

پیش‌بینی دماهای کاردینال جوانه‌زنی هویج (*Daucus carota* L.) و سه گونه علف هرز غالب آن با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیر خطی

مرجان دیانت^{۱*}

۱. استادیار دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۲)

چکیده

مدیریت رشد هویج به ویژه از جهت مبارزه با علف‌های هرز بسیار مشکل است. جوانه‌زنی بذر در مدیریت علف‌های هرز هویج یک فرایند کلیدی است زیرا می‌تواند تعداد علف‌های هرزی را که در هویج سبز می‌شوند و زمان سبز شدن آنها را تعیین کند. این آزمایش جهت بررسی دو مدل دو تکه‌ای و دندان مانند برای توصیف واکنش سرعت جوانه‌زنی هویج (*Daucus carota* L.)، گندمک (*Stellaria media* (L.) Vill.)، اسب‌واش (*Setaria glauca* (L.) P. Beauv.) و پیر بهار (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.) به دما صورت گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات انجام شد. بذور با دماهای ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد تیمار شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال خطا یک درصد تحت تاثیر دما قرار گرفتند. مدل دو تکه‌ای در هویج و مدل دندان مانند در گندمک، اسب‌واش و پیر بهار به خوبی سرعت جوانه‌زنی را نسبت به دما توصیف نمودند. با توجه به مدل برتر، دماهای پایه، بهینه و بیشینه در هویج ۱/۶۷، ۲۲/۸۴، ۴۳/۱۶، در گندمک ۳/۵۸، ۱۹/۶۷-۱۸/۸۲، ۴۲/۷۵، در اسب‌واش ۱۴/۱۷، ۳۴/۹۲-۳۳/۷۵، ۴۴/۸۶ و در پیر بهار ۱۳/۷۴، ۳۱/۹۴-۳۱/۷۳، ۴۴/۲۱ درجه سانتی‌گراد بود. نتایج نشان داد که هویج به علت پایین‌تر بودن دمای پایه نسبت به علف‌های هرز مورد بررسی می‌تواند زودتر جوانه زند بنابراین کشت زودتر به آن امکان استقرار زودتر را داده و بهتر می‌تواند با علف‌های هرز رقابت کند.

کلمات کلیدی: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، مدل خطوط متقاطع، مدل دندان مانند

Prediction of cardinal temperature by nonlinear regression models in carrot (*Daucus carota* L.) and its three common weed species

M. Diyanat^{1*}

1. Assistant Professor, Agricultural Science and Food Industries, Science and Research Branch,
Islamic Azad University, Tehran, Iran
(Received: Jul. 31, 2017 – Accepted: Jan. 22, 2018)

Abstract

Carrot is a particularly difficult crop to manage in terms of weed control. For weed management of carrot, seed germination is a key process because it determines both the number of weeds that could potentially emerge and the timing of their appearance in the carrot. This study was done to evaluate two nonlinear regression models (Intersected-lines and Dent-like) to describe response of germination rate to temperature in carrot (*Daucus carota* L.), Common chickweed (*Stellaria media* (L.) Vill.), Yellow foxtail (*Setaria glauca* (L.) P. Beauv.) and Canada fleabane (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.). This experiment was based on completely randomized design with 4 replications at Islamic Azad University, Science Research Branch, in 2015. The seeds were treated with different temperatures (2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45°C). The analysis of variance showed that temperature had a significant effect on all seed germination percentage and germination rates. Intersected-lines model was superior in carrot and Dent-like model was superior for Common chickweed, Yellow foxtail and Canada fleabane. Base, optimum and maximum temperatures were predicted with appropriate model. Base, optimum and maximum temperatures were for carrot 1.67, 22.84, 43.16; common chickweed 3.58, 18.82-19.67, 42.75; Yellow foxtail 14.17, 33.75-34.92, 44.86 and Canada fleabane 13.74, 31.73-31.94, 44.21°C, respectively. These results showed that carrot germinated earliest among the studied species, because it had the lowest base temperature, so sooner planting it was caused sooner carrot establishment and less weed competition.

Keywords: Germination rate, Germination percentage, Intersected-lines model, Dent-like model

* Email: Ma_dyant@yahoo.com

گیاهان اساس مدل‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی است (Kamkar *et al.*, 2011). دامنه دمایی برای جوانه‌زنی توسط دماهای پایه، بهینه و بیشینه تعریف می‌شود. سرعت نمو بین دماهای پایه و بهینه افزایش می‌یابد، بین دماهای بهینه و بیشینه کاهش یافته و فراتر از دمای بیشینه و کمتر از دمای پایه متوقف می‌شود (Shafii and Price, 2001). انواعی از توابع ریاضی برای شرح رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و دما استفاده شده است. توابع دمایی مختلفی برای توصیف واکنش جوانه‌زنی به دما وجود دارد که از میان آنها سه تابع دو تکه‌ای (Intersected-lines Model)، بتا (Five-Parameters Beta Model) و دندان مانند (Dent-like Model) برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها به دما بیشتر از بقیه مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Akram-Ghaderi, 2008). امتیاز این توابع این است که پارامترهای این مدل‌ها دارای مفهوم بیولوژیکی مانند دماهای کاردینال، سرعت ذاتی جوانه‌زنی و سبز شدن هستند. بنابراین، برخی از محققین از این مدل‌ها برای به دست آوردن دماهای کاردینال یعنی دمای پایه، دمای بهینه و دمای بیشینه استفاده کرده‌اند (Jame and Cutforth, 2004; Hardegree, 2006). استینماوس و همکاران (Steinmaus, *et al.*, 2000) چندین روش مرسوم و جایگزین را برای تعیین دمای پایه جوانه‌زنی ۹ گونه علف هرز مقایسه کردند. کامکار و همکاران (Kamkar *et al.*, 2011) در مطالعه گیاه خشخاش (*Papaver somniferum* L.) با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی مدل دو تکه‌ای را به عنوان مدل برتر در پیش‌بینی سرعت جوانه‌زنی معرفی کردند. آنها همچنین در مطالعه کمی سازی سرعت سبز شدن گندم در واکنش به دما با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی مدل لجستیک را به عنوان مدل برتر انتخاب کردند. زینالی و همکاران (Zeinali *et al.*, 2010) با بررسی جوانه‌زنی در دامنه دمایی ثابت ۵ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد، دماهای کاردینال برای جوانه‌زنی ۳۲ رقم

مقدمه

هویج (*Daucus carota* L.) یکی از مهمترین اعضاء خانواده چتریان (Apiaceae) است که ریشه‌های خوراکی تولید می‌کند (Sulaeman *et al.*, 2001). این گیاه زراعی بومی افغانستان و کشورهای همسایه آن بوده و در مناطق مدیترانه‌ای قبل از دوره کریستین کشت می‌شده است (Rose and O'Relly, 2006; Mabey 1997). هویج گیاهی کند رشد است (Teófilo *et al.*, 2009) که خسارت زیادی را به موجب رقابت علف‌های هرز متحمل می‌شود (Stall and Dusky, 2000). اثر سایه اندازی علف‌های هرز روی هویج در مرحله گیاهچه بسیار شدید است و علف‌های هرز در شروع دوره رشد هویج بسیار رقابتی هستند. زمانیکه علف‌های هرز از ابتدای سبز شدن تا برداشت با هویج رقابت می‌کنند، ۹۰٪ عملکرد کاهش می‌یابد (Martin *et al.*, 2001; Litterick, 1999). در بین ۲۵ محصول زراعی علف‌های هرز بیشترین خسارت و کاهش عملکرد را در هویج موجب می‌شوند (Van Heemst, 1985). علف‌های هرز از طریق کاهش اندازه ریشه هویج که با رقابت مستقیم برای منابع غذایی، فضاء و آب ایجاد می‌شود، عملکرد هویج را کاهش می‌دهند (Vieira *et al.*, 1997). همچنین علف‌های هرز باعث تغییر شکل ریشه هویج شده و بازارپسندی آن را کاهش می‌دهند (Bell *et al.*, 2000; Bellinder *et al.*, 1997).

جهت مدیریت علف‌های هرز هویج شناخت زیست‌شناسی بسیار ضروری است. جوانه‌زنی مرحله‌ای بحرانی در چرخه زندگی گیاهان و علف‌های هرز است و اغلب پویایی جمعیت را کنترل می‌کند (Kamkar *et al.*, 2008). این فرایند فیزیولوژیکی تحت تاثیر عامل مختلفی مانند دما، رطوبت و نور قرار می‌گیرد که در این میان دما تاثیر مهمی بر خواب و جوانه‌زنی بذور دارد. دما مهمترین عاملی است که سرعت نمو گیاهان و علف‌های هرز (از جمله سرعت جوانه‌زنی) را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اثرات دما روی نمو

جوانه‌زنی بذور، خروج ریشه‌چه از پوسته بذر و رویت آن با چشم غیر مسلح بود (Jeffrey *et al.*, 1987). درصد و سرعت جوانه‌زنی در هر دما محاسبه شد. با شمارش بذور جوانه‌زده در هر روز متوسط زمان جوانه‌زنی برای بذور محاسبه شد. سپس سرعت جوانه‌زنی با استفاده از روش ماگیور (معادله ۱) محاسبه گردید (Maguire, 1962).

$$Rs = \sum_{i=1}^n Si/Di \quad (1)$$

Rs: سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، Si: تعداد بذر جوانه زده در هر شمارش و Di: تعداد بذر تا شمارش nام جهت تعیین دماهای کاردینال (پایه، بهینه و بیشینه) از مدل‌های رگرسیون غیر خطی بین سرعت جوانه‌زنی که بر اساس تعداد بذر دو روز محاسبه شده بود و دماهای مختلف استفاده شد که در آنها دما به عنوان متغیر مستقل (محور X) و سرعت جوانه‌زنی به عنوان متغیر وابسته (محور Y) در نظر گرفته شده بود (Hardegree, 2006; Jame and Cutforth, 2004; Garcia-huidobro *et al.*, 1982).

مدل دو تکه‌ای (Intersected-lines Model) با استفاده از معادلات (۲-۴)

$$f = \text{if}(T < T_0, \text{region 1 (T), region 2 (T)}) \quad (2)$$

$$\text{Region 1 (T)} = b (T - T_b) \quad (3)$$

$$\text{Region 2 (T)} = c (T_m - T) \quad (4)$$

T_b: دمای پایه جوانه‌زنی است

مدل دندان مانند با استفاده از معادلات (۵-۶)

$$f(t) = \frac{(T - T_b)}{T_{o1} - T_b} \quad T_b < T \leq T_{o1} \quad (5)$$

$$f(t) = \frac{(T_c - T)}{(T_c - T_{o2})} \quad T_{o2} < T \leq T_c \quad (6)$$

$$F(t) = 1 \quad T_{o1} < T \leq T_{o2}$$

$$F(t) = 0 \quad T_c < T \text{ or } T \geq T_c$$

گندم را به دست آوردند. کامکار و همکاران (Kamkar *et al.*, 2008) از مدل‌های دو تکه‌ای و لجستیک برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی و سبز شدن گندم (*Triticum aestivum* L.) استفاده کردند. سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2006) از مدل‌های بتا، دو تکه‌ای و دندان مانند برای مدل سازی سبز شدن گیاه نخود (*L. Cicer arietinum*) در دماها و عمق‌های متفاوت استفاده کردند و مدل دندان مانند را به عنوان مدل برتر در پیش‌بینی سبز شدن این گیاه معرفی کردند.

هدف از این تحقیق بررسی کارایی مدل‌های رگرسیونی دو تکه‌ای و دندان مانند در پیش‌بینی سرعت جوانه‌زنی هویج و سه گونه علف هرز غالب آن و تعیین دماهای کاردینال آنها بود.

مواد و روش‌ها

واکنش جوانه‌زنی بذر هویج رقم نانتس سامسون و سه گونه علف هرز گندمک (*Stellaria media* (L.) Vill.)، اسب و اش (*Setaria glauca* (L.) P. Beauv.) و پیر بهار (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.) به دماهای ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد در ژرمیناتور مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار انجام شد. برای هر تکرار ۲۵ عدد بذر انتخاب شدند که پس از ضد عفونی با هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۶۰ ثانیه درون پتری دیش‌هایی با قطر ۹ سانتی متر حاوی کاغذ صافی واتمن قرار گرفتند و با آب مقطر مرطوب شدند. پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور با تناوب نوری ۱۲ ساعت روز و ۱۲ ساعت شب و رطوبت نسبی ۶۰ درصد قرار گرفتند (Nandula *et al.*, 2006). جهت حفظ رطوبت و تبادل حرارتی مناسب کاغذ صافی پتری‌دیش‌ها در طی آزمایش مرطوب نگه داشته شد. شمارش بذور جوانه زده پس از گذشت ۲۴ ساعت از شروع آزمایش هر روز انجام شد تا زمانی که تعداد جمعی بذور جوانه زده به یک حد ثابت رسید. مبنای

(جدول ۱). این نتایج با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (Nerson, 2007; Page et al., 2006).

بیشینه جوانه‌زنی در هویج و گندمک در ۲۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد در حالیکه بیشینه جوانه‌زنی اسب‌واش و پیر بهار به ترتیب در ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (جدول ۲). در هر ۴ گونه مورد مطالعه در دماهای پایین با افزایش دما درصد جوانه‌زنی افزایش یافته اما در دماهای بالا کاهش یافته به گونه‌ای که در هویج در ۴۰ درجه سانتی‌گراد و در سه گونه علف هرز گندمک، اسب‌واش و پیر بهار در ۴۵ درجه سانتی‌گراد متوقف شد (جدول ۲). گزارشات متعددی حاکی از اثر افزایشی درجه حرارت تا نقطه‌ای خاص بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور می‌باشد (Tabrizi et al., 2004; Bannayan et al., 2006). همچنین بیان شده است که انعقاد پروتئین و اختلال در کار غشاها از جمله عواملی هستند که باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی بذرها در دماهای بالاتر از دمای بهینه می‌شوند (Balbaki et al., 1999). تیگرسون و همکاران (Thygerson et al., 2002) نیز کاهش کارایی متابولیکی بذرها را از دیگر عوامل کاهش سرعت جوانه‌زنی در دماهای بالاتر از دمای بهینه گزارش کردند.

T_c : دمای بیشینه جوانه‌زنی است. تعیین گردیدند (Phartyal et al., 1991; Kocabas et al., 1999 Summerfield). در تمامی معادلات ذکر شده f : سرعت جوانه‌زنی، T_0 ، T_m و T_b به ترتیب دماهای پایه، بهینه و بیشینه و در نظر گرفته شدند. برای اعتبار سنجی مدل از تحلیل نمودار باقیمانده^۱ و ضریب تبیین^۲ (معادله ۷) استفاده شد.

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{\sum(O_i - P_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2} \quad \text{معادله (۷)}$$

که در این معادله O_i و P_i به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده و \bar{O} میانگین مشاهدات می‌باشد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 آنالیز و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال ۵ درصد و برای برازش مدل‌ها از نرم‌افزار Sigmaplot ver 11 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی هویج، گندمک، اسب‌واش و پیر بهار در سطح یک درصد تحت تاثیر دما قرار گرفتند

جدول ۱- میانگین مربعات درصد و سرعت جوانه‌زنی

Table 1-Mean squares of germination percentage and germination rate of

منابع تغییرات S.O.V	df آزادی درجه	میانگین مربعات							
		Germination percentage درصد جوانه‌زنی				Germination rate سرعت جوانه‌زنی			
		هویج Carrot	گندمک Common chickweed	اسب‌واش Yellow foxtail	پیر بهار Canada fleabane	هویج Carrot	گندمک Common chickweed	اسب‌واش Yellow foxtail	پیر بهار Canada fleabane
دما Temperature	9	5739.98**	4565.55**	2784.08**	2691.01**	0.00004473**	2.4631567E-7**	3.3706118E-7**	3.3300794E-7**
خطا Error	30	8.01	12.32	12.40	17.17	0.00000122	6.345833E-11**	8.464839E-11	1.007988E-10
ضریب تغییرات C.V	-	6.95	11.26	15.29	16.01	20.06	2.91	3.61	3.88

¹ Residuals Graph

² R² adjusted

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی هویج، گندمک، اسب‌واش و پیر بهار

Table 2 – Mean comparison of germination percentage of carrot, common chickweed, yellow foxtail and canada fleabane

دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage			
	هویج	گندمک	اسب‌واش	پیر بهار
	Carrot	Common chickweed	Yellow foxtail	Canada fleabane
2	14.5	3.75	2.75	1.25
5	24.5	19.5	7.5	5.5
10	38.0	66.25	18.0	20.0
15	70.0	78.25	12.75	14.75
20	98.00	74.25	55.0	22.25
25	69.75	59.25	64.50	62.0
30	88.50	7.5	61.50	66.50
35	3.75	2.0	6.75	57.0
40	0	1.0	1.5	9.5
45	0	0	0	0
FLSD	4.08	5.06	5.08	5.98

در مدل‌های دو تکه‌ای تغییرات سرعت نسبی نمو به طور جداگانه برای دماهای کمتر و بیشتر از دمای بهینه ترسیم می‌شود. دمای بهینه از محل تقاطع دو خط رگرسیونی محاسبه شده و دمای پایه و بیشینه به ترتیب عرض از مبداء خط رگرسیونی در دماهای کمتر و بیشتر از دمای بهینه می‌باشند (Phartyal *et al.*, 2003). با توجه به جدول ۳ دمای پایه، بهینه و بیشینه برآورد شده توسط مدل دو تکه‌ای برای جوانه‌زنی هویج به ترتیب ۱/۶۷، ۲۲/۸۴ و ۴۳/۱۶ درجه سانتی‌گراد بود. واکنش سرعت جوانه‌زنی اکثر گیاهان به دما را می‌توان با استفاده از مدل دندان مانند نیز توصیف کرد (Soltani *et al.*, 2006). بر اساس این مدل سرعت نسبی نمو در یک دما و کمتر از آن صفر می‌باشد. با افزایش دما از این مقدار سرعت نسبی نمو افزایش می‌یابد و در دمای بهینه زیرین به بیشینه می‌رسد. با افزایش بیشتر دما تا رسیدن به دمای بهینه زیرین سرعت نسبی نمو ثابت است. افزایش دما در فراتر از این حد مجدداً باعث کاهش سرعت نسبی نمو می‌گردد و سرانجام در دمای بیشینه سرعت نسبی نمو مجدداً به صفر می‌رسد و در دماهای بالاتر نیز صفر خواهد بود (Soltani *et al.*, 2006).

انتخاب مدل مناسب برای کمی‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما، در تعیین دقیق دماهای کاردینال بسیار مهم است. برای پیش‌بینی دقیق فنولوژی گیاه به مدل‌های ریاضی برای توصیف سرعت نمو در پاسخ به دما نیاز است (Jame and Cutforth, 2004). مدل‌های غیرخطی بسیاری برای توصیف سرعت نمو گیاه در برابر دما از جمله توصیف جوانه‌زنی پیشنهاد شده است (Garcia-huidobro *et al.*, 1982). در این تحقیق برای کمی‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما از مدل‌های دو تکه‌ای و دندان مانند استفاده گردید. مقادیر معیارهای مورد نظر برای مقایسه مدل‌های مختلف به منظور انتخاب مدل برتر برای توصیف سرعت جوانه‌زنی بدور مختلف نسبت به دما در جدول ۳ ارائه شده‌اند. با توجه به این معیارها به منظور توصیف سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما از مدل برتر برای هر گیاه جهت تعیین دمای کاردینال جوانه‌زنی استفاده گردید. بهترین مدل بخش بزرگتری از تغییرات را توجیه کرده و جذر میانگین مربعات خطا کوچکتری دارد (Yousefi-Daz *et al.*, 2006; Ajam Norouzi *et al.*, 2007).

سانتی گراد بهترین مدل برای تخمین دماهای کاردینال است (Hardegree, 2006). کازرونی منفرد و همکاران (monfared et al., 2012 Kazeruni) از مدل دو تکه‌ای برای تخمین دماهای کاردینال تاج‌ریزی (*Solanum nigrum*) استفاده کردند. مک کورمیک و همکاران (McCormick et al., 2014) دمای پایه، بهینه و بیشینه هویج رقم هیبرید ۳۱ را به ترتیب ۰/۱، ۳۰/۹ و ۴۰/۹ درجه سانتی گراد اعلام کردند که با نتایج به دست آمده در این تحقیق متفاوت است. این تفاوت احتمالا به دلیل تفاوت در ارقام هویج است.

چنانچه دماهای بهینه زیرین و زبرین به هم خیلی نزدیک یا برابر باشند تابع دندان مانند به صورت دو تکه‌ای در می‌آید. مدل دندان مانند دماهای ۱/۴۶، ۲۴/۵۳-۲۰/۳۰ و ۴۲/۹۵ را دماهای پایه، بهینه (فوقانی-تحتانی) و بیشینه جوانه‌زنی هویج برآورد کرد. مقایسه دو مدل با توجه به جذر میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین نشان داد که مدل دو تکه‌ای برازش بهتری به داده‌ها داشته و مدل برتر در پیش‌بینی دماهای کاردینال جوانه‌زنی هویج بود (جدول ۳ و شکل‌های ۱ و ۲). گزارش شده مدل دو تکه‌ای برای علف‌های هرز باریک برگ در دمای ۳ تا ۳۸ درجه

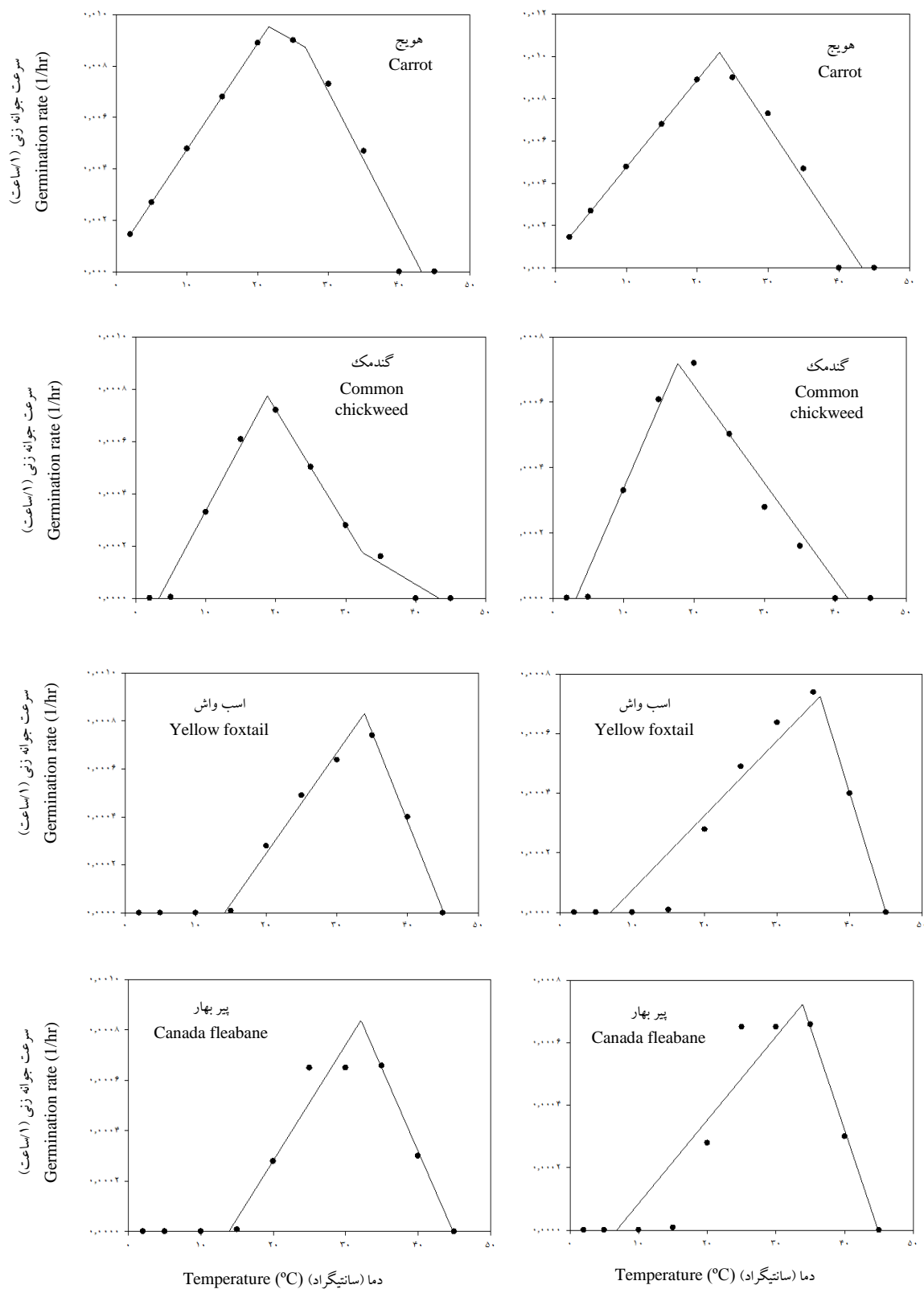
جدول ۳- دماهای کاردینال جوانه‌زنی هویج، گندمک، اسب‌واش و پیر بهار بر اساس دو مدل رگرسیون غیر خطی

Table3- Cardinal Temperature of carrot, Common chickweed, yellow foxtail and Canada fleabane based on two non-linear regression models

دما سانتی گراد Temperature	مدل خطوط متقاطع Intersected-line Model				مدل دندان مانند Dent-like Model			
	هویج Carrot	گندمک Common chickweed	اسب‌واش Yellow foxtail	پیر بهار Canada fleabane	هویج Carrot	گندمک Common chickweed	اسب‌واش Yellow foxtail	پیر بهار Canada fleabane
پایه Base	1.67	3.27	6.97	6.98	1.46	3.58	14.17	13.74
بهینه Optimum	22.84	17.66	35.75	33.42	-	-	-	-
بهینه فوقانی Upper Optimum	-	-	-	-	20.30	18.82	33.75	31.73
بهینه تحتانی Lower Optimum	-	-	-	-	24.53	19.67	34.92	31.94
بیشینه Maximum	43.16	41.68	44.85	44.43	42.95	42.75	44.85	44.21
ضریب تبیین R ² adjusted	0.94	0.92	0.86	0.80	0.91	0.94	0.98	0.91
جذر میانگین مربعات خطا RMSE	0.0008	0.00007	0.0001	0.0001	0.0009	0.00006	0.00003	0.00008

۱۹/۶۷-۱۸/۸۲، ۴۲/۷۵ درجه سانتی گراد توسط مدل دندان مانند پیش‌بینی شدند (جدول ۳ و شکل ۱).

دماهای پایه، بهینه و بیشینه در گندمک توسط مدل دو تکه‌ای ۳/۲۷، ۱۷/۶۶ و ۴۱/۶۸ درجه سانتی گراد برآورد شد در حالی که این دماها به ترتیب ۳/۵۸،



شکل ۱- تاثیر دماهای مختلف بر سرعت جوانه‌زنی هویج، گندمک، اسب واش و بیر بهار بر اساس برآزش دو مدل دو تکه‌ای (راست) و دندان مانند (چپ)

Figure 1- Predicted (lines) germination rate of in carrot, common chickweed, yellow foxtail and canada fleabane at different constant temperatures using by Intersected-line (right) and Dent-like (left) models

پیش بینی نمود. در بین مدل‌های رگرسیون غیر خطی مدل دو تکه‌ای در هویج و مدل دندان مانند در گندمک، اسب‌واش و پیر بهار به خوبی سرعت جوانه‌زنی گونه‌ها را نسبت به دما توصیف نمودند و با توجه به کمترین جذر میانگین مربعات خطاء و بیشترین ضریب تبیین بهترین برازش را برای جوانه‌زنی و سبز شدن بذور مورد بررسی نشان دادند. بنابراین از این مدل‌ها و پارامترهای برآورد شده از آنها می‌توان در پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی استفاده کرد. رایج‌ترین مدل‌های مورد استفاده در توصیف پاسخ دمایی جوانه‌زنی بر مفاهیم دماهای کاردینال مبتنی هستند. این دماها از پارامترهای مهم مدل‌های پویایی علف‌های هرز هستند و می‌توانند برای پیش‌بینی اثرات طولانی مدت روش‌های مدیریتی بر پویایی جمعیت علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرند. کارایی روش‌های مدیریت علف‌های هرز تحت تاثیر زمان جوانه‌زنی علف‌های هرز قرار می‌گیرد، بنابراین اطلاع از نیازهای جوانه‌زنی می‌تواند در طراحی روش‌های مدیریت علف‌های هرز مفید واقع شود. از آنجاییکه دو علف هرز اسب‌واش و پیر بهار دارای دماهای کاردینال نزدیک به هم بودند بنابراین زمان جوانه‌زنی آنها شبیه به هم بوده و دیرتر از گندمک شروع به جوانه‌زنی می‌کنند. هویج در رقابت با علف‌های بسیار ضعیف است و علف‌کش‌های کمی جهت کنترل علف‌های هرز در آن ثبت شده است. بررسی دماهای کاردینال نشان داد که هویج به علت پایین‌تر بودن دمای پایه نسبت به سه گونه علف هرز مورد بررسی می‌تواند زودتر جوانه زند بنابراین کشت زودتر به آن امکان استقرار زودتر را داده و بهتر می‌تواند با علف‌های هرز رقابت کند.

با توجه به اینکه در مدل دندان مانند نسبت به مدل خطوط متقاطع، ضریب تبیین بالاتر و جذر میانگین مربعات خطاء پایین‌تر بود، بنابراین به عنوان مدل برتر در پیش‌بینی جوانه‌زنی گندمک انتخاب شد. در اسب‌واش ۶/۹۷، ۳۵/۷۵ و ۴۴/۸۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب دماهای پایه، بهینه و بیشینه برآورد شده توسط مدل دندان مانند بودند. ضریب تبیین توسط این مدل ۰/۸۶ و جذر میانگین مربعات خطاء ۰/۰۰۰۱ بود (جدول ۳). این درحالیست که مدل دندان مانند دماهای ۱۴/۱۷، ۳۳/۷۵-۳۴/۹۲، ۴۴/۸۶ را برای پایه، بهینه و بیشینه پیش‌بینی کرد.

با توجه به اینکه ضریب تبیین این مدل ۰/۹۸ و جذر میانگین مربعات خطاء ۰/۰۰۰۰۳ بود این مدل برازش بهتری به داده‌ها داشت (جدول ۳ و شکل ۲). برخی محققان مدل‌های دندان مانند را برای پیش‌بینی جوانه‌زنی از مگک (*Cardaria draba* L.)، جودره (*Hordeum spontaneum* Koch.) و جو موشی (*H. murinum* L.) مناسب دانسته‌اند (Hoseini et al., 2012). دماهای پایه، بهینه و بیشینه برآورد شده در پیر بهار توسط مدل دو تکه‌ای ۶/۹۸، ۳۳/۴۲ و ۴۴/۴۳ درجه سانتی‌گراد و توسط مدل دندان مانند ۱۳/۷۴، ۳۱/۹۴-۳۱/۷۳، ۴۴/۲۱ درجه سانتی‌گراد بودند (جدول ۳ و شکل ۱). شبیه به گندمک و اسب‌واش مدل دندان مانند مدل بهتری در پیش‌بینی دماهای کاردینال این علف هرز بود (جدول ۳). این نتایج نشان دهنده تفاوت در قابلیت پیش‌بینی جوانه‌زنی و سبز شدن توسط مدل‌ها در گیاهان متفاوت است.

نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیر خطی می‌توان جوانه‌زنی و سبز شدن را

Reference

Ajam Norouzi, H., A. Soltani., E. Majidi, and M. Homaei. 2007. Modeling response of emergence to temperature in faba bean under field condition. JASNR. 14: 100-111. (In Persian With English Abstract)

منابع

- Akram-Ghaderi, F. 2008.** The study of seed quality development, germination, longevity and deterioration in some medicinal plants: medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo. Convar.var. styriaca*), cumin blank (*Nigella sativa* L.) and borago (*Borago officinalis* L.). Ph.D. Thesis. Univ. Gorgan. Agric. Sci. Nat. Res. (In Persian With English Abstract)
- Balbaki, R. Z., R.A. Zurayk., M.M. Blelk, and S.N. Tahouk. 1999.** Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. *Seed Sci. Technol.* 27: 291-302.
- Bannayan, M., F. Nadjafi., M. Rastgoo, and L. Tabrizi. 2006.** Germination properties of some wild medicinal plants from Iran. *J. Seed Technol.* 28: 80-86.
- Bellinder, R.R., J.J. Kirkwyland, and R.W. Wallace. 1997.** Carrot (*Daucus carota*) and weed response to linuron and metribuzin applied at different crop stages. *Weed Technol.* 11: 235-240.
- Bell, C. E., B.E. Boutwell., E.J. Ogbuchiekwe, and M.E.Jr. Mcgiffen. 2000.** Weed control in carrots: the efficacy and economic value of linuron. *Hort Sci.* 35: 1089-1091.
- Garcia-huidobro, J., J. L. Monteith, and Squire, G.R. 1982.** Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum thyphoides* S. and H.) I. Constant temperature. *J. Experi. Bot.* 33: 288-296.
- Hardegree, S., 2006.** Predicting germination response to temperature. I. Cardinal temperature models and subpopulationspecific regression. *Ann. Bot.* 97: 1115- 1125.
- Hoseini M., M. Mojab, and Gh. Zamani. (eds) 2012.** Proc. Iranian Weed Science Congress, 4th, Ahvaz, Iran. 6-7 Feb. Evaluation wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.) barley grass (*H.murinum* L.) and hoary cress (*Cardaria draba* L.) germination in different temperatures.
- Jame, Y. W., and H.W. Cutforth. 2004.** Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. *Agr Forest Meteor.* 124: 207-218.
- Jeffrey, D.W., C.M. Timothy, and T.R. John. 1987.** Solution volume and seed number: Often overlooked factors in allelopathic bioassays. *J. Chem. Eco.* 13: 1424-1426.
- Kamkar, B., M. Ahmadi., A. Soltani, and E. Zeinali. 2008.** Evaluating non-linear regression models to describe response of wheat emergence rate to temperature. *Seed Sci. Technol.* 2: 53-57.
- Kamkar, B., M. Jami Al-Ahmadi, and A. Mahdavi-Damghani. 2011.** Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds germinate using non-linear regression models. *India Crop Prod.* 35: 192-198.
- Kazeruni monfared, A., P. Rezvani Moghadam., M. Nasiri Mahalati, and S. Tokasi. 2012.** Proc. Iranian Weed Science Congress, 4th, Ahvaz, Iran. 6-7 Feb. Investigation on the cardinal temperatures for germination of *Solanum nigrum*.
- Kocabas, Z., J. Craigon, and S.N. Azam Ali. 1999.** The germination response of bambara groundnut (*Vigna subterranean (L)Verdo*) to temperature. *Seed Sci. Technol.* 27: 87-99.
- Litterick, A. 1999.** Weed Strategies. *Grower*, April 1 1999. 131 (13), pp 20.
- Peacock, L. 1991.** Effect on weed growth of short-term cover over organically grown carrots. *Bio. Agri. Horticult.* 7: 271-279.
- Mabey, R. 1997.** *Flora Britannica*. London: Chatto and Windus.
- Rose, F., and C. O'Reilly. 2006. *The wild flower key*. London: Fredick Warne.
- Maguire J.D. 1962.** Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- Martin, S.G, R.C. Van Acker, and L.F. Friesen. 2001.** Critical period of weed control in spring canola. *Weed Sci.* 49:326-333.
- McCormick, J.I., Goodger R.A. and R.J. Chynoweth. 2014.** Cardinal temperatures and vernalisation requirements for a selection of vegetables for seed production. *Agro. New Zealand.* 44: 71-83.
- Nandula, V. K., T. W. Eubank., D. H. Poston., C. H. Koger, and N. Krishna Reddy. 2006.** Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Sci.* 54: 898-902.
- Nerson, H., 2007.** Seed production and germinability of cucurbit crops. *Seed Sci. Biotech.* 1: 1-10.

- Page, E.R., R.S. Gallagher., A.R. Kemanian., H. Zhang and E.P. Fuerst. 2006.** Modeling site-specific wild oat (*Avena fatua*) emergence across a variable landscape. *Weed Sci.* 54: 838-846.
- Phartyal, S.S., R.C. Thapial., J.S., Nayal., M.M.S. Rawat, and G. Joshi. 2003.** The influence of temperatures on seed germination rate in Himalaya elm (*Ulmus wallichiana*). *Seed Sci. Technol.* 25: 419-426.
- Shafii, B., and W.J. Price. 2001.** Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. *J. Agri. Bio. Envi. Stat.* 6: 356-366.
- Soltani, A., M.J. Robertson., B. Torabi., M. Yousefi-Daz, and R. Sarparast. 2006.** Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agr Forest Meteor.* 138: 156-167.
- Stall, W.M and J.A. Dusky. 2000.** Weed control in carrots and parsley. www.edis.ifas.ufl.edu.
- Steinmaus, S.J., T.S. Prather, and J.S. Holt, 2000.** Estimation of base temperature for nine weeds species. *J. Exp. Bot.* 51: 275-286.
- Sulaeman, A., L. Keeler., S.L. Taylor., D.W. Giraud, and J.A. Driskell. 2001.** Carotenoid content, physicochemical and sensory qualities of deep-fried carrot chips as affected by dehydration/rehydration, antioxidant and fermentation. *J. Agri. Food Chem.* 49: 3253-3261.
- Summerfield, R. J., R.H. Roberts., R.M. Ellis, and R. J. Lawan. 1991.** Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. the development of simple model for fluctuating field environment. *Experimental Agri.* 27: 11-31.
- Tabrizi, L., M. Nasiri Mahallati, and A. Koocheki. 2004.** Investigation on the cardinal temperature for germination on *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. *IJFCS.* 2: 143-150.
- Teofilo, T.M., F.C. Freitas., M.Z. Negreiros., W.A.R. Lopes, and S.S. Vieira. 2009.** Growth of carrot cultivars conditions Mossoró-RN. *Rev Caatinga.* 22: 168-174.
- Thygeron, T., J.M. Harris., B.N. Smith., L.D. Hansen., R.L. Pendleton, and D.T. Booth. 2002.** Metabolic response to temperature for six populations of winter fat (*Eurotia lanata*). *Thermochim Acta.* 394: 211-217.
- Van Heemst, H.D.J. 1985.** The influence of weed competition on crop yield. *Agric. Syst.* 18: 81-93.
- Vieira, J. V., H.B.S.V. Pessoa, and N. Makishima. 1997.** Cultivo da cenoura (*Daucus carota* L.). Brasília: Embrapa Hortaliças, 13.
- Yousefi-Daz, M., A. Soltani., F. ghaderi-far and R. Sarparast. 2006.** Evaluation of non-linear regression models to describe response of emergence rate to temperature in chickpea. *Agri. Sci. Technol.* 20: 93-102.
- Zeinali, E., A. Soltani., S. Galeshi, and S.J. Sadati. 2010.** Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *J. Plant Prod.* 3: 23-42.