

褐飞虱抗有机磷品系的交互抗性及适合度研究

刘泽文 韩召军 王荫长

(南京农业大学农业部病虫监测与治理重点开放实验室, 南京 210095)

摘要: 测定了褐飞虱敏感品系和两个实验室选育的抗有机磷品系的交互抗性。结果表明: 有机磷杀虫剂和氨基甲酸酯杀虫剂之间存在交互抗性; 两个抗性品系对拟除虫菊酯类和吡虫啉均无明显的交互抗性。通过建立两个抗性品系和敏感品系的生命表, 发现抗性品系适合度显著下降, 低龄若虫存活率和羽化率低, 成虫寿命缩短, 卵历期延长; 在繁殖上均表现为交配率、产卵量和孵化率下降; 马拉硫磷抗性品系还表现为若虫历期延长。用种群数量趋势指数 (I) 来确定两个抗性品系的相对生物适合度, 发现与敏感品系相比, 甲胺磷抗性品系和马拉硫磷抗性品系的相对适合度仅分别为 0.49 和 0.19。认为: 抗性品系生物适合度的下降可能造成褐飞虱对这些杀虫剂抗性发展的不稳定性。

关键词: 褐飞虱; 甲胺磷; 马拉硫磷; 抗药性; 生物适合度

中图分类号: S435.112.3 S481.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-2030 (2001) 04-0037-04

Cross resistance and relative biological fitness of methamidophos and malathion resistant strains of *Nilaparvata lugens* (Stål)

Liu Zewen, Han Zhaojun and Wang Yinchang

(Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Disease and Insects, Ministry of Agriculture, Nanjing Agric Univ, Nanjing 210095, China)

Abstract: Bioassay was carried out to evaluate the cross resistance in two lab selected OP resistant strains of *Nilaparvata lugens* (Stål). The results indicated that the cross resistance to organophosphorus and carbamate insecticides was obvious in these two strains, but none was found with pyrethroids and imidacloprid. The effects of resistance on the fitness of *Nilaparvata lugens* (Stål) were evaluated in terms of developmental and reproductive characteristics by constructing and comparing the life tables of the two resistant strains (R_{me} 、 R_{ma}) with that of the susceptible strain (S). The results revealed that both R_{me} and R_{ma} strains shown developmental disadvantages including prolonged egg duration, lower larval survival rate, lower adult emergence rate and shorter female duration, and reproductive disadvantages such as lower copulation rate, effective fecundity and hatchability. Yet, R_{ma} possessed the prolonged larva duration when compared with the other two strains. The fitness of the two resistant strains was determined by comparing the population number tendency index (I) with the susceptible strain as standard. The relative fitness value for R_{me} strain was calculated to be 0.49 and the R_{ma} strain was only 0.19. It was thought that the lower relative fitness in resistant strains contributed to the slow development of resistance in *Nilaparvata lugens* to these insecticides.

Key words: *Nilaparvata lugens*; methamidophos; malathion; resistance; fitness

自 20 世纪 50 年代以来, 褐飞虱逐渐发展成为亚洲水稻的重大害虫。各地对褐飞虱的防治, 主要依赖化学药剂。在 60~80 年代, 大量使用有机磷杀虫剂, 致使抗药性不断上升。唐振华等 1977 年首先监测到褐飞虱对马拉硫磷的敏感性下降^[1]; 高辉华等在 1985~1986 年监测, 抗性已达 15.9 倍^[2]; 梁天锡等报道, 1992 年褐飞虱对马拉硫磷的抗性为 16.12 倍, 但到 1993 年下降到 9.8 倍^[3]; 作者于 2000 年在南京、桂林、安庆等地测定, 抗性水平在 10~20 倍 (资料未发表)。褐飞虱对甲胺磷的抗性, 据王荫长等报道, 安庆等地 80 年代以后敏感性逐渐下降, 1995 年抗性已达 13 倍^[4]; 刘贤进等报道为 10 倍左

收稿日期: 2001-03-20

基金项目: 国家重点基础研究项目资助 (J20000162)

右^[5]；2000 年作者对桂林、南京、安庆等地测定，抗性已下降到 2~7 倍（资料未发表）。各地监测结果表明，近年来褐飞虱对几种有机磷杀虫剂的抗性波动较大。一般认为迁飞和农药品种的更替是抗性变化的主要原因，特别是 20 世纪 90 年代以后噻嗪酮和吡虫啉的广泛应用，导致有机磷杀虫剂的选择压力降低，但对抗性引起飞虱生物适合度变化后对抗药性的调节作用了解甚少。大多数害虫随着抗药性的上升，会出现适合度下降，从而抑制抗性的发生发展，这对害虫的抗性治理具有重要意义。但并非所有害虫都因抗性上升而引起适合度下降，抗性桃蚜比敏感个体发育更快，体重增加，并且在成虫初期产蚜量增多^[6]。了解农药品种的更替、药剂之间的交互抗性和不同抗性导致适合度的变化是害虫抗性综合治理的基础。本文对褐飞虱抗马拉硫磷和甲胺磷两个品系的交互抗性和生物适合度进行了研究。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

敏感品系 (S)：2000 年 4 月由江苏省农科院植保所提供多年室内饲养的褐飞虱，在室内不接触任何农药的条件下继续饲养繁育而成。

未经筛选的田间品系 (S₀)：2000 年 7 月采集于南京市江浦县植物保护站试验田。

甲胺磷抗性品系 (R_{me}) 和马拉硫磷抗性品系 (R_{ma})：用 S₀ 品系试虫于室内用 LD₅₀ 剂量的甲胺磷和马拉硫磷分别淘选 6 代培育而成。

1.2 供试药剂

纯度分别为 98.2% 甲胺磷 (Bayer)，99.9% 马拉硫磷，99.0% 醚菊酯 (三井化学株式会社)，98.0% 吡虫啉，97.5% 异丙威 (三菱化学株式会社)，99.9% 甲萘威，98.4% 仲丁威 (三菱化学株式会社)，99.9% 杀螟松，95.4% 二嗪磷 (Nippon Kayaku Co, Ltd)，94.0% 氰戊菊酯。

1.3 毒力测定方法

参照 Nagata^[7]的方法并加以改进。供试昆虫用 CO₂ 麻醉 15 s，然后用手动微量点滴器（使用体积为 0.04 μL）将药液点滴在试虫的前胸背板上。每个药剂均用丙酮稀释成 5~6 个浓度，每个浓度处理 30 头，重复 3 次，用丙酮做对照。处理后的试虫倾入装有无土栽培稻苗的饲养杯中，每杯 15 头；然后将饲养杯放在 (25 ± 1) 的光照培养箱内，光照周期为 16L 8D，相对湿度为 70%~80%。饲养 24 h 后检查结果。

1.4 实验种群生命表的构建

参照庞雄飞^[8]和黄寿山^[9,10]的方法构建褐飞虱敏感品系 (S) 和两个抗性品质 (R_{me} 和 R_{ma}) 的实验种群生命表。每个品系从大笼内随机取 100 只初孵若虫，一直饲养至下代若虫孵化。观察并记录饲养过程中初孵若虫到 2 龄若虫的存活率、3 龄到 5 龄若虫的存活率、若虫历期、羽化率、交配率、有效产卵量、雌虫寿命、卵历期、孵化率，并据此计算下代初孵若虫数和种群数量趋势指数，确定抗性品系相对适合度的变化。

$$\text{种群数量趋势指数 } (I) = (N_{n+1}) / N_n$$

其中：N_n 为上一代个体数；N_{n+1} 为下一代个体数。若 S 种群数量趋势指数为 I_S，R 种群数量趋势指数为 I_R，则 R 种群的相对适合度为：I_R/I_S

2 结果与分析

2.1 抗甲胺磷与马拉硫磷品系的交互抗性

药剂筛选后，甲胺磷对 R_{me} 品系的 LD₅₀ 值为 0.137 μg·头⁻¹，抗性倍数为 23.7 倍，属于中抗水平；马拉硫磷对 R_{ma} 品系的 LD₅₀ 值为 1.632 μg·头⁻¹，抗性倍数为 148.2 倍，属于高水平抗性。两个筛选品系对氨基甲酸酯类杀虫剂的交互抗性相似，但对其他有机磷药剂，马拉硫磷抗性品系的交互抗性较甲胺磷抗性品系显著。甲胺磷抗性品系对马拉硫磷有 21.1 倍的交互抗性，对甲胺磷与马拉硫磷抗性之比为 1 0.9；而马拉硫磷抗性品系却没有表现出对甲胺磷明显的交互抗性，该品系对甲胺磷与马拉硫磷的抗性之比为 1 34。两个抗性品系都没有表现出对氰戊菊酯和吡虫啉的交互抗性。

表 1 褐飞虱敏感品系 (S)、田间品系 (S₀) 和抗性品系 (R) 对 10 种药剂的毒力测定

Table 1 Toxicity of 10 insecticides to *N. lugens* of susceptible, resistant strains and field population

药剂 Insecticide	品系 Strains	LD ₅₀ / μg pest ⁻¹	抗性倍数 RR	抗性变化 RR increased	药剂 Insecticide	品系 Strains	LD ₅₀ / μg pest ⁻¹	抗性倍数 RR	抗性变化 RR increased
甲胺磷 Methamidophos	S	0.005 781	1.0		甲萘威 Carbaryl	S	0.001 499	1.0	
	S ₀	0.021 390	3.7			S ₀	0.012 292	8.2	
	R _{me}	0.137 010	23.7	20.0		R _{me}	0.021 736	14.5	6.3
	R _{ma}	0.024 858	4.3	0.6		R _{ma}	0.019 037	12.7	4.5
马拉硫磷 Malathion	S	0.011 010	1.0		仲丁威 Fenobucarb	S	0.002 319	1.0	
	S ₀	0.190 473	17.3			S ₀	0.023 654	10.2	
	R _{me}	0.232 311	21.1	3.8		R _{me}	0.041 046	17.7	7.5
	R _{ma}	1.631 682	148.2	130.9		R _{ma}	0.039 191	16.9	6.7
杀螟松 Fenitrothion	S	0.017 013	1.0		醚菊酯 Ethofenprox	S	0.000 958	1.0	
	S ₀	0.251 792	14.8			S ₀	0.007 377	7.7	
	R _{me}	0.285 818	16.8	2.0		R _{me}	0.006 419	6.7	- 1.0
	R _{ma}	0.420 221	24.7	9.9		R _{ma}	0.008 430	8.8	1.1
二嗪磷 Diazinon	S	0.004 995	1.0		氰戊菊酯 Fenvalerate	S	0.005 596	1.0	
	S ₀	0.074 925	15.0			S ₀	0.027 420	4.9	
	R _{me}	0.091 409	18.3	3.3		R _{me}	0.034 695	6.2	1.3
	R _{ma}	0.128 871	25.8	10.8		R _{ma}	0.030 218	5.4	0.5
异丙威 Isoprocab	S	0.002 003	1.0		吡虫啉 Imidacloprid	S	0.000 068	1.0	
	S ₀	0.015 423	7.7			S ₀	0.000 340	5.0	
	R _{me}	0.022 434	11.2	3.5		R _{me}	0.000 265	3.9	- 1.1
	R _{ma}	0.026 239	13.1	5.4		R _{ma}	0.000 354	5.2	0.2

注：抗性变化 = 筛选后抗性倍数 - 筛选前抗性倍数。

Note: RR increased = the resistance rate after selection - the resistance rate before selection

2.2 抗甲胺磷与马拉硫磷品系的适合度

从表 2 可以看出，抗性品系 R_{me}、R_{ma} 相对于敏感品系 S 都表现出一定的生物适合度下降，具体表现为低龄若虫存活率、羽化率下降，成虫寿命缩短，卵历期延长，交配率、有效产卵量和孵化率下降。R_{ma} 品系在生物学特性上的不利性比 R_{me} 品系显著，而且还表现出若虫期延长，生物适合度亦比 R_{me} 品系显著下降。比较敏感品系和抗性品系实验种群生命表，计算出 3 个品系的种群数量趋势指数 (I) 分别

表 2 褐飞虱抗、感品系实验种群生命表及生物学特性的比较

Table 2 Life table of resistant and susceptible populations of *N. lugens*

	S	R _{me}	R _{ma}		S	R _{me}	R _{ma}
初孵若虫数量 Neonate number	100	100	100	有效产卵量/粒 Effective fecundity	537.0 ±80.7	363.9 ±21.5 *	258.0 ±57.4 *
初孵若虫至 2 龄若虫存活率/ % Survival rate from neonate to 2nd	92.7 ±0.8	90.0 ±2.3 *	88.5 ±3.9 *	雌成虫寿命/ d Female duration	21.9 ±0.4	19.8 ±1.0 *	18.1 ±1.5 *
3 龄若虫至 5 龄若虫存活率/ % Survival rate from 3rd to 5th	98.6 ±0.5	97.9 ±1.8	97.2 ±2.0	卵历期/ d Egg duration	8.7 ±0.7	9.8 ±0.5 *	10.9 ±1.2 *
若虫期/ d Larva duration	15.3 ±0.6	16.0 ±0.8	16.9 ±1.1 *	孵化率/ % Hatchability	87.9 ±9.3	80.3 ±11.1 *	58.3 ±8.78 *
羽化率/ % Emergence rate	94.2 ±1.2	83.7 ±6.5 *	72.0 ±9.9 *	推算下代初孵若虫数量/ 头 Next generation larvae	17 059.7	8 278.5	3 183.6
雌虫比例/ % Female ratio	47.7 ±3.8	48.2 ±5.4	49.6 ±2.1	种群数量趋势指数 Population number tendency index	170.6	82.8	31.8
交配率/ % Copulation rate	88.0 ±2.9	79.7 ±8.08 *	68.9 ±12.1 *	相对适合度 Relative fitness	1	0.49	0.19

* 表示抗感品系间差异显著 (t 测验, P < 0.05)。

* Indicates significance between the susceptible strain and resistant strains (t-test, P < 0.05).

为 170.6, 82.8 和 31.8。结果表明, 抗性品质 R_{me} 、 R_{mi} 相对于敏感品系 S 的相对生物适合度分别下降到 0.49 和 0.19。

3 讨论

试验表明有机磷与氨基甲酸酯杀虫剂之间存在交互抗性。两个抗性品系对氨基甲酸酯表现出相似的交互抗性, 但对其他有机磷杀虫剂的交互抗性却出现了较大的差异。马拉硫磷抗性品系和甲胺磷抗性品系不同, 马拉硫磷易于选育出高抗品系, 但对甲胺磷不表现明显的交互抗性; 而甲胺磷较难选育出高水平抗性, 但对马拉硫磷的交互抗性显著, 这是否与两个药剂的特性以及抗性产生的机制不同有关, 还有待进一步的研究。有机磷抗性曾一度上升较高, 但近年来下降比较迅速, 目前已经下降到低水平以下。这可能与噻嗪酮、吡虫啉的大量使用, 以及有机磷与它们之间无交互抗性有关。除了选择压力下降以外, 本试验还证明有机磷抗性个体生物适合度显著下降, 这也会加速敏感性的恢复。生产上注意这两种常用药剂的合理使用, 将会有利于控制抗药性的发展。特别是吡虫啉, 由于其防治效果好, 生产上广泛应用, 长期单品种当家可能会导致抗药性的产生^[12]。目前关于抗性害虫生物适合度下降的机制研究很少, 因此造成褐飞虱有机磷抗性个体, 特别是马拉硫磷抗性个体的适合度大幅度下降的原因值得进一步的探讨。

参考文献:

- [1] 唐振华, 孙敏功, 徐强. 褐稻虱抗药性的初步研究 [J]. 植物保护学报, 1982, 9 (3): 205-209.
- [2] 高辉华, 王荫长, 谭福杰, 等. 稻褐飞虱对杀虫剂敏感性水平的研究 [J]. 南京农业大学学报, 1987, 4 (增): 65-72.
- [3] 梁天锡, 毛立新. 水稻飞虱的抗药性监测研究 [J]. 华东昆虫学报, 1996, 5 (1): 89-93.
- [4] 王荫长, 李国清, 丁士银, 等. 褐飞虱对常用药剂敏感性的年度间变化规律 [J]. 南京农业大学学报, 1996, 19 (增): 1-8.
- [5] 刘贤进, 顾正远. 褐飞虱对甲胺磷、扑虱灵的抗药性现状及发展趋势 [J]. 植物保护, 1996, 22 (2): 3-6.
- [6] Banks C J, Needham P H. Comparison of the biology of *Myzus persicae* (Sulz.) resistant and susceptible to dimethoate [J]. Ann Appl Biol, 1970, 66: 465-468.
- [7] Nagata T. Insecticide resistance and chemical control of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae) [J]. Bulletin of the Kyushu National Agriculture Experiment Station, 1982, 22: 49-164.
- [8] 庞雄飞. 种群数量控制指数及其应用 [J]. 植物保护学报, 1990, 17 (1): 11-16.
- [9] 黄寿山. 白背飞虱种群生命表的编制方法 [J]. 华南农业大学学报, 1994, 15 (3): 45-49.
- [10] 黄寿山, 丁克军. 白背飞虱种群生命表分析 [J]. 华南农业大学学报, 1994, 15 (4): 47-51.
- [11] 邓业成, 王荫长, 谭福杰. 褐飞虱对马拉硫磷的抗性与酯酶的关系 [J]. 西南农业学报, 1995, 8 (4): 74-78.
- [12] 张彦英, 张弘. 吡虫啉抗性产生的可能与治理 [J]. 农药, 1999, 38 (4): 22-23.

责任编辑: 夏爱红