

棉蚜种群季节性变异的生态条件

赵静雅¹, 张孝义^{1*}, 张广学², 陈晓峰²

(1. 南京农业大学植保系, 南京 210095; 2. 中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要: 研究棉蚜在不同温度下取食不同生育期棉叶后种群的变动情况。通过 Weibull 函数模拟、生命表分析和高氏距离分析比较表明, 无论在苗期和蕾期, 随着温度的升高棉蚜种群的死亡高峰日均提前, 世代寿命明显缩短; 然而, 在 20~25℃ 范围内, 相同温度时棉蚜生活在棉花蕾期叶上的繁殖力明显高于苗期叶上的繁殖力。在 30℃ 时繁殖力普遍明显下降, 温度 20~25℃ 最适于棉蚜的生长与繁殖。且棉花生殖生长期比营养生长期更适于棉蚜的生存和繁殖, 温度与棉花生育期都是导致苗蚜与伏蚜生长与繁殖差异的外界因素。

关键词: 棉蚜; 种群分化; 实验种群生命表; Weibull 模型

The ecological conditions related to seasonal population variation of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover

ZHAO Jing-Ya¹, ZHANG Xiao-Xi¹, ZHANG Guang-Xue², CHEN Xiao-Feng² (1. Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Institute of Zoology Academia Sinica, Beijing 100080, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(12): 2045~2050.

Abstract: Cotton aphid, *Aphis gossypii* is found on various plants with universal distribution. It causes serious damage on cotton and vegetable in China, especially in northwest droughty or semi-droughty areas. The population of cotton aphid differentiates obviously in types. On cotton, the population density usually have two peak periods. One occurs in spring with green or yellowish green body colour, infests the top tender leaves, it is usually called as seedling type; the other is in summer in blight yellow colour and small size but high population growth rate, it distributes mainly on the old leaves at middle or lower part of cotton plant, usually is called as dwarf type (summer type) and always causes serious damage at droughty season or areas. The ecological factors, temperature and cotton growth stages, were studied to define the effects on inducement of seasonal population type. Twelve applications in total have been applied, which included cotton leaves from four stage: seedling, bud, tender leaves of bud and old leaves of bud stages and three temperatures 20℃, 25℃, 30℃ in each growth stage. Data were calculated, compared and analysed under 3 parameters of life table; 9 parameters of Weibull simulation model for survival and fecundity curves. The Gower distance was calculated in the combination of 6 main survival and fecundity parameters. The results showed that the date of maximum mortality of aphid population the four kinds of development status all shifted ahead along with the raising of temperature but no differences was found between different development status under the same temperature. The accumulated fecundity of the populations reared on four kind of leaves stages were all decreased along with the raising of temperature under same temperature 20℃ and 25℃, fecundity were much higher on dwarf type at bud stage, or old leaves of bud stage as compared with the seedling type or tender leaves of bud stage, but these differences reduced

基金项目: 国家自然科学基金重点项目资助 (编号: 39630210)

收稿日期: 2000-07-16; **修订日期:** 2001-01-20

作者简介: 赵静雅 (1974~), 女, 河南人, 博士生。主要从事昆虫生态学方面的研究。

* 通讯联系人

obviously as the temperature raised to 30 °C. It was indicated that both temperature and development status of host plant were the exotic factors for leading differentiation of seeding and dwarf population type of cotton aphids. The level of differentiation might reach more than 68%. The DNA detection for polymorphism of these population phenotypes is to be further studied.

Key words: *Aphis gossypii*; population differentiation; life table; Weibull model

文章编号:1000-0933(2001)12-2045-06 中图分类号:Q143 文献标识码:A

棉蚜 *Aphis Gossypii* (Glover) 是世界性分布的害虫,棉蚜的苗蚜和伏蚜在我国的主要棉区华北和西北棉区如新疆都造成了巨大危害,尤以伏蚜更为严重^[1-2]。棉蚜种群变异大,对作物和气候等环境条件有多种适应机制,这是导致棉蚜繁殖和广泛成灾的内在要素,也是棉蚜研究的核心问题之一。

从棉田的系统观察中得知棉蚜种群密度在棉田中常有两个高峰期,一是在春季,主要危害棉苗顶部的嫩叶,蚜群常以绿色、黄绿色为主,一般称为苗蚜;在夏季棉蚜均为黄色,俗称为伏蚜,主要危害中、下部的老叶^[3]。自从 20 世纪 70 年代以来,伏蚜猖獗为害已引起各方面的关注^[5-11]。为此有必要对苗蚜与伏蚜的季节性生物学和生态学特点做些比较研究,以便探明其猖獗的规律。

1 材料和方法

1.1 材料

供试棉花品种为石远 321。供试棉蚜均从南京农大试验棉田采集后,在 20±1 °C、14L:10D、相对湿度 70%±10% 条件下,在盆栽棉苗(5~8 片叶,每盆 1 株)上笼罩隔离饲养备用。

1.2 试验设计

试验采用 Blackman 的盒装棉叶饲养法进行,塑料盒长 9.4 cm、宽 5.8 cm、高 2 cm,盒的一面覆有细网纱,以便通气。每盒一片处理叶片,棉花叶柄浸入清水中,以保持叶片在 3~5 d 内新鲜。叶片分别采自预先准备的分期播种的盆栽棉株。将无翅胎生雌蚜成虫 5~10 头分别接到处于苗期和蕾期的新鲜叶片上。处理盒排列在具水层的搪瓷盆中。

本实验共设 12 个处理(见表 1),每个处理 3 次重复,每个重复接 10 头成虫,24 h 后检查存活及繁殖情况,如果每个重复能够产 10 头以上若蚜,则将成蚜及多余若蚜去掉,仅留 10 头若蚜,每天定时观察,记录存活数。进入繁殖期后,每天同时记录产仔数并将所产若蚜去掉。实验直到一个世代结束。温度试验设 20 °C、25 °C 和 30 °C 三个处理,光周期为 14L:10D,相对湿度 70%±10%。

1.3 资料处理

1.3.1 不同处理组种群存活率比较 种群的逐日存活率用 Weibull 函数模型模拟^[12],用所计算得的参数值对各处理作比较。

1.3.2 不同处理组的发育与繁殖特性比较 种群的发育与繁殖能力用变形的 Weibull 函数模型^[13]和特定时间生命表的有关参数做

表 1 试验设计

Table 1 The program of experiments

编号 No.	棉蚜体色 Body color	原寄主生育期 Original cotton stage	转寄主生育期 Alternative cotton stage	温度(°C) Temperature
A	黄 Yellowish	苗期 Seedling	苗期 Seedling	20
B	黄 Yellowish	苗期 Seedling	苗期 Seedling	25
C	黄 Yellowish	苗期 Seedling	苗期 Seedling	30
D	黄 Yellowish	苗期 Seedling	蕾期新叶期 Tender-bud	20
E	黄 Yellowish	苗期 Seedling	蕾期新叶期 Tender-bud	25
F	黄 Yellowish	苗期 Seedling	蕾期新叶期 Tender-bud	30
G	黄 Yellowish	苗期 Seedling	蕾期老叶期 Overgrown-bud	20
H	黄 Yellowish	苗期 Seedling	蕾期老叶期 Overgrown-bud	25
I	黄 Yellowish	苗期 Seedling	蕾期老叶期 Overgrown bud	30
J	黄 Yellowish	蕾期 Bud	蕾期 Bud	20
K	黄 Yellowish	蕾期 Bud	蕾期 Bud	25
L	黄 Yellowish	蕾期 Bud	蕾期 Bud	30

* 指成蚜从原棉花生育期移殖到转移后的棉花生育期,记载从一龄若虫开始。The adult aphids were altered from the original cotton growth stage to the alternative cotton stage, records began from the first instar nymphs.

比较,种群生命表的有关参数按下列公式计算: $r_m = \ln R_0/T$, $R_0 = \sum l_x M_x$, $l_x = N_x/N_0$, $M_x = F_x/N_x$, $T = \sum l_x M_x X / \sum l_x M_x$, r_m :内禀增长率, R_0 :净增殖率, l_x :存活率, M_x :平均产雌率, T :世代平均寿命, N_0 :种群起始数量, N_x : t 时刻的存活数, F_x : t 时刻的产仔数,差异显著性检验用 SAS(6.04)的 REGWF 分析检验和 t 检验,显著性水平为 $\alpha = 0.05$ 。

1.3.3 不同处理组种群高氏距离(Gower distance)分析 K 为属性, m 为属性数, R_k 为第 K 属性所有样本的极差, X_{ik} 为第 i 处理的第 k 个属性的值, X_{jk} 为第 j 处理的第 k 个属性的值。

$$D(i, j) = 1/m \sum_{k=1}^m |X_{ik} - X_{jk}| / R_k$$

2 结果与分析

2.1 不同处理组棉蚜的存活率

用 Weibull 函数: $F(t) = \exp[-(t/b)^c]$ 拟合种群的存活率(见表 2), 其中 b 为位置参数, c 为曲线形状参数。该函数的极值点为: $t_{\max} = b \times [(c-1)/c]^{1/c}$, 该极值点即为种群的理论死亡高峰日。

表 2 不同处理组棉蚜种群存活率的 Weibull 模型参数

Table 2 The parameters of Weibull model $F(t) = \exp[-(t/b)^c]$ for the population survival rate of *Aphis gossypii*

编号 No.	寄主转换 Host transfer	处理温度(℃) Temperature	b	c	t_p	t_T	模型的 χ^2 检验 χ^2 test of the models
A	苗期-苗期	20	31.7931	2.5363	21.0	21.0	$0.4578 < \chi^2_{0.01}$
B	Seedling-seedling	25	27.3320	1.4829	16.5	12.8	$0.5280 < \chi^2_{0.01}$
C		30	15.8760	4.0031	12.3	14.8	$0.0857 < \chi^2_{0.01}$
D	苗期-蕾期新叶	20	29.2846	6.9573	28.5	28.6	$0.1226 < \chi^2_{0.01}$
E	Seedling-tender bud	25	29.1086	1.7401	20.5	17.8	$0.7958 < \chi^2_{0.01}$
F		30	16.7560	4.7654	14.3	16.0	$0.2825 < \chi^2_{0.01}$
G	苗期-蕾期老叶	20	32.3488	2.3066	21.0	25.3	$0.5168 < \chi^2_{0.01}$
H	Seedling-overgrown	25	23.0000	1.9766	14.0	16.1	$0.4483 < \chi^2_{0.01}$
I	bud	30	18.1140	4.8705	16.5	17.3	$0.4487 < \chi^2_{0.01}$
J	蕾期-蕾期	20	35.4074	1.6825	26.0	20.7	$0.5294 < \chi^2_{0.01}$
K	Bud-bud	25	31.8090	1.9075	20.0	21.5	$0.5447 < \chi^2_{0.01}$
L		30	19.7208	2.5392	12.3	16.2	$0.5447 < \chi^2_{0.01}$

t_p 为实际死亡高峰日 The observed date of maximum mortality, t_T 为理论死亡高峰日 The estimated date of maximum mortality.

从表 2 可看出,各处理组种群的形状参数 c 均大于 1,即属于存活曲线 3 个基本类型中的 I 型。其中 c 值越大,存活率下降越快, b 值越大,死亡高峰日越推后。苗期和蕾期的棉蚜均随温度的升高而死亡高峰日提前,即 b 值和 t_p 和 t_T 值降低。但在同温度下作比较,在 20~25℃ 下,伏蚜(蕾期)的实际死亡高峰日 t_p 反比苗蚜(苗期)为推迟,但在高温下 30℃ 下则趋于一致。

2.2 不同处理组棉蚜的繁殖特征

用变形的 Weibull 函数 $F(t) = A \times [1 - \exp(-((t - t_0)/b)^c)]$ 拟合棉蚜不同处理组繁殖特征的实际产仔数($l_x M_x$) 逐日累计值(见表 3、表 4), 其中 A 为理论潜在的最大产仔数累计值, t 为时间, t_0 为繁殖前期, b 为位置参数, c 为曲线形状参数。该函数的极值点为 $t_{\max} = b \times [(c-1)/c]^{1/c} + t_0$, 即为种群的理论产仔高峰日,极值点函数值 $F(t)_{\max} = A \times c/b \times \exp(-((t_{\max} - t_0)/b)^c) \times ((t_{\max} - t_0)/b)^{(c-1)}$ 即为种群的理论最大产仔量,平均每头每 d 理论最大产仔量 $Nt = A \times c/b \times \exp((1-c)/c) \times ((c-1)/c)^{(c-1)/c}$ 。 c 值越大,产仔数下降越快, b 值越大,产仔高峰日越推后。

从表 3~4 可看出,处理 A~C、D~F、G~I、J~L 组蚜虫的繁殖力(A 、 T_p 、 N_p)均随温度升高而下降,但繁殖前期缩短。相同温度(20℃、25℃)下,处理 A~C 苗期(苗蚜)的 A 、 N_p 均小于蕾期或伏蚜,但 30℃ 时这

些差异缩小。处理 G~I 蕾期老叶的 A 、 N_p 基本上均比处理 D~F 蕾期新叶大,且接近于伏蚜。12 个处理的内禀增长率 r_m 、世代平均寿命 T 及净增殖率 R_0 的平均值均随温度升高而下降或缩短,但由于各处理组中个体间变异较大,大多处理在各温度间差异不显著,但其中处理 J~L 蕾期(伏蚜)的 T 及 R_0 在 20℃、25℃、30℃ 之间差异显著。

表 3 棉蚜逐日累计产仔数的变形 Weibull 模型模拟比较

Table 3 The parameters of Weibull model $F(t) = A \times [1 - \exp(-((t-t_0)/b)^c)]$ for the cumulative fecundity of *Aphis gossypii*

编号 No.	寄主转换 Host transfer	处理温度(℃) Temperature	A	b	c	模型的 χ^2 检验 χ^2 test of the models
A	苗期-苗期	20	28.7	14.5737	1.5125	1.8188 < $\chi^2_{0.05}$
B	Seedling-seedling	25	19.2	19.4620	1.6061	0.8496 < $\chi^2_{0.05}$
C		30	9.1	6.8262	1.7504	0.2230 < $\chi^2_{0.05}$
D	苗期-蕾期新叶	20	49.9	12.8435	1.5743	1.0907 < $\chi^2_{0.05}$
E	Seedling-tender bud	25	28.4	23.5180	1.3624	5.3627 < $\chi^2_{0.05}$
F		30	4.3	7.6781	1.6566	0.1576 < $\chi^2_{0.05}$
G	期-蕾期老叶	20	56.0	12.3562	1.4824	1.0376 < $\chi^2_{0.05}$
H	Seedling-overgrown bud	25	51.9	14.4179	1.9285	2.3121 < $\chi^2_{0.05}$
I		30	11.9	4.5743	2.0850	0.3066 < $\chi^2_{0.05}$
J	蕾期-蕾期	20	69.6	23.3011	1.1473	11.064 < $\chi^2_{0.05}$
K	Bud-bud	25	66.5	37.0383	1.0303	11.064 < $\chi^2_{0.05}$
L		30	9.8	6.9922	1.8896	11.064 < $\chi^2_{0.05}$

* A 理论潜在的最大产仔数累计值(下同) The estimated potential maximum cumulative fecundity, the same below

表 4 棉蚜种群有关生殖参数的比较

Table 4 Certain parameters regarding reproduction of *Aphis gossypii*

编号 No.	t_0	T_p	T_i	N_p	N_i	T (mean $\pm$ sd)	R_0 (mean $\pm$ sd)	r_m (mean $\pm$ sd)
A	7.3	15.8	14.4	2.0	1.5	27.4100 $\pm$ 13.8727a	19.9800 $\pm$ 3.6645a	0.1600 $\pm$ 0.0303a
B	6.0	17	16.6	1.2	0.8	17.6929 $\pm$ 2.9597a	22.0260 $\pm$ 4.4056a	0.1320 $\pm$ 0.0188a
C	4.8	9.8	9.23	1.5	1.1	7.8649 $\pm$ 7.9307a	11.3043 $\pm$ 2.4722a	0.1627 $\pm$ 0.1202a
D	5.0	15.5	11.8	4.6	2.9	45.8373 $\pm$ 31.3610a	23.9950 $\pm$ 8.4720a	0.1583 $\pm$ 0.0237a
E	6.0	19.0	15.0	1.8	0.9	23.4369 $\pm$ 4.6414a	25.3440 $\pm$ 1.9832a	0.1240 $\pm$ 0.0327a
F	5.0	7.8	9.4	0.9	0.4	3.7103 $\pm$ 1.6237b	9.9388 $\pm$ 2.6554b	0.1364 $\pm$ 0.0714a
G	5.0	10.0	7.8	4.3	4.1	56.5333 $\pm$ 13.9375a	17.3354 $\pm$ 3.2501a	0.2366 $\pm$ 0.0549a
H	4.7	13.0	14.6	4.8	3.0	41.1134 $\pm$ 23.8375a	18.3354 $\pm$ 7.2109a	0.2098 $\pm$ 0.0860a
I	5.0	9.5	8.3	2.4	2.3	13.5000 $\pm$ 15.9099a	9.8152 $\pm$ 0.2300a	0.2069 $\pm$ 0.1776a
J	5.0	9.0	8.9	4.3	2.3	65.6522 $\pm$ 1.7504a	24.4890 $\pm$ 3.2396a	0.1709 $\pm$ 0.0137a
K	5.0	8.0	6.2	4.1	1.6	32.5294 $\pm$ 2.1692b	26.6800 $\pm$ 4.2542a	0.1324 $\pm$ 0.0235a
L	4.0	10.0	8.7	1.6	0.8	10.3887 $\pm$ 5.4106c	11.6780 $\pm$ 0.8732b	0.1927 $\pm$ 0.0484a

* t_0 为生殖前期, T_p 为实际产仔高峰日, T_i 为理论产仔高峰日, N_p 为平均每头每天实际最大产仔量, N_i 为平均每头每天理论最大产仔量, T 为世代平均长度(d), R_0 为净增殖率, r_m 为内禀增长率, t_0 : Pre-reproduction time, T_p : The observed date of maximum producing, T_i : The estimated date of maximum producing, N_p : The mean observed maximum producing number per aphid per day, N_i : The mean estimated maximum producing number per aphid per day, T : mean length of a generation, R_0 : net reproductive rate per generation, r_m : innate capacity of increase.

2.3 棉蚜季节性种群主要参数的高氏距离分析

由以上 Weibull 函数模拟及实验种群生命表分析可见,不同温度或棉花生育期间棉蚜的生存、繁殖各参数在不少组合间均有一定差异。但由于这些参数在作比较时都具有不同的性质或量纲,很难作综合的分析。由此特选出 6 项主要的生长、发育和生殖参数(T 、 T_p 、 t_0 、 N_p 、 A 、 R_0),采用经极值标准化的高氏距离来

作相异性综合分析,按相同温度和棉花生育期进行组合比较。经标准化后的高氏距离值在 0~1 之间,且数值分布近似于正态分布,数值愈大表示差异愈大。

从表 5 可见,在 20℃ 下苗蚜 A 与蕾期老叶 G 或伏蚜 J 间差异较大。在 25℃ 下则苗蚜 B 与伏蚜 K 间或蕾期新叶 E 与蕾期老叶 H 间差异最大,且苗蚜与蕾期老叶间差异也达 65%。在 30℃ 时则苗蚜 C 与蕾期各处理间差异均缩小,但 3 个蕾期处理间仍有一定差异。

表 5 在相同温度、棉花不同生育期下棉蚜种群参数的高氏距离

Table 5 The Gower distance of population parameters of *Aphis gossypii* on the leaves of different stages of cotton at the same temperature

	20℃				25℃				30℃			
	A	D	G	J	B	E	H	K	C	F	I	L
A					B				C			
D	0.64				E	0.29			F	0.38		
G	0.68	0.30			H	0.65	0.72		I	0.48	0.70	
J	0.84	0.44	0.24		K	0.72	0.61	0.46	L	0.28	0.61	0.68

表 6 相同棉花生育期、不同温度下棉蚜种群参数的高氏距离

Table 6 The Gower distance of population parameters of *Aphis gossypii* on the same stages of cotton at different temperatures

苗期-苗期 Seedling-seedling		苗期-蕾期新叶 Seedling-tender bud		苗期-蕾期老叶 Seedling-overgrown bud		蕾期-蕾期 Bud-bud	
A	B	D	E	G	H	J	K
A		D		G		J	
B	0.53	E	0.59	H	0.45	K	0.22
C	0.93	F	0.78	I	0.78	L	0.98
	0.56		0.63		0.79		0.80

从表 6 中相同生育期、不同温度下作比较可见,在苗期与蕾期新叶时,只有 20℃ 与 30℃ 时有明显差异。而蕾期老叶和伏蚜则在 20℃ 和 25℃ 均与 30℃ 间有显著差异。由此可见,高温和棉花生殖生长期或蕾期老叶均可影响苗蚜与伏蚜的季节型分化。并且,棉花生殖生长期比营养生长期更适于棉蚜(伏蚜)的生存繁殖。苗蚜转蕾期老叶与伏蚜生态特性十分相似,这与自然情况下伏蚜的主要栖息在棉株中下的垂直空间生态位相符合。

3 讨论

棉蚜的种群分化较为复杂,在生活史类型上有全周期生活型(北方)、不全周期生活型(南方)及兼性生活型(中部)。棉蚜虽为多食性种,但对寄主植物的适应性仍有一定的专化性,如在冬寄主向夏寄主或夏寄主间的转移时,可有一定的寄主通道或寄主适应性(另文发表)。张广学等提出棉蚜有绿色亚型及黄色亚型^[2]。汪世泽等提出棉蚜具有季节型的概念,存在苗蚜和伏蚜之分^[3]。赵惠燕等认为棉蚜体色的变异主要与温度有关,并且高温导致体色变黄,是形成伏蚜的关键条件^[4]。从本研究结果来看,温度和棉花生育期均可显著影响棉蚜季节性种群的生态特性。

刘向东、张孝羲等研究表明,温度大于 26℃ 时,棉蚜大多栖息于植株下部,夏季伏蚜的体型在棉株下部的显著小于上部新叶的^[13]。从棉蚜的发育与生存来看,无论苗期与蕾期的存活率均随温度升高而死亡高峰日提前(表 2),从而表现出世代寿命明显缩短(表 4),然而在 20~25℃ 时,相同温度下蕾期伏蚜的死亡高峰日反比苗期苗蚜推迟,但在 30℃ 下差异明显减小,这反映出植株营养对棉蚜季节型的影响。

就棉蚜种群的繁殖力来分析,根据棉蚜逐日累积产仔数,用变形 Weibull 函数模拟,所得结果中蕾期(伏蚜)的理论最大产仔数 A 要比苗期(苗蚜)的大得多。用实验种群生命表方法来分析棉蚜的繁殖力,因为 R₀ 综合了逐日累积产仔数及逐日存活率二个参数值,所以它在苗期和蕾期间的差异与 A 值有相同的趋势,但其差异量却要小得多。可惜由于试验误差较大,差异比较表现为不显著。赵惠燕等在对萝卜蚜生命表研究中认为用初产若蚜体型的特征来研究种群的繁殖力,能更好地反映种群内禀增长率随温度变化

的规律^[14]。本研究没对初产若蚜进行体重称量,但其体型大小基本一致,因此实验结果同样可靠,并且从结果可看出 25℃ 并不是棉蚜的最适应温度。由于本试验设计的温度间距较大,不能确定出棉蚜的最适存活与繁殖温度,该工作还有待于进一步研究。

本研究用种群生态学方法比较了棉蚜棉蚜和伏蚜在不同温度和棉花生育期下所产生的变异,并证实二者的变异程度已达 68% 以上。至于这种表型(Phenotype)的差异化是否存在内在的 DNA 多态性或基因组的分化,已用微卫星引物 PCR 作分子遗传标记的 DNA 多态性研究,另文发表。

参考文献

- [1] 张广学,钟铁森. 中国经济昆虫志,第二十五册,同翅目 蚜虫类(一). 北京:科学出版社,1983.
- [2] 张广学,钟铁森. 几种蚜虫生活周期型的研究. 动物学集刊,1982, 2: 7~17.
- [3] 汪世泽. 棉蚜体色分化与季节生物型问题. 西北农学院学报,1983, 2: 9~23.
- [4] 赵惠燕,等. 棉蚜体色变化的生态遗传学研究. 昆虫学报,1993, 36(3): 282~289.
- [5] Ullah K. Biological study of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glov. *Pakistan J. Agr. Res.*, 1982, 1(2): 135~138.
- [6] Setokuchi O. Occurrence and fecundity of two color forms in *Aphis gossypii* Glov (Homoptera: Aphididae) on dasheen leaves. *Appl. Entomol. Zool.*, 1981, 16(1): 50~52.
- [7] Wool D D, Hales Sunnucks P. Host-plant relationships of *Aphis gossypii* Glov (Homoptera: Aphididae) in Australia. *J. Austral. Entomol. Soc.*, 1995, 34: 265~271.
- [8] Guildemond J A, Tigges W T, Vrijer PWF de. Host races of *Aphis gossypii* Glov (Homoptera: Aphididae) on cucumber and chrysanthemum. *Environmental Entomology*, 1994, 23(5): 1235~1240.
- [9] Ferrandiz P R & Gutierrez P F. Reproduction and development of the aphid *Aphis gossypii* under controlled conditions. *Ciencias de la Agr.*, 1986, 27: 51~54.
- [10] Kandoria J L, Jamwal R & Singh G. Seasonal activity and host range of *Aphis gossypii* Glov in the Punjab. *J. Insect Sci.*, 1989, 2(1): 68~70.
- [11] Akey D H & Butler G D. Developmental rates and fecundity of apterous *Aphis gossypii* on seedlings of *Gossypium hirsutum*. *Southwestern Entomol.*, 1989, 14(3): 295~299.
- [12] 邬祥光. 昆虫生态学的常用数学分析方法. 北京:农业出版社,1985.
- [13] 刘向东,张孝羲,赵娜珊,等. 棉蚜对棉花生育期及温度条件的生态适应性. 南京农业大学学报,2000, 23(4): 29~32.
- [14] 赵惠燕,汪世泽. 温度对萝卜蚜种群参数影响的研究. 生态学报,1990, 10(3): 208~211.