

蚜茧蜂产卵对寄主龄期的选择与其对蚜虫种群影响大小的计算机模拟研究*

刘树生

(浙江农业大学植保系, 杭州)

摘 要

利用苦苣菜蚜-苦苣菜蚜茧蜂混合种群系统模拟模型, 通过改变种群参数、初始虫量和温度条件, 探讨了蚜茧蜂产卵选择寄主龄期特性对整个种群系统行为的影响, 并比较了这一特性与蜂产卵量两者的相对重要性。结果表明, 蜂产卵对寄主龄期选择特性的改变可明显改变其对蚜虫种群增长影响的程度, 当产卵选择特性改变, 产卵量在多数情况下必须要大幅度直至成倍的增减, 才能补偿其对蚜虫种群的控制作用。不过, 当蜂产卵嗜好三龄、二龄、四龄若蚜时(这在蚜茧蜂中较普遍), 其作用和产卵无选择性时基本相似。

关键词: 蚜茧蜂, 寄主龄期, 产卵选择行为, 控制效能, 计算机模拟。

许多寄生物可产卵寄生于寄主不同龄期的个体。在这类寄主-寄生物系统中, 当寄主各种生命活动所受影响的程度随接受产卵时龄期不同而明显不同时, 寄生物产卵对寄主龄期的选择就可能是影响系统行为的一个重要因子**。

蚜虫-蚜茧蜂属于这类系统。到目前, 有关蚜茧蜂产卵对蚜虫龄期的选择、蚜虫接受产卵时的龄期与受蚜茧蜂影响大小的关系这两方面都做了深入的研究^[1-4]。但是, 利用传统的试验分析方法, 很难将这两方面的信息综合起来, 定量地探讨蚜茧蜂产卵的选择特性对整个系统行为的影响。系统分析进入生态学领域, 为这种探讨打开了方便之门。本文利用已组建好的苦苣菜蚜(*Hyperomyzus lactucae*)-苦苣菜蚜茧蜂(*Aphidius sonchi*)混合实验种群模拟模型^[5], 参照系统分析中的灵敏度分析和模拟试验方法, 在这方面做一尝试, 对深入研究蚜虫-蚜茧蜂相互关系、蚜茧蜂对蚜虫种群的控制作用均有参考价值。

一、模型与试验方法

本模型是以大量的试验数据为基础建立起来的, 并能较准确地模拟苦苣菜蚜-苦苣菜蚜茧蜂混合实验种群的动态^[5]。有关苦苣菜蚜茧蜂的产卵选择行为, 在室内做了详细观察^[6]。观察中把寄主蚜虫所有虫态的个体按相同比例混合起来供雌蜂产卵寄生, 经多次重复, 得到各龄期个体被产卵寄生的相对机率如下:

* 本文在第五届国际生态学大会上交流, 作者对王宽诚教育基金会的资助谨致谢忱。程家安先生对初稿提出修改意见, 在此致谢。

**行为学研究表明, 寄主不同龄期个体间被产卵寄生的相对机率的差异一般均是多个因子综合作用的结果, 但习惯上仍称这一现象为寄生物产卵对寄主龄期的选择(host instar preference)。

本文于1989年4月26日收到。

蚜虫龄型	一龄	二龄	三龄	四龄无翅	四龄有翅	无翅成蚜	有翅成蚜
相对机率	0.55	0.77	1.00	0.64	0.37	0.41	0.08

这表明三龄个体被选择产卵的机率最高,二、四龄个体次之,一龄及成蚜最低。然而,蚜茧蜂所产卵在各龄寄主个体中的分布均符合 Poisson 分布,表明雌蜂搜索和产卵基本上是随机的。因此,本模型假定雌蜂随机搜索进行产卵寄生。

1. 参数的改变

本试验通过人为地给定和改变蚜茧蜂的产卵选择曲线,导致寄主蚜虫不同龄期个体被寄生的相对概率及总的被寄生率发生改变,从而使蚜虫种群所受影响程度发生改变,最后比较分析不同产卵选择特性与控制潜能之间的关系。为了能更好地定量描述产卵选择特性改变的作用,又将蚜茧蜂的产卵量人为地改变,用产卵量的变幅来比较不同产卵选择曲线的效果。

四种不同的选择特性中产卵选择系数实际上代表不同龄期个体被蜂产卵寄生的相对机率(图1)。产卵量的改变是将每1个quip(即8.5日度)内的产卵量乘以一个给定的系数。

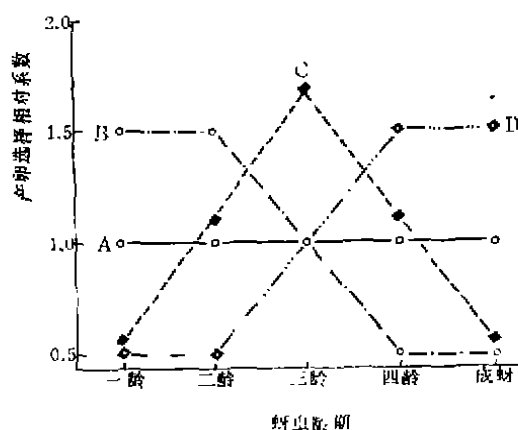


图1 蜂产卵寄生对寄主龄期选择的系数曲线(A、无选择性, B、嗜好低龄若蚜, C、嗜好中高龄若蚜, D、嗜好高龄若蚜和成蚜)
Fig.1 Index curves of ovipositional preference for host instars(A, non-preference, B, preference for young nymphal instars, C, preference for medium and old nymphal instars, and D, preference for old nymphal instars and adults)

拟中选用了15℃和20℃两个温度。

4. 系统行为的判别

模型尚只能模拟一个季节开始后500日度内蚜虫数量的变化^[5],故模拟试验也限定在这一时间范围。参数改变对系统行为的影响是多方面的,其中对蚜虫的影响最终表现为蚜虫种群密度和年龄组配的变化。通过权衡,选定有翅成蚜累计数作为参数改变对系统行为影响大小的量度。主要原因是:(1)有翅蚜的产生始终是受种群密度制约的,因此这一指标能在很大程度上综合反映种群密度的变化;(2)苦苣菜蚜主要是通过大量有翅蚜的迁飞来建立新的群体和传毒危害作物。选用这一指标对于从种群动态和生物防治的角度来探讨这一系统,是很适当的。

2. 初始虫量

考虑到蚜虫种群的密度和年龄组配、蚜茧蜂的相对密度均会影响模拟结果,共设计了6个初始虫量组合(表1)。

3. 温度条件

在野外,每一季节蚜虫数量迅速上升阶段的日平均气温大多在10—20℃之间,故模

表1 各运行组合起始虫龄结构(每株虫数)
Table 1 Initial population density and structure of each simulation run(insects per plant)

运行组合	蚜虫(无翅)					蚜茧蜂	
	一龄	二龄	三龄	四龄	成蚜	预蛹	雌
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
2	2.5	1.5	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5
3	0.5	0.5	1.0	1.5	1.5	1.0	0.5
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.25
5	2.5	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.25
6	0.5	0.5	1.0	1.5	1.5	0.5	0.25

二、模拟结果

组合2在15℃下的模拟结果表明,在相同的起始虫口密度和温度条件下,当蜂对低龄若蚜的选择系数相对较高,蚜虫被寄生率在整个季节都较高,而产生的有翅成蚜数则下降。值得注意的是,就产卵选择系数曲线的改变,相对于A来说,B和D所改变的方向相反,但幅度是一致的(图1)。这种相同幅度的变化所产生的作用强度却明显不同,即B与A之间的差异明显小于D与A之间的差异。另外,当蜂对中高龄若蚜的选择系数较高时(C),所产生的作用与没有选择性的(A)基本相似。在其它各组合的模拟结果中,蚜虫被寄生率和有翅成蚜数随时间的变动及不同产卵选择特性之间的差异与组合2基本一致(见图2)。

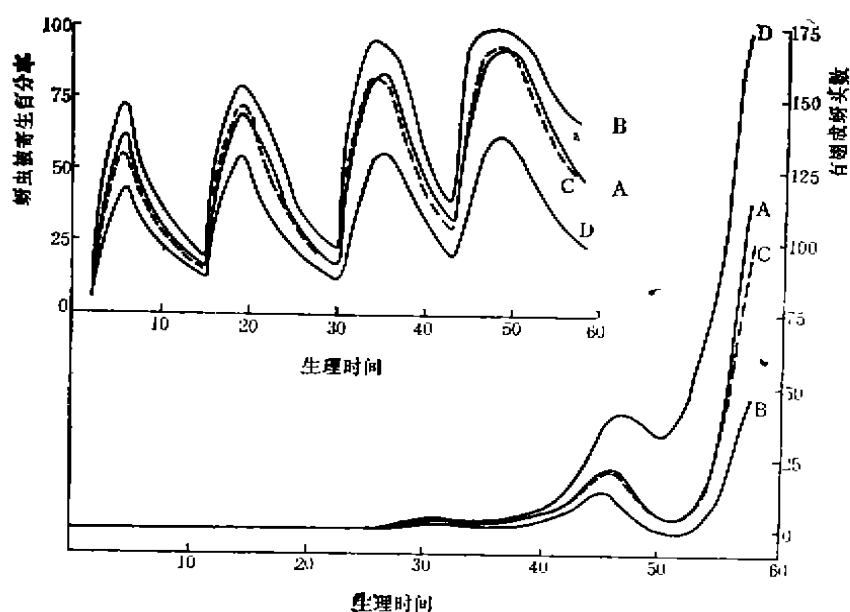


图2 组合2在15℃下模拟结果(A、B、C、D示产卵选择系数曲线编码)
Fig.2 Simulation results of run 2 at 15°C (A, B, C, D, in the figure indicate codes of index curves of ovipositional preference)

当以有翅成蚜累计数进行比较,对于任一组合在任一温度下,不同产卵选择系数曲线之间的差异均为: $B < A \leq C < D$ (表2)。差异的幅度受蜂相对密度的影响最为明显,即蜂相对越密,差异就越大。若对两个温度间进行比较,同一组合内不同曲线间的差异在20℃下比在15℃下的明显大。这主要也是由于在20℃下按照生理时间蚜虫增殖较慢而导致蚜茧蜂相对密度较高所致。其次,差异幅度以及A与C的顺序依蚜虫种群年龄组配不同而变化。当季节开始时低龄若蚜相对较多,差异增大,同时 $A > C$,反之若以高龄若蚜和成蚜为主,则差异缩小,同时 $A < C$ 。尽管不同产卵选择系数曲线之间差异的变化规律较为复杂,但只要蚜茧蜂的相对密度较高,无论季节开始时蚜虫种群年龄组配如何,不同产卵选择系数曲线所产生的控制作用可有成倍的差异(表2)。

显然,无论蚜茧蜂产卵对寄主的选择特性如何,其控制作用将随产卵量增加而增大。因此,当产卵选择曲线不同时,改变产卵量可以产生相同的控制作用(表3)。例如对于组合

表 2 各组合经500日度产生的有翅成蚜累计数(头)

Table 2 Cumulative numbers of alate adults produced after 500 day-degrees in various simulation runs

温度 (℃)	产卵选择 系数曲线	组合 1		组合 2		组合 3		组合 4		组合 5		组合 6	
		头	比率	头	比率	头	比率	头	比率	头	比率	头	比率
15	A	338	1.00	140	1.00	645	1.00	867	1.00	479	1.00	1358	1.00
	B	204	0.60	64	0.46	448	0.69	690	0.80	342	0.71	1150	0.85
	C	359	1.08	127	0.91	710	1.10	891	1.03	451	0.94	1437	1.06
	D	644	1.91	345	2.46	1059	1.64	1139	1.31	699	1.46	1893	1.24
	无蚜茧蜂	2356	6.97	1728	12.34	3140	4.87	2356	2.72	1728	3.61	3140	2.32
20	A	151	1.00	60	1.00	310	1.00	454	1.00	240	1.00	768	1.00
	B	81	0.54	27	0.45	198	0.64	342	0.75	159	0.66	620	0.81
	C	157	1.04	54	0.90	341	1.10	464	1.02	220	0.92	808	1.05
	D	327	2.17	168	2.80	567	1.83	837	1.40	378	1.58	1002	1.31
	无蚜茧蜂	1824	12.08	1324	22.07	2432	7.85	1824	4.02	1324	5.52	2432	3.17

1, 若要使产卵选择系数曲线D产生与曲线A相等的控制作用, 则需将曲线D的产卵量提高到曲线A下产卵量的1.75倍。不同产卵选择系数曲线之间所需产卵量的差异受温度条件、蚜虫的相对密度和年龄组配等因子的综合影响而变化。从表3可见, 对于任一组合, 不同产卵选择系数曲线之间的差异在20℃下比在15℃下明显要小。例如对于组合2, 若要使曲线D达到与曲线B相同的控制作用, 在20℃下只需将D曲线下的产卵量提高到B曲线下产卵量的1.97倍, 而在15℃下则为5.55倍。这实际上主要是蚜虫、蚜茧蜂两者种群增长速率在两温度下的相对快慢不同所致, 即在15℃下蚜虫增长相对更快。而在蚜虫、蚜茧蜂两者相对增长速率相同时, 则蜂的相对密度越高, 差异越大。这是因为蜂所产卵在寄主中的分布是随机的, 则产

表 3 在15℃下各产卵选择曲线产生相同控制作用所需相对产卵量

Table 3 The relative realized fecundity required by different ovipositional preference curves to reach the same impact on aphid population

温度 (℃)	组合 1				组合 2				组合 3				组合 4			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
15	1	0.81	1.03	1.75	1	0.79	0.96	1.95	1	0.83	1.06	1.63	1	0.84	1.02	1.39
	1.28	1	1.33	2.92	1.34	1	1.33	5.55	1.23	1	1.32	2.35	1.20	1	1.23	1.75
	0.97	0.79	1	1.66	1.03	0.81	1	2.10	0.94	0.79	1	1.49	0.98	0.83	1	1.35
	0.88	0.67	0.69	1	0.66	0.54	0.62	1	0.70	0.60	0.74	1	0.76	0.65	0.77	1
20	1	0.83	1.01	1.41	1	0.82	0.95	1.45	1	0.85	1.05	1.38	1	0.85	1.01	1.17
	1.21	1	1.24	1.81	1.25	1	1.18	1.97	1.20	1	1.25	1.71	1.08	1	1.09	1.32
	1.01	0.82	1	1.38	1.05	0.85	1	1.56	0.95	0.81	1	1.30	1.02	0.89	1	1.23
	0.75	0.64	0.76	1	0.73	0.61	0.69	1	0.76	0.66	0.75	1	0.84	0.73	0.85	1

下的卵越多, 其中无效卵(即过寄生)的比率也就越高。其次, 当蚜虫种群增长速率相对较快时(15℃下), 对蚜虫种群年龄组配也有很明显的影

三、讨 论

本研究首次从种群系统水平定量地证实了上述论点。结果表明, 一种蚜茧蜂, 只要产卵

量不是太低,产卵于低龄若蚜的机率相对很高,就可能对蚜虫种群增长有明显的抑制作用,反之,若一种蜂产卵量虽不低,但大多产于成蚜和高龄若蚜,则不可能对蚜虫种群增长有明显的抑制作用。此外,产卵于中高齡若蚜相对机率较高时,其作用与没有选择性的基本一致。行为学研究表明,大多数蚜茧蜂都表现出这一特性^[1,4]。从生物防治角度来讲,这是令人失望的。但从蚜茧蜂角度来说,这一产卵特性可以避免过捕食,以保证其种群的延续。

参 考 文 献

- [1] 刘树生, 1989, 蚜茧蜂的生物学生态学特性, 生物防治通报 5(3):129—133.
- [2] 刘树生, 1989, 蚜茧蜂对蚜虫种群的控制作用, 生物防治通报 5(4):173—177.
- [3] 刘树生, 1990, 桃蚜被寄生龄期与受寄生蜂影响大小的关系研究, 昆虫学报 33(4):430—436.
- [4] Stary P., 1970, *Biology of aphid parasites*(Hymenoptera, Aphididae)with respect to integrated control. Series Entomologica 6, Dr. W. Junk N.V., The Hague.
- [5] 刘树生, 1990, 苦苣菜蚜-苦苣菜蚜茧蜂混合实验种群数量动态的计算机模拟, 浙江农业大学学报 16(2):135—142.

A COMPUTER SIMULATION STUDY OF THE HOST INSTAR PREFERENCE OF APHIDIIDS FOR OVIPOSITION AND THE IMPACT ON APHID POPULATIONS

Liu Shu-Sheng

(Zhejiang Agricultural University, Hangzhou)

A computer simulation study of the host instar preference of aphidiids for oviposition and the impact of these parasites on their host aphid populations was performed with a simulation model of experimental mixed population of *Hyperomyzus lactucae*-*Aphidius sonchi*. By varying the relevant population parameters, initial population density and structure as well as temperature, the effect of the characteristics of host instar preference of the parasite for oviposition on the aphid was investigated. In addition, the relative importance of patterns of host instar preference and the parasite's realized fecundity was evaluated. The simulation results showed that the impact of a parasite on its host aphid populations may be violently changed if its pattern of host instar preference is shifted. When the pattern of host instar preference is changed, fecundity of the parasite must be greatly decreased or increased (up to several-fold) to realize the same impact in most circumstances. However, preference of third, second and fourth instars, which is characteristics of many aphidiids, exhibits more or less the same effect as that of non-preference.

Key words: Aphidiids, host instar, ovipositional preference, control efficacy, computer simulation.