مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات مرتع و بیابان ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJRDR.2021.123858
جلد ۲۸ شماره ۱، صفحه ۱۰۵-۹۳، (۱۴۰۰) | شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350875.1400.28.1.8.2

# تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر کُنار (*Ziziphus spina-christi*) و کمی‌سازی ویژگی‌های آن تحت تنش‌های رطوبتی و شوری

**علی طویلی[1*] و حامد اسکندری دامنه[2]**

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک وکوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیک: atavili@ut.ac.ir
۲- دانشجوی دکترای بیابان‌زدایی، گروه احیاء مناطق خشک وکوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۲۱

## چکیده

جوانه‌زنی بذر معمولاً بحرانی‌ترین عامل تعیین کننده موفقیت یا شکست استقرار گیاه است. از مهمترین عوامل محیطی مؤثر در جوانه‌زنی، استقرار و رشد گیاه، دما و رطوبت می‌باشند که اثرات قابل توجهی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی دارند، بدین منظور برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر کنار، در یک مطالعه آزمایشگاهی، خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای این گیاه در دماهای مختلف، در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی واکنش جوانه‌زنی در دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر کنار با استفاده از سرعت جوانه‌زنی و با سه مدل بتا، دوتکه‌ای و دندان مانند برازش گردید. به منظور انتخاب مدل برتر و سنجش دقت مدل در توصیف سرعت جوانه‌زنی بذر کنار نسبت به دما، از آماره‌های جذر میانگین مربعات (RMSE) و ضریب تبیین (R2) استفاده شد. به گونه‌ای که ضریب تبیین بالاتر و جذر میانگین مربعات خطای کمتر، نشان دهنده همبستگی بیشتر مدل با واقعیت است. نتایج نشان داد که این آماره‌ها در مدل دو تکه‌ای نسبت به سایر مدل‌ها بهتر است و مقدار آن به ترتیب برابر با ۰/۰۰۰۴ و ۹۸ درصد می‌باشد. بنابراین بر اساس مدل دو تکه‌ای که مدل برتر شناخته شد، دمای پایه، بهینه و بیشینه سرعت جوانه‌زنی بذر این گیاه به ترتیب برابر ۸/۶، ۳۴/۳ و ۴۹ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. سپس به منظور بررسی جوانه¬زنی و رشد گیاهچه کنار نسبت به تنش شوری و خشکی در دمای بهینه، آزمایش دیگری به اجرا در آمد. در این آزمایش جوانه‌زنی بذرها در شش سطح تنش شوری و خشکی، با پتانسیل اسمزی (صفر ، ۲- ، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار ) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد که تنش شوری و خشکی، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر کنار را کاهش داد به طوری که در حالت شاهد جوانه‌زنی ۹۷ درصد و در ۱۰- بار در حالت شوری به ۱۶ درصد و در حالت خشکی به ۰ کاهش یافت. ضمن آنکه در مقایسه با خشکی، جوانه زنی بذر کنار جساسیت بیشتری نسبت به تنش شوری نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** درخت کنار، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، مدل بتا، مدل دندان مانند، مدل دوتکه‌ای.

## مقدمه

درخت کنار یا سدر درختی از تیره مخروطیان بوده و بومی مناطق گرمسیر جنوب ایران به حساب می‌آید. کنار به صورت طبیعی درختچه و یا درختی خاردار است که ارتفاع آن از ۲/۵ تا ۱۵ متر متغیر است و دارای ریشه‌های عمیق می‌باشد. این گونه گیاهی شامل انواع مختلفی از

جمله: *Ziziphus Mauritiana*، *Ziziphus Numularia*، *Ziziphus Lotus* می‌باشد که مهمترین آنها *Ziziphus spina-christi* است. درختان کنار به‌طور گسترده در استان‌های جنوبی و جنوب‌شرق کشور پراکنش دارند. در این مناطق با وجود محدودیت‌های منابع آب و خاک و چند برابر بودن تبخیر نسبت به بارش، درختان کنار علاوه بر ایجاد جنگل‌های طبیعی به صورت پراکنده، موجب کنترل فرسایش خاک، مقاومت به خشکی و سازگار با مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری شده است. کنار در انواع مختلفی از خاک‌های سنگلاخی، کم عمق تا خاک‌های عمیق رشد می‌کند. حتی در خاک‌های دارای نیمه‌افق آهکی با عمق یک متر، مشاهده شده که ریشه‌ها تا عمق ۴/۵ متر نفوذ می‌کنند (Hooda *et al* ., 1990; Alipour, 2001; Konshloo, 2001; Pareek, 2001; Hashempour, 2009; Azim *et al*., 2011;). ارزش اکولوژیکی گونه‌های مختلف جنس کنار از یکسو و خواص خوراکی و تولید بسیار زیاد میوه، خواص دارویی و بهداشتی قسمت‌های مختلف گیاه، تولید فراورده‌های مختلف از محصولات آن، پرورش زنبورعسل در باغ‌های کنار و تولید عسل با ارزش با طعم کنار و خاصیت دارویی آن از سوی دیگر، آن را به یک گیاه مناسب اکولوژیکی و اقتصادی در مناطق جنوب و جنوب‌شرق تبدیل کرده است. به‌طوری‌که سالانه سطح زیادی از زمین‌های بایر به زیر کشت درختان کنار می‌رود. همچنین به دلیل مقاومت این گیاه به خشکی و دارا بودن تانن و ساپونین در اندام‌های مختلف، اهمیت فراوانی در امر جنگل‌کاری و توسعه پوشش گیاهی دارد و می‌تواند به عنوان یک گیاه چند منظوره مطرح گردد (Meena, 2003; Abdel-Zaher *et al*., 2005; Torabi, 2006; Esareh, Vasegh and Ghasemi, 2017; Ali Houri, 2008; 2017;). بنابراین گیاه کنار از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و گیاهی بسیار مهم می‌باشد که در لیست گیاهان اقتصادی مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می شود. جوانه‌زنی بذر معمولاً بحرانی‌ترین عامل تعیین کننده موفقیت یا شکست استقرار گیاه است (Kader *et al*., 2004; Hatami *et al*., 2019; Hosseini *et al*., 2019). از مهمترین عوامل محیطی که بر جوانه‌زنی، استقرار، رشد، توسعه و عملکرد گیاه اثر می‌گذارند دما و رطوبت می‌باشند (Hant *et al*., 2001). درجه حرارت اثرهای قابل توجهی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی ازجمله درصد و سرعت جوانه‌زنی دارد، بنابراین بحرانی‌ترین عاملی است که موفقیت و عدم موفقیت در استقرار گیاه را تعیین می‌کند (Al-Ahmadi and Kafi, 2007). گیاهان دارای سه دمای کاردینال شامل دمای پایه یا حداقل، دمای مطلوب و دمای حداکثر یا سقف برای جوانه‌زنی هستند. دمای پایه و حداکثر دماهایی هستند که به‌ترتیب در دماهای پایین‌تر و بالاتر از آن دماها، سرعت جوانه‌زنی صفر است و در واقع جوانه‌زنی متوقف می‌شود و دمای مطلوب، دمایی است که در آن بالاترین سرعت جوانه‌زنی مشاهده می‌شود (Alvarado and Bradford, 2002). در واقع با تعیین دمای کاردینال برای گونه‌های مختلف، تخمین محدوده جغرافیایی مطلوب برای کشت و رشد مناسب گیاه امکان‌پذیر خواهد بود (Mahmoodi *et al*., 2008).توابع دمایی مختلفی برای توصیف واکنش جوانه‌زنی به دما وجود دارد که از میان آنها سه تابع دوتکه‌ای (Intersected-lines Model)، بتا (Five-Parameters Beta Model) و دندان‌مانند (Dent-like Model) برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها به دما بیشتر از بقیه مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Akram-Ghaderi, 2008). علاوه بر دما، تنش شوری و خشکی نیز از تنش‌های غیر زنده مهم هستند که در موفقیت یا عدم موفقیت جوانه‌زنی بذر تأثیر مستقیم دارند. عدم جوانه‌زنی مناسب، تأخیر در رشد اولیه و استقرار نامناسب از معضلات اساسی در نواحی است که گیاهان با تنش‌های محیطی مانند تنش شوری و خشکی مواجه هستند (Baskin and Baskin, 2001; Farahdost *et al*., 2017). با کاهش یافتن نزولات آسمانی و در نتیجه کاهش میزان آب قابل استفاده در کشاورزی، تنش‌های خشکی و شوری بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کنند و ازآنجایی‌که کشور ایران از لحاظ جغرافیایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان

واقع شده است، در توسعه کشت و کار گیاهان باید به این نوع تنش‌ها اهمیت داد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی جوانه‌زنی بذر درخت کنار تحت تأثیر دماهای مختلف و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر این گیاه و همچنین سنجش خصوصیات جوانه‌زنی بذر کنار تحت تأثیر تنش خشکی و شوری است که می‌تواند به توسعه کشت و کار این گیاه در کشور به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک کمک کند.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی خصوصیات جوانه‌زنی بذر کنار، میوه‌های آن از مناطق خشک و نیمه‌خشک استان‌های کرمان، هرمزگان و سیستان بلوچستان جمع‌آوری گردید، این مناطق با یک دوره تابستان خشک شناخته می‌شوند و در آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران پوسته خارجی بذر آنها به شکل مصنوعی شکسته شد تا بذرها از آن خارج شوند، سپس ارزیابی واکنش جوانه‌زنی در دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی گراد و در تاریکی در انکوباتور انجام گردید. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در هر تکرار ۲۵ عدد بذر به صورت تصادفی انتخاب شد و در ظروف پتری به قطر ۹ سانتی‌متر حاوی کاغذ صافی واتمن مرطوب‌شده قرار داده شدند و به دماهای ثابت مورد نظر انتقال یافتند. به‌منظور حفظ رطوبت و تبادل حرارتی مناسب، ظروف پتری در طول دوره آزمایش به میزان مناسب مرطوب نگه داشته شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش به‌طور روزانه انجام شده و بذرهای جوانه‌زده (دارای طول ریشه‌چه ۲-۱ میلی‌متر یا بیشتر) ثبت شد (Brindle *et al*., 2005; Adam *et al*.,2007 ) عمل شمارش بذرها تا زمان اتمام جوانه‌زنی و یا تا زمانی که جوانه‌زنی به میزان ثابتی برسد، به‌طور منظم ادامه پیدا کرد. درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها در هر درجه حرارت محاسبه شد. متوسط زمان جوانه‌زنی بذرها (MGT) با استفاده از رابطه ۱ بدست آمد.

$$MGT = \frac{\sum(f_x x)}{\sum f_x}$$ رابطه ۱

در این رابطه، fx تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز x و x روز شمارش بذرها می‌باشد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها از برنامه Germin استفاده شد (Soltani and Maddah, 2010) که با استفاده از این برنامه، $D_{10}$ (یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد)، $D_{50}$ (یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۵۰ درصد حداکثر خود برسد) و $D_{90}$ (یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد جوانه‌زنی به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد) محاسبه شد. در این برنامه پارامترهای داده شده ($D_{10}$، $D_{50}$ و $D_{90}$) برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون‌یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌شود. برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) از رابطه زیر استفاده شد (Saha *et al*., 2008; Soltani *et al*., 2002).

$$R_{50} = \frac{1}{D_{50}}$$ رابطه ۲

که در رابطه بالا، $D_{50}$، مدت زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی در آن دما 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 انجام شد، به‌طوری‌که در آنها درجه حرارت‌های مختلف به‌عنوان متغیر مستقل (محور x) و سرعت جوانه‌زنی به‌عنوان متغیر وابسته (محورy) در نظر گرفته شدند. با استفاده از تجزیه رگرسیونی رابطه دما و سرعت جوانه‌زنی نیز تعیین و نمودارهای مربوطه ترسیم شد. در این مطالعه از سه تابع دوتکه‌ای، بتا و دندان مانند برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر کنار استفاده شد (Bidgoly *et* Jame and Cutforth, 2004 ; *al*., 2018; Fang *et al*., 2012; Rafiei Sardooi *et al*., 2019).

رابطه (۳) تابع دوتکه‌ای

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

رابطه (۴) تابع بتا

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

رابطه (۵) تابع دندان مانند

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

در این توابع T، درجه حرارت (بر حسب درجه سانتی‌گراد)، Tb، To، Tc،To1، To2 و a به‌ترتیب دمای پایه، دمای بهینه، دمای بیشینه، دمای مطلوب پایینی (برای تابع دندان‌مانند)، 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 تجزیه‌وتحلیل رگرسیونی و به‌کمک 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 (Colbach *et al*., 2002; Alvarado, 2002 ). برای برازش مدل با استفاده از روش‌های رگرسیونی، از نرم‌افزار sigmaplot version 12 استفاده شد. سپس به‌منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کنار نسبت به سطوح مختلف تنش شوری و خشکی در دمای بهینه آزمایش دیگری اجرا شد. در این آزمایش جوانه‌زنی بذرها در ۶ سطح شوری و خشکی، با قابلیت اسمزی (صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار ) بررسی گردید. برای ایجاد سطح تنش صفر بار (شاهد) در آزمایش از آب‌مقطر استفاده شد. همچنین برای تهیه محلول‌های شوری با قابلیت مختلف از کلرید سدیم استفاده شد و از رابطه وانت‌هوف میزان کلرید سدیم مورد نیاز محاسبه گردید.

رابطه (۶) معادله وانت هوف

فشار اسمزی = n*(C/M)*RT

n: ضریب یونیزاسیون یا تعداد ذرات آزاد شده در محلول، C: غلظت بر حسب گرم در لیتر، M: وزن مولکولی ماده، C/M: غلظت مولار ماده، R: ثابت عمومی گازها (۰/۰۸۳۳)، T: دمای مطلق محیط (بر حسب درجه کلوین). همچنین به‌منظور ایجاد تنش خشکی، قابلیت‌های مورد نظر طبق دستورالعمل Kaufman و همکاران ( ۱۹۷۳) با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ ایجاد شد.

## نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر کُنار در سطح یک درصد تحت تأثیر دما قرار گرفتند (جدول ۱). مقایسه میانگین

درصد جوانه‌زنی در تیمارهای مختلف درجه حرارت، نشان داد که بذرهای این گیاه در دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد قادر به جوانه‌زنی نیستند. با افزایش دما به ۱۵ درجه سانتی‌گراد بذرهای کنار به میزان ۳۶ درصد جوانه‌زنی داشتند. البته اختلاف معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد وجود نداشت. افزایش دما باعث بهبود جوانه‌زنی بذر کنار شد، به‌طوری‌که بالاترین درصد جوانه‌زنی به میزان ۹۷ درصد در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به ثبت رسید. اما نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی با افزایش دما به بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. تأثیر افزایش دما در ۴۵ درجه سانتی‌گراد بسیار مشهود بود، به‌طوری‌که تنها ۱۰ درصد جوانه‌زنی بدست آمد که در واقع نشان‌دهنده حساسیت جوانه‌زنی بذر این گیاه به دماهای بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. سرعت جوانه‌زنی نیز از دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد روندی افزایشی داشت، به‌طوری‌که بالاترین سرعت در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. اما با بالا رفتن دما به بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی نیز همانند درصد جوانه‌زنی روندی کاهشی داشت (جدول ۲). در دماهای کمتر از دمای بهینه نیز سرعت جوانه زنی کاهش یافته بود.

**جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات خصوصیات جوانه‌زنی کُنار در شرایط اعمال دماهای مختلف**

| منابع تغییر | درجه آزادی | سرعت جوانه‌زنی | درصد جوانه‌زنی |
|---|---|---|---|
| دما | ۸ | ۰/۰۰۰۰۷۴** | ۵۲۱۵** |
| خطا | ۱۸ | ۰/۰۰۰۰۰۰۲ | ۸/۵۹ |
| کل | ۲۷ | - | - |

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد

**جدول ۲- مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی (تعداد/ساعت) و جوانه‌زنی نهایی (درصد)**

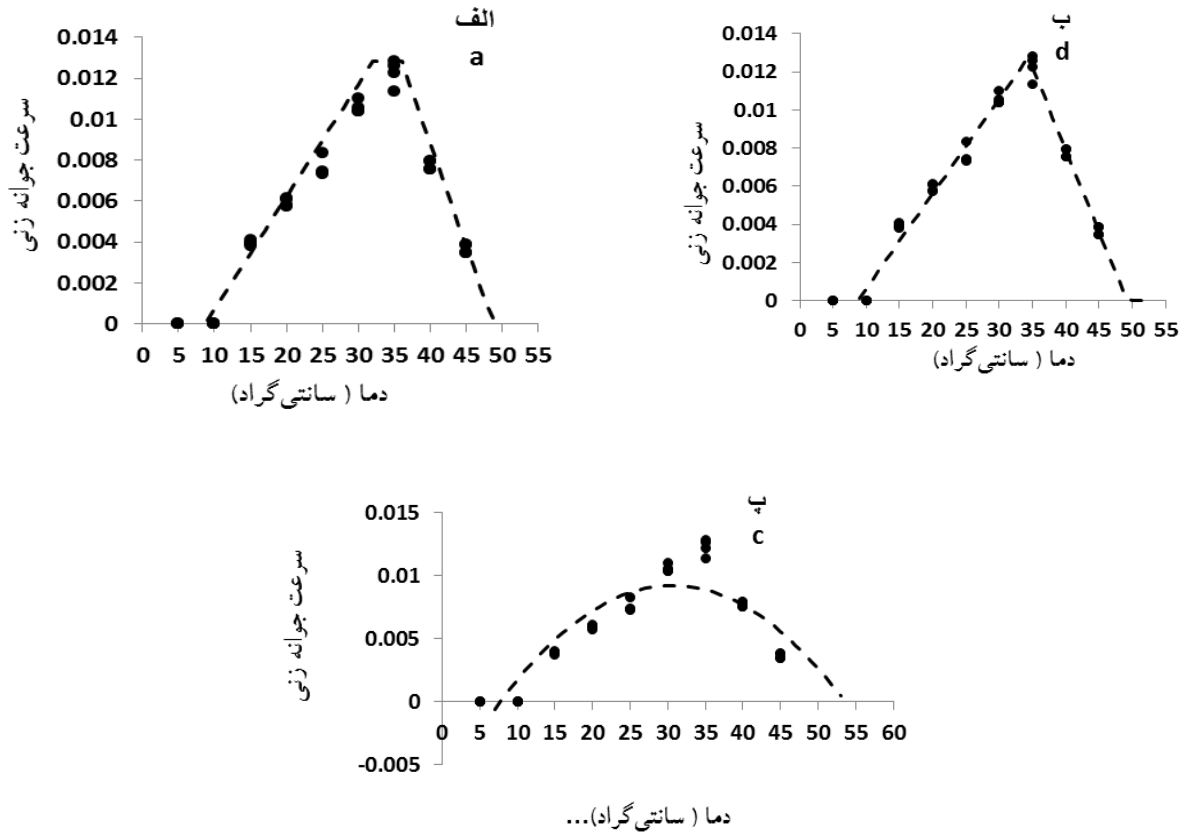
| دما (سانتی‌گراد) | جوانه‌زنی نهایی (درصد) | سرعت جوانه‌زنی (تعداد/ساعت) |
|---|---|---|
| ۵ | f۰ | f۰ |
| ۱۰ | f ۰ | f۰ |
| ۱۵ | d۳۶ | e۰/۰۰۳۹ |
| ۲۰ | c۵۲ | d۰/۰۰۵۹ |
| ۲۵ | b۷۸ | c۰/۰۰۷۶ |
| ۳۰ | b۷۸ | ab۰/۰۱۰۵ |
| ۳۵ | a۹۷ | a۰/۰۱۲ |
| ۴۰ | c۵۷ | c۰/۰۰۷۷ |
| ۴۵ | e۱۰ | e۰/۰۰۳۱ |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد ندارند.

انتخاب مدل مناسب برای کمّی‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما، در تعیین دقیق دماهای کاردینال بسیار مهم است. برای پیش‌بینی دقیق فنولوژی گیاه به مدل‌های ریاضی برای توصیف سرعت نمو، در پاسخ به دما نیاز است. مدل‌های غیرخطی بسیاری برای توصیف نمو گیاه در برابر دما ازجمله توصیف سرعت جوانه‌زنی پیشنهاد شده است. در این تحقیق برای کمی‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما از مدل‌های دوتکه‌ای، بتا و دندان‌مانند استفاده شد. در جدول (۳) مقادیر دماهای ویژه جوانه‌زنی بذر کنار بر اساس مدل‌های مختلف نشان داده شده است. بر اساس مدل‌های محاسبه شده، دمای پایه جوانه‌زنی کنار در مدل‌های بتا، دندان‌مانند و دوتکه‌ای به‌ترتیب برابر ۷/۶، ۸/۷، ۸/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و دمای بهینه جوانه‌زنی نیز برابر با ۳۰/۶، ۳۲ تا ۳۶ و ۳۴/۳ درجه سانتی‌گراد تخمین‌زده شد. دمای بیشینه جوانه‌زنی کنار نیز در مدل‌های مختلف متغیر بود و شامل ۵۳/۵، ۴۸/۷ و ۴۹ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در مدل‌های بتا، دندان‌مانند و دوتکه‌ای بدست آمد. به‌منظور انتخاب مدل برتر برای توصیف سرعت جوانه‌زنی بذر کنار نسبت به دما از آماره‌های ضریب تبیین (R2) و جذر میانگین مربعات (RMSE) استفاده شد 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. همان طور که در جدول ۳ مشخص است RMSE و ضریب تبیین مدل دوتکه‌ای نسبت به سایر مدل ها بالاتر است و مقدار آن به‌ترتیب برابر با ۰/۰۰۰۴ و ۹۸ درصد است. بنابراین می‌توان گفت که مدل دوتکه‌ای دقت بالاتری را در تعیین دماهای ویژه جوانه‌زنی بذر کنار دارد (جدول ۳). بنابراین طبق نتایج بدست آمده در مدل دوتکه ای که دقت بالاتری را نسبت به سایر مدل‌ها دارد، دمای ۳۴/۳ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان دمای بهینه جوانه‌زنی برای بذرهای کنار است. گزارش شده مدل دوتکه‌ای برای علف های هرز باریک برگ در دمای ۳ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد بهترین مدل برای تخمین دماهای کاردینال است (Hardegree, 2006). رابطه‌های حاصل از مدل‌های رگرسیونی محاسبه شده نیز برآورد و نمودار مربوط به آنها رسم شد (شکل ۱). همان‌طورکه در این شکل مشخص است، سرعت جوانه‌زنی بذرها در محدوده حرارتی بین دمای پایه تا دمای بهینه افزایش می‌یابد، در حالی‌که بین دماهای بهینه تا بیشینه کاهش سرعت را شاهد هستیم. همچنین فراتر از دمای بیشینه و کمتر از دمای پایه، جوانه‌زنی به‌طور کامل متوقف می‌شود.

**جدول ۳- مقادیر پیش‌بینی دماهای ویژه جوانه‌زنی بذر کنار بر اساس مدل‌های برازش شده**

| دمای کاردینال (سانتی‌گراد) | مدل بتا | مدل دندان‌مانند | مدل دوتکه‌ای |
|---|---|---|---|
| دمای پایه | ۷/۶ | ۸/۷ | ۸/۶ |
| دمای بهینه | ۳۰/۶ | ۳۶-۳۲ | ۳۴/۳ |
| دمای حداکثر | ۵۳/۵ | ۴۸/۷ | ۴۹ |
| RMSE | ٪ ۰/۰۰۱۸ | ٪ ۰/۰۰۱۲ | ٪ ۰/۰۰۰۴ |
| ضریب تبیین $R^2$ | ۰/۷۶ | ۰/۹۱ | ۰/۹۸ |




**شکل ۱- رابطه بین سرعت جوانه‌زنی (R50) و دما (درجه سانتی‌گراد) در کنار بر اساس مدل‌های (الف) دندان‌مانند، (ب) دوتکه‌ای و (پ) بتا**

در ادامه به‌منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کنار نسبت به سطوح مختلف تنش شوری و خشکی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان دمای بهینه، آزمایش دیگری اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس آزمایش تنش شوری و خشکی نشان داد که اثر قابلیت رطوبتی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر کنار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

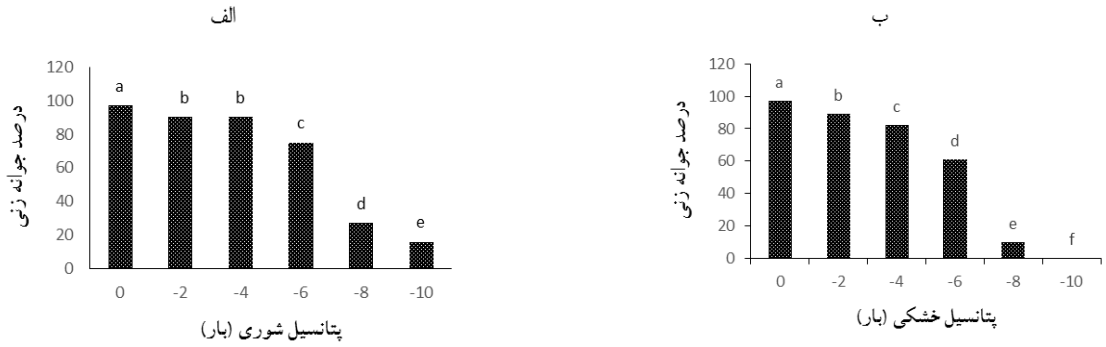
**جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر کنار تحت تیمار تنش شوری**

| منابع تغییر | درجه آزادی | سرعت جوانه‌زنی | درصد جوانه‌زنی |
|---|---|---|---|
| شوری | ۵ | ۰/۰۰۰۰۴۹** | ۴۹۷۱/۸۶** |
| خطا شوری | ۱۸ | ۰/۰۰۰۰۰۰۷۹ | ۷/۳ |
| کل | ۲۳ | – | – |
| ضریب تغییرات cv شوری | - | ۹ | ۴/۱ |

**جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر کنار تحت تیمار تنش خشکی**

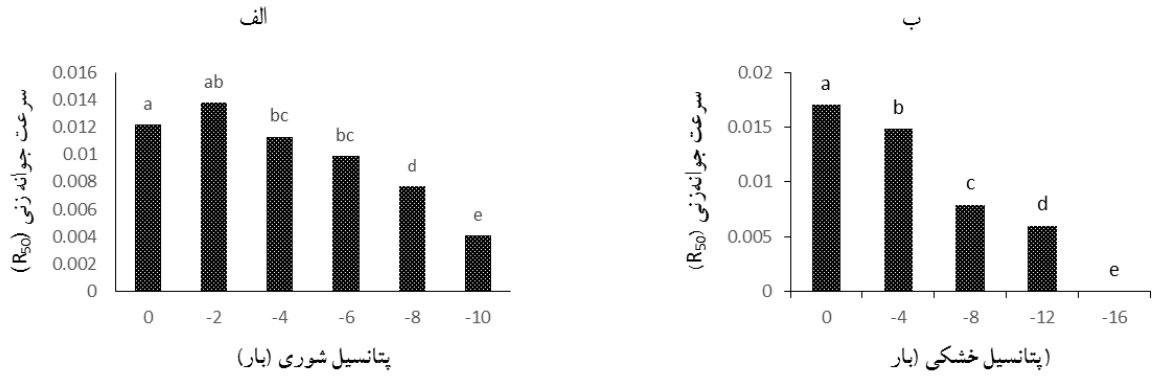
| منابع تغییر | درجه آزادی | سرعت جوانه‌زنی | درصد جوانه‌زنی |
|---|---|---|---|
| خشکی | ۵ | ۰/۰۰۰۱۱$^{**}$ | ۶۹۷۷/۲$^{**}$ |
| خطا خشکی | ۱۸ | ۰/۰۰۰۰۰۰۸۹ | ۹/۱ |
| کل | ۲۳ | – | – |
| ضریب تغییرات خشکیcv | – | ۱۲ | ۵/۳ |

در شکل ۲ نتایج درصد جوانه‌زنی بذر کنار در سطوح مختلف تنش شوری و خشکی گزارش شده است. نتایج نشاد داد که با افزایش شدت هر دو تنش شوری و خشکی درصد جوانه‌زنی بذر کنار کاهش یافت. بررسی درصد جوانه زنی در سطوح مختلف تنش شوری و خشکی نشان می‌دهد که جوانه‌زنی بذر این گیاه نسبت به تنش خشکی حساسیت بیشتری دارد (شکل ۲). اگرچه در هر دو تنش خشکی و شوری با افزایش شدت تنش، درصد جوانه‌زنی به شکل معنی‌داری روند نزولی را داشت اما شیب کاهش درصد جوانه‌زنی در تنش خشکی تندتر از تنش شوری بود. در قابلیت ۲- شوری و خشکی که تنش خفیفی به حساب می آید، به‌ترتیب بذرهای کنار دارای ۹۰ و ۸۹ درصد جوانه‌زنی بودند. در شدت تنش شوری و خشکی ۴- درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب برابر با ۹۰ و ۸۲ درصد بود. با افزایش شدت تنش به ۶- میزان جوانه‌زنی روند کاهشی خود را با شدت بیشتری ادامه داد. در تنش ۸- بار خشکی، افت شدیدی در درصد جوانه‌زنی مشاهده شد و تنها ۱۰ درصد از بذرهای کنار قادر به جوانه‌زنی بودند. این در حالی است که بذرهای این گیاه مقاومت خوبی را نسبت به تنش شوری از خود نشان دادند، به‌طوری‌که در تنش ۸- بار توانستند ۵۲ درصد جوانه‌زنی داشته باشند. در تنش خشکی ۱۰- بار جوانه‌زنی بذر کنار به صفر رسید اما در تنش شوری با همین قابلیت (۱۰-) بذرهای کنار ۱۶ درصد جوانه‌زنی داشتند. این موضوع نشان داد که بذرهای کنار در شدت تنش‌های یکسانِ شوری و خشکی دارای مقاومت‌های متفاوتی هستند و در واقع به تنش شوری تحمل بیشتری از تنش خشکی دارند.




**شکل ۲- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی کنار در سطوح مختلف تنش شوری (الف) و خشکی (ب)**

در شکل ۳ نتایج سرعت جوانه‌زنی بذر کنار در سطوح مختلف تنش شوری و خشکی گزارش شده است. نتایج نشان داد که سرعت جوانه‌زنی نیز روندی مشابه با درصد جوانه‌زنی دارد (شکل ۳). بدین‌ترتیب که با افزایش شدت تنش در هر دو حالت شوری و خشکی، سرعت جوانه‌زنی بذر کنار کاهش یافت که البته در تنش خشکی این افت سرعت جوانه‌زنی شدیدتر بود که در واقع نشان می‌دهد تنش خشکی باعث تأخیر بیشتر در شروع جوانه‌زنی بذر کنار می‌شود. در تنش شوری ۲- بار سرعت جوانه‌زنی نسبت به حالت بدون تنش (شاهد) بالاتر بود، دلیل این موضوع می تواند کاهش سرعت جذب آب در بذرهای در حال جوانه زنی در این قابلیت باشد که می‌تواند خسارت ناشی از جذب سریع آب را کاهش داده و باعث بهبود در جوانه‌زنی بذرها شود.




**شکل ۳- مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی کنار در سطوح مختلف تنش شوری (الف) و خشکی (ب(**

## بحث

در این تحقیق با کمک مدل‌های رگرسیونی غیرخطی دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر کنار تعیین شد. بررسی شاخص‌های آماری مدل‌های مختلف نشان داد که دمای کمینه، بهینه و بیشینه برای جوانه‌زنی کنار به وسیله مدل دوتکه‌ای با دقت بیشتری اندازه‌گیری می‌شود. تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر می‌تواند به تخمین تاریخ کاشت، معرفی گیاه به یک منطقه و همچنین در پیش‌بینی دیگر مراحل رشد و توسعه گیاه کمک کند (Sink *et al*., 2004). بررسی‌ها نشان داده است که جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌های کُنار به وسیله پوسته سخت (stony endocarp) محدود می شود. در بسیاری از گونه‌های مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری برای رفع خواب بذر ناشی از پوسته از خراش دهی مکانیکی استفاده می‌شود، در این مطالعه نیز پوسته خارجی بذر کنار به شکل مصنوعی شکسته شد تا بذرها از آن خارج شوند، به‌طوری‌که شاهد درصد جوانه‌زنی بالایی در این بذرها هستیم. برای محاسبه دماهای کاردینال جوانه زنی بذر کنار از شاخص سرعت جوانه‌زنی استفاده شد. بررسی‌ها نشان داده است که سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما شاخص حساس‌تری از درصد جوانه‌زنی می‌باشد، به‌نحوی‌که تا دمای بهینه روندی صعودی دارد و بعد از آن شروع به کاهش می‌کند. به همین دلیل محققان از سرعت جوانه‌زنی که عامل مهمتری در استقرار گیاهچه و در نهایت تراکم مناسب بوته در مزرعه است، برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذرها استفاده می‌کنند (Hardegree, 2006). مطالعات متعددی بر تأثیر دما روی خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای مختلف انجام شده که ازجمله آنها می‌توان به مطالعه Hashemi و همکاران (۲۰۱۶) بر روی گیاه دارویی اسفرزه اشاره کرد که نتایج آن نشان داد بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمده و بالاتر از آن

سرعت جوانه‌زنی کاهش یافته است. در این آزمایش از سه مدل مختلف برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر کنار استفاده شد. گزارش‌های متعددی از تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر گیاهان مختلف با استفاده از این مدل‌ها وجود دارد. Jame و Cutforth (۲۰۰۴)، از مدل بتا برای تعیین دمای ویژه گندم استفاده کردند و بیان کردند که دمای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی بذر گندم به‌ترتیب صفر، ۳۰ و ۴۲ درجه سانتی‌گراد است. نتایج حاصل از بررسی دماهای کاردینال جوانه‌زنی نشان داد که جوانه‌زنی بذر کنار، در رنج وسیعی از دما انجام می‌شود، به‌طوری‌که تا دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد نیز جوانه‌زنی در بذرهای کنار مشاهد شد. تنش رطوبتی از تنش‌های مهم غیر زنده است که تأثیر بسیار زیادی در موفقیت کشت گیاه دارد. مطالعات بسیار زیادی در زمینه تأثیر تنش شوری و خشکی در جوانه‌زنی، استقرار و رشد گیاه انجام شده است. گیاهان مختلف قدرت تحمل متفاوتی نسبت به تنش رطوبتی دارند. نتایج این آزمایش نشان داد که تنش شوری و خشکی باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر کنار می‌شود اما در کل جوانه‌زنی بذر کنار در تنش خشکی نسبت به تنش شوری حساسیت بیشتری دارد که با مطالعه Karavani و همکاران (۲۰۱۴) و Rafiei Sardooi و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد. با وجود این گیاه در برابر تنش‌های رطوبتی به‌ویژه شوری مقاومت نسبتا خوبی را از خود نشان داد که می‌تواند به‌عنوان یک مزیت برای کشت این گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب شود.

## منابع مورد استفاده


- Abdel-Zaher, A.O., Salim, S.Y., Assaf, M.H. and Abdel-Hady, R.H., 2005. Antidiabetic activity and toxicity of Zizyphus spina-christi leaves. Journal of ethnopharmacology, 101(1-3): 129-138.
- Adam, N.R., Dierig, D.A., Coffelt, T.A., Wintermeyer, M.J., Mackey, B.E. and Wall, G.W., 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two Lesquerella species. Industrial Crops and Products, 25(1): 24-33.
- Akram-Ghaderi, F., 2008. The study of seed quality development, germination, longevity and deterioration in some medicinal plants: medicinal pumpkin (Cucurbita pepo. Convar.var. styriaca), cumin blank (Nigella sativa L.) and borago (Borago officinalis L.). Ph.D. Thesis. Univ. Gorgan. Agricultur Science National Resourses.
- Al-Ahmadi, M.J. and Kafi, M., 2007. Cardinal temperatures for germination of Kochia scoparia (L.). Journal of Arid Environ, 68(2): 308-314.
- Ali Houri, M.; Tarahi, A. and Dialmi, H., 2017. The salinity effect of irrigation water on vegetative growth and nutrient concentration in seedlings of three species of canary. Journal of Water Research in Agriculture, 31(2): 207-218.
- Alipour, G.H., 2001. Introduction of suitable plants for revitalization of desert and tropical regions, Tehran, Rah Sobhan Publications.
- Alvarado, V. and Bradford, K., 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination . Plant, Cell & Environ, 25(8): 1061-1069.
- Asgarpanah, J. and Haghighat, E., 2012. Phytochemistry and pharmacologic properties of Ziziphus spina Christi (L.) Willd. African journal of pharmacy and pharmacology, 6(31): 2332-2339.
- Azim, A., Ghazanfar, S.H., Latif, A. and Nadeem. M.A., 2011. Nutritional evaluation of some top fodder tree leaves and shrubs of district Chakwal, Pakistan in relation to ruminant's requirements. Pakistan Journal of Nutrition, 10(1): 54-59.
- Baskin, C.C. and Baskin, J.M., 2001. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and Bradford, K.J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Journal of Weed Science, 50(2): 248-260.
- Bidgoly, R.O., Balouchi, H., Soltani, E. and Moradi, A., 2018. Effect of temperature and water potential on Carthamus tinctorius L. seed germination: Quantification of the cardinal temperatures and modeling using hydrothermal time. Industrial Crops and Products, 113: 121-127.
- Brindle, M. and Jensen, K., 2005. Effect of temperature on dormancy and germination of Eupatorium L. achenes. Journal of Seed Science Research, 15: 143-151.
- Colbach, N., Chauvel, B., Dürr, C. and Richard, G., 2002. Effect of environmental conditions on Alopecurus myosuroides germination. I. Effect of temperature and light. Journal of Weed Research, 42(3): 210-221.
- Esareh, M., 2008. Biological characteristics of side trees in Iran and introduction of other species of

– Kader, M.A. and Jutzi, S.C. 2004. Effect of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19oC. Journal of Agronomy and Crop Science, 190: 35- 38.
– Karavani, B., Tavakol afshari, R., Majnoon hoseini, N. and Moosavi, S.A., 2014. Investigation of seed germination peroperties of Scrophularia Striata under droght and salinity stressess in different temperatures. Journal of Iran agricultural plants science, 45(2): 265-275.
– Kaufman, R., Barlyn, E. and Michel, N., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Journal of Plant Physiology, 51: 914-916.
– Konshloo, H., 2001. Forestry in arid areas, Publications of Forests and Rangelands Research Institute.
– Mahmoodi, A., Soltani, E. and Barani, H., 2008. Germination response to temperature in snail medic (Medicago sativa L.). Electronic Journal Crop Production, 1: 54- 63.
– Meena, S.K., Gupta,N.K., Gupta,S., Khandelwal, S.K. and Sastry, E.V.D., 2003. Effect of sodium chloride on the growth and gas exchange of young Ziziphus seedling rootstocks. Journal of Horticultural Science & Biptechnology, 78(4): 454-457.
– Pareek, O.P., 2001. Ber. International Center for Underutilised Crops, Southampton, UK, 290p.
– Rafiei Sardooi, E., Hashemi, A., Eskandari Damaneh, H., Khosravi, H. and Barkhori, S., 2019. Assessment of Seed Germination of Moringa peregrina under Drought and Salinity Stress and its Cardinal Germination Temperatures in Laboratory Environment. Desert Ecosystem Engineering Journal, 3(1): 21-30.
– Saha, P., Raychaudhuri, S., Mishra, D., Chakraborty, A. and Sudarshan, M., 2008. Role of trace elements in somatic embryogenesis–A PIXE study. Nuclear instruments and methods in physics research section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 266(6): 918-920.
– Sink, M., Reickhoff, D. and Erbershobler, A., 2004. Effect of low temperatures on the germination of different field pea genotypes. Journal of Seed Science and Technology, 32: 331- 339.
– Soltani, A. and Maddah, V., 2010. Simple, applied programs for education and research in agronomy. Shahid Beheshti University Press.
– Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Latifi, N., 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Journal of Seed Science and Technology, 30: 51-60.
– Torabi, A., 2006. Determining the Quantitative and ziziphus genus in Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands of the country. 571 p.
– Fang, F., Zhang, C., Wei, S., Huang, H. and Liu, W., 2012. Factors affecting Tausch's Goatgrass (Aegilops tauschii Coss.) seed germination and seedling emergence. Journal of Agricultural Science, 4: 114–121.
– Farahdost, R., Ashraf Jafari, A., Mansorifar, S. and Rabie, M.,2017. Effects of drought stress on forage yield and physiological traits in four native species of sainfoin (Onobrychis sp.). Iranian Journal of Range and Desert Research, 24(4), 931-942.
– Hant, L.A., Yan, W., Gregory, S. and Macmaster, S., 2001. Simulating response to temperature, proceeding of modeling temperature response in wheat and maize. Workshop, 23- 29.
– Hardegree, S.P., 2006. Predicting germination response to temperature .I. Cardinal-temperature models and subpopulation-specific regression. Annals of Botany, 97(6): 1115-1125.
– Hashemi, A., Tavakkol Afshari, R. and Tabrizi, L., 2016. investigation of germination properties and important temperatures of Plantago ovate seed, Journal of Iran agricultural plants science, 47(1): 1-7.
– Hashempour, F. 2009. Dryland afforestation in arid and semi-arid regions, Aij Publishing.
– Hatami, M., Samadi, M.R. and Khanizadeh, P., 2019. Effect of different treatments on breaking seed dormancy and stimulate germination in dragonhead (Dracocephalum kotschyi Boiss). Iranian Journal of Range and Desert Research, 26 (4):918-931.
– Hooda, P.S., Sindhu, S.S., Mehta, P.K. and Ahlawat, V.P., 1990. Growth, yield and quality of ber (*Zizuphus mauritiana* Lamk.) as effected by soil salinity. Journal of Horticultural Science, 65(5): 589-593.
– Hosseini, S., Sadeghipour, A., Nikoo S.H., 2019. The effect of clay nanoparticles in synthetic polymeric resins on germination and growth in two species of Nitraria schoberi and Halothamnus glaucus. Iranian Journal of Range and Desert Research, 26(4):1032-1041.
– Jame, Y. and Cutforth, H., 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agricultural and Forest Meteorology, 124(3): 207-218.
– Jame, Y.W. and Cutforth, H.W., 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 124: 207-218.

Qualitative Properties of (Ziziphus Spina-Christi) Masses in the Country. Final research project report. Ahvaz: Date and Tropical Fruit Research Institute.

– Vasegh, B. and Ghasemi, M. R., 2017. The effect of the side tree as a native idea in landscape design of Dezful urban streets (Case study: Dr. Ali Shariati St., Dezful), The first international conference on the perspective of urban and suburban roads with the approach of localization, Tehran, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Mahdpajoohesh Institute https://www.civilica.com/Paper-ICUIRL01-ICUIRL01_022.html.

# Determination of cardinal temperatures of *Ziziphus spina-christi* and quantification of its characteristics under moisture and salinity stresses

**A.Tavali[1*] and H. Eskandari Damaneh[2]**

1*- Corresponding author, Associate Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: atavili@ut.ac.ir
2- Ph.D. Student in Combat Desertification, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran

Received:5/10/2020 Accepted:08/12/2020

**Abstract**

Seed germination is usually the most critical factor in determining the success or failure of plant establishment. The most important environmental factors affecting germination, establishment, and growth of plants are temperature and humidity, which have significant effects on germination characteristics such as germination percentage and rate. For this purpose, to determine the cardinal temperatures of seed germination in *Ziziphus spina-christi*, in vitro experiment, the germination characteristics of the seeds of this plant at different temperatures were evaluated in a completely randomized design with four replications. Germination response was assessed at the constant temperatures of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, and 45°C. The cardinal temperatures for the germination of *Ziziphus spina-christi* seeds were fitted using germination rate and by three models including the beta, segmented, and dent-like models. To select the superior model and measure the accuracy of the model in describing the germination rate of *Ziziphus spina-christi* seeds for temperature, the statistics of root mean square (RMSE) and coefficient of determination (R2) were used. Accordingly, a higher R2 and a lower RMSE represent a closer correlation of the model with reality. Based on the results, these statistics were better for the segmented model than the other models, so that they were 0.0004 and 98% for this model, respectively. Therefore, based on the segmented model, which was known as the superior model, the basal temperature, the optimum and maximum germination rate of this plant were calculated to be 8.6, 34.3 and 49 ° C, respectively. Then, the response of germination and seedling growth of *Ziziphus* was explored in another experiment to different levels of salinity and drought stresses at the optimum temperature. In this experiment, the seed germination was studied at four levels of salinity and drought stresses with osmotic potentials of 0, -2, -4, -6, -8, and -10 bars. The results of this experiment showed that salinity and drought stress reduced the germination percentage and rate of *Ziziphus spina-christi* seeds. Germination percentage for control was 97% while in -10 bar salinity and drought stress was 16% and 0, respectively. In addition, compared to drought, seed germination showed more sensitivity to salinity stress.

**Keywords**: *Ziziphus spina-christi*, germination percentage, germination rate, beta model, dent-like model, segmented model.