مجله کشاورزی بوم‌شناختی (۱) ۲ (۱۳۹۱) ۳۳- ۲۱

تخمین دماهای کاردینال کلزا و چهار علف هرز رایج آن با استفاده از مدل های رگرسیونی

حمیده خلج[۱،*]، ایرج اله دادی[۲]، حمید ایران نژاد[۲]، غلامعباس اکبری[۲]، مهدی مین باشی[۳] و محمدعلی باغستانی[۳]

[۱]گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

[۲]گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

[۳]بخش تحقیقات علف های هرز، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: Hamideh_6285@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۷

خلج، ح.، ا. اله دادی، ح. ایران نژاد، غ.ع. اکبری، م . مین باشی و م.ع. باغستانی. ۱۳۹۱. تخمین دماهای کاردینال کلزا و چهار علف هرز رایج آن با استفاده از مدل های رگرسیونی. ۲ (۱): ۳۳- ۲۱.

چکیده

تحقیق حاضر به منظور ارزیابی برخی مدل های رگرسیونی غیر خطی برای توصیف سرعت جوانه زنی کلزا (*Brassica napus* L.) و علفهای هرز رایج پهن برگ خردل (*Sinapis arvensis* L.)، شلمی (*Raphanus raphanistrum* L.)، خاکشیر (*Descurania sophia* L.) و باریک برگ فالاریس (*Phalaris minor* L.) نسبت به دما اجرا گردید. آزمایش بصورت بلوکهای کاملا تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه بخش علف های هرز، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، در سال ۱۳۹۰ انجام شد. در این آزمایش بذور تحت تاثیر ده تیمار دمایی (۰، ۵، ۱۰،۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی گراد) قرار گرفتند و سرعت جوانه زنی بذور محاسبه گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد، سرعت جوانه زنی بذور در سطح یک درصد تحت تاثیر دما قرار گرفت. برای بررسی و پیش بینی سرعت جوانه زنی نسبت به دما از مدل های دندان مانند، دوتکه ای و بتا استفاده گردید. برای انتخاب مدل برتر از معیارهای ریشه دوم میانگین های خطا (RMSE) ،شاخص آکائیک تصحیح شده (AICc) و ضریب تبیین (R^2) بین ساعت تا جوانه زنی مشاهده شده و پیش بینی شده، استفاده شد. بر این اساس، در کلزا و علفهای هرز پهن برگ و باریک برگ مورد بررسی، مدل دو تکه ای نسبت به مدل های دیگر سرعت جوانه زنی نسبت به دما را بهتر توصیف کردند، با توجه به این نتایج می توان برای کمی سازی واکنش سرعت جوانه زنی این گیاهان از مدل پیشنهادی استفاده کرد. با توجه به مدل های مورد نظر دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای کلزا به ترتیب ۱/۸ ،۲۵ ، ۴۰/۹ ، در خردل به ترتیب ۲/۰۱، ۱۵، ۳۰/۶ ، شلمی ۱/۹، ۱۵ ، ۳۰/۱، خاکشیر ۱/۲ ، ۲۶/۹ ، ۳۵ و فالاریس به ترتیب ۹/ ۱، ۱۵/۵ و ۳۰/۳ تخمین زده شد.

واژه‌های کلیدی: کلزا، علف هرز، سرعت جوانه زنی، مدل های رگرسیونی غیر خطی، دماهای کاردینال.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. یکی از مهمترین گیاهان زراعی است که در سطح دنیا برای استخراج روغن کشت می شود و از بیشترین میزان رشد سالانه در بین روغن های گیاهی مهم جهان برخوردارمی باشد (Al-Barrak, 2006). از میان عوامل مختلف بر کاهش تولید کلزا در بسیاری از کشور ها ، علف های هرز یکی از مهم ترین فاکتورها می باشد. در گزارشات آمده است، وجود ۲۰ بوته از علف‌های هرز خردل وحشی در متر مربع سبب کاهش معنی دار عملکرد می گردد (Blackshaw,1993). خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) به عنوان مهمترین علف هرز مزارع کلزا در دنیا و ایران مطرح می باشد که سبب کاهش عملکرد و کیفیت محصول برداشت شده کلزا می گردد (Baghestani *et al*., 2004). نتایج مطالعه ای در مزارع غلات نشان داد شلمی (*Raphanus raphanistrum* L.) در مقایسه با چچم ۵ تا ۱۰ مرتبه توانایی رقابتی بالاتری دارد (Streibig *et al*., 1989). خاکشیر (*Descurania sophia* L.) علف هرزی است یکساله زمستانه که بعنوان یکی از مهمترین علفهای هرز پهن برگ مزارع گندم و کلزای ایران محسوب می شود (Baghestani *et al*., 2004). همان طور که ذکر گردید یکی از عوامل کاهش دهنده جدی عملکرد کلزا علف‌های هرز می‌باشد، بنابراین حفاظت گیاهان زراعی از علف های هرز یکی از ارکان اساسی تولید محصولات زراعی در سراسر جهان و حتی در کشورهای پیشرفته است که این امر بدون شناخت و مطالعه دقیق بر چرخه زندگی و عوامل موثر بر آنها امکانپذیر نمی باشد (Minbashi *et al*., 2008).

چرخه زندگی گیاهان از جوانه زنی آغاز و با تولید بذر خاتمه می یابد، جوانه زنی بذر جزء مهمترین فرآیند برای موفقیت یک علف هرز می باشد، چرا که اولین مرحله رقابت در یک آشیان اکولوژیک است (Forcella *et al*., 2000). جوانه زنی بذر شامل فعالیت های متابولیک سریع، رشد جنین، خروج ریشه چه می باشد که سرانجام منجر به ظهور اندامهای هوایی گیاه است.

از عوامل موثر بر چرخه زندگی گیاهان میتوان به عوامل ژنتیکی و محیطی (دما، رطوبت، نور و ...) اشاره کرد (Zhou *et al*., 2005). دما یکی از عوامل بسیار مهم در فرایند جوانه زنی است (Nerson, 2007). دماهای مورد نیاز برای جوانه زنی بذور تحت عنوان دماهای کاردینال شناخته شده است و به سه دسته دماهای کمینه (Tm) ،مطلوب (To) و بیشینه (Tc) تقسیم می شود. دمای کمینه برای اکثر بذور پاییزه ۰ تا ۴ ، دمای مطلوب بین ۱۵ تا ۳۰ و بیشینه دما ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد است (Alvarado and Bradford, 2002). دمای کمینه و بیشینه دماهایی هستند که به ترتیب در دماهای پایین تر و بالاتر از آن، جوانه زنی متوقف می شود و دمای مطلوب، دمایی است که در آن مراحل جوانه زنی در کوتاه ترین زمان ممکن رخ می دهد یعنی سرعت جوانه زنی در حداکثر است (Alvarado and Bradford, 2002).

تخمین و پیش بینی زمان جوانه زنی که با استفاده از مدل های شبیه سازی گیاه زراعی و علف هرز انجام می شود، نقش بسیار مهمی در زمان استقرار گیاه در مزرعه دارد (Wang, 2005) و از این رو در مدیریت مزرعه و ارتباط گیاهان زراعی و علف های هرز اهمیت خواهد داشت. مدل های شبیه سازی گیاه زراعی؛ ابزاری هوشمند هستند که می توانند درک و دانش ما از سیستم های زراعی را افزایش دهند (Minbashi *et al*., 2008). مدل های گیاهان زراعی به‌منظور تجزیه و تحلیل رشد و نمو گیاه زراعی و علف های هرز و متغیرهای محیطی که آنها را تحت تاثیر قرار می دهند؛ طراحی شده اند (Grundy and Mead, 2000). این مدل ها قادرند پیش بینی نمایند چگونه تغییرات در شرایط محیطی؛ رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می دهند. در این میان، مدل های دمایی کارایی بالایی در پیش بینی زمان جوانه زنی و استقرار گیاهچه نشان داده اند (Finch-Savage and Phelps, 1993). این مدل ها با استفاده از دما، زمان جوانه زنی بذور را پیش بینی می کنند و بدین ترتیب یک مدل میتواند در شرایط متنوعی کاربرد داشته باشد (Benech-Arnold and Sanchez, 1995; Fry, 1983). این مدل ها در گیاهان مختلفی مانند چغندرقند (Dürr *et al*. , 2001)، گندم (Jame and Cutforth, 2004) و کلزا (Balkaya *et al*., 2008) برای توصیف سرعت جوانه زنی استفاده شده اند. مدل ها انواع مختلفی دارند که میتوان به مدل های رگرسیونی غیر خطی اشاره کرد (Soltani *et al*., 2006; Naylor, 2007, Jame and Cutforth, 2004) که در پیش بینی جوانه زنی و سبزشدن گیاهان زراعی

Archive of SID

www.SID.ir

کاربرد زیادی دارند بطوریکه، مدل های بتا، دو تکه ای و دندان مانند برای مدل سازی سبز شدن گیاه زراعی و علف های هرز، در دماها و عمق های مختلف استفاده می شود (Kazeruni monfared *et al.*, 2012).

هدف از اجرای این آزمایش ، بررسی کارایی مدل های رگرسیونی غیر خطی در پیش بینی سرعت جوانه زنی کلزا و علف های هرز رایج آن (خردل، شلمی، خاکشیر و فالاریس) بر اساس دما و برآورد دماهای کاردینال گیاه زراعی و علف های هرز می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق در آزمایشگاه بخش علف های هرز موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ده دمای مختلف (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و۴۵ درجه سانتی گراد) با ۳ تکرار به‌صورت بلوکهای کامل تصادفی، برای گیاه زراعی کلزا رقم پاییزه زرفام و علف های هرز پهن برگ خردل شلمی ، خاکشیر و باریک برگ (فالاریس) بود. تیمارهای دمایی توسط انکوباتور تأمین گردید. بذور علف های هرز دارای انواع مختلفی خواب هستند که باید شکسته شوند، در این تحقیق برای شکستن خواب بذور شلمی پس از تیمار شدن با اسید سولفوریک ۹۸ درصد، از اسیدجیبرلیک ۱۰۰پی پی ام استفاده شد. بذور خردل و خاکشیر با اسیدجیبرلیک ۱۰۰پی پی ام و بذور فالاریس با نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد تیمار شدند. . ۱۰۰ عدد بذر از هر گیاه بر روی کاغذ صافی واتمن در پتری دیش های ۲۰ سانتی متری ضدعفونی شده (در آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد) کشت و در داخل انکوباتور در دمای مورد نظر قرار داده شدند. در طول آزمایش در صورت نیاز به پتری دیش ها آب مقطر اضافه شد. شمارش بذرهای جوانه زده هر روز صورت گرفت معیار جوانه زنی خروج ریشه چه به اندازه ۲ میلی متر بود. بذرهای جوانه زده بعد از شمارش از محیط حذف شدند. در کلیه تیمارهای دمایی برای هر تکرار منحنی پیشرفت جوانه زنی در مقابل زمان محاسبه گردید. همچنین، معکوس زمان لازم برای 50 درصد جوانه زنی به عنوان معیاری از سرعت جوانه زنی در نظر گرفته شد (Soltani *et al.*, 2002). درصد جوانه زنی از تقسیم بذرهای جوانه زده به کل بذرها ضربدر عدد ۱۰۰ به دست آمد. پس از محاسبه سرعت جوانه زنی از توابع دوتکه ای، دندان مانند و بتا برای توصیف تغییرات سرعت جوانه زنی در مقابل دما و تخمین دماهای کاردینال (کمینه ، مطلوب و بیشینه) بذور جوانه زده استفاده گردید.

تابع دندانه ای (Dent-Like) با علامت اختصاری (D) بصورت زیر توصیف می شود (Torabi, 2004):

$$f(t)=\frac{(T-Tb)}{(To1-Tb)} \qquad Tb<T\le To1 \qquad (۱)$$

$$f(t)=\frac{(Tc-T)}{(Tc-To2)} \qquad To2<T\le Tc$$

$$f(t)=1 \qquad To1<T\le To2$$

$$f(t)=0 \qquad Tc\le T \ or \ T\ge Tc$$

تابع دو تکه ای (Segmented) با علامت اختصاری (S) : (Soltani *et al.*, 2006)

$$f(t)=\frac{(T-Tb)}{(To-Tb)} \qquad Tb<T\le To \qquad (۲)$$

$$f(t)=\frac{(Tc-T)}{(Tc-To)} \qquad To<T\le Tc$$

$$f(t)=0 \qquad Tc\le T \ or \ T\le Tb$$

تابع بتا (Beta) با علامت اختصاری (B) (Soltani *et al.*, 2006):

$$f(t)=\left[\left(\frac{(T-Tb)}{(To-Tb)}\times\frac{(Tc-T)}{(Tc-Tb)}\right)^{\frac{(Tc-To)}{(Tc-Tb)}}\right]^{a} \qquad Tb<T<Tc \qquad (۳)$$

$$f(t)=0 \qquad Tc\le T \ or \ T\le Tb$$

در این توابع T متوسط دمای روزانه، Tb دمای پایه ، To دمای مطلوب،To1 دمای مطلوب تحتانی، To2 دمای مطلوب فوقانی و Tc دمای سقف می باشد. برازش مدل ها با استفاده از نرم افزار سیگما پلات SigmaPlot 11.0 انجام شد. ارزیابی برازش مدل های تطابق زمان مشاهده شده و پیش بینی شده جوانه زنی، با کمک ریشه دوم میانگین خطا (RMSE)، و ضریب تبیین تصحیح شده (adj R^2) انجام گرفت که به ترتیب با استفاده از معادلات ۱۰ و ۱۱ محاسبه می شوند. هرچه RMSE کوچکتر و Adj R^2 نزدیکتر به یک نشانگر برازش بهتر مدل به داده هاست. yobs و ypred به ترتیب مقادیر مشاهده و پیش بینی شده می باشند.

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y\,obs-y\,pred)^2} \qquad (۴)$$

$$R^2adj=1-\frac{\sum(y\,obs-y\,pred)^2}{\sum(y\,obs-\bar{y}\,obs)^2} \qquad (۵)$$

Archive of SID

www.SID.ir

برای انتخاب بهترین مدل از شاخص آکائیک (AIC) استفاده شد (Burnham and Anderson, 2002). در مقایسه دو مدل، هرکدام که از مقدار AIC کمتری برخوردار است به عنوان مدل بهتر انتخاب می شود (معادله ۱۲). در آزمایشاتی که تعداد نقاط یا نمونه های کوچک است از شاخص آکائیک تصحیح شده (AICc) استفاده می شود که توسط معادله ۱۳ محاسبه می شود، در این فرمولRSS مجموع مربعات باقیمانده رگرسیون، K تعداد پارامترهای برآورد شده در مدل و n تعداد نقاط یا نمونه ها می باشد.

$$AIC = n \times \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2 \times K \quad (۶)$$

$$AICc = -2 \times \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2 \times K + \frac{2 \times K \times (K+1)}{n-K-1} \quad (۷)$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر آن است که درصد جوانه زنی بذور کلزا و تمامی علف های هرز در سطح یک درصد تحت تاثیر دما قرار گرفت (جدول ۱). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج ذکر شده توسط دیگر محققان (Page *et al*., 2006; Soltani *et al*., 2006; Naylor, 2007) در گیاهان مختلف یولاف و نخود همخوانی دارد.

جدول۱- میانگین مربعات درصد جوانه زنی بذور کلزا و علف های هرز تحت تیمارهای درجه حرارت.

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلزا	خردل	خاکشیر	فالاریس	شلمی
تیمار	۹	۵۷۰۳/۹۴**	۲۰۰۷/۱۱**	۲۶۶۰/۳۸**	۵۹۸۶/۴۳**	۲۳۹۶/۱۲**
خطا	۲۰	۴	۱/۸۴	۶/۸	۶/۵۷	۳/۶۲
ضریب تغییرات	-	۳	۷/۶۳	۱۱/۶۷	۷/۱۹	۸/۹۷

** معنی دار در سطح ۱ درصد

برای کمی سازی واکنش سرعت جوانه زنی نسبت به دما از مدل های دندانه ای، دوتکه ای و بتا استفاده شد. مقادیر معیارهای مورد نظر برای مقایسه مدل های مختلف به‌منظور انتخاب مدل برتر برای توصیف سرعت جوانه زنی بذور مختلف نسبت به دما در جدول ۲ ارائه شده اند. باتوجه به این معیارها، به‌منظور توصیف سرعت جوانه زنی نسبت به دما از مدل برتر برای هر گیاه جهت تعیین دماهای کاردینال جوانه زنی استفاده گردید. بهترین مدل بخش بزرگتری از تغییرات را توجیه (Adj R^2 بزرگتر)، شاخص آکائیک تصحیح شده(AICc) و جذر میانگین مربعات خطای (RMSE) کوچکتری دارد (Ajam Yousefi-Daz *et al*., 2006; Norouzi *et al*., 2007).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- مقادیر جذر میانگین مربعات خطای (RMSE)، $Adj\ R^2$ و شاخص آکائیک تصحیح شده (AICc).

گیاه	تابع	RMSE	$Adj\ R^2$	AICc
	دو تکه ای	۰/۰۰۸	۰/۶۸	-۷۲/۷
کلزا	دندان مانند	۰/۰۰۹	۰/۵۹	-۶۳/۰۴
	بتا	۰/۰۱۳	۰/۶۵	-۴۲/۰۵
	دو تکه ای	۰/۰۰۰۴	۰/۸۳	-۱۳۳/۰۴
خردل	دندان مانند	۰/۰۰۰۵	۰/۶۱	-۱۱۷/۵
	بتا	۰/۰۰۰۴	۰/۴۴	-۳۰/۱۷
	دو تکه ای	۰/۰۰۰۴	۰/۸۶	-۱۳۴/۹
شلمی	دندان مانند	۰/۰۰۰۶	۰/۵۷	-۱۱۶/۵
	بتا	۰/۰۰۰۴	۰/۵۶	-۳۱/۷
	دو تکه ای	۰/۰۰۰۳	۰/۹۶	-۱۳۵/۴
خاکشیر	دندان مانند	۰/۰۰۱	۰/۵۹	-۱۰۴/۷
	بتا	۰/۰۰۰۸	۰/۶۲	-۶۶/۶
	دو تکه ای	۰/۰۰۰۳	۰/۹۱	-۱۳۷/۹
فالاریس	دندان مانند	۰/۰۰۰۵	۰/۶۸	-۱۱۸/۳
	بتا	۰/۰۰۰۵	۰/۴۶	-۲۹/۶

هرچه شاخص آکائیک تصحیحی شده منفی تر (کوچکتر) باشد، مدل برازش بهتری داشته است.

با توجه به جدول ۲، مدل دو تکه ای نسبت به سایر مدل ها در کلزا و تمامی علف های هرز دارای پارامترهای RMSE ، AICc کمتر و $Adj\ R^2$ بیشتر بود که نشاندهنده برتری این مدل در تخمین جوانه زنی بذرهای این گیاهان است. درنتیجه، مدل دوتکه ای برای کلزا و تمامی علف های هرز خردل، شلمی و خاکشیر و فالاریس بهترین برازش را نشان داد.

در تحقیق انجام شده روی ارقام مختلف کلزا توسط (Jafari *et al*., 2012) مدل های بتا و دو تکه ای، بهترین مدل های پیش بینی دماهای کاردینال این گیاه زراعی معرفی شدند. (Hardegree, 2006) نیز برای علف های هرز باریک برگ در دمای ۳ تا ۳۸ درجه سانتی گراد مدل دو تکه ای را بهترین مدل برای تخمین دماهای کاردینال معرفی نمود. تحقیقات متعدد دیگری در زمینه جوانه زنی و سبز شدن روی علف های هرز انجام شده است، (Kazeruni Monfared *et al*., 2012) از یک مدل دو تکه ای برای تخمین دماهای کاردینال تاخ خروس استفاده کردند ، که با نتایج حاصل از این بررسی همخوانی دارد. در مطالعات انجام شده روی گیاهان دیگر نتایج متفاوتی بدست آمده است مانند نتایج (Hoseini *et al*., 2012) که مدل های دندان ای را برای پیش بینی جوانه زنی ازمک، جودره و جوموشی مناسب دانستند (Jame and Cutforth, 2004) مدل بتا را بعنوان بهترین مدل تخمین جوانه زنی و سبز شدن گندم بهاره معرفی کردند. این نتایج تایید کننده تفاوت در قابلیت پیش بینی جوانه زنی و سبز شدن مدل ها در گیاهان و شرایط رشدی متفاوت است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- برآورد ضریب ثابت a (برای مدل بتا)، دمای پایه (Tb)، دمای مطلوب(To)، دماهای مطلوب فوقانی (To1) و تحتانی (To2) (برای مدل دندانه ای) دمای سقف (Tc) برای جوانه زنی ۵۰ درصد جمعیت در گیاه زراعی کلزا و علف های هرز غالب آن.

تابع	گیاه	a	Tb	To	To1	To2	Tc
دوتکه ای	کلزا	-	۱/۸۴±۳/۶۳	۲۵±۴/۰۲	-	-	۴۰/۹۱±۳/۶۲
	خردل	-	۲/۰۱±۱/۵	۱۵±۲/۴۵	-	-	۳۰/۶۲±۲/۵۱
	شلمی	-	۱/۹±۱/۳۸	۱۵±۲/۲۶	-	-	۳۰/۵۲±۲/۱۶
	خاکشیر	-	۱/۲۸±۱/۴۳	۲۶/۶۷±۰/۴۷	-	-	۳۵±۰/۳۹
	فالاریس	-	۱/۹۱±۱/۰۹	۱۵/۵۵±۱/۳۷	-	-	۳۰/۳۳±۱/۶
دندانه ای	کلزا	-	۳/۰۶±۵/۶۱	-	۲۴/۲۷±۸/۹۹	۲۵±۷/۹۶	۴۲/۷۶±۳/۳
	خردل	-	۵	-	۹	۱۵	۳۸/۴۵
	شلمی	-	۱/۶۷±۲/۹۹	-	۱۴/۴۳	۱۴/۸۸	۳۸/۶۷±۳/۶۸
	خاکشیر	-	۲±۴/۰۶	-	۱۹/۳۳±۷/۹۲	۲۸/۷۷±۵/۰۳	۴۱/۶۷±۲/۶۹
	فالاریس	-	۵	-	۹	۱۵	۳۸/۹۲
بتا	کلزا	۱۳/۵۹	۰	۲۳/۹۲	-	-	۴۰
	خردل	۳±۳/۳۸	۲±۳/۱۶	۱۵±۱/۸۷	-	-	۳۰±۱۹/۰۵
	شلمی	۳±۳/۰۱	۲±۲/۸۱	۱۵±۱/۶۷	-	-	۳۰±۱۶/۹۶
	خاکشیر	۳	۰	۱۷	-	-	۳۵
	فالاریس	۳±۲/۳۶	۲±۲/۸۱	۱۶±۱/۳۱	-	-	۳۰±۱۱/۰۱

در جدول ۳ مقادیر برآورده شده دماهای کاردینال برای کلیه مدل ها جهت مقایسه قابلیت تخمین هر یک از مدل ها ارائه شده است، البته همانطور که ذکر گردید بهترین مدل، مدل دو تکه ای است. در شکلهای ۱ تا ۵ رابطه سرعت جوانه زنی و دما در کلزا و علف های هرز با استفاده از مدلهای مختلف نشان داده شده است.

دمای پایه برآورد شده توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا در کلزا رقم زرفام به ترتیب ۱/۸، ۳/۶ و صفر درجه سانتی گراد بود. دمای پایه برآورد شده توسط مدل بتا کمتر از سایر مدل ها بود که این به ماهیت مدل بتا بر می گردد (جدول ۳ و شکل ۱). دمای مطلوب برآورد شده توسط مدل های دو تکه ای و بتا در کلزا ۲۵ و ۲۳/۹ درجه سانتی گراد و در مدل دندانه ای دمای مطلوب بین ۲۴/۲ و ۲۵ درجه سانتی گراد بود. دمای سقف برآورد شده برای کلزا توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا ۴۰/۹، ۴۲/۷ و ۴۰ درجه سانتی گراد برآورد گردید (جدول ۳) بطور کلی دمای پایه، مطلوب و سقف برای کلزا رقم زرفام با توجه به مدل دو تکه ای که به عنوان مدل برتر انتخاب گردید، به ترتیب ۱/۸، ۲۵ و ۴۰/۹ درجه سانتی گراد می باشد (جدول۳ و شکل ۱). دمای پایه تخمین زده شده مدل برتر (۱/۸ درجه سانتی گراد) با نتایج ذکر شده در منابع (Soltani, 2009) که دمای پایه کلزا را صفر ذکر کرده اند اندکی متفاوت است که ممکن است علت این امر مربوط به رقم کلزا باشد ولی دمای مطلوب و سقف که به ترتیب ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد گزارش شده بود، مشابه نتایج ما بود (Jafari *et al*., 2012; Soltani, 2009).

دمای پایه برآورد شده توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا در علف هرز خردل به ترتیب ۲/۰۱، ۵ و ۲ درجه سانتی گراد بود (جدول ۳). دمای مطلوب برآورد شده خردل توسط هر دو مدل دو تکه ای و بتا ۱۵ درجه سانتی گراد و در مدل دندانه ای دمای مطلوب بین ۹ و ۱۵ درجه سانتی گراد بود. دمای سقف برآورد شده برای خردل توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا ۳۰/۶، ۳۸/۴ و ۳۰ درجه سانتی گراد برآورد گردید (جدول ۳ و شکل ۲). در علف هرز خردل با توجه به مدل برتر (دو تکه ای) ، دماهای پایه، مطلوب و سقف ۲/۰۱، ۱۵ و ۳۰/۶ درجه سانتی گراد

Archive of SID

www.SID.ir

می باشد (جدول۳ و شکل ۲).در تحقیق انجام شده توسط (Nikitin, 1983) نیز دمای پایه را ۲ تا ۴ درجه سانتی گراد و دمای مطلوب را ۱۴ تا ۲۰ درجه سانتی گراد گزارش شده بود که نتایج حاصل از این تحقیق نیز تایید کننده این مطلب است. با توجه به جدول ۳ علف هرز خردل در مقایسه با کلزا دارای دمای پایه بیشتری است درنتیجه دیر تر کلزا شروع به جوانه زنی می کند ولی خردل در دمای پایینتری به بیشترین سرعت جوانه زنی می رسد ولی این حداکثر جوانه زنی در کلزا در دمای بالاتری رخ می دهد، بدین ترتیب گیاه زراعی در رقابت با تعداد زیادی علف هرز قرار می گیرد. اما نکته دیگر اینجاست که کلزا دمای سقف بسیار بالاتری نسبت به علف های هرز دارد و این بدان معناست که کلزا در دماهای بالاتری قابلیت جوانه زنی خود را حفظ می کند. با استفاده از این نتایج میتوان با تغییر در تاریخ کاشت یا ارقام زراعی با سرعت جوانه زنی بالاتر در مدیریت علف های هرز استفاده نمود.

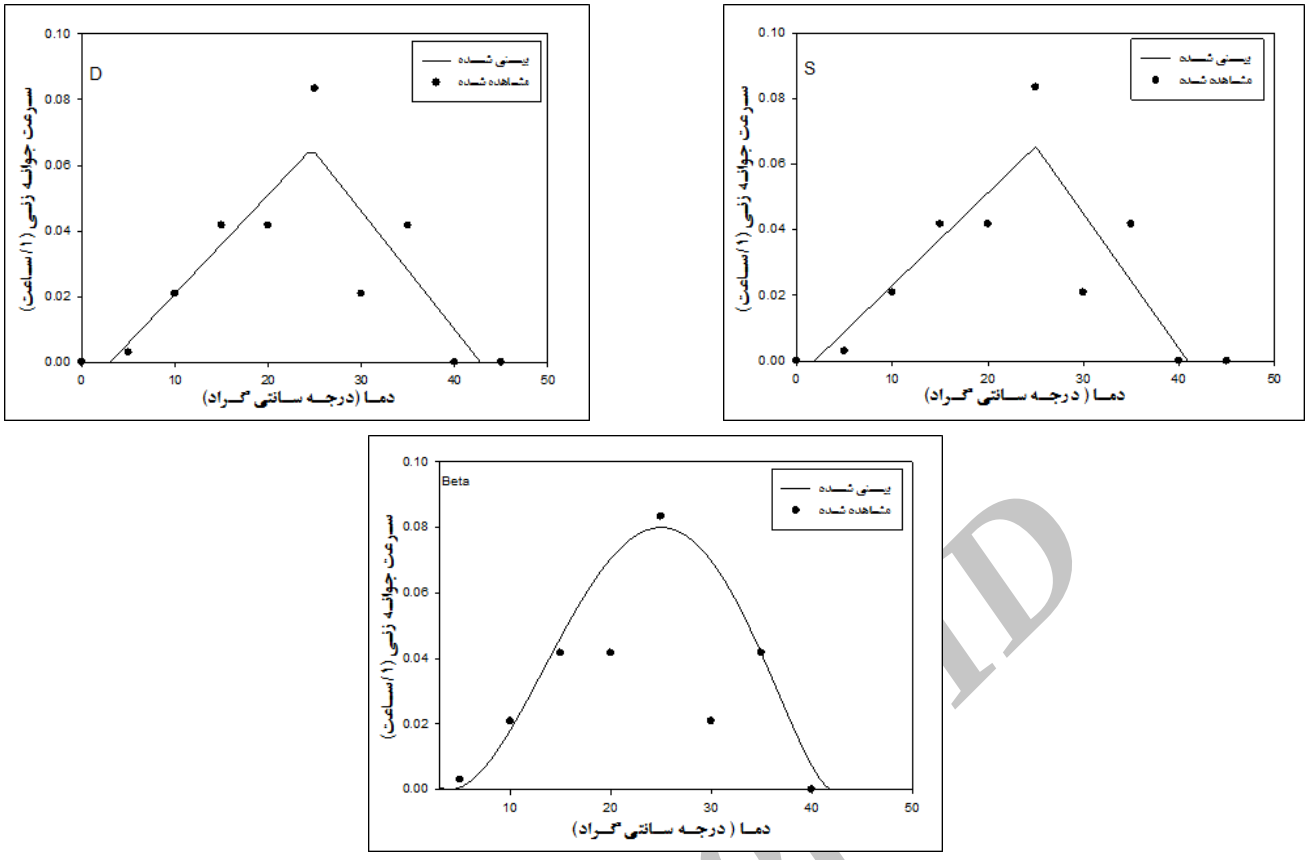
دمای پایه برآورد شده توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا در علف هرز شلمی به ترتیب۱/۹، ۱/۶ و ۲ درجه سانتی گراد بود (جدول ۳). دمای مطلوب برآورد شده شلمی توسط هر دو مدل دو تکه ای و بتا ۱۵ درجه سانتی گراد و در مدل دندانه ای دمای مطلوب بین ۱۴/۴ و ۱۴/۸ درجه سانتی گراد بود. دمای سقف برآورد شده برای شلمی توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا ۳۰/۵، ۳۸/۶ و ۳۰ درجه سانتی گراد برآورد گردید (جدول ۳ و شکل۳). در علف هرز شلمی با توجه به مدل برتر (دو تکه ای) ، دماهای پایه، مطلوب و سقف ۱/۹، ۱۵ و ۳۰/۵ درجه سانتی گراد می باشد (جدول۳ و شکل ۳). نتایج تحقیقات (Cousens *et al*., 1994) که دمای پایه این علف هرز را ۵ درجه سانتی گراد و دمای مطلوب را در یک محدوده وسیع دمایی۱۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد برآورد نموده بودند با یافته های این آزمایش همخوانی ندارد که تفاوت موجود احتمالا مربوط به شرایط آزمایش و ارقام مورد استفاده باشد. علف هرز شلمی هم روند جوانه زنی مشابهی با علف هرز خردل دارد.

دمای پایه برآورد شده توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا در علف هرز خاکشیر به ترتیب۱/۲، ۲ و صفر درجه سانتی گراد بود (جدول ۳). دمای مطلوب برآورد شده خاکشیر توسط مدل های دو تکه ای و بتا ۲۹/۶ و ۲۷ درجه سانتی گراد و در مدل دندانه ای دمای مطلوب بین ۱۹/۳ و ۲۸/۷ درجه سانتی گراد بود. دمای سقف برآورد شده برای خاکشیر توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا ۳۵، ۴۱/۶ و ۳۵ درجه سانتی گراد برآورد گردید(جدول ۳ و شکل ۴). در علف هرز خاکشیر با توجه به مدل برتر (دو تکه ای) ، دماهای پایه، مطلوب و سقف ۱/۲، ۲۹/۶ و ۳۵ درجه سانتی گراد می باشد (جدول۳ و شکل ۴). (Ulyanova, 1998) نیز در آزمایشی مشابه، اظهار داشت خاکشیر در ۲تا ۴ درجه سانتی گراد جوانه می زند که مشابه نتایج حاصل از این تحقیق است. از میان علف های هرز مورد بررسی، فقط خاکشیر دارای دمای پایه کمتری نسبت به کلزا است و به این علت از کلزا سریع تر جوانه می زند.

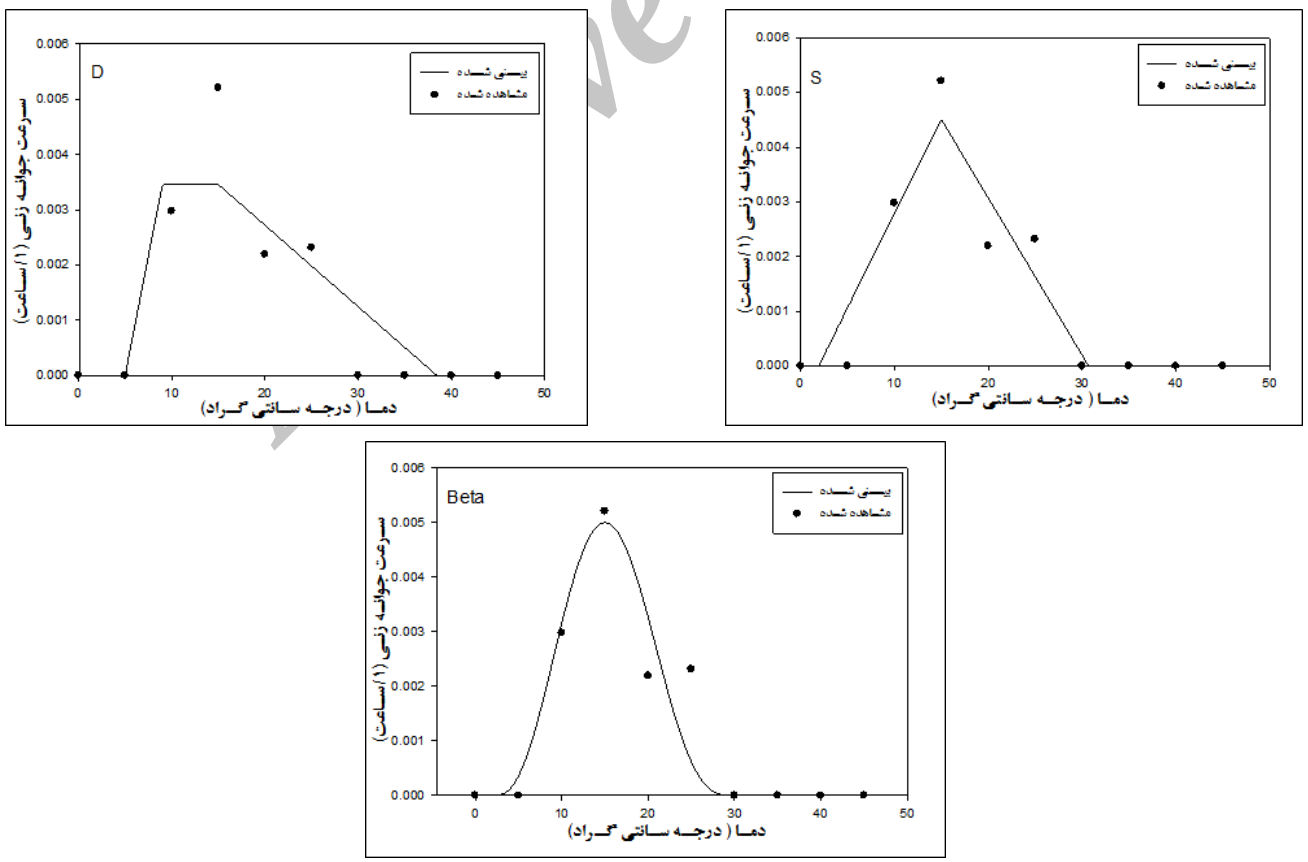
دمای پایه برآورد شده توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا در علف هرزباریک برگ فالاریس به ترتیب۱/۹، ۵ و ۲ درجه سانتی گراد بود (جدول ۳). دمای مطلوب برآورد شده فالاریس توسط مدل های دو تکه ای و بتا ۱۵/۵ و ۱۶/۱ درجه سانتی گراد و در مدل دندانه ای دمای مطلوب بین ۹ و ۱۵ درجه سانتی گراد بود. دمای سقف برآورد شده برای فالاریس توسط مدل دوتکه ای، دندانه ای و بتا ۳۰/۳، ۳۸/۹ و ۳۰ درجه سانتی گراد برآورد گردید(جدول ۳). در علف هرز فالاریس با توجه به مدل برتر (دوتکه ای)، دماهای پایه، مطلوب و سقف ۱/۹، ۱۵/۵ و ۳۰/۳ درجه سانتی گراد می باشد (جدول ۳ و شکل ۵). علف هرز فالاریس مشابه علف های هرز خردل و شلمی است و دارای دماهای کاردینال مشابه هستند.

Archive of SID

www.SID.ir

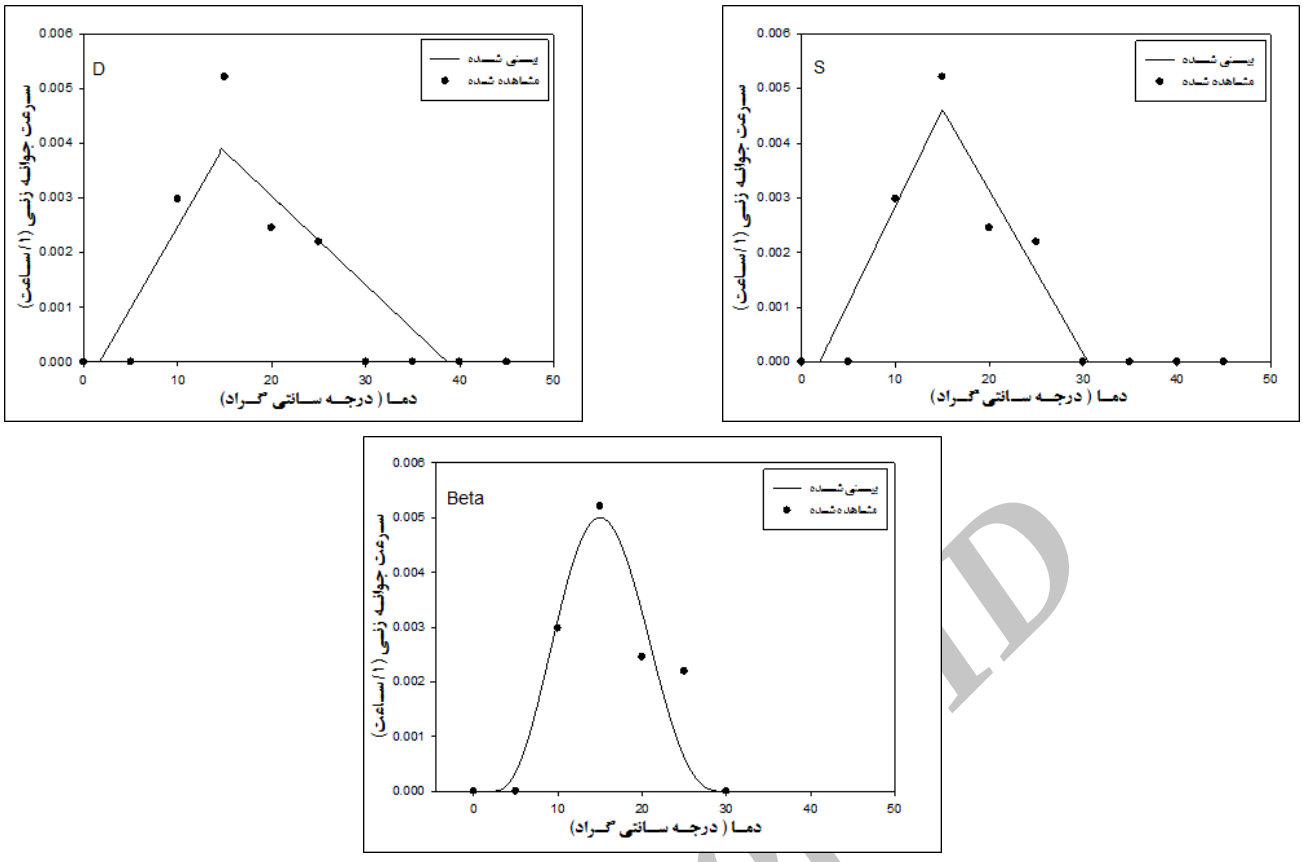


شکل ۱- رابطه سرعت جوانه زنی و دما در کلزا با استفاده از مدل های دوتکه ای (S) ، دندان مانند (D) و بتا (B).

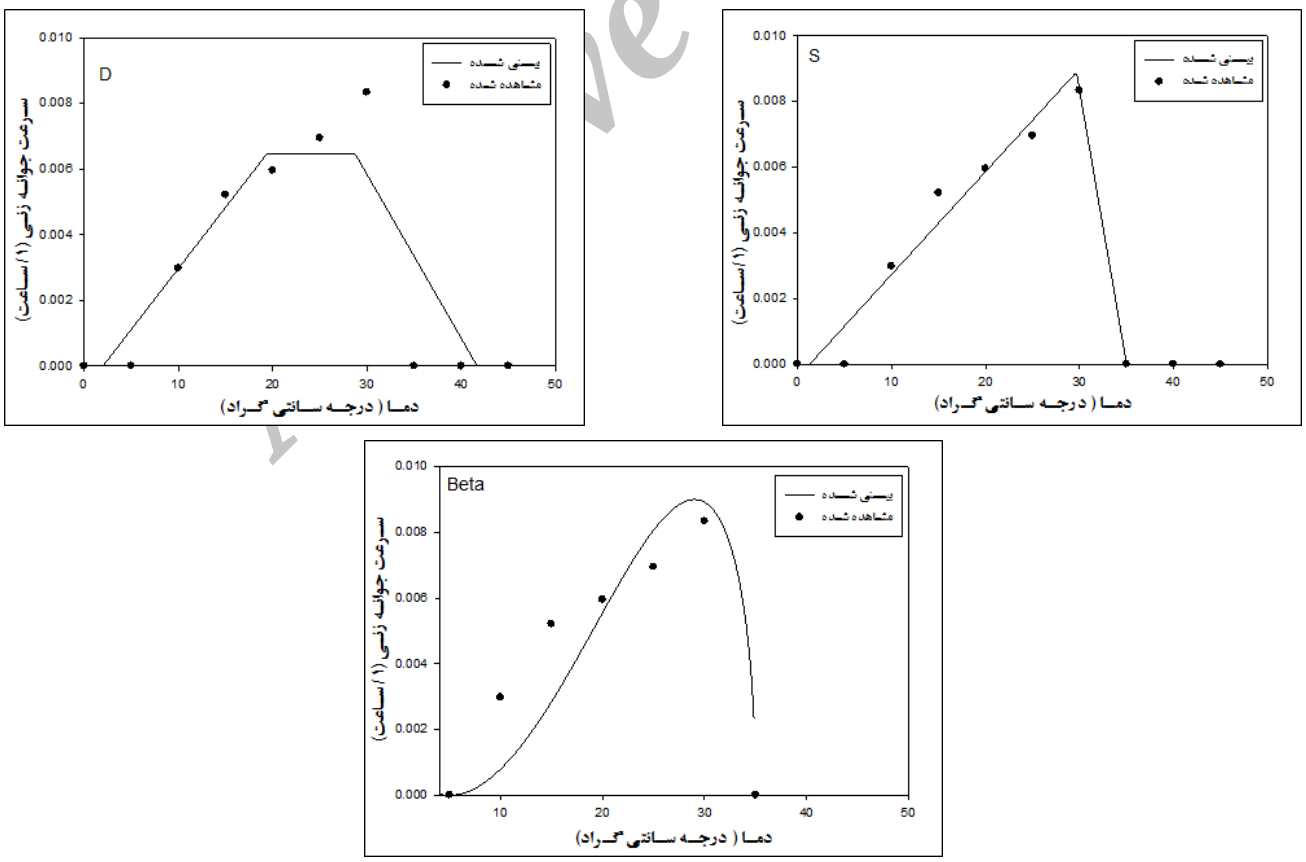


شکل ۲- رابطه سرعت جوانه زنی و دما در خردل با استفاده از مدل های دوتکه ای (S) ، دندان مانند (D) و بتا (B).

www.SID.ir

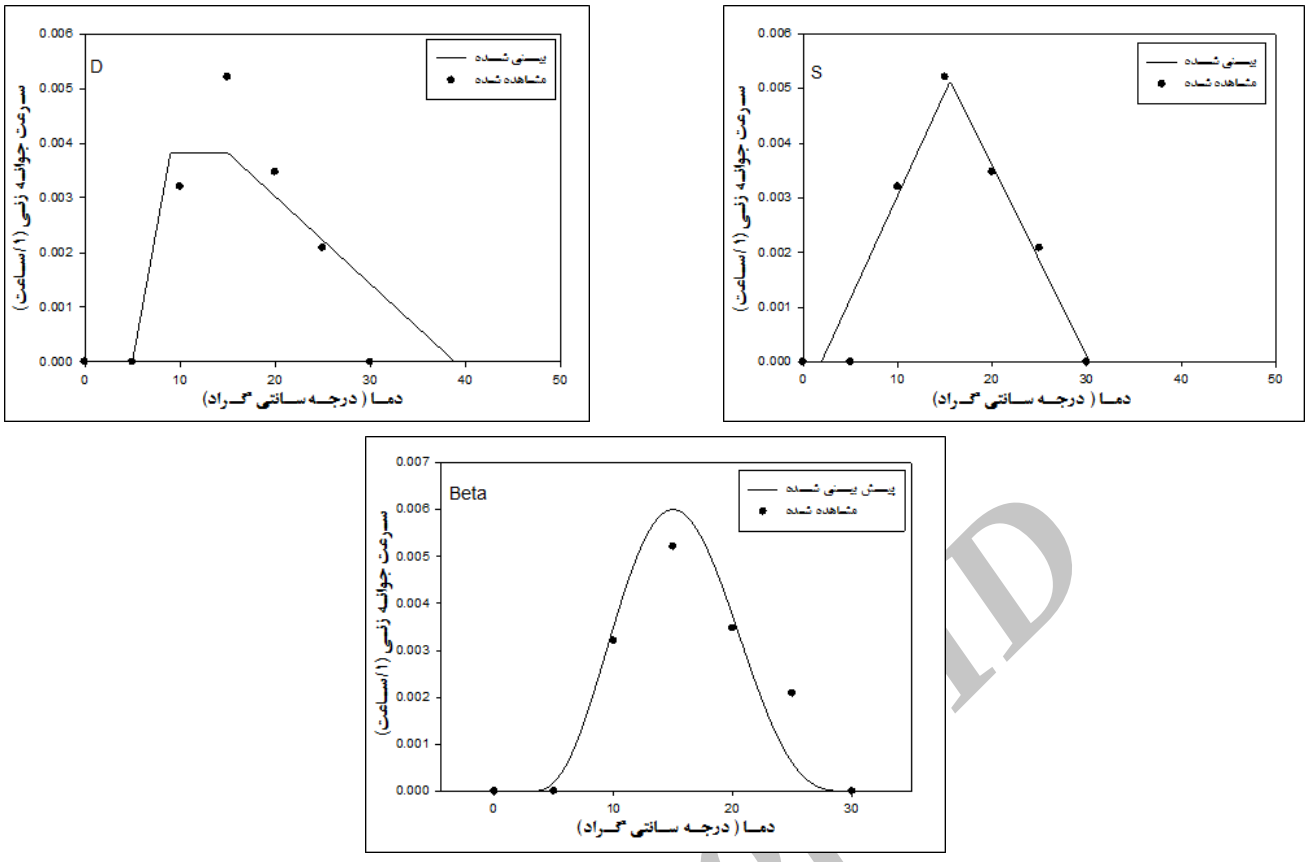


شکل ۳- رابطه سرعت جوانه زنی و دما در شلمی با استفاده از مدل های دوتکه ای (S) ، دندان مانند (D) و بتا (B).



شکل ۴- رابطه سرعت جوانه زنی و دما در خاکشیر با استفاده از مدل های دوتکه ای (S) ، دندان مانند (D) و بتا (B).

www.SID.ir



شکل ۵- رابطه سرعت جوانه زنی و دما در فالاریس با استفاده از مدل های دوتکه ای (S) ، دندان مانند (D) و بتا (B).

بطورکلی نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است که با استفاده از مدل های رگرسیونی غیرخطی میتوان جوانه زنی و سبز شدن کلزا و علف های هرز پهن برگ و باریک برگ مزارع آن (خردل، شلمی، خاکشیر و فالاریس) را پیش بینی نمود. در بین مدل های رگرسیونی غیرخطی، مدل دوتکه ای با توجه به کمترین RMSE و AICc و بیشترین $Adj\ R^2$، بهترین برازش جوانه زنی و سبز شدن بذور مورد بررسی را نشان داد و به خوبی سرعت جوا نه زنی این گیاهان را نسبت به دما توصیف نمود. بنابراین از این مدل ها و پارامترهای برآورد شده از آنها می توان در پیش بینی زمان جوانه زنی استفاده کرد. آگاهی داشتن از زمان جوانه زنی علف های هرز بسیار مهم است زیرا مرحله آغازین رقابت گیاه زراعی و علف هرز است. بررسی دماهای کاردینال گیاه زراعی کلزا و علف های هرز پهن برگ و باریک برگ مورد بررسی در این تحقیق نشان داد، کلزا به علت پایین بودن دمای پایه (حداقل دمای مورد نیاز برای جوانه زنی) سریعتر از علف های هرز خردل، شلمی و فالاریس جوانه می زند، اما دمای مطلوب کلزا (۲۵ درجه سانتی گراد) نسبت به علف های هرز (۱۵ درجه سانتی گراد) بالاتر است و علف های هرز در دمای پایین تری به سرعت جوانه زده و تعداد زیادی علف هرز خردل، شلمی و فالاریس ظاهر می شود که این امر موجب کاهش قدرت رقابت کلزا با علف های هرز می شود. با توجه به دمای سقف کلزا میتوان نتیجه گرفت که کلزا دامنه تحمل دمایی بالاتری تسبت به چهار علف هرز دارد یعنی در دماهای بالا نیز فادر به جوانه زنی است. با استفاده از نتایج به دست آمده میتوان کارایی مدیریت علف های هرز را افزایش داد.

منابع

Al-Barrak, Kh.M., 2006. Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola (*Brassica napus* L.). Scientific Journal of King Faisal University. 7(1), 87-102.

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(4), 100-111.

Archive of SID

www.SID.ir

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

Baghestani, M.A., Najafi H. and Zand. E., 2004. *Sinapis arvensis:* Biology and Management. Iranian Research Institute of Plant Protection Press, Tehran, Iran.

Balkaya, A., Kurtar E.S. and Cemek, B., 2008. Modelling the effect of temperature on germination power in some Brassica species. In Proceedings 3rd Seed Congress of Turkey, 25th-28th June, Cappadocia, Turkey. pp. 105-109.

Benech-Arnold, R.L. and Sánchez, R.A., 1995. Modelling weed seed germination. In: Kigel, Galili J.G. (Eds.), Seed Development and Germination. Marcel Dekker, New York, USA, pp. 545–566.

Blackshaw, R.E., Semach, G., and Janzen, H.H., 2002. Fertilizer application method affects nitrogen uptake in weed and wheat. Weed Science. 50, 634-641.

Blackshow, R.E., 1993. Safflower density and row spacing effects on competition with green foxtail. Weed Science. 41, 403-408.

Burnham, K.P. and Anderson D.R., 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. Springer Verlag, New York.

Cousens, R., Armas, G. and Baweja, R., 1994. Germination of *Rapistrum rugosum* (L.). Weed Research. 34, 127–135.

Dürr, C., Aubertot, J.N., Richard, G., Dubrulle, P., Duval, Y. and Boiffin, J., 2001. A model for simulation of plant emergence predicting the effects of soil tillage and sowing operations. Soil Science Society of America Journal. 65, 414-423.

Finch-Savage, W.E. and Phelps, K., 1993. Onion (*Allium cepa* L.) seedlings emergence patterns can be explained by the influence of soil temperature and water potential on seed germination. Journal of Experimental Botany. 44, 407– 414.

Forcella, F., Benech-Arnold, R.A. and Ghersa, C.M., 2000. Modelling seedling emergence. Field Crops Research. 67, 123-139.

Grundy A.C. and Mead, A., 2000. Modeling weed emergence as e function of metrological records. Weed Science. 48, 594-603.

Hardegree, S., 2006. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal-temperature models and subpopulation-specific regression. Annals of Botany. 97, 1115–1125.

Hoseini M., Mojab, M. and Zamani, Gh., 2012. Evaluation wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.) barley grass (*H. murinum* L.) and hoary cress (*Cardaria draba* L.) germination in different temperatures. In proceeding 4th Iranian Weed Science Congress, 6th-7th February, Ahvaz, Iran. p. 108.

Jafari, N., Esfahani, M. and Saburi, A., 2012. Evaluation non linear regresion for germination rate of canola (*Brassica napus* L.) to temperature. Iranian Crop Science. 4, 857-868. (In Persian with English abstract).

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.

Kazeruni monfared, A., Rezvani Moghadam, P., Nasiri Mahalati, M. and Tokasi, S., 2012. Investigation on the cardinal temperatures for germination of *Solanum nigrum*. In proceeding 4th Iranian Weed Science Congress, 6th-7th February, Ahvaz, Iran. p. 122.

Minbashi. Moeini, M., Baghestani, M.A. and Mashhadi, H.R., 2008. Introducing an abundance index for assessing weed flora in survey studies. Weed Biology and Management. 8, 172–180

Naylor, R.E.L., 2007. Using segmented regression to analyse the response of germination to temperature. Seed Science and Technolgy. 35, 539-549.

Nerson, H., 2007. Seed production and germinability of cucurbit crops. Seed Science Biotechnolgy. 1, 1-10.

Nikitin, V.V., 1983. Weed Plants of the USSR Flora. Leningrad, Russiaa. (In Russian with English abstract).

Page, E.R., Gallagher, R.S., Kemanian, A.R., Zhang, H. and Fuerst, E.P., 2006. Modeling site-specific wild oat (*Avena fatua*) emergence across a variable landscape. Weed Science. 54, 838-846.

Soltani, A., 2009. Mathematical Modeling in Field Crop. Jahad daneshgahi Mashhad press, Mashhad, Iran.

Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi Daz, M. and Sarparast, R., 2006. Modeling of seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology. 138, 156-167.

Streibig, J.C., Combellack, J.H. and Pritchard, G.H., 1989. Estimation of thresholds for weed control in Australian cereals. Weed Research. 29, 117-126.

Tomass, P., 1992. Canola Grower Manual. Canola Council of Canada. Winnipeg, Canada.

Torabi, B., 2004. Prediction of physiological development stages in chickpea. MS.c. Thesis. Gorgan University, Gorgan, Iran.

Archive of SID

www.SID.ir

Ulyanova, T.N., 1998. Weed Plants in Flora of Russia and other CIS countries. Petersburg: VIR.

Wang, R., 2005. Modeling seed germination and seedling emergence in winter fat (*Krascheninnikovia lanata* (Pursh) A.D.J. Meeuse and Smit): physiological mechanism and ecological relevance. Ph.D. Thesis. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.

Yousefi-Daz, M., Soltani, A., ghaderi-far, F. and Sarparast, R., 2006. Evaluation of non-linear regression models to describe response of emergence rate to temperature in chickpea. Agriculture. Science and Technolgy. 20, 93-102.

Zand, E. and Baghestani, M.A., 2009. Weed Resistance to Herbicide. Jahad Daneshgahi Mashhad press, Mashhad, Iran.

Zhou, J., Deckard, E. and Ahrens, W.H., 2005. Factor affecting germination of hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) seeds. Weed Science. 53, 41-45.

Archive of SID

www.SID.ir

Using nonlinear regression approach for prediction of cardinal temperature of canola and four common weeds

Hamideh Khalaj,[1,*] Iraj Allahdadi,[2] Hamid Iran Nejad,[2] Gholam Abbas Akbari,[2] Mahdi Min Bashi[3] and Mohammad Ali Baghestani[3]

[1]Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran.
[2]Department of Agronomy and Plant Breeding, Aburaihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Iran.
[3]Department of Weed Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran.

*Corresponding author: hamideh_6285@yahoo.com

Abstract

This study was done to evaluate different nonlinear regression models to describe response of germination rate to temperature in *Brassica napus* L. (canola), *Sinapis arvensis* L. (wild mustard), *Raphanus raphanistrum* L. (wild radish), *Descurania sophia* L., *Phalaris minor* L. (phalaris). This experiment based on completely block randomized design with 3 replications at Plant Research Institute (Dep. of Weed Research) laboratory in 2011. The seeds treated with different temperatures (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 ^{o}C) and the germination rate were calculated. The result showed that temperature had significant effect on germination rate of all plants. Tree regression models (Dent-like, Segmented and Beta) used to predict germination rate and cardinal temperature. Root mean square of error (RMSE), coefficient of determination and corrected AKAIKE index (AICc) were used to find the appropriate model(s). Therefore segmented model were superior compared to other models in canola and all weeds. It was concluded that this model can be used to quantify response of common weeds of canola field germination to temperature and to obtain cardinal temperature of germination. Base (Tb), optimum (To) and ceiling (Tc) temperature were predicted with appropriate models. Tb, To, Tc were for canola 1.8, 25, 40.9; wild mustard 2.01, 15, 30.6, wild radish 1.9, 15, 30.1, *D. sophia* 1.2, 26.9, 35 and phalaris 1.9, 15.5, 30.3 respectively. These parameters are required to predict common weeds of canola field germination and emergence.

Keywords: Canola, Weed, Germination rate, Nonlinear regression model, Cardinal temperatures.

Archive of SID

www.SID.ir