مجله پژوهش علف‌های هرز
جلد ۱۱، شماره ۱، ۱۳۹۸
صفحات ۳۳-۱۷

تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی سه گونه تاج‌خروس (*Amaranthus* sp.)

Determination of Cardinal Temperatures of Germination in Three Species of Pigweed (*Amaranthus* sp.)

الهه پیروزمند[۱]، ابراهیم ایزدی دربندی[۲*]، مهدی نصیری محلاتی[۳]، رضا توکل افشاری[۴]

چکیده

این پژوهش به منظور تعیین دماهای کاردینال جوانه زنی سه گونه علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retrouflexus* L.)، تاج‌خروس سبز (*Amaranthus Viridis* L.) و تاج خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides* S. Watson) اجرا شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی برای هر گونه بطور مجزا با چهار تکرار در آزمایشگاه تحقیقات علوم علف‌های‌هرز دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. بذور تحت تاثیر نه تیمار دمایی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و۴۵) درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و درصد و سرعت جوانه زنی بذور محاسبه و از مدل های رگرسیونی برای ارزیابی نتایج و تعیین دماهای کاردینال استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل، در بین مدلهای رگرسیونی غیرخطی، مدل دو تکه‌ای و مدل چند جمله‌ای درجه دوم با توجه به بیشترین ضریب تبیین (R^2)، به خوبی سرعت جوانه‌زنی بذر این گیاهان را نسبت به دما توصیف نمودند. که بر این اساس، مدل دوتکه‌ای ارجحیت بیشتری داشت. بطور کلی دمای کمینه، دمای بهینه و دمای بیشینه با استفاده از مدل دو تکه ای برای، تاج‌خروس سبز به ترتیب ۴/۸۶، ۲۵/۵۶ و ۴۵/۷۶ درجه سانتی‌گراد، برای تاج‌خروس ریشه قرمز، به ترتیب، ۶/۶۵، ۳۰/۵۶ و ۵۱/۰۶ درجه سانتی‌گراد و برای تاج‌خروس خوابیده، به ترتیب ۹/۲۲، ۳۴/۳۹ و ۵۰/۶۶ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد. نتایج این تحقیق نشان‌داد که جوانه زنی بذر تاج‌خروس در دامنه وسیعی انجام می‌شود. هر سه گونه توانستند بین دمای ۱۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی کنند.

کلمات کلیدی: سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، مدل‌های رگرسیونی غیرخطی، علف‌های هرز.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۷

۱- دانشجوی دکتری علف هرز دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲ - دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳ - استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۴ - استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
*نویسنده مسئول: E- mail: e-izadi@um.ac.ir

مقدمه

جنس تاج خروس (*Amaranthus* sp.) از مهمترین علف‌های هرز خانواده Amaranthaceae است که گونه‌های آن پراکنش جهانی دارند. براساس اطلاعات موجود، وجود آنها در ۴۶ کشور جهان گزارش شده است و از نظر اهمیت همراه با اویارسلام و پنجه مرغی طبقه‌بندی می‌شوند (Billy and. Etoler., 1999). گونه‌های مختلف جنس تاج‌خروس از جمله مشکل سازترین علف‌های هرزدر مزارع برخی از گیاهان نظیر ذرت، سویا، آفتابگردان و لوبیا می‌باشند. به اعتقاد هوراک و همکاران (Horak et al., 2000) سه گونه *A. retroflexus*، *A. blitoides*، و *A.hybridus* از مهمترین گونه‌های تاج‌خروس می‌باشند و در میان آنها *A. retroflexus* یا تاج‌خروس ریشه قرمز به علت پراکنش وسیعتر در جهان و خسارت بیشتری که در محصولات زراعی ایجاد می‌کند، بیشتر مورد توجه است. این علف‌هرز یکی از علف‌های هرزی است که در تمام نقاط دنیا پراکنده شده‌است. به عنوان مثال در اروپا، امریکای شمالی و جنوبی، استرالیا وجود آن برای کشاورزان مشکل‌ساز می‌باشد. در ایران نیز این علف‌هرز در استان‌های تهران، خراسان، فارس، کرمانشاه، همدان، کردستان، قزوین، آذربایجان، ایلام، خوزستان و اغلب مناطق دیگر به وفور مشاهده می‌شود (Rashed Mohassel et al., 2002). براساس گزارش‌های موجود دو گونه *A. blitoides* و *A. hybridus* نیز از پراکنش قابل توجهی برخوردار هستند و از این رو کنترل آنها در مزارع آلوده یکی از اهداف و برنامه های بهبود مدیریت مزارع می‌باشد. در این ارتباط شناخت مراحل حساس نمو گیاه و انتخاب بهترین زمان کنترل می‌تواند نقش مهمی در بهبود برنامه‌های مدیریتی علف‌های هرز داشته باشد (Holm.,1997). به‌طورکلی در بین مراحل رشد و نمو علف‌های هرز، جوانه‌زنی و سبزشدن مهمترین و حساسترین مرحله فنولوژیکی علف‌هرز و هر گیاه دیگری محسوب می‌شود. این مرحله هم از این نظر که زمان جوانه‌زنی و سبز شدن در تعیین نتیجه رقابت تعیین کننده است و هم از این نظر که مرحله سبز شدن و گیاهچه‌ای از نظر توان تحمل به تنشهای محیطی بسیار حساس بوده، زمان مناسبی برای اعمال عملیات کنترل محسوب می‌شود، اهمیت دارد (Colbach et al., 2002). علف‌های‌هرز برخلاف محصولات زراعی از الگوهای جوانه‌زنی و سبز شدن ثابتی برخوردار نبوده و دارای توزیع فصلی و دوره‌ای هستند. این ویژگی بخصوص در علف‌های‌هرز یک ساله و در مناطق معتدل، نمود بیشتری دارد. مطالعات نشان می‌دهند که این مسأله در بین جنس ها و حتی گونه‌های مختلف یک جنس از اختلاف فراوانی برخوردار بوده و شرایط اقلیمی حاکم از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر آن هستند (Forcella et al., 2000). به‌نظرمی‌رسد ویژگی‌های ژنتیکی از قبیل خواب و عوامل محیطی از جمله رطوبت، درجه حرارت و نور در این پدیده تأثیرگذار باشند. لذا درک بهتر عوامل کنترل‌کننده الگوهای جوانه‌زنی و سبز شدن گونه‌های هرز در مزارع می‌تواند در بهینه‌سازی پیش‌بینی زمان و الگوهای جوانه‌زنی و سبز شدن و متعاقب آن در بهبود استراتژیهای مدیریتی کارآمد باشد (Grandy., 2000). همچنین دانستن و پیشگویی الگوهای جوانه‌زنی علف‌های هرز ادر برنامه‌های مدیریتی بسیار سودمند است (Bradford., 2002).

عکس العمل بذر نسبت به درجه حرارت ممکن است در طی جوانه‌زنی متفاوت باشد. به عنوان یک قاعده کلی بذرهای مناطق معتدله در مقایسه با بذرهای مناطق گرمسیری برای جوانه‌زنی به درجه حرارتهای کمتری نیاز داشته و گونه‌های وحشی نیاز حرارتی کمتری نسبت به گیاهان اهلی دارند. (Hejazi., 1994). دمای مناسب جوانه زنی برای اکثر بذرها بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است و حداکثر دما برای اکثر گونه‌ها بین ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. البته در درجه حرارتهای بالاتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد عمل جوانه زنی در بذرها متوقف می‌شود (Hejazi., 1994). در تمامی موجودات، درجه حرارت، سرعت متابولیسم و به دنبال آن سرعت رشد و

توسعه آنها را تعیین می‌کند. درجه حرارتهای کاردینال جوانه زنی عموما بستگی به دامنه سازگاری محیطی یک گونه دارند و تطابق زمان جوانه زنی با شرایط مطلوب برای مراحل بعدی رشد و توسعه گیاهچه را تضمین می‌نمایند (Alvarado and Bradford., 2002).

به‌طورکلی دماهای مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذور تحت عنوان دماهای کاردینال شناخته شده است. دمای کمینه[1]، دمای بهینه[2] و دمای بیشینه[3] سه دمای اصلی فرایند جوانه‌زنی هستند. دماهای کمینه (دمای پایه Tb) و بیشینه (دمای سقف Tc)، دماهایی هستند که به ترتیب پایین‌تر و بالاتر از آنها جوانه‌زنی اتفاق نمی‌افتد، درحالیکه دمای بهینه (To) دمایی است که جوانه‌زنی در آن با حداکثر سرعت اتفاق می‌افتد (Alvarado and Bradford., 2002).

هریک از مراحل گیاهی نیازمند دمای بهینه متفاوتی می‌باشند. همچنین حد مطلوب دما برای جوانه‌زنی در گیاهان مختلف و حتی ارقام مختلف یک گونه متفاوت است، اما آنچه از نتایج مطالعات متعدد برمی‌آید این است که دامنه پایین‌تر یا بالاتر از حد مطلوب برسرعت و مدت جوانه‌زنی تاثیر منفی دارد (Brady and Weil., 2002). تعیین دماهای کاردینال می‌تواند در امکان ارزیابی محدودیتهای جغرافیایی گونه‌ها و زمان کاشت آنها و پیش‌بینی مراحل رشد گیاهان زراعی مهم باشد (Mahmoodi et al., 2008).

در این ارتباط مدلهای غیرخطی بسیاری برای توصیف سرعت نمو گیاه و توصیف جوانه‌زنی در پاسخ به دما پیشنهاد شده است. (Jame and Cutforth., 2004) و (Soltani et al., 2006).

برخی از این مدل ها برای پیش‌بینی دماهای کاردینال واکنش جوانه‌زنی تجمعی به سطوح مختلف دما (Hardegree, and Winstral., 2006) و تعداد دیگر از رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی برای تخمین دماهای کاردینال استفاده می‌کنند (Ramin., 1997). مدل خطوط متقاطع (Ahmadi et al., 2010) مدل پنج پارامتری بتا (Tabrizi et al., 2007) مدل لجستیک (Chu et al., 2000) و مدل های دو تکه‌ای و دندان مانند (Soltani et al.,2006) از جمله مدلهای معروف مورد استفاده در تعیین دماهای کاردینال براساس پاسخ سرعت جوانه‌زنی به دما به شمار می‌آیند.

کامکار و همکاران (Kamkar et al., 2012) از مدلهای بتا، دوتکه‌ای و دندان مانند برای توصیف جوانه زنی ارقام مختلف نخود در دماهای مختلف استفاده و مدل دندان مانند را به عنوان مدل برتر برای پیش‌بینی سبزشدن این گیاه معرفی کرده‌اند. انصاری و همکاران (Ansari et al., 2017) با استفاده از مدل‌های دوتکه‌ای، دندان مانند و بتا دماهای اصلی برای بذر پنیرک را برآورد نمودند و مدل دندان مانند را به‌عنوان مدل مناسب معرفی نموده و بیان‌داشتند که دمای پایه، مطلوب تحتانی و فوقانی و سقف برای پنیرک به‌ترتیب ۱/۳۳، ۲۳/۱۶، ۳۳/۵۸ و ۴۲ درجه سانتی‌گراد برآوردشد. بنچ آرنولد و همکاران (Benech Arnold et al.,2000) دمای پایه برای قیاق را ۸/۵ درجه سانتی‌گراد در حالی که هالت و اورکات (Holt, and Orcutt., 1996) دمای پایه را برای این گونه ۱۲ درجه سانتی‌گراد گزارش دادند.

محققین بذر گونه‌ای ترشک را در درجه حرارتهای متفاوت در تاریکی و روشنایی مورد آزمایش قرار دادند و مشاهده کردند که بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد می باشد (Riemens et al 2004،). رحیمی و کافی (Rahimi. and Kafi., 2010) نیز طبق بررسی

1- Base Temperature
2- Optimum Temperature
3- Ceiling Temperature

خود بیان داشتند که دمای کمینه جوانه‌زنی برای گیاه خرفه ۵ درجه سانتی‌گراد، دمای بهینه‌ی آن ۴۵-۱۵ درجه سانتی‌گراد و دمای بیشینه‌ی آن ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. جامی الاحمدی و کافی(Jami Al-Ahmadi and Kafi., 2007). با استفاده از مدل خطوط متقاطع، دمای پایه را برای علف‌جارو (*Bassia scoparia*)، ۳/۵ درجه سانتی‌گراد، دمای حداکثر را ۵۰ درجه سانتی‌گراد و دمای مطلوب را ۲۴ درجه سانتی‌گراد، گزارش کردند.

با وجود اینکه گزارش‌های متعددی در ارتباط با آلودگی مزارع با گونه‌های علف‌هرز تاج‌خروس گزارش شده است، اما مطالعات محدودی در ارتباط با الگوهای جوانه‌زنی و سبزشدن آنها انجام شده است. از اینرو این مطالعه با هدف تعیین دماهای کاردینال و ارزیابی دقت مدل‌های رگرسیونی غیرخطی در پیش‌بینی سرعت جوانه‌زنی سه گونه تاج‌خروس خوابیده(*Amaranthus blitoides* S.Watson) تاج‌خروس سبز (*Amaranthus viridus* L.) تاج‌خروس وحشی یا ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) تحت تاثیر درجه حرارت‌های مختلف مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۹ سطح دمای ثابت (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵) درجه سانتی‌گراد و ۴ تکرار درآزمایشگاه تحقیقات علوم علف‌های هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۶ انجام شد. علف‌های هرز مورد آزمایش شامل تاج‌خروس سبز، تاج‌خروس ریشه قرمز و تاج‌خروس خوابیده بودند که بذرهای آنها در سال ۱۳۹۶ از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی جمع‌آوری شد. پس از آزمایش‌های مختلف و مشاهده وجود خواب، به منظور شکستن خواب بذرهای تاج‌خروس ریشه قرمز و خوابیده از اسید سولفوریک غلیظ (۹۷٪) به مدت ۹۰ تا ۱۲۰ ثانیه ،استفاده شد. بذر تاج خروس سبز دارای خواب نبود.

تعداد ۲۵ بذر از هر گونه پس از ضدعفونی به مدت ۵ دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد درون پتری‌دیش بر روی کاغذ صافی واتمن شماره یک قرارگرفته و سپس آب‌مقطر به آن اضافه شد. بذرها سپس درون ژرمیناتوربا دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی به مدت ۱۴ روز قرارگرفتند و بذرهای جوانه زده هرروز شمارش و حذف گردیدند. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به طول ۲ میلیمتر در نظر گرفته شده (Alvarado and Bradford., 2002).

نمودارهای مربوط به درصد جوانه‌زنی تجمعی هر گیاه نسبت به زمان به تابع سیگموئیدی سه پارامتره که برازش مناسبی را نسبت به داده‌های آزمایش نشان می‌داد برازش داده‌شد همچنین از مدلهای رگرسیونی غیرخطی برای کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی و سبزشدن بذرهای گیاهان در مقابل دما استفاده شد (Ellis et al., 1996).

برای تعیین دماهای کاردینال سه گونه تاج‌خروس از مدل‌های رگرسیونی چندجمله‌ای درجه دوم [1] و دوتکه‌ای [۲] بین درجه حرارت و سرعت جوانه‌زنی استفاده شد.

مدل چندجمله‌ای درجه دوم بر اساس معادلات ۱ و ۲ استفاده شد:

$$f= a+ bT+ c\ T^2 \qquad (۱)$$

$$To = b+ 2Ct \qquad (۲)$$

مدل دوتکه‌ای با استفاده از معادلات زیر برازش شد.

1-Polynomial Model
2 -Intersected-Lines Model

$$f(T) = (T - Tb) / (To - Tb) \qquad (۳)$$

if $Tb < T \leq To$

$$f(T) = (Tc - T) / (Tc - To) \qquad (٤)$$

if $To < T < Tc$:

$$f(T) = 0 \qquad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc \qquad (٥$$

در هر دو مدل، f سرعت جوانه‌زنی، Tb، To و Tm به ترتیب دمای حداقل، بهینه و حداکثر می‌باشند. α، b، c، α، β و μ ضرایب مدل هستند.

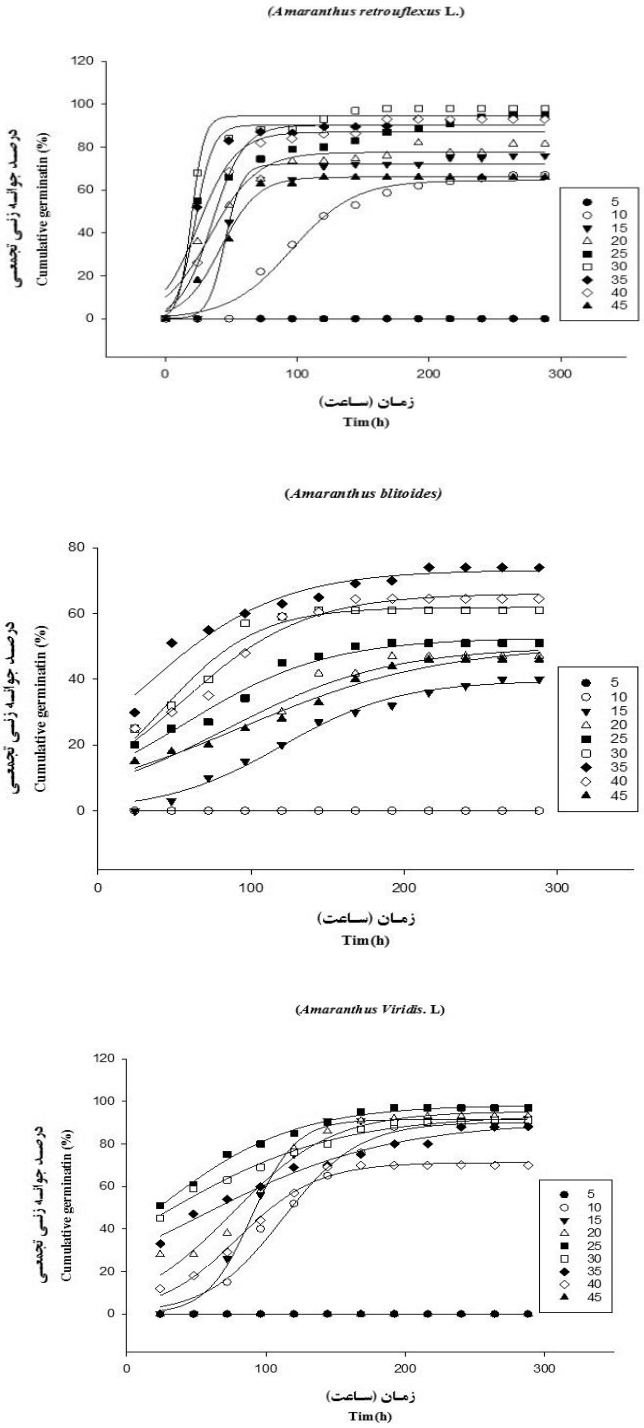
برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از معکوس زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی تجمعی (Ghaderi Far et al., 2009) استفاده شد.

برای تعیین مناسب‌ترین مدل از خطای معیار (SE)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R2)، ضریب تغییرات (CV)و ضرایب رگرسیونی a و b استفاده شد. هر چه SE، RMSE و CV پایین‌تر و R^2 بالاتر باشند، مدل مناسب‌تر است. بالاتر بودن ضریب تبیین مدل استفاده شده، بیان‌گر توجیه بیشتر تغییرات سرعت جوانه‌زنی توسط مدل می‌باشد. ضرایب a و b به‌ترتیب نشان‌دهنده میزان انحراف خط رگرسیون از مبدأ مختصات و میزان اریب خط رگرسیون از خط ۱:۱ است هر چه b به یک و a به صفر نزدیک‌تر باشد مدل مناسب‌تر است. همچنین، هر چه پراکنش نقاط در اطراف خط یک به یک کمتر باشد نشانه تناسب بیشتر مدل است. آنالیز داده‌ها و رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel زیرمجموعه (Microsoft Office 2013) و نرم‌افزار SigmaPlot انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه زنی تجمعی

روند درصد جوانه زنی تجمعی هر سه گونه در دماهای ۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از مدل لجستیک سه پارامتره در شکل ۱ نشان داده شده است. از بین سه گونه بیشترین درصد جوانه‌زنی به تاج‌خروس ریشه قرمز (۹۸درصد) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد اختصاص داشت (شکل ۱).



شکل ۱- درصد جوانه‌زنی تجمعی سه گونه تاج‌خروس در شرایط اعمال دماهای مختلف

Figure 1- Cumulative germination (%) of three pigweed species under different temperatures

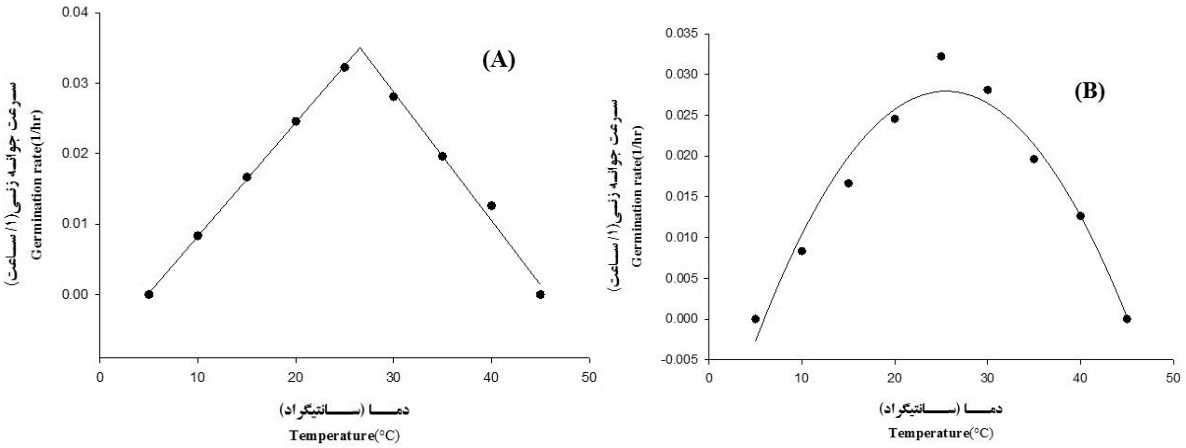
درصد جوانه‌زنی تاج‌خروس سبز در دمای ۵ درجه ۰ و در دمای ۲۵ درجه به بیشترین حد خود رسید (۹۷ درصد) (شکل ۱) براساس نتایج حاصل، کمترین درصد جوانه‌زنی تاج‌خروس سبز در دماهای ۵ و ۴۵ درجه مشاهده شد و با افزایش دما از۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه زنی آن افزایش یافت. به‌طوریکه بیشترین درصد جوانه‌زنی تجمعی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به مقدار ۹۷ درصد مشاهده شد. از سوی دیگر با افزایش دما از ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد، جوانه‌زنی کاهش و از ۹۷ درصد در دمای ۲۵ درجه به صفردرصد در دمای ۴۵ درجه رسید. با افزایش دما از ۵ درجه سانتی‌گراد تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در تاج‌خروس ریشه قرمزدرصد جوانه‌زنی تجمعی افزایش یافت (۹۸ درصد) اما در دمای ۳۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی با رکود مواجه شد. در تاج‌خروس خوابیده با افزایش دما از ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی تجمعی افزایش یافت (۷۴ درصد)، اما در دمای ۳۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. سانتلمن و ایونتس .Santelmann., and Evetts) (1971 گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی تاج‌خروس خوابیده از ۵ گونه دیگر تاج‌خروس پایین‌تر است، آنها بالاترین درصد جوانه زنی این گونه را ۳۷ درصد گزارش کردند. این گزارش با نتایج آزمایش ما تطابق داشت. ویلسون و همکاران (Wilson et al 2007) در گزارشی بیان کردند که با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه زنی ارقام کلزا افزایش یافت ولی با افزایش دما از ۳۵ به ۵۰ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه زنی بذرها کاهش یافت .آدام و همکاران (Adam et al., 2007) بیان کردند که واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به درجه حرارت، در میان گونه‌ها و حتی توده های درون یک گونه می‌تواند متفاوت باشد. جو و الخطیب (Guo and Al-Khatib., 2003) نیز در مطالعات خود گزارش کردند که بذرهای تاج‌خروس ریشه‌قرمز از دمای ۱۰/۱۵ درجه سانتی‌گراد (روز/شب) با افزایش دما شروع به جوانه زنی می‌کنند و به تدریج جوانه‌زنی آنها بیشتر می‌شود تا اینکه در دمای ۳۰/۳۵ درجه سانتی‌گراد (روز/شب) به حد اکثر مقدار خود می‌رسد و بعد ار آن شروع به کاهش می کند و در دمای (۴۵/۵۰) درجه سانتی‌گراد (روز/شب) به صفر می‌رسد.آنها همچنین بیان‌کردند که در دمای مطلوب بذرها تا ۴ روز به حداکثر جوانه‌زنی خود می‌رسند.

سرعت جوانه زنی ودماهای کاردینال

سرعت جوانه‌زنی در تاج‌خروس ریشه قرمز و خوابیده روندی مشابه با درصد جوانه‌زنی در واکنش به دماهای مورد مطالعه داشت و بالاترین سرعت جوانه‌زنی همچون بالاترین درصد جوانه‌زنی در تاج‌خروس قرمزدر دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد (به میزان R_{50}=۰/۰۶۴) مشاهده‌شد اما اختلاف معنی‌داری با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نداشت و جوانه‌زنی آن در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد متوقف‌شد. در تاج‌خروس خوابیده بالاترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد (به میزانR_{50}=۰/۰۲۷) مشاهده‌شد اما اختلاف معنی‌داری با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نداشت و در دمای۱۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی آن متوقف شد. همچنین بالاترین سرعت جوانه‌زنی در تاج‌خروس سبز مربوط به دمای ۲۵ درجه (R_{50}=۰/۳۲) و کمترین سرعت جوانه زنی مربوط به دمای۰ درجه بود.

پارامترهای حاصل از برازش داده‌های سرعت جوانه‌زنی سه گونه دردماهای مختلف به مدل‌های رگرسیونی ۵ پارامتره چند جمله‌ای درجه‌دوم و مدل دوتکه‌ای در جدول ۱ نشان‌داده شده‌اند. براساس نتایج حاصل، در بین مدلهای رگرسیونی غیرخطی در هر سه گونه ، مدل دوتکه‌ای و مدل چند جمله‌ای درجه‌دوم با توجه به بیشترین ضریب تبیین(R^2)، بهترین برازش جوانه‌زنی بذور مورد بررسی را نشان‌دادند و به‌خوبی سرعت جوانه‌زنی این گیاهان را نسبت به دما توصیف‌نمودند.

به‌منظور توصیف سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما از مدل برتر برای هر گونه جهت تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی استفاده گردید. بهترین مدل از میان سه مدل دوتکه ای ،درجه‌دو و بتا، مدل دوتکه‌ای بود که درجه تبیین بالاتری را برای هر سه گونه رقم‌زد.



شکل ۲ – رابطه سرعت جوانه‌زنی و دما در گونه تاج‌خروس سبز با استفاده از مدل دوتکه‌ای (A) و چندجمله‌ای درجه دوم (B).

Figure 2- Relationship between germination rate and temperature in (*Amaranthus Viridis***.** L) using Intersected-Lines Model (A) and polynomial model (B).

نتایج نشان‌دادند که با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی در تاج‌خروس سبز به‌صورت خطی افزایش یافت و از ۳۰ تا ۴۵ درجه این روند رو به کاهش و در ۴۵ درجه سانتی‌گراد به صفر رسید.

دیانت (dyanat., 2017) در پژوهشی حداکثر جوانه‌زنی تاج‌خروس سبز را ۶۶/۵ درصد گزارش‌کرد که در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد و تفاوت معنی‌داری با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نداشت. همچنین براساس گزارش نامبرده حداکثر جوانه‌زنی تاج‌خروس خوابیده (۴۶/۵ درصد) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نداشت.

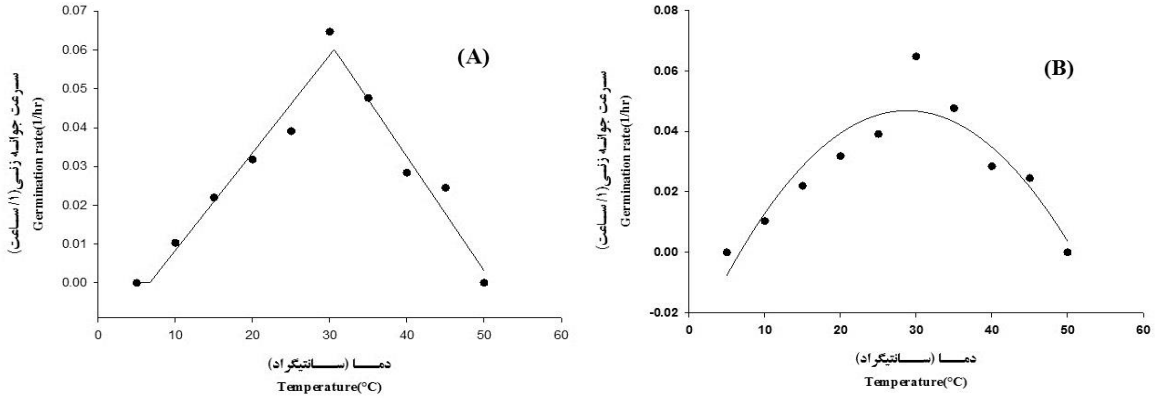
دیانت (dyanat., 2017) دمای پایه، بهینه و بیشینه برآورد شده توسط مدل خطوط متقاطع برای جوانه‌زنی تاج‌خروس خزنده به ترتیب ۱۴/۳۷، ۳۴/۲۱ و ۴۴/۵۰ درجه سانتی‌گراد و برای تاج‌خروس خوابیده به ترتیب ۱۴/۲۴، ۳۱/۶۵ و ۴۴/۲۰ درجه سانتی‌گراد گزارش‌کرد. نامبرده در گزارشی دیگر، دمای پایه جوانه‌زنی تاج‌خروس سفید را ۱۵/۷ درجه سانتی‌گراد گزارش‌کرد (dyanat.,2017).

در جدول۱ مقادیر برآورده شده دماهای کاردینال جهت مقایسه قابلیت تخمین هر یک از مدلها ارائه شده است. به‌طور کلی دمای کمینه، دمای بهینه و دمای بیشینه با توجه به مدل برتر (دوتکه‌ای) برای گونه تاج‌خروس سبز جدول ۱ و شکل ۲ (الف) به ترتیب (۴/۸۶، ۲۵/۵۶ و ۴۵/۷۶)درجه سانتی‌گراد و برای گونه تاج‌خروس ریشه قرمز جدول ۱ و شکل ۳ (الف) به ترتیب، (۶/۶۵، ۳۰/۵۶ و ۵۱/۰۶) درجه سانتی‌گراد و برای گونه تاج‌خروس خوابیده جدول ۱و شکل ۴ (الف) ۹/۲۲، ۳۴/۳۹ و ۵۰/۶۶ حاصل شد. طبق برآورد تابع دوتکه‌ای،

دمای حداکثر در گونه تاج‌خروس سبز ۲۵/۵۶ درجه سانتی‌گراد تخمین‌زده شد که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر جوانه‌زنی این گونه نسبت به دو گونه‌ی دیگر به افزایش دماست (جدول ۱)

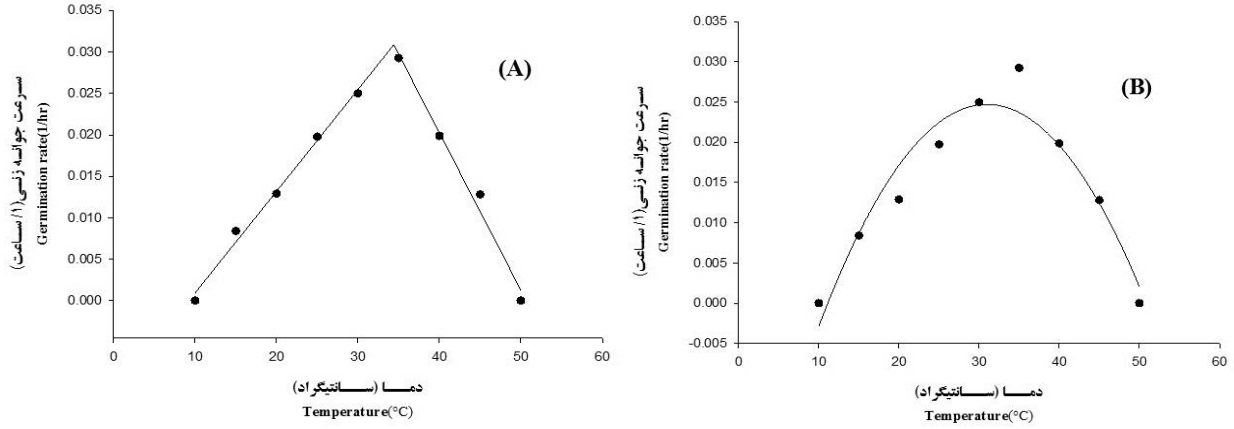
با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های رگرسیونی، تاج‌خروس ریشه‌قرمز دارای دامنه سرعت جوانه‌زنی بیشتر، سپس تاج‌خروس خوابیده و بعد از آن تاج‌خروس سبز دارای کمترین دامنه دمایی برای جوانه‌زنی می‌باشند. همچنین افزایش دما تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در تاج‌خروس سبز شد. در مجموع اثر دما بر جوانه‌زنی سه گونه علف‌هرز این مطالعه نشان داد که بسته به گونه علف‌هرز، مدلی که بهترین پیش‌بینی از دماهای کمینه، بهینه و بیشینه را داشته باشد، متفاوت است. در تاج‌خروس ریشه قرمز این روند از دمای ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد روبه افزایش و از ۳۵ درجه سانتی‌گراد رو به کاهش و در ۵۰ درجه سانتی‌گراد به صفر رسید .با این وجود هردو مدل درجه دو و دوتکه ای دمای ۶ درجه سانتی‌گراد را به عنوان دمای کمتر از آن که امکان جوانه‌زنی وجود ندارد معرفی‌کردند. براساس نتایج جاصل، سرعت جوانه‌زنی تاج‌خروس خوابیده در مقابل دما روندی متفاوت نسبت به دو گونه قبل داشت. شروع جوانه‌زنی این گونه از ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود و با افزایش دما تا دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به طور خطی افزایش یافت و بعد از آن نیز به صورت خطی کاهش یافت و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به صفر رسید. استینموس و همکاران (Steinmaus et al., 2000) نیز حداقل دمای جوانه‌زنی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز را دمای ۱۰درجه سانتی‌گراد و دمای بهینه جوانه‌زنی آن را ۲۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد گزارش‌کرده‌اند. مارتین و فیلد (Martin and Field., 1988) نیز در گزارشی دمای بهینه جوانه‌زنی تاج‌خروس خوابیده را ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد گزارش‌کرد که با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق همخوانی دارد .کازرونی منفرد (Kazerooni Monfared., 2012) درپژوهشی بیان‌کرد که روند تغییرات سرعت جوانه‌زنی تاج‌خروس ریشه قرمز نسبت به زمان، را مدل بتا به خوبی بیان کرد در حالی‌که برای تاج‌ریزی (*Solanum nigrum*)، تاتوره (*Datura stramonium*) جودره (*Hordeum spontaneum*) و کاهووحشی (*Lactuca serriola* L) به ترتیب مدل خطی، دندانه‌مانند، بتا و دندانه‌مانند بهترین برازش را داشت.

مطالعات دماهای کاردینال متفاوتی برای گیاهان مختلف گزارش کرده‌اند. به عنوان مثال اوول (Ovell et al., 1986) دمای پایه جوانه‌زنی برای بذرهای نخود، عدس و سویا را به ترتیب صفر،۲/۵ ،۴ درجه سانتی‌گراد و دمای پایه گونه‌ای سلمه را ۳ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 1999) دمای کمینه و مطلوب را برای تاج‌خروس ریشه‌قرمز به ترتیب ۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد، اوریوکات و همکاران (Oryokot et al., 1997) این دماها را ۱۵ و ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد و استیکل و همکاران (Steckel et al., 2004) نیز این دماها را ۱۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش‌کردند.



شکل ۳ – رابطه سرعت جوانه‌زنی و دما در گونه تاج‌خروس ریشه‌قرمز با استفاده از مدل دوتکه‌ای (A) و چندجمله‌ای درجه دوم (B).

Figure 3 -Relationship between germination rate and temperature in ((*Amaranthus retrouflexus* L) using Intersected-Lines Model (A) and polynomial model (B).



شکل ۴ – رابطه سرعت جوانه‌زنی و دما در گونه تاج‌خروس خوابیده با استفاده از مدل دوتکه‌ای (A) و چندجمله‌ای درجه دوم (B).

Figure 4 Relationship between germination rate and temperature in (*Amaranthus blitoides* S. Watson) using Intersected-Lines Model (A) and polynomial model (B).

اعتقاد بر این است که پاسخ جوانه‌زنی به دما متاثر از عوامل ژنتیکی و محیطی است. از این‌رو در گیاهان و اکوتیپ‌های مختلف یک گونه این تفاوت‌ها قابل توجیه است. قادری‌فر و همکاران.(Ghaderi Far et al., 2012) از مدل دندان‌مانند برای برآورد دماهای کاردینال جوانه¬زنی بذر چاودار (*Secale cereale*) استفاده کردند و دمای پایه، مطلوب پایینی، مطلوب بالایی و حداکثر این گیاه را به ترتیب ۳/۲۸، ۲۵، ۳۴/۵۱ و ۴۰ درجه سانتی¬گراد محاسبه نمودند. عدالت و کاظمینی .(Edalat and Kazemeini., 2014) نیز برای برآورد دماهای کاردینال جوانه¬زنی علف‌هرز خاکشیر وحشی (*Sisymbrium altissimum* L) مدل بتا را انتخاب و دمای پایه، مطلوب و حداکثر آن را ۴/۸، ۸/۶ و ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد گزارش نمودند. در همین راستا پژوهش قادری‌فر و همکاران (Ghaderi Far et al 2009) نشان‌داد، مدل بتا در

گیاه گاوزبان(*Barago officinalis*) و مدلهای بتا و دندانه مانند درکدوتخم‌کاغذی (*Cucurbita pepo*) وسیاه دانه (*Nigella sativa*) بهترین برازش برای تعیین دماهای‌کاردینال از خود نشان‌دادند.

جدول ۱- تخمین دماهای کاردینال با استفاده از مدل دوتکه‌ای و مدل چندجمله‌ای درجه دوم گونه‌های تاج‌خروس ریشه قرمز، سبز و خوابیده

Table 1. Estimation of cardinal temperature using the intersected-lines model and polynomial model of redroot pigweed, green pigweed and prostrate pigweed.

گونه‌های تاج‌خروس	دماهای کاردینال با استفاده از مدل دوتکه‌ای cardinal temperature using the intersected-lines model			ضریب تبیین R_2
	دمای کمینه Base Temperature	دمای بهینه Optimum Temperature	دمای بیشینه Ceiling Temperature	
تاج‌خروس سبز (*Amaranthus Viridis*. L)	4.86 ±0.57	26.56 ±0.48	45.76 ±0.58	0.98
تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retrouflexus* L)	6.65 ±1.98	30.56 ±1.37	51.06 ±1.63	0.95
تاج‌خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides S. Watson*)	9.22 ±0.90	34.39 ±0.58	50.66 ±0.63	0.98
گونه‌های تاج‌خروس	دماهای کاردینال با استفاده از مدل چندجمله‌ای درجه دوم cardinal temperature using the quadratic polynomial model			ضریب تبیین R_2
	دمای کمینه Base Temperature	دمای بهینه Optimum Temperature	دمای بیشینه Ceiling Temperature	
تاج‌خروس سبز (*Amaranthus Viridis*. L)	5.95	25.52	45.02	0.95
تاج‌خروس قرمز (*Amaranthus retrouflexus* L)	6.77	28.82	50.80	0.83
تاج‌خروس خوابیده *Amaranthus blitoides* S.) (Watson	11.12	31	50.8	0.91

عسگرپور و همکاران (Askarpur et al., 2013) نیز تاثیر دما بر سرعت جوانه‌زنی دو توده علف‌شور (*Euphorbia maculate*) خراسان شمالی و رضوی را با استفاده از مدل‌های رگرسیونی مطالعه و گزارش کردند که مدل ۵ پارامتره بتا برای توده خراسان رضوی و مدل خطوط متقاطع برای خراسان شمالی بر اساس بالاترین مقدار R^2 مناسب‌ترین برازش را نشان‌دادند. ابراهیمی (Ebrahimi., 2018) از بین مدل‌های رگرسیونی غیرخطی مورد استفاده برای محاسبه دماهای کاردینال جوانه‌زنی سس درختی (*Cuscuta monogyna* Vahl)، برای توده قوچان مدل ۵ پارامتری بتا و توده بردسکن مدل چندجمله‌ای درجه دوم برازش مناسب‌تری نشان‌دادند.

نتایج این آزمایش دلالت بر این امر دارد که تاج‌خروس سبز برای شروع به جوانه‌زنی به دمای کمتری نیازمند است، به تدریج با بالارفتن دما میزان جوانه‌زنی آن افزایش می‌یابد و پس از اوج جوانه‌زنی با گرمتر شدن هوا میزان جوانه‌زنی آن کاهش می‌یابد. گونه تاج‌خروس خوابیده در دمای بیش از ۱۵درجه شروع به جوانه‌زنی می‌کند و بنابراین در اوایل فصل، علف‌هرز مهمی نمی‌باشد اما با پیشروی فصل ظهور آن قابل‌توجه است، بویژه اینکه حتی در دمای ۴۵ درجه دارای جوانه‌زنی است. تاج‌خروس ریشه‌قرمز در دمای ۱۰ تا ۴۵ درجه نسبت به دو گونه دیگر دامنه جوانه‌زنی وسیع‌تری دارد و اوج جوانه‌زنی آن هم در دمای ۳۰ درجه است و پس از آن میزان جوانه‌زنی آن کاهش می‌یابد. اما میزان جوانه‌زنی آن در دمای ۴۵ درجه نسبت به دو گونه دیگر بالاتر می‌باشد. نکته قابل‌ذکر این است که این گیاه در محدوده حرارتی وسیعی قادر به جوانه‌زنی است و بنابراین احتمالا در تمامی فصل زراعی حضور آن مشهود است. با توجه به این امر می‌توان نتیجه‌گرفت تاج‌خروس ریشه قرمز می‌تواند در مناطق گرمسیر علف‌هرز مهمتری باشد.

دمای حداکثر تاج‌خروس ریشه قرمز و خوابیده تقریبا مشابه هم بود اما این دما برای تاج‌خروس سبز کمتر بود. این نتایج با رفتار اکولوژیکی و ظهور این گونه‌ها در طبیعت مطابقت دارد در فصل بهار و باگرم شدن هوا تاج‌خروس ریشه‌قرمز از اولین علف‌های هرز تابستانه است که شروع به سبزشدن می‌کند و بعد تاج‌خروس سبز اما تاج‌خروس خوابیده در اوایل تابستان سبز می‌شود که میانگین دمای هوا گرمتر باشد.(مشاهدات و بررسی‌های شخصی)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان‌داد که جوانه‌زنی بذر تاج‌خروس در دامنه دمائی وسیعی انجام می‌شود. هرسه گونه توانستند از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد شروع به جوانه‌زنی کنند که این جوانه‌زنی در دماهای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در تاج‌خروس خوابیده و ریشه قرمز و دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در تاج‌خروس سبزمتوقف شد. درصد جوانه‌زنی در تاج‌خروس سبز و ریشه قرمز بالاتر از تاج‌خروس خوابیده بود. اما دماهای کاردینال سه گونه تاج‌خروس سبز و ریشه قرمز و خوابیده مشابه نبود و اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود داشت. از نتایج فوق استنباط می‌شود که گونه‌های تاج‌خروس می‌تواند در مناطق مختلف کشور در دامنه وسیعی از شرایط آب‌وهوایی رشدکنند و در بوم‌نظامهای کشاورزی مشکل‌ساز بوده اما مناطق معتدل وگرمسیر را ترجیح‌می‌دهند.

References فهرست منابع

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. Industrial Crops and Products 25: 24-33.

Ahmadi, M., B. Kamkar, A. Soltani and E. Zeinali. 2010. Evaluation of non-linear regression models to predict stem elongation rate of wheat (Tajan cultivar) in response to temperature and photoperiod. (In Persian, with English Abstract). Electron. J. Crop Prod. 2(4): 39-54. (In Persian).

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

Andalibi, B., E. Zangani. 2005. Investigation of the effects of drought stress on germination indices of 6 rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 36 (2): 463-457.

Ansari, E., J. Gharkhlo, F.Ghaderi Far, B. Kamkar. 2017. Application of hydrotime model in quantification of germination response of (*Malva sylvestris* L) seed to water potential. Journal of Environmental Stress in Crop Sciences, 10 (1): 77

Askarpur, R., R. Ghorbani, M. Khajeh Hosseini. 2013. Effect of salinity and drought stress and pH on germination of (*Euphorbia maculate*), a problematic weed in soybean fields. The 5th Iranian Weed Conference. University of Tehran Agricultural Campus

Benech-Arnold, R. L., R. A.Sánchez, F. Forcella, B. C. Kruk and C. M. Ghersa. 2000. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. field crop res. 67: 105-122.

Billy, J. G. and J. Etoler. 2000. Differential control of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) by post emergence herbicides in soybean. Weed Technol. 13: 165 -168.

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

Brady, N.C. and R. R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soil. 13th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Chu, C., P.M. Ludford., J. L. Ozbun. and R. D. Sweet. 2000. Effects of temperature and competition on the establishment and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and common lambsquarters (*Chenopodium album* L.). Crop Science 18: 308–310.

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 Research 42: 210-221.

Dyanat. M. 2016. Effect of Temperature and Drought Stress on Seed Germination of (*Amaranthus Viridis*) and. (*Amaranthus blitoides* S. Watson) Journal of Plant Protection Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 690-699)

Ebrahimi, A. 2018 Investigating Aspects of the Biology and Management of Weed Parasitic Tree Cuscuta (*Cuscuta monogyna* Vahl.) Weed Ph.D., Ferdowsi University of Mashhad 131 p.

Edalat M. and S. Kazemeini. (2014) Estimation of cardinal temperatures for seedling emergence in corn Australian journal of crop science 8:1072-1078

Ellis, R. H., S. Covell, E. H. Roberts and R. J. Summerfield. 1996. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes II. Intraspecific variation in chichpea (*Cicer arietitium* L.) at constant temperatures. Journal of Experimental Botany 37: 1503-1515.

Forcella, F., R. L. Benech Arnold, R. Sanchez and C.M. Ghersa. 2000. Modeling seedling emergence. Field Crops Research.67: 123-139

Ghaderi Far, F., S.M. Excellency, H. Rezaei Moghaddam, M. Haghighi. 2012. Effects of environmental factors on germination and emergence of crop rye as a car plant in wheat fields. Electronic Journal of Crop Production. 5 (4): 133-121

Ghaderi, F., A. Soltani and H. R. Sadeghipour. 2009. effect of temperature and water potential on germination of medicinal pumpkin (cucurbita pepo. convar. pepo var. styriaca), black cumin (*Nigella sativa* l.) and borago (*Borago officinalis* l.) journal of agricultural sciences and natural resources 2008 , volume 15 , number 5 (special issue agronomy and plant breeding); page(s) 157 to 170.

Ghaderi-Far, F., J. Gherekhloo and M. Alimagham. 2010. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*). PlantaDaninha, 28:463–469.

Ghorbani R., W. Seel and C. Leifert. 1999. Effects of environmental factors on germination and emergence of *Amaranthus retroflexus*. Weed Science, 47: 505–510.

Grundy, A. C., K. Phelps, R. J. Reader. and S. Burston. 2000. Modelling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. New Phytologist 148: 433-444.

Guo, P. and K. Al-Khatib. 2003. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retrofexus*), Palmer amaranth (*A.palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*). Weed Science 51: 869-875.

Hardegree, S.P., and A. H. Winstral. 2006. Predicting germination response to temperature. II. Three-dimensional regression statistical gridding and iterative-probit optimization using measured and interpolated subpopulation data, Ann. Bot. 98:403-410.

Hejazi, A. 1994. Seed Technology. University, Tehran. (In Persian).

Holm, L., D. L. J. Holm, J. V. Pancho and J. P. Herberger. 1997. World Weeds: Natural histories and distribution. John wiley and sons. Newyork, 1129pp.

Holt, J.S. and D. R. Orcutt. 1996. Temperature thresholds for bud sprouting in perennial weeds and seed germination in cotton. Weed Science, 44: 523–533.

Horak, M. J. and T. M. Loughin. 2000. Growth analysis of four Amaranthus species.

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

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

Kamkar, B., M. J. Al-Alahmadi, A. Mahdavi-Damghani. and F. J. Villalobos. 2012. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using non-linear regression models. Industrial Crops and Products 35 192-198.

Kazerooni Monfared E. 2012. Modeling Germination and Emergence of Five Weed Species in Lab and Field Condition PhD Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, 184 p.

Mahmoodi, H., A. Mahdavi Damgani. and H. Liaghati. 2008. An Income on Organic Farming. Mashhad: Mashhad University Jihad Publications. (In Persian)

Martin, M. P. L. D. and R. J. Field. 1988. Influence of time of emergence of wild oat (*Avena fatua* L.) on competition with wheat (*Triticum aestivum* L.). Weed Research 28: 111–116.

Oryokot, J. O. E., S. D. Murphy. A. G Thomas. and J. Swanton. 1997. Temperature and moisture-dependent models of seed germination and shoot elongation in Green and Redroot Pigweed (*Amaranthus powellii*, *A. retroflexus*). Weed Science 45: 488-496.

Ovell, S., R. H. Ellis, E. H. Roberts, and R. J. Summerfield. 1986.The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes.J.Exp.Bot.37:705-715.

Rahimi, Z. and M. Kafi. 2010. Cardinal Temperature and Effect of Different Level of Temperature on Germination of Portulaca oleracea. Journal of Protection-Agriculture Science and Technology, 24(1): 86-80. (In Persian)

Ramin, A.A. 1997. The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium* a*mpeloprasum* L. spp. Iranicum W.). Seed Sci. Technol. 25: 419-426.

Rashed Mohassel., M., H. Rahimian. and M. Banaeyan. 2002. Weed control (translation). Academic Jihad (Ferdowsi University of Mashhad); 570 pp

Riemens, M. M., P. C. Scheepens and R. Y. Van der Weide. 2004. Dormancy, germination and emergence of weed seeds, with emphasis on influence of light. Plant Research International B.V, 302:1-2

Santelmann, P. W., and L. Evetts. 1971. Germination and herbicide susceptibility of six pigweed species. Weed Science, 19: 51–54

Soltani A., G. L. Hammer, B. Torabi., M. J. Robertson and E. Zeinali. 2006. Modeling chickpea growth and development: phonological development. Journal of Field Crops Research, 99: 1–13.

Steckel, L. E., C. L. Sprague, E. W. Stoller and L. M. Wax. 2004. Temperature effects on germination of nine Amaranthus species. Weed Science 52: 217-221.

Steinmaus S.J., T. S. Prather and J. S. Holt. 2000. Estimation of base temperatures for nine weed species. Journal of Experimental Botany, 51:275–28

Tabrizi, L., A. Koocheki, M. Nasiri Mahalati and P. Rezvani. 2007. Germination behavior of cultivated and natural stand seeds of Khorasan thyme (*Thymus transcaspicus* Klokov) with application of regression models. (In Persian, with English Abstract). Iranian J. Field Crops Res. 5: 249-257. Tekroni, D.M., and D.B. Egli, 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. Crop Sci. 31: 816-822.

Wilson, R. E., E. H. Jensenand, G. C. J Fernandez. 1992. Seed germination response for eleven forage cultivars of Brassica to temperature. Agronomy Journal 84: 200-202.

Determination of cardinal temperatures of germination in three species of pigweed (*Amaranthus* sp.)

E. Pirouzmand[1], E. Izadi Darbandi[2]*, M. Nassiri Mahallati[3], R. Tavakol Afshari[4]

Abstract

This study was carried out to evaluate the cardinal temperatures of germination of three Amaranth species (*Amaranthus retrouflexus* L.), (*Amaranthus viridis* L). and (*Amaranthus blitoides* S. Watson). The experiment was conducted as a completely randomized design with nine temperatures (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45) and four replications at Weed Science Research Laboratory of Ferdowsi University of Mashhad. Sseed germination percentage and rate was calculated and regression models were used to evaluate the results and determine cardinal temperatures. Based on the results, among the nonlinear regression models, the intersected lines and quadratic polynomial models with respect to the highest coefficient of determination (R^2) showed the best fitting of germination rate of seeds. Accordingly, the intersected lines model was more preferred. Generally, over the minimum temperature, optimum temperature and maximum temperature using intersected-lines model for green pigweed of 4.86, 25.56 and 45.76 ° C, respectively. Red root pigweed was calculated 6.65, 30.56 and 51.6 ° C, respectively, and was estimated to be 9.22, 34.39 and 50.66 ° C for prostrate pigweed, respectively. The results of this study showed that sow seed germination was carried out over a wide range. All three species were able to germinate between 10 and 45 ° C.

Keywords: Germination rate, Germination of percentage, Nonlinear regression models, Weeds.

Received date: 07 May 2019 Accepted date: 17 September 2019

1 - Ph. D. student of weed science- Ferdowsi University of Mashhad
2 - Department of Agrotechnology- Faculty of Agriculture- Ferdowsi University of Mashhad
3 - Department of Agrotechnology- Faculty of Agriculture- Ferdowsi University of Mashhad
4 - Department of Agrotechnology- Faculty of Agriculture- Ferdowsi University of Mashhad
*Corresponding author E-mail: e-izadi@um.ac.ir