نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۸۳-۴۷۶

Journal of Plant Protection
Vol. 27, No. 4, Winter 2014, P. 476-483

تأثیر دما بر سرعت جوانه‌زنی دو توده علف‌شور (*Salsola kali* L.) بر اساس مدل‌های رگرسیونی

ریحانه عسگرپور[۱]- سجاد میجانی[۲*]- رضا قربانی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۷/۱۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۵/۲۷

چکیده

علف‌شور (*Salsola kali* L.)، علف‌هرز پهن‌برگ یک ساله تابستانه چهار کربنه، متحمل به خشکی و شوری متعلق به خانواده Chenopodiaceae می‌باشد که بذر فراوانی تولید می‌کند. به منظور تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی این علف‌هرز، بذور آن از دو استان خراسان شمالی (فاروج) و رضوی (مشهد) جمع‌آوری و آزمایشی با تیمارهای دمایی ثابت ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۲/۱۲ ساعت روشنایی/ تاریکی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه تحقیقات علفهای‌هرز دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی از مدل‌های رگرسیونی غیر خطی چند جمله‌ای درجه دوم، خطوط متقاطع و ۵-پارامتری بتا استفاده شد. نتایج نشان داد که دما تأثیر معنی‌داری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت. در هر دو توده، بالاترین درصد جوانه‌زنی در دامنه حرارتی ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد، درحالی‌که بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دامنه حرارتی ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. مدل ۵-پارامتری بتا برای توده خراسان رضوی و مدل خطوط متقاطع برای توده خراسان شمالی بر اساس بالاترین مقدار R^2_{adj} مناسب‌ترین برازش را نشان دادند. دماهای کاردینال برای بذور توده خراسان شمالی ۲/۳۵، ۳۵ و ۴۸/۳۵ درجه سانتی‌گراد و برای بذور توده خراسان رضوی ۲/۶۲، ۳۲/۵۵ و ۴۵/۴۲ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. این نتایج حاکی از گستره دمایی بالا برای جوانه زنی و قابلیت مهاجم شدن این علف هرز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بذر، شور زیست، درجه حرارت‌های کاردینال، زمین‌های آیش، مدل ۵-پارامتری بتا

مقدمه

علف‌شور (*Salsola kali* L.) به عنوان علف‌هرز زمین‌های آیش، بایر، محل‌های تخریب شده، خاک‌های شنی، حاشیه جاده‌ها و بقولات دانه‌ای بهاره شناخته شده است (۶). علف‌شور، علف‌هرز پهن-برگ یک ساله تابستانه چهار کربنه متعلق به خانواده Chenopodiaceae بوده که توسط بذر تکثیر می‌شود. غلتیدن روی سطح زمین به وسیله باد این علف‌هرز را قادر می‌سازد تا به سرعت و در مسافت‌های طولانی پراکنده شود (۱۰). علف شور با داشتن ریشه‌های عمیق و تولید بذر فراوان علف‌هرز سرسختی برای کشت‌های بهاره دیم می‌باشد. اگر رشد گیاه زراعی به علت استقرار ضعیف، خشکی و حاصلخیز نبودن خاک کاهش یابد، آلودگی بحرانی-تر خواهد بود (۲۴). هجوم علف‌شور به مزارع گندم بهاره عموماً طی سال‌های خشک در بالاترین میزان بوده و می‌تواند عملکرد دانه را تا ۵۰ درصد کاهش دهد (۳۳). بعد از برداشت گندم در اواخر تیر یا اوایل مرداد، رشد طولی ریشه علف‌شور مجدداً آغاز شده (۲۲) و اندام هوایی تولید می‌کند. سیستم ریشه علف‌شور می‌تواند ۵ متر قطر و ۲ متر گسترش یابد (۱۵) و توانایی استخراج آب از خاکی با محتوی کمتر از ۲ درصد حجمی را دارا می‌باشد که فراتر از محدوده قابل دسترس برای گندم است که به ندرت آب کمتر از ۴ درصد حجمی را برداشت می‌کند. این علف‌هرز پناه‌گاه حشرات آفت مهمی در میوه‌ها و سبزیجات است از جمله، میزبان واسط برای آفاتی مانند زنجره چغندر[۴]، آفت گوجه فرنگی[۵] و آفت پنبه[۶] می‌باشد (۱۳).

آنگر (۲۸) اظهار داشت که بحرانی‌ترین مرحله در چرخه زندگی گیاهان شور زیست[۷]، جوانه‌زنی و استقرار می‌باشد. همچنین، از آنجا که جوانه‌زنی از بحرانی‌ترین مراحل نمو یک گیاه و تعیین‌کننده

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجویان دکتری و استاد گروه زراعت و اصلاح نبات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: sajad.mijani@stu-mail.um.ac.ir)

4- *Circulifer tenellus*
5- *Pitedia sayi*
6- *Lygus hesperus*
7- Halophytes

موفقیت یک علف‌هرز در یک بوم نظام زراعی است، درک بهتر جوانه‌زنی و سبز شدن علف‌های‌هرز در پیش‌بینی دامنه اکولوژیکی و پتانسیل گسترش به مناطق جدید و نیز در صورت نیاز جهت توسعه برنامه‌های کنترلی مفید واقع خواهد شد (۱۸). نیازهای جوانه زنی، خاص می‌باشد و دامنه و سرعت جوانه زنی بذور به عواملی مانند نور، اکسیژن، آب و درجه حرارت بستگی دارد (۱۱). از میان عوامل محیطی مؤثر بر جوانه‌زنی، دما عامل محیطی مهمی است که رکود و جوانه‌زنی بذر را کنترل می‌کند و شاید حتی در بعضی گونه‌ها تعیین‌کننده‌تر از نور نیز باشد (۱۲ و ۲۱). جوانه‌زنی عموماً در دامنه‌ای از دما رخ می‌دهد. اگرچه حدود نهایی (بالا و پایین) نیز وجود دارند که در آن‌ها جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد. تعدادی از محققان اعتقاد دارند که سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما بین دمای پایه و بهینه به‌صورت خطی افزایش می‌یابد (۲۰ و ۳۱). با این حال، برخی مطالعات دریافتند که واکنش سرعت نمو گیاهان به دما، غیرخطی است (۱۴، ۲۵، ۲۷ و ۲۹). اثر دما بر جوانه‌زنی بذر و ظهور چندین گونه از طریق مدل‌سازی مورد بررسی قرار گرفته است (۱۹). وانگ و همکاران (۲۹)، جم و کاتفورث (۱۶)، یین و همکاران (۳۲)، سلطانی و همکاران (۲۶) از مدل بتا، قادری فر و همکاران (۷) و کورتار و همکاران (۱۹) از مدل درجه دوم، پورطوسی و همکاران (۲) و تبریزی و همکاران (۴) از مدل خطوط متقاطع برای تعیین دمای کاردینال جوانه‌زنی استفاده کردند.

طی سال‌های اخیر، تراکم این علف‌هرز در زمین‌های آیش حاشیه مزارع و جاده‌ها افزایش بیشتری یافته و با توجه به کشت گسترده چغندرقند و گوجه فرنگی در خراسان رضوی و میزبان واسط چند آفت این محصولات، مطالعه زیست شناسی بذر آن به عنوان اولین مرحله در چرخه زندگی گیاهان مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه به منظور تعیین درجه‌حرارت‌های کاردینال (پایه، بهینه و بیشینه) جوانه‌زنی علف‌شور با استفاده از مدل‌های رگرسیونی مختلف صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

بذور علف‌شور به‌طور هم‌زمان از دو استان هم‌جوار خراسان شمالی (شهرستان فاروج) و خراسان رضوی (شهرستان مشهد) در سال ۱۳۸۹ جمع‌آوری و جهت انجام آزمایش به آزمایشگاه منتقل شدند. بر اساس تقسیم بندی آمبروژه شهرستان مشهد دارای آب و هوای سرد و خشک و شهرستان فاروج دارای آب و هوای معتدل کوهستانی می‌باشد. بذور توده مشهد از پردیس دانشگاه فردوسی (با عرض جغرافیایی N ′۱۸ °۳۶ و طول جغرافیایی E ′۳۱ °۵۹) و بذور توده خراسان شمالی از جنب جاده شهرستان فاروج (با عرض جغرافیایی N ′۳۵ °۳۷ و طول جغرافیایی E ′۰۷ °۵۸) جمع‌آوری شدند. تنها شباهت دو توده، جمع آوری بذور از روی گیاهانی بوده است که نیاز آبی برای جوانه‌زنی و رشد آن‌ها فقط توسط آب باران تأمین شده است. پس از پاک‌سازی بذور از غلاف برای اطمینان از جوانه‌زنی مطلوب، قوه نامیه بذور در دمای محیط با تترازولیوم مورد آزمایش قرار گرفت. بذور جوانه‌زنی بالایی نشان دادند و از طرفی نیازی به خواب‌شکنی بذور نیز وجود نداشت. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط آزمایش‌گاهی (دستگاه ژرمیناتور) در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارها شامل دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد با دوره نوری ۱۲/۱۲ ساعت روشنایی/ تاریکی بود. از هر توده شامل ۲۵ بذر شمارش و درون پتری دیش‌هایی (تکرار) با قطر ۹ سانتی متر قرار گرفتند. مقدار ۵ میلی لیتر آب مقطر به هر پتری دیش اضافه و کلیه آن‌ها درون جعبه پلاستیکی روشن قرار داده شدند تا هم نیاز نوری جوانه‌زنی بذر تأمین و هم از تبخیر آب جلوگیری شود. در طی آزمایش در صورت لزوم مجدداً آب مقطر اضافه می‌شد. هر دوره آزمایشی به مدت ۱۴ روز بود. شمارش بذور به‌صورت روزانه انجام و کلیه بذور جوانه‌زده حذف و معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه لحاظ شد. درصد و سرعت جوانه‌زنی در هر درجه حرارت محاسبه شد. اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی بذور (بذر در روز) با استفاده از معادله ۱ انجام شد.

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

که در آن S_i تعداد بذور جوانه زده در هر شمارش و D_i تعداد روز شمارش تا روز n می‌باشد.

برای تعیین دمای کاردینال سه مدل رگرسیونی چند جمله‌ای درجه دوم (QPN)[1]، خطوط متقاطع (ISL)[2] و ۵-پارامتری بتا (FPB)[3] بین درجه حرارت و سرعت جوانه‌زنی برازش داده شد. برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از معکوس زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی تجمعی (۷) استفاده شد.

مدل خطوط متقاطع با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد:

$$f = \text{if } (T<To, \text{ region 1 } (T), \text{ region 2 } (T)) \qquad (۲)$$

$$\text{Region 1}(T) = b\ (T-T_b) \qquad (۳)$$

$$\text{Region 2}(T) = c\ (T_m-T) \qquad (۴)$$

مدل درجه دوم بر اساس معادلات ۵ و ۶ رسم شد:

$$f= a+ bT+ c\ T^2 \qquad (۵)$$

$$To = b+ 2cT \qquad (۶)$$

مدل ۵-پارامتری بتا طبق معادلات زیر محاسبه شد:

$$f= \exp(\mu)\ (T-T_b)^{\alpha}\ (T_m-T)^{\beta} \qquad (۷)$$

$$T_o=(\ \alpha\ T_m + \beta\ T_b)\ /\ (\alpha+\beta) \qquad (۸)$$

1- Quadratic Polynomial Model
2- Intersected-lines Model
3- Five-Parameters Beta Model

جدول ۱- درصد و سرعت جوانه‌زنی دو توده علف شور (*Salsola kali* L.) در دماهای مختلف

درصد جوانه‌زنی			سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	
درجه حرارت (°C)	خراسان شمالی	خراسان رضوی	خراسان شمالی	خراسان رضوی
۵	۱۰ c	۵ c	۰/۳۵ c	۱/۶۶ d
۱۰	۱۰۰ a	۹۵ a	۱۱/۱۳ b	۱۲/۱۳ b
۲۰	۹۸ a	۹۸ a	۲۲/۱۹ a	۲۱/۰۸ a
۳۰	۸۷ a	۱۰۰ a	۲۰/۶۴ a	۲۲/۲۴ a
۳۵	۱۰۰ a	۱۰۰ a	۲۳/۵۸ a	۲۳/۵۹ a
۴۰	۸۵ a	۹۵ a	۱۹/۴۲ a	۲۳/۷۵ a
۴۵	۵۷/۵ b	۳۵ b	۱۲/۶۰ b	۵/۶۳ c

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) ندارند.

در هر سه مدل، f سرعت جوانه‌زنی، T_b، T_o و T_m به ترتیب دمای حداقل، بهینه و حداکثر می‌باشد. a، b، c، α، β و μ به عنوان ضرایب رگرسیون در نظر گرفته شدند.

برای اعتبارسنجی مدل از تحلیل نمودار باقیمانده‌ها[1] و R^2_{adj}[2] (معادله ۹) استفاده شد.

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{\sum(O_i - P_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2} \quad (۹)$$

که در این معادله O_i و P_i به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده و $\bar{O}$ میانگین مشاهدات می‌باشد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 آنالیز و میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. برای تبدیل داده‌های بر حسب درصد از $\arcsin\sqrt{x/100}$ استفاده شد. برای برازش مدل‌ها از نرم افزار Sigma plot ver 11 استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد و سرعت جوانه‌زنی

نتایج نشان داد که دما تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) بر درصد و سرعت جوانه‌زنی دارد (جدول ۱). در هر دو توده درصد جوانه‌زنی در دامنه حرارتی ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد مشابه بود. سرعت جوانه‌زنی در دامنه حرارتی۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد یکسان بود. بنابراین، این علف هرز قادر به جوانه‌زنی در دامنه وسیعی از شرایط دمایی می‌باشد، اگرچه با توجه چهار کربنه بودن این گیاه انتظار می‌رود بعد از فصل بهار که دمای بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در اکثر مناطق حاصل می‌شود طغیان بیشتری داشته باشد. همچنین از آنجا که در دماهای بالاتر سرعت جوانه‌زنی بالاتری دارد و متحمل به خشکی است، در محیط‌های گرم و خشک، به دلیل کاهش رقابت سایر گونه‌ها توانایی رقابتی بیشتری خواهد داشت. گونه‌ای علف‌شور[3] در دمای ۳۰-۵ درصد جوانه‌زنی یکسانی داشت، ولی با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی نیز افزایش یافته، به‌طوریکه کمترین زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد (۳۰).

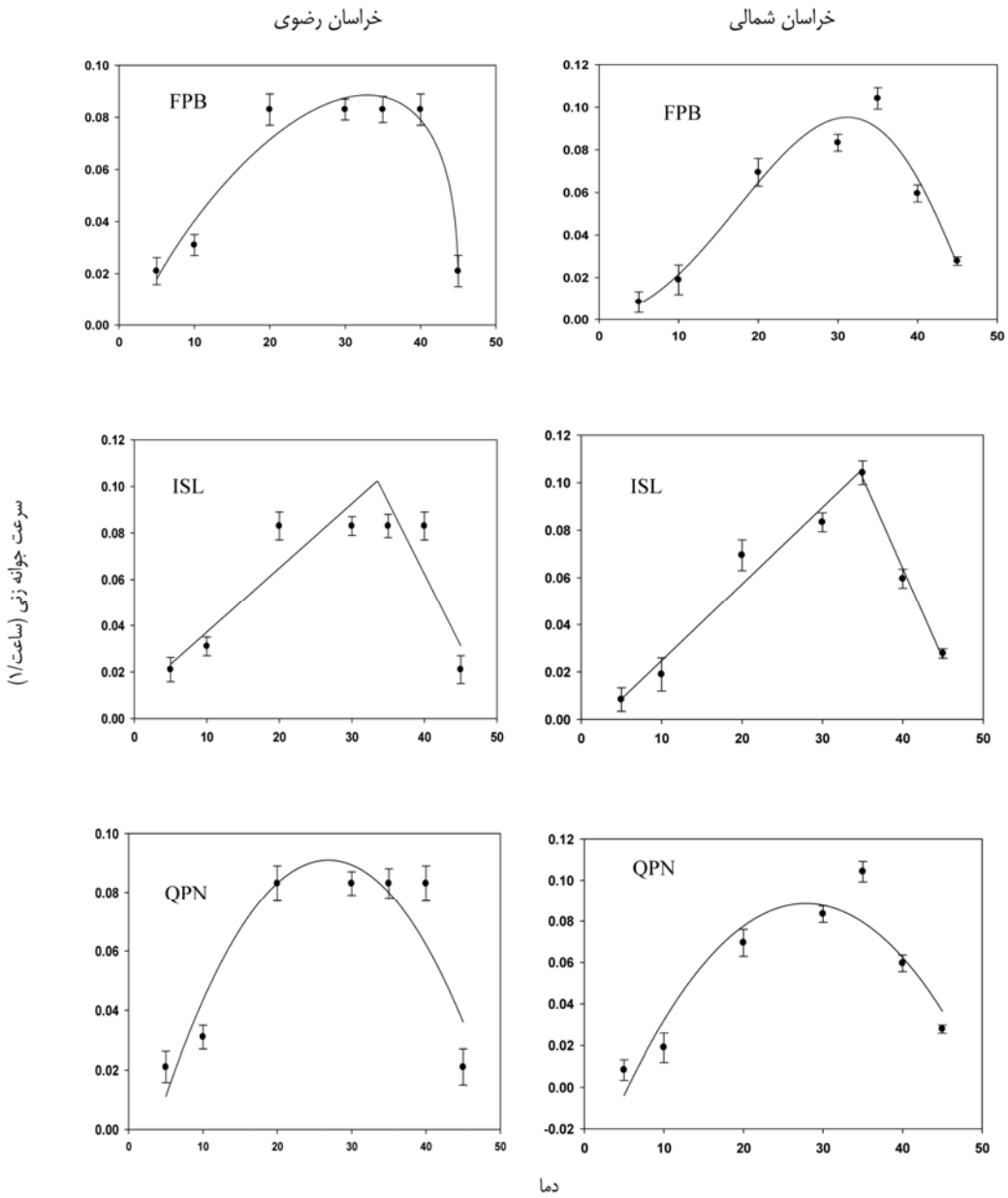
در آزمایش دیگری سرعت جوانه‌زنی *Salsola affinis* در دمای متناوب ۳۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دماهای پایین‌تر بود (۹). متوسط درصد جوانه‌زنی گیاه علف‌جارو[4] از دمای ۸ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد، ۸۵ درصد بود، اما با افزایش درجه حرارت کاهش یافت (۱۷). بیشترین درصد جوانه‌زنی خرفه[5] در دمای ۴۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (۲). توده خراسان شمالی در دمای پایین درصد جوانه‌زنی بالا ولی سرعت جوانه‌زنی کمتری نسبت به توده خراسان رضوی داشته است. در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد توده خراسان شمالی هم درصد و هم سرعت جوانه‌زنی بالاتری نسبت به توده خراسان رضوی داشت که حاکی از برتری جوانه‌زنی این توده در دماهای گرم‌تر می‌باشد. از نقطه‌نظر مدیریت علف‌های‌هرز در مرحله جوانه‌زنی می‌توان نتیجه گرفت در صورت حصول دماهای بالاتر شاهد تخلیه زودتر بانک بذر توده خراسان شمالی هستیم. برای بهره‌گیری از این شیوه مدیریتی می‌توان به آفتاب‌دهی خاک[6] اشاره کرد که منجر به افزایش دمای خاک می‌شود.

ارزیابی مدل‌های رگرسیونی

به‌منظور توصیف سرعت جوانه‌زنی دو توده علف‌شور نسبت به دما از مدل‌های رگرسیونی ۵ پارامتری بتا، چند جمله‌ای درجه دوم و خطوط متقاطع استفاده شد (شکل ۱).

1- Residuals Graph
2- R^2 adjusted

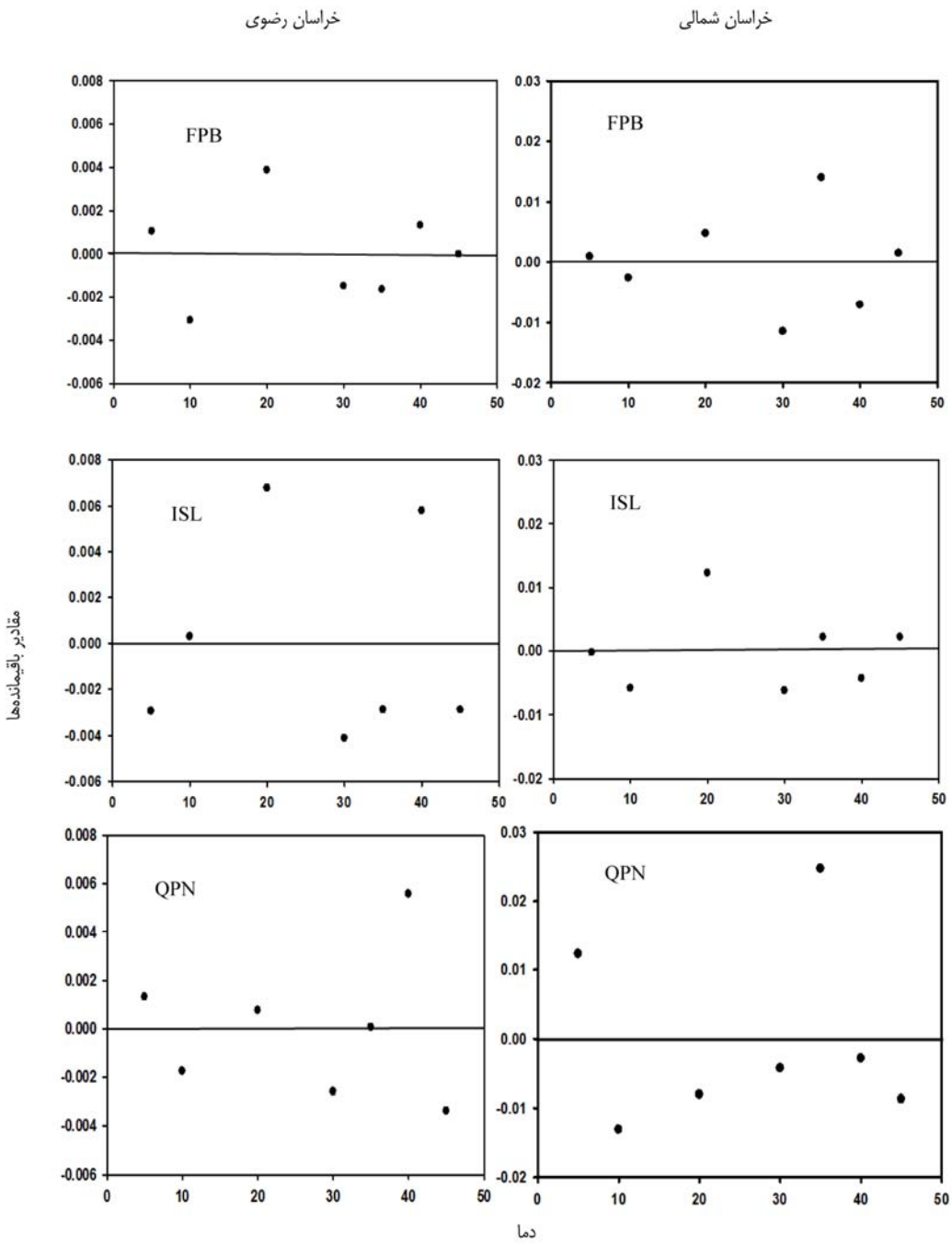
3- *Salsola affinis*
4- *Kochia scoparia* (L.) Schral.
5- *Portulaca oleracae* L.
6- Soil Solarization



شکل ۱- تأثیر دما بر سرعت جوانه زنی دو توده خراسان رضوی و شمالی. مدل بتا (FPB)، مدل خطوط متقاطع (ISL) و مدل چند جمله‌ای درجه دوم (QPN). میله‌های عمودی خطای معیار میانگین (Standard Error) می‌باشند.

جدول ۲- مقادیر درجه حرارت‌های کاردینال بر اساس سه مدل رگرسیونی برازش داده شده

	مدل خطوط متقاطع		مدل چند جمله‌ای درجه دوم		مدل ۵ پارامتری بتا	
	خراسان شمالی	خراسان رضوی	خراسان شمالی	خراسان رضوی	خراسان شمالی	خراسان رضوی
دمای کمینه	۲/۳۵	-۱۲/۰۵	۵/۶۳	۰/۰۹	-۴/۱۴	۲/۶۲
دمای بهینه	۳۴/۸۰	۳۲/۵۰	۲۴/۵۰	۲۷/۷۹	۳۱/۱۸	۳۲/۵۵
دمای بیشینه	۴۸/۳۵	۶۰/۶۶	۵۵/۴۸	۵۵/۴۸	۴۸/۵۱	۴۵/۴۲
R^2_{adj}	۰/۹۰	۰/۵۲	۰/۷۸	۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۹۱



شکل ۲- مقادیر خطای باقیمانده برای سرعت جوانه زنی در دو توده خراسان رضوی و شمالی. مدل بتا (FPB)، مدل خطوط متقاطع (ISL) و مدل چند جمله‌ای درجه دوم (QPN)

ارزیابی مدل‌ها با استفاده از R^2_{adj} (جدول۲) و رسم نمودار باقیمانده‌ها (شکل ۲) انجام شد. به مقادیر R^2_{adj} برای توده خراسان رضوی مدل‌های بتا (۰/۹۱)، چند جمله‌ای درجه دوم (۰/۸۹) و خطوط متقاطع (۰/۵۲) به ترتیب مناسب‌ترین مدل می‌باشند. برای توده خراسان شمالی مدل‌های خطوط متقاطع، بتا و چند جمله‌ای درجه دوم بر اساس بالاترین مقدار R^2_{adj} به ترتیب با ۰/۹۰، ۰/۸۴ و ۰/۷۸ بهترین برازش را نشان دادند. با توجه تجزیه باقیمانده‌ها که نشان-دهنده میزان خطا در پیش‌بینی مدل است، می‌تواند روش مؤثری در

تشخیص نقض فرضیات رگرسیون باشد. اگر باقیمانده‌ها مانند شکل (۲ الف) در یک نوار افقی قرار گیرند، هیچ‌گونه نقضی در فرضیات مدل وجود ندارد (۱). همان‌طور که ملاحظه می‌شود برای دو توده خراسان رضوی و شمالی به ترتیب مدل‌های بتا و خطوط متقاطع کمترین نوسانات را در مقادیر باقیمانده‌ها نشان دادند. تبریزی و همکاران (۳) با استفاده از مدل‌های خطوط متقاطع، چند جمله‌ای درجه دو و بتا دمای کاردینال دو توده زراعی و طبیعی آویشن خراسانی[1] را تعیین کردند و دریافتند که مدل بتا مناسب‌ترین برازش را خصوصاً برای توده طبیعی نشان داد. همچنین مدل بتا نیز بر اساس تجزیه باقیمانده‌ها کمترین نوسانات را نشان داد.

قادری فر و همکاران (۷) از مدل‌های رگرسیونی مختلفی برای کمی سازی سرعت جوانه زنی سه گیاه کدو تخم کاغذی[2]، براگو[3] و سیاه دانه[4] استفاده کردند و بر اساس جذر میانگین مربع انحرافات[5] (RMSE)، ضریب تبیین (R^2) دریافتند که دو مدل بتا و دندانه مانند نسبت به مدل‌های دیگر واکنش سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما را بهتر توصیف کردند. در آزمایشی به منظور مدل‌سازی واکنش ظهور گیاهچه ۴ رقم باقلا به کلزا در شرایط مزرعه، جهت توصیف رابطه بین سرعت ظهور گیاهچه و دما از مدل‌های بتا، دوتکه ای، منحنی، درجه دوم و دندانه‌ای استفاده شد (۸). تابع دوتکه‌ای نسبت به سایر مدل‌ها با R^2 بالاتر و عدم معنی‌داری ضرایب رگرسیون (a و b) برازش بهتری نشان داد. سرپرست و همکاران (۲۳) به منظور توصیف سرعت سبز شدن نخود نسبت به دما از مدل‌های رگرسیون غیرخطی (دندانه‌ای، دوتکه‌ای، بتا، منحنی، درجه دوم و درجه سوم) استفاده کردند. مدل‌های دندانه‌ای، دوتکه‌ای و بتا به علت جذر میانگین مربع انحرافات (RMSD) کمتر، ضریب تبیین (R^2) بالا و کارایی بالاتر در پیش بینی سرعت سبز شدن به دما مدل‌های برتر شناخته شدند. در بررسی جعفری و همکاران (۵) در توصیف سرعت ظهور گیاهچه کلزا نسبت به دما از بین مدل‌های رگرسیونی (دوتکه‌ای، بتا، منحنی، درجه دوم، درجه سوم) مدل‌های دوتکه‌ای، بتا و منحنی از دقت بیشتری برخوردار بودند.

تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی

از آنجاکه برای توده خراسان شمالی مدل خطوط متقاطع و توده خراسان رضوی، مدل ۵ پارامتری بتا برازش بهتری نشان دادند جهت تعیین درجه حرارت‌های کاردینال جوانه زنی این توده‌ها از مدل‌های مذکور استفاده شد (جدول ۲). دماهای کمینه، بهینه و بیشینه برای توده خراسان شمالی به ترتیب ۲/۳۵، ۳۵ و ۴۸/۳۵ و برای توده خراسان رضوی ۲/۶۲، ۳۲/۵۵ و ۴۵/۴۲ درجه سانتی‌گراد به دست آمدند. بر اساس دماهای کاردینال دو توده از منطقه خراسان رضوی و شمالی دامنه حرارتی تقریباً مشابه‌ای برای جوانه زنی دارند. قابل ذکر است بذور توده خراسان رضوی (مشهد) و شمالی (فاروج) به ترتیب از ارتفاع ۹۸۵ و ۱۰۴۹ متر از سطح دریا جمع‌آوری شدند. از طرفی این دو منطقه آب و هوای تقریباً مشابه هم دارند از این رو اختلاف کم بین دماهای کاردینال جوانه‌زنی این دو توده توجیه‌پذیر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این آزمایش حاکی از آن است که گیاه علف‌شور قادر به جوانه‌زنی در دامنه وسیعی از دما (۵ تا ۴۵) می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق، بیشترین درصد جوانه‌زنی در هر دو توده در درجه حرارت‌های ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد، درحالی‌که بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دامنه حرارتی ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. از این رو، اواسط بهار تا تابستان زمان مناسبی برای جوانه زنی و متقاعبا رقابت با محصولات زراعی و سایر گیاهان خواهد بود. با در نظر گرفتن تحمل بالا به خشکی و شوری این گیاه، افزایش دما امکان گسترش و غالبیت آن در بسیاری از مناطق را فراهم می‌آورد و زمینه‌ساز افزایش قدرت رقابت و قابلیت تهاجم این علف هرز خواهد شد. علی‌رغم گرمسیری بودن گیاه علف‌شور دمای پایه جوانه‌زنی بسیار پایینی (۲/۳۵ و ۲/۶۲) دارد. از این رو شروع جوانه‌زنی زودهنگام این علف‌هرز در مقایسه با سایر گیاهان گرمازیست که دمای پایه بالاتری دارند به غالبیت این گونه منجر خواهد شد. در مجموع، از نقطه نظر مدیریتی نکته قابل توجه این است که با وجود جوانه‌زنی کم و کند علف‌شور در دماهای پایین و از طرفی جوانه زنی بالا در دماهای معتدل و گرم، به نظر می‌رسد کشت‌های زودهنگام گیاهان زراعی (اوایل بهار) نسبت به کشت دیرهنگام از جهت به تأخیر انداختن جوانه‌زنی و به تبع کاهش دادن رقابت علف شور برتری داشته باشند. از بین مدل‌های رگرسیون غیرخطی (بتا، خطوط متقاطع و درجه دوم) مورد استفاده برای محاسبه دماهای کاردینال جوانه‌زنی، برای توده خراسان شمالی مدل خطوط متقاطع و توده خراسان رضوی، مدل ۵ پارامتری بتا برازش مناسب‌تری نشان دادند.

---

1 - *Thymus transcaspicus* Klokov

2 - *Cucurbita pepo* L. subsp. Pepo. Convar.Pepo var. styriaca Greb

3 – *Borago officinalis* L.

4 – *Nigella sativa* L.

5 – Root Mean Square Error

منابع

۱- آساد م.ت. و حیدری ب. ۱۳۹۰. آنالیز رگرسیون کاربردی . جهاد دانشگاهی مشهد.

۲- پورطوسی ن.، راشدمحصل م.ح. و ایزدی‌دربندی ا. ۱۳۸۷. تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذرهای خرفه، سلمه و علف‌خرچنگ. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۶: ۲۵۵-۲۶۱.

۳- تبریزی ل.، نصیری محلاتی م. و کوچکی ع. ۱۳۸۳. ارزیابی درجه حرارت‌های حداقل، بهینه و حداکثر جوانه‌زنی اسفرزه و پسیلیوم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۲: ۱۴۳-۱۵۱.

۴- تبریزی ل.، کوچکی ع. نصیری محلاتی م. و رضوانی‌مقدم پ. ۱۳۸۶. ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بذر دو توده زراعی و طبیعی آویشن خراسانی (*Thymus transcaspicus* Klokov) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۵: ۴۹-۵۷.

۵- جعفری ن.، اصفهانی م. و صبوری ع. ۱۳۹۰. ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیرخطی برای توصیف سرعت ظهور گیاهچه سه رقم کلزا نسبت به دما. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴: ۸۵۷- ۸۶۸

۶- راشد محصل م.ح.، نجفی ح. و اکبرزاده م.د. ۱۳۸۰. بیولوژی و کنترل علف‌های هرز. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۷- قادری فر.، سلطانی ا. و صادقی پور ح.ر. ۱۳۸۸. ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیرخطی در کمی سازی جوانه‌زنی کدو تخم کاغذی، (*Cucurbita pepo* L. subsp. Pepo. Convar.Pepo var. styriaca Greb)، براگو (*Borago officinalis* L.) و سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) به دما. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۱۶: ۱-۲۰.

8- Ajam Norouzi H., Soltani A., Majidi E., and Homaei M. 2007. Modeling response of emergence to temperature in faba bean under field condition. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14: 100-111.

9- Ajmal Khan M., Gul B., and Weber D.J. 2002. Seed germination in the Great Basin halophyte *Salsola iberica*. Canadian Journal of Botany, 80: 650–655.

10- Berner D.K., Bruckart W.L., Cavin C.A., Michael J. L., Carter M.L., and Luster D.G. 2009. Best linear unbiased prediction of host-range of the facultative parasite *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *salsolae*, a potential biological control agent of Russian thistle. Biological Control, 51: 158-168.

11- De Villiers A.J., Van Rooyen M.W., and Theron G.K. 2002. Germination strategies of Strandveld Succulent Karoo plant species for revegetation purposes: temperature and light requirements. Seed Sci. Technol, 30:17–33.

12- Forcella F. 1998. Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. Seed Science Research, 8: 201–209.

13- Goeden R.D., Ricker D.W. 1968. The phytophagous insect fauna of Russian thistle (*Salsola kali* var. tenuifolia) in southern California. Annals of Entomoligical Society of America, 61, 67–72.

14- Ghaderi F.A., Soltani A., and Sadeghipour H.R . 2008. Cardinal Temperatures of Germination in Medicinal Pumpkin (*Cucurbita pepo* convar. pepo var. styriaca), Borago (*Borago officinalis* L.) and Black Cumin (*Nigella sativa* L.). Asian Journal of Plant Sciences, 7: 574-578.

15- Holm L., Doll J., Holm E., Pancho J., and Herberger J. 1997. Salsola kali L. in World Weeds: Natural Histories and Distribution. John Wiley & Sons, NewYork.

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

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

18- Koger C.H., Reddy K.N., and Poston D.H. 2004. Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). Weed Science, 52: 989–995.

19- Kurtar E.S. 2010. Modelling the effect of temperature on seed germination in some cucurbits. African Journal of Biotechnology, 9: 1343-1353.

20- McMaster G.S., and Wilhelm W.W. 1998. Is soil temperature better than air temperature for predicting winter wheat phenology? Agronomy Journal, 90: 602–607.

21- Oliveira M.J., and Norsworthy J.K. 2006. Pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*) germination and emergence as affected by environmental factors and seeding depth. Weed Science, 54: 910–916.

22- Pan W.L., Young F.L., and Bolton R.P. 2001. Monitoring Russian thistle (*Salsola iberica*) root growth

using a scanner-based, portable mesorhizotron. Weed Technology, 15:762–766.
23- Sarparast R., Yousefi Daz M., Soltani A., Akram Ghaderi F., and Zeinali A. 2006. Evaluation of nonlinear regression models for germination rate prediction of chickpea in relation to temperature. Agricultural Science and Technology Journal, 20, 93-102.
24- Schillinger W.F. 2007. Ecology and Control of Russian Thistle (*Salsola iberica*) After Spring Wheat Harvest. Weed Science, 55:381–385.
25- Slafer G.A., and Rawson H.M. 1995. Base and optimum temperatures vary with genotype and stage of development in wheat. Plant Cell Environment, 18: 671–679.
26- Soltani A., Robertson M.J., Torabi B., Yousefi-Daz M., and Sarparast R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as affected by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology, 138: 156-167.
27- Timmermans B.G.H., Vos J., Van Nieuwburg J., Stomph T.J., and Van der Putten P.E.L. 2007. Germination rates of Solanum sisymbriifolium: temperature response models, effects of temperature fluctuations and soil water potential. Seed Science. Research, 17: 221–231.
28- Ungar I.A. 1995. Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In. Kigel, J., Galili, G. (Eds.). Seed Development and Germination. Marcel Dekker, New York Comment.
29- Wang R., Bai Y., and Tanino K. 2006. Seedling emergence of Winterfat (*Krascheninnikovia lanata* (Pursh) A.D.J. Meeuse & Smit) in the field and its prediction using the hydrothermal time model. Journal of Arid Environment, 64: 37–53.
30- Wei Y., Dong M., Huang Z., and Tan D. 2008. Factors influencing seed germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae), a dominant annual halophyte inhabiting the deserts of Xinjiang. China. Flora, 203: 134–140.
31- Wilkens P., and Singh U. 2001. A code-level analysis for temperature effects in the CERES models. p.1-7. In: J. White (Ed.). Modeling Temperature Response in Wheat and Maize, CIMMYT, El Batan, Mexico.
32- Yin X., Kropff M.J., McLaren G., and Visperas R.M. 1995. A nonlinear model for crop development as a function of temperature. Agricultural and Forest Meteorology, 77: 1–16.
33- Young F.L. 1988. Effect of Russian thistle (*Salsola iberica*) interference on spring wheat (*Triticum* aestivum L.). Weed Science, 36: 594–598.