نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۹۰-۲۸۳

Journal of Plant Protection
Vol. 29, No. 2, Summer 2015, P. 283-290

تعیین دماهای کاردینال گیاه هرز خارشتر *Alhaji pseudalhagi*

علیرضا مرادی[1*]- علی قنبری[2]- محمد حسن راشد محصل[3]- ابراهیم ایزدی دربندی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۲

چکیده

به منظور ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی، رشد اولیه و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر گونه هرز خارشتر *alhajipseudalhagi*، آزمایشی روی بیوتیپ بذری این علف‌هرز در دماهای ثابت ۵، ۸، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۱ در آزمایشگاه تحقیقات علف‌های هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. برای هر تیمار دمایی، با چهار تکرار و برای هر تکرار ۲۵ عدد بذر در نظر گرفته شد. صفات مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از: درصدجوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی. به منظور تعیین بهترین تخمین بر اساس سه مدل رگرسیونی: خطوط متقاطع، چند جمله‌ای درجه دوم و ۵پارامتری بتا آزمون انجام گرفت. نتایج نشان داد که اثر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود. بالاترین درصد جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۳۵ –۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد در حالی‌که بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بهترین مدل برازش داده شده در دماهای ذکر شده، مدل ۵ پارامتری بتا بود. بر اساس رگرسیون بین سرعت جوانه‌زنی و دما در بیوتیپ بذری خارشتر، دماهای کاردینال جوانه‌زنی (کمینه، بهینه و بیشینه) به ترتیب در دامنه (۸/۸ – ۷/۲)، (۳۰/۶ –۲۷/۵) و (۵۰/۵ –۴۲) درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خارشتر، دماهای کاردینال، مدل‌های رگرسیونی، درصد و سرعت جوانه‌زنی

مقدمه

خارشتر با نام‌های علمی: Fisher *Alhajicamel thorn* و.Desv(M. Bie b.) *Alhaji pseudalhagi* علف‌هرز چند ساله متعلق به تیره بقولات (زیر تیره پروانه‌آساها) Fabaceae (Papilionaceae) و قبیله Astragaceae، و به عنوان یکی از علف‌های هرز مهم در مزارع، باغات، دیم‌زارها، مناطق مسکونی، فرودگاه‌ها، جاده‌ها و به‌ویژه در مناطق گرم و خشک است (۱). این گیاه بومی نواحی مدیترانه و غرب آسیا (۲۴)، و دامنه پراکنش آن در ایران زیاد است و در بیشتر مناطق ایران تا ارتفاع ۴۰۰۰ متری از سطح دریا مشاهده می‌شود. در مناطق گرم و خشک به‌ویژه حاشیه کویر در استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی و یزد نیز گستره زیادی را در بر می‌گیرد. ازدیاد خارشتر از طریق زایشی (بذر) و رویشی (ریزوم) صورت می‌گیرد. در دماهای نزدیک به ۲۰ درجه سانتی‌گراد در اوایل پاییز و بهار و در صورت وجود رطوبت از رشد خوبی برخوردار است، و باعث استقرار خوب گیاهچه‌های آن می‌شود (۳۴). بذرهای خارشتر دارای خواب فیزیکی ناشی از ضخامت پوسته بذر است. ایجاد خراش در پوسته بذر یا شستشو با اسید سولفوریک باعث شکستن خواب و جوانه‌زنی بذر می‌شود (۹).

چگونگی جوانه‌زنی از مهم‌ترین عوامل موفقیت بسیاری از گونه‌های گیاهی اعم از زراعی و علف‌های هرز می‌باشد، و گونه‌ای در فرایند رقابت موفق خواهد بود، که زودتر در محیط مستقر شده باشد. بذر برای جوانه‌زنی نیاز به یک حداقلی از دما (دمای کمینه جوانه‌زنی) دارد و با افزایش دما، میزان جوانه‌زنی افزایش و به بالاترین حد خود (دمای بهینه جوانه‌زنی) خواهد رسید و سپس از میزان جوانه‌زنی کاسته شده تا به صفر (دمای بیشینه جوانه‌زنی) برسد (۴). گسترده بودن دامنه حرارتی جوانه‌زنی ارتباط زیادی با قدرت تهاجمی گونه‌های گیاهی دارد. دما اثرات چشم‌گیری بر ویژگی‌های اکولوژیکی بذر از جمله، زمان شروع جوانه‌زنی، درصد نهایی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی دارد. بنابراین بحرانی‌ترین عامل در موفقیت یا عدم موفقیت استقرار گیاه محسوب می‌شود (۲۸). گیاه جارو با نام علمی (*Kochia scoparia*) در دامنه وسیعی از دما قادر به جوانه‌زنی بوده، به‌طوری‌که دمای کمینه جوانه‌زنی ۳/۵، دمای بهینه آن ۲۴ و دمای بیشینه ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۲۸).

تفاوت‌های موجود در دماهای کاردینال، به علت وجود

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، استاد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: Email: moradi.alireza@stumail.um.ac.ir)

اکوتیپ‌های مختلف بوده بنابرین واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به دما، در میان گونه‌ها و حتی توده‌های درون یک گونه می‌تواند تفاوت داشته باشد (۵). دماهای کاردینال جوانه‌زنی، عموما بستگی به دامنه سازگاری محیطی یک گونه دارد و تطابق زمان جوانه‌زنی با شرایط مطلوب برای مراحل بعدی، رشد و توسعه گیاهچه راتضمین می‌نماید (۱۶). به طور کلی سه دما (کمینه، بهینه و بیشینه) دماهای کاردینال نامیده می‌شوند، و بذر هر گونه می‌تواند در دامنه دمای کمینه تا بیشینه جوانه بزند (۲۱). تعیین دماهای کاردینال (جوانه‌زنی و سبز شدن) برای ارقام و ژنوتیپ‌ها نیز درتصمیم‌گیری دقیق زمان کاشت و تعیین محدوده‌های جغرافیایی مناسب برای کشت یک رقم یا ژنوتیپ اهمیت قابل توجهی دارد (۱۲).

متغیرهای دماهای کاردینال معمولاً به‌صورت مقادیر ثابت تعیین می‌شوند و یا به گونه‌ای تخمین زده می‌شوند که به‌صورت نرمال یا لگاریتم نرمال درون یک جمعیت بذری مشخص تعمیم داده شوند (۲۷). بدین منظور مدل‌های ریاضی متعددی برای توصیف الگوی جوانه‌زنی در واکنش به دمابکار برده شده‌اند (۲۵ و ۲۶). محاسبه دماهای کاردینال بر اساس رابطه سرعت جوانه‌زنی و دما روشی مرسوم در مطالعات مربوط به تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی به حساب می‌آید (۱۱). هاردگری (۲۶) سه مدل دمای کاردینال جوانه‌زنی حرارتی، رگرسیون غیر خطی و رگرسیون خطی دو خط متقاطع را مورد آزمون قرار داد و مشاهده کرد که دقت پیش بینی سرعت جوانه زنی و زمان جوانه‌زنی را می‌توان با استفاده از مدل‌های تجربی که کمترین فرضیات از پیش تعیین شده را دارند، افزایش داد. به طور کلی عکس زمان مورد نیاز برای تکمیل یک مرحله رشد و نمو، با سرعت رشد و نمو همبستگی دارد. بنابراین رابطه خطی معکوسی بین زمان مورد نیاز برای رسیدن به برخه‌ای خاص از جوانه‌زنی (به عنوان مثال۵۰ درصد) و دما در طی جوانه‌زنی وجود دارد (۲۵). در پژوهش‌های زیادی جهت برازش داده‌های آزمایش، در دماهای ثابت برای برآورد بهتر دماهای کاردینال جوانه‌زنی از روش‌های رگرسیونی استفاده شده است (۲، ۵، ۶، ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۳۶). پورطوسی (۳) دماهای کاردینال را برای گیاه سلمه با استفاده از تابع سیگوئیدی سه پارامتره که برازش مناسبی نشان داد به ترتیب ۴، ۲۹/۵ و ۴۳/۳ درجه سانتی‌گراد به‌دست آورد در حالی‌که (رومن به نقل از پورطوسی) با استفاده از مدل ذکر شده دماهای کاردینال سلمه را به ترتیب ۴/۲، ۲۶ و ۳۹/۵ درجه سانتی‌گراد تعیین نمود. بهترین مدل برازش داده شده در دماهای ثابتی که برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی آویشن خراسانی در نظر گرفته شده بود، مدل ۵ پارامتری بتا و خطوط متقاطع برای دو توده بذری بوده است (۵). هدف از این تحقیقتعیین دامنه دمایی سرعت، زمان رسیدن به حد نهایی و ۵۰ درصد جوانه‌زنی به منظور پیش‌بینی زمان ظهور گیاه هرز خارشتر در شرایط آب و هوایی نیشابور در راستای بکارگیری آن در مدیریت کنترل این گونه است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه تحقیقات علف‌های هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. بذر مورد نیاز در سال ۱۳۹۰ از مزارع و باغات شهرستان نیشابور جمع‌آوری شد.

به منظور ارزیابی رفتار جوانه‌زنی بذر خارشتر (*Alhaji pseudalhagi*)، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در دماهای ثابت ۵، ۸، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریکی و رطوبت نسبی ۶۰ درصد انجام شد. قبل از شروع آزمایش مجموعه پتری دیش‌ها با محلول هیپوکلرید سدیم به مدت ۲ ساعت ضدعفونی شدند. برای از بین بردن خواب بذر از اسید سولفوریک غلیظ ۹۸ درصد مرک به مدت ۳۰ دقیقه (زمان بر اساس بیشترین جوانه زنی که به صورت پیش تست در ۶ زمان ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ دقیقه صورت گرفت) استفاده شد. بذرها پس از تیمار با اسید و شستشو با آب مقطر با هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد ضدعفونی و پس از شستشوی مجدد با آب مقطر برای هرتیمار دمایی ۲۵ عدد بذر پس از شمارش به پتری‌دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر روی کاغذ صافی واتمن در دمای ثابت با دقت ۱± درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. در طی آزمایش، کاغذ صافی درون پتری دیش‌ها روزانه با آب مقطر، مرطوب نگه‌داشته شد. پس از ۲۴ ساعت از شروع آزمایش، روزانه بذور جوانه‌زده شمارش و تا ۱۴ روز هر تیمار دمایی نگهداری و پس از اطمینان از عدم جوانه‌زنی آزمایش پایان یافته تلقی شد. شاخص جوانه‌زنی خروج نوکریشه‌چه از پوسته بذر و قابل رویت بودن آن با چشم غیر مسلح بود (۲۲).

اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی بذور از روش ماگویر و با استفاده از معادله زیر صورت گرفت (۳۲).

$$Rs = \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di} \qquad (۱)$$

که در آن Rs متوسط سرعت جوانه‌زنی، Si تعداد بذور جوانه‌زده و Di روزهای تجمعی پس از شروع آزمایش خواهد بود. با احتساب درصد نهایی جوانه‌زنی، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی با استفاده از درون‌یابی خطی بین درصد جوانه‌زنی روزانه، از منحنی جوانه‌زنی تجمعی محاسبه شد (۱۶، ۲۳و ۲۶). تا کنون مدل‌های مختلفی در گیاهان به منحنی جوانه‌زنی تجمعی نسبت به زمان برازش داده شده است که عمده آن‌ها منطبق بر معادلات مورد استفاده در رشد گیاهان می‌باشد. سه مدل گامپرتز، لجستیک و ویبول برای برازش داده‌های مربوط به جوانه‌زنی تجمعی کاربرد بیشتری دارند (۱۰). به‌عنوان نمونه مدل سیگموئیدی برازش مناسبی در تعیین جوانه‌زنی تجمعی بذور شیرین‌بیان نشان داد (۱۰). که در این پژوهش نیز مدل سیگموئیدی

برای جوانه‌زنی تجمعی مورد استفاده قرار گرفت. سرعت جوانه‌زنی بر اساس عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (1/GD50) محاسبه شد (۱۱،۱۳، ۲۰ و ۳۰). تعیین دماهای کاردینال (کمینه، بهینه و بیشینه) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و دماهای مختلف به‌عنوان متغیر مستقل (محورX) انجام گرفت. در این تحقیق از سه مدل ذیل برای برازش داده‌ها به منظور تعیین دماهای کاردینال استفاده شده است:

مدل خطوط متقاطع[1](ISL) با استفاده از معادلات زیر (۱۳، ۲۱، ۲۲، ۲۵ و ۳۵)

$$f = \text{if } (T<To,\ \text{region1}(T),\ \text{region2}(T)) \quad (۱)$$

$$\text{region1}(T) = b*(T-Tb) \quad (۲)$$

$$\text{region2}(T) = c*(Tm-T) \quad (۳)$$

مدل ۵ پارامتری[2](FPB) با استفاده از معادلات زیر (۲، ۵، ۲۰)

$$f = \exp(\mu)\,(T-Tb)^{\alpha}\,(Tm-T)^{\beta} \quad (۴)$$

$$To=(\alpha\, Tm + \beta\, Tb) / (\alpha+\beta) \quad (۵)$$

مدل چند جمله‌ای درجه۲ [3](QPN) با استفاده از معادلات زیر (۲، ۵، ۲۰، ۲۸ و ۳۶):

$$f= a+ bT+ c\,T \quad (۶)$$

$$To =b+ 2cT \quad (۷)$$

لازم به ذکر است که در معادله ۵ پارامتری بتا و چند جمله‌ای درجه دوم، دمای بهینه (معادله ۵ و ۷) از مشتق اول معادلات ۴ و ۶ محاسبه شد. در تمامی مدل‌های ذکر شده، fسرعت جوانه زنی (روز/۱)، T دما (°C)، Tb، To و Tm به ترتیب دماهای کمینه، بهینه و بیشینه و همچنین μ ،a ،α،β ،b وc به عنوان ضرایب رگرسیون در نظر گرفته شدند.

داده‌های بر حسب درصد،قبل از آنالیز آماری، بر اساس $\sqrt{\frac{x}{100}}$ تبدیل داده شدند و آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS, version9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد صورت گرفت. جهت برازش مدل‌ها با استفاده از روش‌های رگرسیونی، از نرم‌افزار SigmaPlot version12 استفاده شد.

نتایج و بحث

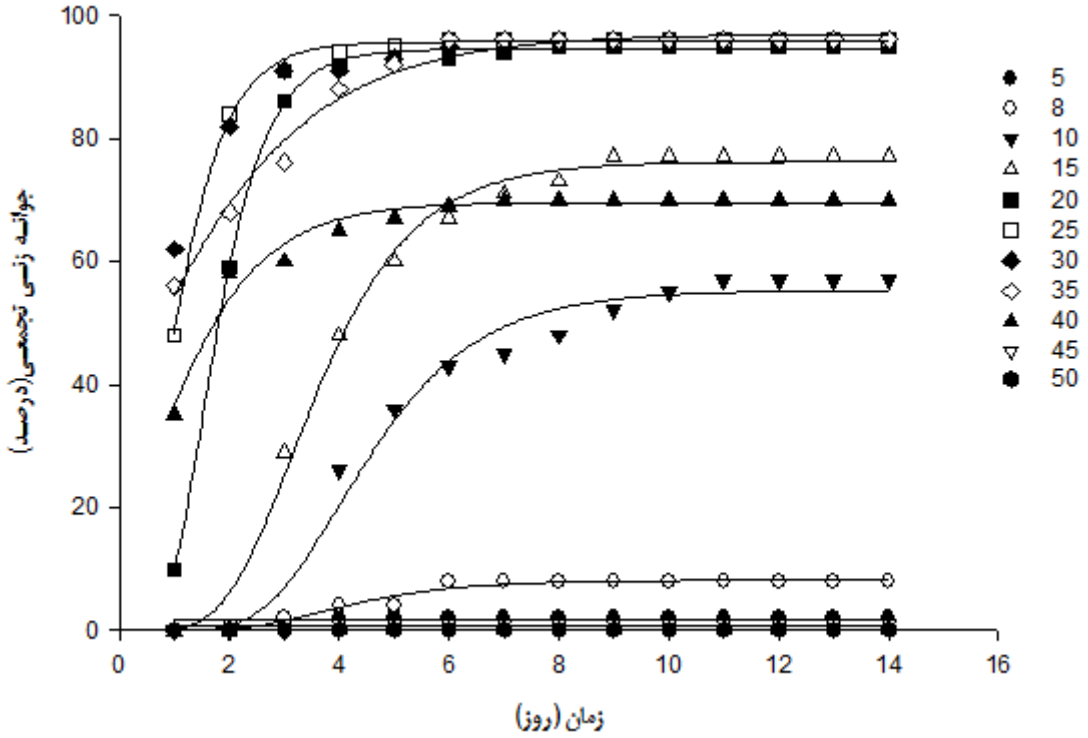
اثر دما بر درصد نهایی جوانه‌زنی خارشتر معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۱). بیشترین درصد جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد، و کمترین درصد جوانه‌زنی نیز در دماهای ۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. جوانه‌زنی در دمای کمتر از ۵ و بیشتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد (جدول۱). به طور کلی با افزایش دما تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی افزایش یافت (۹۸ درصد) و در دماهای بالاتر کاهشیافت. و بطور کلی در دمای کمتر از ۱۰ درجه و بالاتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد افت شدیدی در جوانه‌زنی رخ داد (شکل۱). سرعت جوانه‌زنی نیز روند مشابهی با درصد جوانه‌زنی در واکنش به دماهای مورد بررسی داشت درحالی‌که بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه به‌دست آمد بالاترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. دماهای مختلف با تاثیری که بر روی جوانه‌زنی می‌گذارند، ممکن است برای ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی و پتانسیل استقرار گونه‌های گیاهی مفید باشند. همچنین در گیاهان وحشی به علت خواب بذر و پوسته سخت بذر، جوانه‌زنی با تاخیر بیشتر و غیر یکنواخت‌تر صورت می‌گیرد (۱۳). تعیین سرعت و درصد جوانه‌زنی در روز می‌تواند تخمین مناسبی برای برآورد دمای کمینه، بهینه و بیشینه گیاهان باشد (۲۳). اما سرعت نمو یا جوانه‌زنی در برابر درصد جوانه‌زنی شاخص مناسب‌تری برای تعیین جوانه‌زنی کاردینال گیاهان می‌باشد.

بنابراین در شرایط طبیعی استفاده از شاخص سرعت جوانه‌زنی در گونه‌های مختلف گیاهی جهت برازش مدل‌هایرگرسیونی، برای تعیین دماهای کاردینال نتایج بهتری خواهد داشت (۳۳). بالا بودن درصد جوانه‌زنی خارشتر در دماهای بالا نشان دهنده این است که این علف‌هرز نیاز حرارتی بالاتری برای جوانه‌زنی دارد (جدول ۱ و شکل۱). و در زمان گرمی هوا در اواخر بهار و اوایل تابستان و در صورت فراهمی آب طغیان خواهد کرد. در هوای سرد نیمه‌های پاییز و اوایل بهار احتمال رویش آن کمتر و توان جوانه‌زنی کمتری خواهد داشت. اگر چه در بعضی از گزارشات، بر روی بیوتیپ‌های مختلف خارشتر دمای کمینه جوانه‌زنی (دمای پایه) آن را بالاتر از ۷ درجه سانتی‌گراد گزارش کرده‌اند (۱۷ و ۳۴).

همان‌گونه که در شکل۱ دیده می‌شود درصد جوانه‌زنی نهایی خارشتر تحت تاثیر دماهای مختلف قرار گرفته است. جوانه‌زنی نهایی در دماهای ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه به ترتیب ۹۶، ۹۷ و ۹۸ درصد در همان روز اول و دوم و در دیگر تیمار ها از جمله دماهای ۴۰ و بالاتر در بازه زمانی ۱۰-۷ روز و با کاهش زیاد رخ داده است.. بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد برابر با ۹۸ درصد و کمترین آن در دماهای کمتر از ۸ درجه و برابر با صفر به‌دست آمد. برادفورد (۱۳) به نقل از قنبری (۱۰) اظهار داشته است که دما به لحاظ اثری که بر خواب، سرعت جوانه‌زنی و سرعت رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گذارد، درصد جوانه‌زنی نهایی بذور را در گیاهان مختلف تحت تاثیر قرار می‌دهد. بسته به دماهای مختلف، نقطه شروع جوانه‌زنی و زمان اتمام جوانه‌زنی و همچنین جوانه‌زنی نهایی متفاوت می‌باشد (۱۰). برای تعیین دمای کاردینال از سرعت جوانه‌زنی بذر

1- Intersected-lines Model
2-Five-parameters Beta Model
3- Quadratic polynomial Model

عموماً برای تعیین پاسخ‌های جوانه‌زنی بذور محصولات زراعی و گونه‌های علف‌های هرز استفاده می‌شود. هر دو شاخص، یعنی سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی در روز برای تخمین دمای پایه مناسب هستند. به‌طور مثال دمای پایه گونه *Brunoniaaustralis* و *Calandrinia* sp. بر اساس سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۴/۹ و ۵/۵ درجه سانتی‌گراد و بر اساس درصد جوانه‌زنی در روز ۵/۸ و ۷/۹ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. درحالی‌که عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (شاخص سرعت جوانه‌زنی) برای تخمین دمای حداکثر نامناسب می‌باشد. به عبارت دیگر شاخص درصد جوانه‌زنی در روز برای هر سه دمای پایه یا کمینه، بهینه و بیشینه تخمین خوبی به‌دست می‌دهد (۲۳).



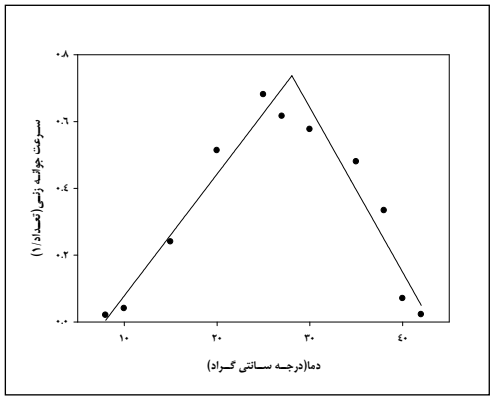
شکل ۱- روند تغییرات نهایی جوانه‌زنی تجمعی گونه هرز خارشتر در دماهای ثابت در طی زمان

جدول۱- اثر دماهای ثابت بر خصوصیات جوانه زنی بذر گونه هرزخارشتر

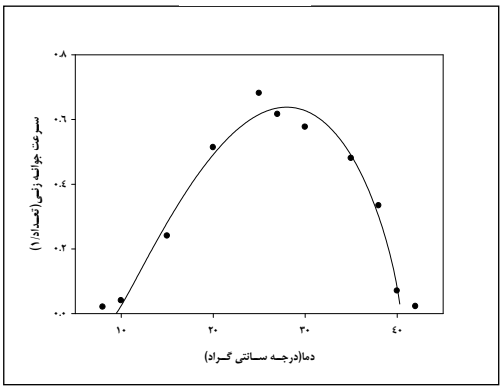
دما(درجه سانتی‌گراد)	جوانه‌زنی نهایی (درصد)	زمانرسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی (روز)	سرعت جوانه‌زنی (روز/۱)
۵	۱^{f}	۰	۰/۰۰^{d}
۸	۷^{f}	۰	۰/۰۲^{cd}
۱۰	۳۸^{e}	۹	۰/۰۴^{c}
۱۵	۵۷.۷۵^{d}	۵	۰/۲۴^{b}
۲۰	۸۵.۲۵^{b}	۳	۰/۵۱^{a}
۲۵	۹۱^{ab}	۲	۰/۶۸^{a}
۳۰	۹۱.۷۵^{a}	۱.۵	۰/۵۸^{a}
۳۵	۹۳.۲۵^{a}	۲	۰/۴۸^{ab}
۴۰	۶۶.۲۵^{c}	۳	۰/۰۷^{c}
۴۵	۱^{f}	۰	۰/۰۲^{cd}
۵۰	۰	۰	۰/۰۰^{d}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، در آزمن مقایسه میانگین‌های دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤۰/۰۱).

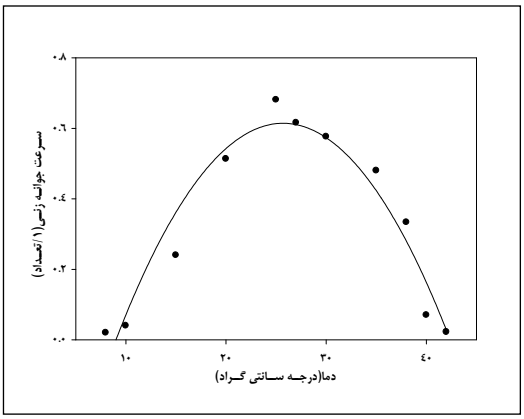
الف: FPB



ب: FPB



ج: FPB



شکل۲- تاثیر درجه حرارت‌های مختلف بر سرعت جوانه‌زنی بذر خارشتر بر اساس برازش سه مدل الف: خطوط متقاطع (ISL)، ب: چند جمله‌ای درجه دوم (QPN) و ج: پنج پارامتری بتا (FPB)

جدول۲- دماهای کاردینال در بذور خارشتر بر اساس مدل‌های مختلف

مدل	کمینه	بهینه	بیشینه	ضریب تبیین
خطوط متقاطع (ISL)	۷/۲۱	۳۰/۶۲	۵۰/۴۸	۰/۹۴
چند جمله‌ای درجه دوم (QPN)	۸/۸۳	۲۸/۲۵	۴۷/۶۷	۰/۹۳
پنج پارامتری بتا (FBN)	۷/۹۹	۲۷/۴۷	۴۲/۰۳	۰/۹۸

در شکل۲ و جدول۲، دماهای کاردینال (کمینه، بهینه و بیشینه) با استفاده از برازش سه مدل خطوط متقاطع، چند جمله‌ای درجه دوم و ۵ پارامتری بتا ارزیابی شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از تخمین این سه مدل، مقادیر دماهای کمینه، بهینه و بیشینه به ترتیب در دامنه (۸/۸۳ – ۷/۲۱)، (۳۰/۶۲ – ۲۷/۴۷) و (۵۰/۴۸ – ۴۲/۰۳) سانتی‌گراد به‌دست آمد که این مقادیر در سه مدل مورد مطالعه تقریباً با یکدیگر مطابقت داشتند اما درجه تطبیق در مدل ۵ پارامتری بتا بیشتر بود (ضریب تبین ۰/۹۸) (جدول ۲). بر اساس آزمایشات قنبری روی شیرین‌بیان که هم خانواده خارشتر می‌باشد دمای بهینه جوانه‌زنی شیرین‌بیان در محدوده ۲۸ تا ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. همچنین دمای بیشینه جوانه‌زنی نیز در محدوده ۴۰/۲ تا ۴۸/۵ برای این گیاه به‌دست آمد (۱۰). نتایج حاصل از برازش سه مدل رگرسیونی خطوط متقاطع، چند جمله‌ای درجه دوم و ۵ پارامتری بتا برای ارزیابی پاسخ جوانه‌زنی چهار اکوتیپ زیره سیاه ایرانی (*Bunium persicum*) بین سرعت جوانه‌زنی مشاهده شده و شبیه سازی شده تفاوت‌هایی مشاهده گردید بر اساس این نتایج در مدل خطوط متقاطع دمای پایه در اکوتیپ‌های CE2، CE4، CE8 و CE9 به ترتیب ۳/۳۳، ۴/۱۴، ۰/۲۷ و ۰/۳۵ درجه سانتی‌گراد و دمای بهینه ۱۶/۱۹ تا ۲۲/۴۴درجه سانتی‌گراد و دمای حداکثر ۲۹/۷۴ تا ۳۱/۵۲ به‌دست آمد. در مدل ۵ پارامتری بتا نیز به ترتیب دمای پایه ۳/۲۳، ۴، ۰/۲۲ و ۱/۸۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد اما در مدل چند جمله‌ای درجه دوم درجه تطبیق کمتر بود که این امر می‌تواند ناشی از دقت و ماهیت مدل مورد مطالعه باشد (۳۵).

درخشان (۸) جهت بررسی میانگین درصد جوانه‌زنی بذور اویارسلام بذری (*Cyperus difformis*) در دماهای ثابت ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد مدل‌های دندان مانند، دو تکه‌ای، ۴ پارامتره بتا و ۵ پارامتره بتا را مورد استفاده قرار داد. در این آزمایش بر اساس مدل‌های دندان مانند و دو تکه‌ای برای درصدهای مختلف جوانه‌زنی، اختلاف قابل توجهی در برآورد دمای پایه مشاهده نشد اما مدل ۴ پارامتره بتا برآورد بسیار کمتری از دمای پایه داشت. در حالی‌که برای برآورد دمای بیشینه در هر چهار مدل، اختلاف قابل توجهی دیده نشد. و دمای بیشینه بین ۴۵/۰۳- ۴۴/۹۲ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. در ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی دو توده زراعی و طبیعی آویشن خراسانی (*Thymus transcaspicus* Klokov) بر اساس تخمین سه مدل ۵ پارامتری بتا، خطوط متقاطع و چند جمله‌ای درجه دوم مقادیر دماهای پایه، مطلوب و حداکثر به ترتیب در دامنه (۳/۸۴- ۱/۲)، (۲۹/۹- ۲۵/۸) و (۴۷- ۴۵) درجه سانتی‌گراد برای توده زراعی و در دامنه (۳/۳- ۱/۰)، (۲۹- ۲۴/۹) و (۴۶- ۴۵) درجه سانتی‌گراد برای توده طبیعی تخمین زده شدند که این مقادیر در سه مدل مورد مطالعه تقریباً با یکدیگر مطابقت داشتند اما درجه تطبیق در مدل ۵ پارامتری بتا و خطوط متقاطع بیشتر بود. بر اساس این نتایج به نظر می‌رسد واکنش جوانه‌زنی بذور توده‌های بذری متفاوت بوده و به شرایط آب و هوایی رویشگاه محل جمع‌آوری بستگی دارد لذا بذور توده طبیعی که از ارتفاعات بالاتری جمع‌آوری شده‌اند سازگاری بهتری به دماهای کمتر نشان دادند (۵). بنابرین با گرم شدن تدریجی هوا و تغییر شرایط آب و هوایی، گیاهان از جمله گیاه‌هرزخارشتر با شرایط جدید تطابق یافته و ممکن است دماهای کاردینال با شرایط جدید تغییر یابد. این امر ایجاب می‌کند با بررسی و تعیین دامنه دمایی مناسب جوانه‌زنی بیوتیپ‌های بذری خارشتر و شناسایی رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی هر کدام از بیوتیپ‌ها در جهت مدیریت استقرار بوته‌های بذری و پیش‌بینی مراحل رشد و نمو و زمان ظهور گیاه‌هرز خارشتر در شرایط آب و هوایی نیشابور اقدام نمود.

منابع

۱- اسماعیلی ا.، مودی س.، طارقیان م. و عالیچی م. ۱۳۸۸. زیست‌شناسی سوسک بذرخوار عامل کنترل بیولوژیک علف‌هرز خارشتر و تاثیر آن روی تولید بذر خارشتر در بیرجند. فصلنامه گیاهپزشکی. (۴) -۱ص ۳۶۷-۳۵۵.

۲- بالندری ا.، رضوانی مقدم پ. و نصیری محلاتی م. ۱۳۹۰. تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذور کاسنی پاکوتاه (*Cichorium pumilum* Jacq.) دومین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد. ص. ۱۸۲۲-۱۸۱۸.

۳- پورطوسی ن.، راشد محصل م.ح. و ایزدی دربندی ا. ۱۳۸۷. تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذرهای خرفه، سلمه و علف خرچنگ. مجله

پژوهش‌های علمی زراعی ایران، جلد ۶، شماره ۲. ص ۲۶۱-۲۵۵.

۴- پهلوانی ا.، راشد محصل م.ح.، میقانی ف.، باغستانی م.، نصیری محلاتی م. و آل ابراهیم م. ۱۳۸۶. بررسی رفتار جوانه‌زنی بذر علف‌هرز کاتوس (*Cynanchus acutum*). مجله پژوهش‌های علمی زراعی ایران، جلد ۵، شماره ۱. ص ۵۲- ۴۷.

۵- تبریزی ل.، کوچکی ع.، نصیری محلاتی م. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۶. ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بذر دو توده زراعی و طبیعی آویشن خراسانی (*Thymus transcaspicus* Klokov) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی. مجله پژوهش‌های علمی زراعی ایران، جلد ۵، شماره ۲. ص ۲۴۹-۲۵۷.

۶- تبریزی ل.، نصیری محلاتی م. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۳. ارزیابی درجه حرارت‌های حداقل، بهینه و حداکثر جوانه‌زنی اسفرزه و پسیلیوم. مجله پژوهش‌های علمی زراعی ایران، جلد ۲، شماره ۲. ص ۱۵۰-۱۴۴.

۷- تکاور س. و محمدی م. ۱۳۸۷. عوامل مولد و ساز و کار تولید شیرابه‌های قندی(مان) در ایران. فصلنامه گیاهان داروئی سال هفتم، دوره چهارم، شماره مسلسل بیست و هشتم. ص ۳۷-۲۸.

۸- درخشان ا.، قرخلو ج. و پراور ع. ۱۳۹۲. برآورد دماهای کاردینال و زمان حرارتی مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذر اویارسلام بذری (*Cyperus difformis*). مجله دانش علف‌های هرز ۹(۱۳۹۲) ۳۸-۲۷.

۹- راشد محصل م.ح.، نجفی ح. و اکبرزاده م. ۱۳۸۰. بیولوژی وکنترل علف‌های هرز. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۰- قنبری ع.، رحیمیان مشهدی ح.، نصیری محلاتی م.، کافی م. و راستگو م. ۱۳۸۴. جنبه‌هایی از اکوفیزیولوژی جوانه زنی شیرین‌بیان در واکنش به دما. مجله پژوهش‌های علمی زراعی ایران، جلد ۳، شماره ۲. ص ۲۷۵-۲۶۴.

۱۱- گنجعلی ع.، پارسا م. و امیری ده احمدی س.ر ۱۳۹۰. برآورد درجه حرارت‌های کاردینال و زمان حرارتی مورد نیاز برای جوانه‌زنی و سبز شدن ژنوتیپ‌های نخود. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. جلد ۲، شماره ۲. ص ۱۰۸-۹۷.

۱۲- ناقدی‌نیا ن. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۸. ارزیابی درجه حرارت‌های حداقل، بهینه و حداکثر جوانه‌زنی کرامب. مجله پژوهش‌های علمی زراعی ایران، جلد ۷، شماره ۲. ص ۴۵۶- ۴۵۱.

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

14- Adam, N.R., Dierig D.A., Coffelt T.A., and Wintermeyer M.J. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. Industerial Crops and Products, 25: 24-33.

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

16- Andreucci M., Black A.D., and Moot D.J. 2012. Cardinal temperatures and thermal time requirements for germination of forage brassicas. Agronomy New Zealand 42:181-191.

17- Ball, W.S., and Robbins W.W. 1933. Camelthorn, *Alhagicamelorum* (Fisch.). Monthly Bulletin of the California State Department of Agriculture, 22:258-260.

18- Barati M., Bazoobandi M., and SadrabadiHaghighi R. 2008. Physiological Response of *Alhagipseudoalhagi* to Root Exhausting Management During Fallow Season. Iranian Journal of Weed Science, 2(2): 84-95.

19- Behdani M.A., Koocheki A., Nassiri M., and Rezvani P. 2008. Models of predict flowering time in the main Saffron production regions of Khorasan province. Jornal of Applied Sciences, 8 (5): 907-909.

20- Bewley J.D., and Black M. 1994. seeds: Physiology of development and germination, 2 eds. Plenum Press, New York, USA.

21- Bewley J.D., Bradford K.J., Hilhorst H.W.M., and Nonogaki H. 2012. Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy, Thrid Edition. Press, Springer New York, Heidelberg Dordrecht London.

22- Cave R.L., Colin J.B., Graeme L.H., John E.E., and Margaret E.J. 2011. Cardinal Temperatures and Thermal Time for Seed Germination of *Brunoniaaustralis*(Goodeniaceae) and *Calandrinia*sp. (Portulacaceae). HORTSCIENCE, 46(5):753–758.

23- Ditomaso J., and Erelyn A.H. 2007. Weeds of California and other Western States. Vol 1. Univesity of California Agriculture and Natural Resources Publication, 3488.

24- Dumur D., Pilbeam C.J., and Craigon J. 1990. Use of the Weibul function to calculate cardinal temperatures in faba bean. Journal of Experimental Botany., 41: 1423-1430.

25- Ellis R.H., and Barrett S. 1988. Alternating temperatures and rate of seed germination in Lentil. Annals of Botany, 74: 519-524.

26- Hardegree S. 2006a. Predicting germination response to temperature. I. Cardinaltemperature models and subpopulation-specific regression. Annals of Botany, 97: 11151125.

27- Jami Al-Ahmadi M., and Kafi M. 2007. Cardinal temperatures for germination of *Kochiascoparia* (L). Journal of Arid Environments, 68: 308-314.
28- Kamkar B., Ahmadi M., Mahdavi-Damghani A., and Villalobos F J. 2012. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaversomniferum L.*) seeds to germinate using non-linear regression models. Industrial Crops Products, 35:192-198.
29- Kamkar B., Koocheki A.R., Mahalati M.N., and Moghaddam P.R. 2006. Cardinal temperature for germination in three millet species (*Panicummiliaceum*, *Pennisetumglaucum* and *Setariaitalica*). Asian Journal of Plant Science., 5: 316–319.
30- LUO J., andcardina J. 2011. Germination patterns and implications for invasiveness in three Taraxacum (Asteraceae) species. Department of Horticulture and Crop Science, The Ohio State University, Columbus, OH, USA, and Department of Horticulture and Crop Science, The Ohio State University, Wooster, OH, USA.
31- Maguire J.D. 1962. Speed of Germination-Aid in Selection and Evaluation for Seedling Emergence and Vigor. Crop Science, 2: 176-177.
32- Pourreza J.m and Bahrani A. 2012. Estimating Cardinal Temperatures of Milk Thistle(*Silybummarianum*) Seed Germination.Am-Euras. Journal Agriculture and Environment Science, 12 (8): 1030-1034.
33- SadrabadiHaghighi R., and Sazevari G. 2011. Evaluation of effect on *Alhajipseudlhaji* germination response to salinity and temperature. World Applied Sciences Journal, 13 (1): 157-164.
34- Saeid Z.S. 2006. Study of Cardinal Temperatures for Pumpkin (*Cucurbitapepo*) Seed Germination. Journal of Agronomy, 5: 95-97.
35- Saeidnejad A.H., Kafi M., and Pessarakli M. 2012. Evaluation of cardinal temperatures and germination responses of four ecotypes of *Buniumpersicum* under different thermal conditions. 2012. International Journal Agriculture Crop Science., 4 (17): 1266-1271.