

阿维菌素对棉铃虫毒力及增效剂的作用

王成菊^① 李学锋 吴学民 张文吉

(中国农业大学基础科学和技术学院)

摘要 采用浸渍法测定了阿维菌素对棉铃虫卵孵化抑制作用,0.1,1,10,100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 阿维菌素对卵孵化抑制率分别为4%,51%,63%,71%。采用饲料混药法测定了阿维菌素对不同龄期棉铃虫的毒力。结果表明,处理后96 h对初孵、1龄、3龄、4龄幼虫的致死中浓度 LC_{50} 分别为0.005,0.021,0.64,1.13 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,对照药剂甲基对硫磷、水胺硫磷、灭多威对3龄幼虫的致死中浓度分别为22,39,72 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;同时还观察到1龄幼虫经处理96 h后幼虫体长抑制率与药剂浓度成正相关,当药剂含量为0.006 25,0.012 5,0.025,0.05 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 时,体长抑制率分别为9.5%,57.1%,71.4%,90.5%;处理14 d后,对照幼虫为6龄,处理组0.05 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 的为2~3龄,0.006 25 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 的为3~5龄;低含量阿维菌素饲喂5龄幼虫8 d后化蛹率、死蛹或畸形蛹率、蛹重对照组分别为68%,13%,0.48 $\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$,处理组分别为3%,56%,0.26 $\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$;采用点滴法和饲料混药法测定的PBO和TPP对阿维菌素的增效作用,结果表明PBO有一定的增效作用。文中还讨论了PBO增效作用的机理。

关键词 棉铃虫;阿维菌素;增效剂

分类号 O627.51;Q96.9

Toxicities of Avermectins to Cotton Bollworm and Effect of Synergists

Wang Chengju Li Xuefeng Wu Xuemin Zhang Wenji

(College of Basic Sciences and Technology, CAU)

Abstract The ovicidal and larvicidal activities of avermectins were evaluated with immersion or diet-corporated method. The result showed the control rate of hatching was 4%, 51%, 63%, 71% for 0.1, 1, 10, 100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ avermectins. LC_{50} values for the neonates, and first, third and fourth instar larvae were 0.005, 0.021, 0.64, 1.13 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (96 h) respectively; Avermectins also inhibited the growth of the larvae. The inhibition rates at dose of 0.006 25, 0.012 5, 0.025 and 0.05 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ were 9.5%, 57.1%, 71.4% and 90.5% respectively. Avermectins reduced the larvae pupation rate to 3%, dying or the malformation pupa up to 56% and decreased the average weight of pupa to 0.26 g, while in the control treatment 68%, 13%, 0.48 g respectively. The synergism of PBO and TPP to avermectins was also investigated with topical and diet-corporated method, the results showed that PBO had positive effect.

Key words cotton bollworm; avermectins; synergist

阿维菌素是80年代以来开发的最具代表性的高效、广谱、有杀虫、杀螨、杀线虫活性的生物农药,在一些发达国家已经广泛用于防治家畜体内外害虫、害螨^[1-2]及农业害虫。在我国也开始应用。特别是在防治果树、蔬菜、棉花害虫、害螨,其用量将会迅速增加。

国外已经发现一些害虫、害螨对其产生了不同程度的抗药性^[3-4],为了保护这一难得的农

收稿日期:1998-03-18

①王成菊,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100091

药资源,延长其使用寿命,作者研究了该药对棉铃虫卵和幼虫的毒力、对棉铃虫生长发育和变态的影响以及增效剂的作用等,以期为科学使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试药剂 见表1。

表1 供试杀虫剂

药剂	含量 w/%	来源
阿维菌素	0.9	由中国农业大学生物工程基地提供 2.06%原液自配乳油
增效醚	95	中国农科院植保所提供
磷酸三苯酯	90	中国农科院植保所提供
灭多威	20	山东济宁化工试验厂生产乳油
水胺硫磷	40	山东青岛第二农药厂生产乳油
甲基对硫磷	50	山东宁阳农药厂生产乳油

1.2 供试昆虫

棉铃虫为中国农大应化系实验室饲养多代的相对敏感试虫。

1.3 试验方法

1.3.1 阿维菌素对棉铃虫卵的毒力 采用浸卵法,将供试药剂用水稀释成一系列含量,将产卵纱布(24 h之内产的卵)浸入药液 10 s 后取出,用吸收纸吸去多余药液,晾干后,放入试管内并用棉塞塞上,72 h 检查卵孵化情况,存活幼虫放入装有饲料的指形管内,再过 24 h 后检查幼虫死亡情况,计算幼虫死亡率,求出卵孵化率及孵化抑制率。以水浸卵为对照。

1.3.2 阿维菌素对不同龄期棉铃虫的毒力 采用饲料混药法将阿维菌素、灭多威、甲基对硫磷、水胺硫磷按重量比与棉铃虫人工饲料混合成一系列含量并搅拌均匀,混药饲料放入 10 孔试验盒内,每孔放入 1 头幼虫,每个含量 30 头,重复 3 次。96 h 检查幼虫死亡情况,以针触之不动为死亡。计算毒力回归式、 LC_{50} 及相关系数。

1.3.3 阿维菌素对 1 龄幼虫生长发育的影响 具体方法同 1.3.2,96 h 时检查幼虫的体长,14 d 后检查幼虫的龄期。

1.3.4 阿维菌素对 5 龄幼虫的后效应 按 1.3.2 的方法,配成 $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 的阿维菌素混药饲料,分别加入到 10 个 10 孔试验盒中,每孔装入 1 头 5 龄幼虫,另取 100 头 5 龄幼虫放入未混药饲料中,每天记录幼虫死亡情况、化蛹率、死蛹和畸形蛹率,第 8 天称量蛹重。

1.3.5 PBO、TPP 对阿维菌素的增效作用 方法一,将溶于丙酮液中的 PBO、TPP 点到三龄幼虫胸部背面($10 \mu\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$),1 h 后将试虫放入混药饲料中(配法同 1.3.2),分别在第 2,3,4,5,6,9 天检查幼虫死亡情况,求出死亡率。方法二,将阿维菌素与 PBO 按 1:1 混合,然后制成混药饲料(方法同 1.3.2),将 3 龄幼虫放入混药饲料中,分别在第 2,3,4,5,6 天检查幼虫死亡情况,求出死亡率。每个处理用 10 头试虫,重复 5 次,空白对照为直接将试虫放入正常饲料中。

2 结果与分析

2.1 阿维菌素对棉铃虫卵的毒力

从表 2 可以看出,阿维菌素对棉铃虫卵孵化有一定的抑制作用,0.1,1,10,100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$

对卵孵化抑制率分别为4%,51%,63%,71%,但对卵的毒力明显低于对初孵幼虫的。100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 对卵孵化的抑制率也只达到71%,但孵化出的幼虫死亡率很高,1 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理卵,孵化的幼虫死亡率即可达到96%。

表2 阿维菌素对棉铃虫卵和初孵幼虫的毒力

药剂浓度 $\rho/\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	卵粒	96 h 孵化幼虫情况		幼虫死亡率	孵化率	孵化抑制率
		活虫数	死虫数	$\varphi/\%$	$\varphi/\%$	$\varphi/\%$
0.1	236	76	81	52	67	4
1	241	3	79	96	34	51
10	235	0	61	100	26	63
100	216	0	50	100	20	71
CK	215	171	2	1	70	—

2.2 阿维菌素对不同龄期棉铃虫的毒力

找出幼虫对药剂的最敏感时期防治害虫可大大节省药剂。为此测定了阿维菌素对不同龄期棉铃虫的致死中浓度(表3),可以看出,阿维菌素对初孵、1龄、3龄、4龄幼虫致死中浓度96 h 分别为0.005,0.026,0.64和1.13 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;其毒力比为1:4:128:226。由此可见,随着龄期加大,棉铃虫对阿维菌素的敏感性明显降低。阿维菌素对3龄幼虫的毒力分别是对照药剂甲基对硫磷、水胺硫磷、灭多威的34,61,113倍。

表3 阿维菌素对棉铃虫幼虫毒力及毒力比(96 h)

药剂	龄期	毒力回归式 ($Y=a+bX$)	相关系数 r	致死中量 $w/\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	毒力比
阿维菌素	初孵	$Y=5.59+1.87X$	0.996 7	0.005	1
	1	$Y=9.60+2.74X$	0.977 0	0.021	4
	3	$Y=5.39+1.41X$	0.963 0	0.64	128
	4	$Y=4.85+2.80X$	0.965 9	1.13	226
甲基对硫磷	3	$Y=2.19+2.09X$	0.971 6	22	
灭多威	3	$Y=3.11+0.86X$	0.977 9	72	
水胺硫磷	3	$Y=1.83+1.99X$	0.992 2	39	

* 以初孵幼虫毒力值为1,其余毒力比为致死中浓度/初孵幼虫的致死中浓度。表中数据为3次重复的平均值。

2.3 阿维菌素对棉铃虫幼虫生长发育的影响

当对照幼虫平均体长达到2.1 cm时,药剂含量为0.006 25,0.012 5,0.025和0.05 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 的处理组存活幼虫体长分别为1.9,0.9,0.6,0.2 cm,由此可见随着药剂含量的加大,幼虫的生长受到明显抑制。对照组幼虫为6龄时,高含量处理组的幼虫只有2~3龄,低含量处理组的为3~5龄(表4)。David等用低含量阿维菌素处理苹果小卷蛾幼虫,也发现存活幼虫发育时间延长、发育到成虫后其产卵和孵化率均明显降低^[5]。

2.4 低浓度阿维菌素对棉铃虫的后效应

从1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 阿维菌素对5龄幼虫生长发育和变态的影响结果(表5)可以看出,低含量阿维菌素对高龄幼虫的死亡率影响不大。试虫接触拌药饲料8 d的死亡率为26%,对照为14%(大部分是病毒致死);第3天开始幼虫钻入饲料表明预蛹期开始,第3,4,5天时,幼虫钻入饲料的百分率分别为56%,63%,69%,对照的分别为79%,83%,86%。对照组高于处理组;从化

蛹情况看, 4, 5, 6, 7, 8 d 化蛹率处理组分别为 1%, 1%, 3%, 3%, 3% 而对照组分别为 2%, 27%, 38%, 42%, 68%。对照组化蛹率明显高于处理组; 第 8 天死蛹及畸形蛹率对照组为 13%, 处理组为 56%; 第 8 天未化蛹的老熟幼虫处理组还有 15%, 对照组只有 5%; 第 8 天对照组活蛹平均重量为 $0.48 \text{ g} \cdot \text{头}^{-1}$, 处理组为 $0.26 \text{ g} \cdot \text{头}^{-1}$ 。

表 4 阿维菌素对棉铃虫生长发育的抑制作用

药剂含量 $w/\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	96 h 死亡率 $\varphi/\%$	96 h 存活幼虫平均体长 l/cm	体长抑制率 $\varphi/\%$ *	14 d 存活幼虫龄期
0.006 25	5	1.9	9.5	3~5 龄
0.012 50	35	0.9	57.1	3~4 龄
0.025 00	65	0.6	71.4	3~4 龄
0.050 00	80	0.2	90.5	2~3 龄
CK	0	2.1	—	6 龄

* 体长抑制率 = (对照体长 - 处理体长) / 对照体长 $\times 100\%$ 。

表 5 低致死浓度阿维菌素对高龄幼虫的后效应

检查时间 t/d	幼虫死亡率 $\varphi/\%$		钻入饲料百分率 $\varphi/\%$		正常化蛹率 $\varphi/\%$		死或畸形蛹率 $\varphi/\%$		蛹重 $/\text{g} \cdot \text{头}^{-1}$	
	对照	处理	对照	处理	对照	处理	对照	处理	对照	处理
	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0
3	8	10	79	56	0	0	0	0	0	0
4	9	13	83	63	2	1	0	0	—	—
5	14	18	86	69	27	1	—	—	—	—
6	14	20	86	69	38	3	—	—	—	—
7	14	24	86	69	42	3	—	—	—	—
8	14	26	86	69	68	3	13	56	0.48	0.26

2.5 PBO, TPP 对阿维菌素的增效作用

经新复极差测验, 点滴法 PBO 不加阿维菌素处理的幼虫死亡率明显高于 TPP + 阿维菌素和单独阿维菌素处理的, 后二者之间差异不显著 (表 6)。 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 处理的 3 种情况之间达到极显著水平。混合法各处理之间差异不显著。所以 PBO 有增效作用, TPP 没有增效作用。PBO 点到试虫体上的增效作用好于与饲料混合的, 而且 PBO 对低含量阿维菌素的增效作用好于对高含量的。

3 讨论

阿维菌素对棉铃虫卵有一定的抑制作用, 但完全抑制孵化需要很高含量 ($>100 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$), 但对初孵幼虫活性很高。不同龄期的棉铃虫对阿维菌素的敏感性差异很大, 3 龄以后敏感性就大大降低了, 96 h 4 龄与初孵幼虫的毒力比为 226, 所以使用该药的最佳时期为卵孵化盛期。否则防效会大幅度下降并造成药剂的巨大浪费。

阿维菌素不但对棉铃虫有杀死作用还抑制其生长发育并影响变态。它抑制幼虫体长的增

加,使其发育龄期不整齐且推迟发育,这种作用随药剂含量的提高更明显。低含量的阿维菌素对高龄幼虫的致死作用不是主要的但它可使棉铃虫的预蛹期推迟、正常化蛹率明显降低、死蛹或畸形蛹率提高、蛹重明显减轻。试验中还观察到处理组的蛹无亮泽、蛹体小、成虫不能羽化或羽化的成虫卷翅或短翅,不能正常交配产卵,这与阿维菌素对舞毒蛾的作用很相似^[6]。

表6 增效剂对阿维菌素毒杀棉铃虫效力的影响* 幼虫死亡率 $\varphi/\%$

药 剂	阿维菌素浓度 $w/\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	增效剂使用方法 及用量 $\mu\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$	处理后天数 t/d					
			2	3	4	5	6	9
阿维菌素	3	—	38	42	53	60	72	100
阿维菌素+PBO	3	点滴法,10	54	66	72	90	90	100
阿维菌素+TPP	3	点滴法,10	51	57	60	66	72	100
阿维菌素	0.5	—	3	6	17	23	29	77
阿维菌素+PBO	0.5	点滴法,10	29	41	50	65	78	100
阿维菌素+TPP	0.5	点滴法,10	6	6	12	17	20	56
阿维菌素+PBO	3	混药法,3	37	43	51	71	76	—
阿维菌素+PBO	0.5	混药法,0.5	2	5	18	21	34	—
CK	0	—	0	0	6	10	15	20

* 3次重复平均值。

Anderson等测定阿维菌素对海灰翅夜蛾毒力及PBO的增效作用时发现,PBO与阿维菌素同时点到试虫体上的增效作用好于PBO提前2h点滴的,他们认为PBO的增效作用是使表皮对阿维菌素的渗透性提高^[7]。从我们的实验结果看,尽管增效剂PBO与阿维菌素没有同时点到虫体上,但增效作用仍然是明显的,特别是对低含量阿维菌素增效更明显。说明PBO对多功能氧化酶的抑制作用,减少昆虫对阿维菌素的氧化降解代谢也是PBO对阿维菌素的增效机制之一。而混合法增效不明显,可能主要是因为增效剂进入试虫体内的量很小所致。

参 考 文 献

- 1 沈寅初,杨慧心. 杀虫抗生素 Avermectin 的开发及特性. 农药译丛,1994,16(3):1~13
- 2 Josph A A 著. 郑忱译. Avermectin 研究的最新进展. 农药译丛,1991,13(3):19~26
- 3 Josph A A, et al. Genetics and biochemical mechanisms of abamectin resistance in two isogenic strains of colorado potato beetle. Pestic Biochem and Physio, 1992, 44: 191~207
- 4 Clark J M, et al. Resistance to avermectins: extent mechanisms and management implications. Annu Rev Entomol, 1994, 40: 1~30
- 5 David K R. Activity of avermectin B₁ against codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae). J Econ Entomol, 1985, 78:1067~1071
- 6 Darlen C D, et al. Avermectin B₁ and milbemycin D as contact toxicants for gypsy moth(Lepidoptera: Lymantriidae) larvae and eggs. J Econ Entomol, 1987, 80(6): 1284~1287
- 7 Anderson T E, et al. Avermectin B₁: ingestion and contact toxicity against *Spodoptera eridania* and *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) and Potentiation by oil and Piperonyl Butoxide. J Econ Entomol, 1986, 79: 197~201