ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بذر دو توده زراعی و طبیعی آویشن خراسانی (*Thymus transcaspicus* Klokov) با استفاده از مدلهای رگرسیونی

لیلا تبریزی، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و پرویز رضوانی مقدم[1]

چکیده

به منظور ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی و تعیین درجه حرارتهای کاردینال جوانه‌زنی آویشن خراسانی، آزمایشی با دو توده بذری زراعی و طبیعی در دماهای ثابت ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و۴۵ درجه سانتیگراد در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. دو توده بذری به منظور بررسی تفاوت ویژگیهای جوانه‌زنی بر اساس سه مدل رگرسیونی: ۵-پارمتری بتا، خطوط متقاطع و چند جمله‌ای درجه دوم مورد آزمون قرار گرفتند. اثر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی در هر دو توده بذری معنی‌دار بود. در هر دو توده بذری، بالاترین درصد جوانه‌زنی در دامنه حرارتی ۳۰°C-۱۰ در حالیکه بالاترین سرعت جوانه‌زنی در درجه حرارت ۳۰°C مشاهده شد. اگرچه میانگین درصد وسرعت جوانه‌زنی برای توده بذری زراعی بیشتر از توده بذری طبیعی بود اما نوسانات درصد و سرعت جوانه‌زنی در واکنش به درجه حرارت در توده طبیعی بیشتر نمایان بود. بهترین مدل برازش داده شده در دماهای ذکر شده، مدل ۵-پارامتری بتا و خطوط متقاطع برای هر دو توده بذری بود با وجود این، مدل ۵-پارامتری بتا مناسبترین برازش را خصوصا برای توده طبیعی نشان داد. بر اساس رگرسیون بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت در هر دو توده بذری، درجه حرارتهای کاردینال جوانه‌زنی (پایه، مطلوب و حداکثر) به ترتیب (۳/۸۴- ۱/۲)، (۲۹/۱- ۲۵/۸) و (۴۸-۴۵) درجه سانتیگراد برای توده زراعی و (۳/۳-۱/۰)، (۲۹-۲۴/۹) و (۴۶-۴۵) درجه سانتیگراد برای توده طبیعی بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، درجه حرارتهای کاردینال، مدلهای رگرسیونی، سرعت جوانه زنی..

مقدمه

جوانه‌زنی مرحله‌ای بحرانی در چرخه حیات گیاهان بوده و اغلب پویایی جمعیت را کنترل می‌کند (۲۱). جوانه‌زنی فرآیند فیزیولوژیکی کاملی است که توسط عوامل محیطی متعددی مانند درجه حرارت، رطوبت و نور تحت تاثیر قرار می‌گیرد و در این میان درجه حرارت تاثیر مهمی بر خواب و جوانه‌زنی بذور دارد (۵). در تمامی موجودات، درجه حرارت سرعت متابولیسم و بدنبال آن سرعت رشد و توسعه آنها را تعیین می‌کند (۲۵). از آنجا که درجه حرارت اثرات قابل توجهی بر ویژگیهای جوانه‌زنی از جمله شروع، درصد و سرعت جوانه‌زنی دارد، بنابر این بحرانی ترین عاملی است که موفقیت یا عدم موفقیت در استقرار گیاه را تعیین می‌کند (۱۸).

درجه حرارتهای کاردینال جوانه زنی، عموما بستگی به دامنه سازگاری محیطی یک گونه دارد و تطابق زمان جوانه‌زنی با شرایط مطلوب برای مراحل بعدی رشد و توسعه گیاهچه را تضمین می‌نماید (۵). بطور کلی سه درجه حرارت (حداقل، مطلوب و حداکثر) به عنوان درجه حرارتهای کاردینال می‌باشند که بذور هر گونه مشخص می‌توانند در این دامنه از درجه حرارت جوانه بزنند (۷). درجه حرارت حداقل یا پایه(T_b)[2]، کمترین درجه حرارتی است که جوانه‌زنی اتفاق می‌افتد. درجه حرارت مطلوب (T_o)[3]، درجه حرارتی است که در آن جوانه‌زنی بیشترین سرعت را داشته و درجه حرارت حداکثر (T_m)[4]، بالاترین

۱- به ترتیب دانشجوی دکتری ، واعضای هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

2- Base Temperature 3- Optimum Temperature 4- Maximum Temperature

درجه حرارتی است که بذور قادر به جوانه‌زنی می‌باشند (۵، ۱۹ و۲۷).

به منظور تعیین درجه حرارتهای کاردینال برای جوانه‌زنی و مراحل رشد اولیه گیاهچه، این فرآیندها در دامنه‌ای از درجه حرارتهای مختلف مورد آزمون قرار می‌گیرند. درجه حرارتهای کاردینال برای جوانه‌زنی در بیشتر گیاهان زراعی تقریبا مشابه درجه حرارتهای کاردینال لازم برای رشد رویشی می‌باشند. با وجود این برای برخی گونه ها، درجه حرارتهای کاردینال جوانه‌زنی ممکن است از درجه حرارت کاردینال رشد ریشه یا ساقه متفاوت باشد (۳).

درجه حرارت می‌تواند درصد و سرعت جوانه‌زنی را از طریق تاثیر بر زوال بذر، کاهش خواب بذر و کلیه فرایندهای جوانه‌زنی تحت تاثیر قرار دهد (۲۰). بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی و توسعه سریع گیاهچه برای استقرار مناسب گیاه مهم می‌باشند و عوامل محیطی مانند درجه حرارت و رطوبت خاک می‌توانند بر این خصوصیات اثرات نامطلوبی داشته باشند (۱۷). رشد سریع باعث می‌شود که ریشه چه قبل از خشک شدن سطح خاک بتواند وارد خاک شده و استقرار یابد (۱۳). علاوه بر این جوانه‌زنی سریع تحت شرایط نامطلوب دمایی یعنی زمانی که علفهای هرز قادر به رقابت نیستند، مناسبترین راه برای استقرار مطلوب گیاه می‌باشد (۱۷).

گزارشهای متعددی در مورد خصوصیات جوانه‌زنی گونه های مختلف گیاهی اعم از گیاهان زراعی، مرتعی و دارویی وجود دارد (۱، ۲، ۳، ۶، ۱۷، ۱۸و ۱۹). جامی الاحمدی و کافی (۱۸) در تحقیق خود به منظور تعیین درجه حرارت کاردینال جوانه‌زنی گونه *Kochia scopa*ria ، عنوان کردند که این گیاه در دامنه‌ای وسیع از درجه حرارت از ۳/۵°C (درجه حرارت پایه)، تا ۵۰°C (درجه حرارت حداکثر) قادر به جوانه‌زنی بوده و درجه حرارت مطلوب جوانه‌زنی آن ۲۴°C می‌باشد. نتایج تحقیق بنایان و همکاران (۶) در بررسی خصوصیات جوانه‌زنی تعدادی از گیاهان دارویی ایران حاکی از آن است که بالاترین درصد جوانه‌زنی در دامنه ۳۰-۲۰ °C برای پونه سای بینالودی (*Nepeta binaludensis*) و پونه سای البرزی (*Nepeta crassifolia*)، هم چنین ۲۰-۱۵°C برای آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*)، ۲۵-۲۰ °C برای پونه سای انبوه (*Nepeta glomerulosa*) و ۳۰-۱۵°C برای آویشن البرزی (*Thymus kotschyanus*)، رونـاس (*Rubia tinctorum*) و بومادران (*Achillea millefolium* ssp. *elburensis*) بدست آمد. در آزمایشی بر اساس رگرسیون خطی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت، درجه حرارتهای کاردینال (پایه، مطلوب و حداکثر) به ترتیب شامل ۴/۴، ۱۹/۰ و ۲۵/۵ درجه سانتیگراد برای اسفرزه (*Plantago ovat*a) و۹/۴، ۲۸/۸ و ۳۵ درجه سانتیگراد برای پسیلیوم (*Plantago psyllium*) بدست آمد (۱).

متغیرهای درجه حرارت کاردینال معمولا یا بصورت مقادیر ثابتی تعیین می‌شوند و یا به گونه‌ای تخمین زده می‌شوند که بطور نرمال یالگاریتم نرمال درون یک جمعیت بذری مشخص تعمیم داده شوند (۱۵). مدلهای ریاضی متعددی برای توصیف الگوی جوانه‌زنی در واکنش به درجه حرارت ارائه شده‌اند (۱۰ و ۱۲). برخی از این مدلها برای پیش بینی واکنش جوانه‌زنی تجمعی بکار می‌روند و درجه حرارتهای کاردینال و ضرایب مدل را برای مقایسه توده های بذری نیز پیش بینی می‌کنند (۱۶، ۲۶ و ۳۰). هاردیگری(۱۵) سه مدل درجه حرارت کاردینال جوانه‌زنی حرارتی، رگرسیون غیر خطی و روش رگرسیون خطی دو قطعه‌ای را مورد آزمون قرار داد و ملاحظه کرد که دقت پیش بینی سرعت جوانه‌زنی و زمان جوانه‌زنی را می‌توان با استفاده از مدلهای تجربی که کمترین فرضیات از پیش تعیین شده را دارند، افزایش داد. آلن(۴) عنوان کرد که مدلهای درجه حرارت کاردینال کاربردهای دیگری نیز دارند بطوریکه ضرایب این مدلها می‌توانند با فرایندهای فیزیولوژیکی خاصی همبستگی داشته باشد.

بطور کلی عکس زمان مورد نیاز برای تکمیل یک مرحله رشد و نمو، با سرعت رشد و نمو همبستگی دارد. رابطه خطی معکوسی بین زمان مورد نیاز برای رسیدن به یک میزان مشخص جوانه‌زنی (بعنوان مثال: ۲۰ یا ۵۰٪) و درجه حرارت در طی جوانه‌زنی وجود دارد (۱۸). مدل

1- Antagonistic 2- Synergistic 3- Biomass

خطوط متقاطع (۱۸، ۱۹، ۲۲ و ۲۶) و مدل ۵-پارامتری بتا (۳۲) دو سری از مدلهای رگرسیونی هستند که در برخی مطالعات مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

آویشن خراسانی یک گونه دارویی و معطر است که بطور طبیعی در مناطق شمالی استان خراسان واقع در شمال شرق ایران رشد می‌کند (۲۸). این گونه مصارف متعددی توسط مردم بومی در غذا و نوشیدنی و همچنین طب سنتی به عنوان گونه‌ای دارویی دارد. بهره برداری بی رویه از عرصه های طبیعی توسط جوامع محلی، این گونه دارویی را در معرض تهدید قرار داده است و لذا بنظر می‌رسد که بهره برداری پایدار این گونه از عرصه های طبیعی همراه با گزینه های دیگری از جمله اهلی سازی برای حفاظت و بهره برداری مناسب این گونه مورد نیاز باشد.

از آنجا که اهلی سازی گونه های گیاهی طبیعی نیازمند آگاهی از نیازهای رشدی و همچنین جوانه‌زنی بذر می‌باشد (۸)، هدف از این مطالعه ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی دو توده بذری زراعی و طبیعی آویشن خراسانی بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی رفتار جوانه‌زنی آویشن خراسانی، مطالعه‌ای تحت شرایط آزمایشگاهی در سال ۸۶-۱۳۸۵ با مشخصات و روش زیر صورت گرفت:

- **بذور:** دو توده بذری متفاوت در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. یک توده حاصل از بذور جمع آوری شده از رویشگاه طبیعی این گونه واقع در شمال خراسان، منطقه تیوان (بطول جغرافیایی E ′۳۵ °۵۸ و عرض جغرافیایی N ′۲۷ °۳۷ و ارتفاع ۲۲۹۰ متر) و توده دیگر حاصل از بذور جمع آوری شده از یک توده زراعی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (بطول جغرافیایی E ′۲۸ °۵۹ و عرض جغرافیایی N ′۱۵ °۳۶ و ارتفاع ۹۸۵ متر) بودند.

- **آزمایش های جوانه زنی:** ارزیابی واکنش جوانه‌زنی در دماهای ثابت ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتیگراد تحت فتوپریود ۱۲ ساعت نور/ ۱۲ ساعت تاریکی و متوسط رطوبت ۶۰-۵۰٪ در اتاقک رشد انجام گرفت. در هر تیمار حرارتی، ۴ تکرار برای هر توده بذری بطور جداگانه در نظر گرفته شد. برای هر تکرار ۲۵ عدد بذر انتخاب و در پتری دیشهایی به قطر ۹ سانتیمتر، حاوی کاغذ صافی واتمن که توسط آب مقطر به مقدار کافی مرطوب شده بودند، قرار گرفتند. سپس پتری دیشهای حاوی بذور هر توده به اتاقک رشد در دماهای ثابت مورد نظر منتقل شدند. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی در نظر گرفته شد. جهت حفظ رطوبت و تبادل حرارتی مناسب، کاغذ صافی درون پتری دیشها در طی آزمایش مرطوب نگهداشته شد. شمارش بذور جوانه زده پس از ۲۴ ساعت از شروع آزمایش، هر روز انجام گرفته و تا زمانی که تعداد تجمعی بذورجوانه زده به یک حد ثابت رسید (تا ۲۱ روز) و یا زمانی که ۱۰۰٪ جوانه‌زنی حاصل شد بطور مرتب و مداوم صورت گرفت. مبنای جوانه‌زنی بذور خروج ریشه چه از پوسته بذر و قابل رؤیت بودن آن با چشم غیر مسلح بود (۳ و ۹).

- **تجزیه های آماری:** درصد و سرعت جوانه‌زنی هر توده بذری در هر درجه حرارت محاسبه شد. با شمارش بذور جوانه زده، زمان رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی برای هر توده بذری با استفاده از درون یابی خطی بین درصد جوانه‌زنی روزانه از منحنی جوانه‌زنی تجمعی محاسبه شد (۱۰ و۱۱) و سپس سرعت جوانه‌زنی براساس عکس زمان رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی (1/GD50) محاسبه گردید (۳ و ۱۴). تعیین درجه حرارتهای کاردینال (پایه، مطلوب و حداکثر) با استفاده از مدلهای رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت‌های مختلف صورت گرفت که در آنها درجه حرارتهای مختلف بعنوان متغیر مستقل (محور X) و سرعت جوانه‌زنی بعنوان متغیر وابسته (محور Y) در نظر گرفته شدند.

۱- مدل خطوط متقاطع (ISL)[1] با استفاده از معادلات زیر (۲۲، ۲۶ و ۳۱):

$$f = \text{if } (T<T_o, \text{ region 1 } (T), \text{ region 2 } (T)) \quad (۱)$$

$$\text{Region 1}(T) = b\,(T-T_b) \quad (۲)$$

$$\text{Region 2}(T) = c\,(T_m-T) \quad (۳)$$

۲- مدل ۵-پارامتری بتا (FPB)[2] با استفاده از معادلات

1- Intersected-lines Model 2- Five-Parameters Beta Model

زیر (۳۲):

$$f= \exp(\mu)(T-T_b)^{\alpha}(T_m-T)^{\beta} \quad (۴)$$

$$T_o=(\alpha T_m+\beta T_b)/(\alpha+\beta) \quad (۵)$$

۳- مدل چند جمله‌ای درجه ۲ (QPN)[1] با استفاده از معادلات زیر:

$$f= a+ bT+ c T^2 \quad (۶)$$

$$T_o = b+ 2cT \quad (۷)$$

لازم به ذکر است که در معادله ۵-پارامتری بتا و چند جمله‌ای درجه دوم، درجه حرارت مطلوب (معادله ۵ و ۷) از مشتق اول معادلات ۴ و ۶ محاسبه گردید.

در تمامی مدلهای ذکر شده، f سرعت جوانه‌زنی (۱/ روز)، T درجه حرارت (°C)، T_b، T_o، T_m به ترتیب درجه حرارتهای پایه، مطلوب و حداکثر و همچنین μ، α، β، a، b و c بعنوان ضرایب رگرسیون در نظر گرفته شدند. داده های بر حسب درصد، قبل از آنالیز آماری، براساس $\sqrt{x/100}$ Arcsin تبدیل داده شدند و آنالیز واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS, version 2002 و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. جهت برازش مدلها با استفاده از روشهای رگرسیونی، از نرم افزار SigmaPlot version 7.0. 2001 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اثر تیمارهای مختلف درجه حرارت بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور آویشن خراسانی در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج موجود، اختلاف میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور جمع آوری شده از رویشگاه طبیعی و مزرعه در درجه حرارتهای مختلف معنی‌دار بود ($P<0/05$) بطوریکه در دامنه حرارتی ۳۰-۱۰ درجه سانتیگراد بالاترین درصد جوانه‌زنی برای هر دو توده بذری مشاهده شد، هرچند که این مقدار در دامنه حرارتی ۲۰-۱۵ درجه سانتیگراد قابل ملاحظه تر بود. با وجودیکه روند واکنش جوانه‌زنی به درجه حرارت در هر دو توده بذری مشابه بود اما میانگین درصد جوانه‌زنی برای توده زراعی (۶۸/۱٪) بیشتر از توده طبیعی (۵۲٪) بود. در هر دو توده بذری، جوانه‌زنی در دمای کمتر از ۵ و بیشتر از ۴۰ درجه سانتیگراد متوقف شد (جدول ۱).

بذور توده طبیعی واکنش بهتری به درجه حرارت کمتر (۵ °C) نسبت به توده زراعی نشان داد بطوریکه میانگین درصد جوانه‌زنی در دمای ۵ °C برای توده طبیعی حدود سه برابر بیشتر از توده زراعی بود در حالیکه در دمای بالاتر (۴۰ °C) میانگین درصد جوانه‌زنی در توده زراعی حدود دو برابر بیشتر از توده طبیعی بود. بطور کلی با افزایش درجه حرارت تا ۲۰ °C، درصد جوانه‌زنی برای هر دو توده بذری افزایش یافت و پس از آن روند کاهشی ملاحظه شد. با وجود این، چنین روندی برای توده بذری طبیعی از نوسانات بیشتری برخوردار بود (جدول ۱).

سرعت جوانه‌زنی نیز روندی مشابه با درصد جوانه‌زنی برای هر دو توده بذری در واکنش به درجه حرارتهای مورد مطالعه داشت اما لزوما بالاترین سرعت جوانه‌زنی با بالاترین درصد جوانه‌زنی تطابق نداشت. به عبارت دیگر در حالیکه بالاترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتیگراد به ترتیب برای توده بذری طبیعی و زراعی بدست آمد، بالاترین مقدار سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۰ °C برای هر دو توده بذری حاصل شد.

میانگین سرعت جوانه‌زنی در دو توده بذری زراعی و

جدول ۱: میانگین درصد جوانه‌زنی تجمعی و سرعت جوانه‌زنی در درجه حرارتهای ثابت در دو توده بذری آویشن خراسانی.

درجه حرارت (°C)	جوانه‌زنی (٪)		سرعت جوانه‌زنی (۱/ روز)	
	توده زراعی	توده طبیعی	توده زراعی	توده طبیعی
۲	۰ d	۰ c	۰/۰۰ d	۰/۰۰ d
۵	۴ d	۱۲ c	۰/۰۶ cd	۰/۰۸ d
۱۰	۸۹ a	۷۰ a	۰/۲۹ c	۰/۲۵ dc
۱۵	۹۴ a	۷۹ a	۰/۳۰ c	۰/۳۰ bc
۲۰	۹۶ a	۷۴ a	۰/۵۴ ab	۰/۵۲ a
۲۵	۹۰ a	۷۷ a	۰/۶۹ a	۰/۵۷ a
۳۰	۸۵ a	۷۰ a	۰/۷۶ a	۰/۶۱ a
۳۵	۶۳ b	۴۹ b	۰/۷۰ a	۰/۴۸ ab
۴۰	۲۴ c	۱۰ c	۰/۳۵ bc	۰/۲۵ c
۴۵	۰ d	۰ c	۰/۰۰ d	۰/۰۰ d

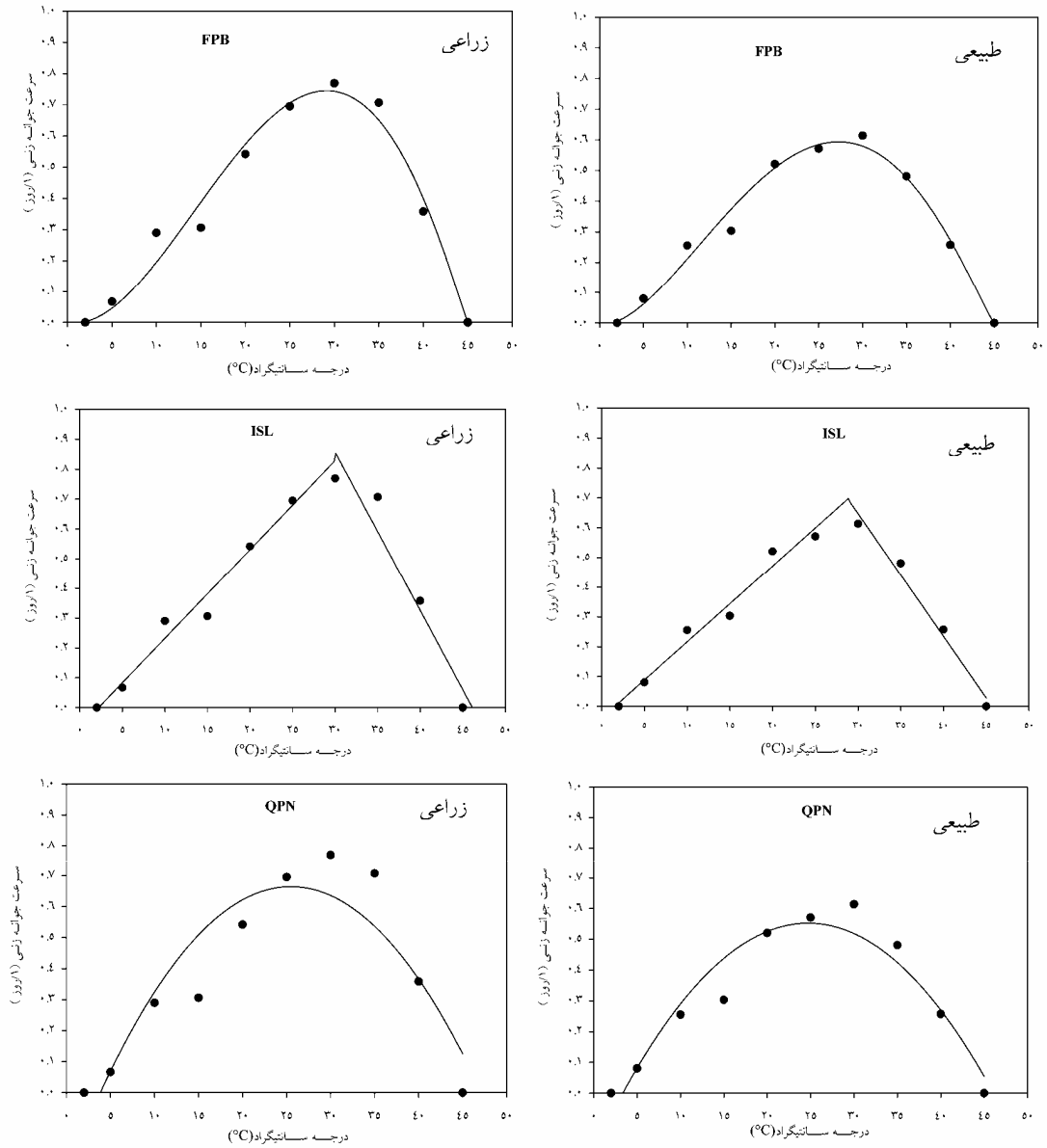
در هر ستون، میانگین های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارند ($P<0/05$).

1- Quadratic Polynomial Model

جدول ۲: مقادیر درجه حرارتهای کاردینال جوانه‌زنی آویشن خراسانی بر اساس سه مدل برازش داده شده

درجه حرارت (C)	مدل۵-پارامتری بتا		مدل خطوط متقاطع		مدل چند جمله‌ای درجه دوم	
	توده زراعی	توده طبیعی	توده زراعی	توده طبیعی	توده زراعی	توده طبیعی
پایه	۱/۲۰	۱/۰۴	۲/۲۲	۱/۵۴	۳/۸۴	۳/۳۶
مطلوب	۲۹/۱۳	۲۷/۲۳	۲۹/۹۹	۲۹/۰۰	۲۵/۸۲	۲۴/۹۵
حداکثر	۴۵/۰۰	۴۵/۰۰	۴۶/۱۳	۴۵/۶۸	۴۷/۱۴	۴۶/۰۸
r^2	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۸۴	۰/۹۱

r^2: ضریب تبیین ($P<0/05$)

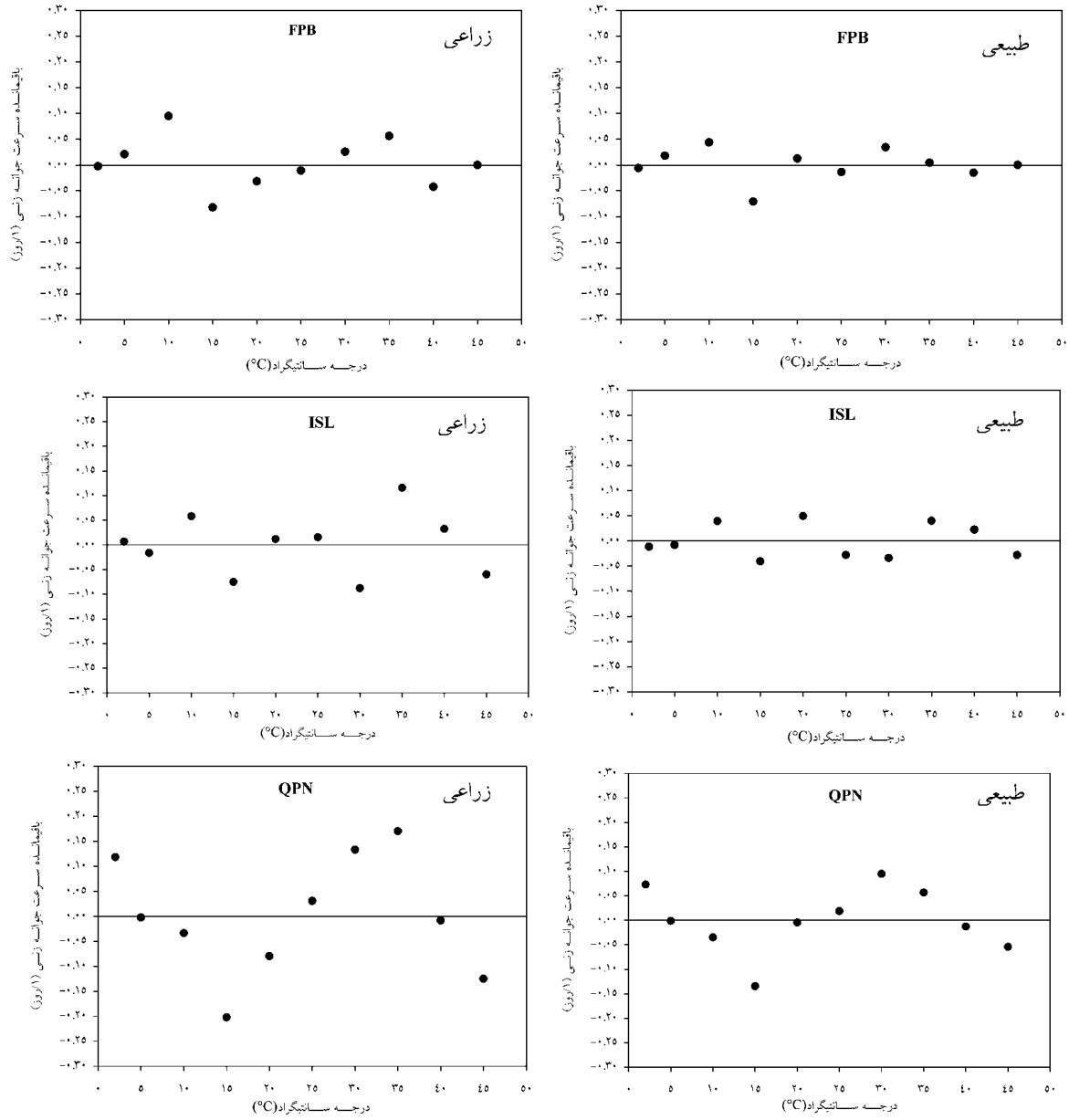


شکل۱: تاثیر درجه حرارتهای مختلف بر سرعت جوانه‌زنی دو توده بذری طبیعی و زراعی آویشن خراسانی بر اساس برازش سه مدل ۵-پارامتری بتا (FPB)، خطوط متقاطع (ISL) و چندجمله‌ای درجه دوم (QPN).

طبیعی مورد مطالعه در دامنه‌ای از درجه حرارت ۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد بترتیب برابر ۰/۴۶۳ و ۰/۳۸۲ در روز بود (جدول ۱).

گزارشات متعددی حاکی از اثر افزایشی درجه حرارت تا نقطه‌ای خاص بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور می‌باشند (۱، ۲، ۶ و ۱۷). در مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی اثر درجه حرارتهای مختلف بر درصد و سرعت جوانه‌زنی در چندین گونه دارویی از خانواده نعناعیان صورت گرفت، ملاحظه شد افزایش درجه حرارت از ۲۵ و یا ۳۰ درجه سانتیگراد به ترتیب سبب کاهش معنی‌دار سرعت و درصد جوانه‌زنی گونه های پونه سای بینالودی (*N. binaludensis*)، پونه سای انبوه (*N. glomerulosa*)، پونه سای البرزی (*N. crassifolia*)، آویشن شیرازی (*Z. multifelora*) و آویشن البرزی (*T. kotschyanus*) شد (۶). روند مشابهی نیز برای گونه پونه سای بینالودی گزارش شده است (۲).

بطور کلی نوسانات درصد و سرعت جوانه‌زنی در



شکل ۲: مقادیر خطای باقیمانده برای سرعت جوانه‌زنی در سه مدل برازش داده شده ۵-پارامتری بتا (FPB)، خطوط متقاطع (ISL) و چندجمله‌ای درجه دوم (QPN).

واکنش به درجه حرارت در توده بذری طبیعی نسبت به توده زراعی بیشتر بود. این امر می‌تواند به یکنواختی بیشتر بذور در توده زراعی در مقایسه با توده طبیعی نسبت داده شود. بدین ترتیب تفاوتهای موجود در اکوتیپهای مختلف می‌تواند از دلایل وجود نوسانات بیشتر در خصوصیات ذکر شده برای توده طبیعی باشد. آدام (۳) اظهار داشت که که واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به درجه حرارت در میان گونه ها و حتی توده های درون یک گونه میتواند تفاوت داشته باشد. به عنوان مثال توده های بذری مختلف کلزا دارای سرعتهای جوانه‌زنی متفاوتی در دمای $10\ ^{\circ}C$ بودند اما در دمای ۲۲ و ۲۵ درجه سانتیگراد سرعت جوانه‌زنی مشابه بود (۲۴). انتظار میرود که دماهای بالا علاوه بر کاهش سرعت جوانه زنی، سبب زوال بذر نیز شوند (۱۵). برخی مطالعات حاکی از آن است که بطور معمول با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی حداقل در یک دامنه دمایی مناسب بطور خطی افزایش می‌یابد ولی در دماهای بالاتر از آن افت شدیدی نشان می‌دهد (۲۳). بذور گیاهان اهلی جوانه‌زنی سریعتر و همزمان دارند که این امر سبب یکنواختی بیشتر در رسیدن محصول به هنگام برداشت می‌شود. در حالیکه در گیاهان وحشی بعلت خواب بذر و پوسته سخت بذر، جوانه‌زنی با تاخیر بیشتر و غیر یکنواخت تری صورت می‌گیرد (۲۹).

در شکل ۱ و جدول ۲، درجه حرارتهای کاردینال با استفاده از برازش مدلهای مختلف ارزیابی شدند.

بر اساس تخمین سه مدل مورد نظر، ۵-پارامتری بتا، خطوط متقاطع و چندجمله‌ای درجه دوم، مقادیر درجه حرارتهای پایه، مطلوب و حداکثر به ترتیب در دامنه (۳/۸۴-۱/۲)، (۲۹/۹-۲۵/۸) و (۴۷-۴۵) درجه سانتیگراد برای توده زراعی بدست آمد که این مقادیر در سه مدل مورد مطالعه تقریبا با یکدیگر مطابقت داشتند اما درجه تطبیق در مدل ۵-پارامتری بتا و خطوط متقاطع بیشتر بود. این امر در مورد بذور توده طبیعی نیز صادق بود و دامنه (۳/۳-۱/۰)، (۲۹-۲۴/۹) و (۴۶-۴۵) درجه سانتیگراد به ترتیب به عنوان درجه حرارتهای پایه، مطلوب و حداکثر تخمین زده شدند (جدول ۲). بر مبنای سه مدل پیشنهادی، درجه حرارتهای کاردینال تخمین زده شده برای توده بذری زراعی در بالاترین مقدار بود (شکل ۱ و جدول ۲). مقادیر خطای باقیمانده برای سرعت جوانه‌زنی در شکل ۲ ارائه شده است.

در مجموع کلیه مدلها نوسانات نسبی در خطای باقیمانده در دو توده بذری نشان دادند که این امر میتواند ناشی از دقت و ماهیت مدل مورد مطالعه باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود، مدل ۵-پارامتری بتا و خطوط متقاطع بهترین مدلهای برازش داده شده برای دو توده بذری بودند. با وجود این مدل ۵-پارامتری بتا بهترین برازش را خصوصا در توده بذری طبیعی داشت (جدول ۲).

بطور کلی واکنش جوانه‌زنی بذور آویشن خراسانی به درجه حرارت در بین دو توده بذر طبیعی و زراعی متفاوت بود و بذور حاصل از توده طبیعی که از رویشگاه طبیعی و ارتفاعات بالاتر جمع‌آوری شده بودند، سازگاری بهتری به درجه حرارتهای کمتر نشان دادند و همچنین بعلت وجود اکوتیپهای مختلف دراین توده بذری نوسانات بیشتری در جوانه‌زنی آنها مشاهده شد و درجه حرارتهای کاردینال برای توده بذر طبیعی درمقایسه با توده زراعی تاحدودی کمتربود.

منابع

۱- تبریزی، ل.، ع. کوچکی و م.نصیری محلاتی. ۱۳۸۳. ارزیابی درجه حرارتهای کاردینال جوانه‌زنی دو گونه اسفرزه (*Plantago ovata*) و (*Plantago psyllium*). مجله پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۲. ص. ۱۵۰-۱۴۳.

۲- نجفی، ف.، ع. کوچکی، پ. رضوانی مقدم و م. راستگو. ۱۳۸۶. بررسی خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی بومی و در حال انقراض پونه سای بینالودی (*Nepeta binaludensis Jamzad*). مجله پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۴. ص.۳۹۲-۳۸۵.

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

4 - Allen, P. A. 2003. When and how many? Hydrothermal models and the prediction of seed germination. New Phytologist. 158: 1-3.

5 - 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.

6 - Bannayan, M., F. Nadjafi, M. Rastgoo and L. Tabrizi. 2006. Germination properties of some wild medicinal plants from Iran. Journal of Seed Technology. 28: 80-86.

7 - Bewley, J. D. and M. Black. 1994. *Seeds: Physiology of development and germination*, 2nd eds. Plenum Press, New York, USA.
8 - Bhattacharga, A., P. K. Nagar and P. S. Ahuja. 2000. Seed germination of *Rumex hastatus* D. Don. Seed Science and Technology. 28: 67-74.
9 - Brandel, M. and K. Jensen. 2005. Effect of temperature on dormancy and germination of *Eupatorium cannabinum* L. achenes. Seed Science Research. 15: 143-151.
10 - Covell, S., R. H. Ellis, E. H. Roberts, R. J. Summerfield. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. Journal of Experimental Botany. 37: 705-715.
11 - Dumur, D., C. J. Pilbeam and J. Craigon. 1990. Use of the Weibul function to calculate cardinal temperatures in faba bean. Journal of Experimental Botany. 41: 1423-1430.
12 - Ellis, R. H. and P. D. Butcher. 1988. The effects of priming and natural differences in quality amongst onion seed lots on the response of the rate of germination to temperature and the identification of the characteristics under genotypic control. Journal of Experimental Botany. 39: 935-950.
13 - Evers, G. W. 1991. Germination response of subterranean, berseem and rose clovers to alternating temperatures. Agronomy Journal. 83: 1000-1004.
14 - Flores, J. and O. Briones. 2001. Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. Journal of Arid Environment. 47: 485-497.
15 - Hardegree, S. 2006a. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal temperature models and subpopulation-specific regression. Annals of Botany. 97: 1115-1125.
16 - Hardegree, S. P. and A. H. Winstral. 2006b. Predicting germination response to temperature. II. Three-dimensional regression, statistical gridding and iterative-probit optimization using measured and interpolated-subpopulation data. Annals of Botany. 98: 403-410.
17 - Iannucci, A., N. Di Fonzo, and P. Martiniello. 2000. Temperature requirements for seed germination in four annual clovers grown under two irrigation treatments. Seed Science and Technology. 28: 59-66.
18 - Jami Al-Ahmadi, M. and M. Kafi. 2007. Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* (L). Journal of Arid Environments. 68: 308-314.
19 - Kamkar, B., A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and P. Rezvani Moghaddam. 2006. Cardinal temperatures for germination in three millet species (*Panicum miliaceum*, *Pennisetum glaucum* and *Setaria italica*). Asian Journal of Plant Sciences. 5: 316-319.
20 - Kebreab, E. and A. J. Murdoch. 1999. A model of the effects of a wide range of constant and alternating temperatures on seed germination of four *Orobanche* species. Annals of Botany. 84: 549-557.
21 - Keller, M. and J. Kollmann. 1999. Effects of seed provenance on germination of herbs for agricultural compensation sites. Agriculture, Ecosystem and Environment. 72: 87-99.
22 - Kocabas, Z., J. Craigon and S. N. Azam-Ali. 1999. The germination response of Bambara groundnut (*Vigna sublerrannean* (L)Verdo) to temperature. Seed Science and Technology. 27: 303 -313.
23 - Mwale, S. S., S. N. Azam-Ali, J. Clark., R. G. Bradley and M. R. Chatha. 1994. Effect of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annus* L.). Seed Science and Technology. 22: 565-571.
24 - Nykiforuk, C. L. and A.M. Johnson-Flanagan. 1994. Germination and early seedling development under low temperature in canola. Crop Science. 34: 1047-1054.
25 - Oliver, F. C. and J. G. Annandale. 1998. Thermal time requirements for the development of green pea (Pisum sativum L.). Field Crop Research. 56: 301-307.
26 - Phartyal, SS., RC. Thapliyal, JS. Nayal, MMS. Rawat and G. Joshi. 2003. The influences of temperatures on seed germination rate in Himalayan elm (Ulmus wallichiana). Seed Science and Technology. 31: 83-93.
27 - Ramin, A. A. 1997. The influence of temperature on germination of taree Irani (Allium ampeloprasum L. spp. Iranicum W.). Seed Science and Technology. 25: 419-426.
28 - Rechinger, K.H. 1982. Flora Iranica. Labiatae. 1th ed. Akademische Druck- u. Verlagsanstalt. Austeria. No. 152.
29 - Rojas-Arechiaga, M., A. Casas and C. Vazquez-Yanes. 2001. Seed germination of wild and cultivated Stenocereus stellatus (Cactaceae) from the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Central Mexico. Journal of Arid Environment. 49: 279-287.
30 - Steinmaus, SJ., TS. Prather and JS. Holt. 2000. Estimation of base temperatures for nine weed species. Journal of Experimental Botany. 51: 275-286.
31 - Summerfield, R. J., R. H. Roberts, R. M. Ellis and R. J. Lawn. 1991. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. the development of simple model for fluctuating field environment. Experimental Agriculture. 27: 11-31.
32 - Yin, X. 1996. Quantifying the effects of temperature and photoperiod on phonological development to flowering in rice. PhD thesis, Wageningen. Agricultural University, The Netherland, 173 pp.

Germination behaviour of cultivated and natural stand seeds of Khorasan thyme (*Thymus transcaspicus Klokov*) with application of regression models

Tabrizi, L., A. Koocheki, M.Nassiri Mahallati and P. Rezvani Moghaddam[1]

Abstract

In order to investigate the germination characteristics and cardinal temperatures of *Thymus transcaspicus*, a laboratory experiment was conducted with two different cultivated and natural seedlots at constant temperatures including 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 °C in a completely randomized design with four replications. Two seedlots were monitored for variability in germination criteria based on three regression models namely: Five-parameters Beta (FPB), Intersected-lines (ISL) and Quadratic Polynomial (QPN) models. The effect of temperature on rate and percentage of seed germination in both seedlots was significant. For both seedlots the highest germination percentage (GP) was within the range of 10-30 °C while the highest germination rate (GR) occurred in 30 °C. Although means of GP and GR for the field seedlot were higher than the natural seedlot, variability of GP and GR in response to temperature was higher for natural seedlot. Best model fit over the entire temperature range was obtained by the FPB and ISL models for both seedlots. However, FPB model showed most suitable fitness particularly in the case of natural seedlot. Based on the regression between germination rate and temperature in both seedlots, the cardinal temperatures (T_{base}, T_{opt} and T_{max}) were: (1.2-3.84), (29.1-25.8) and (45-47) °C for field seedlot and (1.0-3.3), (24.9-29) and (45-46) °C for natural seedlot, respectively.

Keywords: Medicinal plant; cardinal temperatures; regression models;germination rate.

1- Contribution from Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.