

取食经验对烟粉虱寄主适应性的影响

安新城¹, 任顺祥²

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

摘要:利用寄主适应性评价模型,研究了B型烟粉虱 *Bemisia tabaci* 种群在玉豆、扶桑、芙蓉和烟草4种寄主上连续多代的寄主适应性变化. 结果显示,烟粉虱种群能够随着取食经验的积累而快速提高寄主适应性水平,但是不同寄主之间存在很大的差异性. 寄主转移试验的结果则显示,烟粉虱通过取食经验获得的适应性改良不能够稳定遗传,说明烟粉虱种群在不改变遗传基础的情况下具备快速调节寄主适应性水平的能力.

关键词:烟粉虱; 寄主适应性; 取食经验; 模型

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2009)01-0027-04

The Effect of Feeding Experiences on Host Adaptation of *Bemisia tabaci*

AN Xin-cheng¹, REN Shun-xiang²

(1 Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China;

2 College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Host performance of whitefly, *Bemisia tabaci* on *Phaseolus vulgaris*, *Hibiscus mutabilis*, *Hibiscus rosa-sinensis* and *Nicotiana tabacum* were evaluated by the models developed previously. The results indicated that whitefly populations were able to improve the host performance dramatically since continuously feeding on particular host species, but the improving process was different among the host plants. With the host transferring experiments, the improved host performance by accumulation of feeding experience could not inherit, and the host performance would return to primary level as long as disappearing selection pressure. It was implicated that the whitefly populations could be able to adjust their host performance and have its host adaptation rapidly without any transformation of genetic structure.

Key words: *Bemisia tabaci*; host adaptation; feeding experience; model

烟粉虱 *Bemisia tabaci* 是一种世界性分布的危险害虫,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^[1]. 在过去的十几年中,全球经济一体化的发展使得植物材料在世界范围内频繁地进行贸易运输,这在很大程度上加速了烟粉虱的地理扩散,使其成为世界许多国家蔬菜、花卉和其他经济作物上重要的害虫,每年造成的直接经济损失高达数十亿美元^[1-3].

烟粉虱的食性极广,寄主植物种类目前已超过

600种^[4-5],新的寄主还不断被发现. 在烟粉虱与寄主植物相互关系的资料方面已经有了相当多的积累,特别是在寄主选择行为、胁迫因子及营养关系方面有一些深入的研究^[6-9],本文通过自行开发的评价模型^[10],研究了烟粉虱在不同寄主的转换过程中适应度的变化情况.

1 材料与方法

1.1 材料

试验用的植物材料来自于温室中生长状况良好的盆栽植物,植物种类包括甘蓝 *Brassica oleracea*

收稿日期: 2008-09-17

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

基金项目: 国家973项目(2006CB102005); 生物防治教育部工程研究中心开放基金(20070211)

var. *capitata*、玉豆 *Phaseolus vulgaris*、芙蓉 *Hibiscus mutabilis*、扶桑 *Hibiscus rosa-sinensis* 和烟草 *Nicotiana tabacum*。

试验用的昆虫是饲养在甘蓝植物上超过 10 代的 B 型烟粉虱。

1.2 方法

1.2.1 产卵量调查方法 先制作水琼脂平板(50~100 g/L 琼脂+水)若干个,将 1 片适当大小的寄主叶片正面粘在平板上,清除异物后将 1 只透明塑料杯扣在平板上,将叶片封闭起来。提前在塑料杯侧壁上插许多小孔用来通风,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)随机接 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)置于室内环境(温度 25 ℃、湿度 60%),3 d 后镜检并记录产卵量,每种寄主为 1 个处理,每个处理 8 个重复。

1.2.2 若虫存活率调查方法 在寄主植物上套上纱网,一次性接入成虫约 500 头,产卵 12 h 后将成虫移出,然后每株植物标记 3 片有卵的叶片,套上小纱网袋,待卵孵化后,每 3 d 调查 1 次,记录存活的若虫数量和最后羽化的数量,计算若虫的存活率。

1.2.3 连续多代试验 将玉豆、扶桑、芙蓉和烟草等 4 种盆栽植物放置在通风良好的网室中,用纱网将每种植物隔成 1 个封闭的空间阻止烟粉虱的迁移和天敌的进入。用吸虫管将在甘蓝上饲养了多代的烟粉虱种群分别一次性接入成虫大约 15 000 头,作为初始种群各自在 4 种寄主植物上连续多代繁殖,然后调查每个世代的烟粉虱分别在 4 种寄主上的成虫产卵量和若虫存活率(方法同 1.2.1 和 1.2.2)。每种寄主植物 2 个重复。

1.2.4 多代转移试验 首先测量在甘蓝寄主上饲养多代的烟粉虱种群对甘蓝寄主的寄主适应度,并将该种群转移到非适宜寄主扶桑上饲养 6 代,逐代调查寄主适应度的变化,然后将适应度提高的烟粉虱种群从扶桑寄主上再转移到甘蓝寄主上饲养 3 代,测量该种群在甘蓝寄主上的适应度变化,最后,再将该种群转移到扶桑寄主上,测量转移后的寄主适应度,观察烟粉虱种群在 2 种寄主上转换过程中的适应度变化。

1.2.5 数据处理 前期研究中,已经构建了 1 个能够精确评估植食性昆虫寄主适应性的评价模型^[10],并通过试验得到了验证,模型公式如下:

$$W = \ln\left(\frac{1 - e^{2000ml(ml/m_{\max}-1)}}{1 - e^{ml/m_{\max}-1}}\right),$$

式中, m 是植食性昆虫在特定寄主上的平均产卵量, l

为幼虫存活率, m_{\max} 是植食性昆虫在最适宜寄主上的最大产卵量。 W 代表植食性昆虫在某个特定寄主植物上的寄主适应度,暂时还没有确定单位名称,其生物学意义是在 2 000 个体的植食性昆虫种群中,初始频率为 1 的突变基因在某个特定的寄主选择压力下的固定概率与寄主适应度成反比的关系,固定概率越大,寄主适宜性越小,当固定概率为 100% 时, W 为 0。对于一个特定的植食性昆虫种群,其寄主适应度(W)有一个极大值,并且,特定的植食性昆虫在特定的寄主植物上,通过产卵量和存活率计算出来的寄主适应度相对稳定。

在本试验中,产卵量为 5 头雌虫在 3 d 内的产卵量总和,若虫存活率的调查基数不少于 2 000 粒卵。

W 为一个数值,无法在比较时利用方差进行统计检验,因此需要设定 1 个参考值作为 W 进行比较时的评判标准。因为每种植食性昆虫的寄主适应度极大值相对固定且容易获得,因此可设定极大值的 5% 作为参考值,即某一种群在 2 个寄主植物上的 W 差异超过极大值的 5% 时,认为具有明显差异;超过 10% 时,认为具有极显著差异。在本试验中,已知烟粉虱在甘蓝寄主上的 $W(1.79)$ 为最大值^[10],因此, W 差异超过 0.09 为显著差异,超过 0.18 为极显著差异。

2 结果与分析

从表 1 中可以看出,烟粉虱在第 1 代与第 6 代的寄主适应度(W)的差异都超过极大值的 10% ($W > 0.18$),说明烟粉虱种群在 4 种寄主上的寄主适应度都有显著提高,但是,随着世代的增长,不同寄主之间的表现却有差异,烟粉虱在玉豆寄主上的适应度提高最快,提高幅度达到极大值的 24% ($W = 0.44$),而在扶桑上却增长缓慢,在芙蓉寄主上甚至出现反复,值得注意的是,烟粉虱在芙蓉寄主上的起始适应度很低($W = 0.48$),但却能提高到与扶桑寄主相当的水平($W = 0.77$),可见烟粉虱种群的适应性有很强的可塑性。

从表 2 中可以看出,在甘蓝上饲养的烟粉虱种群,初转移到扶桑寄主上时表现出较低的适应性($W = 0.58$),经过 6 代的连续饲养之后,其寄主适应度有明显的提高,适应度差值达到极显著水平($W = 0.18$),但是这样获得的适应性是暂时的,当转移到甘蓝寄主上饲养了 3 代之后,烟粉虱对于扶桑的寄主适应度重新降低到原来的水平($W = 0.59$),这说明烟粉虱种群因取食经验而获得的适应性提高是遗传不稳定的,至少在短期内是如此。

表1 烟粉虱在4种寄主上连续多代的寄主适应度¹⁾

Tab. 1 Host performance of whitefly rearing on 4 hosts with generations

世代	寄主植物	产卵量/粒	成活率	寄主适应度(W)
1	玉豆 <i>Phaseolus vulgaris</i>	77.1 ± 14.9	0.72	0.72
	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	55.9 ± 3.7	0.59	0.60
	芙蓉 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	11.0 ± 2.1	0.64	0.48
	烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	14.4 ± 2.3	0.62	0.49
2	玉豆 <i>Phaseolus vulgaris</i>	106.54 ± 16.4	0.75	0.91
	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	63.2 ± 3.9	0.64	0.63
	芙蓉 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	23.21 ± 3.6	0.68	0.52
	烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	31.4 ± 3.6	0.66	0.54
3	玉豆 <i>Phaseolus vulgaris</i>	126.3 ± 16.6	0.84	1.19
	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	62.5 ± 3.6	0.66	0.64
	芙蓉 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	76.0 ± 6.1	0.78	0.75
	烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	48.2 ± 3.8	0.75	0.61
4	玉豆 <i>Phaseolus vulgaris</i>	121.4 ± 18.6	0.85	1.16
	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	71.5 ± 3.1	0.68	0.68
	芙蓉 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	63.0 ± 6.4	0.78	0.68
	烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	59.6 ± 5.1	0.82	0.68
5	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	75.6 ± 3.9	0.74	0.72
	芙蓉 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	87.0 ± 5.8	0.75	0.79
6	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	84.0 ± 4.2	0.80	0.80
	芙蓉 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	81.0 ± 6.7	0.78	0.77

1) 产卵量为5头雌虫3d的产卵量总和;成活率的调查基数不少于2000粒卵

表2 烟粉虱种群多代寄主转移的寄主适应度¹⁾

Tab. 2 Host performance of whitefly population with transferring host

世代	寄主植物	产卵量/粒	成活率	寄主适应度(W)
1	甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	158.7 ± 17.9	0.975	1.97
2	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	55.9 ± 3.7	0.592	0.58
3	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	63.2 ± 3.9	0.641	0.62
4	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	62.5 ± 3.6	0.663	0.62
5	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	71.5 ± 3.1	0.682	0.66
6	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	75.6 ± 3.9	0.740	0.69
7	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	84.0 ± 4.2	0.800	0.76
8	甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	124.3 ± 16.4	0.912	1.16
9	甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	156.7 ± 18.2	0.955	1.81
10	甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	166.7 ± 18.7	0.941	2.05
11	扶桑 <i>Hibiscus mutabilis</i>	51.5 ± 3.2	0.660	0.59

1) 评价模型中的最适宜产卵量沿用前期试验结果($m_{max} = 182$ 粒)

3 讨论与结论

作为广食性昆虫,烟粉虱种群在环境中需要应对多变和复杂的寄主生态位,本试验的结果可以看出,烟粉虱种群在寄主适应过程中具有良好的弹性,能够通过取食经验在短期内大幅度提高在特定寄主上的适应性,但是这种弹性显然在不同寄主上存在差异.另一个重要的结果是,烟粉虱种群通过取食经

验获得的适应性提高在遗传上是不稳定的,这一点与经典的进化理论是相违背的,但是与 Agrawal^[11]的试验结果一致,他在研究一种叶螨的寄主适应性时也发现新获得的适应性改良不能在遗传中固定下来. Trade-offs 理论认为对某种寄主的适应进化是基于遗传物质的改变,并且对另一种寄主的适应能力形成永久的阻碍^[12-13],这种现象在很多狭食性昆虫的寄主适应性研究中得到了证实^[14-15],但在广食性

昆虫中却没有得到明显的证据^[16-17]. 本研究的结果显示,烟粉虱能够通过取食经验迅速提高寄主的适应性表现,但这种适应性的改良是暂时性的,并不涉及遗传结构的改变,因此这种适应性的改良不属于进化事件,至于烟粉虱如何实现这样一种适应性的调节,还有待于进一步的研究.

参考文献:

- [1] 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.
- [2] PERRING T. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies [J]. Science, 1993, 259: 74-77.
- [3] DE BARRO P. Use of RAPD-PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* [J]. Australia Journal of Entomology, 1997, 36: 149-152.
- [4] GREATHAED A. Host plant, *Bemisia tabaci*, a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography [M]. London: CAB International, 1986.
- [5] 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. Pest and Disease. London: Brighton Crop Protection Conference, 1998: 837-842.
- [6] CARDOZA Y J, MCAUSLANE H J, WEBB S E. Effect of leaf age and silverleaf symptoms on oviposition site selection and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on zucchini [J]. Environmental Entomology, 2000, 29(2): 220-225.
- [7] BLACKMER J L, BYRNE D N, BLACKMER J L. Changes in amino acids in *Cucumis melo* in relation to life-history traits and flight propensity of *Bemisia tabaci* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1999, 93: 29-40.
- [8] MAYER R T, MCKENZIE C L, SHATTERS R. Multi-trophic interactions of the silverleaf whitefly, host plants, competing herbivores, and phytopathogens [J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2002, 51(4): 151-169.
- [9] ATTIQUE M R, RAFIQ M, GHAFAR A. Role of weed hosts in the population buildup of *Bemisia tabaci* (Gen.) (Aleyrodidae: Homoptera) and its carry over to cotton [J]. Pakistan Journal of Zoology, 2003, 35(2): 91-94.
- [10] AN X C, REN S X. The assessing system of host performance for herbivore populations [J]. Environmental Entomology, 2007, 36(4): 694-699.
- [11] AGRAWAL A. Host-range evolution: Adaptation and trade-offs in fitness of mites on alternative hosts [J]. Ecology, 2000, 81(2): 500-508.
- [12] FUTUYMA D J, MORENO G. The evolution of ecological specialization [J]. Annual Review of Ecology and System, 1988, 19: 207-234.
- [13] THOMPSON J N. The coevolutionary process [M]. Chicago: University of Chicago, 1994.
- [14] FRY J D. Trade-offs in fitness on different hosts: Evidence from a selection experiment with a phytophagous mite [J]. America Naturalist, 1990, 136: 569-580.
- [15] VIA S. The genetic structure of host plant adaptation in a spatial patchwork: Demographic variability among reciprocally transplanted pea aphid clones [J]. Evolution, 1991, 45: 827-852.
- [16] THOMPSON J N. Trade-offs in larval performance on normal and novel hosts [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1996, 80: 133-139.
- [17] ABRAHAMSON W G, WEIS A E. Evolutionary ecology across three trophic levels [M]. Princeton: Princeton University Press, 1997.

【责任编辑 周志红】

· 喜讯 ·

《华南农业大学学报》荣获第二届中国高校精品科技期刊

受教育部科技司委托,中国高等学校自然科学学报研究会于2008年5月组织开展了第二届中国高校精品、优秀、特色科技期刊评比活动. 本次活动共有453家高校科技期刊参加评比,经专家评审,共评出精品科技期刊76种,其中中文期刊67种,英文期刊9种. 《华南农业大学学报》在本次评比中再次被评为“中国高校精品科技期刊”,广东省共有3种期刊获此殊荣,另外2种期刊是《南方医科大学学报》和《中山大学学报(自然科学版)》. 本次评出的精品科技期刊他引率均超过80%,总被引频次、影响因子排在国内同类期刊二分之一位置以上.

《华南农业大学学报》编辑部