

截形叶螨对哒螨灵、阿维菌素和阿维·哒螨灵的抗性选育和抗性稳定性研究*

宋丽雯** 李妙雯 沈慧敏***

(甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统省部共建教育部重点实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展中心, 兰州 730070)

摘要 【目的】明确截形叶螨 *Tetranychus truncatus* Ehara 对哒螨灵、阿维菌素和阿维·哒螨灵 3 种田间常用药剂产生抗性的速率和稳定性, 为叶螨的抗性综合治理提供一定的理论依据。【方法】采用室内生测法, 对截形叶螨进行药剂的抗性筛选、衰退和再恢复规律研究。【结果】经过连续 30 代的药剂汰选, 截形叶螨对哒螨灵、阿维菌素和阿维·哒螨灵 3 种药剂产生了不同程度的抗药性, 抗性指数分别达到 197.50、19.56 和 12.57; 停止喷药后, 其抗性都有所下降, 其中截形叶螨对哒螨灵的抗性最不稳定, 培育至 30 代后, 抗性衰退率达到 63.54%, 对阿维菌素的抗性较为稳定, 抗性衰退率为 23.30%; 再次恢复用药后, 截形叶螨对哒螨灵、阿维菌素和阿维·哒螨灵抗性再度回升, 以抗哒螨灵品系的抗性恢复最快, 药剂汰选 30 代后, 增长率达到了 58.47%, 阿维·哒螨灵次之 (增长率为 38.67%), 抗阿维菌素的品系抗性恢复最慢, 增长率仅为 22.86%。【结论】截形叶螨对哒螨灵抗性不稳定, 停止用药后, 敏感性易恢复, 对阿维菌素和阿维·哒螨灵的抗性较稳定, 一旦抗性产生不易衰退, 故田间应用时应交替轮换用药。

关键词 截形叶螨, 哒螨灵, 阿维菌素, 阿维·哒螨灵, 抗药性

Selection for pyridaben, avermectin and abamectin+pyridaben resistance in *Tetranychus truncatus* Ehara

SONG Li-Wen** LI Miao-Wen SHEN Hui-Min***

(Pratacultural College, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education, The Sino-U.S. Centers for Grazingland Ecosystem Sustainability Lanzhou 730070, China)

Abstract [Objectives] To clarify the development of pesticide resistance, and the stability of resistance, to pyridaben, avermectin and avermectin+pyridaben in *Tetranychus truncatus* Ehara. [Methods] Biological assays were carried out in a laboratory to detect selection for resistance to pyridaben, avermectin, and avermectin+pyridaben, in *T. truncatus*, and the decline and recovery of resistance to these acaricides. [Results] After 30 generations of selection for resistance to the three acaricides, the resistance index to each increased by 197.50、19.56 and 12.57 folds, respectively. The resistance of a pyridaben resistant strain decreased very quickly in the absence of exposure to this acaricide, declining by 63.54% after 30 generations, whereas the resistance of avermectin resistant strain declined by 23.30% over the same number of generations. Resistance increased quickly after exposure to acaricides for about 30 generations. Resistance of the pyridaben resistant strain rapidly increased by 58.47%, but the recovery rate of the avermectin resistant strain was only 22.86%. The recovery rate of an abamectin+pyridaben resistant strain was intermediate; 38.67%. [Conclusion] The resistance of *T. truncatus* to pyridaben was relatively unstable and sensitivity to this acaricide returned relatively quickly. Resistance to avermectin and abamectin+pyridaben were more stable, and sensitivity to these acaricides was difficult to reestablish. Consequently, avermectin should be

* 资助项目 Supported projects: 公益性行业(农业)科研专项(201103020); 国家自然科学基金项目(31260442); 盛彤笙科技创新基金项目(GSAU-STs-1518)

**第一作者 First author, E-mail: songlw@gsau.edu.cn

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: ndshm@gsau.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-12-14, 接受日期 Accepted: 2016-01-18

used in rotation with the other insecticides to avoid cross-resistance and reduce selection pressure, thereby slowing the development of resistance in *T. truncatus*.

Key words *Tetranychus truncatus* (Ehara), pyridaben, avermectin, abamectin+pyridaben, resistance

玉米是甘肃省主要粮食及饲料作物之一,其种植面积和总产仅次于小麦,在甘肃农业及农村经济发展中具有重要地位和作用,近年来,随着河西地区制种玉米面积的逐年扩大和集中连片种植,为多食性叶螨提供了丰富的食料条件及稳定的栖息场所,其数量逐年上升,为害不断加重。其中截形叶螨 *Tetranychus truncatus* Ehara 为各地玉米田的优势种(罗光宏, 1990; 姜双林, 2007), 玉米受害后植株干枯、籽粒秕瘦,造成明显的经济损失,螨害已成甘肃省玉米制种生产中的突出问题。

目前防治截形叶螨,仍以化学防治为主。据报道,不同作物上的截形叶螨已经对许多杀虫剂产生了抗药性(陈志杰等, 2003; 牛贍光等, 2006; 张丽华等, 2011), 给防治造成了较大的困难。但有相关报道证明害虫或害螨对某些杀虫剂产生的抗性具不稳定性,停止用药一段时间后,抗性水平有所下降,如小菜蛾 *Plutella xylostella* 对溴氰菊酯,棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 对溴氰菊酯及三氟氯氰菊酯都表现出不稳定的抗性(赵建周等, 1993; 梁革梅和谭维嘉, 1997)。沈慧敏等(2002)关于二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 对氧乐果、甲氰菊酯和四螨嗪抗性稳定性的测定也证明了这一现象。哒螨灵、阿维菌素和阿维·哒螨灵 3 种药剂因其杀叶螨高效、广谱,目前在甘肃农田应用较为广泛,但长期大面积、单一的使用,易导致截形叶螨抗药性的产生,因此对 3 种药剂进行室内抗性品系筛选和抗药性稳定性测定分析,可以为田间合理用药和截形叶螨的抗性综合治理提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试螨类

敏感品系:将采自甘肃农业大学玉米试验田(未接触过任何农药)的截形叶螨在实验室内用盆栽菜豆苗连续饲养约 90 代,饲养期间不接触

农药,以保证叶螨的相对较高的敏感性。

1.2 供试药剂

15%哒螨灵乳油(山东省绿士农药有限公司), 5%阿维菌素乳油(河北省农药化工有限公司), 10%阿维·哒螨灵乳油(螨立停,上海沪联生物药业有限公司)。

1.3 抗性选育

从敏感品系中分出截形叶螨部分个体,待扩繁后用药剂处理,通过淘汰选择培育抗性种群,方法是以药剂杀死种群 70%左右个体的浓度,用微型喷雾器喷雾处理截形叶螨种群,叶背、叶面以喷雾均匀,但不流失为度,存活个体继续饲养,累代连续处理存活个体的子代。每喷 5 次药剂进行一次室内毒力测定,计算其致死中浓度(LC₅₀),并与敏感种群比较,求出抗性指数(RI),掌握抗药性的发展趋势。每个品系的起始代用 F₀ 表示,药剂筛选后第 1、2、...n 代,分别以 F₁、F₂、... F_n 表示(何林, 2003)。

1.4 截形叶螨抗药性种群的抗性变化分析

将上述培育出的抗性种群在室内盆栽菜豆苗上继续饲养,期间不施用任何农药,每隔 10 代进行一次室内毒力测定,观察抗性变化情况,停用农药 10 个月后,再重新用药剂连续处理,处理方法同 1.3。

1.5 生物测定方法

参照 FAO(1980)推荐的玻片浸渍法。试验时挑取截形叶螨雌成螨,用双面胶带将其背部贴在载玻片一端,每块玻片粘雌成螨 30 头。根据预实验结果将 3 种药剂稀释成系列浓度梯度,每一处理浓度设置 3 个重复,另以蒸馏水为对照。24 h 后检查死亡率,用 Finney 机率分析法求出药剂对截形叶螨种群的毒力回归式、坡度、LC₅₀ 和 95%置信限,并用 χ^2 进行检验。

1.6 数据处理

试验数据用 EXCEL 和 DPS17.0 统计软件进行分析与处理。

抗性指数 (RI) = 供试种群的 LC_{50} /敏感种群的 LC_{50} ;

抗性衰退率和增长率 (%) = (用药后种群的 LC_{50} -停用后种群的 LC_{50}) $\times$ 100/用药后种群的 LC_{50} 。

2 结果及分析

2.1 截形叶螨对 3 种药剂的抗性选育

从表 1~表 3 可以看出, 经药剂连续 30 代筛选, 截形叶螨对不同药剂产生的抗性速度不同。两种单剂中, 截形叶螨对哒螨灵的抗性发展最快, 筛选至 30 代, 抗性指数达到 197.50; 对阿维菌素的抗性较低, 抗性指数仅为 19.56,

表 1 截形叶螨对哒螨灵的抗性选育

Table 1 Resistance selection of *Tetranychus truncatus* to pyridaben

筛选代数 Selecting generation	回归方程 LC-P equation	相关系数 R Correlation efficient	卡方值 χ^2	LC_{50} (mg/L)	抗性指数 Resistance index (RI)
F_0 (SS)	$y = 1.7925x + 2.7906$	0.9801	4.19	17.08	—
F_5	$y = 2.3293x + 1.0312$	0.9546	9.60	50.57	2.96
F_{10}	$y = 2.1788x - 0.4896$	0.9985	0.43	330.78	19.37
F_{15}	$y = 2.7672x - 3.0781$	0.9927	1.66	830.33	48.61
F_{20}	$y = 3.0398x - 4.7440$	0.9911	1.67	1 604.94	93.97
F_{25}	$y = 2.7471x - 4.3067$	0.9750	2.52	2 442.69	143.03
F_{30}	$y = 3.0398x - 4.7440$	0.9942	0.70	3 372.46	197.50

表 2 截形叶螨对阿维菌素的抗性选育

Table 2 Resistance selection of *Tetranychus truncatus* to avermectin

筛选代数 Selecting generation	回归方程 LC-P equation	相关系数 R Correlation efficient	卡方值 χ^2	LC_{50} (mg/L)	抗性指数 Resistance index (RI)
F_0 (SS)	$y = 4.6274x + 9.7502$	0.9778	4.29	0.09	—
F_5	$y = 4.8916x + 8.5651$	0.994	1.17	0.19	2.14
F_{10}	$y = 3.4542x + 6.3330$	0.9919	0.37	0.41	4.55
F_{15}	$y = 3.3265x + 5.7584$	0.9736	5.62	0.59	6.56
F_{20}	$y = 3.1266x + 5.3612$	0.9778	4.12	0.77	8.56
F_{25}	$y = 2.8737x + 4.7968$	0.9746	4.52	1.18	13.11
F_{30}	$y = 3.3934x + 4.1751$	0.9631	4.02	1.76	19.56

表 3 截形叶螨对阿维菌素·哒螨灵的抗性选育

Table 3 Resistance selection of *Tetranychus truncatus* to abamectin + pyridaben

筛选代数 Selecting generation	回归方程 LC-P equation	相关系数 R Correlation efficient	卡方值 χ^2	LC_{50} (mg/L)	抗性指数 Resistance index (RI)
F_0 (SS)	$y = 2.7409x + 2.6499$	0.9967	0.55	7.20	—
F_5	$y = 2.0324x + 2.5457$	0.9885	1.51	16.13	2.24
F_{10}	$y = 2.4574x + 1.4559$	0.9687	4.41	27.79	3.86
F_{15}	$y = 3.1953x + 0.1614$	0.9839	2.66	32.68	4.54
F_{20}	$y = 3.5909x - 0.9973$	0.9732	3.62	46.79	6.50
F_{25}	$y = 3.9474x - 2.1474$	0.9608	3.02	64.67	8.98
F_{30}	$y = 6.1642x - 7.0619$	0.9789	2.71	90.53	12.57

但从抗性趋势来看,抗性在缓慢而稳定的上升。而对混剂和阿维菌素·哒螨灵的,其抗性虽低(抗性指数为 12.57),但也在缓慢而稳定的上升。

2.2 截形叶螨对 3 种药剂的抗性衰退趋势

由表 4~表 6 可知,已筛选出的截形叶螨对哒螨灵、阿维菌素和阿维菌素·哒螨灵 3 种药剂的抗性品系在连续 10 个月不施用药剂的情况下,其抗性都有所下降。其中,抗哒螨灵品系的抗性水平下降速度最快,30 代后其抗性衰退率达到 63.54%;抗阿维菌素品系的抗性水平下降

速度最慢,其抗性衰退率为 23.30%。较前两种抗性品系而言,抗阿维菌素·哒螨灵品系的抗性衰退速度处于中等,衰退率为 39.49%。

2.3 截形叶螨对 3 种药剂抗性的恢复

从表 7~表 9 中可以看出,再次用药剂连续 30 代喷药处理后,3 个抗性品系的抗性都再次恢复。其中,抗阿维菌素品系抗性恢复最慢,其增长率仅为 22.86%,而抗哒螨灵品系的抗性恢复最快,经连续喷药处理后,其增长率达到了 58.47%;抗阿维菌素·哒螨灵品系的抗性恢复速率介于两单剂之间。

表 4 截形叶螨对哒螨灵的抗性衰退趋势

Table 4 The tendency of depression of resistant of *Tetranychus truncatus* to pyridaben

筛选代数 Selecting generation	回归方程 LC-P equation	相关系 R Correlation efficient	卡方值 χ^2	LC ₅₀ (mg/L)	抗性指数 Resistance index (RI)	衰退率 Depression rate (%)
F ₀ (抗性)	$y = 3.0398x - 4.7440$	0.9942	0.70	3 372.46	197.50	—
F ₁₀	$y = 3.1166x - 5.5131$	0.9794	0.32	2 361.89	138.28	29.97
F ₂₀	$y = 2.7498x - 3.8137$	0.9821	1.41	1 603.81	93.90	52.44
F ₃₀	$y = 3.2363x - 4.9992$	0.9899	0.47	1 229.52	71.99	63.54

表 5 截形叶螨对阿维菌素的抗性衰退趋势

Table 5 The tendency of depression of resistant of *Tetranychus truncatus* to avermectin

筛选代数 Selecting generation	回归方程 LC-P equation	相关系数 R Correlation efficient	卡方值 χ^2	LC ₅₀ (mg/L)	抗性指数 Resistance index (RI)	衰退率 Depression rate (%)
F ₀	$y = 3.3934x + 4.1751$	0.9631	4.02	1.76	19.56	—
F ₁₀	$y = 3.2045x + 4.3108$	0.9643	6.81	1.64	18.22	6.81
F ₂₀	$y = 2.8124x + 4.5737$	0.9664	6.44	1.42	15.78	19.89
F ₃₀	$y = 2.5658x + 4.6585$	0.9812	3.58	1.35	15.00	23.30

表 6 截形叶螨对阿维菌素·哒螨灵的抗性衰退趋势

Table 6 The tendency of depression of resistant of *Tetranychus truncatus* to abamectin + pyridaben

筛选代数 Selecting generation	回归方程 LC-P equation	相关系 R Correlation efficient	卡方值 χ^2	LC ₅₀ (mg/L)	抗性指数 Resistance index (RI)	衰退率 Depression rate (%)
F ₀	$y = 6.1642x - 7.0619$	0.9789	2.71	90.53	12.57	—
F ₁₀	$y = 5.4447x - 5.3955$	0.9804	2.45	81.15	11.27	10.36
F ₂₀	$y = 4.7455x - 3.7994$	0.9816	2.29	71.49	9.93	21.03
F ₃₀	$y = 4.7455x - 3.7994$	0.9645	4.31	54.78	7.61	39.49

表 7 截形叶螨对哒螨灵的抗性恢复
Table 7 The tendency of resistance re-growth of resistant of *Tetranychus truncatus* to pyridaben

筛选代数 Selecting generation	回归方程 LC-P equation	相关系 R Correlation efficient	卡方值 χ^2	LC ₅₀ (mg/L)	抗性指数 Resistance index (RI)	增长率 Growth rate (%)
F ₀	$y = 3.2363x - 4.9992$	0.9899	0.47	1 229.52	71.99	—
F ₁₀	$y = 3.1939x - 5.1074$	0.9882	2.19	1 460.80	85.53	15.83
F ₂₀	$y = 2.9736x - 4.6812$	0.9926	1.51	1 801.74	105.49	31.76
F ₃₀	$y = 4.2564x - 9.7756$	0.9882	1.00	2 960.54	173.33	58.47

表 8 截形叶螨对阿维菌素的抗性恢复
Table 8 The tendency of resistance re-growth of resistant of *Tetranychus truncatus* to avermectin

筛选代数 Selecting generation	回归方程 LC-P equation	相关系 R Correlation efficient	卡方值 χ^2	LC ₅₀ (mg/L)	抗性指数 Resistance index (RI)	增长率 Growth rate (%)
F ₀	$y = 2.5658x + 4.6585$	0.9812	3.58	1.35	15.00	—
F ₁₀	$y = 2.7575x + 4.5553$	0.9742	4.94	1.45	16.11	6.90
F ₂₀	$y = 2.8925x + 4.4038$	0.9601	3.39	1.61	17.89	16.15
F ₃₀	$y = 3.3934x + 4.1751$	0.9631	3.02	1.75	19.44	22.86

表 9 截形叶螨对阿维菌素·哒螨灵的抗性恢复
Table 9 The tendency of resistance re-growth of resistant of *Tetranychus truncatus* to abamectin + pyridaben

筛选代数 Selecting generation	回归方程 LC-P equation	相关系 R Correlation efficient	卡方值 χ^2	LC ₅₀ (mg/L)	抗性指数 Resistance index (RI)	增长率 Growth rate (%)
F ₀	$y = 4.7455x - 3.7994$	0.9645	4.31	54.78	7.61	—
F ₁₀	$y = 3.5188x - 1.2584$	0.9730	2.10	60.05	8.34	8.78
F ₂₀	$y = 4.3325x - 3.1403$	0.9456	4.85	75.66	10.51	27.60
F ₃₀	$y = 5.2255x - 5.1947$	0.9618	4.65	89.32	12.41	38.67

3 结论与讨论

本试验选用哒螨灵、阿维菌素和阿维菌素·哒螨灵 3 种大田常用药剂,进行了截形叶螨对 3 种药剂的抗性稳定性研究,结果表明:截形叶螨对哒螨灵的抗性不稳定,抗性增长速度快,但停止用药后,抗性衰退率也高,即敏感性易恢复;而对阿维菌素和阿维·哒螨灵的抗性较稳定,一旦抗性产生则不易衰退。而陈霞等(2011)研究发现胡瓜钝绥螨 *Neoseiulus cucumeris* 对阿维菌素的抗性发展迅速,繁育 54 代后,抗性指数为 64.42,而且即使停止用药后抗药性会较长时

间保持在中等抗性水平。这与本试验中关于截形叶螨对阿维菌素的抗性稳定性的结果有差异,究其原因可能是捕食螨和叶螨的种间差异以及筛选代数的不同造成,但具体原因还需继续研究。因此,对于哒螨灵药剂,建议在农田施用一段时间后,应暂停用药,使其抗性衰退,敏感性恢复。而室内试验虽显示截形叶螨对阿维菌素和混剂阿维·哒螨灵的抗性速率较慢,水平较低,但根据抗性趋势来看,估计施用一段时间后,抗性很快会上升,在实际生产中,应选择其他抗性水平较低的杀螨剂进行轮用或通过合理的交替用药来控制截形叶螨对这些药剂抗性的产生和

进一步发展。

参考文献 (References)

- Chen X, Zhang YX, Ji J, Lin JZ, 2011. Selection for avermectin resistance and resistance stability in *Neoseiulus cucumeris*. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 26(5): 793–797. [陈霞, 张艳璇, 季洁, 林坚贞, 2011. 胡瓜钝绥螨抗阿维菌素品系的筛选及抗性稳定性分析. 福建农业学报, 26(5): 793–797.]
- Chen ZJ, Zhang SL, Zhang F, Lei H, 2003. Study on resistible control of leaf mites upon corn summer seeding in Shaanxi. *Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition*, 31(S2): 101–104. [陈志杰, 张淑莲, 张锋, 雷虹, 2003. [陕西省夏播玉米田叶螨发生及抗性治理对策研究. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 31(S2): 101–104.]
- FAO, 1980. Revised method for spider mites and their eggs (e. g. *Tetranychus* spp. and *Panonychus ulmi* Koch). *FAO Plant Production and Protection*, 21: 49–54.
- He L, 2003. Study on pesticide resistance mechanisms and resistant fitness of *Tetranychus cinnabarinus* (Boiduval). Doctoral dissertation. Chongqing: Southwest Agricultural University. [何林, 2003. 朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)抗药性机理及抗性适合度研究. 博士学位论文. 重庆: 西南农业大学.]
- Jiang SL, 2007. The species composition and ecological distribution of Tetranychidae in eastern Gansu. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 13(1): 153. [姜双林, 2007. 甘肃东部叶螨科的种类组成及其生态分布. 安徽农学通报, 13(1): 153.]
- Liang GM, Tan WJ, 1997. Resistance stabilities of cotton bollworm to pyrethroids. *Plant Protection*, 23(6): 6–8. [梁革梅, 谭维嘉, 1997. 棉铃虫对拟除虫菊酯的抗性稳定性研究. 植物保护, 23(6): 6–8.]
- Luo GH, 1990. *Tetranychus truncatus* was the most harmful red mites in Gansu Provinc. *Gansu Agricultural Science and Technology*, (9): 24. [罗光宏, 1990. 危害我省玉米的红蜘蛛为截形叶螨. 甘肃农业科技, (9): 24.]
- Niu SG, Li N, Zhang SJ, Li XC, 2006. Resistible control of *Tetranychus truncatus* on winter jujube. *Journal of Shandong Forestry Science and Technology*, (1): 48–49. [牛贻光, 李宁, 张淑静, 李宪臣, 2006. 冬枣截形叶螨抗药性及其防治对策. 山东林业科技, (1): 48–49.]
- Shen HM, Zhang XH, 2002. Selection, decline and recovery of *Tetranychus urticae* Koch resistance to fen-propathrin, omethoate and clofentezine. *Acta Entomologica Sinica*, 45(3): 341–345. [沈慧敏, 张新虎, 2002. 二点叶螨对甲氰菊酯, 氧乐果和四螨嗪抗药性的选育, 衰退和恢复. 昆虫学报, 45(3): 341–345.]
- Zhang LH, Che LM, Li W, 2011. Virulence determination and field efficacy test on different acaricides against *Tetranychus truncatus* Ehara. *Journal of Jilin Agricultural Science and Technology College*, 20(1): 10–11. [张丽华, 车丽梅, 李伟, 2011. 不同杀螨剂对截形叶螨的毒力测定及田间药效试验. 吉林农业科技学院学报, 20(1): 10–11.]
- Zhao JZ, Zhu GR, Xu BY, Ju ZL, Zhu SX, Zou F, 1993. Study on the resistance recovery and cross-resistance of *Plutella xylostella* L. in Wuhan to deltamethrin. *Plant Protection*, 19(6): 13–14. [赵建周, 朱国仁, 徐宝石, 剧正理, 朱树勋, 邹丰, 1993. 武汉地区小菜蛾对溴氰菊酯的抗性恢复及交互抗性研究. 植物保护, 19(6): 13–14.]