

پیش‌بینی رویش علف‌های هرز توق و تاج خروس در ذرت با مدل‌های زمان دمایی

مصطفی اویسی^{۱*}، حمید رحیمیان مشهدی^۱، محمدعلی باغستانی^۲ و حسن علیزاده^۱

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران ۲- مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۸

چکیده

پیش‌بینی رویش علف‌های هرز از جمله روش‌های کارآمدی است که می‌تواند برای انتخاب زمان بهینه کنترل علف‌های هرز در مزرعه مورد استفاده قرار گیرد. بمنظور پیش‌بینی الگوی رویش دو علف‌هرز توق و تاج خروس در ذرت مطالعه‌ای در دو اقلیم متفاوت کرج و تنکابن انجام شد. آزمون مدل‌های مختلف رگرسیونی رایج برای پیش‌بینی الگوی رویش علف‌های هرز، نشانگر دقت بالاتر مدل گامپرتز طی دوسال و در دو اقلیم متفاوت بود. با توجه به تفاوت‌های دمایی و بارش بین مناطق مورد بررسی، پارامترهای رویش علف‌های هرز مربوط به مناطق مورد بررسی متفاوت بود. براساس تخمین پارامترهای مدل گامپرتز، گیاهچه‌های توق در درجه روز رشد ۲۰۰ روز سانتیگراد در مزرعه ظاهر شد، در درجه روز رشد حدود ۵۰۰ به حداکثر میزان خود رسید و تا حدود ۹۰۰ درجه روز رشد همچنان به رویش ادامه داد. در مجموع توق نرخ رویش بالاتری به ازاء درجه روز رشد دریافتی نشان داد و با طی کردن شیب تندتری نسبت به تاج خروس، زودتر به حداکثر درصد رویش رسید. مقایسه پارامترهای مدل در دو مکان برای توق، حاکی از این است که جمعیت کرج با افزایش درجه روز رشد، زودتر سبز شده و هر واحد درجه روز رشد منجر به رویش درصد بالاتری از گیاهچه‌های توق می‌شود. در مقایسه با توق، رویش گیاهچه‌های تاج خروس دیرتر و از درجه روز رشد حدود ۴۰۰ آغاز شده و در درجه روز رشد حدود ۶۰۰ به حداکثر میزان خود رسید. روند رویش تا حدود ۱۲۰۰ درجه روز رشد ادامه داشت. براین اساس، مرحله رشدی مناسب توق برای سمپاشی مصادف با زمانی است که هنوز موج اصلی گیاهچه‌های گونه غالب دیگر، یعنی تاج خروس رویش پیدا نکرده اند. با توجه به جمعیت چندگونه‌ای علف‌های هرز در مزارع، انتخاب زمان مناسب سمپاشی، از پیچیدگی خاصی برخوردار است. استفاده از مدل‌های پیش‌بینی رویش در اعمال دقیق و موثر روش‌های مدیریتی علف‌های هرز می‌تواند نقش ویژه‌ای ایفا نماید.

واژه‌های کلیدی: الگوی رویش، مدل گامپرتز، مدل زمان دمایی، توق، تاج خروس، ذرت، زمان پاشش علف‌کش

مقدمه

مدل‌های مکانیستیک و امپریکال برای این منظور آزمون شده-اند (Grundy, 2003). شکی نیست که فهم مکانیستیک فرایند رویش علف‌های‌هرز بسیار با ارزش است. وقتی ماهیت ارتباطات شناخته شود پیش‌بینی در شرایط دیگر نیز راحت‌تر و قابل دسترسی است. اما (Grundy, 2003) معتقد است که مدل‌های امپریکال نیز بخاطر سادگی و انعطاف پذیری بالا که لازمه‌ی کاربردی بودن در برنامه‌های مدیریتی است می‌توانند کارآمد باشند. شکل‌های مختلفی از مدل‌های امپریکال برای پیش‌بینی سبزشدن تجمعی علف‌های‌هرز بکار رفته‌اند (Forcella *et al.*, 2000; Shrestha *et al.*, 1999; Leguizamon *et al.*, 2005; Myers *et al.*, 2004; Chauhan *et al.*, 2006). شاید اولین و مهمترین عامل در جوانه زنی و رویش علف‌های‌هرز، دما باشد (Forcella, 1998). در اغلب مدل‌ها دمای تجمعی در طول فصل و در برخی دیگر نیز میزان رطوبت خاک در کنار دما مبنای مدل-سازی قرار گرفته‌اند. اگرچه اثر رطوبت در جوانه زنی بدیهی است اما در سیستم‌های کشت که بواسطه‌ی آبیاری، رطوبت دیگر عاملی محدود کننده محسوب نمی‌شود به نظر می‌رسد با مدل ساده‌تری که تنها دربرگیرنده‌ی دمای تجمعی خاک باشد بتوان به پیش بینی خوبی نزدیک به همان مدل‌های هیدروترمال (رطوبتی-دمایی) رسید (Dorado *et al.*, 2008). بسیاری بر این باورند که دما، اولین سیگنال محیطی است که خواب و جوانه زنی علف‌های‌هرز را تحت تأثیر قرار می‌دهد بنابراین از آن بعنوان مبنایی در پیشگویی رویش علف‌های‌هرز استفاده کرده‌اند (Alm, *et al.*, 1993; Benech-Arnold *et al.*, 1990; Leblanc *et al.*, 2003; Leon *et al.*, 2004). در این شرایط مدل‌های دمایی رویش می‌تواند با یک منحنی سیگموییدی ساده توصیف شوند که در آن رویش تجمعی علف‌های‌هرز در ابتدای فصل، تابعی از زمان دمای خاک (Soil Thermal Time) است (Brown & Mayer, 1988).

توق و تاج خروس دو علف‌هرز مشکل ساز در کشت ذرت محسوب می‌شوند. همان طور که در بالا ذکر شد تأثیر

علف‌های‌هرزی که همزمان و یا با کمترین فاصله پس از رویش گیاه زراعی سبز می‌شوند از اهمیت بالاتری برای کنترل برخوردارند. این علف‌های‌هرز زمانی که محصول هنوز ضعیف است و توان رقابت با علف‌های‌هرز را ندارد در مزرعه غالب می‌شوند (Dorado *et al.*, 2009). عوامل زیادی روی رویش علف‌های‌هرز تأثیرگذارند. الگوی رویش، از دریافتگرهای حساسی برخوردار است که گاه با یک دستکاری مثل عملیات شخم و یا هر فعالیت مدیریتی دیگر ممکن است تغییر کند (Forcella *et al.*, 1997; Mohler, 1993; Boyd & Van Acker, 2003). اما در بین عوامل محیطی، رطوبت خاک، میزان اکسیژن در دسترس و دما مهمترین عوامل تعیین کننده‌ی جوانه زنی و رویش بذرها محسوب می‌شوند. برخی عوامل دیگر مثل قرارگیری در معرض نور، فعالیت‌های میکروبی و نیترات خاک نیز با تأثیر بر خواب بذر باعث تغییر الگوی رویش می‌شوند (Baskin & Baskin, 1998; Oryokot *et al.*, 1997; 1990; Baskin & Baskin, 1998). کارایی یک علف‌کش پس رویشی در کنترل علف‌های‌هرز تا حد زیادی به زمان کاربرد علف‌کش بستگی دارد. سوال مطرح این است که آیا عملیات کنترلی ما طوری زمان بندی شده است که به اوج سبزشدن گیاهچه‌های گونه‌های مختلف برخورد کند یا تنها فلاش‌های محدودی از علف‌های‌هرز، تحت پاشش علف‌کش قرار گرفته‌اند و بقیه موفق به فرار شده‌اند. اگرچه از اوائل دهه ی ۶۰ میلادی، موضوع الگوی رویش علف‌های‌هرز به تدریج در مطالعات پیدا شد (Leguizamon, 1986; Roberts & Feast, 1970; Egley & Williams, 1991; Stoller & Wax, 1973; Leguizamon *et al.*, 2005; Anderson & Nielsen, 1996)، اما اهمیت آن در بالابردن کارایی کنترل علف‌های‌هرز، در سال‌های اخیر با درک و توجه بیشتر روبرو شده است. مدل-سازی رویش علف‌های‌هرز از جمله ابزاری است که می‌تواند برای بهینه سازی زمان کنترل علف‌های‌هرز بکار گرفته شود (Leon *et al.*, 2004). مدل‌های جوانه زنی ازهر دو دسته

تاریخ ۱۵ اردیبهشت ۸۶ و ۱۷ اردیبهشت ۸۷ با تراکم ۷ بوته در متر مربع و با فواصل ردیف ۰/۷۵ مترکشت شد. سپس بذره‌های دو علف‌هرز توق و تاج خروس به فاصله ۱۰ سانتی‌متر در دو طرف ردیف‌های ذرت بصورت یک در میان کشت شد. برای اقلیم تنکابن، مزرعه ای با سابقه کشت ذرت و آلودگی بالای به گونه‌های یکساله بخصوص توق و تاج خروس انتخاب شد. مزرعه پس از اعمال یک دیسک و یک کولتیواتور و کود فسفات آمونیوم به میزان (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) بصورت پیش از کاشت آماده کشت گردید.

چهل و هشت نقطه ی ثابت (۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر) در ۴ پلات در سطح مزرعه بصورت تصادفی در نظر گرفته شد (هر پلات ۱۲ کادر) و از بعد از آبیاری اول، شمارش گیاهچه‌های تازه روئیده ی توق و تاج خروس آغاز شد. شمارش، هر هفته تکرار و سپس گیاهچه‌های شمرده شده در هر مرحله حذف شدند تا زمانی که رویش جدید مشاهده نشد. برای محاسبه رویش تجمعی گیاهچه‌ها در طول فصل، تعداد گیاهچه‌های

علف‌کش‌ها با شناخت الگوی رویش علف‌های هرز می‌تواند به مراتب بیشتر شود. با توجه به تفاوت پاسخ به علف‌کش و توان رقابتی ناهمسان این دو گونه علف‌هرز (Oveisi et al., 2008) شناخت الگوی رویش این گونه‌ها در اتخاذ مدیریت مناسب موثر خواهد بود. این مطالعه، الگوی رویش توق و تاج خروس در ذرت را در دو اقلیم متفاوت کرج و تنکابن واقع در استان مازندران بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها

جدول (۱) مشخصات مناطق انتخاب شده برای مطالعه را نشان می‌دهد. مزرعه کرج، دارای خاک رسی-لومی با پی اچ ۷/۱، طی سال‌های ۱۳۸۶ و ۸۷ تحت کشت ذرت قرار گرفت. بذره‌های دو گونه ی توق (*Xanthium strumarium* L.) و تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) پائیز و زمستان ۱۳۸۵ از مزرعه ی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی جمع آوری شد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان کشت نگه داری شد. ذرت (*Zea mays* L.) رقم ۷۰۴ سینگل کراس در

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی، ویژگی‌های خاک و اقلیم مناطق مورد مطالعه

Table 1- Average annual temperature precipitation, topography and soil characteristics of the experiment sites

Site characteristics	Location	
	Karadj	Tonekabon
Latitude	35°34' N	49°36' N
Longitude	50°57' E	52°5' E
Elevation	1261	-20
March	2007	8.5
	2008	14.5
April	2007	14.3
	2008	21
Mean temperature (°C)	2007	22.5
	2008	26
May	2007	31.4
	2008	33.1
Jun	2007	33.8
	2008	35.9
July	2007	24.3
	2008	24.5
Average annual precipitation (mm)	241	1000
Soil type	loam-Clay	Loam
pH	7.1	6.7

پس از شمارش گیاهچه‌ها در واحد سطح، دو شاخص "میانگین زمان رویش" (Mean emergence time) و "سرعت رویش" (Emergence rate index) نیز مورد محاسبه قرار گرفت. شاخص "میانگین زمان رویش" (Mean emergence time) با فرمول:

$$MET = \frac{N_1 t_1 + \dots + N_n t_n}{N_1 + \dots + N_n} \quad (۶)$$

و شاخص "سرعت رویش" (Emergence rate index) با فرمول:

$$ERI = \frac{N_1 + \dots + N_n}{MET} \quad (۷)$$

که در آنها $N_1 \dots N_n$ تعداد گیاهچه‌ی جدید شمارش شده در هر نمونه برداری (گیاهچه‌های رویش یافته از مرحله قبلی شمارش تا کنون)، $t_1 \dots t_n$ عبارتست از مقدار درجه روز رشد از هر شمارش تا شمارش بعدی و n تعداد مراحل شمارش است (Bilbro & Wanjura, 1982) برای بررسی اثر مکان و سال در مقادیر شاخص‌های MET و ETI، تجزیه واریانس با کمک نرم افزار SAS 9.1 انجام شد و میانگین‌ها با t-test مقایسه شد. برازش مدل‌های رگرسیون غیرخطی نیز با کمک نرم افزار SigmaPlot 11.0 انجام شد.

نتایج و بحث

تخمین پارامترها و شاخص‌های برازش مدل‌ها (جدول ۲) حاکی از تفاوت توان مدل‌ها در توصیف الگوی رویش برای هر دو گونه بود. مدل جنرالایزد لجیستیک (رابطه ۳) حاوی پارامتر (d) است که بیانگر مدت زمانی است که درجه روز رشد برای جوانه زنی و رویش فراهم است ولی رویش اتفاق نمی‌افتد (Lag-phase). این تابع بواسطه داشتن یک پارامتر بیشتر، گاهاً نقاط بیشتری را پوشش داد و R^2_{adj} بالاتری داشت (نتایج نشان داده نشد) اما بدلیل معنی دار نشدن دو پارامتر c و

هرگونه بر مبنای تعداد گیاهچه در متر مربع محاسبه شد. درجه‌ی روز رشد با فرمول زیر محاسبه شد:

$$GDD = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \quad (۱)$$

که در آن T_{min} و T_{max} به ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه و T_b صفر پایه جوانه زنی گونه است. دمای پایه توقع ۱۱ (Norsworthy & Oliveira, 2007) و تاج خروس ۱۲ (Leon et al., 2004) در نظر گرفته شد. سپس درجه روز رشد تجمعی محاسبه شد. چهار تابع معروف برای بررسی الگوی رویش علف‌های هرز در برابر دما مورد استفاده قرار گرفت (Dorado et al., 2009):

$$\text{logistic} : y = \frac{k}{1 + \exp(-a(x-m))} \quad (۲)$$

$$\text{generalised logistic} : y = \frac{k}{(1 + \exp(-a(x-m)))^d} \quad (۳)$$

$$\text{Gompertz} : y = k \exp(-\exp(-a(x-m))) \quad (۴)$$

$$\text{Weibull} : y = k \left(1 - \exp(-(ax)^c) \right) \quad (۵)$$

که در همه‌ی آنها y رویش تجمعی علف‌هرز در طول فصل، x نشانگر درجه روز رشد تجمعی، k بیانگر مجانب بالای منحنی یا همان حداکثر درصد رویش تجمعی علف‌هرز، a شیب منحنی یا نرخ رویش به ازاء هر درجه روز رشد، m مقدار درجه روز رشد که در آن شیب منحنی خطی می‌شود و c و d ثابت شکل مدل هستند. R^2_{adj} نزدیک‌تر به یک و RMSE (Root mean of squares) کوچک‌تر بعنوان شاخص‌های برازش مدل‌ها استفاده شد. برای مقایسه و انتخاب مدل‌ها نیز آیکائیک تصحیح شده (AICc) بکار برده شد. هرچه عدد آیکائیک کوچک‌تر (یا منفی‌تر) باشد مدل مناسب‌تر است. از داده‌های آزمایش کرج برای پیش بینی پارامترهای مدل و از داده‌های تنکابن بمنظور ارزیابی مدل استفاده شد.

خروس دیرتر و از درجه روز رشد حدود ۴۰۰ آغاز شد و در درجه روز رشد حدود ۶۰۰ به حداکثر میزان خود رسید. روند رویش تا حدود ۱۲۰۰ درجه روز رشد یعنی تا مدت بیشتری در طول فصل ادامه داشت (شکل ۲).

k بیانگر مجانب بالایی منحنی یا همان حداکثر درصد رویش تجمعی علف‌هرز، a شیب منحنی یا نرخ رویش به ازاء یک واحد درجه روز رشد، m مقدار درجه روز رشد که در آن شیب منحنی خطی می‌شود، c و d پارامترهای شکل مدل هستند.

شاخص‌های محاسبه رویش نیز نشان داد که رویش توق در متوسط درجه روز رشد پایین‌تری اتفاق افتاد و این گیاهچه‌ها سریع‌تر در مزرعه ظاهر شده و به مراتب زودتر از تاج خروس به ۵۰ درصد جوانه زنی رسیدند (جدول ۳). برای هر دو گونه و در هر دو سال متوسط درجه روز رشد برای رویش در تنکابن بالاتر، نرخ رویش کندتر و گیاهچه‌ها دیرتر و با دریافت درجه روز رشد بالاتری به ۵۰ درصد رویش رسیدند (جدول ۳).

منابع علمی تاکنون مدل‌های مختلفی را برای الگوی رویش بررسی و پیشنهاد کرده‌اند (Grundy & Mead, 2000; Leguizamón et al., 2005; Leon et al., 2004; Dorado et al., 2009; Norsworthy & Oliveira, 2007). با توجه به تفاوت‌های بیولوژیک و نیازهای متفاوت جوانه زنی گونه در بسیاری موارد استفاده از یک مدل واحد برای الگوی رویش گونه‌ها همیشه ممکن نیست (Dorado et al., 2009). گراندی و همکاران (Grundy et al., 2003) در مورد گونه‌های یکساله زمستانه و (Myers et al., 2004) برای گونه‌های یکساله تابستانه توانستند به مدلی واحد برسند. روبرو شدن با الگوهای متفاوت رویش در بین گونه‌های مختلف، قابل انتظار است. هر گونه‌ای از صفر بیولوژیک و نیازهای دمایی ویژه‌ی خود برای پشت سر گذاشتن مراحل نموی برخوردار است.

d مدل مناسبی شناخته نشد و از مقایسات کنار گذاشته شد. در بین سایر مدل‌ها در تخمین پارامتر تفاوت وجود داشت (جدول ۲). غالباً مدل لجیستیک اعداد بزرگتری را برای پارامتر a و m پیش‌بینی کرد. یعنی با این مدل نرخ رویش به ازاء هر درجه روز رشد بیشتر بود و روند خطی رویش، در درجه روز رشد بالاتری آغاز شد. اما براساس معیارهای سنجش مدل‌ها، به جز یک مورد که مربوط به داده‌های توق سال ۸۶ تنکابن بود و در آن تابع ویبول برازش بهتری نسبت به سایرین نشان داد در بقیه‌ی موارد مدل گامپرتز مدل بهتری در توصیف الگوی رویش دوگونه‌ی توق و تاج خروس شناخته شد. ضمن اینکه در همان یک مورد هم اختلاف AICC بین مدل ویبول و گامپرتز کوچکتر از حد معنی دار (اختلاف ۲ واحد) (جدول ۲) بود. بر این اساس و برای رسیدن به یک مدل واحد که در مجموع برای توصیف الگوی رویش توق و تاج خروس توصیه شود در نهایت مدل گامپرتز انتخاب شد (شکل ۱ و ۲). توق در درجه روز رشد ۲۰۰ در مزرعه ظاهر شد (شکل ۱) و رویش گیاهچه‌های آن در درجه روز رشد حدود ۵۰۰ به حداکثر میزان خود رسید. رویش توق تا حدود ۹۰۰ درجه روز رشد همچنان ادامه داشت. در مجموع توق نرخ رویش بالاتری به ازاء درجه روز رشد دریافتی نشان داد و با طی کردن شیب تندتری نسبت به تاج خروس، زودتر به حداکثر درصد رویش دست پیدا کرد (جدول ۲). با توجه به صفر جوانه زنی پایین‌تری که در منابع برای توق گزارش شده است

(Dorado et al., 2009; Alm et al., 1988) و نیز نرخ بالاتر رویش که توسط مدل‌ها پیش‌بینی شد توق زودتر در مزرعه ظاهر شده و موج آن پیش از تاج خروس، مزرعه را دربر می‌گیرد. مقایسه پارامترهای مدل در دو مکان برای توق حاکی از این است که جمعیت کرج با افزایش درجه روز رشد، زودتر سبز شده و هر واحد درجه روز رشد با خود درصد بزرگتری از گیاهچه‌های توق را به سطح خاک می‌آورد (جدول ۲ و شکل ۱). در مقایسه با توق، شروع رویش گیاهچه‌های تاج

جدول ۲- تخمین پارامترها و شاخص‌های برازش توابع رگرسیون غیرخطی لجیستیک (LOG)، گامپرتز (GPZ) و ویبول (WIB) در دو مکان و دو سال (اعداد داخل پرانتز نشانگر خطای استاندارد می‌باشد)

Table 2- Summary of parameter estimates and goodness of model fit for logistic, gompertz and weibull models fitted to data. The number in the parenthesis is standard error

Weed species	Parameter estimates								
	Site	Year	Function	K	A	m & c	RMSE	R ² adj	AICc
<i>A. retroflexus</i>	Karadj	2007	LOG	100 (1.02)	0.02 (0.0016)	491 (3.07)	6.5	0.972	346
			GPZ	100 (1.12)	0.016 (0.0012)	465 (3.36)	6.30	0.971	343
		WIB	99.5 (0.96)	0.0019 (0.00001)	7.55 (0.50)	6.42	0.972	345	
		LOG	97.4 (1.62)	0.02 (0.0028)	510 (4.4)	10.19	0.935	431	
		GPZ	98.4 (1.7)	0.017 (0.0019)	486 (4.47)	9.92	0.939	425	
	Tonekabon	2007	WIB	97.7 (1.57)	0.0019 (0.00001)	8.77 (0.96)	10.43	0.932	434
			GPZ	100 (2.5)	0.0083 (0.0008)	430 (7.45)	9.14	0.936	414
		WIB	100 (1.76)	0.0019 (0.00002)	4.02 (0.32)	9.36	0.934	415	
		GPZ	100 (1.86)	0.008 (0.0006)	421 (5.6)	6.8	0.968	356	
		WIB	100 (1.17)	0.0019 (0.00002)	3.94 (0.21)	6.18	0.961	357	
<i>X. strumarium</i>	Karadj	2007	LOG	98.4 (0.29)	0.10 (0.0037)	422 (0.45)	2.16	0.997	134
			GPZ	100 (0.3)	0.07 (0.0025)	416 (0.33)	1.89	0.998	110
		WIB	98.0 (0.35)	0.002 (0.00002)	30.5 (1.16)	2.63	0.996	166	
		LOG	99.5 (0.91)	0.11 (0.0035)	425 (1.61)	5.09	0.985	208	
		GPZ	100 (0.87)	0.09 (0.0019)	421 (1.56)	4.58	0.988	196	
	Tonekabon	2008	WIB	96.7 (0.99)	0.0021 (0.00009)	34.0 (1.33)	5.74	0.981	223
			LOG	98.3 (0.29)	0.043 (0.0037)	442 (0.45)	6.24	0.997	312
		GPZ	98.7 (0.26)	0.031 (0.0025)	437 (0.33)	6.92	0.998	311	
		WIB	98.07 (0.35)	0.002 (0.00002)	16.5 (1.16)	6.16	0.996	310	
		LOG	97.5 (0.91)	0.045 (0.0035)	455 (1.61)	11	0.985	406	
2008	GPZ	98.4 (0.87)	0.029 (0.0019)	441 (1.57)	10.67	0.988	401		
	WIB	96.7 (0.99)	0.002 (0.00009)	15.0 (1.33)	11.18	0.981	408		

جدول ۳- شاخص‌های رویش و میزان GGD تجمعی مورد نیاز برای ۵۰٪ رویش توج و تاج خروس در دو مکان و دو سال

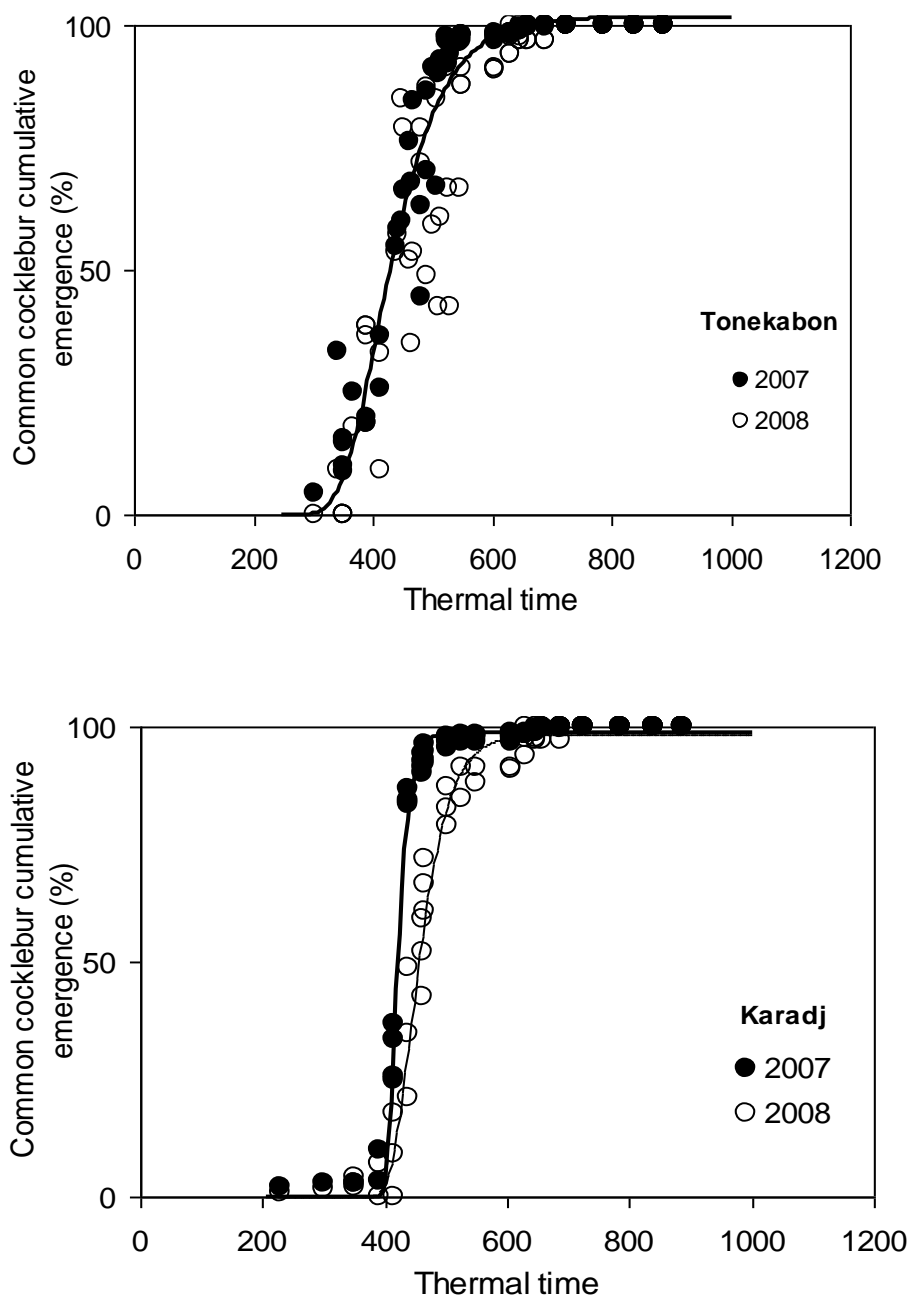
Table 3- Emergence indices and thermal times required for 50% emergence of *A. retroflexus* and *X. strumarium* seedlings in Karaj and Tonkabon, during 2007 and 2008

Weed species	Site	Year	MET	ERI	GDD for 50% emergence
<i>A. retroflexus</i>	Karadj	2007	567 a	0.31 a	477 a
		2008	571 a	0.33 a	472 a
	Tonekabon	2007	555 b	0.26 b	510 b
		2008	550 b	0.27 b	513 b
<i>X. strumarium</i>	Karadj	2007	495 b	0.53 a	423 b
		2008	515 a	0.45 a	431 b
	Tonekabon	2007	485 b	0.29 b	455 a
		2008	491 b	0.30 b	446 a

MET; Mean Emergence Time (GDD)

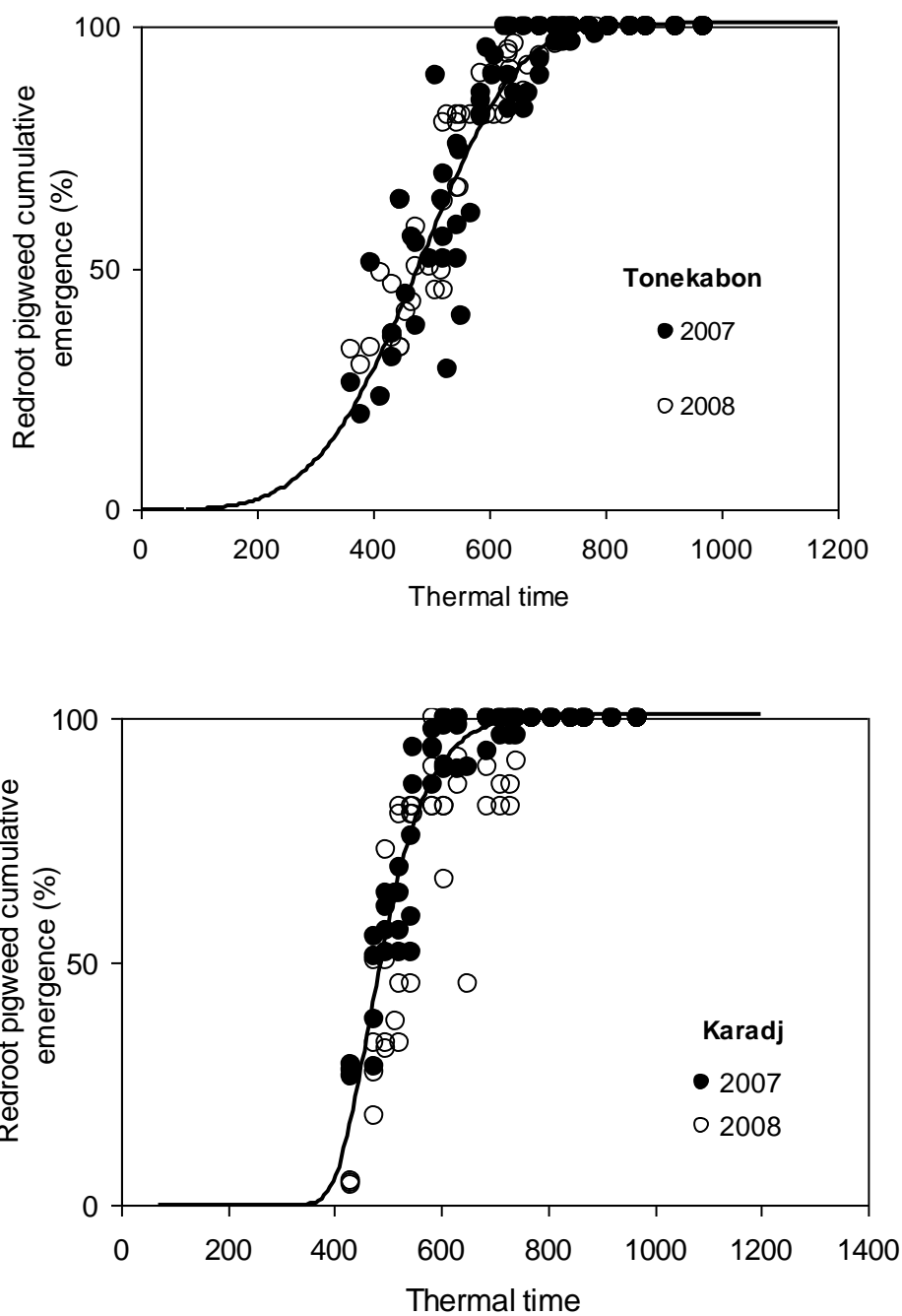
ERT; Emergence Rate Index (%GDD)

Within each weed species, MET and ERI values followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$) according to t-tests



شکل ۲- درصد رویش تجمعی توف در برابر زمان دمایی (درجه روز رشد دریافتی در طول فصل) در دو مکان و برای دو سال. تابع برازش یافته به نقاط منحنی گامپرتز است

Figure 2- Cumulative emergence percentage of *X. strumarium* with thermal times through season. A gompertz model was fitted to data

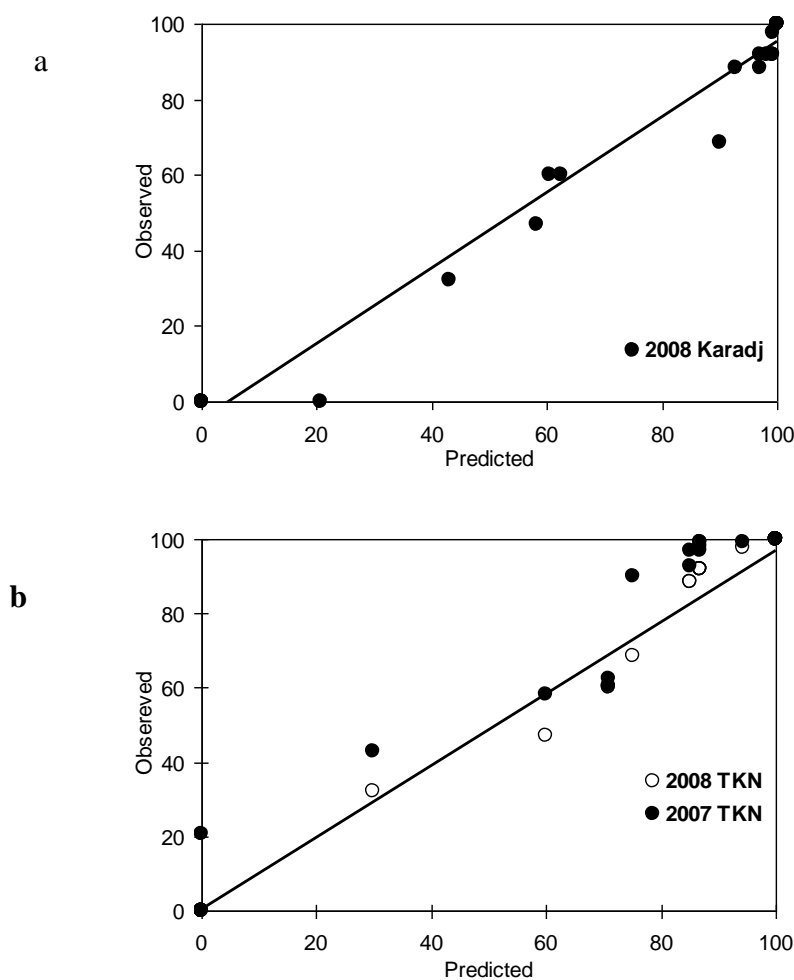


شکل ۲- درصد رویش تجمعی تاج خروس در برابر زمان دمایی (درجه روز رشد دریافتی در طول فصل) در دو مکان و برای دو سال. تابع برازش یافته به نقاط منحنی گامپرتز است

Figure 2- Cumulative emergence percentage of *A. retroflexus* with thermal times through season. The gompertz model was fitted to data

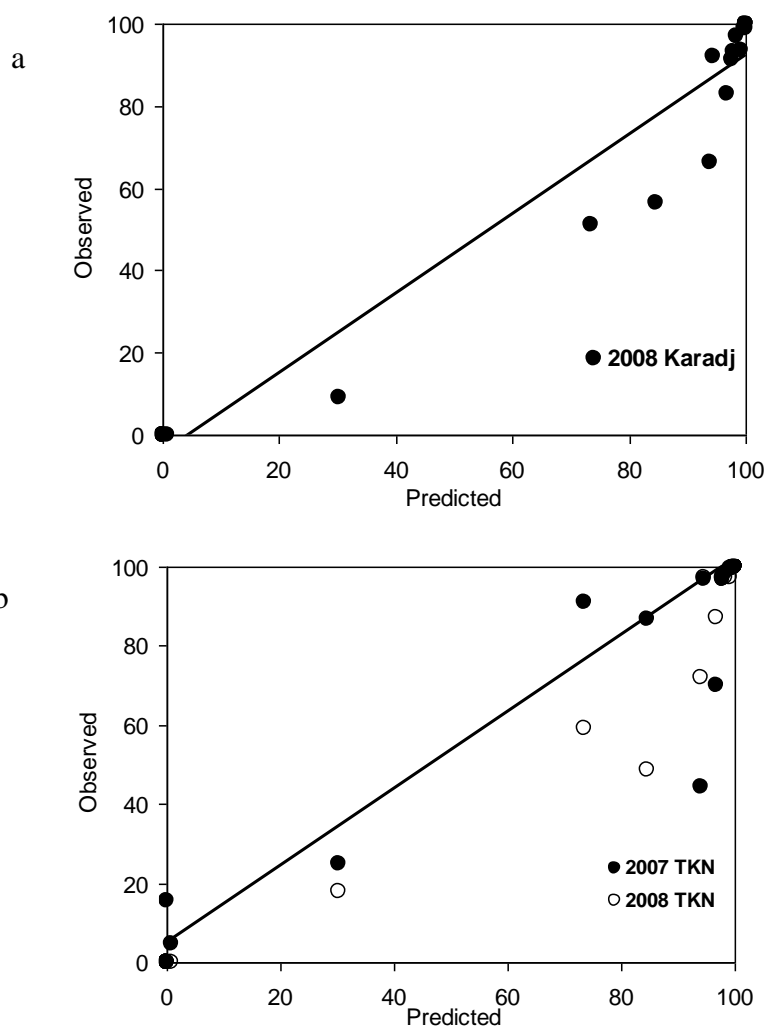
جوانه زنی آتی آن‌ها می‌شود. (۳) هر تغییری در طول فصل می‌تواند باعث القاء خواب یا برداشتن آن از بذرها بشود و تغییر خواب یعنی تغییر در جوانه زنی و الگوی رویش. در این تحقیق با اغماض از تفاوت‌های جزئی که در توان توصیف مدل‌ها وجود داشت، مدل گامپرتز بعنوان مدلی انتخاب شد که بیان عمومی خوبی از رویش دو گونه توق و تاج خروس ارائه می‌داد (جدول ۲). آزمون مدل در بین سال-ها و مکان‌ها نیز نشانگر توان مدل در شرایط مختلف بود (شکل ۳ و ۴).

(Dorado *et al.*, 2009). اما در جمعیت‌های یک گونه چگونه؟ سه عامل می‌تواند منشأ تغییر در جمعیت‌های یک گونه باشد (Roach & Wulff, 1987): (۱) اقلیم عاملی تعیین کننده در طراحی ژنتیکی گونه‌هاست. تکامل یک گونه براساس قالبی که ویژگی‌های هر اقلیم تعریف می‌کند، شکل می‌گیرد. سطح دما، رطوبت، نوع خاک و عواملی از این دست، هریک در ساختار ژنتیکی گونه‌ها نقش دارند. (۲) گذشته از ویژگی‌های هر اقلیم که منجر به سازگاری گونه‌ها می‌شود تغییرات اندک طی مراحل پرشدن و رسیدن دانه‌ها باعث تغییراتی در



شکل ۳- پیش بینی مدل برای رویش تاج خروس در کرچ ۲۰۰۸ (a); $y = 0.99(0.08)x - 4.57(0.13)$, $r^2 = 0.93$ & تنکابن ۲۰۰۷ (b), $y = 1.014(0.027)x - 1.29(0.14)$, $r^2 = 0.86$. (SE) خطای استاندارد پارامترهاست

Figure 3- Validation of model predictions of *A. retroflexus* emergence against observations



شکل ۴- پیش‌بینی مدل برای رویش توف در کرچ ۲۰۰۸ (a) $y = 0.97(0.073)x - 4.08(0.21)$, $r^2 = 0.90$ & تنکابن ۲۰۰۷ (b) $y = 0.92(0.042)x - 3.58(0.40)$, $r^2 = 0.80$. (SE) $y = 0.965(0.054)x - 4.08(0.21)$, $r^2 = 0.90$ & تنکابن ۲۰۰۸ (a) $y = 0.97(0.073)x - 4.08(0.21)$, $r^2 = 0.90$ & تنکابن ۲۰۰۷ (b) $y = 0.92(0.042)x - 3.58(0.40)$, $r^2 = 0.80$.

Figure 4- Validation of model predictions of *X. strumarium* emergence against observations

سرعت بالاتری در مزرعه ظاهر می‌شود و کنترل با حساسیت زمانی بیشتری روبروست. با کمک کدلهای رویش، می‌توان در وقت مناسب وارد عمل شد و با کنترل حداکثر جمعیت گیاهچه‌ها در یک مقطع زمانی به نتیجه‌ی کنترلی خوبی رسید. از طرفی عدم انتخاب زمان مناسب ممکن است باعث شود که تنها موج کوچکی از گیاهچه‌ها زیر پوشش کنترل قرار گرفته و در حقیقت کاربرد علف‌کش از کارایی اندکی برخوردار شود. معمولاً کاربرد علف‌کشی انتخابی در دوره خاصی از

با توجه به مواردی که در بالا بعنوان عوامل تأثیرگذار در الگوی رویش ذکر شد و با توجه به تفاوت‌های فاحش توپوگرافی و اقلیمی مانند ارتفاع، دما، رطوبت، نوع خاک و روند تغییر دما در طول فصل بین دو مکان (جدول ۱) به نظر می‌رسد مدل گامپرتز، مدل موفق‌تری نشان داده است. به هر حال رویش کندتر گیاهچه‌ها در تنکابن زمان بیشتری را در ابتدای فصل در اختیار کشاورز قرار می‌دهد تا روش و زمان مناسب کنترل اتخاذ شود. در کرچ اما موج گیاهچه‌های علف‌هرز با

۴ برگی علف‌های هرز است. اما آیا ۲ برگی توق با ۲ برگی تاج خروس در یک زمان رخ می‌دهد؟ پاسخ این مطالعه و بسیاری از تحقیقات قبلی که بر روی الگوی رویش گونه‌های مختلف در زمان و مکان‌های متفاوت صورت گرفته است منفی است (Dorado *et al.*, 2009). حتی اگر با خوش‌بینی، توق ۴ برگی و تاج خروس ۲ برگی را مشمول زمان توصیه شده‌ی علف‌کش در نظر بگیریم چیزی که در واقعیت اتفاق می‌افتد نشان دهنده‌ی تفاوت حساسیت این دو گونه است مگر اینکه آنقدر دز بالا باشد که حساسیت سنی اهمیتی نداشته باشد که با نگرانی‌های اقتصادی و زیست محیطی در جهت کاهش مصرف علف‌کش‌ها همخوانی ندارد (Brain *et al.*, 1999). توق ذاتاً به بسیاری از علف‌کش‌های موفق ذرت مثل نیکوسولفورون، متحمل است. حال اگر کمی هم در کاربرد علف‌کش تأخیر شود این تحمل بیشتر نیز می‌شود. از طرفی اگر قرار باشد در اوج حساسیت توق، سمپاشی انجام شود هنوز موج اصلی گیاهچه‌ها از گونه‌های دیگر مثل تاج خروس هستند که به سطح خاک نیامده‌اند و با سمپاشی زودهنگام ممکن است از کنترل فرار کنند. کاربرد علف‌کش، بدون بینش کافی از الگوی رویش و رشد علف‌های هرز، بی شک بروز چنین مشکلاتی را در پی خواهد داشت. مدل‌های رویش اعم از مدل‌های دمایی (Thermal) و دمایی-رطوبتی (Hydrothermal) می‌توانند ابزار مناسبی برای پیش‌بینی زمان رویش و اتخاذ بهترین زمان کنترل به منظور در برگرفتن حداکثر جمعیت علف‌های هرز در سمپاشی و تأثیر بهینه‌ی علف‌کش‌ها باشند.

رشد محصول و علف‌های هرز توصیه می‌شوند و رسیدن به حداکثر کارایی این علف‌کش‌ها دارای حساسیت زمانی است (Black & Dayson, 1993). مثلاً در غلات، این دوره تا مراحل اولیه پنجه زنی (زادوکس ۲۲-۲۳) محصول است که هم علف‌های هرز حساسیت مناسبی دارند و هم رقابت به طور جدی آغاز نشده است (Black & Dayson, 1993). حتی یکی از مکانیسم‌های انتخابی عمل کردن علف‌کش‌ها، زمان کاربرد و دقت در مرحله‌ی فنولوژیکی علف‌های هرز و محصول است و برای بسیاری از علف‌های هرز با افزایش سن گیاه از حساسیت آن به علف‌کش کاسته می‌شود (Aldrich & Kremer, 1997). توق از جمله علف‌های هرز یکساله‌ای است که برای دستیابی به کنترل بالای ۹۰ درصد، پاشش علف‌کش باید در مرحله ۱-۲ برگی گیاهچه‌ها صورت گیرد (Aldrich & Kremer, 1997). با به تعویق افتادن کاربرد علف‌کش تا بعد از ۴ برگی توق، برای رسیدن به چنین سطح کنترلی باید مقدار علف‌کش را ۳ برابر کرد (Aldrich & Kremer, 1997). چنین مواردی در مورد علف‌های هرز دیگر مثل قیاق نیز گزارش شده است (Aldrich & Kremer, 1997). فرض کنیم مزرعه‌ای همانند این تحقیق، آلودگی بالایی به دو علف‌هرز توق و تاج خروس با دو الگوی نسبتاً متفاوت جوانه زنی و رویش داشته باشد. بدیهی است که هدف کنترل نیز مبارزه با هر دوی این گونه‌ها است و کاربرد علف‌کش باید زمانی صورت گیرد که به حداکثر جمعیت گیاهچه‌ای هر دو گونه برخورد کند. اغلب توصیه زمان علف‌کش برای احراز خاصیت انتخابی نسبت به ذرت و نیز حصول حداکثر عملکرد، بازه‌ی رشدی محدودی بین ۲ تا ۶ برگی ذرت و ۲-

منابع

- Aldrich, R.J. and Kremer, R. J. 1997. Principles in Weed Management. John Wiley & Sons, New York, NY, USA. 455p.
- Alm, D.M., Stoller, E.W., and Wax, L.M. 1993. An index model for predicting seed germination and emergence rates. Weed Technol. 7: 560-569.

- Anderson, R. L. and Nielsen, D. C. 1996. Emergence pattern of five weeds in the central great plains. Weed Technol. 10: 744-749.
- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego, CA: Academic. pp. 27-124: 185-200.

- Baskin, J. M. and Baskin, C. C. 1990. Role of temperature and light in the germination ecology of buried seeds of *Potentilla recta*. *Ann. Appl. Biol.* 117:611–616.
- Benech-Arnold, R. L., Ghersa, C. M., Sanchez, R. A. and Insausti, P. 1990. A mathematical model to predict *Sorghum halepense* (L.) Pers. seedling emergence in relation to soil temperature. *Weed Res.* 30: 91–99.
- Bilbro, J. D. and Wanjura, D. F. 1982. Soil crust and cotton emergence relationship. *T ASAE.* 25: 1485–1488.
- Black, D. and Dayson, C. B. 1993. An economic threshold model for spraying herbicides in cereals. *Weed Res.* 33: 279–290.
- Boyd, N. S. and Van Acker, R. C. 2003. The effects of depth and fluctuating soil moisture on the emergence of eight annual and six perennial plant species. *Weed Sci.* 51: 725–730.
- Brain, P., Wilson, B. J., Wright, K. J., Seavers, G. P. and Casele, J. C. 1999. Modelling the effect of crop and weed on herbicide efficacy in wheat. *Weed Res.* 39: 21–35.
- Brown, R. F. and Mayer, D. G. 1988. Representing cumulative germination. 2. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. *Ann. Bot.* 61: 127–138.
- Chauhan, B. S., Gill, G. and Preston, C. 2006. Seedling recruitment pattern and depth of recruitment of 10 weed species in minimum tillage and no-till seeding systems. *Weed Sci.* 54: 658–668.
- Colbach, N., Durr, C., Roger-Estrade, J. and Caneill, J. 2005. How to model the effects of farming practices on weed emergence. *Weed Res.* 45: 2–17.
- Donald, W. W. 2000. A degree-day model of *Cirsium arvense* shoot emergence from adventitious root buds in spring. *Weed Sci.* 48: 333–341.
- Dorado, J., Sousa, E., Calha, I. M., Gonzalez-Andujar, J. L. and Frenandez-Quintalilla, C. 2009. Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. *Weed Res.* 49:251–260.
- Egley, G. H. and Williams, E. 1991. Emergence periodicity of six summer annual weed species. *Weed Sci.* 39:595–600.
- Ekeleme, F., Forcella, F., Archer, D. W., Akobundu, I. O. and Chikoye, D. 2005. Seedling emergence model for tropic *Ageratum (Ageratum conyzoides)*. *Weed Sci.* 53:55–61.
- Forcella, F. 1998. Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. *Seed Sci. Res.* 8: 201–209.
- Forcella, F., Arnold, R. L. B., Sanchez, R. and Ghersa, C. M. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crops Res.* 67:123–139.
- Forcella, F., Wilson, R. G. and Dekker, J. 1997. Weed seed bank emergence across the Corn Belt. *Weed Sci.* 67:123–129.
- Grundy, A. C. 2003. Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Res.* 43: 1–11.
- Grundy, A. C. and Mead, A. 2000. Modelling weed emergence as a function of meteorological records. *Weed Sci.* 48: 594–603.
- Grundy, A. C., Peters, N. C. B. and Ramussen, I. A. 2003. Emergence of *Chenopodium album* and *Stellaria media* of different origins under different climatic conditions. *Weed Res.* 43: 163–176.
- Haupt, R. L. and Haupt, S. E. 1998. *Practical Genetic Algorithms*. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Leblanc, M. L., Cloutier, D. C., Stewart, K. and Hamel, C. 2003. The use of thermal time to model common lambsquarters (*Chenopodium album*) seedling emergence in corn. *Weed Sci.* 51: 718–724.
- Leguizamo'n, E. S. 1986. Seed survival and periodicity of seedling emergence in *Sorghum halepense* L. *Weed Res.* 26: 397–403.
- Leguizamon, E. S., Fernandez-Quintanilla, C., Barros, J. and Gonzalez-Andujar, J. L. 2005. Using thermal and hydrothermal time to model seedling emergence of *Avena sterilis* ssp *ludoviciana* in Spain. *Weed Res.* 45: 149–156.
- Leon, R. G., Knapp, A. D. and Owen, M. D. K. 2004. Effect of temperature on the germination of common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*), giant foxtail (*Setaria faberi*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Sci.* 52; 67-73.
- Martinson, K., Durgan, B., Forcella, F., Wiersma, J., Spokas, K. and Archer, D. 2007. An emergence model for wild oat (*Avena fatua*). *Weed Sci.* 55: 584-591.
- Mohler, C. L. 1993. A model of the effects of tillage on emergence of weed seedlings. *Ecol. Appl.* 3: 53–73.
- Myers, M. W., Curran, W. S. and Vangessel, M. J. 2004. Predicting weed emergence for eight annual

- species in the northeastern United States. *Weed Sci.* 52: 913–919.
- Norsworthy, J. k. and Oliveira, M. J. 2007. A model for predicting common cocklebur (*Xanthium strumarium*) emergence in soybean. *Weed Sci.* 55: 341–345.
- Oryokot, J. O. E., Hunt, L. A., Murphy, S. and Swanton, C. J. 1997. Simulation of pigweed (*Amaranthus spp.*) seedling emergence in different systems. *Weed Sci.* 45:684–690.
- Oveisi, M., Rahimian, H., Baghestani and M. A., Alizade, H. 2008. Modelling interactions between multiple weed competition and herbicide dose in corn. *Iranian Weed Sci.* 4:47-55. (In persian with English abstract).
- Roach, D. A., and Wulf, R. D. 1987. Maternal effects in plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18: 209-235.
- Roberts, H. A. and Feast, P. M. 1970. Seasonal distribution of emergence in some annual weeds. *Exp. Hort.* 21: 36–41.
- Roman, E. S., Murphy, S.D. and Swanton, C.J. 2000. Simulation of *Chenopodium album* seedling emergence. *Weed Sci.* 48:217–224.
- Schutte, B. J., Regnier, E. E., Harrison, S. K., Schmoll, J. T., Spokas, K. and Forcella, F. 2008. A hydrothermal seedling emergence model for giant ragweed (*Ambrosia trifida*). *Weed Sci.* 56: 555-560.
- Shrestha, A., Roman, E. S., Thomas, A. G. and Swanton, C. J. 1999. Modeling germination and shoot-radicle elongation of *Ambrosia artemisiifolia*. *Weed Sci.* 47: 557–562.
- Stoller, E. W. and Wax, L. M. 1973. Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. *Weed Sci.* 21: 574–580.

Emergence Prediction of Common Cocklebur and Redroot Pigweed in Maize Using Thermal Time Models

Mostafa Oviesi¹, Hamid Rahimian Mashhadi¹, Mohammad Ali Baghestani² and Hassan Alizadeh¹

1- Agronomy and Plant Breeding Department, Agriculture and Natural Resource Campus, University of Tehran 2- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

The knowledge of the relationship between seedling emergence time and the prevailing environmental condition such as temperature is useful to timely application of herbicides. Two years of study was conducted to investigate seedling emergence of *Xanthium strumarium* and *Amaranthus retroflexus* in maize in two contrasting environments of Karaj and Tonkabon. Thermal time was used for predicting cumulative weed emergence. The Gompertz model was found more likely to predict weed emergence patterns for different sites and years. *X. strumarium* started its emergence with receiving 200 GDD. It required 500 GDD to reach its maximum emergence. The emergence of *X. strumarium* continued through the season up to 900 GDD. For *A. retroflexus*, emergence started at 400 GDD and with receiving a GDD of 600 reached its maximum level. *A. retroflexus* showed a relatively whole season emergence and continued its emergence up to 1200 GDD. Therefore, choosing the right time for herbicide spraying is accompanied with complexities. Predicting the start and the duration of seedling emergence in fields could optimize weed control timing.

Key words: Seedling emergence pattern, gompertz, thermal mode, *xanthium strumarium*, *amaranthus retroflexus*, maize