

不同地理种群草间钻头蛛 (*Hylyphantes graminicola*) 对杀虫剂的敏感性及其抗、感种群的相对适合度

冯 涛, 彭 宇*, 刘凤想, 方 满, 陈 建

(湖北大学生命科学学院, 武汉 430062)

摘要: 采用成蛛浸渍法测定了湖北武汉、湖北来凤、陕西渭南和山东菏泽 4 个草间钻头蛛地理种群对氰戊菊酯、溴氰菊酯、辛硫磷和甲胺磷 4 种杀虫剂的敏感性。结果表明: 湖北武汉和山东菏泽草间钻头蛛种群对 4 种杀虫剂的抗药性都较小, 处于敏感水平, 陕西渭南、湖北来凤种群对甲胺磷和辛硫磷的抗性达到了中抗水平。4 个种群对溴氰菊酯和氰戊菊酯均未产生抗药性, 说明拟除虫菊酯类杀虫剂对草间钻头蛛的毒力要大于有机磷类杀虫剂。在测定了蜘蛛对不同杀虫剂敏感水平的基础上, 以陕西渭南种群为抗性种群(R), 湖北武汉种群为敏感种群(S), 比较研究了这 2 个种群的生物学特性和相对适合度。结果表明两种群在发育历期和成活率上无显著差异。在繁殖力方面, R 种群产卵率、产卵量和孵化率均明显下降。R 种群的相对适合度为 0.74, 对有机磷产生抗性的草间钻头蛛种群存在繁殖不利性。

关键词: 草间钻头蛛; 地理种群; 敏感性测定; 相对适合度

文章编号: 1000-0933(2007)12-5093-05 中图分类号: Q968 文献标识码: A

Susceptibility to pesticides of different geographic populations of *Hylyphantes graminicola* and relative fitness of susceptible and resistant populations

FENG Tao, PENG Yu*, LIU Feng-Xiang, FAN Man, CHEN Jian

Faculty of Life Sciences, Hubei University, Wuhan 430062, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(12): 5093 ~ 5097.

Abstract: Samples from populations of *Hylyphantes graminicola* (Araneae: Linyphiidae) were collected from Wuhan (WH) (Hubei Province), Laifeng (LF) (Hubei Province), Weinan (WN) (Shanxi Province) and Heze (HZ) (Shandong Province) in China and their susceptibility to fenvalerate, deltamethrin, phoxin and methamidophos were investigated using dipping methods. The results showed that the populations of *H. graminicola* from Wuhan and Heze were susceptible to 4 species of insecticides, and those from Weinan and Laifeng had developed middle levels of resistance to phoxin and methamidophos. All four populations were susceptible to fenvalerate and deltamethrin. It indicated that pyrethroids had a high toxicity to *H. graminicola* than organophosphates.

The biology and reproduction of the Weinan (resistant) population and Wuhan (susceptible) population were carefully observed and relative fitness was determined by net reproductive rate (R_0). The results showed that resistant population

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39900097, 30270895)

收稿日期: 2006-09-25; 修订日期: 2007-03-28

作者简介: 冯涛 (1976 ~), 男, 湖北武汉人, 博士生, 主要从事昆虫抗药性研究. E-mail: toutfeng@tom.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: pengyu@hubu.edu.cn

致谢: 澳大利亚 The University of Queensland 的 Leon Huge 博士和英国帝国理工大学的 Xiaodong Li 博士帮助写作, 并提出许多宝贵意见, 谨此一并致谢。

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 39900097, 30270895)

Received date: 2006-09-25; **Accepted date:** 2007-03-28

Biography: FENG Tao, Ph. D. candidate, mainly engaged in pest resistance to insecticides. E-mail: toutfeng@tom.com

suffered reproductive disadvantages including having lower mean fecundity and a decrease in oviposition and hatching rates. No developmental defect was observed in resistant population. Resistant population was calculated to have a fitness value of 0.74 relative to susceptible population.

Key Words: *Hylyphantes graminicola*; geographic populations; measurement of susceptibility; relative fitness

蜘蛛在控制害虫为害和发展无公害农业中起着重要的作用。草间钻头蛛 *Hylyphantes graminicola* 为稻田和棉田内发生量最多的一种蜘蛛,也见于其它旱地作物如麦、大豆、果树、蔬菜上。它捕食棉蚜、棉铃虫、飞虱、叶蝉、稻纵卷叶螟和二化螟等害虫,在全国大多数地方均有分布^[1]。为了更好地发挥该蛛对害虫的控制作用及减少农药对其的危害,采用成蛛浸渍法测定了采自不同地区的草间钻头蛛种群对有机磷和拟除虫菊酯杀虫剂的敏感水平,并比较了抗性种群和敏感种群在生长发育、繁殖和适合度上的异同。

1 材料与方法

1.1 供试杀虫剂

20% 氰戊菊酯乳油(江苏激素研究所实验一厂);2.5% 溴氰菊酯乳油(敌杀死)(艾格福(天津)有限公司);40% 辛硫磷乳油(山东鲁西圣力化工厂);50% 甲胺磷乳油(湖北沙隆达股份有限公司)。

1.2 供试蜘蛛

供试草间钻头蛛种群分别采自湖北武汉市(WH)、湖北来凤县(LF)、陕西渭南县(WN)和山东菏泽市(HZ)。将采回的草间钻头蛛单头饲养于玻璃指管(长 13cm,直径 2cm)中,玻璃管底部放吸足水的海绵,供蜘蛛饮水。玻璃指管放于恒温培养箱内,温度为 25℃,光照时间为 14h。所有蜘蛛均喂以果蝇(*Drosophila* sp.)和摇蚊(*Tendipes* sp.)成虫,饲养 4d 后,去掉幼蛛和雄蛛,雌性草间钻头蛛成蛛用于杀虫剂敏感性测定。

1.3 敏感性测定

采用成蛛浸渍法测定杀虫剂对草间钻头蛛的毒力^[2]。在预备试验的基础上,供试杀虫剂用水配成 5~6 个浓度。测定前,先将蜘蛛放入两端均套有尼龙纱网的玻璃指管内,然后将装有蜘蛛的玻璃指管在药液中浸 10s,每个浓度处理草间钻头蛛 30 头。浸后将蜘蛛放入小塑料培养皿(直径 5cm,高 1.2cm)中,在培养皿中放吸足水的海绵,供蜘蛛饮水,不喂食,48h 后检查蜘蛛的死亡率。按照 Finney 几率值分析法^[3],求毒力回归方程、致死中浓度、95% 的置信限和 χ^2 。

1.4 生物学特性和相对适合度研究

在敏感性测定的基础上,以对有机磷抗性处于中抗水平的陕西渭南种群作为抗性种群(R),以对杀虫剂敏感的武汉种群为敏感种群(S),比较 R 和 S 的发育历期、存活率和适合度差异。

参照彭宇等^[4]的方法构建草间钻头蛛 R 和 S 种群的实验种群生命表。随机选取陕西渭南与湖北武汉草间钻头蛛卵 100 粒,放在保湿的培养皿内孵化,剥开卵袋,统计孵化率。待二龄幼蛛开始分散后,将其单头饲养在玻璃指管(长 13cm,直径 2cm)中,喂以果蝇(*Drosophila* sp.)和摇蚊(*Tendipes* sp.)成虫。蜘蛛成熟后,雌、雄配对,交配 24h,雌、雄分开,观察雌蛛产卵。每日检查一次,记录蜕皮、死亡、交配、产卵、产卵袋数和卵量等。所有试验均在恒温培养箱内进行,温度为 25℃,光照时间 14h。重复 3 次。构建生命表时,发育历期、成活率、性比、雌蛛数和平均产卵量均为 3 次试验结果的平均值,预计下代卵量、净增殖力和相对适合度按以下方法计算获得。

预计下代卵量为雌蛛数与平均产卵量的乘积。

净增殖力(R_0)的计算公式为:
$$R_0 = N_{t+1}/N_t$$

式中, N_t 为蜘蛛种群的起始卵粒数, N_{t+1} 为蜘蛛繁殖一代后卵粒数;相对适合度为种群的净增殖力与敏感种群净增殖力的比值^[5]。

1.5 数据分析

数据分析采用 SPSS(version 14.0)统计分析软件完成。数据以平均数 ± 标准差($\bar{M} \pm SD$)表示。用独立

样本的 t -检验比较抗性种群和敏感种群平均数之间的差异显著性。显著水平 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果分析

2.1 草间钻头蛛对杀虫剂敏感性测定

不同地理种群草间钻头蛛对 4 种杀虫剂的敏感性结果见表 1。湖北武汉和山东菏泽对 4 种杀虫剂的抗药性都较小,处于敏感水平。陕西渭南种群对溴氰菊酯和氰戊菊酯的抗药性处于低抗水平,而对甲胺磷和辛硫磷的抗性倍数分别为 13.63 和 11.11,达到了中抗水平。同陕西渭南种群一样,湖北来凤种群对 2 种菊酯类杀虫剂的抗药性也很低,对甲胺磷和辛硫磷的抗药性也达到了中抗水平,抗性倍数分别为 9.85 和 10.32。从表 1 可知,菊酯类杀虫剂对草间钻头蛛的毒力比有机磷杀虫剂大,4 个种群对两种菊酯类杀虫剂均处于敏感状态或者低抗水平,而陕西渭南和湖北来凤种群对有机磷类杀虫剂产生了中等水平的抗性。

表 1 不同地理种群草间钻头蛛对 4 种杀虫剂的敏感水平

Table 1 Susceptibility to four species of pesticides of *H. graminicola* from four geographical populations

杀虫剂 Insecticides	地理种群 Geographical populations	回归方程 LD-P line	致死中浓度 LC_{50} (95% CL) (mg/L)	χ^2	抗性倍数* Resistant ratio
溴氰菊酯 Deltamathrin	HZ	$y = 4.64 + 1.93x$	1.53 (0.58 - 4.04)	0.10	1
	WH	$y = 4.04 + 1.52x$	4.32 (1.67 - 11.18)	1.82	2.82
	WN	$y = 4.24 + 1.09x$	4.94 (2.92 - 8.36)	3.10	3.23
	LF	$y = 3.69 + 1.73x$	5.72 (4.26 - 7.68)	4.94	3.73
氰戊菊酯 Fenvalerate	WH	$y = 2.97 + 1.27x$	39.41 (13.62 - 113.99)	0.01	1
	HZ	$y = 0.66 + 2.46x$	58.32 (45.96 - 74.01)	3.11	1.48
	LF	$y = -0.56 + 2.63x$	129.01 (104.53 - 159.21)	5.53	3.27
	WN	$y = -0.91 + 2.77x$	136.42 (108.40 - 171.67)	0.55	3.46
甲胺磷 Methamidophos	WH	$y = 3.09 + 1.04x$	68.23 (18.57 - 250.72)	0.04	1
	HZ	$y = -1.14 + 2.73x$	176.13 (142.03 - 218.46)	2.56	2.58
	LF	$y = 1.77 + 1.14x$	671.97 (405.27 - 1114.16)	0.64	9.85
	WN	$y = -4.60 + 3.23x$	929.74 (753.13 - 1147.54)	4.38	13.63
辛硫磷 Phoxin	HZ	$y = 3.45 + 1.13x$	23.435 (0.59 - 937.33)	0.20	1
	WH	$y = 3.29 + 1.07x$	40.0739 (8.89 - 180.62)	0.18	1.71
	LF	$y = -0.28 + 2.21x$	241.8116 (186.99 - 312.71)	0.51	10.32
	WN	$y = 0.52 + 1.86x$	260.4577 (192.45 - 352.49)	3.12	11.11

* 抗性倍数指各杀虫剂致死中浓度与最小致死中浓度的比值 Resistant ratio was the ratios of LC_{50} of insecticides to the minimum LC_{50}

2.2 草间钻头蛛 R 和 S 种群的生物学特性

生物学研究结果表明,R 种群与 S 种群在卵期、幼蛛历期和世代成活率等生长发育特性方面没有明显差异(表 2)。而 R 种群的产卵率、每头雌蛛的平均产卵量和孵化率分别比敏感种群的产卵率、每头雌蛛的平均产卵量和孵化率下降 9.88%、24.77(粒)和 10.74%,显著低于敏感种群。这表明抗性种群存在一定程度的繁殖不利性。

2.3 草间钻头蛛 R 和 S 种群的相对适合度

通过构建 R 种群和 S 种群的实验种群生命表,可以计算出 R 种群和 S 种群的净增殖力分别为 28.82 和 39.19(表 3)。相对于 S 种群,抗性种群的适合度为 0.74,表明 R 种群存在一定的适合度缺陷。

3 讨论

测定蜘蛛等害虫天敌对杀虫剂的敏感性,对于科学、合理地使用杀虫剂和新杀虫剂的研制和开发具有重要的意义^[6]。本文的研究结果表明,陕西渭南和湖北来凤草间钻头蛛种群对甲胺磷和辛硫磷的抗性均达到了中抗水平,但所有草间钻头蛛种群对溴氰菊酯和氰戊菊酯均未产生抗药性,这说明菊酯类杀虫剂对于草间钻头蛛的毒力要大于有机磷类杀虫剂。Mansour^[7]在以色列的实验结果也表明拟除虫菊酯类杀虫剂造成

98% 以上的捕食性蜘蛛死亡。因此,当田间草间钻头蛛种群数量处于上升期间,应尽量少用菊酯类杀虫剂,以减少对草间钻头蛛等害虫天敌的伤害。

表2 草间钻头蛛抗性种群和敏感种群的生长发育和繁殖特征比较

Table 2 The comparison of developmental and reproductive characteristics between resistant and susceptible populations of *Hylyphantes graminicola*

生物学特性 The characteristics of biology	种群 Populations	
	WH(S) ($\bar{M} \pm SD$)	WN(R) ($\bar{M} \pm SD$)
卵期 The duration of egg (d)	4.12 $\pm$ 0.25	4.15 $\pm$ 0.16
幼蛛历期 The duration of the spiderlings (d)	42.41 $\pm$ 6.32	43.09 $\pm$ 5.29
世代成活率 The survival rate of the spiderling (%)	31.52 $\pm$ 4.65	26.97 $\pm$ 5.47
产卵率 Ovipositing rate (%)	66.33 $\pm$ 6.54	56.45 $\pm$ 4.65 *
雌蛛平均产卵量(粒/雌) Average number of egg laid by one female(egg/♀)	212.53 $\pm$ 25.87	187.76 $\pm$ 28.35 *
孵化率 Hatching rate (%)	87.26 $\pm$ 16.89	76.52 $\pm$ 18.62 *

带*者,表明两种群之间差异显著(t 检验, $P < 0.05$),下同 The dates ended with “*” indicated that there was significant difference between two populations (t -test, $P < 0.05$); the same below

表3 草间钻头蛛抗性种群和敏感种群的实验种群生命表

Table 3 Life table of resistant and susceptible populations of *Hylyphantes graminicola* in the laboratory

发育阶段 Developmental stages	种群 Populations	
	WH(S) ($\bar{M} \pm SD$)	WN(R) ($\bar{M} \pm SD$)
起始卵量(粒) Egg number of beginning(N_t)	100	100
卵死亡率 Mortality of eggs (%)	12.74 $\pm$ 3.56	23.48 $\pm$ 4.12 *
2龄幼蛛数(头) Number of 2nd instar spiderlings	87.26 $\pm$ 10.64	76.52 $\pm$ 9.89 *
2~5龄幼蛛死亡率 Mortality of 2nd to 5th instar spiderlings (%)	63.88 $\pm$ 9.88	64.75 $\pm$ 8.24
成蛛数(头) Number of adults	31.52 $\pm$ 5.45	26.97 $\pm$ 6.58
世代成活率 The survival rate of the spiderlings (%)	31.52 $\pm$ 5.45	26.97 $\pm$ 6.58
性比(♀:♂) Sex ratio	1.41:1	1.32:1
雌蛛数(头) Number of female	18.44 $\pm$ 1.8	15.35 $\pm$ 2.4
平均产卵量(粒/雌) Average egg number laid by one female(egg/♀)	212.53 $\pm$ 25.87	187.76 $\pm$ 28.35 *
预计下代卵量(粒) Egg numbers of next generation(N_{t+1})	3919.05	2882.12
净增殖力 Net reproductive rate(R_0)	39.19	28.82
相对适合度 Relative fitness	1	0.74

一般情况下,节肢动物的抗性品系与敏感品系相比具有较低的生殖力和较长的发育历期^[8]。吴益东等^[5]对棉铃虫抗氰戊菊酯品系、Argentine 和 Clark^[9]对抗性科罗拉多(Colorado)马铃薯甲虫、兰亦全等^[10]对甜菜夜蛾抗三氟氯氰菊酯品系及吕梅等^[11]对棉铃虫抗丙溴磷品系的相对适合度研究均表明,抗性品系在生长发育上存在不利性,同敏感品系相比,适合度下降明显。研究结果表明:草间钻头蛛对有机磷抗性种群也存在繁殖不利性,陕西渭南抗性种群与湖北武汉敏感种群相比,其产卵率、雌蛛的平均产卵量和孵化率均显著下降,表明抗性品系存在一定程度的繁殖不利性。与以上研究结果不同的是,抗、感草间钻头蛛种群在发育历期和成活率上无显著差异。

长期的地理隔离能够使动物出现遗传分化^[12]、形态差异^[13]和行为上的改变^[14]等。如:不同地理种群泥蚱在形态差异很大^[13];日本条螽的不同地理种群,其雄性鸣声不同^[14]。此外,不同地理种群动物对逆境的抵抗力也存在差异。李冰祥等^[15]研究了飞蝗不同地理种群的抗寒性差异;吕仲贤等^[16]的研究表明,不同地理种群褐飞虱的抗逆性存在较大差异,对逆境条件的抗性差异主要是由于他们长期适应了各自所处的特定生存环境引起的。向兵等^[17]研究表明不同地域狼蛛的酯酶同工酶也有差别,而酯酶是昆虫对进入体内的杀虫剂进行解毒代谢最重要的酶系之一。研究表明,不同地理种群草间钻头蛛对4种杀虫剂的敏感性存在一定的差

异,且抗性种群和敏感种群在适合度上也存在明显的不同。由于不同地理种群蜘蛛所处的气候、生境、受药情况及所捕食对象上存在差异,经过长期的演化,导致蜘蛛体内解毒酶系发生变化,可能是不同地理种群草间钻头蛛抗药性和适合度差异产生的原因。

References:

- [1] Song D X, Zhu M S, Chen J. The spiders of China. Shijiazhuang: Hebei Sciences and Technology Publishing House, 1999.
- [2] Peng Y, Wang Y C, Han Z J. Methods for the measurement of susceptibility of spider to pesticides. Chinese Journal of Zoology, 2001, 36(3): 47—49.
- [3] Finney D J. Probit Analysis. London: Cambridge Univ. Press, 1971.
- [4] Peng Y, Zhao J Z, Liu F X, *et al.* Effect of temperature on postembryonic development and fecundity of *Pirata piraticus*. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(4): 606—610.
- [5] Wu Y D, Shen J L, Tan F J, *et al.* Relative fitness of fenvalerate resistant and susceptible strains of *Helicoverpa armigera* (Hübner). Acta Entomologica Sinica, 1996, 39(3): 233—237.
- [6] Peng Y, Wang Y C, Han Z J. Toxicity of four insecticides to *Hylyphantes graminicola* and *Misumenops tricuspidatus* (Arachnia: Araneae). Journal of Nanjing Agricultural University, 2000, 23(4): 117—119.
- [7] Mansour F. Effect of pesticides on spiders occurring on apple and citrus in Israel. Phytoparasitica, 1987, 15: 43—50.
- [8] Georgiou G P, Taylor C E. Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. J. Econ. Entomol., 1977, 70: 319—323.
- [9] Argentine J A, Clark J M. Relative fitness of insecticides resistant Colorado potato beetle strains (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol., 1989, 18(4): 705—710.
- [10] Lan Y Q, Zhao S X. Relative fitness of cyhalothrin resistant strains of *Spodoptera exigua* Hübner. Entomological Journal of East China, 2004, 13(1): 88—91.
- [11] Li M, Shen J L, Zheng Z F. Inheritance mode and the relative fitness of profenofos resistance in cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. Cotton Science, 2004, 16(6): 333—337.
- [12] Shi W, Ye H. Genetic differentiation in five geographic populations of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) in Yunnan province. Acta Entomologica Sinica, 2004, 47(3): 384—388.
- [13] Zhang Y P, Lin Z H, Ying X P. Morphological variations and discriminant analysis of different geographical populations of *Tegillarca granosa*. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(3): 339—342.
- [14] Shi F M, Yang P L, Du X C. A comparative study on the male songs of different geographical populations of *Ducetia japonica* (Thunberg) (Orthoptera, Phaneropteridae). Acta Zootaxonomica Sinica, 2003, 28(3): 402—410.
- [15] Li B X, Chen Y L, Cai H L. The cold-hardiness of different geographical populations of the migratory locust, *Locusta migratoria* L. (Orthoptera, Acrididae). Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(12): 2023—2030.
- [16] Lu Z X, Yu X P, Chen J M, *et al.* Tolerance of various geographic populations of brown plant-hopper to adverse environmental stresses. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(5): 745—748.
- [17] Xiang B, Wen J H. Studies on esterase isoenzyme of wolf spider (Araneae: Lycosidae) at different parts and different geographic region and elevation. Journal of Hunan Normal University (Med. Sci.), 2004, 1(1): 65—66.

参考文献:

- [2] 彭宇,王荫长,韩召军.蜘蛛对农药敏感性的测定方法.动物学杂志,2001,36(3):47~49.
- [4] 彭宇,赵敬钊,刘凤想,等.温度对真水狼蛛发育和繁殖的影响.生态学报,2000,20(4):606~610.
- [5] 吴益东,沈晋良,谭福杰,等.棉铃虫对氰戊菊酯抗性品系和敏感品系的相对适合度.昆虫学报,1996,39(3):233~237.
- [6] 彭宇,韩召军,王荫长.4种杀虫剂对草间钻头蛛和三突花蛛的毒力测定.南京农业大学学报,2000,23(4):117~119.
- [10] 兰亦全,赵士熙.抗三氟氯菊酯甜菜夜蛾品系的相对适合度研究.华东昆虫学报,2004,13(1):88~91.
- [11] 吕梅,沈晋良,郑周菲.棉铃虫对丙溴磷抗性遗传特性及相对适合度研究.棉花学报,2004,16(6):333~337.
- [12] 施伟,叶辉.云南桔小实蝇五个地理种群的遗传分化研究.昆虫学报,2004,47(3):384~388.
- [13] 张永普,林志华,应雪萍.不同地理种群泥蚱的形态差异与判别分析.水产学报,2004,28(3):339~342.
- [14] 石福明,杨培林,杜喜翠.日本条蠹不同地理种群雄性鸣声的比较研究(直翅目,露螽科).动物分类学报,2003,28(3):402~410.
- [15] 李冰祥,陈永林,蔡惠惠.飞蝗不同地理种群抗寒性研究.生态学报,2001,21(12):2023~2030.
- [16] 吕仲贤,俞晓平,陈建明,等.不同地理种群褐飞虱的抗逆性.应用生态学报,2000,11(5):745~748.
- [17] 向兵,文菊华.狼蛛体躯不同部位及不同地域、海拔高度酯酶同工酶的研究.湖南师范大学学报(医学版),2004,1(1):65~66.