

مدل سازی سبز شدن علف‌های هرز یکساله در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

در راستای مدیریت علف‌های هرز

علیرضا یوسفی¹، محمدعلی پیری² و روح‌اله امینی^{3*}

تاریخ دریافت: 90/12/25 تاریخ پذیرش: 92/3/28

1- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

2- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه زنجان

3- استادیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه E-mail: ramini58@gmail.com, r_amini@tabrizu.ac.ir

چکیده

مدل‌های که سبز شدن گیاهچه‌های علف‌هرز را در رابطه با زمان دمایی شبیه‌سازی می‌کنند، با بهینه‌سازی زمان کنترل، زمینه کاهش مصرف علفکش‌ها می‌توانند فراهم سازند. هدف این تحقیق ارائه مدلی برای پیش‌بینی زمان سبز شدن گیاهچه علف‌های هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv)، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) تحت تاج پوشش لوبیا بود. داده‌های سبز شدن علف‌های هرز در سال 1389 (بهار و تابستان) جهت مدل سازی الگوی سبز شدن هر یک از علف‌های هرز در رابطه با زمان دمایی در عمق 5 سانتی‌متری خاک استفاده شد. دو تابع ویبول و گامپرتز جهت بررسی رابطه بین زمان دمایی و سبز شدن گیاهچه‌های علف هرز استفاده شدند. مدل گامپرتز با دقت بالایی (RMSE بین 5/3 تا 6/7 درصد) رابطه بین زمان دمایی و سبز شدن گیاهچه‌های هر سه گونه را پیش‌بینی نمود. در حالی که مدل ویبول به استثنای تاج خروس برآزش نامناسبی داشت. همچنین سه گونه الگوی سبز شدن و زمان دمایی مورد نیاز برای آغاز سبز شدن متفاوتی نشان دادند و می‌توان آنها را از نظر زمان دمایی مورد نیاز جهت آغاز و تکمیل سبز شدن به دو دسته تقسیم کرد. در گروه اول تاج‌خروس و سوروف قرار گرفتند که در مدت زمان کمتری سبز شدن آنها به وقوع پیوست بطوریکه بین 391-488 واحد زمان دمایی برای سبز شدن کامل گیاهچه‌ها نیاز داشتند. در گروه دوم سلمه تره سبز شدن طولانی تری داشت و به 620 واحد زمان دمایی جهت تکمیل این چرخه نیاز داشت. الگوی متفاوت سبز شدن این گونه‌ها پیشنهاد می‌کند که سوروف و تاج‌خروس باید از اولویت بیشتری جهت کنترل نسبت به سلمه تره در لوبیا برخوردار باشند.

واژه‌های کلیدی: سبز شدن گیاهچه، زمان دمایی، مدل‌سازی، مدیریت علف‌هرز

Modeling Annual Weeds Seedling Emergence in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Along with Weed Management

A Yousefi¹, MA Perei² and R Amini^{3*}

Received: March 15, 2012 Accepted: June 18, 2013

¹ Assist Prof, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

² Graduate Student, Department of Agronomy, University of Zanjan, Iran

³ Asist Prof, Dept of Eco-physiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran

*Corresponding Author: E-mail ramini58@gmail.com, r_amin@tabrizu.ac.ir

Abstract

Models that simulate weed seedling emergence as functions of thermal time would help minimize herbicide use by the optimization of the timing of weed control. The objective of this research was to introduce a model to predict barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv], redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and common lamb's-quarters (*Chenopodium album* L.) seedling emergence in the presence of common bean canopy. Weed seedling emergence data in 2010 (spring and summer) were used to model the pattern of each species as a function of the thermal time in the 5 cm upper layer of the soil profile. Two functions: Weibull and Gompertz were used to describe the relationship between thermal time and weed seedling emergence. The Gompertz function closely predicted (RMSE= 5.3–6.7%) the relationship between thermal time and seedling emergence for all three species. Conversely, Weibull function except for redroot pigweed gave worse fit. The three species also showed different patterns of emergence and thermal time required for the onset of emergence and species can be grouped into two emergence time-span groups. In the first group, redroot pigweed and barnyardgrass had a shorter emergence time-span requiring 391-488 thermal time for full emergence. In the second group, common lamb's-quarters had a long-lasting emergence, requiring 620 thermal time to complete this process. Difference in emergence pattern of these weed suggest that barnyardgrass and redroot pigweed should be given a higher priority for control than common lamb's-quarters in common bean.

Key words: Modeling, seedling emergence, thermal time, weed management.

مقدمه

مورد نیاز گیاه زراعی را محدود می نمایند و به همین دلیل در سرتاسر جهان کنترل آنها، یکی از ارکان اساسی مدیریت تولید گیاهان زراعی محسوب میشود. حبوبات به عنوان دومین منبع تامین نیاز غذایی بشر در بین گیاهان زراعی از جایگاه های خاصی برخوردار

یکی از روش های تامین غذا برای جمعیت رو به رشد جهان افزایش تولید گیاهان زراعی از طریق کاهش تلفاتی است که به دلایل مختلف از جمله رقابت با علف های هرز رخ می دهد. علف های هرز دسترسی به منابع

تبدیل درجه حرارت خاک به زمان دمایی می‌توان از آن جهت پیش بینی زمان سبز شدن گیاهچه‌های علف‌های-هرز استفاده کرد (دورادو و همکاران 2009).

از رگرسیون غیر خطی برای کمی سازی واکنش جوانه زنی و سبز شدن بذور گیاهان نسبت به دما می‌توان استفاده نمود (گان و همکاران 1992، بلک شو 1991). توابع مختلفی برای پیش‌بینی سبز شدن علف‌های‌هرز وجود دارد. تا به حال در محصولات مختلف از این روش جهت پیش‌بینی سبز شدن علف‌های‌هرز استفاده شده و اطلاعات خوبی در جهت مدیریت بهینه فراهم شده است. این مطالعه به بررسی الگوی سبز شدن علف‌های‌هرز غالب مزارع لوبیا در منطقه زنجان که همواره با بحران خسارت علف‌های‌هرز روبروست می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه ای

این مطالعه در سال زراعی 1389 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در عرض شمالی 41°، 36°، طول شرقی 29°، 48° و ارتفاع 1663 متر از سطح دریا انجام شد. در این بررسی کمی سازی واکنش درصد سبز شدن گونه‌های علف‌هرز سوروف، تاج‌خروس، و سلمه‌تره در رابطه با دمای 5 سانتی متری خاک در کوادرات ثابت به مساحت 0.5×0.5 متر که به صورت تصادفی در فواصل روی ردیف و بین ردیف لوبیا قرار داده شده بود، انجام شد. بطور هفتگی تعداد علف‌های‌هرز سبز شده (فلور طبیعی) در هر کوادرات شمارش و سپس با دست حذف شدند. از این داده‌ها برای محاسبه درصد سبز شدن جمعی هر گونه علف‌هرز در هر دوره نمونه‌گیری در ارتباط با سبز شدن کل استفاده شد. درجه حرارت خاک در هر 5 ثانیه یکبار در عمق پنج سانتی‌متری (رومان و همکاران 2000) در طول آزمایش با استفاده از سنسورهای تمام اتوماتیک Thies Clima (P 100, 2.125.00.000)

بوده و در میان حبوبات لوبیا از لحاظ سطح زیر کشت و ارزش غذایی مقام اول را دارا می‌باشد (فائو، 2008). مطالعات و تجربیات حاکی از آن است که این گیاه از جمله گیاهان حساس در مقابل علف‌های‌هرز می‌باشد و کنترل علف‌های‌هرز به عنوان مهمترین مشکل تولید لوبیا در بسیاری از کشورها می‌باشد (بلک شو 1991). گونه‌های علف‌هرز در برهه‌های زمانی متفاوتی از فصل، سبز می‌شوند و الگوهای سبز شدن ویژه برای هر گونه دیده می‌شود (آندرسون و نیلسون 1996). الگوی سبز شدن علف‌های‌هرز مشخص کننده زمان کاربرد علف‌کش و چگونگی کنترل علف‌هرز خواهد بود. این موضوع کمک بزرگی در جلوگیری و یا به حداقل رساندن اثر علف‌های‌هرز بر عملکرد و کیفیت محصول خواهد نمود. پیش‌بینی زمان سبز شدن علف‌های‌هرز می‌تواند در کاهش رقابت علف‌هرز با گیاه زراعی و کاهش مصرف علف‌کش و همچنین استفاده از برنامه مدیریتی مناسب ما را یاری رساند (بوهرلر و همکاران 2000). تعیین تاریخ کاشت مناسب گیاهان زراعی که دوره کشت وسیع دارند، زمان کاربرد علف‌کش‌های پس رویشی و حتی پیش‌بینی تهاجمات آینده در فصل رشد از جمله موارد کاربرد مدل‌های پیش‌بینی سبز شدن محسوب می‌شوند (نورس و ورتی و الیور 2007، فورسلا 1998). از مدل‌های زمان دمایی (Thermal time) که بیانگر تجمع دمای بالاتر از درجه حرارت پایه به عنوان تابعی از زمان است به عنوان شاخص وابسته به آب و هوا جهت پیش‌بینی مراحل نموی گیاهان استفاده می‌شود (گوردان و بوستمن 1993). استفاده از زمان دمایی در تفسیر رخدادهای بیولوژیکی و تصمیم‌گیری به موقع مدیریت علف‌های‌هرز می‌تواند در مدیریت تلفیقی استفاده شود و این روش در رسیدن به سطح مطلوب کنترل موثر تر از تصمیم‌گیری بر اساس اطلاعات تقویمی است (هاریس و همکاران 1998). درجه حرارت روزانه خاک در لایه سطحی خاک دارای اثر مستقیم بر جوانه زنی بذر علف‌های‌هرز می‌باشد که با

آنالیز رگرسیونی و رسم نمودارها از نرم افزار SigmaPlot 11 استفاده شد.

جزر میانگین مربعات خطا (RMSE) و شاخص AIC تصحیح شده برای سنجش برازش مدلها استفاده شد. کوچکتر بودن شاخص AIC نشان از برازش بهتر مدل دارد (برنهام و آندرسون 2002).

نتایج و بحث

مقایسه مدلها

جدول 1 مقدار پارامترهای توابع برازش داده شده و معیارهای سنجش برازش برای سبز شدن گیاهچه- های گونه‌های سوروف، سلمه‌تره و تاج‌خروس را نشان می‌دهد. در پیش‌بینی سبز شدن گیاهچه‌های سلمه‌تره به دلیل اینکه اختلاف بین دو مدل گامپرز و ویبول از لحاظ مقدار عددی AICc بیش از 10 می‌باشد و مدل گامپرز دارای مقدار آیکائیک کمتری است این مدل به عنوان مدل برتر جهت پیش‌بینی سبز شدن گیاهچه‌های این گونه انتخاب شد. انحراف مقادیر پیش‌بینی شده از داده‌های مشاهده شده برای مدل یاد شده برابر 5/3 درصد بود. کارایی دو مدل ذکر شده جهت پیش‌بینی سبز شدن گیاهچه‌های تاج‌خروس با توجه به مقدار AICc و RMSE تقریباً یکسان است و می‌توان از هر دو مدل استفاده کرد که در این آزمایش به دلخواه مدل گامپرز انتخاب شد. برای سوروف نیز اختلاف AICc بین دو مدل گامپرز و ویبول 9 بود و مدل گامپرز با انحراف 6/7 درصد برازش مناسب تری نسبت به مدل ویبول نشان داده است لذا مدل گامپرز به عنوان مدل برتر انتخاب و پیش‌بینی سبز شدن گیاهچه‌های سوروف در ارتباط با زمان دمایی با این مدل انجام شد.

اندازه‌گیری شد. با استفاده از حداکثر و حداقل درجه حرارت خاک، زمان دمایی تجمعی (که معادل روز درجه رشد است)¹ طبق فرمول زیر محاسبه شد.

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

(معادله 1)

که در آن، TT، زمان دمایی تجمعی و i تاریخ شروع زمان دمایی تجمعی و n مدت لازم برای تکمیل چرخه و T_{max} و T_{min} حداکثر و حداقل درجه حرارت روزانه در عمق 5 سانتی‌متری خاک و T_b درجه حرارت پایه گیاه می‌باشد. در این آزمایش از آنجائیکه داده‌های دما برای هر 5 ثانیه فراهم بود در معادله بالا میانگین دمای روزانه قرار داده شد. درجه حرارت پایه برای سوروف، تاج‌خروس و سلمه‌تره به ترتیب 11/7 (دورادو و همکاران، 2009)، 12/2 و 2/4 در نظر گرفته شد (روبرت و همکاران، 2010).

محاسبات آماری

از مدل‌های رگرسیون غیر خطی برای کمی سازی واکنش سبز شدن گیاهچه‌های سوروف، سلمه‌تره و تاج-خروس در مزرعه لوبیا به صورت تابعی از زمان دمایی استفاده شد. برای این منظور از توابع ویبول و گامپرز استفاده شد.

(2) معادله ویبول :

$$E = 100 (1 - \exp^{-(bx)^c})$$

(3) معادله گامپرز:

$$E = 100 \exp^{(- \exp^{-(b(x-m)}))}$$

در معادلات فوق، E معادل درصد سبز شدن تجمعی، X معادل زمان دمایی بر اساس حداقل و حداکثر درجه حرارت خاک در عمق 5 سانتی‌متری، b و c پارامترهای مدل، m بیانگر زمان دمایی است که در آن 50 درصد سبز شدن گیاهچه‌ها رخ می‌دهد. به منظور

¹ - Growing Degree Day (GDD)

جدول 1- پارامترهای برآورد شده به وسیله مدل‌های گامپرتز و ویبول برای سبز شدن گیاهچه‌های سلمه‌تره، تاج‌خروس و سوروف (مقادیر داخل پارانتر خطای استاندارد هستند).

R ²	RMSE (درصد)	AICc	پارامترها			مدل	علف‌هرز
			X ₀	c	b		
0/98	5/32	104/7	426/76 (11/89)	-	0/0064 (0/006)	گامپرتز	سلمه‌تره
0/97	6/39	115/7	-	2/8 (0/314)	0/0018 (0/005)	ویبول	
0/95	8/03	129/4	284/59 (8/17)	-	0/018 (0/0027)	گامپرتز	تاج‌خروس
0/96	8/93	135/8	-	65/75 (28/98)	0/0031 (75/73)	ویبول	
0/97	6/79	119/4	262/38 (8/85)	-	0/0097 (0/001)	گامپرتز	سوروف
0/96	7/96	128/9	-	2/56 (0/3179)	0/0028 (9/8)	ویبول	

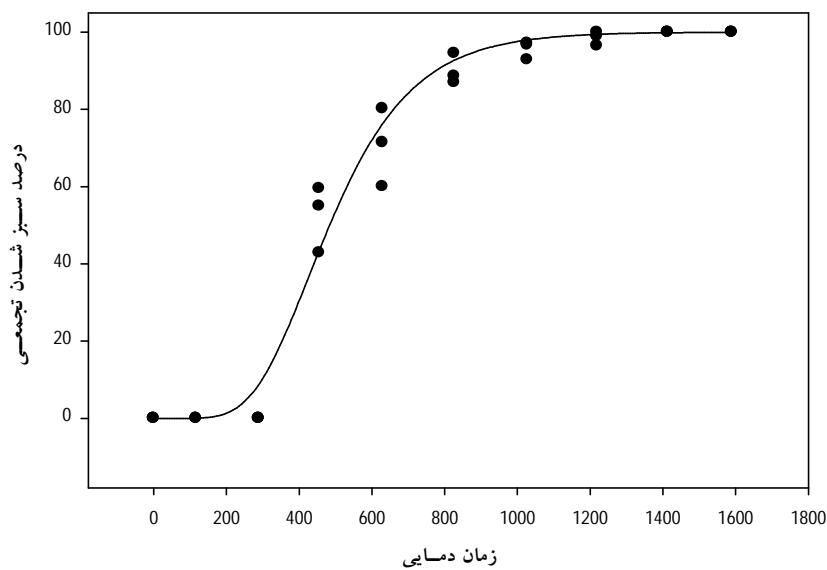
الگوی سبز شدن گیاهچه‌ها در مزرعه

زمان دمایی کمتری برای رسیدن به 75 درصد سبز شدن نیاز داشت. به عبارت دیگر اگرچه سوروف زود تر شروع به سبز شدن در مزرعه لوبیا کرده بود ولی تاج‌خروس در زمان کمتری سبز شدن گیاهچه‌هایش را در مزرعه تکمیل کرد و اولین علف‌هرزی بود که به حداکثر سبز شدن رسید. در واقع این سه گونه سه الگوی متفاوت سبز شدن داشتند که با چشم پوشی از اختلافات اندک می‌توان آنها را در دو گروه دسته بندی نمود. در گروه اول که جزء گونه‌های با سرعت سبز شدن بالا بودند سوروف و تاج‌خروس قرار گرفتند. در گروه دوم نیز علف‌هرز سلمه‌تره جزء گونه‌های با سرعت پایین سبز شدن قرار گرفت. گونه اخیر برای اتمام سبز شدن گیاهچه‌هایش حداقل به 620 واحد زمان دمایی نیاز داشت.

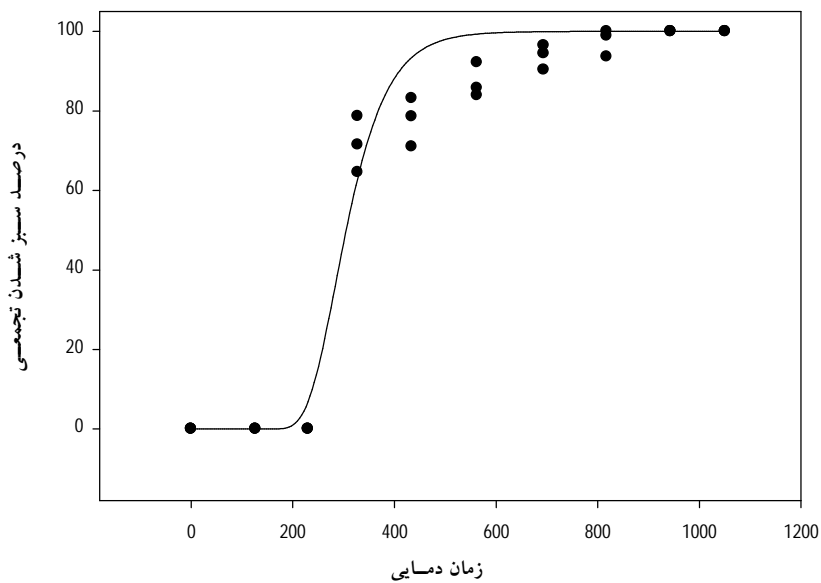
جدول 2 و شکل‌های 1، 2 و 3 به ترتیب، زمان دمایی مورد نیاز جهت رسیدن به مقدار مشخص سبز شدن را برای سه گونه سوروف، تاج‌خروس و سلمه‌تره نشان می‌دهد. علف‌هرز سوروف برای شروع جوانه زنی و سبز شدن به زمان دمایی کمتری نیاز دارد و بنابراین این گونه‌ها اولین علف‌هرزی خواهند بود که در مزارع لوبیا دیده می‌شوند. به طوری‌که در زمان دمایی 227، 25 درصد گیاهچه‌های این گونه سبز شده بودند. پس از این گیاه، تاج‌خروس نسبت به سلمه‌تره، جهت شروع سبز شدن زمان دمایی کمتری نیاز داشت. روند اخیر در تکمیل سبز شدن در مزرعه (رسیدن به 75 درصد سبز شدن) دچار تغییراتی شد، بطوریکه تاج‌خروس زودتر سبز شدن خود را تکمیل نمود و نسبت به سوروف و سلمه‌تره به ترتیب 38 و 267 واحد،

جدول 2- زمان دمایی مورد نیاز (برآورد شده) جهت درصد‌های مختلف سبز شدن سه گونه علف‌هرز.

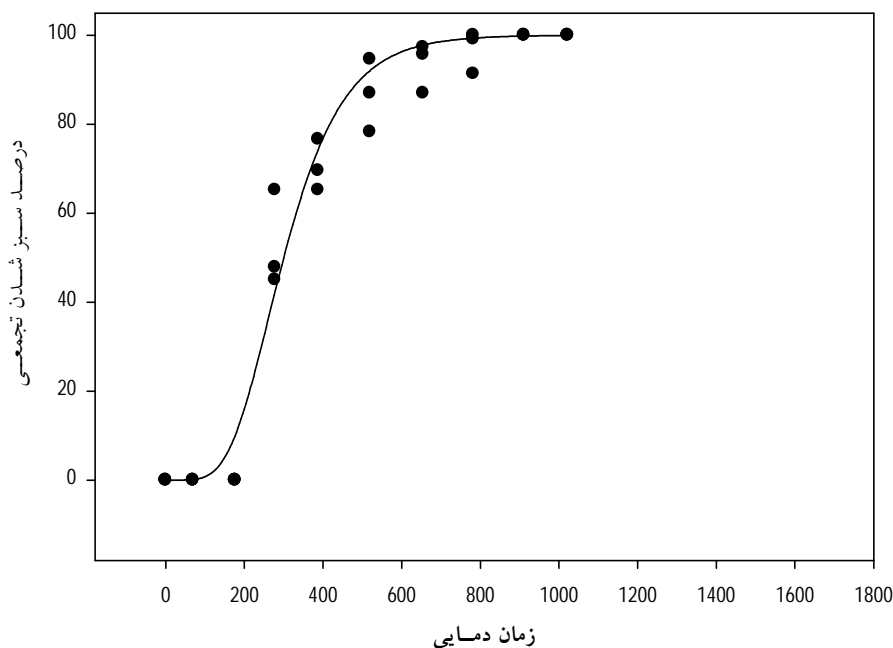
زمان دمایی لازم برای رسیدن به 25، 50 و 75 درصد جوانه زنی			
علف‌هرز	25	50	75
سلمه‌تره	372/48	484/23	620/81
تاج‌خروس	267/42	305/16	353/67
سوروف	227/55	299/41	391/22



شکل 1- درصد سبز شدن تجمعی مشاهده شده در رابطه با زمان دمایی و پیش‌بینی شده با تابع گامپرتز در سلمه‌تره.



شکل 2- درصد سبز شدن تجمعی مشاهده شده در رابطه با زمان دمایی و پیش‌بینی شده با تابع گامپرتز در تاج‌خروس.



شکل 3- درصد سبز شدن تجمعی مشاهده شده در رابطه با زمان دمایی و پیش‌بینی شده با تابع گامپرتز در سوروف.

یک شرایط آب و هوایی و همچنین مدیریت خاص سازگار شده اند که لزوم بررسی بیولوژیک اکوتیپ های مناطق مختلف می تواند حائز اهمیت باشد. از طرف دیگر مختصات جغرافیایی نیز می‌تواند در محدود نمودن زمان سبز شدن تاثیر داشته باشد بطوریکه با افزایش عرض جغرافیای دوره زمانی که در آن سبز شدن گیاهچه‌ها اتفاق می افتد کوتاه‌تر شده و ممکن است به 1 یا 2 ماه محدود شود (لبنانس و همکاران، 2002؛ بولید و همکاران، 2003). ولی در عرض‌های جنوبی تر این دوره ممکن است تا 6 ماه افزایش یابد (الیور و نورس و ورتی، 2005). آزمایش های ذکر شده (لبنانس و همکاران، 2002؛ الیور و نورس و ورتی، 2005) در عرض های جغرافیایی 33 الی 34 درجه انجام شده بودند در حالیکه آزمایش حاضر در عرض جغرافیایی 41 درجه انجام شده که انتظار می رود با بسته شدن کانوپی نیاز نوری و یا نیاز به نوسانات دمایی برای بذوری مثل سوروف و تاج‌خروس تامین

عوامل مختلفی از جمله نور و میزان رطوبت، دما و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، توسط دانشمندان مختلف به عنوان عوامل تاثیر گذار بر سبز شدن گیاهچه علف‌های‌هرز ذکر شده است (بنونوتی و همکاران، 2001). زمان دمایی مورد نیاز جهت تکمیل سبز شدن گیاهچه‌های سلمه‌تره در مطالعات قبلی حدود 500 واحد ذکر شده است (لبنانس و همکاران، 2003) در حالی که در آزمایش حاضر این گونه 620 واحد جهت رسیدن به 90 درصد سبز شدن نیاز داشت. برای سوروف نیز لگویزامون و همکاران (2009) زمان دمایی مورد نیاز جهت رسیدن به 75 درصد از سبز شدن را حدود 460 واحد اعلام کردند، که در این آزمایش 391 واحد اعلام شد و همچنین دوردو و همکاران (2009) نیاز دمایی رسیدن به 75 درصد سبز شدن برای سوروف را 536 واحد زمان دمایی اعلام کردند. این تفاوت ها از سویی می تواند ناشی از اختلاف بین اکوتیپ‌های مختلف در نقاط متفاوت باشد که هر کدام به

تابع خاص توانایی بیشتری در پیش‌بینی روند سبز شدن گیاهچه‌ها می‌تواند داشته باشد. برای گونه‌های تاج‌خروس، سوروف و سلمه‌تره، مدل گامپرتز مدل برتر انتخاب شد. این مدل می‌تواند به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری مهم و مناسب برای کمک به محققان و کارشناسان جهت پیش‌بینی سبز شدن علف‌هرز به منظور اعمال عملیات مدیریت مزرعه (مصرف کود، علف‌کش‌ها) در زمان مناسب و اتخاذ تمهیدات مدیریتی لازم برای افزایش عملکرد به کار گرفته شود. همچنین علف‌هرز تاج‌خروس نسبت به دو گونه دیگر در زمان دمایی کمتری به 90 درصد سبز شدن رسید که نشانگر آن است که اولویت برنامه‌های مدیریتی بایستی بر اساس کنترل این گونه قرار داده شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از آقای دکتر نیکبخت مسئول ایستگاه هواشناسی دانشگاه زنجان جهت فراهم‌آوری داده‌های ثانیه‌ای دمای خاک تقدیر و تشکر می‌شود.

نگردد و جوانه زنی و سبز شدن گیاهچه‌های این گونه‌ها سریع‌تر متوقف گردد. با توجه به این موضوع که در منطقه زنجان، سوروف و تاج‌خروس به عنوان مشکل‌سازترین علف‌های‌هرز مطرح هستند (مشاهدات میدانی نگارندگان) و سبز شدن گیاهچه‌های آنها در یک برهه زمانی کوتاه اتفاق می‌افتد، استفاده از مدل‌هایی که قادر به پیش‌بینی زمان حداکثر سبز شدن باشند می‌تواند کارایی بهتری نسبت به مناطق جنوبی کشور داشته باشد. اما موضوع مهم دیگری که تا حد زیادی می‌تواند بر الگوی سبز شدن تأثیرگذار باشد تغییرات خواب بذر است که در بسیاری از موارد موجب عدم موفقیت مدل‌های پیشگویی در پیش‌بینی الگوی سبز شدن می‌شود (بنج آرنولد و همکاران، 2000). خواب بذر خود تحت تأثیر عوامل چندیست که بررسی و وارد نمودن آنها در مدل‌های پیشگویی الگوی سبز شدن به دقت آنها کمک خواهد نمود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که برای هر گونه یک

منابع مورد استفاده

- Anderson, R.L. and Nielsen, D.C. 1996. Emergence pattern of five weeds in the Central Great Plains. *Weed Technology* 10:744–749.
- Benvenuti, S., Macchia, M. and Miele, S. 2001. Light, temperature and burial depth effects on *Rumex obtusifolius* seed germination and emergence. *Weed Research* 41:177-186.
- Benech-Arnold R.L., Sánchez R.A., Forcella F., Kruk B.C. and Ghera C.M. 2000. Environmental control of dormancy in weed seed soil banks. *Field Crops Research* 67, 105-122.
- Blackshaw, R.E. 1991. Soil temperature and moisture effects on downy brome Vs. winter canola, wheat, and rye emergence. *Crop Science* 31:1034-1040.
- Buhler, D.D., Liebman, M. and Obrycki, J. J. 2000. Theoretical and practice challenges to an IPM approach to weed management. *Weed Science* 48:274–280.
- Bullied, W.J., Marginet, A.M. and Van Acker, R.C. 2003. Conventional and conservation-tillage systems influence emergence periodicity of annual weed species in canola. *Weed Science* 51:886–897.

- Burnham, K.P., and Anderson, D.R. 2002. Model selection and multimodal inference: A practical information-theoretic approach. New York: Springer-Verlag.
- Dorado, J., Sousa, E., Calha, I. M., Gonzalez-Andujar J. L. and Fernandez-Quintanilla, C. 2009. Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. *Weed Research* 49: 251-260.
- FAOSTAT Agriculture Data, 2008. <http://faostat.fao.org>.
- Forcella, F. 1998. Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. *Seed Science Research* 8:201–209.
- Gan, Y., Stobbe, E.H. and Moes, J. 1992. Relative date of wheat seedling emergence and its impact on grain yield. *Crop Science* 32: 1275-1281.
- Gordon, R. and Bootsma, A. 1993. Analysis of growing degree-days for agriculture in Atlantic Canada. *Climate Research* 3: 169-176.
- Harris, S.M., Doohan, D. J., Gordon, R. J. and Jensen, K.I.N. 1998. The effect of thermal time and soil water on emergence of *Ranunculus repens*. *Weed Research* 38, 405-412.
- Leblanc, M. L., Cloutier, D.C., Stewart, K.A., and Hamel, C. 2003. The use of thermal time to model common lambsquarters (*Chenopodium album*) seedling emergence in corn. *Weed Science* 51:718–724.
- Leblanc, M.L., Cloutier, D.C., Legere, A., Lemieux, C., Assemat, L., Benoit, D.L. and Hamel, C. 2002. Effect of presence and absence of corn on common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) and barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli* L.) emergence. *Weed Technology* 16:638–644.
- Leguizamón, E.S., Rodríguez, N., Rainero, H., Pérez, M., Pérez, L., Zorza E., and Fernandez-Quintanilla, C. 2009. Modeling the emergence pattern of six summer annual weed grasses under no tillage systems in Argentina. *Weed Research* 49:98-106.
- Norsworthy, J. K., and Oliveira, M. J. 2007. A Model for Predicting Common Cocklebur (*Xanthium strumarium*) Emergence in Soybean. *Weed Science* 55:341–345.
- Oliveira, M.J. and Norsworthy, J.K. 2005. Effect of drill-seeded soybean and tillage on temporal emergence of sicklepod. *Proc. South Weed Science Society* 58:62.
- Roberta, M., Donato, L., Stfen, B., Vanti, M., Clarazain, M. and Goseppe, Z. 2010. Temperature and water potential as parameters for modeling weed emergence in central- northern Italy. *Weed Science* 58: 216-222.
- Roman, E.S., Murphy, S.D. and Swanton C.J. 2000. Simulation of *Chenopodium album* emergence. *Weed Science* 48:217–224.