

烟粉虱繁殖力的寄主适应性评估及分析

安新城^{1,2}, 任顺祥¹

(¹华南农业大学资源环境学院, 广东广州 510642; ²广东省昆虫研究所, 广东广州 510260)

摘要: 以种群平均产卵量 (m)和样本的方差 (P)为参数建立了1个烟粉虱产卵量的寄主适应性评价模型 ($O = m / \ln V$), 并利用这个模型评估了烟粉虱在3种寄主植物上的产卵适应度。结果显示, 烟粉虱虽然在供试的绝大多数寄主上都能够产卵, 但寄主植物能够显著影响雌虫的产卵量。用聚类分析的方法可将3种寄主植物分为3个类别: 嗜好奇主、适宜寄主和非适宜寄主, 聚类分析的结果与适应域假说不一致, 亲缘关系很近的植物种类分属于不同的寄主类别。通过配对样本均值比较的分析发现, 不同生物型的烟粉虱种群具有明显差异, 而相同生物型的种群, 虽然取食经验不同, 却表现出较高的相似性。

关键词: 烟粉虱; 寄主适应性; 繁殖力; 生态模型

中图分类号: Q968.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-411X(2007)02-0029-05

Analysis and Assessment of Host Adaptation for Fecundity

of *Bemisia tabaci* (Gennaidus)

AN Xin-cheng^{1,2}, REN Shun-xiang¹

(¹ College of Resources and Environment, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

² Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China)

Abstract: A ecological model $O = m / \ln V$ was developed to assess host adaptation for fecundity of *Bemisia tabaci* (Gennaidus), where m = parameters of average eggs within a time period, and V = variance of samples. The model was used to assess the fecundity of whitefly on 37 plant species. The results showed that the whitefly was able to lay eggs on most host plants, and the fecundity of adults was affected by host plants either. 37 host plants were classified with clustering analysis into 3 groups: favorite hosts, adaptive hosts and non-adaptive hosts. The results from clustering analysis were not accordant with host-domain hypothesis, because the close relative plants were classified to different clusters. It was found that, in a analysis of pair-samples mean comparing, the different bio-type of whitefly showed a significant difference in the host adaptation while the same bio-type whitefly population with different feeding experience showed the quite similar performance.

Key words: *Bemisia tabaci*; host adaptation; fecundity; ecological model

烟粉虱 *Bemisia tabaci* 是一种世界性分布的广食性昆虫, 1978 年报道的烟粉虱寄主植物达 74 科 420 多种^[1], 据估计目前已超过 600 种^[2-3], 新的寄主还在不断出现。烟粉虱除直接刺吸植株汁液导致植株衰弱外, 若虫和成虫还分泌蜜露, 可诱发煤污病等病害发生, 影响植物的光合作用, 严重时可导致植株死亡, 同时该虫还可传播 30 多种病毒, 引起 70 多种植

物病害^[4]。该虫繁殖能力极强, 在适宜的温度和寄主植物上, 1 头雌成虫一生产卵可达 300 粒以上, 一个世代仅 19 ~ 27 d, 因此具有极强的暴发潜力, 每年在全球造成的直接经济损失高达数十亿美元^[4-6]。在世界范围内的合作研究致力于通过综合治理的方法控制烟粉虱的蔓延和危害, 而生态控制是综合治理中最重要的方法之一^[7-8], 通过多年的研究, 烟粉虱的

收稿日期: 2006-09-10

作者简介: 安新城 (1970—), 男, 博士, E-mail: anxc@gdei.gd.cn

基金项目: 国家自然科学基金 (30400292)

生态防治策略已经取得了很大的进展,但是仍然需要进一步研究烟粉虱的生物学和生态学特性^[8-9]. 本文通过研究烟粉虱在不同寄主植物上产卵量的差异,评价了烟粉虱的繁殖力在不同寄主上的表现,并揭示了烟粉虱不同生物型在寄主适应性方面的内在差异性,从而为烟粉虱的综合治理提供有用的信息.

1 材料与方法

1.1 材料

寄主植物材料均采自华南农业大学校园自然生长或温室栽培的植物,全部选用幼嫩的第3或第4片新叶.

试验中用来研究产卵适应度的材料包括3个烟粉虱群体:第1个群体是在温室的甘蓝上饲养了超过10代的B型烟粉虱;第2个群体的烟粉虱来自于第1个群体,并饲养在黄瓜寄主上超过3代;第3个群体是饲养在温室内变叶木上超过5代的Cv型烟粉虱^[10].

1.2 方法

1.2.1 接虫方法 先制作水琼脂(5~10 g/L)平板若干个,将1片适当大小的寄主叶片的正面粘在平板上,仔细清除叶片上的异物,然后将一只透明塑料杯扣在平板上,将叶片封闭起来.应提前在塑料杯侧壁上用针刺许多小孔用来通风,并在塑料杯底部钻1个较大的孔方便接虫.然后用发酵管($r=2.5$ mm)接5对烟粉虱成虫到塑料杯内,再将接虫的塑料杯翻转(即叶背面朝下)后置于室内环境(温度25℃,RH 60%),3 d后镜检并记录产卵量,每个寄主种类为1个处理,每个处理8个重复,不同处理的叶面积应保持一致.

1.2.2 评价模型的建立 观察发现烟粉虱在自然情况下对产卵的寄主植物种类没有严格的选择性,资料显示烟粉虱的寄主评估行为与产卵行为并不相关,在不适宜的寄主上仍然会产卵^[11].虽然烟粉虱

能够在广泛的寄主植物上产卵,但是产卵量却因寄主植物种类的不同而有很大的差异,资料显示寄主植物的营养配比、次生化合物组成以及植物表面的物理性状是影响烟粉虱产卵量的主要因子^[12-14].本文设计的产卵效应评价模型是通过产卵量的变化来评估不同寄主植物对烟粉虱繁殖力的影响.从烟粉虱种群中随机抽取一定数量的成虫,在实验室条件下饲养在某种特定的寄主上,一段时间后测量产卵量,然后以平均值(m)和方差(V)对数的比值作为烟粉虱成虫产卵效应(O)的评价指标,即:

$$O = m/\ln V.$$

在试验中,选择5对烟粉虱成虫在特定寄主植物上3 d内的产卵数量作为测量指标.这个表现型涉及到烟粉虱的产卵偏好性、初始携卵量、对寄主叶片表面物理性状的反应、3 d内的营养平衡以及寄主植物次生化合物的影响等相关的因子.之所以要在评价模型中引入方差,是因为烟粉虱成虫的繁殖力在不适宜的寄主上存在很大个体差异,而且还能平抑均值的波动,使评价指标趋于稳定.对于产卵期间只有少量取食或不取食,以及具有分批集中产卵特性的昆虫就不适宜用这个表现型作为测量指标.

1.2.3 数据处理 使用SPSS 13.0统计软件处理数据,用配对样本 t 检验的方法比较3个群体的烟粉虱在相同寄主上产卵效应的差异;用中位数法(Median Clustering)根据欧氏距离平方(Squared Euclidean Distance)对黄瓜群体的37个寄主产卵适应度进行聚类分析.

2 结果与分析

甘蓝寄主的B型烟粉虱群体测量了10种寄主上的产卵量(表1),变叶木寄主的Cv生物型烟粉虱群体测量了7种寄主上的产卵量(表2),黄瓜寄主的B型烟粉虱群体测量了37种寄主的产卵量,并用产卵效应模型计算出产卵适应度(表3).

表1 B型烟粉虱甘蓝群体产卵效应统计

Tab. 1 Statistic of oviposition for B type population of *B. tabaci* from cabbage

寄主 host plant	产卵量 eggs	方差 variance	产卵效应 oviposition(O)
芙蓉 <i>Hibiscus mutabilis</i>	7.8 ± 1.3	12.50	3.07
柑橘 <i>Citrus madurensis</i>	36.0 ± 11.6	1 090.00	5.15
棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>	25.7 ± 3.4	93.07	5.68
扶桑 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	37.0 ± 4.4	156.57	7.32
野生一品红 <i>Euphorbia pulcherrima</i>	43.3 ± 6.7	364.50	7.33
玉豆 <i>Phaseolus vulgaris</i>	68.5 ± 9.8	778.57	10.29
番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	82.3 ± 11.0	971.64	11.96
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	110.7 ± 14.5	1671.36	14.92
油唛菜 <i>Lactuca sativa</i> var. <i>longifolia</i>	129.4 ± 11.6	1069.98	18.55
甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i>	145.3 ± 12.1	1171.64	20.56

表2 变叶木寄主 Cv 生物型烟粉虱群体产卵效应统计

Tab. 2 Statistic of oviposition for Cv type population of *B. tabaci*

寄主 host plant	产卵量 eggs	方差 variance	产卵效应 oviposition(O)
柑橘 <i>Citrus madurensis</i>	14.38 ± 5.30	224.84	2.65
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	14.75 ± 4.49	161.36	2.90
野生一品红 <i>Euphorbia pulcherrima</i> .	31.00 ± 6.60	348.57	5.30
扶桑 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	42.88 ± 6.31	318.98	7.44
变叶木 <i>Codiaeum variegatum</i> var. <i>pictum</i>	84.25 ± 9.83	773.36	12.67
油唛菜 <i>Lactuca sativa</i> var. <i>longifolia</i>	90.50 ± 9.47	717.71	13.76

表3 B型烟粉虱黄瓜群体的产卵效应统计

Tab. 3 Statistic of oviposition for B type population of *B. tabaci* from cucumber

寄主 host plant	产卵量 eggs	方差 variance	产卵效应 oviposition(O)
木瓜 <i>Carica papaya</i>	2.3 ± 0.8	5.07	1.39
变叶木 <i>Codiaeum variegatum</i> var. <i>pictum</i>	5.6 ± 10.4	19.70	1.89
红花羊蹄甲 <i>Bauhinia purpurea</i>	8.3 ± 2.7	56.21	2.05
蓖麻 <i>Ricinus communis</i>	13.9 ± 4.3	150.98	2.77
芙蓉 <i>Hibiscus mutabilis</i>	11.0 ± 2.1	39.00	3.00
厚果鸡血藤 <i>Millettia pochycarpa</i>	10.0 ± 1.5	16.86	3.54
烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	14.4 ± 2.3	41.70	3.85
白兰 <i>Michelia alba</i>	18.4 ± 3.7	107.41	3.93
木薯 <i>Manihot esculenta</i>	8.0 ± 0.9	7.43	3.99
蓝雪花 <i>Plumpago auriculata</i>	19.3 ± 3.7	113.64	4.07
海芋 <i>Alocasia macrorhiza</i>	23.3 ± 5.3	227.64	4.28
枸杞 <i>Lycium chinense</i>	30.0 ± 9.4	705.43	4.57
野生一品红 <i>Euphorbia pulcherrima</i>	45.1 ± 12.2	1 197.55	6.37
棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>	38.9 ± 5.2	220.98	7.20
柑橘 <i>Citrus madurensis</i>	49.9 ± 10.4	868.98	7.37
非洲山毛豆 <i>Tephrosia vogelii</i>	48.4 ± 7.6	400.62	8.08
黄槐 <i>Cassia surattensis</i>	42.8 ± 4.6	168.21	8.34
生菜 <i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>	64.8 ± 18.1	2 286.81	8.38
三叶草 <i>Trifolium repens</i>	36.0 ± 2.8	64.00	8.66
茄子 <i>Solanum melongena</i> var. <i>esculentum</i>	56.5 ± 5.5	242.86	10.29
玉豆 <i>Phaseolus vulgaris</i>	77.1 ± 14.9	1 790.70	10.30
菜心 <i>Brassica parachinensis</i>	65.9 ± 6.0	289.84	10.44
丝瓜 <i>Luffa cylindrical</i>	70.0 ± 9.7	749.71	10.57
黄秋葵 <i>Abelmoschus esculentus</i>	72.7 ± 10.7	909.36	10.68
辣椒 <i>Capsicum frutescens</i>	63.4 ± 5.8	239.29	11.58
花椰菜 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	65.9 ± 6.0	289.84	11.62
扶桑 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	55.9 ± 3.7	112.41	11.83
番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	107.7 ± 17.6	2 479.07	13.79
一品红 <i>Euphorbia pulcherrima</i>	115.1 ± 15.2	1 854.70	15.30
萝卜 <i>Raphanus sativus</i> var. <i>longipinnatus</i>	107.1 ± 11.4	1 043.55	15.41
番薯 <i>Dioscorea alata</i>	134.5 ± 16.3	2 141.71	17.54
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	133.3 ± 14.2	1 610.21	18.05
油唛菜 <i>Lactuca sativa</i> var. <i>longifolia</i>	134.7 ± 13.0	1 354.79	18.69
甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	162.3 ± 18.6	2 752.79	20.49
胜红蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	158.6 ± 14.4	1 659.13	21.40
牵牛 <i>Ipomoea nil</i>	132.6 ± 6.4	324.27	22.94
蟛蜞菊 <i>Wedelia chinensis</i>	166.4 ± 9.8	764.84	25.06

从表1~表3中可以看出,烟粉虱在不同寄主上的产卵适应度变异很大且呈连续分布,而且在所有供试寄主植物上都有不同程度的产卵量.根据模型计算出各个寄主的产卵适应度,从中可以看出产卵适应度最小的寄主是木瓜($O=1.39$),而产卵适应度最高的寄主则是蟛蜞菊($O=25.06$).

比较3个烟粉虱群体在相同寄主上的产卵适应度(表4),可以看出相同生物型的烟粉虱产卵适应度大致相似,但是在黄瓜寄主上饲养了3代之后,烟

粉虱在黄瓜寄主上的产卵适应度有明显提高.

用配对样本 t 检验的方法比较了3个群体的烟粉虱在相同寄主上产卵效应的差异(表5),可以看出黄瓜群体与甘蓝群体有明显的相似性,而Cv型烟粉虱则表现出较强的独特性,它与B型烟粉虱的黄瓜群体表现出明显差异($P=0.064$).通过中位数法,根据欧氏距离平方对黄瓜群体的37个寄主产卵适应度进行聚类分析(图1),可以按照适应度的大小将寄主分为3个类别:嗜好寄主、适宜寄主和非适宜

表4 三个烟粉虱群体在相同寄主上的产卵适应度比较
Tab.4 Comparing among three population of *B. tabaci* on same host plant

寄主 host	O 值 O value		
	黄瓜 <i>C. sativus</i>	甘蓝 <i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>	Cv 型 Cv type
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	18.05	14.92	2.90
扶桑 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	11.83	7.32	7.44
野生一品红 <i>Euphorbia pulcherrima</i>	6.37	7.33	5.30
柑橘 <i>Citrus madurensis</i>	7.37	5.15	2.65
油蔴菜 <i>Lactuca sativa</i> var. <i>longifolia</i>	18.69	18.55	13.76

表5 三个烟粉虱群体配对样本均值比较
Tab.5 Paired T test of three population of *B. tabaci*

配对样本 paired sample	平均差异 mean of difference	t	v	P
黄瓜-甘蓝 <i>C. sativus</i> - <i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>	1.81 $\pm$ 0.99	1.823	4	0.142
黄瓜-Cv <i>C. sativus</i> -Cv	6.05 $\pm$ 2.38	2.542	4	0.064
甘蓝-Cv <i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i> -Cv	4.24 $\pm$ 2.09	2.026	4	0.113



图1 烟粉虱产卵效应值为25步迭代聚类的树状图

Fig.1 Dendrogram of clustering O values with 25 iterates for whitefly

寄主.在所测的37个寄主当中,有7个属于嗜好寄主,11个属于适宜寄主,19个属于非适宜寄主.值得注意的是,亲缘关系很近的油唛菜($O = 18.69$)和生菜($O = 8.38$)分属于嗜好寄主和非适宜寄主,相似地,一品红的栽培种($O = 15.3$)和野生种($O = 6.37$)对烟粉虱的寄主适应性也有较大差异,分别属于适宜寄主和非适宜寄主.

4 讨论

烟粉虱成虫对产卵寄主植物缺乏严格的选择性在进化上存在很多好处,首先是为种群扩展寄主生态位提供了大量的机会,使种群对于任何一种新的寄主都存在适应的尝试,这对于广食性策略的昆虫来说具有重大的意义;其次,在广泛的寄主植物上产卵会打破由于寄主植物离散分布而形成的地理隔离,从而使得各个亚种群之间容易产生基因交流,大范围的基因交流无疑会扩充种群基因库中多样性的产生,从而提高种群适应环境的能力^[15].

寄主的次生化合物等防御措施通常对昆虫的发育具有负面影响^[13],但是烟粉虱种群的个体在寄主适应性上会表现出很大差异,在3 d的时间内,新转移的寄主会导致烟粉虱的一些个体产卵量下降或死亡,但另一些适应能力较强的个体则影响较小,这样,产卵量的平均值和方差就反映了这种变化,产卵效应模型就是以烟粉虱在特定寄主上的阶段性产卵量均值作为测量指标,从而对种群的产卵适应度进行较为综合的评估.本试验测试的寄主范围包括了杂草、蔬菜、园林植物和乔木几个类别,共17个科37种(变种)寄主植物.配对样本 t 检验的比较结果显示了不同取食背景的B型烟粉虱具有相似的寄主适应性,而不同生物型之间则差异较大,同时注意到烟粉虱在特定寄主上繁殖多代之后会提高该寄主的适应性.

根据烟粉虱在不同寄主上的产卵适应度水平,用聚类分析可以很好地将各种寄主分为3个类群:嗜好寄主、适宜寄主和非适宜寄主.另外,聚类的结果与适应域假说^[16]不符合,该假说认为植物的亲缘关系在种群的寄主适应过程中发挥着重要作用,而在黄瓜群体的37个产卵适应值中,亲缘关系很近的生菜和油唛菜、一品红的栽培种和野生种之间的寄主适应性都存在很大差异.

参考文献:

- [1] MOUND L, HALSEY S. Whitefly of the world: A systematic catalogue of the Aleyrodidae with host plant and natural enemy data[M]. London: British Museum and Chichester, 1978.
- [2] GREATHAED A. Host plant *Bemisia tabaci*, a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography[M]. London: C. A. B. International, 1986.
- [3] SECKER A, BEDFORD I, MARKHAM P. Squash, a reliable field indicator for the presence of B biotype of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* [C] // GERLING D. Crop Protection Conference: Pest and Disease. London: British Crop Protection Council, 1998:837-842.
- [4] BROWN J. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide [J]. FAO Plant Prot Bull, 1994, 42(1): 1-32.
- [5] PERRING T. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies [J]. Science, 1993, 259: 74-77.
- [6] DE BARRO P. Use of RAPD-PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* [J]. Austr J Entomol, 1997, 36: 149-152.
- [7] MURDOCH W W, BRIGGS C J. Theory for biological control: Recent developments [J]. Ecology, 1996, 77(7): 2001-2013.
- [8] OLIVEIRA M R, HENNEBERRY T J, et al. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci* [J]. Crop Protection, 2001, 20(9): 709-723.
- [9] REN Shun-xiang, WANG Zhen-zhong, QIU Bao-li, et al. The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies [J]. Entomol, 2001, 8(3): 279-288.
- [10] 邱宝利, 任顺祥, 温硕洋, 等. 中国3种不同生物型烟粉虱的种群DNA多态性研究[J]. 华南农业大学学报, 2006, 27(1): 29-33.
- [11] RUFUS I, MATTHEW C, DAVID N B. Host plant evaluation behaviour of *Bemisia tabaci* and its modification by external uptake of imidacloprid [J]. Physiol Entomol, 1999, 24: 101-108.
- [12] VAN LOON J A. Chemosensory basis of feeding and oviposition behaviour in herbivorous insects: A glance at the periphery [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1996, 80(1): 7-13.
- [13] VAN LOON J A, SCHOONHOVEN L M. Specialist deterrent chemoreceptors enable *Pieris caterpillars* to discriminate between chemically different deterrents [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1999, 91(1): 29-35.
- [14] GOINGUENE S P, STLER E, et al. Comparison of the sensitivity of four *Delia* species to host and non-host plant compounds [J]. Physiol Entomol, 2005, 30(1): 62-74.
- [15] MARTEL C, REJASSE A. Host-plant-associated genetic differentiation in North French populations of European corn borer [J]. Heredity, 2003, 90(2): 141-149.
- [16] EHRLICH P R, RAVEN P H. Butterflies and plants: a study in coevolution [J]. Evolution, 1964, 18: 586-608.

【责任编辑 周志红】