

شبیه سازی الگوی سبز شدن گونه های علف هرز در مزرعه ذرت (*Zea mays* L.) بر اساس مدل های سیگموئیدی

علیرضا دهقان^{۱*} - محمد بنایان اول^۲ - محمد خواجه حسینی^۳ - ابراهیم ایزدی^۴ - سجاد میجانی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۳

چکیده

یکی از مهم ترین جنبه های مدیریت علف های هرز زمان اعمال روش های کنترل علف های هرز به واسطه پویایی جمعیت این گونه ها می باشد. در این مطالعه سعی شد تا با استفاده از ۴ تابع سیگموئیدی یعنی لجستیک (Logistic)، گامپرتز (Gompertz)، ریچارد (Richards) و ویبول (Weibull) و سپس با کمک معیارهای سنجش مدل نظیر ضریب دقت اندازه گیری (R^2_{adj})، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و شاخص آیکائیک تصحیح شده (AICc) الگوی مناسب سبز شدن علف های هرز در مزرعه ذرت تعیین گردد. آزمایش در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. پس از برآزش مدل ها و نیز محاسبه پارامترهای آن ها، مدل ۴ پارامتره ریچارد از مقایسات کنار گذاشته شد. نتایج حاصل از شاخص های سنجش مدلی نشان داد که بهترین مدل برای نشان دادن الگوی سبز شدن تاج خروس و سوروف مدل ۳ پارامتره گمپرتز، مدل لجستیک بهترین مدل برای نشان دادن الگوی سبز شدن سلمه تره و تاجریزی و مدل ویبول ۳ پارامتره نیز بهترین مدل را برای سبز شدن خرفه ارائه می دهد. در این گونه ها شروع فرآیند سبز شدن بلافاصله بعد از کاشت گیاهان زراعی مورد نظر اتفاق افتاد و ۵۰ درصد ظهور در ۱۷۵ تا ۳۱۸ درجه روز (۲ تا ۴ هفته پس از کشت) گیاهان رخ داد.

واژه های کلیدی: زمان-دما، لجستیک، گمپرتز، ویبول، زمان کنترل

مقدمه

پراکندگی گونه های هرز در مقیاس زمان و مکان به صورت لکه ای می باشد که این ویژگی منحصر به فرد گونه های هرز روش مدیریت نوینی را می پسندد و می توان آن را مدیریت زمان-ویژه نامید که برای دستیابی به این مهم مدل های سبز شدن گیاه چه راهگشا هستند (۱). سبز شدن گیاهچه از مهم ترین رویداد فنولوژیک گیاه می باشد که استقرار گونه های هرز یک ساله را تحت تأثیر قرار می دهد (۱۵). سبز شدن گیاهچه علاوه بر این که وابسته به نیازهای خاص هر گونه است تحت تأثیر شرایط بذری نیز قرار می گیرد (۱۷). دما و پتانسیل آب خاک (۲۳)، کیفیت هوای خاک (۱۵)، کیفیت نور (۸)، فشردگی خاک (۶)، عمق دفن (۵)، حضور یا عدم حضور گیاه زراعی (۲۲)، بافت خاک (۵)، نوسانات دمایی (۱۸) و همچنین

ویژگی های وابسته به بذر مانند سن، ذخیره بذری و اندازه (۱۳) از عوامل مهم اثرگذار بر روی سبز شدن گیاهچه علف هرز هستند. بسیاری بر این باورند که دما اولین متغیر محیطی است که خواب و جوانه زنی علف های هرز را تحت تأثیر قرار می دهد بنابراین از آن به عنوان مبنایی در تعیین الگوی سبز شدن علف های هرز استفاده کرده اند (۱۹). اطلاع از زمان دقیق و الگوی سبز شدن (به صورت یکجا یا به مرور زمان) علف های هرز باعث کنترل بهتر آن ها و بهبود عملیات کنترلی می شود (۱۴). سبز شدن گیاهچه یک مرحله مهم در چرخه زندگی کلیه گیاهان است که گذر از این مرحله سبب موفقیت در پویایی جامعه گیاهی شده و در نهایت منجر به استقرار و بقای بهتر نسل گیاهان می شود (۳). در صورتی که تنها مقدار اندکی از رطوبت در سطح خاک (در اثر باش باران و آبیاری زمین زراعی) و تا عمق چند سانتی متری خاک وجود داشته باشد می توان مدل های سبز شدن را بر اساس زمان-دما^۶ ساخت و سبز شدن علف های هرز را به صورت تجمعی با استفاده از توابع سیگموئیدی^۷ مانند: ریچارد (جنرال

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: alirz_eh1365@yahoo.com)

*- نویسنده مسئول:

6- Thermal-time

7- Sigmoidal functions

تیر و مرداد) از سایت هواشناسی شهر مشهد دریافت شد (شکل ۱).

نحوه اجرای طرح

این مطالعه با هدف تعیین زمان سبز شدن علف‌های هرز در مزرعه با کمک مدل‌های زمان-دما بر اساس توابع سیگموئیدی در شرایط اقلیمی منطقه و مناطق مشابه بر الگوی سبز شدن علف‌های هرز در مزرعه ذرت انجام شد. شرایط کاشت این گونه مطابق با عرف منطقه برای کشت و کار آن در نظر گرفته شد. رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ انتخاب و عملیات آماده سازی زمین شامل آبیاری و شخم زدن (وقتی رطوبت خاک به ۷۵ درصد FC رسید)، دو دیسک عمود بر هم و تسطیح با لولر بود. سپس با فاروئر جوی و پشته‌هایی به فواصل ۷۰ سانتی متر ایجاد شد. مصرف کود های شیمیایی بر اساس توصیه های کودی و به میزان ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع کودی اوره، ۷۵ کیلوگرم پتاسیم بر حسب K_2O از منبع سولفات پتاس و ۴۶ کیلوگرم فسفر بر حسب P_2O_5 از منبع سوپر فسفات تریپل (در هکتار) به صورت نواری به کار برده شد. یک سوم کود نیتروژن در هنگام کاشت، یک سوم در مرحله ۵-۷ برگی و یک سوم باقی مانده در هنگام ظهور گل آذین نر به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. کاشت در تاریخ ۸ اردیبهشت و به صورت کپه ای و در هر کپه سه بذر کاشته شد و در مرحله چهار برگی یک بوته که وضعیت بهتری داشت نگهداری و دو بوته دیگر از سطح خاک کف بر شدند. فاصله بین دو بوته روی ردیف ۱۶ سانتی متر در نظر گرفته شد. کلیه مراقبتهای زراعی شامل آبیاری (هفته ای یکبار)، کود دهی و ... در زمان مناسب انجام شد.

نمونه برداری

از آنجا که در بیشتر مطالعات سبز شدن گیاهچه اندازه کوادرات ها 0.5×0.5 یا 1×1 متر در نظر گرفته می‌شود (۶، ۲۰ و ۲۱) در این مطالعه نیز ۱۲ کوادرات 0.5×0.5 متر به صورت تصادفی در مزرعه به صورت ثابت تا انتهای فصل قرار داده شد. از آنجایی که گمان می‌رفت زمین آلوده به علف‌های هرز باشد بعد از اولین آبیاری شمارش گیاهچه‌های تازه روییده علف‌های هرز به تفکیک گونه انجام شد. شمارش هر ۱۰ روز تکرار و تا زمانی که علف‌های هرز در کوادرات‌ها مشاهده شدند ادامه یافت و سپس گیاهچه‌های شمرده شده در هر مرحله، در انتظار رویش گیاهچه‌های جدید حذف شدند. برای محاسبه رویش تجمعی در طول فصل، تعداد گیاهچه‌های هر گونه بر مبنای تعداد گیاهچه‌های آن گونه در متر مربع محاسبه شد و سپس با کمک رابطه شماره ۱ درصد نسبی سبز شدن گونه‌های هرز در هر یک از مراحل نمونه گیری نسبت به کل مراحل نمونه گیری محاسبه شد.

لجستیک^۱، گمپرتز^۲، لجستیک^۳ و ویبول^۴ نشان داد (۷). این توابع به طور قابل ملاحظه ای پیش بینی بهتری از زمان سبز شدن نسبی تجمعی^۵ گیاهچه های علف‌های هرز ارائه می‌دهند. از دمای خاک می‌توان به عنوان شاخصی برای پیش بینی زمان سبز شدن گیاهچه استفاده کرد و می‌توان آن را به زمان-دما دقیقاً مانند درجه-روز (GDD) تبدیل کرد. از مدل‌های زمان-دما در مدل سازی گیاهان زراعی استفاده شده است که موفقیت‌هایی به همراه داشته است (۲ و ۲۵). یکی از مهم‌ترین جنبه های مدیریت علف‌های هرز زمان اعمال روش‌های کنترل علف‌های هرز به واسطه پویایی جمعیت این گونه‌ها می‌باشد (۱۶). وجین زود هنگام ممکن است منجر به تداخل علف‌های هرزی با سبز شدن دیر هنگام با گیاه زراعی در مراحل انتهایی رشد گیاه زراعی شود، از طرفی وجین دیر هنگام ممکن است باعث بروز رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز در مراحل اولیه رشد گیاه زراعی می‌شود. از این رو تهیه و تدوین الگوهای سبز شدن گونه های هرز عمده در مزرعه باعث بهبود برنامه های مدیریتی می‌شود. اطلاعات اندکی برای حضور علف‌های هرز در مزرعه گیاهان زراعی در کشورمان در دسترس می‌باشد از این رو هدف از این پژوهش مقایسه مدل‌های تجربی سیگموئیدی بر اساس معیار زمان-دمایی به منظور نشان دادن الگوی سبز شدن گونه های هرز سمج در طول فصل رشد ذرت و استفاده از این مدل‌ها برای کنترل به موقع گونه های هرز در سال‌های آینده در مشهد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی محل اجرای طرح

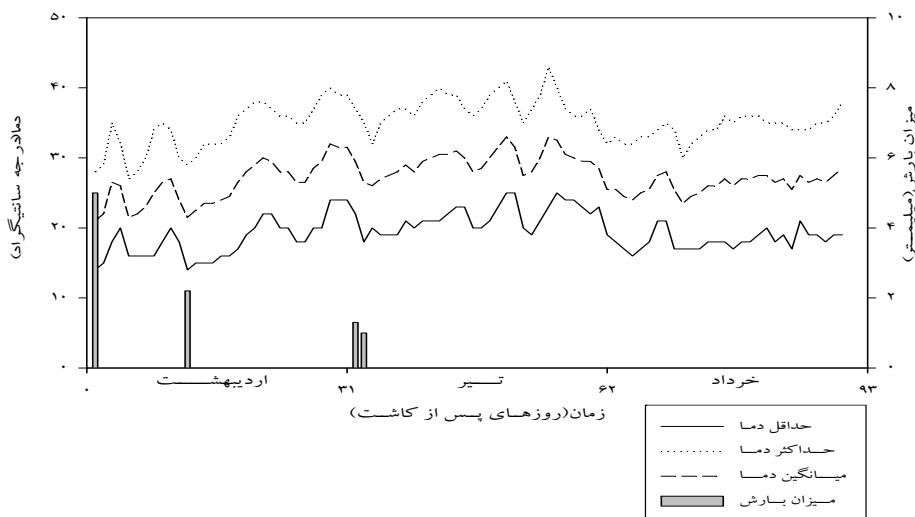
این مطالعه در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری شمال مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی به ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) انجام شد. متوسط بارندگی سالانه ۲۷۴ میلی متر و حداقل و حداکثر دمای سالانه به ترتیب برابر ۴۷ و $-28/8$ - درجه سانتی‌گراد تعیین شده است. اقلیم منطقه بر اساس روش آمبروزه سرد و خشک تعیین شده است. بافت خاک زمین زراعی لومی-سیلتی و سایر ویژگی‌های آن نیز مشخص شد (جدول ۱).

اطلاعات مربوط به دمای کمینه و بیشینه در طول شبانه روز و میزان بارش طی مدت زمان انجام طرح (ماه های اردیبهشت، خرداد،

- 1- Richards
- 2- Gompertz
- 3- Logistic
- 4- Weibull
- 5- Cumulative relative emergence (CRE)
- 6- Growth Degree Day

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه						خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه				
EC (dS/m)	PH	K (ppm)	P (ppm)	N (ppm)	درصد ماده آلی	عمق نمونه گیری	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	عمق نمونه گیری
۲/۱	۷/۹۷	۱۵۳	۸/۴	۴۹۵	۲/۱	۰-۳۰ (سانتی متر)	۳۳/۱۵	۵۳/۲۸	۱۳/۵۷	۰-۳۰ (سانتی متر)



شکل ۱- اطلاعات مربوط به دمای کمینه، بیشینه و میزان بارش طی مدت زمان انجام طرح در سال ۱۳۸۹

که در آن T_{min} و T_{max} به ترتیب حداقل و حداکثر دمای روزانه و T_b صفر پایه جوانه زنی هر یک از علف‌های هرز موجود در زمین‌های زراعی می‌باشد.

مدل‌های مورد استفاده

داده‌های جمع آوری شده از هر گونه علف هرز برای پیش‌بینی زمان سبز شدن آن‌ها و برای ساخت و ارزیابی ۴ مدل تجربی مورد استفاده قرار گرفت. چهار تابع معروف (معادلات ۳ تا ۶) برای بررسی الگوی رویش علف‌های هرز در برابر دما مورد استفاده قرار گرفتند که همه‌ی این توابع از جنس مدل‌های سیگموئیدی هستند که بسته به شرایط، در توصیف روند رویش، نقاط قوت یا ضعف مخصوص به خود را دارا هستند:

$$y = \frac{a}{1 + \exp(-b(x-x_0))} \quad (3) \text{ تابع لوجستیک (Logistic)}$$

$$(4) \text{ تابع ریچارد (Richards)}$$

$$y = \frac{a}{(1 + \exp(-b(x-x_0)))^d} \quad (5) \text{ تابع گامپرتز (Gompertz)}$$

$$y = a \exp(-\exp(-b(x-x_0)))$$

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

که در این رابطه P_i درصد فراوانی نسبی گونه هرز در مرحله i ام نمونه گیری، n_i تعداد گیاهچه شمارش شده در مرحله i ام نمونه گیری و N تعداد کل گیاهچه‌ها در تمام مراحل نمونه گیری می‌باشد. برای بررسی روند سبز شدن علف‌های هرز در طول زمان از معیار زمان-دما استفاده شد که این معیار محور X مدل را تشکیل می‌دهد. نتایج درصد فراوانی نسبی هر گونه در هر مرحله از نمونه گیری با هم جمع و به عنوان درصد سبز شدن تجمعی هر گونه در طول فصل در نظر گرفته شد به عنوان متغیر وابسته محور Y مدل را به خود اختصاص می‌دهد.

اطلاعات مربوط به دمای حداکثر و حداقل خاک (عمق ۵ سانتی متری) در طول شبانه‌روز و میانگین دمای روزانه خاک از ایستگاه هواشناسی واقع در شهر مشهد دریافت شد که برای محاسبه Thermal Time مورد استفاده قرار گرفت. زمان-دما (TT) با کمک فرمول ۲ محاسبه شد:

$$TT = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \quad (2)$$

نتایج و بحث

برازش مدل‌ها

بر اساس مشاهدات مزرعه ای ۵ گونه علف هرز سمج شامل: تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*)، تاجریزی سیاه (*Solanum nigrum*)، خرفه (*Portulaca oleracea*)، سلمه تره (*Chenopodium album*) و سوروف (*Echinochloa crus-galli*) با سبز شدن ممتد تا انتهای فصل رشد در مزرعه ذرت شناسایی شدند. با توجه به داده های حاصل از سبز شدن هر یک از این گونه های هرز برازش منحنی‌های مربوط به آن‌ها (۴) تابع سیگموئیدی، لجستیک، گامپرتز، ویبول و ریچارد انجام شد (شکل ۲).

برازش منحنی‌ها نشان داد که اکثریت منحنی‌های حاصل از برازش داده‌ها به علت هم خانواده بودن توابع مورد استفاده دارای اشکال نزدیک (S شکل) بهم بودند. پس از برازش مدل‌ها و نیز محاسبه پارامترهای آن‌ها شد (جدول ۲) مدل ۴ پارامتره ریچارد از مقایسات کنار گذاشته شد و انتخاب بهترین مدل بر اساس شاخص‌های ذکر شده (R^2_{adj} , RMSE, AICc) انجام شد. نتایج حاصل از شاخص‌های سنجش مدلی (جدول ۳) نشان داد که بهترین مدل برای نشان دادن الگوی سبز شدن تاج خروس و سوروف مدل ۳ پارامتره گمپرتز، مدل لجستیک بهترین مدل برای نشان دادن الگوی سبز شدن سلمه تره و تاجریزی و مدل ویبول ۳ پارامتره نیز بهترین مدل را برای سبز شدن خرفه ارائه می‌دهد. هرچند شکل کلی مدل‌های تجربی از روند S شکل تبعیت می‌کند ولی برای گونه‌های مختلف و در شرایط مختلف توان توصیفی گونه‌ها متفاوت بوده است (۱۱). بر اساس نتایج حاصل از سبز شدن و برازش مدل‌های سیگموئیدی مربوط به گونه‌های هرز سمج شامل: تاج خروس، سلمه تره، سوروف، خرفه و تاجریزی مشخص شد که ظهور هر یک از گونه‌های هرز در مزرعه ذرت به ترتیب در GDD هایی معادل: ۲۳۲، ۲۷۵، ۲۶۹، ۱۸۷ و ۱۳۴ اتفاق افتاد. فورسلا و همکاران (۱۵) گزارش کردند که سبز شدن کامل گندم بهاره و سبز شدن کامل علف هرز گندمک به صورت همزمان و آنی صورت نمی‌گیرد. در حقیقت سبز شدن می‌تواند طولانی‌تر از یک بازه زمانی مورد انتظار که غالباً بین یک هفته تا یک ماه و حتی در مناطق گرمسیری می‌تواند به صورت دائمی باشد اتفاق بیافتد (۲۴). ویلشاور (۲۵) طی مطالعه ای گزارش کرد که سبز شدن علف‌های هرز در طی فصل یا فصول مختلف یک پدیده تصادفی نیست بلکه هم جوانه زنی و هم سبز شدن هر گونه ای از الگوی خاصی در طی زمان پیروی می‌کند که این الگوها بسته به شرایط محیطی و زراعی دچار تغییر می‌شوند. مواجه با الگوهای رویش متعدد در بین گونه‌های گوناگون، قابل انتظار است. هر گونه از دمای پایه و احتیاجات دمایی خاصی برای تکمیل مراحل نمو خود می‌باشد (۱۱).

$$y = a(1 - \exp(-(bx)^c)) \quad (6) \text{ تابع ویبول (Weibull):}$$

که در همه این مدل‌ها y نشان دهنده درصد رویش تجمعی علف‌های هرز در طول فصل رشد ذرت، x نشانگر زمان-دما، a بیانگر مجانب بالایی منحنی یا همان حداکثر درصد رویش تجمعی علف‌های هرز، b شیب منحنی یا آهنگ رویش به ازای هر روز، x_0 زمانی که در آن روز که در آن شیب منحنی خطی می‌شود و در نهایت c و d پارامترهای شکل دهنده مدل هستند. ارزیابی برازش مدل‌ها به وسیله شاخص میانگین مربعات ریشه خطا (RMSE) و ضریب دقت اندازه‌گیری^۲ (R^2_{adj}) (معادلات ۷ و ۸) انجام شد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (7)$$

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{\sum (O_i - P_i)^2}{\sum (O_i - \bar{O})^2} \quad (8)$$

که در این دو معادله P_i و O_i به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش بینی شده و \bar{O} میانگین مشاهدات می‌باشد. RMSE کوچک‌تر به مفهوم شاخص نیکویی برازش مدل هاست که اختلاف نسبی بین مقادیر شبیه سازی و مشاهدات را نشان می‌دهد و R^2_{adj} توصیفی از قابلیت پیش بینی مدل را ارائه می‌کند. نزدیک‌تر به یک نیز نشانگر برازش بهتر مدل به داده‌ها می‌باشد. برای انتخاب بهترین مدل از شاخص آیکائیک (AIC) (معادله ۹) استفاده شد (۹):

$$AIC = n \times \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2k \quad (9)$$

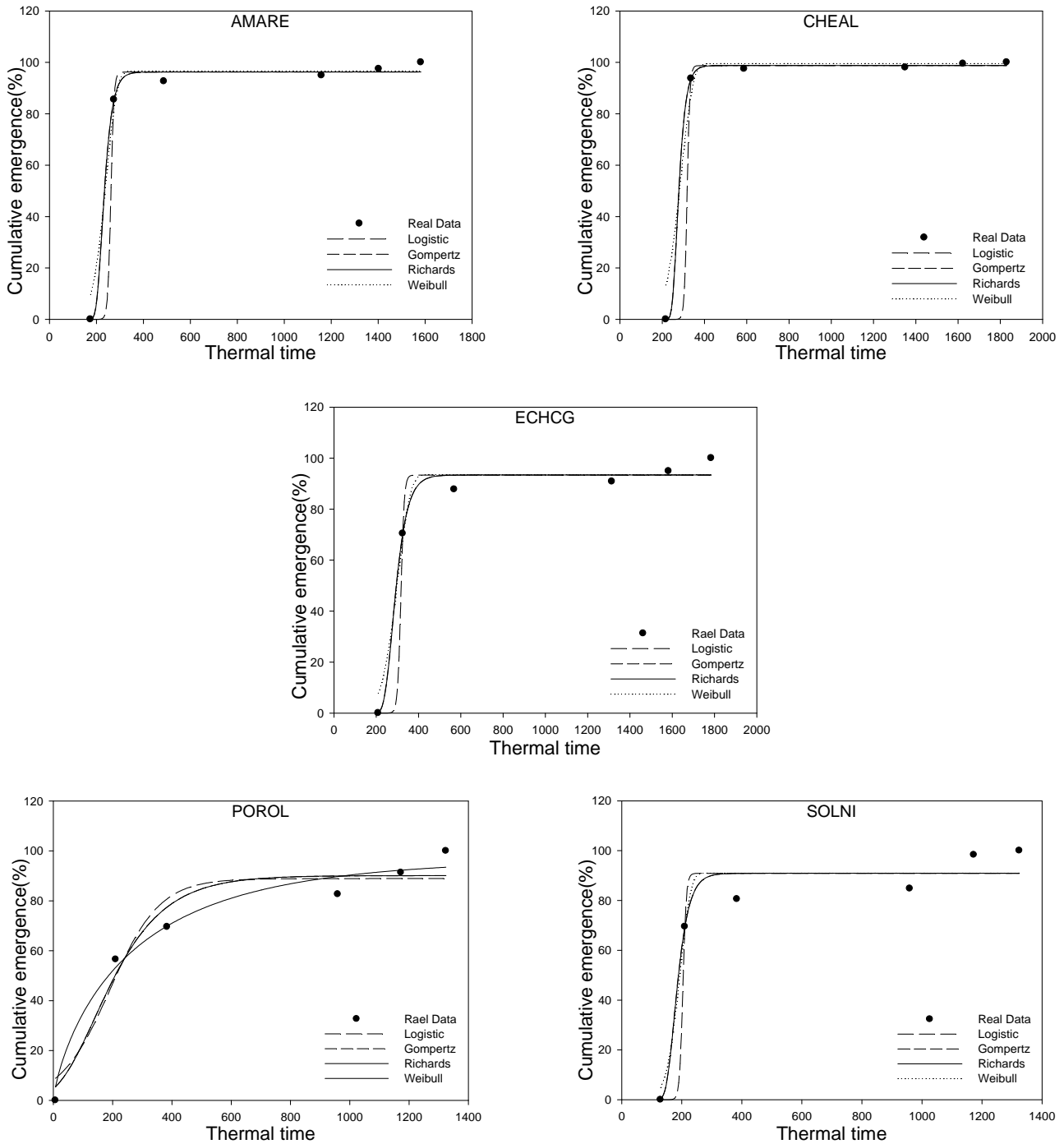
که k تعداد پارامترهای مدل و RSS (The residual sums of squares) مجموع مربعات باقیمانده می‌باشد. در مقایسه بین مدل‌ها هر کدام که مقدار AIC کمتری داشته باشند به عنوان مدل بهتر انتخاب می‌شوند. در آزمایشاتی که تعداد نقاط یا نمونه‌ها (n) کوچک است از شاخص آیکائیک تصحیح شده (AICc) (معادله ۱۰) استفاده می‌شود (۹):

$$AICc = AIC + (2k(k+1))/(n-k-1) \quad (10)$$

در این معادله n تعداد نقاط نمونه‌گیری است. هر چه عدد آیکائیک کوچک‌تر یا منفی‌تر باشد مدل مناسب‌تر است. برازش منحنی‌ها با کمک نرم افزار Systat SigmaPlot v12 و رسم اشکال مربوطه نیز با کمک نرم افزار Excel 2007 و مقایسه میانگین نیز با استفاده از نرم افزار SAS9.1 در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

1- Root Mean Square of Error

2 - R2 Adjusted



شکل ۲- درصد تجمعی سبز شدن گونه های هرز در مزرعه ذرت (●=داده های مشاهده شده، —=برازش مدل ها) (AMARE=تاج خروس ریشه قرمز، CHEAL=سلمه تره، ECHCG=سوروف، POROL=خرغه و SOLNI=تاجریزی سیاه)، محور های افقی زمان-دما و محورهای عمودی درصد تجمعی سبز شدن می باشند.

اقلیم که عامل تعیین کننده در طراحی ژنتیکی گونه‌هاست که بر این اساس تکامل هر گونه در قالب اقلیم خاصی صورت می‌گیرد.

دورادو و همکاران (۱۱) سه عامل را منشأ تغییر در جمعیت‌های یک گونه معرفی می‌کنند که در مناطق مختلفی رشد می‌کنند: ۱-

هرز در ابتدای فصل کشت حضور داشتند و درجه روز رشد لازم برای ۵۰ درصد ظهور برای همه علف‌های هرز به طور متوسط بین ۱۷۵ تا ۳۱۸ (۲ تا ۴ هفته پس از کشت) بود.

نوسانات دمایی، تغییرات رطوبتی، خصوصیات خاک از مهم‌ترین عوامل تغییر هستند. ۲- تغییرات کوتاه در طی مراحل پر شدن و رسیدن دانه به نوعی باعث تغییرات در جوانه زنی بذور می‌شوند. ۳- هر نوع تغییری در طی فصل رشد می‌تواند باعث القاء خواب یا حذف خواب از بذرها شود که خود به نوعی باعث تأثیر گذاری بر الگوهای رویش می‌شود. مطابق شکل ۳ و بر اساس نتایج حاصل از تخمین درصد فراوانی نسبی هر یک از گونه‌های هرز در هر مرحله از نمونه گیری نسبت به کلیه مراحل مشخص شد که گونه‌های هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) بیشترین درصد فراوانی نسبی سبز شدن به ترتیب در مراحل دوم، اول، سوم و چهارم مشاهده شد و در سایر مراحل تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بیشترین درصد فراوانی نسبی سبز شدن در تاجریزی سیاه (*Solanum nigrum*) و سوروف (*Echinochloa crus-galli*) به ترتیب در مرحله دوم، سوم و اول نمونه گیری بود و در بقیه مراحل تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در خرفه (*Portulaca oleracea*) نیز ظهور عمده گیاهچه‌های این گونه در مرحله دوم، اول و سوم مشاهده شد. در سلمه تره (*Chenopodium album*) نیز درصد بالای سبز شدن این گونه به ترتیب در مراحل نمونه گیری اول، دوم و سوم مشاهده شد و در سایر مراحل تفاوت معنی داری مشاهده و در سایر مراحل درصد کمی از سبز شدن این گونه در طول فصل مشاهده شد.

با توجه به این تفاسیر و با توجه به شکل ۴ می‌توان نتیجه گرفت که در مرحله دوم نمونه گیری یعنی ۲۰ روز پس از کاشت ذرت بیشترین درصد سبز شدن گونه‌های هرز (در حدود ۴۶ درصد) در این مرحله و در حدود ۲۲ درصد سبز شدن گونه‌های هرز به طور مساوی در مرحله اول و سوم نمونه گیری به ترتیب در ۱۰ و ۳۰ روز پس از کاشت ذرت مشاهده شد و در مابقی مراحل تفاوت معنی داری از نظر حضور علف‌های هرز مشاهده نشد. اهداف کاربردی مدل‌های سبز شدن را می‌توان در دو گزینه کلی جای داد: ۱- تعیین بهترین زمان یا زمان‌های اعمال شیوه‌های کنترلی مانند علف کش یا وجین (۴) ۲- دستیابی به برآوردی از اندازه رقابت گیاه زراعی و گونه هرز به عنوان شاخصی برای پیش بینی کاهش عملکرد (۲۲). درستی و صحت پیش بینی مدل‌هایی که تاکنون ساخته شده‌اند تنها در حدی است که بتواند ما را به هدف نخست یا نزدیک به آن برساند. زیرا برای دستیابی به هدف نخست تنها به الگوی زمانی سبز شدن (زمان نسبی) با در نظر گرفتن فراوانی نسبی علف‌های هرز در هر مرحله از مراحل رشدی گیاه زراعی نیاز است. مواجه با الگوهای رویش متعدد در بین گونه‌های گوناگون، قابل انتظار است. هر گونه از دمای پایه و احتیاجات دمایی خاصی برای تکمیل مراحل نمو خود می‌باشد (۱۱). با توجه به نتایج بدست آمده تمامی گونه‌های

جدول ۲- پارامترهای حاصل از برازش توابع سیگنوییدی (لجستیک، گامپر، تریچارد و ویبول) برای ۵ گونه علف هرز در مزرعه ذرت

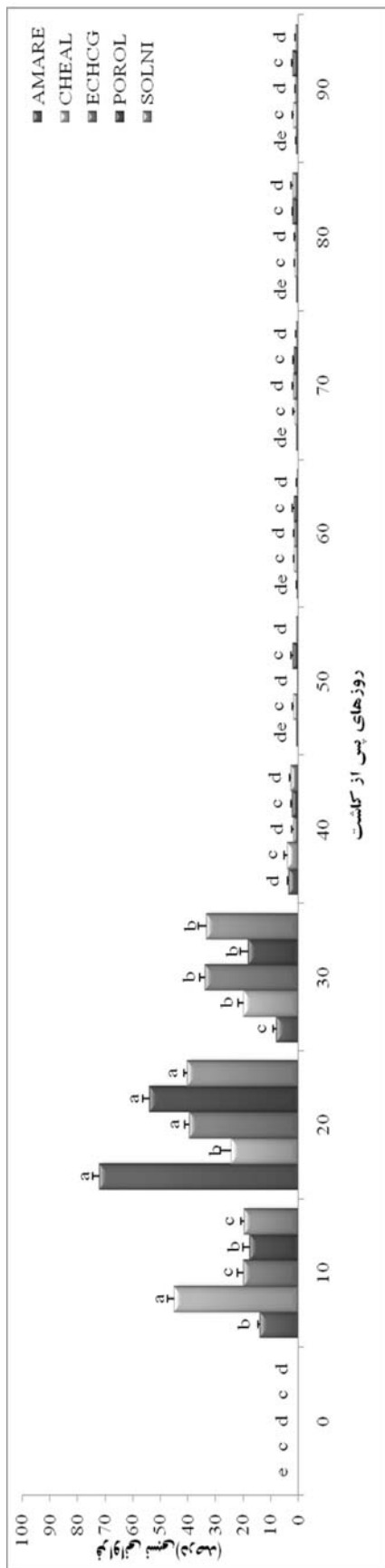
	Weibull (ویبول)			Richards (ریچارد)			Gompertz (گامپر تر)			Logistic (لجستیک)		
	a	b	x_0	a	b	x_0	a	b	x_0	a	b	x_0
تاج خروس	۹۶/۶	$5/4 \times 10^{-16}$	۶/۳۷	۹۶/۳	-۰/۰۴	۸۹	۹۶/۳	۳۴	۳۳۳	۹۶/۳	-۰/۱۵	۲۶۴
سلمه تره	۹۹/۵	5×10^{-17}	۶/۱۷	۹۸/۷	-۰/۰۴	۱۴۸	۹۸/۷	۳۲/۷	۲۶۹	۹۸/۷	-۰/۱۵	۳۱۸
سوروف	۹۳/۵	$3/7 \times 10^{-16}$	۶/۱۸	۹۳/۳	-۰/۰۲	۳۳/۵	۹۳/۳	۳۸/۶	۲۶۷	۹۳/۳	-۰/۱۳	۳۱۷
خرفه	۹۶/۷	-۰/۰۱۲	-۰/۷۸	۹۰/۱	-۰/۰۰۷	-۱۰۳۵	۹۰/۱	۱۲/۸	۱۴۰	۸۸/۹	-۰/۰۱۱	۱۹۱
تاج ریزی	۹۰/۹	$4/1 \times 10^{-16}$	۶/۶۸	۹۰/۹	-۰/۰۳	۱۵/۷	۹۰/۹	۲۶/۹	۱۷۵	۹۰/۸	-۰/۱۸	۲۰۴
	(۵/۵)	$(4/4 \times 10^{-9})$	(۱/۳۰۱)	(۷/۵)	(۳۴۴۲)	$(2/6 \times 10^{-6})$	(۵/۳)	(۱۴۹)	(۳۰/۲)	(۵/۳)	$(5/6 \times 10^{-9})$	$(1/7 \times 10^{-2})$
	(۱۱/۴)	(۱۵۳)	(۳۸/۳)	(۹/۵)	(۱۳۷)	$(1/9 \times 10^{-9})$	(۶/۱)	(۳۶/۳)	(۳۹/۲)	(۷/۴)	(۵۰/۳)	(۳۳)
	(۳/۴)	(۴۶۶۹)	(۱۴۴)	(۴)	(۲۰۸۲)	$(1/4 \times 10^{-6})$	(۲/۸)	(۹۸/۳)	(۱۷/۳)	(۲/۸)	$(4/8 \times 10^{-9})$	$(1/3 \times 10^{-2})$
	(۴/۳۹)	(۱۴۹)	(۴۶/۹)	(۰/۸۵)	(۵۵۹۸۶)	(2×10^{-5})	(۰/۶)	(۴/۶)	(۱۱۸)	(۰/۶)	$(3/8 \times 10^{-5})$	(۳۳۵۶)
	(۳/۴۶)	(۳۳۰)	(۱۱۵)	(۳/۳۵)	$(1/4 \times 10^{-6})$	$(4/4 \times 10^{-6})$	(۱/۶)	(۳۴۴)	(۵۵/۹)	(۱/۶)	$(1/5 \times 10^{-9})$	$(7/9 \times 10^{-7})$

جدول ۳- آماره های برآورد شده از برازش مدل های زمان-دمایی سیگنوییدی متعلق به ۵ گونه علف هرز مزرعه ذرت

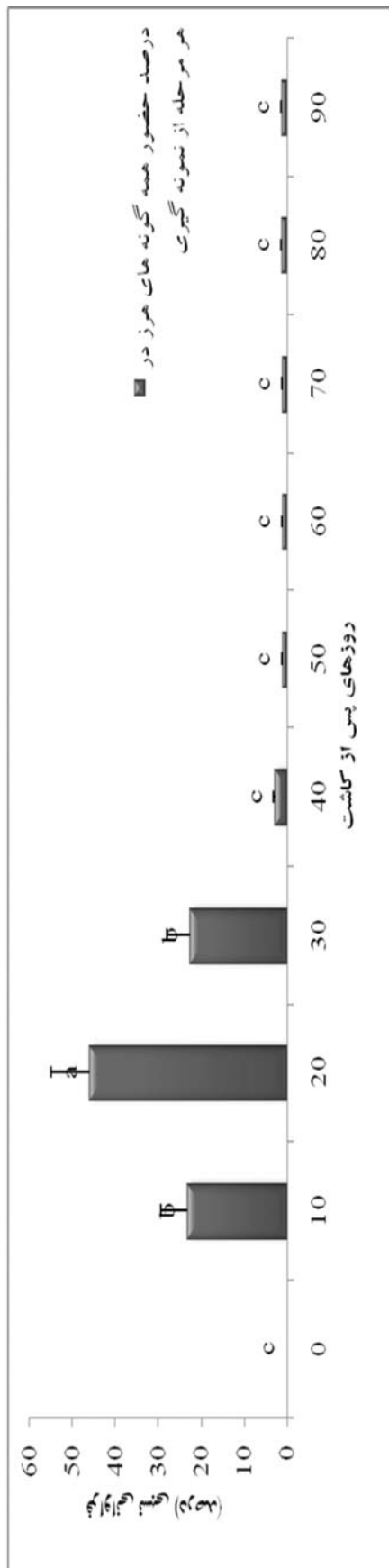
ویبول (Weibull)			گامپرتز (Gompertz)			لجستیک (Logistic)			
RMSE	R ² _{adj}	AICc	RMSE	R ² _{adj}	AICc	RMSE	R ² _{adj}	AICc	
۴/۶۵	-۰/۹۷	۲۴/۳۲	۲/۳۵	۰/۹۹	۱۹/۹	۲/۲۶	۰/۹۹	۱۹/۹	تاج خروس
۵/۷۴	-۰/۹۵	۲۵/۷۹	۰/۰۱	۰/۹۹	۱۳/۹۸	۰/۸۵	۰/۹۹	۱۳/۹۸	سلمه تره
۴/۸۷	-۰/۹۶	۲۴/۶۲	۳/۷۴	۰/۹۸	۲۲/۹۱	۳/۷۵	۰/۹۸	۲۲/۹۲	سوروف
۴/۵۵	-۰/۹۶	۲۴/۳۱	۶/۹۲	۰/۹۲	۲۶/۵۵	۸/۳۳	۰/۸۹	۲۷/۷۶	خرفه
۷/۱۵	-۰/۹۲	۲۶/۸۱	۶/۸۷	۰/۹۳	۲۶/۵۵	۶/۸۷	۰/۹۳	۲۶/۵۶	تاج ریزی

پس از کشت) گیاهان رخ داد. در خصوص اهمیت این نتایج قابل ذکر است که علف‌های هرز با دوره ظهور کوتاه مدت و متحمل به علف کش‌های قبل از سبز شدن خطر جدی برای گیاه زراعی در آن منطقه می‌باشند. برای این گونه از علف‌های هرز می‌توان از علف کش‌های بعد از ظهور استفاده کرد. در مورد علف‌های هرز با دوره ظهور طولانی تأخیر در کاربرد علف کش‌های بعد از ظهور تا رسیدن به حداکثر ظهور گیاهچه ممکن است منجر به کنترل ضیف تر علف‌های هرز مسن‌تر، رقابت اولیه با گیاه زراعی و در بعضی موارد خسارت به گیاه زراعی می‌شود. این مشکل در مورد علف‌های هرز با ظهور در سرتاسر فصل وخیم‌تر می‌شود. ظهور پیوسته این علف‌های هرز در کل فصل مانعی برای تعیین زمان مناسب کنترل علف‌های هرز و استفاده موثر از هر گونه اعمال مدیریت تک روشی برای کنترل می‌شود. البته علف‌های هرز ظاهر شونده در آخر فصل که احتمالاً از تأثیرات علف کش‌های قبل و بعد از ظهور فرار می‌کنند خیلی رقابت کننده نمی‌باشند.

زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه زنی بر اساس مدل لجستیک برای علف‌های هرز سلمه تره و تاج‌ریزی سیاه و بر اساس مدل گامپرتز برای علف‌های هرز تاج خروس، سوروف و خرفه به ترتیب ۳۱۸، ۲۰۴/۵، ۲۲۳، ۲۶۷ و ۱۷۵ درجه روز رشد بود. دورادو و همکاران (۱۱) سه الگوی مجزا را سبز شدن علف‌های هرز را در مزارع گیاهان زراعی تعریف کردند. گروه اول گونه های ظاهر شونده در اوایل فصل: گونه‌هایی که برای رسیدن به ۷۰ درصد ظهور به ۷۰۰ درجه روز رشد نیاز دارند، گروه دوم گونه‌هایی که در تمام فصل رشد ظاهر می‌شوند این گونه برای رسیدن به ۷۰ درصد ظهور به ۱۳۰۰ درجه روز رشد نیاز دارند و نهایتاً گونه های که در اواخر فصل ظاهر می‌شوند که برای رسیدن به ۷۰ درصد ظهور به بالای ۱۳۰۰ درجه روز رشد دارند. با توجه به نتایج بدست آمده همه گونه های علف‌های هرز موجود در این بررسی به عنوان ظاهر شونده های اوایل فصل در هر سه مزرعه گیاهان زراعی دسته بندی می‌شوند. در این گونه‌ها شروع فرآیند سبز شدن بلافاصله بعد از کاشت گیاهان زراعی مورد نظر اتفاق افتاد و ۵۰ درصد ظهور ۱۷۵ تا ۳۱۸ درجه روز (۲ تا ۴ هفته



شکل ۳- درصد فراوانی نسبی هر یک از گونه های هرز در هر مرحله از نمونه گیری نسبت به کلیه مراحل نمونه گیری



شکل ۴- درصد حضور تمامی گونه های هرز در هر یک از مراحل نمونه گیری

منابع

- ۱- بهشتیان م. ۱۳۸۸. مدل سازی سبز شدن جو دره و علف قناری در مزارع گندم. پایان نامه دکتری در رشته علوم علف های هرز، دانشکده پردیس و منابع طبیعی کرج. ۱۶۰ صفحه
- 2- Angus J. F., Cunningham R. B., Moncur M. W. and Mackenzie D.H. 1981. Phasic development in field crops. I. Thermal response in the seedling phase. *Field Crops Research*, 3: 365-378.
- 3- Baeten L., Jacquemyn H., Van Calster H., Van Beek E., Devlaeminc R., Verheyen K. and Hermy M. 2009. Low recruitment across life stages partly accounts for the slow colonization of forest herbs. *Journal Ecology*, 97: 109-117.
- 4- 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 Research*, 30: 91-99.
- 5- Benvenuti S., Macchia M. and Miele M. 2001. Light, Temperature and Burial depth effects on *Rumex obtusifolius* L. seed germination and emergence *Weed Research*, 41: 177-186.
- 6- Boyd N., and Van Acker A. 2004. Seed and microsite limitations to emergence of four annual weed species. *Weed Science*, 52: 571-577.
- 7- Brown R. F., and Mayer D. G. 1988. Representing cumulative germination. 2. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. *Annual Botany*, 61: 127-138.
- 8- Buhler D. D. 1997. Effects of tillage and light environment on emergence of 13 annual weeds. *Weed Technology*, 35: 1247-1258.
- 9- Burnham K. P., and Anderson D. R. 2001. Kullback-Leibler information as a basis for strong inference in ecological studies. *Wildlife Research*, 28: 111-119.
- 10- Burnham K. P., and Anderson D. R. 2002. *Model Selection and Multimodel Inference: a practical information-theoretic approach*, 2nd edition. Springer-Verlag, New York, USA.
- 11- 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 Research*, 59: 1-9.
- 12- Finch-Savage W. E., and Phelps K. 1993. Onion (*Allium cepa* L.) seedling emergence patterns can be explained by the influence of soil temperature and water potential on seed germination. *Journal of Experimental Botany*, 44: 407-414.
- 13- Finch-Savage W., Phelps K., Steckel J., Whalley W. and Rowse H. 2001. Seed reserve-dependent growth responses to temperature and water potential in Carrot (*Daucus carota* L.). *Journal of Experimental Botany*, 51: 2187-2197.
- 14- Forcella F. 1998. Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. *Seed Science Research*, 8: 201-209.
- 15- Forcella F., Benech-Arnold R. L., Sanchez R. and Ghersa C. M. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*, 67: 123-139.
- 16- Grundy A. C., and Mead A. 2000. Modeling weed emergence as a function of meteorological records. *Weed Science*, 48: 594-603.
- 17- Harper J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.
- 18- King C. A., and Oliver L. R. 1994. A model for predicting large crabgrass (*Digitaria sanguinalis* L.) emergence as influenced by temperature and water potential. *Weed Science*, 42: 561-567.
- 19- Leon R. G., Knapp A. D. and Owen M.D.K. 2004. Effect of temperature on the germination of common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus* L.), giant foxtail (*Setaria faberi* L.), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti* L.). *Weed Science*, 52: 67-73.
- 20- Oryokot J. O. E., Murphy S. D., Thomas A. G. and Swanton C.J. 1997. Temperature and moisture dependent models of seed germination and shoot elongation in green and redroot pig weed (*Amaranthus powellii*, *A. retroflexus*). *Weed Science*, 45: 488-496.
- 21- Roman E.S., Murphy S.D., and Swanton C.J. 2000. Simulation of *Chenopodium album* L. seedling emergence. *Weed Science*, 48: 217-224.
- 22- Schutte J. B., Regnier E. E., Sharison K., Schmoll J.T., Spokas K. and Forcella F. 2008. A hydrothermal seedling emergence model for Giant Ragweed (*Ambrosia trifida* L.). *Weed Science*, 56: 555-560.
- 23- Spandl E., Durgan B. R., and Forcella F. 1998. Tillage and planting date influence foxtail (*Setaria* spp.)

- emergence in continuous spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology*, 12: 223-229.
- 24- Soltani A., Robertson M. J., Torabi B., Yousefi-Daz M. and Sarparast R. 2006. Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138: 156-167.
- 25- Vleeshouwers L. 1997. Modelling weed emergence patterns. Ph.D. Dissertation. Wageningen Agricultural University, the Netherlands: pp, 165.