آفات و بیماریهای گیاهی جلد ۷۶، شماره ۱، شهریور ۱۳۸۷

> مقایسه مدلهای غیرخطی برای پیش بینی نرخ رشد و نمو مراحل مختلف رشدی* زنبور پارازیتوئید Habrobracon hebetor (Hym.: Braconidae) Comparison of non-linear models for predicting developmental rate of

different life stages of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae)

مریم فروزان'، احد صحراگرد' و مسعود امیرمعافی'** ۱- گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان ۲- موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران (تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۸۳، تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۸۶)

چکیدہ

رابط بین دما و نرخ رشد و نمو مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتویید Habrobracon hebetor (Hym.: Braconidae) در ده دما از ۲۱ تا ۳۸ درجه سانتی گراد مورد مطالعه قرار گرفت. طول دوره رشدی مراحل مختلف زنبور پارازیتویید در دماهای متغیر بدست آمد. هفت مدل غیر خطی مربوط به اثر دما روی نرخ رشد و نمو حشره با داده ها انطباق داده شد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که مدل های Logan 1 و Stinner (بر اساس ۲²) به خروبی با داده های مراحل مختلف رشدی طرق با داده دارند. در این بررسی روابط مربوط به هر یک از مدل های فوق برای کلیه مراحل رشدی پارازیتویید نیز ارایه شده است.

واژههای کلیدی: Braconidae ،Habrobracon hebetor، دما، مدل های غیر خطی

^{*}این مقاله بر اساس نتایج پایان نامه دوره کارشناسی ارشد نگارنده اول ارایه گردیده است.

^{**} Corresponding author: sahragard@guilan.ac.ir

مقدمه

زنبور پارازیتویید، Habrobracon hebetor Say پارازیتویید خارجی، Idiobion و اجتماعی لارو تعداد زیادی از پروانه ها است (Quicke & Van Achterberg, 1990). این زنبور پارازیتویید، از ایران برای اولین بار، توسط (Farahbakhsh (1961) Farahbakhsh از ورامین جمع آوری و گزارش شده است. استفاده از زنبور پارازیتویید *H. hebetor* به عنوان عامل کنترل بیولوژیک جهت کنترل لارو . ۲۳۳۰ در ایران از سال ۲۳۷٤ با تولید ۲۵۰۰۰۰ زنبور و رهاسازی آنها در سطح ۲۳۳۰ هکتار از مزارع کشور آغاز گردید. در طی ۹ سال، میزان تولید این زنبور پارازیتویید به ۱۵۷۲۰۰۰۰ عدد رسید و سطح زیر پوشش کنترل بیولژیک در طی این مدت حدود ۲ برابر شد که علیه لارو آفات مهم گیاهان زراعی مانند پنبه، ذرت، گوجه فرنگی، سویا و نخود بکار میرود (Anonymous, 2004).

بسیاری از فرایندهای اکولوژیک تحت تأثیر اقلیم و به ویژه دما میباشند. لذا بدلیل اینکه وقوع پدیدهها در فصول مختلف سال و در مکانهای مختلف متفاوت است، بنظر میرسد مطالعه اثر متقابل بین محیط (به ویژه دما) و رشد حشرات جزء مهم مطالعات اکولوژیک باشد (Cammell & Way, 1987).

اولین بار ۲۵۰ سال قبل Reumore نقش دما را روی رشد و نمو لاروهای یک نوع پروانه مورد بررسی قرار داد (Higley *et al.*, 1986)، از آن تاریخ تا کنون در مورد اثر دما روی توزیع (Mesenger, 1959)، دیاپوز (Wagner & Villavaso, 1999)، باروری و دیگر ویژگیهای بیولوژیک حشرات آفت (Aliniazee, 1976, Internet *et al.*, 1997; Dreyer *et al.*, 1997) و دشمنان طبیعی آفات (, الموری و دیگر ویژگیهای بیولوژیک مشرات آفت (Aliniazee, 1976) و دشمنان طبیعی آفات (, ایم صد سال گذشته (1997) مقالات متعددی منتشر شده است. پیش بینی نرخ رشد حشرات در طی صد سال گذشته در حشرهشناسی کاربردی، مورد توجه زیادی قرار گرفته و در این مدت توابع ریاضی متعددی برای توصیف نرخ رشد، به عنوان تابعی از دما پیشنهاد شده است، که قدیمی ترین آنها روش روز – درجه (Degree-Day) میباشد (1978). این روش را گاهی روش تخمین خطی رشد نیز بیان میدارند. اگر چه رابطه بین دما و رشد در دمای نزدیک به حداقل و حداکثر غیرخطی است، اما چون بیشترین مقدار رشد در بخش خطی منحنی رخ می دهد و به دلیل اینکه بسیاری از حشرات بندرت در دماهای بسیار بالا یا پایین قرار می گیرند، مقایسه مدلهای غیرخطی برای پیشربینی نرخ رشد و نمو مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید H. hebetor

بنابراین مدلهای روز – درجه کارایی مناسبی دارند (Young & Young, 1998; Worner, 1992). در حال حاضر مدلهای روز – درجه به عنوان جزئی مهم در مدیریت تلفیقی آفات می باشند (Higley *et al.*, 1986). اطلاعات در این زمینه برای زنبور H. hebetor منحصر به مطالعه (1987) Adashkevich & Saidova می باشد. این محققان آستانه دمای پایین و بالا را به ترتیب ۱۸۲۷ و ۸/۷۲ درجه سانتی گراد و مجموع دمای مؤثر برای رشد و نمو از تخم تا حشره کامل را

در این پژوهش تأثیر دماهای مختلف روی مراحل رشدی زنبور پارازیتویید H. hebetor و برازش آنها با مدلهای غیرخطی مورد مطالعه قرار گرفته است.

روش بررسی

تأثیر دما بر طول دوره رشدی مراحل نابالغ: در این بررسی دماهای ۱۲، ۱۸، ۲۰، ۲۳، روشنایی ۱۲ و تاریکی ۸ ساعت اعمال شد. در این آزمایش از کلنی پرورش یافته زنبور پارازیتویید ۲۰ اوی ۲ روی لاروهای سن آخر Galleria melonella استفاده شد که به عنوان میزبان از کلنی موجود در مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور تهیه شده بود (& Mohaghegh استفاده شد که به عنوان میزبان از کلنی موجود در مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور تهیه شده بود (& Mohaghegh میزبان از کلنی موجود در مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور تهیه شده بود (& Mohaghegh بران از نسل هفتم ۲۶ که روی لارو میزبان گذاشته شده بود، بصورت تصادفی انتخاب و برای سهولت بررسی، هر لارو میزبان که حامل تخم زنبور پارازیتویید بود، بصورت انفرادی در داخل ظرف پتری به قطر ۵ سانتی متر که کف آن توسط دستمال کاغذی پوشانده شده بود، قرار به آن اشاره شد، به انکوباتور منتقل شد. در مرحله تخم هر ٤ ساعت یکبار و در مرحله رشدی به آن اشاره شد، به انکوباتور منتقل شد. در مرحله تخم هر ٤ ساعت یکبار و در مرحله رشدی به آن اشاره شد، به انکوباتور منتقل شد. در مرحله تخم هر ٤ ساعت یکبار و در مرحله رشدی به مارش و در جداول مربوطه به ۲ دسته مساوی تقسیم و در شرایطی که در بالا برو و شفیره هر ۲۶ ساعت یکبار، ظروف پتری بازدید و تعداد و مرحله رشدی مشاهده شده، شمارش و در جداول مربوطه به گرون میزدی از در بخش تحقیقات سن گندم، شمارش و در جداول مربوطه به گرون بازدید و تعداد و مرحله رشدی مشاهده شده،

دادههای مربوط به نرخ رشد، با هفت مدل غیرخطی به شرح زیر برازش داده شد:

است. در این $r_{(T)} = \Psi e^{(\rho(T-T_{\min}))}$ معادله، تصورت معادله، Exponential مدل نمایی Exponential معادله، $r_{(T)}$ نرخ رشد، T دما و ρ, Ψ پارامترهای مدل می باشند و T_{\min} کمترین دمای مورد آزمایش است.

ج مدل تغییر داده شده است و Exponential T_b برای آستانه دمای پائین، تغییر داده شده است و $r_b - \mathbf{r}$ بصورت معادله $r_{(T)} = e^{(\rho(T-T_b))} - 1$ دما و r_{c} بصورت معادله این مدل هستند.

ارایه شده است. این مدل رابطه Logan *et al.* (1979) این مدل توسط Logan *et al.* (1979) ارایه شده است. این مدل رابطه $r_{(T)} = \Psi \left\{ e^{(\rho(T-T_b))} - e^{-((T-T_b)/\Delta T)} \right\}$ بیان معادله رشد و دما را با استفاده از معادله، $T_{(T)} = \Gamma_{(T)} + e^{-(T_b/\Delta T)}$ ، پارامترهای این مدل می نماید. در این معادله $r_{(T)}$ نرخ رشد، T دما و $\Delta T, T_b, \rho, \Psi$ ، پارامترهای این مدل می باشند.

۴- مدل Stinner et al. (1974) این مدل توسط Stinner et al. (1974). بر اساس مدل سیگموییدی پیشنهاد شده است. این مدل رابطه بین نرخ رشد و دما را با یک زوج معادله به شرح:

$$\begin{split} r_{(T)} &= \frac{C}{(1+e^{(k_1+k_2(2T_{opt}-T))})} \quad (T_{opt}\langle T \rangle \quad e^{-T} = \frac{C}{(1+e^{(k_1+k_2.T)})} \quad (T_{opt}\rangle T) \\ \text{if } T_{opt} \langle T \rangle \quad e^{-T} \quad e^$$

لمستقل (که نشان دهنده بخشهای صعودی و نزولی منحنی رابطه نرخ رشد و دما هستند)، مستقل (که نشان دهنده بخشهای صعودی و نزولی منحنی رابطه نرخ رشد و دما هستند)، ارایه شده است. نرخ رشد بر اساس معادله $\left(T_{(T)}^{(T)} = \Psi(e^{\rho T} - e^{(\rho T_{\max}(T_{\max}^{(T)} - T/\Delta T)})\right)$ بیان می گردد. در این معادله $T_{(T)}$ نرخ رشد، T دما و $\Psi, \gamma, \gamma, m_{\max}, \rho, \Psi$ پارامترهای مدل هستند. می گردد. در این معادله از $T_{(T)}$ نرخ رشد، T دما و $\Psi, \gamma, \gamma, \eta$ پارامترهای مدل هستند. م. مدل Eugan 2 با اندکی تغییرات بر اساس مدل م. ارایه شده است، که رابطه نرخ رشد و دما بصورت: $r_{(T)} = x[(1 + ke^{-\rho T})^{-1}e^{-((T_{\max}^{(T)} - T)/\Delta T)}]$ بیان شده است. در این معادله $T_{(T)}$ نرخ رشد و T دما بود و این معادله دارای ۵ پارامتر است که عبارتند از: $\Delta T, T_{\max}, P, K, x$

				Developm	ental sta	مراحل رشدی sig				
		نخم (Eggs)		لارو (Larva)		شفيره (Pupa)	(Eg	تخم تا حشره ماه ggs to Females)	Ē	تخم تاحشره ن ggs to Males)
	تعداد (.0N	Development time(Mean±SE)	intle (.0N)	Development time(Mean±SE)	تعداد (N0)	Development time(Mean±SE)	vulle (.0N)	Development time(Mean±SE)	تعد اد (.0N)	Development time(Mean±SE)
-	1500	6.27 ± 0.124	0.0	0.00	0.00	00.0	0.00	00.0	0.00	0.00
64	2000	2.595 ± 0.076	120	11.405 ± 0.198	100	19.5 ± 0.815	30	32.667±0.33	70	33.857±1.299
_	1370	3.664±0.073	160	6.237 ± 0.128	160	17.463 ± 0.202	96	27.889 ± 0.087	70	26.667±0.029
-	1850	1.524 ± 0.37	410	6.232±0.159	380	9.454 ±0.062	140	17.429±0.291	240	17.083 ± 0.216
-	1440	1.542 ± 0.42	370	4.675 ± 0.11	290	8.369 ± 0.098	130	14.385 ± 0.14	160	14.75±0.17
0	2570	1.767 ± 0.29	1380	3.429 ± 0.032	1100	6.895±0.054	770	12.078 ± 0.096	330	12.121 ± 0.136
_	1550	1.47 ± 0.43	550	2079 ±0.039	440	6.791±0.109	069	11.000±0.17	200	11.1 ± 0.143
64	2000	0.969 ± 0.63	1170	2.549±0.076	960	5.826 ± 0.023	570	9.333±0.104	270	9.37± 0.166
-	1910	1.00 ± 0.00	850	3.012 ± 0.088	770	4.417 ± 0.063	490	8.368 ± 0.069	200	8.6 ± 0.134
0	2000	0.815 ± 0.024	930	2.815 ± 0.073	710	5.156 ± 0.028	710	8.489 ± 0.011	220	8.455 ± 0.152

مقایسه مدل های غیرخطی برای پیش بینی نرخ رشد و نمو مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید H. hebetor

Hilbert & Logan (1983) این مدل توسط (1983) ای تصحیح بخش نمایی اول مدل ۲_{ype} III -۷ ۵ و تبدیل آن به یک بخش سیگموییدی ارایه شده است که به صورت: $T_{(T)} = \Psi \left[\frac{T^2}{T^2 + D^2} - e^{-((T_{\max} - T)/\Delta T)} \right]$ است. در این معادله ($r_{(T)}$ نرخ رشد، T دما و T_{\max}, Ψ رزم. $T_{\min}, D, \Delta T, T_{\max}, \Psi$ است. کلیه محاسبات در این زمینه با استفاده از نرم افزار (Logan, 1988) PMDS)

نتيجه و بحث

در جدول ۱، طول دوره رشدی مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتویید H. hebetor و در جدول ۲ نتایج برآورد پارامترهای مدلهای غیرخطی برای هر یک از مراحل رشدی تخم، لارو، شفیره و از مرحله تخم تا حشره کامل (به تفکیک برای نر وماده) ارایه شده است. بررسیها نشان داد که دادههای کلیه مراحل مورد مطالعه بخوبی با دو مدل 1 Logan و Stinner برازش یافتهاند (بر اساس مقدار²r)، بنابراین برای هر یک از مراحل مورد نظر به بررسی هر دو مدل پرداخته می شود (البته برای مرحله رشدی لارو و تخم تا حشره کامل، مدل انطباق نیافتناد بخوبی برازش یافته، اما چون دادههای مرحله تخم و شفیرگی اصولاً با این مدل انطباق نیافتناد از شرح آن خودداری شد).

در این بررسی رابطه بین نرخ رشد تخم زنبور *H. hebetor و* دما بخوبی با معادلات غیر خطی r²=0.88) Stinner (r²=0.86) Logan 1 و r²=0.88) پرازش یافت. لذا برای مرحله رشدی تخم این پارازیتویید روابط برای هر یک از مدلها به شرح زیر است:

$\mathbf{r}_{(T)} = \frac{1.186}{(1 + e^{(5.072 - 0.217T)})}$	T _{opt} >T	Stinner 11.
$r_{(T)} = \frac{1.186}{(1 + e^{(5.072 - 0.217(66.12 - T))})}$	$T_{opt} < T$	- Sumer Out
	22.02 (T. 10)	

 $r_{(T)} = 0.39[e^{0.148(T-18)} - e^{0.148 \times 22.83 - (\frac{22.83 - (T-18)}{5.237}}]$ Logan 1 Logan 1 Logan 1

مقایسه مدلهای غیرخطی برای پیشبینی نرخ رشد و نمو مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید H. hebetor

شکل ۱ (ه و b) منحنی رشد، مرحله تخم زنبور پارازیتویید H. hebetor برازش یافته توسط مدلهای Logan 1 و Stinner را نشان میدهد. همانطور که در شکل ۱ مشخص است دادهها بخوبی با مدل برازش یافتهاند.

مرحله رشدی لارو نیز بخوبی با مدلهای Stinner (r²=0.95) و r²=0.96 (r²=0.96) برازش یافتند. رابطه رشد لارو این زنبور پارازیتویید با دما توسط مدلهای Stinner و Logan 1 به شرح زیر است:

$r_{(T)} = \frac{0.653}{(1 + e^{(4.451 - 0.152T)})}$ $r_{(T)} = \frac{0.653}{(1 + e^{(4.451 - 0.152(64.28 - T))})}$	T _{opt} >T T _{opt} <t< th=""><th>مدل Stinner</th></t<>	مدل Stinner
$r_{(T)} = 0.104[e^{0.107(T-18)} - e^{0.107 \times 18.7 - (-10)^{-1}}]$	$\frac{.8.7 - (T - 18)}{1.916}$]	مدل Logan 1

شکل ۱ (c و d) بخوبی رابطه بین نرخ رشد و دما را برای مرحله رشدی لارو برای هر یک از مدلها نشان میدهد.

برای مرحله شفیرگی نیز دادههای این مرحله رشدی با مدلهای غیرخطی برازش داده شد. نتایج انطباق مدلها، شبیه به مرحله تخم و لارو بود و برای این مرحله رشدی نیز دادهها بخوبی با مدل Stinner (r²=0.919) و مدل Logan 1 (r²=0.919) برازش یافتند و مدلهای این ارتباط به شرح زیر است:

$r_{(T)} = \frac{0.248}{(1 + e^{(4.661 - 0.179T)})}$	T _{opt} >T	Stinner (114
$r_{(T)} = \frac{0.248}{(1 + e^{(4.661 - 0.179(71.38 - T))})}$	$T_{opt} < T$	

$r_{(T)} = 0.058[e^{0.1(T-18)} - e^{0.1 \times 24.1 - (\frac{24.1}{4})}]$	$\frac{-(T-18)}{1.015}$]	مدل Logan 1
ن نرخ رشد و دما را برای مرحله رشدی شفیره برای هر	خوبی رابطه بین	شکل ۱ (e و f) ب

یک از مدلها نشان میدهد.

دادههای کل دوره رشدی، یعنی از مرحله رشدی تخم تا حشره کامل به تفکیک برای حشرات نر و ماده با مدلهای غیرخطی انطباق داده شد. نتایج این بررسی نشان داد که هر دو گروه دادهها بخوبی با مدلهای Stinner (P²=0.98) دو I Logan (P²=0.98) برازش مییابند. رابطه نرخ رشد و دما برای هر یک از مدلها به تفکیک نر و ماده به شرح زیر است:



مقایسه مدلهای غیرخطی برای پیش بینی نرخ رشد و نمو مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید H. hebetor

				· · · ·	8			r i i i i i i i i i i i i i i i i i i i			
	-	مرحله رشد (Developmental stages)									
del	parameter	Egg		Larva		Pupa		Egg to female		Egg to male	
W		value	R ² مدل	value	R ² مدل	value	R ² مدل	value	R ² مدل	value	R ² مدل
ıtial	Ψ	0.243		0.115		0.061		0.036		0.036	
Exponer	ρ	0.088	0.68	0.0797	0.62	0.072	0.74	0.071	0.80	0.069	0.79
ial T _b	T _b	8.69		10.46		10.614		10.86		10.5	
Exponent	ρ	0.029	0.86	0.014	0.79	0.0074	0.89	0.045	0.96	0.0044	0.96
Logan T _b	Ψ ρ ΔΤ Τ _b	1.98 -0.0025 24.31 13.75	0.85	0.298 0.017 9.91 15.28	0.75	0.305 0.002 22.93 14.55	0.89	0.103 0.014 14.52 14.61	0.97	0.102 0.013 13.5 14.71	0.97
Stinner	c K ₁ K ₂ T _{opt}	1.186 5.072 -0.217 33.06	0.88	0.653 4.451 -0.152 32.14	0.95	0.248 4.661 -0.179 35.69	0.92	0.141 4.404 -0.172 36.61	0.99	0.138 4.335 0.171 36.48	0.99
Logan 1	Ψ ρ T _{max} ΔT	0.39 0.148 22.83 5.237	0.86	0.104 0.107 18.7 1.926	0.96	0.058 0.1 24.098 4.015	0.92	0.048 0.12 25.38 6.005	0.98	0.036 0.095 24.6 4.187	0.98
Logan 2	α Κ ρ T _{max} ΔT	1.219 5.038 0.211 21.6 1.104	0.82	- - - -	-	- - - -	-	0.149 3.873 0.159 23.07 1.183	0.99	- - - -	-
Type III	Ψ T _{max} ΔT D T _{min}		-	1.633 28.199 0.272 43.54 7.46	0.93		-	0.261 33.156 0.854 30.16 7.283	0.99	0.327 37.91 2.228 37.47 6.088	0.99

جدول ۲- مقادیر پارامترهای مدل های غیرخطی برازش داده شده با دادههای مراحل مختلف رشدی زنبور H. hebetor در ۱۰ دمای ثابت و در ٥±٢٠ درصد رطوبت، طول دوره روشنایی ۱۲ و تاریکی ۸ ساعت و لارو سن آخر G. mellonella به عنوان میزبان. Table 2- Parameter values of different non-linear models fitted to data relevant to the different developmental stages of *H. hebetor* at different temperatures.

٥٣



مریم فروزان، احد صحراگرد و مسعود امیرمعافی

H. hebetor شکل ۱- رابطه غیر خطی بین دما و نرخ رشد مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتویید Fig. 1- Non-linear relationship between temperature and developmental rate of H. hebetor.

مقایسه مدلهای غیرخطی برای پیشربینی نرخ رشد و نمو مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید H. hebetor

مدل Stinner توسط محققین متعددی مانند (1982) .(Anderson *et al.* (1982) .(Anderson *et al.* (1980) مرد استفاده (1990) McClain *et al.* (1990) و (McClain (2000) و Amir-Maafi (2000) و (McClain *et al.* (1990) مراث (باطه بین رشد و دما مورد استفاده قرار گرفته است. با اینکه این مدل دارای ناپیوستگی است، اما قابلیت انعطاف این مدل به دلیل موصیف خوب آن از رشد و نمو می باشد (1994, 1994). در منابع به کاربردهای متعددی از مدل 1 دارای (Got *et al.*, 1994). در منابع به کاربردهای متعددی توصیف خوب آن از رشد و نمو می باشد (1994, 1994). در منابع به کاربردهای متعددی از مدل 1 موصیف خوب آن از رشد و نمو می باشد (1994, 1994). در منابع به کاربردهای متعددی از مدل 1 دارای (Got *et al.*, 1994). (Got *et al.*, 1994). در منابع به کاربردهای متعددی موصیف خوب آن از رشد و نمو می باشد (1994). (Got *et al.*, 1994). (Got *et al.*, 1998). (Got *et al.*, 1998) در منابع به کاربردهای متعددی مهم ترین مزیت مدل است (Stine *et al.*, 1991; Gray *et al.*, 1991; Arbab *et al.*, 2006; Logan *et al.*, 1991 مهم ترین مزیت مدل اموم در امحدود بودن پارامترهای آن می داند (داری ٤ پارامتر)، البته می توان پارامتر پنجم را به آن اضافه نمود، این پارامتر آستانه دما را تخمین می زند و به دلیل اینکه عموماً دماهای مورد مطالعه بالاتر از صفر درجه سانتی گراد است، بر رفتار مدل تأثیری ندارد. در این پژوهش مشخص شد که مدل های ای دوسیف می کنند و لذا مناسب ترین مدل در توصیف ندارد. در این نرخ رشد مراحل مختلف رشدی پارازیتوئید مورد مطالعه و دما به شمار می روند.

(1983) Hilbert & Logan (1983) غیرخطی در اصل واقعی تر از مدل های خطی هستند و این مدل ها می توانند رشد و نمو مراحل مختلف رشدی حشرات را در دماهای پایین و بالا بخوبی توصیف نمایند. وجود رابطه غیرخطی نرخ رشد با دما در این گونه، ویژگی بسیاری از گونه های دیگر حشرات و کنه های گیاهی است (Briere & Pracros, 1998). غیرخطی بودن رابطه بین نرخ رشد و دما این فرضیه را تأیید می کند که فرایندهای کنترل کننده رشد و نمو غیرخطی هستند (Lamb, 1992). رابطه بین نرخ رشد حشره و دما از مدت ها قبل مشخص شده و به عنوان یک متغیر مهم اکولوژیکی در مدل سازی دینامیک جمعیت حشرات نقش بازی می کند (Jarosik *et al.*, 2002).

در این بررسی مشخص شد که دامنه دمایی برای رشد و نمو H. hebetor بین ۱۸ و ۳۸ درجه سانتی گراد قرار دارد. دامنه دوره رشد و نمو آن در این محدوده دمایی از تخم تا حشره ماده از ۲۰/۰۹± ۸/۳٦۸ تا ۳۲/۰۲۲۷ روز و از تخم تا حشره نر از ۱/۱۰۲± ۸/٤٥٥ تا ۲۳۳/۸۵۷±۱/۲۹۹ روز در نوسان بود. بطور کلی با افزایش دما دوره رشدی برای هر دو جنس نر و ماده کاهش یافت. نتایج حاصله نشان داد که دماهای بالاتر (۳۵ و ۳۸ درجه سانتی گراد)

باعث کاهش نرخ رشد از روند خطی گردید. روند مشابهی نیز توسط (2006) Arbab *et al.* در مورد شته سبز سیب (DeGeer) Aphis pomi مشاهده شده است.

بر اساس یافتههای (1996) Miller مطالعاتی که در آنها نیازهای رشد و نمو وابسته به دما در جمعیت گونههای پارازیتوئید مورد مقایسه قرار می گیرد، پایگاه اطلاعاتی را به وجود خواهد آورد که پیش بینی و انتخاب عامل مناسب تر در کنترل بیولوژیک در آن امکان پذیر می شود. به هر حال، چنین پیش بینی هائی تنها روابط نرخ رشد وابسته به دما بین پارازیتوئید و میزبان را در نظر می گیرند، در حالی که سایر عوامل مانند بارآوری و قدرت میزبان یابی نیز بر کارایی پارازیتوئید تأثیرگذار هستند. دسترسی به دادههای فوق الذکر و اطلاعات مربوط به روابط وابسته به دما بین میزبان و پارازیتوئید، پیش بینی های خاصی را در ارتباط با گونهها و محل های مناسب رها سازی دشمنان طبیعی فراهم می کنند که باید وارد و آزمایش شوند. بررسی و آزمایش نهائی چنین پیش بینی هایی می تواند در اجرای برنامههای کنترل بیولوژیک از طریق اصلاح و بهبود فرایند تصمیم گیری مربوط به دستیابی و رهاسازی دشمنان طبیعی راه گشا باشد.

در مدیریت تلفیقی آفات و بویژه راهکار کنترل بیولوژیک، مطالعات بیوکلیماتیک داری اهمیت و جایگاه ویژه ای می باشند. بازبینی (Stiling (1993) نشان می دهد که ۳۵ درصد از دلایل عمومی شکست در کنترل بیولوژیک کلاسیک، در ارتباط با شرایط آب و هوا می باشد. مطالعات بیوکلیماتیک برای آفات و دشمنان طبیعی آنها در توصیف توزیع جغرافیایی آنها مؤثر بوده و محدودیتهای فیزیولوژیکی احتمالی رهاسازی آنها را در مناطق مختلف روشن می کند (Messenger, 1959, 1971). همچنین (Stiling (1993) بیان می دارد در صورتی که بین گونههای رهاسازی شده و شرایط آب و هوایی منطقه ای که در آن رهاسازی صورت گرفته، سازگاری وجود داشته باشد، احتمال موفقیت کنترل بیولوژیک و تنظیم جمعیت آفت توسط دشمن طبیعی رهاسازی شده، افزایش می یابد.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از مدیریت مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور بخاطر در اختیار گذاشتن

مقایسه مدلهای غیرخطی برای پیشبینی نرخ رشد و نمو مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید H. hebetor

امکانات این تحقیق، تشکر و قدردانی مینمایند. همچنین از تکنسینهای بخش تحقیقات سن گندم این مؤسسه آقایان علی اکبر حسنی و محمود صفری و خانم مرجان بی آبی سپاسگزاری مینمایند.

نشانی نگارندگان: مهندس مریم فروزان و دکتر احد صحراگرد، گروه گیاهپژشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، ایران؛ دکتر مسعود امیرمعافی، بخش تحقیقات سن گندم، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، صندوق پستی ۱۴۵۴، تهران ۱۹۳۹۵، ایران.