

茄田和菜用大豆田烟粉虱成虫数量 及空间格局动态差异

赵燕红 汪文俊 邹运鼎* 毕守东 陶金昌

(安徽农业大学, 合肥 230036)

摘要: 运用随机抽样方法进行田间系统调查,并用 t 检验法、种群聚集强度指标及地统计学方法,对茄田和菜用大豆田烟粉虱成虫数量及空间格局差异进行研究。结果表明,7月7日至8月25日茄田烟粉虱成虫种群增长模型为 $y = 3053e^{0.0053x}$ ($r = 0.823^*$),菜用大豆田烟粉虱成虫种群增长模型为 $y = 2356e^{-0.1662x}$ ($r = -0.9631^{**}$),对茄田和菜用大豆田烟粉虱成虫种群数量之间的差异性进行 t 检验, t 值为 3.3333, $df = 7$ 时, $t_{0.05} = 2.365$,两者之间差异显著。这期间两种作物上烟粉虱成虫的田间水平分布和在茄株叶片上的垂直分布均呈聚集分布格局。

关键词: 茄田; 菜用大豆田; 烟粉虱成虫; 数量动态; 空间格局

Differences in population dynamics and space patterns between adult tobacco whiteflies from eggplant and soybean fields

Zhao Yanhong Wang Wenjun Zou Yunding* Bi Shoudong Tao Jinchang

(Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui Province, China)

Abstract: Tobacco whiteflies, which can cause disease of host plants, may do severe harm to the crops. Most studies have focused on the features of their damage of the pest, but little attention has been paid to their population dynamics and space pattern. To improve the level of forecast and prevention, the difference of the population dynamics and space patterns of tobacco whiteflies from eggplant and soybean fields were examined using field system investigation of random sampling method. In this study, geostatistics together with aggregated-intensity index and t -test were applied. Results indicated the population growth model of adult tobacco whiteflies is $y = 3053e^{0.0053x}$ ($r = 0.823^*$) and $y = 2356e^{-0.1662x}$ ($r = -0.9631^{**}$) respectively from July 7th to August 25th. The number of tobacco whiteflies was significantly higher in eggplant fields than those in soybean fields using t -test ($t = 3.3333$, $t_{0.05} = 2.365$, $df = 7$). During this period, horizontal distribution of adult tobacco whiteflies displayed an aggregation pattern both in eggplants and soybeans, and so did their vertical distribution on the leaves of eggplants.

Key words: eggplant field; soybean field; adult tobacco whitefly; population dynamics; space pattern

烟粉虱 *Bemisia tabaci* 属同翅目粉虱科,广泛分布于亚、非、欧、美洲。在中国,主要分布于台湾、云南、江西、山东、河北、湖北、河南、吉林、黑龙江、安徽、新疆和江苏等省。烟粉虱寄主广泛,达 74 科

500 余种,涉及花卉、蔬菜、水果、经济作物等。烟粉虱成虫和若虫在植株叶片和嫩茎上刺吸汁液,并排泄蜜露污染叶片,影响叶片的光合作用,排泄的蜜露还可诱发煤污病,同时烟粉虱还传播烟草、蜀葵、番

基金项目:安徽省省长专项基金(y47),安徽省重点科研项目(07021004)

作者简介:赵燕红,女,1974年生,硕士,研究方向为昆虫生态学, email: frbfxy@163.com

* 通讯作者(Author for correspondence), email: yundingzou@163.com

收稿日期:2008-04-10

茄等缩叶病毒,诱发茄黄缩叶病毒病及苘麻黄叶病毒病等^[1],是世界上唯一被冠以“超级害虫”的昆虫,近年来在许多作物上发生日趋猖獗,严重威胁农业生产。有关烟粉虱在棉花上的发生规律、为害特点的研究较多,张纯胄等^[1]、吴孔明等^[2]、Byme等^[3]、Griling等^[4]、Grethea等^[5]和周福才等^[6-7]对棉田烟粉虱的生物学、生态学、发生规律和种群空间格局等进行了研究,王慧等^[8]报道了寄生蜂对烟粉虱的控制作用。但有关大田中茄子和菜用大豆上烟粉虱的种群动态和分布格局的差异报道极少。茄子和菜用大豆是安徽省春秋两季重要的蔬菜品种,近年来烟粉虱在这两种蔬菜上发生日趋严重。为了进行茄子和菜用大豆烟粉虱的综合治理,作者研究了茄田和菜用大豆田烟粉虱成虫种群消长动态和分布格局及其差异。

1 材料与方法

1.1 供试作物

本试验在安徽省和县蔬菜科技示范园中进行。调查的夏秋季茄子品种为大龙长茄,茄子试验田面积0.3 hm²,行距0.8 m,株距0.5 m,栽种密度25 000株/hm²。夏秋季菜用大豆品种为抚鲜3号,菜用大豆试验田面积0.3 hm²,行距0.3 m,株距0.3 m,栽种密度111 111穴/hm²,每穴2株。两种作物均按正常技术措施栽培管理,但不施药。

1.2 烟粉虱成虫调查

茄田随机取样,调查4行,每行连续调查25株,共调查100株,每株按叶序逐叶调查记载烟粉虱成虫的个体数量;菜用大豆田随机取样,调查5行,每行20穴,每穴2株,共200株,整株调查记载烟粉虱成虫的个体数量。系统调查均是从2006年7月7日开始至8月25日止,7天调查1次,共调查8次。9月1日茄子大部分枯死,菜用大豆已收获完毕,未进行调查。

1.3 烟粉虱的空间格局

1.3.1 聚集强度指标测定法^[9-11]

采用聚集强度指标测定烟粉虱成虫的水平和垂直分布的空间格局,分别采用如下3个指标进行测定:扩散系数: $C = S^2/\bar{x}$,用于检验种群是否偏离随机型。当 $C < 1$ 时为均匀分布, $C = 1$ 时为随机分布, $C > 1$ 时为聚集分布。聚集度指标(又称聚块性指标): $I_w = m^*/\bar{x}$, $m^* = \sum_{i=1}^n x_i(x_i - 1) / \sum_{i=1}^n x_i$, m^* 为平均拥挤

度。当 $I_w < 1$ 时为均匀分布; $I_w = 1$ 时为随机分布; $I_w > 1$ 时为聚集分布。久野指数: $C_A = (S^2/\bar{x} - 1)/\bar{x}$,当 $C_A < 0$ 时为均匀分布;当 $C_A = 0$ 时为随机分布;当 $C_A > 0$ 时为聚集分布。公式中, \bar{x} 为样本均数, S^2 为样本方差, N 为个体总数, x_i 为第 i 个样本个体数量, n 为样本数。

1.3.2 地统计学分析法^[12]

通过计算烟粉虱种群的试验半变异函数、拟合半变异函数模型、分析半变异函数结构来描述它们的空间格局和空间相关关系。对于观察的数据系列 $Z(X_i)$, $I = 1, 2, 3, \dots$, 样本半变异函数 $R^*(h)$ 可用下式计算: $R^*(h) = [1/2N(h)] \sum [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$, 其中 $N(h)$ 是被 h 分割的数据对 $(X_i, X_i + h)$ 的对数, $Z(X_i)$ 和 $Z(X_i + h)$ 分别是在点 X_i 和 $(X_i + h)$ 处样本的测量值, h 是分割两样点的距离。 $R^*(h)$ 与 h 之间建立的理论模型若为球型和指数型,表明烟粉虱种群是聚集分布格局。 $R^*(h)$ 与 h 之间若呈水平直线或稍有倾斜,块金值 c_0 等于基台值 $c_0 + c$,表明烟粉虱成虫种群在抽样尺度下无空间相关性,为随机分布格局。

1.4 种群的数量动态

将两种作物上烟粉虱成虫种群数量(y)和时间(x)之间的关系进行数学分析,并比较不同叶片间烟粉虱成虫种群动态差异,分析茄子老叶(第7、8叶)及新叶(第10叶)上烟粉虱数量动态差异。把时间数字化,令7月7日为1,则7月14日为8,依次类推。分析两者之间的相关程度,并建立相应的种群增长数学模型,用 t 检验法,比较两种作物上烟粉虱成虫种群数量的差异。

1.5 空间生态位动态

采用Levins^[13]的生态位宽度 $B = 1 / \sum_{i=1}^s p_i^2(S)$ 公式,研究茄田烟粉虱成虫种群的垂直空间生态位宽度变化动态,式中 P_i 为烟粉虱在第 i 个叶片上的个体数占整株个体总数的比例, S 为全株的叶片数。

2 结果与分析

2.1 烟粉虱成虫的种群消长动态

茄田调查结果显示,7月7日烟粉虱成虫的百株虫口为6071头,由于7月13日大雨,7月14日百株虫口下降至1309头,7月21日后虫口急剧上升,至8月25日上升到百株虫口为42855头,是7月7日的7倍,将时间数字化后与虫口数量取自然对数

值进行相关分析,相关系数 r 为 0.8229, $df=6$, $r_{0.05} = 0.707$, $r_{0.01} = 0.834$, $r > r_{0.05}$, 表明烟粉虱种群数量的自然对数值与时间相关,建立的数学模型为 $y = 3053e^{0.0053x}$ 。7月7日至8月25日期间第10叶(新叶)烟粉虱成虫种群数量动态分别与第7、8叶(老叶)烟粉虱成虫种群数量动态之间用成对均数的 t 检验法进行检验, t 值分别为 4.1872 和 4.2262, $df = 7$ 时, $t_{0.01} = 3.499$ 。两个 t 值均大于 $t_{0.01}$, 表明新叶和老叶上烟粉虱成虫种群数量动态之间差异极显著(表1)。

将茄株调查的第7叶(作为老叶)烟粉虱的成虫数量与数字化后的时间之间进行相关分析,相关系数 r 为 0.9263, $r > 0.01$, 两者极显著相关,建立的第7叶种群增长模型为 $y = -915.8216 + 124.9881x$ 。茄

株第8叶烟粉虱成虫数量与数字化的时间之间相关系数 r 为 0.9103, $r > 0.01$, 第8叶(也作为老叶)烟粉虱种群增长模型为 $y = -1090.6328 + 131.9905x$ 。茄株第10叶(作为新叶)上烟粉虱数量取自然对数与数字化后的时间之间的相关系数 r 为 0.9585, $r > 0.01$, 新叶上烟粉虱种群增长模型为 $y = 0.7288e^{0.2119x}$, 可以看出老叶的烟粉虱种群呈线性增长;新叶(第10叶)呈指数型式增长,前期虫少,中后期增长速度快于老叶,反映烟粉虱的扩散行为有明显的趋嫩性。茄株上烟粉虱成虫总体数量尽管也是指数型式增长,其模型为 $y = 3.053e^{0.0053x}$, 其 x 的系数为 0.0053, 新叶上烟粉虱成虫种群增长模型中的 x 的系数为 0.2119, 明显大于全株数量的增长系数,更说明烟粉虱有趋嫩性。

表1 茄田和菜用大豆田烟粉虱成虫种群数量

Table 1 Population quantity of *Bemisia tabai* adults in eggplant field and soybean fields

日期 Date (month-date)	茄子田					菜用大豆	
	全株 Whole (Capita/100 plants)	第7叶 The 7 th (Capita/100 leaves)	虫口/m ² Capita/m ²	第8叶 The 8 th (Capita/100 leaves)	第10叶 The 10 th (Capita/100 leaves)	全株 Whole (Capita/100 holes)	虫口/m ² Capita/m ²
7-07	6071	452	152	68	0	2454	273
7-14	1309	10	33	3	0	234	26
7-21	14223	585	356	240	10	420	47
7-28	11042	919	276	667	145	92	10
8-04	9432	1367	236	1335	1094	15	2
8-11	34510	4208	864	4774	5517	5	1
8-18	34375	4490	861	4840	5085	0	0
8-25	42855	6140	1073	6130	6065	0	0

菜用大豆田调查结果显示,7月7日烟粉虱数量最多,7月14日数量急剧下降,8月11日只有零星发生,8月18日以后未查到该虫(表1)。将7月7日至8月11日的烟粉虱成虫种群数量自然对数值(y)和数字化后的时间(x)进行数学分析, $\ln y$ 与 x 之间相关系数 $r = -0.9631$, $df = 4$ 时, $r_{0.01} = 0.917$, 说明烟粉虱成虫种群数量的自然对数值与时间之间极显著相关,建立的数学模型为 $y = 2356e^{-0.1662x}$, 与茄田烟粉虱种群增长模型一样,为指数增长模型。

将表1中7月7日至8月25日茄田和菜用大豆田上系统调查的烟粉虱成虫种群数量之间进行 t 检验, t 值为 3.3333, $df = 7$ 时, $t_{0.05} = 2.356$, $t > t_{0.05}$, 表明两种作物上的烟粉虱种群数量差异显著。由于茄子和大豆栽植密度不同,将两种作物上烟粉虱成

虫数量折合成每平方米的虫口数量进行成对均数 t 检验, $t = 3.352$, $df = 7$ 时, $t_{0.05} = 2.356$, $t > t_{0.05}$, 进一步表明两种作物烟粉虱成虫种群数量差异显著。

2.2 烟粉虱的田间水平分布格局

2.2.1 茄田烟粉虱的水平分布格局

根据聚集强度几个指标判别分布格局类型,当扩散系数 $C > 1$, 聚集度指标 $I_w > 1$ 和久野指数 $C_A > 0$ 时,空间格局是聚集分布;而当 $C = 1$, $I_w = 1$, $C_A = 0$ 时,为随机分布; $C < 1$, $I_w < 1$, $C_A < 0$ 时为均匀分布。茄田烟粉虱聚集强度指数分别是 $C > 1$, $C_A > 0$, $I_w > 1$, 表明7月7日至8月25日都是聚集分布。而7月7日至8月11日菜用大豆田烟粉虱成虫聚集强度指数分别是 $C > 1$, $C_A > 0$, $I_w > 1$, 与茄田烟粉虱成虫种群水平分布格局一致(表2)。

表 2 烟粉虱成虫水平分布的聚集强度

Table 2 Aggregated-intensity of horizontal distribution for *Bemisia tabaci*

日期 Date (month-day)	扩散系数 C		久野指数 C_A		聚集度指数 I_w		空间格局	
	Index of contagious process		Cassie kuno		Index of patchiness		Space pattern	
	A	B	A	B	A	B	A	B
7-07	9.29	7.86	0.14	0.56	A	B	A	B
7-14	23.00	2.99	1.68	1.70	1.20	1.56	E	E
7-21	94.07	10.27	0.64	4.41	34.10	2.69	E	E
7-28	75.40	2.68	0.63	3.66	1.60	5.39	E	E
8-04	19.28	3.34	0.19	31.22	1.68	4.89	E	E
8-11	103.76	2.59	0.30	63.52	1.25	32.00	E	E
8-18	48.69	—	0.14	—	1.25	64.00	E	E
8-25	105.66	—	0.24	—	1.14	—	E	E

注: A: 茄田烟粉虱; B: 菜用大豆田烟粉虱; E: 聚集。Note: A: *B. tabaci* in eggplant field; B: *B. tabaci* in soybean field; E: aggregation.

2.2.2 烟粉虱种群的半变异函数和空间格局

将茄田系统调查所得数据整理编程计算得出烟粉虱不同时期的半变异函数 $R(h)$, 经 DPS 软件分析比较后得出不同时期烟粉虱种群理论半变异函数的最优拟合模型为球型, 各项参数如表 3, 对茄田烟粉虱种群数量空间分布结果分析表明, 不同时期的

半变异函数皆为球型。如 7 月 7 日, 当调查两个样点间的距离 h 小于变程 $a(1.362)$, 而大于 0 时, 将表 3 中参数值代入其半变异函数 $R^*(h)$ 的球型模型为 $61.8453 + 952.9920h - 171.2447h^3$, 当两样点间距离为 0 时, $R^*(h)$ 为 0, 当两样点间距离 h 大于变程 $a(1.362)$ 时, 其半变异函数值为 927.1621。

表 3 茄田不同时期烟粉虱种群的数量理论半变异函数 $R(h)$ 及参数值Table 3 Models, parameters, for *Bemisia tabaci* in eggplant field

日期 Date (month-day)	块金常数 C_0 Nugget variance	拱高 c Arch rise	变程 a Range	R^2	模型 Model	分布型 Pattern
7-07	61.8453	865.3168	1.3620	0.9007	球型 Spherical	聚集 Aggregation
7-14	60.8940	253.4757	1.4889	0.8666	球型 Spherical	聚集 Aggregation
7-21	2942.9190	10928.4388	1.2968	0.8606	球型 Spherical	聚集 Aggregation
7-28	669.3028	7479.6530	1.1952	0.7533	球型 Spherical	聚集 Aggregation
8-04	0.0001	1971.7032	1.0534	0.6484	球型 Spherical	聚集 Aggregation
8-11	0.0005	33030.4602	1.5388	0.8269	球型 Spherical	聚集 Aggregation
8-18	0.0001	16388.2700	1.2126	0.9030	球型 Spherical	聚集 Aggregation
8-25	0.0001	38161.5969	1.3876	0.8105	球型 Spherical	聚集 Aggregation

对菜用大豆田烟粉虱成虫种群的水平分布用地统计学方法分析, 结果见表 4。半变异函数模型球型模型如 7 月 7 日, 当调查的两样点间距离 h 大于 0 而小于变程 a 时, 将表 4 中的参数代入球型模型公式, 则, $R^*(h)$ 为 $3.1220 + 651.8679h - 8184.8279h^3$, 当两样点间距离 h 为 0 时, $R^*(h)$ 为 0; 当两样点间距离大于变程 $a(0.5164)$ 时, 半变异函数值为 227.5384, 说明 7 月 7 日至 7 月 28 日的烟粉虱成虫空间格局均为聚集分布, 与用聚集强度指标方法分析的结果一致。

2.3 茄田烟粉虱在茄株上的垂直分布格局

根据聚集强度几个指标判别分布格局类型, 茄株上烟粉虱在各叶片上垂直分布的聚集强度指数均为 $C > 1, C_A > 0, I_w > 1$ (表 5), 用 3 种聚集强度指标判断 7 月 7 日至 8 月 25 日烟粉虱成虫在叶片间的分布均为聚集格局。

2.4 茄株上烟粉虱垂直方向的空间生态位宽度

采用 Levins^[13] 的生态位宽度公式计算得出 7 月 7 日至 8 月 25 日烟粉虱成虫在茄株上的垂直空间生态位宽度依次是 0.5166、0.4346、0.5586、

表 4 大豆田不同时期烟粉虱种群的理论半变异函数 $R(h)$ 、参数值、决定系数及分布类型Table 4 Models, parameters, r^2 value and spatial patterns of *Bemisia tabaci* in soybean field

日期 Date (month-day)	块金常数 C_0 Nugget rariance	拱高 c Arch rise	变程 a Range	R^2	模型 Model	分布型 Pattern
7-07	3.1220	224.4164	0.5164	0.7807	球型 Spherical	聚集 Aggregation
7-14	6.7239	4.1994	1.8614	0.8815	球型 Spherical	聚集 Aggregation
7-21	1.9751	21.6166	1.2934	0.9348	球型 Spherical	聚集 Aggregation
7-28	0.6205	1.5315	0.4816	0.7014	球型 Spherical	聚集 Aggregation
8-04, 8-11	虫口数量极少,不宜计算 It can not be counted because of the less quantity					

表 5 茄株上烟粉虱成虫垂直分布的聚集强度

Table 5 Aggregated-intensity of vertical distribution on eggplants for *Bemisia tabaci*

日期 Date (month-day)	扩散系数 C Index of contagious process	久野系数 C_A Cassie kuno	聚集度指数 I_m Index of patchiness	空间格局 Spatial pattern
7-07	620.14	1.02	1.92	聚集 Aggregation
7-14	189.15	1.44	2.29	聚集 Aggregation
7-21	1124.21	0.87	1.79	聚集 Aggregation
7-28	435.16	0.51	1.58	聚集 Aggregation
8-04	176.30	0.17	1.17	聚集 Aggregation
8-11	727.30	0.17	1.15	聚集 Aggregation
8-18	658.35	0.15	1.13	聚集 Aggregation
8-25	24.05	3.76	1.00	聚集 Aggregation

0.6345、0.8707、0.8716、0.8817 和 0.9970,可以看出随时间推移,虫口密度增加,生态位宽度逐渐变大。8月4日以后生态位宽度急剧增大到 0.8707,直到 8月25日达 0.9970,说明随着烟粉虱种群数量的急剧增加并达到一定高密度时,烟粉虱为了充分利用食物资源和空间资源,扩散至所有叶片。

3 讨论

茄田和菜用大豆田烟粉虱成虫种群数量差异极显著,茄田的烟粉虱成虫密度显著高于菜用大豆田。按照昆虫种群消长的一般规律,烟粉虱种群数量波动应与不同寄主植物上雌成虫的平均产卵量、卵存活率(或孵化率)、各虫态的存活率等有关。徐维红等^[14]报道了室内盆栽的观察结果,烟粉虱 1~3 龄若虫在茄子上的存活率为 95.5%,在菜豆上为 40.7%;未成熟期烟粉虱成虫的存活率在茄子上为 92.7%,菜豆上为 36.9%。可以看出,烟粉虱在茄子上的存活率显著高于菜豆。烟粉虱每雌产卵量在茄子上为 328.5 粒,在菜豆上为 176.74 粒,因此可以认为茄子和菜豆上烟粉虱数量差异显著是寄主植物造成的。徐维红等^[15]研究了室内条件下烟粉虱

的内禀增长率,结果表明,在温度为 25℃、其它条件相同时烟粉虱在茄子、菜豆上的内禀增长率分别为 0.3189 和 0.2445,前者显著大于后者,说明寄主植物是影响烟粉虱种群消长的最重要因子。本研究中的茄田和菜用大豆田同在一块大田里,相距约 50 m、空气湿度和温度等条件一致,而两种作物上烟粉虱种群数量差异显著,这从大田研究角度证明了该差异是茄子和菜用大豆引起的。寄主植物对烟粉虱数量的影响有生物物理方面的原因,包括体表茸毛密度大小、长度和植物的生理结构等,以及生物化学方面的原因,如植物的内含物种类、含量、相对比例及是否含有对烟粉虱生长发育不利的物质,本研究中茄子新叶(第 10 叶)和老叶(第 7 叶)上烟粉虱种群数量差异显著,似乎也与茄子内含物即营养状况有关。为了有效控制烟粉虱为害,必须对烟粉虱发生数量不同的各种寄主植物植株内含物或生物物理因子进行研究,通过数学方法找出影响烟粉虱种群数量的植株成分或生物物理因子,再从基因组学角度找出决定这种成分或生物物理因子的基因,利用基因工程技术进行转基因抗虫育种,以便有效控制烟粉虱。本研究结果表明,茄田和菜用大豆田中的

烟粉虱成虫种群在田间的空间格局均是聚集分布,因此烟粉虱预测预报抽样调查和防治前的田间抽样调查必须按照聚集格局要求的抽样方法进行,才能获得烟粉虱田间虫口数量的准确信息。

致谢:安徽省植物保护总站耿继光研究员以及和县农业技术推广中心沈维冰、任翠龙、刘成社先生为本研究提供帮助,特此致谢。

参考文献(References)

- [1] 张纯胄, 吴永汉, 董国坤. 浙南地区烟粉虱发生新动态及其防治对策. 华东昆虫学报, 2005, 14(3): 277-280
- [2] 吴孔明, 徐广, 郭予元. 华北北部地区棉田烟粉虱成虫季节性动态. 植物保护, 2001, 27(2): 14-15
- [3] Byme D N, Bellow T T. Whitefly biology. Annual Review of Entomology, 1991, 36: 431-457
- [4] Grling D, Motro U, Mittler T E. Dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) attacking cotton in the coastal plain of Israel. Bulletin of Entomological Research, 1980, 70: 213-219
- [5] Grethed A H. Host plant. // cock WJW, ed. *Bemisia tabaci*-A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. Ascot, UK: Commonwealth Institute of Biological Control, 1986: 17-26
- [6] 周福才, 杜予州, 任顺祥, 等. 江苏棉田烟粉虱的种群动态控制. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2005, 26(1): 89-93
- [7] 周福才, 任顺祥, 杜予州, 等. 棉田烟粉虱种群的空间格局. 应用生态学报, 2006, 17(7): 1239-1244
- [8] 王慧, 孔维娜, 马瑞燕. 烟粉虱生物防治研究进展. 山西农业大学学报, 2005, 25(4): 420-423
- [9] 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社, 1994: 43-53
- [10] 徐汝梅. 昆虫种群生态学. 北京: 北京师范大学出版社, 1987: 7-34
- [11] 陈向阳, 邹运鼎, 丁玉洲, 等. 松墨天牛及其天敌花绒坚甲种群的三维空间分布格局. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1547-1550
- [12] 邹运鼎, 毕守东, 周夏芝, 等. 桃一点叶蝉及草间小黑蛛空间格局的地统计学研究. 应用生态学报, 2002, 13(12): 1645-1648
- [13] Levins R. Evolution in changing environments. Princeton, New Jersey, University Press, 1968
- [14] 徐维红, 朱国仁, 李桂兰, 等. 七种寄主植物对烟粉虱生长发育、存活和增殖的影响. 植物保护学报, 2003, 30(1): 107-108
- [15] 徐维红, 朱国仁, 张友军, 等. 烟粉虱在七种寄主植物上的生命表参数分析. 昆虫知识, 2003, 40(5): 453-455