

烟粉虱体内几种抗性酶对寄主转换的响应

周福才^{1,*}, 李传明^{1,2}, 周桂生³, 顾爱祥¹, 王 萍¹

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院, 扬州 225009; 2. 江苏省里下河地区农业科学研究所, 扬州 225007;

3. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 扬州 225009)

摘要: 将烟粉虱分别从嗜性较强的番茄植株上转移到嗜性相对较弱的国抗 22 (GK22) 棉花、泗棉 3 号 (S3) 棉花和辣椒植株上, 以及从嗜性较弱的辣椒植株上转移到嗜性相对较强的番茄、GK22 棉花和 S3 棉花植株上, 观察寄主转移后 F₁ 代、F₂ 代和 F₃ 代烟粉虱体内 α -NA 羧酸酯酶、谷胱甘肽-s-转移酶和多功能氧化酶活性的变化, 再将 F₄ 代烟粉虱转移到原寄主, 同样观察这 3 种抗性酶的变化。结果表明, 不同嗜性的寄主上烟粉虱体内 3 种酶活性的强弱与烟粉虱对这种寄主的嗜性相关, 在嗜性较强的寄主上, 3 种酶的活性相对较低。烟粉虱从嗜性较强的寄主转移到嗜性相对较弱的寄主后, 成虫体内 α -NA 羧酸酯酶、谷胱甘肽-s-转移酶和多功能氧化酶的活性显著上升, 从嗜性较弱的寄主转移到嗜性较强的寄主后, 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶的活性下降。在寄主转移过程中, 烟粉虱体内的 α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶活性一般在 F₂ 代基本稳定, 而多功能氧化酶在 F₁ 代就能迅速稳定。烟粉虱从过渡寄主再转移到原寄主的过程中, 其 3 种酶的变化规律与上述寄主基本一致。结果提示, 在烟粉虱寄主转换过程中, 多功能氧化酶具有快速响应特性和较强的稳定性, 而 α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶活性的变化与烟粉虱对寄主的适应度变化基本一致。

关键词: 烟粉虱; 羧酸酯酶; 谷胱甘肽-s-转移酶; 多功能氧化酶; 寄主适应性

Responses of detoxification enzymes in *Bemisia tabaci* (Gennadius) to host shift

ZHOU Fucan^{1,*}, LI Chuanming^{1,2}, ZHOU Guisheng³, GU Aixiang¹, WANG Ping¹

¹ School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

² Lixiahe Agricultural Research Institute of Jiangsu Province, Yangzhou 225007, China

³ Jiangsu Provincial Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

Abstract: The responses of the enzyme activity of carboxylesterase (CarE), glutathione-s-transferase (GST) and multifunction oxidase (MFO) in *Bemisia tabaci* to host shift were investigated in this study. Host shifts include from tomato plants (a high preference crop) to GK 22 cotton, Simian 3 cotton and capsicum plants (3 relatively low preference crops) and from capsicum plants (a low preference crop) to GK22 cotton, Simian 3 cotton and tomato plants (3 relatively high preference crops), and also include that the F₄ generation of *B. tabaci* on the new hosts was transferred back to the original hosts. Our results suggested that the enzyme activity of CarE, GST and MFO in *B. tabaci* was related to the host preference. The activity of the three detoxification enzymes in *B. tabaci* on the high preference host plants was relatively low. After being transferred from the high preference hosts to the low preference hosts, the enzyme activity of CarE, GST and MFO in *B. tabaci* was significantly increased. After being transferred from the low preference hosts to the high preference hosts, the enzyme activity of CarE, GST and MFO in *B. tabaci* was significantly reduced. During host shift, the activity of CarE and GST in *B. tabaci* was usually stabilized in the F₂ generation, while the activity of MFO could be rapidly stabilized in the F₁ generation. During the shift from the transitional hosts to the original host plants, similar trends were observed in the activity of CarE, GST and MFO. In addition, during the host shift, the activity of MFO in *B. tabaci* responded and was stabilized rapidly, while the changes of CarE and GST corresponded to the adaptability of host change.

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目 (BK2008207); 江苏省教育厅自然科学基金资助项目 (07KJB210134)

收稿日期: 2009-08-13; **修订日期:** 2009-12-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fczhou@yzu.edu.cn.

Key Words: *Bemisia tabaci*; carboxylesterase; glutathione-s-transferase; multifunction oxidase; host adaptability

α -NA 羧酸酯酶、谷胱甘肽-S-转移酶和多功能氧化酶是昆虫体内重要的解毒酶,在对杀虫剂的解毒中起着重要作用。不同的寄主植物对昆虫的生理生化途径、行为表现,乃至形态特征等诸多方面都会产生不同的影响^[1]。昆虫取食不同嗜性的寄主植物后,其 α -NA 羧酸酯酶、谷胱甘肽 S-转移酶和多功能氧化酶等解毒酶的活性也会发生明显的改变^[2-4]。昆虫在一种寄主植物上长期取食后,便获得了与之相适应的消化酶,并形成了相对稳定的代谢途径^[5],但寄主植物改变后,其代谢途径和体内解毒酶的活性也会随之发生相应的改变,从而直接影响昆虫的生长发育和繁殖^[6-7]。

江苏属烟粉虱的非露地越冬区^[8]。在这些地区,烟粉虱主要在保护地作物上越冬,第二年春末夏初,从越冬场所向周边寄主扩散^[9]。在扩散过程中,烟粉虱经历寄主转换和田间种群扩增,逐渐建立起露地种群^[10]。由于寄主转换对烟粉虱的生长发育和繁殖有明显的不良影响^[7],因此,在扩散过程中,寄主适应性对烟粉虱露地种群的建立和田间种群数量有着十分重要的影响。研究发现,烟粉虱具有较强的寄主适应性,如从番茄转移到棉花上, F_2 代起其发育速率就能基本稳定^[7]。关于烟粉虱的寄主适应性机制,一些学者从寄主植物和烟粉虱体内抗性酶的关系方面进行了研究,发现取食不同寄主植物的烟粉虱,其后代体内的 α -NA 羧酸酯酶、乙酰胆碱酯酶等抗性酶也存在明显的差异^[6,11-12]。但关于寄主转换过程中烟粉虱体内抗性酶活性的变化动态目前还未见系统报道。为此,本文就寄主转移过程中,烟粉虱成虫体内 α -NA 羧酸酯酶、谷胱甘肽-S-转移酶和多功能氧化酶等 3 种抗性酶的变化动态进行研究,探讨几种抗性酶在烟粉虱寄主适应性中的作用,为进一步揭示烟粉虱寄主范围广和寄主适应性强的生理生态学基础提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

(1)供试寄主植物 番茄,上海 906;辣椒,河南汴椒 1 号。以上两种寄主植物均由扬州市蔬菜种子有限公司生产。供试时生育期均为开花期,花蕾形成后人工摘除。棉花,国抗 22 (转 Bt 基因棉花,简称 GK22),泗棉 3 号 (GK22 转基因前的亲本,简称 S3),以上两个品种棉花均由江苏省沿江地区农科所提供,试验开始时主茎叶龄为 8。所有供试寄主植物均为盆栽,常规管理。烟粉虱对上述四种寄主植物的嗜性强弱依次为:番茄 > 国抗 22 棉花 > 泗棉 3 号棉花 > 辣椒^[13]。

(2)供试虫源 B 型烟粉虱,虫源在养虫室内用番茄饲养。试验前分别接到上述供试寄主植物上隔离繁殖 5 代以上供试。

1.2 试验方法

1.2.1 烟粉虱转寄主处理

取虫源成虫 100 头左右,用自封口袋分别接到供试寄主上,产卵 24 h 后移去成虫。寄主植物放入光暗周期 (L:D) = 14:10 h、温度 (28 $\pm$ 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 70% 左右的光照培养箱中饲养,由此卵发育成的成虫为转寄主 F_1 代成虫。将此成虫再接到无虫的同种寄主植物上产卵,发育出的成虫为转寄主 F_2 代成虫,以此类推。

1.2.2 α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-S-转移酶活性测定

酶液制备:参照 Byrne 等^[14]的方法。取烟粉虱成虫 100 头,置于 -80°C 下冷冻致死放入指形管中,加入 1.0 mL 0.2 mol $\cdot$ L⁻¹ (pH = 6.0) 的磷酸缓冲液,在冰浴中充分匀浆后,在 4 $^{\circ}\text{C}$ 下 10000 r $\cdot$ min⁻¹ 离心 10 min,取上清液稀释 10 倍作为酶源, -20°C 下保存备用。

α -NA 羧酸酯酶活性测定:参照何玉仙等^[15]的方法,酶源蛋白质含量测定根据 Bradford^[16] 考马斯亮蓝法进行,重复 3 次。

谷胱甘肽-S-转移酶活性测定:参照何玉仙等^[15]的方法,重复 3 次。

1.2.3 多功能氧化酶活性测定

参考 Sang 等^[17]的方法。取 10 mg 烟粉虱成虫,加入 300 μL 匀浆缓冲液 (0.1 mol $\cdot$ L⁻¹, pH 7.6 的磷酸缓

冲液,含 $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 EDTA、DTT、PTU、PMSF 和 20% 的甘油)匀浆,然后加入 $700 \mu\text{L}$ 的匀浆缓冲液冲洗匀浆棒,混匀后置于离心机中,在 4°C 、 3000 r/min 下离心 5 min ,取上清液再次离心 (4°C , 5000 r/min) 15 min ,所得上清液用玻璃纤维过滤后置于超速离心机 (4°C 、 10000 r/min) 离心 60 min ,所得沉淀用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ pH} 7.6$ 的缓冲液重悬得微粒体溶液。

取 1 mL 微粒体溶液,加入 1 mL NADPH ($0.25 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, 缓冲液配制)、 0.1 mL $52.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 对硝基苯甲醚(丙酮配制)和 0.9 mL 磷酸缓冲液。置 37°C 气浴摇床中振荡 30 min ,加 1 mL $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ HCl}$ 终止反应后,加入 5 mL 氯仿摇匀抽提。在氯仿层移取 3 mL 到另一试管内,加入 3 mL $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH}$ 萃取,取水相 2 mL 于比色皿中,在 722 型可见分光光度计上于 400 nm 处测定 OD 值。以每 minOD 值的变化 $\Delta \text{OD Pr} \cdot \text{min}^{-1}$ 表示酶活性。

1.3 数据处理

试验数据采用 DPS 7.05 统计软件进行处理。用 Duncan's 多重比较法检验各处理的差异显著性,显著性检验水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 寄主转换过程中烟粉虱解毒酶活性变化

2.1.1 从嗜性较强的寄主转移到嗜性较弱的寄主

表 1 表明,将烟粉虱从嗜性较强的寄主番茄上分别转移到嗜性相对较弱的 GK22 棉花、S3 棉花和辣椒上后,成虫体内的 α -NA 羧酸酯酶、谷胱甘肽-s-转移酶和多功能氧化酶活性均显著上升。其中, α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶的活性随着转寄主后世代的增加而逐渐增强,如从番茄转移到 GK22 棉花上 3 个世代的 α -NA 羧酸酯酶比活力分别为原寄主上的 2.10、2.47 倍和 2.51 倍,但多功能氧化酶在转寄主后的各世代之间无显著差异,即转寄主后从 F_1 代开始酶活力就能迅速稳定在新寄主的正常水平。S3 棉花和辣椒上烟粉虱 3 种酶的活性在转寄主后 3 个世代的变化趋势与 GK22 棉花基本一致。

烟粉虱从番茄转移到 3 种不同嗜性的寄主上后,其酶活性大小的变化不同,如在转寄主后的 F_1 代,GK22 棉花、S3 棉花和辣椒等 3 种寄主上烟粉虱的 α -NA 羧酸酯酶分别上升了 110.6%、171.6% 和 153.2%,谷胱甘肽-s-转移酶分别上升了 100.0%、146.3% 和 113.4%;多功能氧化酶分别上升了 35.3%、52.9% 和 70.6%,即烟粉虱转移到嗜性相对较强的寄主上(GK22 棉花)以后,3 种酶的上升幅度相对较小。 F_2 代、 F_3 代 3 种不同嗜性寄主上烟粉虱 3 种酶的活性变化规律与 F_1 代一致。

表 1 烟粉虱从番茄转移到不同嗜性寄主后的酶活性

Table 1 The enzyme activity in *B. tabaci* after being transferred from tomato plants to other hosts

目标寄主 Target host	酶 Enzyme	酶比活力 Enzyme activity in <i>B. tabaci</i> / ($\text{mOD} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{头}^{-1}$)			
		原寄主 Original host	F_1 代 F_1 generation	F_2 代 F_2 generation	F_3 代 F_3 generation
GK22	CarE	$1.41 \pm 0.014\text{d}$	$2.97 \pm 0.013\text{c}$	$3.48 \pm 0.026\text{b}$	$3.55 \pm 0.005\text{a}$
	GSTs	$0.67 \pm 0.010\text{d}$	$1.34 \pm 0.012\text{c}$	$1.57 \pm 0.005\text{b}$	$1.60 \pm 0.006\text{a}$
	MFO	$0.17 \pm 0.013\text{b}$	$0.23 \pm 0.004\text{a}$	$0.23 \pm 0.015\text{a}$	$0.24 \pm 0.011\text{a}$
S3	CarE	$1.41 \pm 0.014\text{c}$	$3.83 \pm 0.008\text{b}$	$4.17 \pm 0.006\text{a}$	$4.21 \pm 0.014\text{a}$
	GSTs	$0.67 \pm 0.010\text{c}$	$1.65 \pm 0.006\text{b}$	$1.76 \pm 0.005\text{a}$	$1.78 \pm 0.008\text{a}$
	MFO	$0.17 \pm 0.013\text{b}$	$0.26 \pm 0.025\text{a}$	$0.29 \pm 0.004\text{a}$	$0.27 \pm 0.017\text{a}$
辣椒 Capsicum	CarE	$1.41 \pm 0.014\text{d}$	$3.57 \pm 0.005\text{c}$	$4.25 \pm 0.007\text{b}$	$4.78 \pm 0.007\text{a}$
	GSTs	$0.67 \pm 0.010\text{d}$	$1.43 \pm 0.006\text{c}$	$1.80 \pm 0.006\text{b}$	$1.86 \pm 0.005\text{a}$
	MFO	$0.17 \pm 0.013\text{b}$	$0.29 \pm 0.015\text{a}$	$0.31 \pm 0.012\text{a}$	$0.32 \pm 0.008\text{a}$

注:表内数字为平均数 $\pm$ 标准误; 数字后英文字母为 Duncan 多重比较的检验结果,同行数字后不同字母表示在 0.05 水平上差异

2.1.2 从嗜性较弱的寄主转移到嗜性较强的寄主

表 2 表明,将烟粉虱从嗜性相对较弱的寄主辣椒上分别转移到嗜性相对较强的 GK22 棉花、S3 棉花和番

茄上后, F_1 代转寄主成虫体内的 α -NA 羧酸酯酶、谷胱甘肽-s-转移酶和多功能氧化酶活性均显著下降, 但从 F_2 代起酶活性开始回升, 并逐渐趋于稳定; 而多功能氧化酶在 F_1 代迅速稳定到正常水平。

烟粉虱从辣椒转移到 3 种不同嗜性的寄主上后, 其酶活性的变化也不相同, 如转寄主后的 F_1 代, GK22 棉花、S3 棉花和番茄等 3 种寄主上烟粉虱的 α -NA 羧酸酯酶分别下降了 16.2%、5.0% 和 69.2%, 谷胱甘肽-s-转移酶分别下降了 4.3%、2.7% 和 62.5%, 多功能氧化酶则分别下降了 110.4%、139.5% 和 168.6%。 F_2 代和 F_3 代 3 种不同嗜性寄主上烟粉虱 3 种酶的活性的变化规律与 F_1 代一致。

表 2 烟粉虱从辣椒转移到不同寄主后的酶活性变化

Table 2 The enzyme activity of *B. tabaci* after being transferred from Capsicum plants to other hosts

目标寄主 Target host	酶 Enzyme	酶比活力 Enzyme activity in <i>B. tabaci</i> /(mOD·min ⁻¹ ·头 ⁻¹)			
		原寄主 Original host	F_1 代 F_1 generation	F_2 代 F_2 generation	F_3 代 F_3 generation
GK22	CarE	4.81 ± 0.006a	4.03 ± 0.010c	4.68 ± 0.209b	4.87 ± 0.010a
	GSTs	1.84 ± 0.005a	1.76 ± 0.004b	1.80 ± 0.010a	1.82 ± 0.008a
	MFO	0.32 ± 0.015a	0.23 ± 0.022b	0.23 ± 0.002b	0.21 ± 0.014b
S3	CarE	4.81 ± 0.006a	4.57 ± 0.007b	4.80 ± 0.011a	4.82 ± 0.012a
	GSTs	1.84 ± 0.005a	1.79 ± 0.005b	1.82 ± 0.011a	1.84 ± 0.008a
	MFO	0.32 ± 0.015a	0.26 ± 0.013b	0.27 ± 0.002b	0.27 ± 0.025b
番茄 Tomato	CarE	4.81 ± 0.006a	1.48 ± 0.005b	1.44 ± 0.005b	1.43 ± 0.010b
	GSTs	1.84 ± 0.005c	0.69 ± 0.004b	0.65 ± 0.004b	0.63 ± 0.010b
	MFO	0.32 ± 0.015a	0.17 ± 0.023b	0.17 ± 0.005b	0.17 ± 0.006b

注: 表内数字为平均数 ± 标准误; 数字后英文字母为 Duncan 多重比较的检验结果, 同行数字后不同字母表示在 0.05 水平上差异

2.2 烟粉虱从过渡寄主再转回原寄主后的酶活性变化

将从番茄转移到 3 种不同嗜性寄主上的 F_4 代烟粉虱成虫再接回到原寄主番茄上, 结果发现, 烟粉虱成虫体内 3 种酶活性均显著降低。从表 3 可以发现, 接回的 F_1 代、 F_2 代和 F_3 代烟粉虱的多功能氧化酶活性之间差异不明显, 说明多功能氧化酶活性在 F_1 代达到稳定。 α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶活性一般在 F_1 代或 F_2 代达到稳定。值得注意的是, 从 GK22 棉花、S3 棉花和辣椒 3 种过渡寄主接回到原寄主上的 F_3 代烟粉虱成虫体内羧酸酯酶活性较原寄主上的均略有提高(分别上升了 1.42%、3.55% 和 1.42%)。

表 3 烟粉虱从番茄转移到过渡寄主再回到番茄后的酶活性变化

Table 3 The enzyme activity of *B. tabaci* after returning to tomatoes plants from transition hosts

过渡寄主 Transition host	酶 Enzyme	回转到番茄后各代酶比活力/(mOD·min ⁻¹ ·头 ⁻¹)			
		Enzyme activity in <i>B. tabaci</i> after returning to tomato plants			
		CK	F_1 代 F_1 generation	F_2 代 F_2 generation	F_3 代 F_3 generation
辣椒 Capsicum	CarE	4.78 ± 0.007a	1.45 ± 0.006b	1.47 ± 0.006b	1.43 ± 0.005b
	GSTs	1.86 ± 0.005a	0.70 ± 0.005b	0.65 ± 0.008c	0.65 ± 0.006c
	MFO	0.32 ± 0.008a	0.15 ± 0.023b	0.16 ± 0.004b	0.17 ± 0.016b
GK22	CarE	3.55 ± 0.005a	1.47 ± 0.006b	1.45 ± 0.006c	1.43 ± 0.005c
	GSTs	1.60 ± 0.006a	0.78 ± 0.005b	0.75 ± 0.006b	0.70 ± 0.005b
	MFO	0.24 ± 0.011a	0.17 ± 0.012b	0.16 ± 0.005b	0.16 ± 0.025b
S3	CarE	4.21 ± 0.014a	1.53 ± 0.006b	1.48 ± 0.008b	1.46 ± 0.006b
	GSTs	1.78 ± 0.008a	1.03 ± 0.006b	0.98 ± 0.005b	0.87 ± 0.005c
	MFO	0.27 ± 0.017a	0.17 ± 0.023b	0.17 ± 0.013b	0.17 ± 0.003b

注: 表内数字为平均数 ± 标准误; 数字后英文字母为 Duncan 多重比较的检验结果, 同行数字后不同字母表示在 0.05 水平上差异; CK 为相应过渡寄主的 F_3 代

将从辣椒转移到 3 种不同嗜性过渡寄主上的 F_4 代烟粉虱成虫再接回到原寄主辣椒上, 结果发现, 除从过渡寄主 S3 棉花上接回的烟粉虱成虫体内的 GSTs 活性没有明显差异外, 烟粉虱成虫体内 3 种酶活性均显著升高。从表 4 可以发现, 接回的 F_1 代、 F_2 代和 F_3 代烟粉虱的多功能氧化酶活性之间差异不明显, 说明多功能氧

化酶活性在回接的 F_1 代达到稳定。 α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶活性一般在 F_2 代达到稳定。

表 4 辣椒上烟粉虱经过渡寄主再回到辣椒后的酶活性变化

Table 4 The enzyme activity of *B. tabaci* after returning to capsicum plants from transition hosts

过渡寄主 Transition host	酶 Enzyme	回转到辣椒后各世代酶的比活力/(mOD·min ⁻¹ ·头 ⁻¹) Enzyme activity in <i>B. tabaci</i> after returning to capsicum plants			
		CK	F1 代 F1 generation	F2 代 F2 generation	F3 代 F3 generation
番茄 Tomato	CarE	1.43 ± 0.010c	3.87 ± 0.010b	4.76 ± 0.012a	4.78 ± 0.010a
	GSTs	0.63 ± 0.010c	1.76 ± 0.010b	1.80 ± 0.010a	1.82 ± 0.006a
	MFO	0.17 ± 0.006b	0.30 ± 0.035a	0.32 ± 0.013a	0.35 ± 0.011a
GK22	CarE	3.65 ± 0.007d	4.03 ± 0.010c	4.68 ± 0.209b	4.87 ± 0.010a
	GSTs	1.62 ± 0.005c	1.76 ± 0.004b	1.80 ± 0.010a	1.82 ± 0.008a
	MFO	0.21 ± 0.014b	0.27 ± 0.005a	0.31 ± 0.003a	0.32 ± 0.021a
S3	CarE	4.18 ± 0.007c	4.57 ± 0.007b	4.80 ± 0.011a	4.82 ± 0.012a
	GSTs	1.88 ± 0.006a	1.85 ± 0.005ab	1.85 ± 0.011ab	1.84 ± 0.008ab
	MFO	0.27 ± 0.025b	0.30 ± 0.025a	0.33 ± 0.05a	0.33 ± 0.017a

注:表内数字为平均数 ± 标准误;数字后英文字母为 Duncan 多重比较的检验结果,同行数字后不同字母表示在 0.05 水平上差异;CK 为相应过渡寄主的 F_3 代

3 讨论

多功能氧化酶、 α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶是昆虫体内的重要解毒酶,取食不同寄主的昆虫其体内这些解毒酶的活性不同,如取食棉花、烟草和大豆的斜纹夜蛾,其后代体内的多功能氧化酶活性均高于取食人工饲料的后代^[18]。王建军等^[3]、薛明等^[4]分别利用甜菜夜蛾和棉铃虫也证实了这一结果。本研究发现,取食不同嗜性寄主的烟粉虱其体内 α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶活性存在明显的差异,并且酶活性强弱与烟粉虱对这些主植物的嗜好性表现基本一致。这一结论与王红等^[6]、安志兰等^[11]在其他寄主植物上的研究结果一致。本研究还发现,烟粉虱在不同嗜性的寄主植物之间的转移过程中,多功能氧化酶的活性随着寄主植物的改变而快速变化,在同一寄主多个世代的连续转移过程中,多功能氧化酶活性在转寄主的 F_1 代就能稳定,从过渡寄主转回到原寄主后酶活性也能在 F_1 代稳定到原寄主的水平,表现出对寄主转换的快速响应性和稳定性的特点,而 α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶的活性在 F_2 代到 F_3 代才能稳定,表现出一定的滞后性。因此,多功能氧化酶活性在一定程度上可以作为烟粉虱对寄主植物嗜好性的一个重要参考指标。

解毒酶系的改变是昆虫与寄主植物相互适应的重要表现形式^[1]。本研究发现,烟粉虱在不同嗜性寄主植物之间的转移过程中, α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶能随着寄主的变化而改变,在同一寄主多个世代的连续转移过程中,上述两种酶一般在 F_2 代或 F_3 代达到稳定状态。寄主转换对烟粉虱发育的影响研究表明,转寄主后烟粉虱的发育速率也在 F_2 代到 F_3 代稳定到新寄主的正常水平^[7]。因此, α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶活性在一定程度上可以作为烟粉虱对寄主适应性的一个参考指标。

植物次生代谢物质可以诱导激活或抑制害虫体内相关的解毒酶系,从而导致其对农药和其他不良环境的敏感性发生明显改变^[19-21],植食性昆虫常常依靠这些具普遍防御性的酶系来克服食物中的潜在毒性^[19]。不同寄主植物体内的次生代谢物质种类和含量不同,烟粉虱取食不同的寄主植物后,可能通过体内解毒酶活性的改变来迅速适应新的寄主。在非露地越冬地区,烟粉虱从越冬的保护地向露地扩散,建立露地种群过程中需要经历多次的寄主转换过程,虽然寄主转换对烟粉虱的生长发育带来了明显的不利影响^[7],但烟粉虱仍然具有较广的寄主谱和较强的寄主适应性。在这个过程中,烟粉虱体内的多功能氧化酶、 α -NA 羧酸酯酶和谷胱甘肽-s-转移酶等抗性酶可能起着十分重要的作用。

References:

- [1] Lindroth R L. Host plant alteration of detoxication activity in *Papilio glaucus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1989, 50: 29-35.

- [2] Jiang W H, Lu Z P, Ma S L, Lin D Q. Effects of host plants on the esterase activity of beet armyworm and its sensitivity to insecticides. *Plant Protection*, 2001, 27 (5): 13-14.
- [3] Wang J J, Dai Z Y, Yang Y Z. Effects of host plants on the activity of detoxification enzyme in *Helicoverpa armigera*. *Jiangsu Agricultural Research*, 2000, 21 (2): 58-61.
- [4] Xu M, Dong J, Zhang C S. Effect of feeding Bt cotton and other plants on the changes of development and insecticide susceptibilities of lesser armyworm *Spodoptera exigua* (Hübner). *Acta Phytophylogica Sinica*, 2002, 29 (1): 13-18.
- [5] Gerling D, Lindenbaum M. Host-plant related behavior of *Bemisia tabaci*. *WPRS Bull.*, 1991, 14: 83-88.
- [6] Wang H, Wang D S, Yang Y Z, Li L Y. Effects of host plants on enzymes related to pesticide resistance of *Bemisia tabaci*. *Plant Protection*, 2007, 33 (3): 36-39.
- [7] Zhou F C, Ren S X, Du Y Z, Wang Y. Effects of host plant exchange on the development of B biotype *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Entomological Knowledge*, 2006, 43 (4): 524-526.
- [8] Wang Y, Zhou F C, Ju R T, Zhu C P, Li C M, Zhu S D. Studies on overwinter of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Jiangsu areas. *Journal of East-China Entomological*, 2007, 16 (2): 87-91.
- [9] Wang Y, Zhou F C, Zhou Z H, Li C M, Wang M L, Zhu S D. Studies on diffusion of *Bemisia tabaci* Gennadius overwintering in the protecting fields. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Sciences Edition)*, 2007, 28 (1): 83-87.
- [10] Zhou Z H, Zhou F C, Zhao B, Li C M. Development and control of open-field population of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Jiangsu. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2009, 29 (3): 130-132.
- [11] An Z L, Chu D, Guo D F, Fan Z X, Tao Y L, Liu G X, Zhang Y J. Effects of host plant on activities of some detoxification enzymes in *Bemisia tabaci* biotype B. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28 (4): 1536-1543.
- [12] Jiang T, Jiang D F, Chu D, Gao G Q. Effects of Transgenic CryIaC + CpTI Cotton on Activities of Main Detoxifying Enzymes in *Bemisia tabaci*. *Shandong Agricultural Science*, 2008, 9: 69-72.
- [13] Zhou F C, Du Y Z, Sun W, Yu G J, Gong W T, Lu Z Q, Ren S X. Investigation of host plant of *Bemisia tabaci* and evaluation of its occurrence in Jiangsu Province. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Sciences Edition)*, 2003, 24 (1): 71-78.
- [14] Byrne F J, Devonshire A L. Insensitive acetylcholinesterase and esterase polymorphism in susceptible and resistant population of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 1993, 45 (1): 34-42.
- [15] He Y X, Huang J, Yang X J, Weng Q Y. Pyrethroid resistance mechanisms in *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Acta Entomologica Sinica*, 2007, 50 (3): 241-247.
- [16] Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 1976, 72: 248-254.
- [17] Sang C, Soderlund D M. Monooxygenase activity of tobacco budworm (*Heliothis virescens* H.) larvae: tissue distribution and optimal assay conditions for the gut activity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1984, 79B (3): 407-411.
- [18] Huang S J, Qin H G, Jiang J L. Effects of feeding on different diets on resistance to insecticides in the progenies of the common cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius). *Plant Protection*, 2007, 33 (4): 60-64.
- [19] Brattsten L B. Potential role of plant allelochemicals in the development of insecticide resistance. Barbosa P. Novel aspects of insect-plant interactions. New York: Wiley, 1988: 313-348.
- [20] Robertson J L, Armstrong K F, Suckling M D, Preisler H K. Effects of host plants on the toxicity of azinphosmethyl to susceptible and resistant light brown apple moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 1990, 83 (6): 2124-2129.
- [21] Tan W, Guo Y. Effects of host plant on susceptibility to deltamethrin and detoxication enzymes of *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 1996, 89 (1): 11-14.

参考文献:

- [2] 姜卫华, 陆自强, 马式廉, 林德琴. 寄主植物对甜菜夜蛾酯酶活性及杀虫剂敏感性的影响. *植物保护*, 2001, 27 (5): 13-14.
- [3] 王建军, 戴志一, 杨益众. 寄主植物对棉铃虫体内解毒酶活性的影响. *江苏农业研究*, 2000, 21 (2): 58-61.
- [4] 薛明, 董杰, 张成省. 取食转 Bt 基因棉等植物对甜菜夜蛾生长发育和药剂敏感性的影响. *植物保护学报*, 2002, 29 (1): 13-18.
- [6] 王红, 王冬生, 杨益众, 李琳一. 寄主植物对烟粉虱后代种群抗性相关酶活性的影响. *植物保护*, 2007, 33 (3): 36-39.
- [7] 周福才, 任顺祥, 杜予州, 王勇. 寄主转换对 B 型烟粉虱生长发育和繁殖的影响. *昆虫知识*, 2006, 43 (4): 524-526.
- [8] 王勇, 周福才, 鞠瑞亭, 朱诚培, 李传明, 祝树德. 江苏地区烟粉虱的越冬研究. *华东昆虫学报*, 2007, 16 (2): 87-91.
- [9] 王勇, 周福才, 周泽华, 李传明, 汪茂联, 祝树德. 烟粉虱在露地越冬地区的田间扩散研究. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 2007, 28 (1): 83-87.
- [10] 周泽华, 周福才, 赵斌, 李传明. 江苏地区烟粉虱露地种群的建立与早期控制. *江苏农业科学*, 2009, 29 (3): 130-132.
- [11] 安志兰, 褚栋, 郭笃发, 范仲学, 陶云荔, 刘国霞, 张友军. 寄主植物对 B 型烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 几种主要解毒酶活性的影响. *生态学报*, 2008, 28 (4): 1536-1543.
- [12] 姜涛, 姜德锋, 褚栋, 高国强. 转 CryIaC + CpTI 双价基因棉对烟粉虱主要解毒酶活性的影响. *山东农业科学*, 2008, 9: 69-72.
- [13] 周福才, 杜予州, 孙伟, 于淦军, 龚伟荣, 陆自强, 任顺祥. 江苏省烟粉虱寄主植物调查及其危害评价. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 2003, 24 (1): 71-78.
- [18] 黄水金, 秦厚国, 江金林. 取食不同食料对斜纹夜蛾后代抗药性的影响. *植物保护*, 2007, 33 (4): 60-64.