و بحث

طبق نتایج بدست آمده، اثر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گلرنگ رقم فرامان معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی در تیمارهای

مختلف درجه حرارت، نشـان داد بذرهای این گیاه در محـدوده دمـایی ۱۰ تـا ۲۵ درجـه سـانتی‌گراد از لحـاظ جوانه‌زنی شـرایط مناسـبی را داشـتند. نتایج نشـان داد که جوانـه‌زنی بـذر گلرنگ با افزایش دما به بیش از ۲۵ درجه سـانتی‌گراد روندی کاهشـی را نشـان داد، به طوری که در دمای ۴۰ درجه سـانتی‌گراد ۷۲/۶ درصد جوانه‌زنی در بذر گلرنگ رقم فرامان بدسـت آمد. کمترین میزان جوانه‌زنی در دمای ۵ درجه سـانتی‌گراد بدسـت آمد که نشـان‌دهنده حساسیت جوانه‌زنی این گیاه به دماهای پایین است. اگرچه اختلاف معنی‌داری در درصـد جوانه‌زنی بذر گلرنگ در دماهای ۱۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد، اما بررسی سـرعت جوانه‌زنی نشان داد که برخلاف درصد جوانه‌زنی در این محـدوده دمـایی، سـرعـت جوانـه‌زنی اختلاف معنی‌داری را دارد. بـالاترین سـرعـت در دمـای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمد و بعد از آن روندی نزولی در سـرعت جوانه‌زنی مشـاهده شد و این بدین معنی است که افزایش دمـا بـه بـالاتر از ۲۵ درجـه سـانتی‌گراد سـرعت جوانـه‌زنی بذرهای گلرنگ رقم فرامان را کاهش می‌دهد. کمترین سـرعت جوانه‌زنی نیز همانند درصد جوانه‌زنی در دمای ۵ درجه سـانتی‌گراد مشـاهده شـد. نتایج حاصـل از مقایسـه میانگین درصـد و سـرعت جوانه‌زنی در دماهای مختلف نشان داد که سرعت جوانه‌زنی فرآیند حساس تری نسبت به دما است و با تغییرات دما میزان سرعت جوانه‌زنی بسـیـار متغیر اسـت (جـدول ۲). بـه نحوی کـه سـرعت جوانه‌زنی تا دمای بهینه افزایش یافته و بعد از آن شـروع به کاهش می‌کند به همین دلیل محققین از سرعت جوانه‌زنی که عامل مهم‌تری در اسـتقرار گیاهچه و در نهایت تراکم مناسـب بوته در مزرعه اسـت، برای تعیین دماهای ویژه جوانه‌زنی بذرها اسـتفاده می کنند (Hardegree, 2006). مطالعات متعددی بر تاثیر دما روی خصـوصیات جوانه‌زنی بذرهای مختلف انجام شـده که از این مدل ها برای تعیین دمـاهـای کاردینال بهره گرفته اند و از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعه بر روی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*) اشـاره کرد، کـه نتـایج آن نشـان داد بـالاترین سـرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سـانتی‌گراد بدست می‌آید و بـا افزایش دمـا سـرعـت جوانـه‌زنی کـاهش یـافته اسـت (Hashemi *et al*., 2016). مـک کورمیـک و همکـاران دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر هویج (*Daucus carota*) را محاسبه کردند و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد را به عنوان دمـای اپتیـمـم جـوانـه‌زنـی بـذر هـویج تعیین نمودنـد (McCormick *et al*., 2014). در نتایج نجفی و همکاران نیز بـالاترین درصـد جوانـه‌زنی در بـذر گیـاه ماریتیغال (*Silybum marianum*) به میزان ۷۸ درصـد در دمای ۲۰ درجه سـانتی‌گراد بدسـت آمد و بین درصد جوانه‌زنی در دمـاهای ۲۰ و ۲۵ درجه سـانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار گزارش نشد (Nadjafi et al., 2009).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات خصوصیات جوانه‌زنی گلرنگ (رقم فرامان) در شرایط اعمال دماهای مختلف

Table1- mean square of Analysis of variance of the effect of temperature on germination characteristics

منابع تغییر SOV	درجه آزادی DF	درصدجوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
درجه حرارت Temperature	7	839.14**	0.00202**
خطا Error	16	14.33	0.0000023
کل Total	23	-	-
ضریب تغییرات CV		4.62	3.19

**- معنی دار درسطح ۱ درصد

**- significantly different P= 0.01

جدول ۲- مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی(تعداد/روز)جوانه‌زنی نهایی(درصد) بذر گلرنگ

Table2- Mean comparison of temperature treatments for seed germination rate and percentage

دما(سانتی گراد) Temperature C°	جوانه‌زنی نهایی(درصد) Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی(R_{50}) Germination rate
5	49.333 c	0.00896 g
10	96.66 a	0.0233 f
15	96 a	0.0451 d
20	94.66 a	0.0809 a
25	93.33 a	0.0785 a
30	80 b	0.0646 b
35	72 b	0.0501 c
40	72.6 b	0.0309 e

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد ندارند

Values followed by different letters are significantly different according to Duncan test, P= 0.01

کامکار و همکاران با استفاده از سه مدل دوتکه ای، دندان‌مانند و بتا، دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر سه رقم آفتابگردان را محاسبه کردند و با ارزیابی مدل‌ها بیان کردند که مدل دندان‌مانند برازش مناسب‌تری را در تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر آفتابگردان دارد (Kamkar et al., 2016).

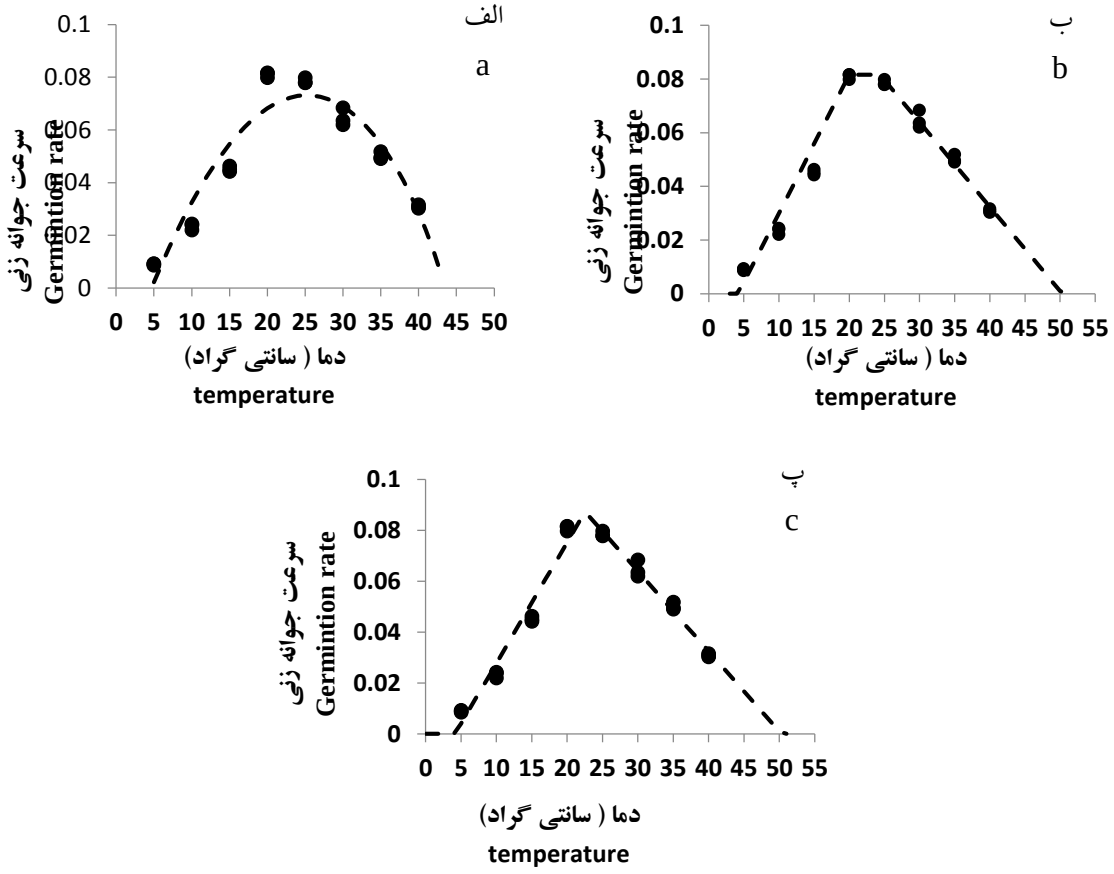
در جدول ۳ مقادیر دماهای ویژه جوانه‌زنی بذر گلرنگ بر اساس مدل‌های مختلف نشان داده شده است. بر اساس مدل‌های محاسبه شده، دمای پایه جوانه‌زنی بذرگلرنگ در مدل‌های بتا، دندان‌مانند و دوتکه‌ای به ترتیب برابر ۴/۶، ۴/۱، ۴/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و دمای بهینه جوانه‌زنی نیز برابر با ۲۲/۰۲، ۲۰ تا ۲۴/۳ و ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد. دمای بیشینه جوانه‌زنی گلرنگ نیز در مدل‌های مختلف شامل ۴۳/۳، ۵۰/۳ و ۵۰/۳ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در مدل‌های بتا، دندان‌مانند و دوتکه‌ای بدست آمد. آماره‌های محاسبه شده برای مدل‌های استفاده شده، شامل ضریب تبیین (R2) و جذر میانگین مربعات خطا بود که معیاری برای سنجش دقت مدل می‌باشند، به گونه‌ای که ضریب تبیین بالاتر و جذر میانگین مربعات خطای کمتر نشان‌دهنده همبستگی بیشتر مدل با واقعیت است. همان‌طور که در جدول ۳ مشخص است RMSE هر سه مدل پایین می‌باشد، اما در بین سه مدل ارائه شده ضریب تبیین مدل دو تکه‌ای نسبت به سایر مدل ها بالاتر است و مقدار آن به ۹۷ درصد رسیده است. بنابرین می‌توان گفت که مدل دو تکه‌ای دقت بالاتری را در تعیین دماهای ویژه جوانه‌زنی بذر گلرنگ دارد (جدول ۳). رابطه‌های حاصل از مدل‌های رگرسیونی محاسبه شده، نیز برآورد و نمودار مربوط به آن ها رسم شد (شکل ۱). در این آزمایش از سه مدل مختلف برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی گلرنگ استفاده شد. گزارش های متعددی از تعیین دمای ویژه جوانه‌زنی بذر گیاهان مختلف با استفاده از این مدل‌ها وجود دارد. جام و کاتفورس (Jame and Cutforth, 2004) از مدل بتا برای تعیین دمای ویژه گندم استفاده کردند و بیان کردند که دمای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی بذر گندم به ترتیب صفر، ۳۰ و ۴۲ درجه سانتی‌گراد است. کازرونی منفرد و همکاران نیز از مدل دو تکه‌ای برای تخمین دماهای کاردینال تاج ریزی استفاده نمودند. (Kazeruni monfared *et al*., 2012).

جدول ۳- مقادیر پیش بینی دماهای ویژه جوانه‌زنی بذر گلرنگ (رقم فرامان) بر اساس مدل‌های برازش شده

Table 2- Estimated parameters for the, beta, Dent like and segmented models

دمای کاردینال Cardinal Temperaturee	مدل بتا Beta model	مدل دندان مانند Dent like model	مدل دوتکه ای Segmented model
دمای پایه Base temperature	4.6	4.1	4.1
دمای بهینه Optimum temperature	22.02	20-24.3	22.5
دمای حداکثر Maximum temperature	43.3	50.3	50.3
RMSE*	0.0013%	0.0047%	0.0038%
ضریب تبیین R2	0.9	0.96	0.97

Root Mean Square Error: این شاخص معیاری برای دقت نتایج است و معمولا هرچه مدل بهتر بر داده‌ها منطبق (fit) باشد مقدار آن کمتر می‌شود.



شکل ۱- رابطه بین سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) و دما (درجه سانتی‌گراد) در گلرنگ (رقم فرامان) بر اساس مدل‌های (الف) بتا، (ب) دندان مانند و (پ) دوتکه ای

Figure1- Relation between Germination Rate (GR), and Temperature in *Cannabis sativa* by using Beta model (a), dent like (b) and Segmented model (c)

پس از تعیین دمای بهینه، بذرهای گلرنگ در سطوح مختلف تنش کمبود آب در دمای ثابت ۲۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت تا عکس العمل خصوصیات جوانه‌نی بذر گلرنگ در سطوح مختلف تنش کمبود آب مورد بررسی قرار گیرد. نتایج تجزیه واریانس آزمایش تنش کمبود آب نشان داد که اثر پتانسیل رطوبتی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گلرنگ معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گلرنگ (رقم فرامان) تحت تیمار تنش کمبود آب

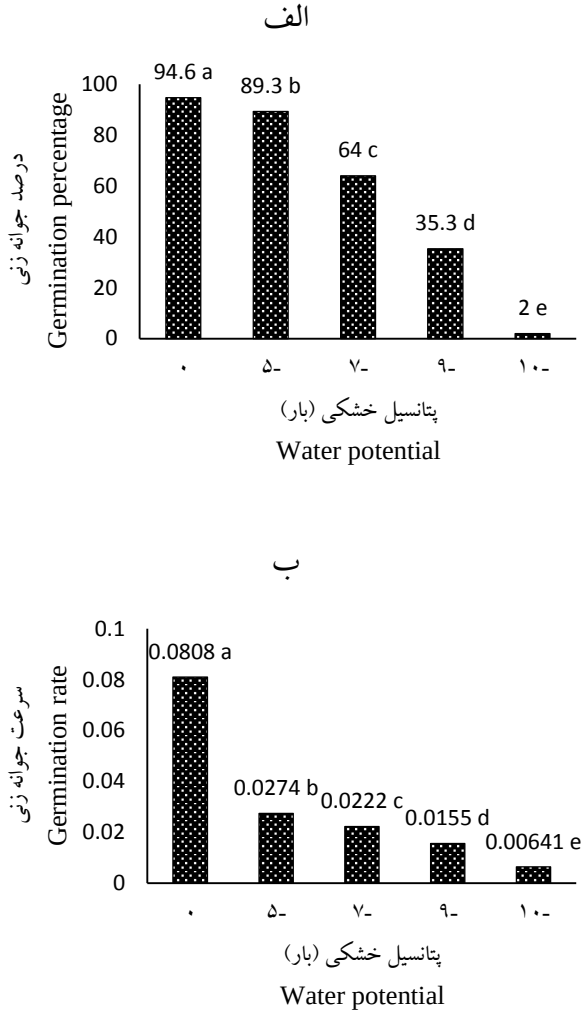
Table 4- Mean square of Analysis of variance of the effect of temperature and water deficite (drouth) on germination characteristics

منابع تغییر SOV	درجه آزادی DF	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصدجوانه‌زنی Germination (%)
تنش کمبود آب Water Deficite	4	0.00252**	4505.73**
خطا Error	10	0.0000005	3.2
کل Total	14	-	-
ضریب تغییرات cv	-	2.3	3.1

**- معنی دار درسطح ۱ درصد

**- significantly different P= 0.01

مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر گلرنگ (رقم فرامان) در سطوح مختلف تنش کمبود آب نشان داد که با افزایش تنش کمبود آب درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گلرنگ کاهش یافت (شکل ۲ الف). با افزایش شدت تنش درصد جوانه‌زنی بذرهای گلرنگ به شکل معنی‌داری روند نزولی داشت. افت درصد جوانه‌زنی در پتانسیل های منفیِ بالاتر از ۵- شدیدتر بود و در تنش کمبود آب ۱۰- بار تنها ۲ درصد از بذرهای گلرنگ قادر به جوانه‌زنی بودند. در رابطه با سرعت جوانه‌زنی نیز روندی مشابه با درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (شکل ۲ ب). مقایسه میانگین سرعت جوانه‌نی بذر گلرنگ در شدت‌های مختلف تنش کمبود آب ، نشان داد که با افزایش شدت تنش، سرعت جوانه‌زنی به شدت کاهش یافت. این کاهش سرعت نسبت به کاهش درصد جوانه‌زنی شیب تندتری را داشت به طوریکه حتی در تنش کمبود آب ۵- بار نیز نسبت به حالت شاهد، سرعت جوانه‌زنی به کمتر از یک سوم رسید. نتایج بدست آمده در این پژوهش با گزارش‌های سایر محققان نیز هم خوانی دارد. کاروانی و همکاران گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی در دماهای مختلف، کلیه خصوصیات جوانه‌زنی بذر گل سازویی شامل درصد جوانه‌زنی کل و نرمال، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص بنیه کاهش یافت (Karevani *et al*., 2014). در تعدادی از مطالعات کاهش جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش خشکی به کاهش رطوبت سلول و تأثیر آن بر ساخت پروتئی ها و ترشح هورمون‌ها نسبت داده شده است. به طور کلی به دلیل کاهش پتانسیل آب سلول‌های در حال رشد، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش می یابد. در حقیقت تنش کمبود آب با محدود کردن جذب آب توسط بذر، تأثیر بر حرکت و انتقال ذخایر بذر در هنگام جوانه‌زنی و یا با تأثیر مستقیم بر ساختمان آلی و سنتز پروتئین جنین، جوانه‌زنی بذر را کاهش می‌هد (Dodd and Donovan, 1999).



شکل ۲- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی (الف) و سرعت جوانه‌زنی (ب) بذر گلرنگ (رقم فرامان) در سطوح مختلف تنش کمبود آب (خشکی)

Figure 2- Mean comparison of germination percentage and germination rate of *Carthamus tinctorius* under different levels of water deficite (drouth)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بذرهای گلرنگ رقم فرامان در محدوده وسیعی از دما قادر به جوانه‌زنی هستند، به گونه‌ای که در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد نیز ۷۲ درصد جوانه‌زنی در بذرهای گلرنگ مشاهده شد. نتایج نشان داد که جوانه‌نی بذرهای گلرنگ به دماهای پایین حساس‌تر است. با توجه به نتایج حاصل از برآورد مدل‌های مختلف و سنجش این مدل‌ها مشخص شد که مدل دو تکه‌ای تخمین بهتری را از تعیین دمای ویژه جوانه‌زنی گلرنگ بدست می‌دهد و طبق این مدل دمای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی گلرنگ رقم فرامان به ترتیب برابر ۴/۱، ۲۲/۵ و ۵۰/۳ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. قابلیت جوانه‌زنی مناسب این گیاه در محدوده حرارتی وسیع، می‌تواند عامل مهمی در موفقیت کشت آن در اقلیم‌های مختلف باشد که برای تایید این موضوع، باید

سایر خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی آن نیز در شرایط مختلف دمایی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین مقایسه میانگین درصد جوانه‌نی و سرعت جوانه‌زنی بذر گلرنگ (رقم فرامان) در سطوح مختلف تنش کمبود آب نشان داد که با افزایش تنش کمبود آب درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گلرنگ با کاهش شدیدی مواجه شد به طوریکه در تنش کمبود آب بالای ۱۰- بار جوانه‌زنی بذر گلرنگ کاملاً متوقف شد.

منابع

Reference

Adam, N. R., D. A. Dierig., T. A. Coffelt., M. J. Wintermeyer., B. E. Mackey., and G. W. Wall. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two Lesquerella species. Indus. Crops Prod. 25: 24-33.

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

Armah-Agyeman, G., Loiland, J., Karrow, R., Hang, A. 2002. Safflower. Corvallis, Or.: Extension Service, Oregon State University.

Bagheri, H., Sam-Daliri, M. 2011. Effect of water stress on agronomic traits of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Aust. J. Basic Appl. Sci. 5(12): 2621-2624.

Baskin, J. M and C.C. Baskin, 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Sci. Res. 14: 1–16.

Bloomberg, M., J.R. Sedcole, E.G. Mason, and G. Buchan, 2009. Hydrothermal time germination models for radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). Seed Sci Res. 19: 171-182.

Bradford, K.J., and D.W. Still, 2004. Applications of hydrotime analysis in seed testing. Seed Technol. 26: 74-85.

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

Brindle, M., and K. Jensen. 2005. Effect of temperature on dormancy and germination of Eupatorium L. achenes. Seed Sci. Res. 15: 143-151

Colbach, N., B. Chauvel, C. Dürr, and G. Richard. 2002. Effect of environmental conditions on Alopecurus myosuroides germination. I. Effect of temperature and light. Weed Res. 42(3): 210-221.

Dodd, G.L., and L.A. Donovan. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. Am. J. Bot. 86(8):1146-1153.

Ellis, R.H., and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 373–409.

Grzesik, M., and Z. Romanowska-Duda. 2014. Improvements in germination, growth, and metabolic activity of corn seedlings by grain conditioning and root application with cyanobacteria and microalgae. Polish J. Environ. Stud. *23*(4):1147-1153.

Hardegree, S.P. 2006. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal-temperature models and subpopulation-specific regression. Ann. Bot. 97(6):1115-11.125

Hashemi, A, R. Tavakkol Afshari, and L. Tabrizi. 2016. investigation of germination properties and important temperatures of *Plantago ovate* seed. J. Iran Agric. Plants Sci. 47(1): 1-7. (In Persian, with English Abstract)

Jame, Y., and H. Cutforth. 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agric. Forest Meteorol. 124(3): 207-218.

Kamkar, B., H. Zolfagharnezhad, and N. Khalili. 2016. Quantifying of germination rate response to temperature of three sunflower varieties using nonlinear regression models. J of plant product research.22(2)(119-136).

Karavani, B., R. Tavakol Afshari, N. Majnoon Hoseini, and S.A. Moosavi. 2014. Investigation of seed germination peroperties of *Scrophularia Striata* under droght and salinity stressess in different temperatures. J. Iran Agric. Plants Sci. 45(2): 265-275. (In Persian, with English Abstract)

Kaufman R, E. Barlyn, and N. Michel.1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914-916.

Kaya, M.D., G. Okcu, M. Atak, Y. Cıkılı, and O. Kolsarıcı. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eur. J. Agron. 24: 291-295.

Kazeruni Monfared, A., P. Rezvani Moghadam., M. Nasiri Mahalati, and S. Tokasi. 2012. Proc. Iranian Weed Sci. Congr., 4th, Ahvaz, Iran. 6-7 Feb. Investigation on the cardinal temperatures for germination of *Solanum nigrum*.

Khan, M.A., and S. Gulzar. 2003. Germination responses of *Sporobolus ioclados*: a saline desert grass. J. Arid Environ. 53(3): 387-394.

Mahasi, M., F. Wachira, R. Pathak, and T. Riungu. 2009. Genetic polymorphism in exotic safflower (*Carthamus tinctorious* L.) using RAPD markers. J. Plant Breed. Crop Sci. 1(1): 008-012.

McCormick, J.I., R.A. Goodger, and R.J. Chynoweth. 2014. Cardinal temperatures and vernalisation requirements for a selection of vegetables for seed production. Agro. New Zealand. 44: 71-83.

Merrill, S.D., D.L. Tanaka, and J.D. Hanson. 2002. Root length growth of eight crop species in Haplustoll soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 66(3): 913-923.

Mizrahi, Y., and D.O.V. Pasternak. 1985. Effect of salinity on quality of various agricultural crops. *Plant and Soil*, *89*(1-3), 301-307.

Nadjafi, F., L.Tabrizi., J. Shabahang., and A.M. Damghani. 2009. Cardinal germination temperatures of some medicinal plant species. Seed Technol. 31(2): 156-163.

Poordad, S. 2018. *Carthamus tinctorius L*. Faraman Cultivar Suitable for cultivation in dryland areas. Agric. Educ. Publ.

Rauf, M., M. Munir, M. ul Hassan, M. Ahmad, and M. Afzal. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. Afr. J. Biotechnol. 6(8): 971-975.

Raziei, T., B. Saghafian, A.A. Paulo, L.S. Pereira, and I. Bordi. 2009. Spatial patterns and temporal variability of drought in western Iran. Water Resour. Manage. 23(3): 439-455.

Saha, P., S. Raychaudhuri, D. Mishra, A. Chakraborty, and M. Sudarshan. 2008. Role of trace elements in somatic embryogenesis – A PIXE study. Nucl. Instrum. Methods in Physics Res. Section B. 266(6): 918–920.