

光照和寄主叶龄对烟粉虱产卵和取食行为的影响

安新城^{1,2}, 任顺祥¹, 沙海潮³

(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;
3 广州穗监工程质量安全检测中心, 广东 广州 510150)

摘要:从烟粉虱的寄主行为出发,研究了光照和寄主叶龄对烟粉虱取食过程的影响. 结果发现,烟粉虱雌成虫的取食行为居于优势地位,强烈影响着烟粉虱的产卵和交配行为. 产卵行为在时间上不独立,是与取食行为共同发生的,而烟粉虱的取食偏好性是导致不同叶龄之间产卵分布差异的主要因素. 光照因子能够诱导烟粉虱雄成虫的求偶行为,但没有发现雌成虫对光照变化的行为反应. 分析认为取食行为占主导地位是由于广食性的烟粉虱在寄主适应过程中更多地依赖于种群的繁殖力,而不是生理适应的专化性.

关键词:烟粉虱; 行为; 光照; 叶龄

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2007)03-0024-04

Effects of Light and Host Leaf Ages on Oviposition and Feeding Behavior of *Bemisia tabaci*

AN Xin-cheng^{1,2}, REN Shun-xiang¹, SHA Hai-chao³

(1 College of Resources and Environment, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China; 2 Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China; 3 Guangzhou Suijian Project Quality Inspection Center, Guangzhou 510150, China)

Abstract: The effects of light intension and leaf age on feeding process of the whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennaidus), were studied. It was found that the feeding behavior of the whitefly was dominant among other activities and strongly affected oviposition and mating behavior of whitefly. The oviposition behavior was not independent and occurred with feeding behavior together. The feeding preference was major cause of eggs distribution on host leaves with different ages. Intensive light could induce mating behavior of male, however, the female had no this response. It also was revealed from the results that the dominant feeding behavior was resulted from whitefly as a generalist relying mainly on population fecundity for host adaptation instead of the physiological specialization.

Key words: *Bemisia tabaci*; behavior; light intension; leaf ages

烟粉虱 *Bemisia tabaci* 是一种世界性分布的危险性害虫,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,加速了烟粉虱的地理扩散,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]. 烟粉虱的寄主植物十分广泛,1978年报道的烟粉虱寄主植物包括棉花、甘蓝、番茄、黄瓜等74科420多种^[4],据估计目前已

超过600种^[2,5],新的寄主还在不断出现. 烟粉虱能够异常快速地适应新奇主植物的特性已经引起了学者们的广泛关注,对其生理、生态和分子水平的寄主适应性研究正在展开,并在寄主评估、水分胁迫及植物的诱导抗性方面积累了许多有价值的信息^[6-8],但总体来说,仍然处于探索阶段. 本文从烟粉虱的寄主行为出发,探讨了光照和寄主叶龄对烟粉虱取食和产卵行为的影响,并从寄主适应性的行为交易角度

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)

进行了分析。

1 材料与方 法

1.1 材 料

温室中管理的盆栽甘蓝 *Brassica oleracea* var. *capitata* 和扶桑 *Hibiscus rosa-sinensis*; 在甘蓝寄主上饲养了 10 代以上的 B 型烟粉虱 *Bemisia tabaci*。

1.2 方 法

从盆栽的扶桑寄主上摘取健康的叶片, 根据幼嫩程度分为老龄、中龄和幼龄 3 种叶片。刚刚展开的第 3 片新叶为幼龄叶片, 完全展开但是叶色尚浅的第 5、6 片叶为中龄叶片, 扶桑枝条下部颜色较深的叶片为老龄叶片, 将摘取的叶片用毛笔清理干净待用。

1.2.1 产卵偏好性测定 将叶片正面粘贴在水琼脂平板上, 将刺了许多小孔的塑料杯罩在叶片上, 提前在底部钻 1 个较大的孔用来接虫。用发酵管 ($r = 2.5$ mm, 下同) 接入 5 对烟粉虱成虫, 翻转后 (叶背面朝下) 置于室内条件 (温度 25 °C, RH 60%) 下, 3 d 后计数叶片上的产卵量, 共有老龄、中龄和幼龄 3 个处理, 每个处理 8 个重复。

1.2.2 取食偏好性测定 将叶片正面粘贴在水琼脂平板上, 将刺了许多小孔的塑料杯罩在叶片上, 用发酵管接入 20 头烟粉虱成虫, 在解剖镜下观察烟粉虱的行为, 计数在叶面上固定取食的成虫数量, 每 10 min 记录 1 次, 共记录 4 次。共有老龄、中龄和幼龄 3 个处理, 每个处理 8 个重复。

1.2.3 光刺激行为观察 在双目解剖镜下观察烟

粉虱在不同光强度下的行为反应。

1.2.4 光刺激行为比较 小心从甘蓝植株上剪下 1 片有较多烟粉虱成虫的叶片, 置于带有照明系统的解剖镜 (奥林巴斯, 型号: SZX7) 下, 开启上部的灯光, 调节光的强度, 设置强光 (100 000 lx)、中光 (10 000 lx) 和弱光 (300 lx) 3 个处理, 每 2 min 观察 1 次, 每次观察 1 min, 记录视野中雄成虫的光反应行为, 每个处理观察 20 次, 处理与处理之间间隔 10 min, 关闭灯光, 避免由光照产生的热效应的影响。

2 结果与分析

烟粉虱对于寄主叶龄的产卵偏好性和取食偏好性是趋于一致的 (表 1 ~ 3), 烟粉虱倾向于在幼龄和中龄的叶片上取食和产卵, 而不倾向于在老龄的叶片上取食和产卵, 烟粉虱在幼龄和中龄叶片上的产卵和取食没有显著差异。

观察发现, 烟粉虱的雄成虫在叶面上爬行时, 如果遇到正在取食的雌成虫, 就会用触角或前足进行试探, 并停留在雌成虫的旁边, 其触角通常与雌成虫的前胸背板相接触。在光强度较弱的情况下, 雄成虫与雌成虫通常并排取食, 相互之间并不干扰; 当光强度增加时, 观察到雄成虫的取食行为减少, 在叶面上的活动增加, 并排取食的雄成虫会不断用前翅拍打旁边正在取食的雌成虫。雄成虫的拍翅行为是间歇式的, 每次拍翅的时间和停顿时间并不一定。同时, 也观察到雄成虫不仅用前翅拍打雌成虫, 有时也拍打靠近的其他雄成虫, 可以理解作为一种雄成虫之间的竞争行为。

表 1 烟粉虱不同叶龄的产卵偏好性方差分析

Tab. 1 ANOVA of oviposition for whitefly on leaves with different ages

处理 treatment	差异来源 various source	产卵量 eggs	SS	ν	MS	F	P
幼龄叶 young leaf	组间	56.00 ± 5.29	6 121.33	2	3 060.67	16.94	<0.001
中龄叶 medium leaf	组内	48.50 ± 6.00	3 794.00	21	180.67		
老龄叶 old leaf	总方差	19.00 ± 5.48	9 915.33	23			

表 2 烟粉虱不同叶龄的取食偏好性方差分析

Tab. 2 ANOVA of feeding preference for whitefly on leaves with different ages

处理 treatment	差异来源 various source	成虫数量 adults	SS	ν	MS	F	P
幼龄叶 young leaf	组间	1.88 ± 0.44	18.58	2	9.29	6.35	0.007
中龄叶 medium leaf	组内	2.63 ± 0.53	30.75	21	1.46		
老龄叶 old leaf	总方差	0.50 ± 0.27	49.33	23			

表3 烟粉虱产卵和取食偏好性的 LSD 多重比较¹⁾

Tab. 3 LSD multiple comparison of feeding preference for whitefly

叶龄 leaf age		产卵 oviposition		取食 feeding	
I	J	$M \pm SE$	P	$M \pm SE$	P
幼龄叶 young	中龄叶 medium	7.50 ± 6.72	0.277	-0.75 ± 0.61	0.229
幼龄叶 young	老龄叶 old	37.00 ± 6.72 *	<0.001	1.38 ± 0.61 *	0.034
中龄叶 medium	幼龄叶 young	-7.50 ± 6.72	0.277	0.75 ± 0.61	0.229
中龄叶 medium	老龄叶 old	29.50 ± 6.72 *	<0.001	2.13 ± 0.61 *	0.002
老龄叶 old	幼龄叶 young	-37.00 ± 6.72 *	<0.001	-1.38 ± 0.61 *	0.034
老龄叶 old	中龄叶 medium	-29.50 ± 6.72 *	<0.001	-2.13 ± 0.61 *	0.002

1) *表示I项与J项差异显著($P < 0.05$)

对雄成虫在不同光照强度下拍翅行为的统计和分析结果(表4、5)表明,在3种不同程度的光照强度下,雄成虫拍翅行为的频率都有显著差异,尤其是在

强光条件下,雄成虫的拍翅行为显著增加,这说明光照强度能够显著增加雄成虫对雌成虫的拍翅行为。

表4 烟粉虱雄成虫光刺激方差分析

Tab. 4 ANOVA of light stimulation for whitefly male adults

处理 treatment	差异来源 various source	光刺激反应 light response/(次·min ⁻¹)	SS	ν	MS	F	P
强光 high	组间	14.50 ± 0.93	717.87	2	358.93	54.35	<0.001
中光 medium	组内	6.10 ± 0.94	178.3	57	6.6		
弱光 low	总方差	2.90 ± 0.48	896.17	59			

表5 烟粉虱雄成虫光刺激反应的 LSD 多重比较¹⁾

Tab. 5 LSD multiple comparison of light stimulation for whitefly male adults

光处理 light treatment		$M \pm SE$	P
I	J		
强光 high	中光 medium	8.4 ± 1.15 *	<0.001
强光 high	弱光 low	11.6 ± 1.15 *	<0.001
中光 medium	强光 high	-8.4 ± 1.15 *	<0.001
中光 medium	弱光 low	3.2 ± 1.15 *	0.010
弱光 low	强光 high	-11.6 ± 1.15 *	<0.001
弱光 low	中光 medium	-3.2 ± 1.15 *	0.010

1) *表示I项与J项差异显著($P < 0.05$)

3 讨论

烟粉虱是极端广食性昆虫,但是烟粉虱在不同寄主之间仍然存在着显著的偏好性,影响烟粉虱寄主选择的因子主要有植物的物理性状、次生化合物组成以及寄主的营养质量^[9],研究表明烟粉虱主要是通过口针的刺探行为对寄主质量进行评估,并逐渐转移到适宜度较高的寄主植物上,但是试验也发现烟粉虱在含有较高毒性的植物叶片上也同样产

卵,即烟粉虱在寄主植物种类之间缺乏产卵选择性^[10],而本试验的结果则显示这种现象是因为烟粉虱成虫的产卵行为与取食行为密切相关的缘故。Cardoza 等^[11]的试验也从另一个角度支持了这个结果,他在研究烟粉虱对寄主不同叶龄的反应时发现,虽然成虫的产卵量和着落率都显著地偏好于幼嫩的新叶,但是老叶与新叶之间在若虫的存活率和发育时间上并没有显著的差异,这说明新叶与老叶对烟粉虱的影响是相似的,只是因为取食偏好性导致了产卵的差异性。

已有的研究表明烟粉虱具有强烈的趋黄性,同时绿光也能诱导烟粉虱的飞行行为^[12],而本试验的结果显示,强烈的白光能够诱导烟粉虱雄成虫的求偶行为,而在求偶过程中雌成虫始终处于被动地位,搜索配偶和求偶行为都是由雄成虫来完成的。

综合来看,烟粉虱雌成虫的取食行为在全部行为过程中居于主导地位,影响着烟粉虱的产卵和交配行为。分析认为,烟粉虱雌成虫将取食作为优势行为是为了在有限的时间内最大限度地积累营养物质用来产卵,以个体的繁殖最大化策略提高种群生存

的能力. Trade-off 理论认为对某种寄主的适应进化是基于遗传物质的改变,并且会对另一种寄主的适应能力形成永久的阻碍^[13],这实际上是一种基于生理专化性的交易现象,而本试验的结果显示,与狭食性昆虫的生理交易不同,广食性的烟粉虱在寄主适应过程中可能更倾向于依赖种群的繁殖力,因此表现为在时间资源的分配上以取食行为占主导地位的行为交易.

参考文献:

- [1] PERRING T. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies[J]. *Science*, 1993, 259: 74-77.
- [2] 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. Brighton Crop Protection Conference: Pest and Disease. London: British Crop Protection Council, 1998: 837-842.
- [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] 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, 1978:340.
- [5] GREATHAED A. Host plant, *Bemisia tabaci*, a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography[M]. London: C. A. B. International, 1986.
- [6] BERNAYS E A. When host choice is a problem for a generalist herbivore: Experiments with the whitefly, *Bemisia tabaci*[J]. *Ecological Entomology*, 1999, 24(3): 260-267
- [7] ISAACS R, BYRNE D N, HENDRIX D L. Feeding rates and carbohydrate metabolism by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on different quality phloem saps[J]. *Physiological Entomology*, 1998, 23(3): 241-248.
- [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] BYRNE D N, BELLOWS T S. Whitefly biology[J]. *Annual Review of Entomology*, 1991, 36:431-457.
- [10] CAHILL M, ISAACS R, BYRNE D N. Host plant evaluation behavior of *Bemisia tabaci* and its modification by external or internal uptake of imidacloprid[J]. *Physiological Entomology*, 1999, 24(2): 101-108.
- [11] 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.
- [12] ISAACS R, WILLIS M A, BYRNE D N. Modulation of whitefly take-off and flight orientation by wind speed and visual cues[J]. *Physiological Entomology*, 1999, 24(4): 311-319.
- [13] FUTUYMA D J, MORENO G. The evolution of ecological specialization[J]. *Annual Review of Ecology and System*, 1988, 19: 207-234.

【责任编辑 周志红】