هجدهمین کنگره ملی و چهارمین کنگره بین‌المللی
علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران
18th Iranian National & 4th International Crop Sciences Congress
Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Sept. 10 – 12th , 2024
دانشگاه فردوسی مشهد
۲۲ – ۲۰ شهریورماه ۱۴۰۳

مدل‌سازی الگوی سبز شدن گونه‌های علف‌هرز غالب در مزرعه چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)

کمال حاج محمدنیا قالی‌باف۱*، محمد بنایان۲، فاطمه یعقوبی۳، مریم جوادی٤

۱- استادیار، ۲- استاد، ۳- پژوهشگر پسادکتری، ٤- دانش‌آموخته دکتری، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*- نویسنده مسئول: Email: hajmohamadnia@um.ac.ir

ارائه‌دهنده: مریم جوادی

نحوه ارجاع به مقاله:

حاج محمدنیا قالی‌باف، ک.، بنایان، م.، یعقوبی، ف.، جوادی، م. (۱۴۰۳). مدل‌سازی الگوی سبز شدن گونه‌های علف‌هرز غالب در مزرعه چغندرقند (*Beta vulgaris* L.). هجدهمین کنگره ملی و چهارمین کنگره بین‌المللی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲۲-۲۰ شهریور ۱۴۰۳، دانشگاه فردوسی مشهد.

چکیده فارسی:

دقت و سادگی مدل‌های ریاضی آن‌ها را به ابزاری عالی جهت پیش‌بینی الگوی سبز شدن گونه‌های علف‌های هرز در شرایط مزرعه تبدیل کرده است. به منظور تعیین بهترین مدل سیگموئیدی از بین مدل های گامپرتز، ویبول، لجستیک و ریچاردز در پیش‌بینی سبز شدن گونه‌های علف‌هرز غالب یکساله در مزرعه چغندرقند، پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. ارزیابی تخریبی علف‌های هرز تاج‌خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus*)، خرفه (*Portulaca oleracea*)، سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و دم‌روباهی (*Alopecurus myosuroides*) هر ۱۰ روز یک‌بار با استفاده از ۱۲ کوادرات ۰/۲۵ مترمربعی که به‌صورت تصادفی در مزرعه چغندرقند با مساحت ۳۰۰ مترمربع کار گذاشته شده بود، صورت گرفت. با استفاده از مدل STM^2 دمای روزانه خاک در عمق ۵ سانتی‌متری شبیه‌سازی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که باتوجه به شاخص آکائیک، مدل لجستیک بهترین پیش‌بینی را از الگوی سبز شدن علف‌های هرز *A. retroflexus*، *P. oleracea* و *A. myosuroides* (به‌ترتیب با شاخص آکائیک ۳/۳۰، ۲/۳۸ و ۲/۹۹) داشت. بااین‌حال، برای علف‌هرز *C. album* مدل گامپرتز بهترین پیش‌بینی را از الگوی سبز شدن این علف‌هرز با شاخص آکائیک ۲/۷۸ نشان داد. برای چهار علف‌هرز مورد مطالعه، مدل‌های برتر به‌طور دقیق سبز شدن تجمعی را به‌عنوان تابعی از زمان حرارتی خاک پیش‌بینی نمودند (R^2 > ۰/۹۱، RMSE < ۱۱/۵۹ و ME < ۰/۸۱). صحت سنجی مدل‌های برتر نیز بیانگر دقت خوب این مدل‌ها در پیش‌بینی الگوی سبز شدن علف‌های هرز مورد مطالعه بود (R^2 > ۰/۹۴، RMSE < ۸/۵۵ و ME < ۰/۹۳).

مقدمه و بیان مسئله:

گیاهان در یک بوم سامانه زراعی در طی فرآیند هزار ساله تکامل، به چنان درجه‌ای از تنوع و پیچیدگی رفتاری رسیده‌اند که نمی‌توان با به‌کارگیری روش‌های رایج و معمولاً تک‌بعدی مبارزه به اهدافی همچون پایداری تولید و سوددهی بلندمدت دست یافت. پیشرفت پایدار در مدیریت علف‌های هرز نیازمند توصیف دقیق پویایی سبز شدن علف‌های هرز در مزرعه است. اثربخشی استراتژی‌های مدیریت علف‌های هرز به‌شدت به زمان‌بندی دقیق آن باتوجه به سن و مرحله رشد علف‌های هرز بستگی دارد که این امر خود نیز با پویایی سبز شدن علف‌های هرز در طول استقرار محصول همبستگی دارد. این آگاهی‌ها منجر به افزایش توسعه مدل‌هایی شده است که می‌توانند سبز شدن گیاهچه گونه‌های علف‌هرز را پیش‌بینی کنند (Loddo et al., 2018). مدل‌های سبز شدن برای توسعه سیستم‌های پشتیبانی مدیریت علف‌های هرز با هدف کاهش تلفات عملکرد، به حداقل رساندن فشار انتخاب علف‌کش و کمک به کاهش مقاومت ضروری هستند. به‌همین دلیل چندین مدل برای پیش‌بینی سبز شدن گیاهچه گونه‌های مختلف علف‌هرز در محصولات اصلی مانند برنج (Goulart et al., 2020)، غلات پاییزه (Royo-Esnal et al., 2015)، سویا (Masin et al., 2014) و ذرت (Masin et al., 2012) توسعه داده شده‌اند. مدل‌های تجربی که ساده‌تر از مدل‌های مکانیکی هستند، ابزار مفیدی برای پیش‌بینی کمّیت و زمان‌بندی درصد سبز شدن تجمعی با استفاده از متغیرهای محیطی مانند پتانسیل آب خاک، دمای خاک و نور به‌شمار می‌آیند. لذا هدف از تحقیق حاضر تعیین زمان سبز شدن علف‌های هرز در مزرعه چغندرقند با کمک مدل‌های سیگموئیدی جهت شناسایی بهترین زمان کاربرد ابزارهای کنترلی در شرایط اقلیمی منطقه و مناطق مشابه می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. بذور چغندرقند در ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۳۹۹ در عمق ۳ سانتی‌متری خاک در زمینی با ابعاد ۳۰ × ۱۰ متر کشت شدند. فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود.

۱۲ کوادرات (۰/۵ متر × ۰/۵ متر) به‌صورت تصادفی در مزرعه به‌صورت ثابت تا انتهای فصل قرار داده و بعد از اولین آبیاری شمارش گیاهچه‌های تازه روییده علف‌های هرز به تفکیک گونه انجام شد. شمارش هر ۱۰ روز یک‌بار تکرار و تا زمانی‌که علف‌های هرز در کوادرات‌ها مشاهده شدند، ادامه یافت. گیاهچه‌های شمرده شده در هر مرحله، در انتظار رویش گیاهچه‌های جدید حذف شدند.

داده‌های جمع آوری شده از هر گونه علف‌هرز برای پیش‌بینی زمان سبز شدن آن‌ها و برای ساخت و ارزیابی مدل‌های تجربی زیر مورد استفاده قرار گرفت. توابع لجستیک، ریچاردز، گامپرتز و ویبول (روابط ۱ تا ۴) جهت بررسی الگوی رویش علف‌های هرز در برابر دما مورد استفاده قرار گرفتند.

$$y = \frac{a}{1 + exp^{(-b(x-x_0))}} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$y = \frac{a}{(1 + exp^{(-b(x-x_0))})^d} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$y = a\, exp^{(-\exp^{(-b(x-x_0)}_{)})} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$y = a(1 - exp^{(-(bx)^c)}) \quad \text{(رابطه ۴)}$$

در این روابط، y نشان دهنده درصد رویش تجمعی علف‌های هرز در طول فصل رشد گیاه زراعی، x نشانگر زمان حرارتی خاک، a بیانگر مجانب بالای 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 شیب منحنی خطی می‌شود، و c و d پارامترهای شکل دهنده مدل هستند. میانگین دمای روزانه خاک با استفاده از مدل STM^2 شبیه‌سازی شد.

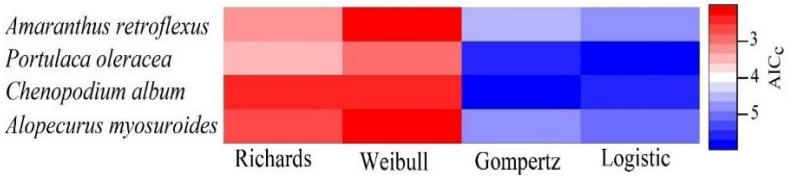
جهت انتخاب بهترین مدل از شاخص آکائیک تصحیح شده (AIC_c) استفاده گردید. ارزیابی بهترین مدل‌ها در هر دو مرحله واسنجی و صحت سنجی نیز با استفاده از شاخص‌های کارایی مدل‌سازی (ME)، میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) انجام شد.

برازش توابع، محاسبات و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد.

نتایج و بحث:

برمبنای شاخص آکائیک تصحیح شده، مدل لجستیک بهترین پیش‌بینی را از الگوی سبز شدن علف‌های هرز *Amaranthus retroflexus*، *Portulaca oleracea* و *Alopecurus myosuroides* (به‌ترتیب با شاخص آکائیک ۳/۳۰، ۲/۳۸ و ۲/۹۹) و مدل گامپرتز بهترین پیش‌بینی را از الگوی سبز شدن علف‌هرز *Chenopodium album* با شاخص آکائیک ۲/۷۸ داشتند (شکل ۱). مدل‌های برتر در تشریح سبزشدن تجمعی به‌عنوان تابعی از زمان حرارتی خاک به‌طور معنی‌داری دقیق بودند، اما مقادیر پارامترهای به‌دست‌آمده برای هر یک از این مدل‌ها متفاوت بود (جدول ۱).

در همین راستا، ورله و همکاران (Werle et al., 2014) الگوی سیز شدن گیاهچه چندین گونه علف‌هرز یکساله بهاره را شبیه‌سازی کردند و مقادیر ME و RMSE را به‌ترتیب از ۰/۸۲ تا ۰/۹۹ و ۳/۷ تا ۱۴/۹ به‌دست آوردند.



شکل ۱- شاخص آکائیک تصحیح‌شده مدل‌های مورد مطالعه در پیش‌بینی الگوی سبز شدن چهار گونه علف‌هرز در مزرعه چغندرقند

نتایج صحت سنجی مدل‌های برتر نیز بیانگر کارایی خوب مدل‌های برتر در پیش‌بینی الگوی سبز شدن این چهار علف هرز در مزارع چغندرقند بود (جدول ۲). اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و مشاهده‌شده برای *C. album* بیشتر از سایر علف‌های هرز بود. این امر می‌تواند به‌دلیل تنوع درون‌جمعیتی گونه‌های علف‌های هرز و درنتیجه و ضعیت فیزیولوژیکی و خواب متفاوت در بین بذرها باشد. تنوع ژنوتیپی درون جمعیتی می‌تواند قابلیت استفاده از مدل‌های سبز شدن گیاهچه را در مناطق زراعی مختلف محدود کند و در نتیجه محدودیتی برای پذیرش گسترده این مدل‌ها باشد (Loddo et al., 2018). باید توجه داشت که این یافته‌ها فقط باید به‌عنوان یک راهنمای کلی و نه یک پیش‌بینی‌کننده مطلق زمان سبز شدن علف‌های هرز در مزارع چغندرقند مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱- واسنجی و پارامترهای مدل‌های برتر در پیش‌بینی الگوی سبز شدن چهار گونه علف‌هرز در مزرعه چغندرقند

Weed species	Model	Model parameters			R^2	RMSE	ME
		a ± SE	b ± SE	x0 ± SE			
Amaranthus retroflexus	Logistic	99.87 ± 0.13	-9.45 ± 0.23	517.38 ± 1.11	0.99	0.60	1.00
Portulaca oleracea	Logistic	99.81 ± 0.25	-7.69 ± 0.22	451.19 ± 2.07	0.94	8.55	0.93
Chenopodium album	Gompertz	99.85 ± 1.20	190.25 ± 19.31	447.20 ± 15.08	0.91	11.59	0.81
Alopecurus myosuroides	Logistic	99.97 ± 0.70	-5.79 ± 0.40	610.46 ± 7.87	0.99	1.84	0.99

جدول ۲- صحت‌سنجی مدل‌های برتر در پیش‌بینی الگوی سبز شدن چهار گونه علف‌هرز در مزرعه چغندرقند

Weed species	Model	R^2	RMSE	ME
Amaranthus retroflexus	Logistic	1.00	1.59	1.00
Portulaca oleracea	Logistic	0.96	7.74	0.94
Chenopodium album	Gompertz	0.94	8.55	0.93
Alopecurus myosuroides	Logistic	0.97	7.02	0.95

مهمترین یافته‌ها:

۱- مدل لجستیک می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری برای پیش‌بینی سبز شدن *A. retroflexus*، *P. oleracea* و *A. myosuroides* در مزرعه چغندرقند استفاده شود.

۲- از مدل گامپرتز می‌توان جهت پیش‌بینی سبز شدن علف هرز *C. album* در مزرعه چغندرقند استفاده نمود.

۳- این مدل‌ها فقط باید به‌عنوان یک راهنمای کلی و نه یک پیش‌بینی‌کننده مطلق زمان سبز شدن علف‌های هرز در مزارع چغندرقند مورد استفاده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: تابع لجستیک، زمان حرارتی، شبیه‌سازی، صحت‌سنجی، مدل گمپرتز، مدیریت علف‌هرز

Modeling the emergence pattern of weed dominant species in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) field

Abstract

The accuracy and simplicity of mathematical models have made them an excellent tool for predicting the pattern of weed species in field conditions. In order to determine the best sigmoid model among the Gumpertz, Weibull, Logistic, and Richards models in predicting the emergence of the dominant annual weed species in the sugar beet fields, an experiment was conducted at the research farm of Ferdowsi University of Mashhad, Agricultural Faculty, Iran, in 2019-2020 growing season. The destructive evaluation of weeds including *Amaranthus retroflexus*, *Portulaca oleracea*, *Chenopodium album*, and *Alopecurus myosuroides* was done every 10 days using 12 quadrats of 0.25 square meters which were located randomly in the sugar beet field (with an area of 300 square meters). Using STM^2 model, the daily soil temperature at a depth of 5 cm was simulated. The results showed that according to the AIC_c, the logistic model had the best prediction of the weed seedling emergence of *A. retroflexus*, *P. oleracea* and *A. myosuroides* (AIC_c= 3.30, 2.38, and 2.99, respectively). However, for *C. album*, the Gumpertz model showed the best prediction of the seedling emergence pattern with an AIC_c of 2.78. For the four studied weeds, the best models accurately predicted cumulative seedling emergence as a function of soil thermal time ($R^2 > 0.91$, RMSE < 11.59 and ME > 0.81). Validation of the top models also showed the good accuracy of these models in predicting the weed seedling emergence ($R^2 > 0.94$, RMSE < 8.55 and ME > 0.93). It should be noted that these findings should only be used as a general guide and not an absolute predictor of weed emergence time in sugar beet fields.

Keywords: Gompertz model, Logistic function, Simulation, Thermal time, Validation, Weed management

منابع:

Goulart, F.A., Zandoná, R.R., Schmitz, M.F., Ulguim, A.R., Andres, A., & Agostinetto, D. (2020). Modeling the emergence of *Echinochloa* sp. in flooded rice systems. *Agronomy*, 10(11), 1756. https://doi.org/10.3390/agronomy10111756.

Loddo, D., Ghaderi-Far, F., Rastegar, Z., & Masin, R. (2018). Base Temperatures for Germination of Selected Weed Species in Iran. *Plant Protection Science*, *54*(1), 60–66. https://doi.org/10.17221/92/2016-PPS.

Masin, R., Loddo, D., Benvenuti, S., Otto, S., & Zanin, G. (2012). Modeling weed emergence in Italian maize fields. *Weed Science*, *60*(2), 254-259. https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00124.1.

Masin, R., Loddo, D., Gasparini, V., Otto, S., & Zanin, G. (2014). Evaluation of weed emergence model AlertInf for maize in soybean. *Weed Science*, *62*(2), 360-369. https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00112.1.

Werle, R., Bernards, M.L., Arkebauer, T.J., & Lindquist, J.L. (2014a). Environmental triggers of winter annual weed emergence in the midwestern United States. *Weed Science, 62*(1):83-96. https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00091.1.

Werle, R., Sandell, L.D., Buhler, D.D., Hartzler, R.G., & Lindquist, J.L. (2014b). Predicting emergence of 23 summer annual weed species. *Weed Science, 62*(2):267-279. https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00116.1.