

寄主植物对 B 型烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 几种主要解毒酶活性的影响

安志兰^{1,2}, 褚 栋^{1,*}, 郭笃发², 范仲学¹, 陶云荔¹, 刘国霞¹, 张友军³

(1. 山东省农业科学院高新技术研究中心, 济南 250100; 2. 山东师范大学人口资源与环境学院, 济南 250014;

3. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要: 研究测定了棉花、一品红、茄子和番茄 4 个 B 型烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 种群 α -NA 羧酸酯酶、 β -NA 羧酸酯酶、乙酰胆碱酯酶和谷胱甘肽 S-转移酶活性。结果表明: α -NA 羧酸酯酶活性与 β -NA 羧酸酯酶活性比值均大于 1, 说明 B 型烟粉虱水解 α -NA 的能力高于对 β -NA 的水解能力; B 型烟粉虱不同寄主种群 α -NA 羧酸酯酶、 β -NA 羧酸酯酶活性个体分布频率均存在一定差异。B 型烟粉虱番茄种群羧酸酯酶活性最高 (93.06 mOD/(mg protein·min)), 是棉花种群的 1.49 倍。B 型烟粉虱茄子种群乙酰胆碱酯酶活性明显高于其他寄主种群, 达极显著差异水平 ($p < 0.01$); 茄子种群乙酰胆碱酯酶活性分布频率在 $> 4\text{U/mg protein}$ 区间段的分布高达 85%, 与其他 3 个寄主种群分布明显不同。B 型烟粉虱茄子种群谷胱甘肽 S-转移酶活性最高, 与其他 3 个寄主种群间的差异达极显著水平 ($p < 0.01$)。上述结果表明, B 型烟粉虱主要解毒酶活性在不同的寄主植物上具有一定的生理可塑性。研究有利于揭示该害虫寄主范围广和寄主适应性强的生理生态学基础。

关键词: B 型烟粉虱 (*Bemisia tabaci*); 寄主植物; 羧酸酯酶; 乙酰胆碱酯酶; 谷胱甘肽 S-转移酶; 生理可塑性

文章编号: 1000-0933(2008)04-1536-08 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Effects of host plant on activities of some detoxification enzymes in *Bemisia tabaci* biotype B

AN Zhi-Lan^{1,2}, CHU Dong^{1,*}, GUO Du-Fa², FAN Zhong-Xue¹, TAO Yun-Li¹, LIU Guo-Xia¹, ZHANG You-Jun³

1 High-Tech Research Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan 250100, China

2 College of Population Resource and Environment, Shandong Normal University, Ji'nan 250014, China

3 Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(4): 1536 ~ 1543.

Abstract: The activities of α -NA carboxylesterase, β -NA carboxylesterase, acetylcholinesterase and glutathione S-transferase in laboratory populations of the whitefly *Bemisia tabaci* biotype B reared on cotton, poinsettia, eggplant and tomato were examined. The ratio of α -NA carboxylesterase activity compared to β -NA carboxylesterase activity in all populations was found to be greater than 1. Further, hydrolyzation to the α -NA form was greater than the β -NA form in all

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2002CB111400); 国家自然科学基金资助项目 (30500331); 北京市自然科学基金资助项目 (6062024); 山东省农业科学院创新基金资助项目 (2007YCX030, 2005YQ032)

收稿日期: 2006-12-28; **修订日期:** 2007-08-23

作者简介: 安志兰 (1979 ~), 女, 河北保定人, 硕士, 主要从事环境安全研究. E-mail: jnanzhilan@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chinachudong@sina.com.cn

致谢: 美国亚利桑那州大学 Judith K Brown 教授润色英文摘要, 特此感谢!

Foundation item: The project was financially supported by Key Project of Chinese National Programs for Fundamental Research and Development (No. 2002CB111400); National Natural Science Foundation of China (No. 30500331); Beijing Municipal Natural Science Foundation (No. 6062024); Innovation Foundations of Shandong Academy of Agricultural Sciences (No. 2007YCX030, 2005YQ032)

Received date: 2006-12-28; **Accepted date:** 2007-08-23

Biography: AN Zhi-Lan, Master, mainly engaged in environmental security research. E-mail: jnanzhilan@126.com

4 host populations. The frequency of α -NA and β -NA carboxylesterase activity in *B. tabaci* biotype B also differed between the four populations. The carboxylesterase activity for the tomato population was the highest at 93.06 mOD/(mg protein·min), or 1.49 times greater than that for the cotton population. Acetylcholinesterase activity for the eggplant population was significantly ($p < 0.01$) higher compared to the other 3 host populations. The frequency of acetylcholinesterase activity at > 4 U/mg protein in the eggplant population was 85%, which was obviously different with the other 3 host populations. The glutathione S-transferase activity of the eggplant population was the highest among the 4 host populations. The difference of glutathione S-transferase activity between populations on eggplant and the other 3 was significant ($p < 0.01$) at > 170 U/mg protein. These results indicate that the detoxification enzymes in *B. tabaci* biotype B reared on different host plants are indicative of physiological plasticity, suggesting an ecophysiological basis for the high degree of polyphagy observed for the biotype B.

Key Words: *Bemisia tabaci* biotype B; host plant; carboxylesterase; acetylcholinesterase; glutathione S-transferase; physiological plasticity

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 是一种重要的农业害虫,它是由许多具有一定遗传分化的种群组成的复合种^[1,2]。一些具有明显遗传分化的种群被命名为生物型(biotype)或寄主宗(host race)^[3,4]。其中,B 型烟粉虱是为害最严重的世界性入侵生物型,与其他生物型相比,其寄主范围广、产卵量大、传播病毒强^[5]。研究表明,B 型烟粉虱可能起源于北非、中东或阿拉伯半岛地区^[1,2]。近 20a 来,该生物型已入侵美国、哥伦比亚、巴西、澳大利亚、韩国等国家^[5],造成巨大的经济损失。仅美国加利福尼亚英佩瑞尔河谷(Imperial Valley)地区,1991~1995 年间每年经济损失超过 1 亿美元^[6]。烟粉虱在我国许多省份很早就有记载^[7],但一直没有造成较大危害,未被列入主要害虫。然而,自 20 世纪 90 年代以来,烟粉虱在我国局部地区暴发成灾^[8],现已成为我国蔬菜、花卉和一些经济作物上的重要害虫^[9]。分子标记证明这些猖獗发生的烟粉虱主要是入侵我国的 B 型烟粉虱^[10~13]。

近年来,B 型烟粉虱的入侵机制成为世界各国研究的热点。资料表明,B 型烟粉虱的成功入侵可能与该生物型对寄主植物的适应、抗药性的形成以及对土著烟粉虱的竞争置换等密切相关^[5,9]。其中,对寄主植物的适应主要有行为适应和生理适应,前者主要表现在取食和产卵嗜好性的形成,后者主要表现为避免植物化学防御物质的特殊取食方式、次生物质的分泌和表型结构的变化以及对寄主植物营养需求的调控^[9]。目前关于实验室可控条件下烟粉虱对不同寄主植物行为适应的研究已有许多报道^[14~18];在生理适应方面,雷芳等^[19]研究了 B 型烟粉虱在寄主转换时海藻糖含量和海藻糖酶活性的响应,探讨了 B 型烟粉虱对寄主转换的生理适应机制。

羧酸酯酶(Carboxylesterase, CarE)、乙酰胆碱酯酶(Acetylcholinesterase, AChE)和谷胱甘肽 S-转移酶(Glutathione S-transferase, GSTs)对昆虫分解外源毒物、维持正常生理代谢起重要作用^[20]。已有研究表明,许多昆虫上述几种解毒酶可受不同寄主植物或次生物质的影响而变化^[21~27]。本文拟分析 B 型烟粉虱成虫体内这几种解毒酶在不同寄主植物上的差异,探讨 B 型烟粉虱不同寄主种群体内解毒酶的变化与响应,旨在从昆虫对寄主植物生理适应的角度来揭示 B 型烟粉虱的入侵机制。

1 材料和方法

1.1 供试昆虫及植物

烟粉虱室内续代饲养,参照褚栋等^[13]方法经线粒体 DNA 细胞色素氧化酶 I 基因序列(mtDNA COI)鉴定为 B 生物型。供试植物棉花、一品红、茄子和番茄均由本实验室种植。温度为 $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度(RH)为 70%~80%,光周期为 L:D=14:10。

1.2 解毒酶活性的测定

(1)羧酸酯酶活性的测定 参照高希武^[23]方法并加以改进,取单头烟粉虱,加 500 ml 预冷的 0.04 mol/L

磷酸缓冲液(PBS)(pH0.7),冰浴匀浆,匀浆液在 12000 r/min 下离心 15 min(4℃),取上清液作为酶液。取 3.6 ml α -NA 或 β -NA(3×10^{-4} mol/L),0.9 mL 抑制剂,0.1 ml 酶液混匀,置 30℃ 水浴 15 min 后,加 1 ml DBLS 试剂(1% 固蓝 B 与 5% 十二烷基硫酸钠以 2:5 混合),反应 15 min 后,用 DU640 紫外-可见分光光度计测 OD₆₀₀(α -NA)或 OD₅₅₅(β -NA)。每个处理 20 次重复。

(2) 乙酰胆碱酯酶(AChE)活性测定 参照张莹等^[28]方法并加以改进,取单头烟粉虱,加 100 μ L 预冷的 0.1 mol/L PBS(pH7.5),冰浴中匀浆,匀浆液在 12000 r/min 下离心 15 min(4℃),取上清液作为酶液。活性测定按 AChE 试剂盒(南京建成生物工程研究所)说明书进行,以每毫克组织蛋白在 37℃ 保温 6 min,水解反应体系中 1 μ mol 基质为 1 个活力单位(U)。每个处理 20 次重复。

(3) 谷胱甘肽 S-转移酶(GSTs)活性测定 参照何林等^[27]方法并加以改进,取单头烟粉虱,加 0.1 ml 预冷 0.1 mol/L PBS(pH 6.5),冰浴中匀浆,匀浆液于 10000 r/min 下离心 10 min(4℃),取上清液冰浴待测。活性测定按 GSTs 试剂盒(南京建成生物工程研究所)说明书进行,以每毫克组织蛋白在 37℃ 反应 1 min 扣除非酶促反应,使反应体系中 GSH 浓度降低 1 μ mol/L 为 1 个活力单位(U)。每个处理 18 次重复。

(4) 蛋白质浓度的测定 采用考马斯亮兰法。

1.3 数据处理

数据采用 SPSS10.0 软件进行方差分析、*t* 测验和 Duncan 多重比较等统计分析,所用数据为平均值 $\pm$ 标准误差(mean $\pm$ SE)。

2 结果与分析

2.1 寄主植物对 B 型烟粉虱羧酸酯酶(CarE)活性的影响

2.1.1 对 α -NA 羧酸酯酶活性均值和个体分布频率的影响

B 型烟粉虱棉花种群 α -NA 羧酸酯酶活性最低(38.15 mOD/(mg protein·min)),其次为茄子种群(54.09 mOD/(mg protein·min))和一品红种群(55.30 mOD/(mg protein·min)),番茄种群最高(59.27 mOD/(mg protein·min))。B 型烟粉虱番茄种群 α -NA 羧酸酯酶活性是棉花种群的 1.55 倍,棉花种群 α -NA 羧酸酯酶活性与其他 3 个寄主种群的差异均达极显著水平($p < 0.01$),而其他 3 个寄主种群间无显著差异(表 1)。

B 型烟粉虱不同寄主种群 α -NA 羧酸酯酶活性个体分布频率有一定差异(图 1)。B 型烟粉虱棉花种群 α -NA 羧酸酯酶活性在 4 个区间段的分布频率分别为 50%、45%、5%和 0,由此表明棉花种群 α -NA 羧酸酯酶活性主要分布在 < 60 mOD/(mg protein·min) 区间段,分布频率为 95%。B 型烟粉虱一品红种群 α -NA 羧酸酯酶活性主要分布在 40~60 mOD/(mg protein·min) 区间段,分布频率为 50%,在其他区间段的分布集中在 10%~20% 之间。B 型烟粉虱番茄种群 α -NA 羧酸酯酶活性在各个区间段分布比较均匀,分布频率集中在 20%~30% 之间。B 型烟粉虱茄子种群 α -NA 羧酸酯酶活性在各个区间段的分布频率为 35%、15%、40% 和 10%,可见其分布主要在 60~80 mOD/(mg protein·min) 和 < 40 mOD/(mg protein·min) 区间段(图 1)。

2.1.2 对 β -NA 羧酸酯酶活性均值和个体分布频率的影响

B 型烟粉虱茄子种群 β -NA 羧酸酯酶活性最低(20.73 mOD/(mg protein·min)),其次为棉花种群(24.20 mOD/(mg protein·min))和一品红种群(27.52 mOD/(mg protein·min)),番茄种群最高(33.79 mOD/(mg protein·min))。B 型烟粉虱番茄种群 β -NA 羧酸酯酶活性是茄子种群的 1.63 倍,2 者之间差异达极显著水平($p < 0.01$);棉花种群 β -NA 羧酸酯酶活性与番茄种群的差异达显著水平($p < 0.05$)(表 1)。

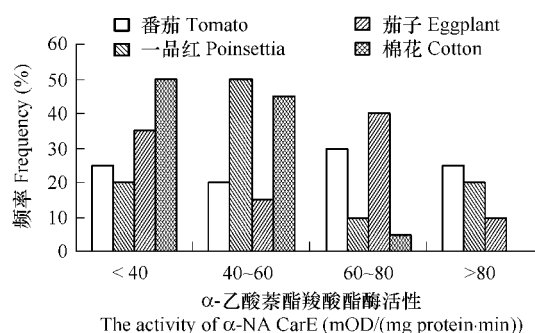


图 1 B 型烟粉虱不同寄主种群 α -NA 羧酸酯酶活性个体分布频率

Fig. 1 Individual distribution of activities of α -NA CarE in *Bemisia tabaci* biotype B on different host plants

表 1 B 型烟粉虱不同寄主种群 α -NA、 β -NA 羧酸酯酶活性比较Table 1 Comparison of the activities of α -NACarE and β -NACarE in *Bemisia tabaci* biotype B on different host plants

寄主植物 Host plant	α -NA 羧酸酯酶 α -NA CarE		β -NA 羧酸酯酶 β -NACarE	
	活性 Activity mOD/(mg protein·min)	比值 Ratio	活性 Activity mOD/(mg protein·min)	比值 Ratio
番茄 Tomato	59.27 ± 6.34bB	1.55	33.79 ± 3.53bB	1.63
一品红 Poinsettia	55.30 ± 5.33bB	1.45	27.52 ± 4.42abAB	1.33
茄子 Eggplant	54.09 ± 6.61bB	1.42	20.73 ± 3.67aA	1
棉花 Cotton	38.15 ± 3.56aA	1	24.20 ± 2.09aAB	1.17

表中活性值为平均值 ± 标准误,同一列数据后具有不同小写英文字母或大写英文字母的平均数之间差异达到显著($p < 0.05$)或极显著($p < 0.01$)水平,下同 Activity data are mean ± SE, and those in a column followed by the different small letter or capital letter are significantly different at $p < 0.05$ or $p < 0.01$ level, respectively; the same below

B 型烟粉虱不同寄主种群 β -NA 羧酸酯酶活性个体分布频率如下: B 型烟粉虱茄子种群和棉花种群 β -NA 羧酸酯酶活性在各个区间段的分布频率分别为 60%、25%、0、15% 和 35%、40%、20%、5%, 由此可见, B 型烟粉虱茄子种群和棉花种群 β -NA 羧酸酯酶活性主要分布在 < 30 mOD/(mg protein·min) 区间, 分布频率分别为 85% 和 75%。B 型烟粉虱番茄种群 β -NA 羧酸酯酶活性主要分布在 $30 \sim 40$ mOD/(mg protein·min) 之间, 分布频率为 45%。B 型烟粉虱一品红种群 β -NA 羧酸酯酶活性主要分布在 < 20 mOD/(mg protein·min), 分布频率为 50%, 在 > 40 mOD/(mg protein·min) 区间段分布频率也相对较高(图 2)。

2.1.3 对 B 型烟粉虱 CarE 活性的影响

B 型烟粉虱棉花种群 CarE 活性最低(62.35 mOD/(mg protein·min)), 其次为茄子种群(74.82 mOD/(mg protein·min)) 和一品红种群(82.83 mOD/(mg protein·min)), 番茄种群最高(93.06 mOD/(mg protein·min))。B 型烟粉虱番茄种群、一品红种群和茄子种群 CarE 活性分别是棉花种群的 1.49 倍、1.33 倍和 1.20 倍。(表 2)。

表 2 B 型烟粉虱不同寄主种群羧酸酯酶活性比较

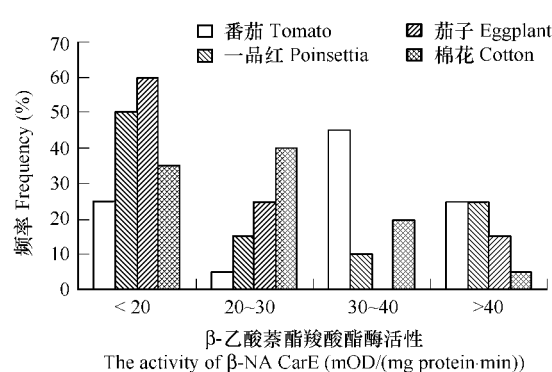
Table 2 Comparison of the activities of CarE in *Bemisia tabaci* biotype B on different host plants

寄主植物 Host plant	活性 * Total activity *		活性比值 ** Specific activity **	羧酸酯酶类型比例 The proportion of CarE type(%)			
	活性 Activity mOD/ (mg protein·min)	比值 Ratio		CE1	CE2	CE3	CE4
番茄 Tomato	93.06	1.49	1.75	25	25	30	20
一品红 Poinsettia	82.83	1.33	2.01	45	20	15	20
茄子 Eggplant	74.82	1.20	2.61	50	35	15	0
棉花 Cotton	62.35	1	1.58	25	20	30	25

* 活性 = α -NA 羧酸酯酶活性 + β -NA 羧酸酯酶活性 Total activity = α -NA CarE + β -NA CarE; * * 活性比值 = α -NA 羧酸酯酶活性/ β -NA 羧酸酯酶活性 Activity ratio = α -NA CarE activity/ β -NA CarE activity

2.1.4 对 B 型烟粉虱 CarE 底物(α -NA 和 β -NA) 专一性的影响

B 型烟粉虱羧酸酯酶对 α -NA 和 β -NA 活性的比值表明了其对底物的水解性质。在供试的 4 个寄主植物中, α -NACarE 活性与 β -NACarE 活性比值均大于 1, 说明 B 型烟粉虱水解 α -NA 的能力高于对 β -NA 的水解能力。茄子种群的比值最高(2.61), 其他寄主种群的比值均在 1.5 ~ 2.1 之间(表 2)。

图 2 B 型烟粉虱不同寄主种群 β -NA 羧酸酯酶活性个体分布频率Fig. 2 Individual distribution of activities of β -NA CarE in *Bemisia tabaci* biotype B on different host plants

参照高希武^[23]方法,按照单个昆虫体内 CarE 对 α -NA 和 β -NA 的水解能力,将昆虫种群的个体分成 4 种类型(即代表 4 种类型的 CarE),对 α -NA 和 β -NA 水解能力均低于种群 CarE 活性平均值的个体为 CE1 型;均高于平均值的个体为 CE2 型;对 α -NA 水解能力高于平均值,对 β -NA 水解能力低于平均值的个体为 CE3 型;对 α -NA 的活性低于平均值,而对 β -NA 活性高于平均值的个体为 CE4 型。按照此分类,对个体类型分布进行比较,可以看出番茄种群和棉花种群 B 型烟粉虱 CarE 活性个体类型分布比较均匀;一品红种群和茄子种群 B 型烟粉虱 CarE 活性个体类型主要为 CE1 型,分别占个体总数的 45% 和 50%(表 2)。

2.2 寄主植物对 B 型烟粉虱 AChE 活性均值和个体分布频率的影响

B 型烟粉虱一品红种群 AChE 活性最低(2.61 U/mg protein),其次为棉花种群(3.75 U/mg protein)和番茄种群(3.96 U/mg protein),茄子种群最高(9.14 U/mg protein)。B 型烟粉虱茄子种群 AChE 活性是一品红种群的 3.51 倍,茄子种群 AChE 活性与其他 3 个寄主种群之间的差异达极显著水平($p < 0.01$),番茄种群和一品红种群之间的差异也达极显著水平($p < 0.01$),一品红种群与棉花种群之间的差异达显著水平($p < 0.05$)(表 3)。

B 型烟粉虱 AChE 活性个体分布频率表明:B 型烟粉虱茄子种群和棉花种群 AChE 活性主要分布在 >4 U/mg protein 区间段,分布频率分别为 85% 和 40%,棉花种群在 2~3 U/mg protein 区间段分布也相对比较高。B 型烟粉虱一品红种群 AChE 活性在各个区间段的分布频率分别为 30%、5%、20%、25%、20%,由此可见,B 型烟粉虱一品红种群 AChE 活性在 1~2 U/mg protein 区间段分布比较低,在其他区间段分布相对比较均匀。B 型烟粉虱番茄种群 AChE 活性个体分布频率在各个区间段分布相对比较均匀,分布频率在 14%~35% 之间(图 3)。

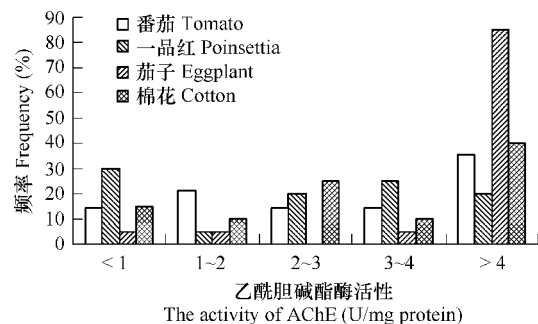


图 3 B 型烟粉虱不同寄主种群乙酰胆碱酯酶活性个体分布频率
Fig. 3 Individual distribution of activities of AChE in *Bemisia tabaci* biotype B on different host plants

2.3 寄主植物对 B 型烟粉虱 GSTs 活性均值和个体分布频率的影响

B 型烟粉虱一品红种群 GSTs 活性最低(125.59 U/mg protein),其次为番茄种群(138.35 U/mg protein)和棉花种群(144.64 U/mg protein),茄子种群最高(261.25 U/mg protein)。B 型烟粉虱茄子种群 GSTs 活性是一品红种群的 2.08 倍,茄子种群 GSTs 活性与其他 3 个寄主种群之间的差异达极显著水平($p < 0.01$),一品红种群、番茄种群和棉花种群 GSTs 活性之间无显著差异(表 3)。

表 3 B 型烟粉虱不同寄主种群乙酰胆碱酯酶和谷胱甘肽 S-转移酶活性比较

Table 3 Comparison of the activities of AChE and GSTs in *Bemisia tabaci* biotype B on different host plants

寄主植物 Host plant	乙酰胆碱酯酶 Acetylcholinesterase		谷胱甘肽 S-转移酶 Glutathione S-transferase	
	活性 Activity (U/mg protein)	比值 Ratio	活性 Activity (U/mg protein)	比值 Ratio
一品红 Poinsettia	2.61 ± 0.41 aA	1	125.59 ± 9.53 aA	1
番茄 Tomato	3.96 ± 1.01 bB	1.52	138.35 ± 17.76 aA	1.10
棉花 Cotton	3.75 ± 0.54 bAB	1.44	144.64 ± 16.22 aA	1.15
茄子 Eggplant	9.14 ± 1.19 cC	3.51	261.25 ± 29.93 bB	2.08

B 型烟粉虱不同寄主种群 GSTs 活性个体分布频率如下:茄子种群 GSTs 活性主要分布在 >170 U/mg protein 区间段,其分布频率为 77.78%。一品红种群和棉花种群 GSTs 活性在各个区间段分别为 11.11%、22.22%、33.33%、22.22%、11.12% 和 11.11%、27.78%、11.11%、22.22%、27.78%,由此可知,B 型烟粉虱一品红种群和棉花种群 GSTs 活性分布相对比较均匀。番茄种群 GSTs 活性在 140~170 U/mg protein 区间段

分布比较低,分布频率为 5.6%,在其他区间段分布相对比较均匀(图 4)。

3 讨论

在植食性昆虫与高等植物长期共同进化过程中,植物产生了许多毒性次生物质,如生物碱、萜类和酚类化合物等,以保护其免受虫害;但这也导致植食性昆虫产生相应的适应,并发展避毒、解毒等机制^[29]。植物次生物质对昆虫的解毒机制有诱导作用,这种诱导作用使得昆虫减轻或免受食料中次生物质的影响,同时增强其对其他外来化合物的解毒作用^[30]。已有研究表明,不同寄主植物或次生物质对麦长管蚜^[26]、棉蚜^[23,25,31]、桃蚜^[32]等解毒酶系均有不同程度的影响。

本研究表明,不同寄主植物对 B 型烟粉虱解毒酶活性影响存在差异。在所测 B 型烟粉虱 4 个寄主种群中, α -NA 羧酸酯酶活性与 β -NA 羧酸酯酶活性比值均大于 1,说明 B 型烟粉虱水解 α -NA 的能力高于对 β -NA 的水解能力;B 型烟粉虱棉花种群 CarE 活性最低,番茄种群最高,2 者之间比例为 1.49。B 型烟粉虱茄子种群 AChE 活性明显高于其他寄主种群,差异达极显著水平;茄子种群 AChE 活性分布频率在 $>4\text{U/mg protein}$ 区间段的分布高达 85%,与其他 3 个寄主种群分布明显不同。B 型烟粉虱茄子种群 GSTs 活性最高,与其他 3 个寄主种群之间的差异达极显著水平,其活性分布频率在 $>170\text{U/mg protein}$ 区间段明显高于其他寄主种群。由以上结果可知,不同寄主植物对 B 型烟粉虱解毒酶系的影响存在明显差异。

由以上结果可以推测,B 型烟粉虱在不同的寄主植物上可能通过不同强度的解毒酶活性来实现对寄主植物的适应,在番茄上主要体现为较高的 CarE 活性,在茄子上表现为较高的 AChE 和 GSTs 活性,在棉花上主要是相对较高的 GSTs 活性,在一品红上主要通过相对较高的 CarE 活性。这可能是由于 B 型烟粉虱取食不同的寄主植物后,受植物组织中代谢物质特别是次生代谢物质的影响,导致其体内解毒酶活性有较大的变化;也可能受植物组织营养状况的影响,使 B 型烟粉虱不同寄主种群解毒酶活性有明显的差异,以适应不同的寄主植物。上述研究结果表明 B 型烟粉虱在不同寄主植物上具有很强的生理可塑性,这可能是 B 型烟粉虱寄主范围广和寄主适应性强的生理生态学特性,是该害虫成功入侵的重要机制之一,对该害虫的综合治理尤其化学防治也具有重要的参考价值。

References:

- [1] Frohlich D R, Torres J I, Bedford I D, et al. A phylogeographical analysis of the *Bemisia tabaci* species complex based on mitochondrial DNA markers. *Molecular Ecology*, 1999, 8(10): 1683–1691.
- [2] De Barro P J, Driver F, Trueman J W H, et al. Phylogenetic relationships of world populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) using ribosomal ITS1. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2000, 16(1): 29–36.
- [3] Costa H S, Brown J K. Variation in biological characteristics and esterase patterns among populations of *Bemisia tabaci*, and the association of one population with silverleaf symptom induction. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1991, 61(3): 211–219.
- [4] Brown J K, Bird J. Variability within the *Bemisia tabaci* species complex and its relation to new epidemics caused by geminiviruses. *Bulletin of Entomological Research*, 1995, 36(1): 73–80.
- [5] Chu D, Zhang Y J, Cong B, et al. The invasive mechanism of a world important pest, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47(3): 400–406.
- [6] Oliveira M R V, Henneberry T J, Anderson P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 2001, 20(9): 709–723.
- [7] Xu R M. The occurrence and distributing of *Bemisia tabaci* in china. In: Gerling D, Mayer R T, eds. *Bemisia: taxonomy, biology, damage control*

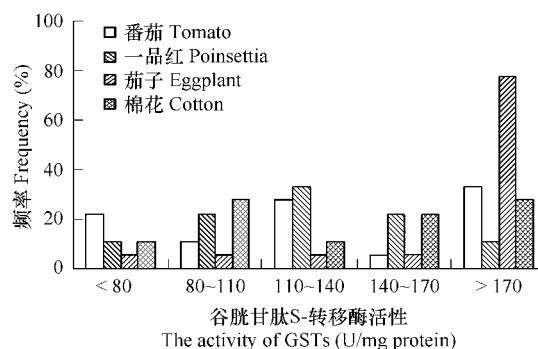


图 4 B 型烟粉虱不同寄主种群谷胱甘肽 S-转移酶活性个体分布频率

Fig. 4 Individual distribution of activities of GSTs in *Bemisia tabaci* biotype B on different host plants

- and management. Andover, Hants, UK, 1996. 125 — 131.
- [8] Zhang Z L. Some thoughts to the outbreaks of tobacco whitefly. Beijing Agricultural Sciences, 2000, 18(supplement): 1 — 3.
- [9] Liu S S, Zhang Y J, Luo C, *et al.* Bemisia tabaci. In: Wan F H, Zheng X B, Guo J Y. eds. Biology and management of invasive alien species in agriculture and forestry. Beijing: Science Press, 2005. 69 — 128.
- [10] Luo C, Yao Y, Wang R J, *et al.* The use of mitochondrial cytochrome oxidase I (mt COI) gene sequences for the identification of biotypes of Bemisia tabaci (Gennadius) in China. Acta Entomologica Sinica, 2002, 45(6): 759 — 763.
- [11] Wu X X, Hu D X, Li Z X, *et al.* Using RAPD-PCR to distinguish biotypes of Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. Entomologica Sinica, 2002, 9(3): 1 — 8.
- [12] Wu X X, Li Z X, Hu D X, *et al.* Identification of Chinese population of Bemisia tabaci (Gennadius) by analyzing ribosomal ITS1 sequence. Progress in Natural Science, 2003, 13(4): 276 — 281.
- [13] Chu D, Zhang Y J, Cong B, *et al.* Sequences analysis of mtDNA COI gene and molecular phylogeny of different geographical populations of Bemisia tabaci (Gennadius). Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38: 76 — 85.
- [14] Coudriet D L, Prabhaker N, Kishaba A N. Variation in developmental rate on different hosts and over wintering of the sweet potato whitefly, Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae). Environmental Entomology, 1985, 14: 516 — 519.
- [15] Mohanty A K, Basu A N. Effect of host plants and seasonal factors on intraspecific variations in pupal morphology of the whitefly vector, Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of Entomological Research, 1986, 10: 19 — 26.
- [16] Tsai J H, Wang K H. Development and reproduction of Bemisia argentifolii (Hemiptera: Aleyrodidae) on five host plants. Environmental Entomology, 1996, 25(4): 810 — 816.
- [17] Xu W H, Zhu G R, Li G L, *et al.* Effect of seven kinds of host plants on the development, survival and reproduction of Bemisia tabaci (Gennadius). Acta Phytophylacica Sinica, 2003, 30(1): 107 — 108.
- [18] Luo C, Guo X J, Yue M, *et al.* Host plant effects on the morphological and biological characteristics of Bemisia tabaci (Gennadius) biotype B. Biodiversity Science, 2006, 14(3): 333 — 339.
- [19] Lei F, Zhang G F, Wan F H, *et al.* Effects of plant species switching on contents and dynamics of trehalose and trehalase activity of Bemisia tabaci B biotype and Trialeurodes vaporariorum. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(7): 1387 — 1394.
- [20] Xu Y L, Wang Z Y, He K L, *et al.* Effects of transgenic Bt corn expressing Cry1Ab toxin on activities of some enzymes in larvae of the Asian corn borer, Ostrinia furnacalis (Guen e) (Lepidoptera: Pyralidae). Acta Entomologica Sinica, 2006, 49(4): 562 — 567.
- [21] Lindroth R L. Host plant alteration of detoxification activity in Papilio glaucus. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1989, 50(11): 29 — 35.
- [22] Lindroth R L. Differential toxicity of plant allelochemicals to insects: roles of enzymatic detoxification systems. In: Bernecys ed. Insect-Plant Interactions. CRC Press, 1991. 1 — 33.
- [23] Gao X W. Effect of host plant on carboxylesterase activity in cotton aphid Aphis gossypii Glov. Acta Entomologica Sinica, 1992, 5(3): 267 — 272.
- [24] Berenbaum M R, Zangerl A R. Costs of inducible defense: protein limitation, growth, and detoxification in parsnip webworms. Ecology, 1994, 75(8): 2311 — 2317.
- [25] Xie J Y, He F Q, Li M, *et al.* Influence of host plants on the acetylcholinesterase activity of cotton aphid. Acta Phytophylacia Sinica, 2002, 29(4): 241 — 245.
- [26] Chen J L, Ni H X, Sun J R, *et al.* Effects of major secondary chemical of wheat plants on enzyme activity in Sitobion avenae. Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(2): 144 — 149.
- [27] He L, Tan S L, Cao X F, *et al.* Study on resistance selection and activity of detoxification enzyme in Tetranychus cinnabarinus (Boiduval). Chinese Journal of Pesticide Science, 2003, 5(4): 23 — 29.
- [28] Zhang Y, Huang J, Gao X W. Comparison of the head acetylcholinesterase sensitivity to insecticides between two honeybee populations. Chinese Journal of Pesticide Science, 2005, 7(3): 221 — 226.
- [29] Brattsten L B, Holyoke C W, Leeper J R, *et al.* Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. Science, 1986, 231: 1255 — 1260.
- [30] Chen Q, Shen Z R, Wang Y M. Phenotypic plasticity of aphids and its genetic basis. Acta Entomologica Sinica, 2006, 49(5): 859 — 866.
- [31] Feng G L, Zhao Z W, Li M, *et al.* Relationship between esterase activities of the cotton aphid (Aphis gossypii) and overwintering host plants. Acta Entomologica Sinica, 2001, 44(3): 304 — 310.
- [32] Li T W, Zong J, Gao X W, *et al.* Induction of host plants on carboxylesterase and acetylcholinesterase activity in green peach aphid. Plant Protection, 1997, 23(2): 14 — 16.

参考文献:

- [5] 褚栋, 张友军, 丛斌, 等. 世界性重要害虫 B 型烟粉虱的入侵机制. 昆虫学报, 2004, 47(3): 400 — 406.

- [8] 张芝利. 关于烟粉虱大发生的思考. 北京农业科学, 2000, 18(增刊): 1~3.
- [9] 刘树生, 张友军, 罗晨, 等. 烟粉虱. 见: 万方浩, 郑小波, 郭建英, 主编. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制. 北京: 科学出版社, 2005. 69~128.
- [10] 罗晨, 姚远, 王戎疆, 等. 利用 mtDNA COI 基因序列鉴定中国烟粉虱的生物型. 昆虫学报, 2002, 45(6): 759~763.
- [13] 褚栋, 张友军, 丛斌, 等. 烟粉虱不同地理种群的 mtDNA COI 基因序列分析及其系统发育. 中国农业科学, 2005, 38: 76~85.
- [17] 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.
- [18] 罗晨, 郭晓军, 岳梅, 等. 寄主植物对 B 型烟粉虱形态学和生物学特性的影响. 生物多样性, 2006, 14(3): 333~339.
- [19] 雷芳, 张桂芬, 万方浩, 等. 寄主转换对 B 型烟粉虱和温室粉虱海藻糖含量和海藻糖酶活性的影响. 中国农业科学, 2006, 39(7): 1387~1394.
- [20] 徐艳聆, 王振营, 何康来, 等. 转 Bt 基因抗虫玉米对亚洲玉米螟幼虫几种主要酶系活性的影响. 昆虫学报, 2006, 49(7): 562~567.
- [23] 高希武. 寄主植物对棉蚜羧酸酯酶活性的影响. 昆虫学报, 1992, 35(3): 267~272.
- [25] 谢佳燕, 何凤琴, 李梅, 等. 寄主植物对棉蚜乙酰胆碱酯酶的影响. 植物保护学报, 2002, 29(4): 241~245.
- [26] 陈巨莲, 倪汉祥, 孙精瑞, 等. 小麦几种主要次生物质对麦长管蚜几种酶活性的影响. 昆虫学报, 2003, 46(3): 144~149.
- [27] 何林, 谭仕禄, 曹小芳, 等. 朱砂叶螨的抗药性选育及其解毒酶活性研究. 农药学学报, 2003, 5(4): 23~29.
- [28] 张莹, 黄建, 高希武. 两种蜜蜂头部乙酰胆碱酯酶对杀虫药剂敏感度比较. 农药学学报, 2005, 7(3): 221~226.
- [30] 陈倩, 沈佐锐, 王永模. 蚜虫的表型可塑性及其遗传基础. 昆虫学报, 2006, 49(5): 859~866.
- [31] 冯国蕾, 赵章武, 李梅, 等. 不同寄主植物与棉蚜酯酶活性的关系. 昆虫学报, 2001, 44(3): 304~310.
- [32] 李腾武, 宗静, 高希武, 等. 寄主植物对桃蚜羧酸酯酶和乙酰胆碱酯酶的诱导作用. 植物保护, 1997, 23(2): 14~16.