

◆ 药效与应用 ◆

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺 对黏虫的联合毒力测定

程 昂¹, 谢 梵¹, 李雨露¹, 龙楚云², 林雪梅², 欧晓明^{1,2}, 金晨钟^{1,2*}, 刘 秀¹

(1. 湖南人文科技学院 农田杂草防控技术与应用协同创新中心, 湖南娄底 417000; 2. 湖南化工研究院有限公司, 长沙 410014)

摘要:为筛选防控黏虫的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、溴氰虫酰胺最佳增效混配组合,采用喷雾法和浸叶法测定两者毒力,并运用交互测定法和共毒系数法评价其联合毒力。结果显示,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、溴氰虫酰胺及其体积比3:7混配组合对黏虫的 KT_{50} 分别为60.01、7.50、21.91 min。采用喷雾法,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺体积比4:6和3:7(质量比1:10、1:15)混配组合对黏虫表现显著增效作用;采用浸叶法,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺体积比5:5(质量比1:10)混配组合具有增效作用。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺质量比1:10混配组合对黏虫具有增效作用,可作为最佳配比用于其混剂产品开发。

关键词:甲氨基阿维菌素苯甲酸盐;溴氰虫酰胺;黏虫;增效作用;联合毒力

中图分类号:S 482.3 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2026.01.014

Joint toxicity of emamectin benzoate and cyantraniliprole against *Mythimna separata*

CHENG Ang¹, XIE Fan¹, LI Yulu¹, LONG Chuyun², LIN Xuemei², OU Xiaoming^{1,2}, JIN Chenzhong^{1,2*}, LIU Xiu¹

(1. Collaborative Innovation Center for Farmland Weed Control Technology and Application, Hunan University of Humanities, Science and Technology, Hunan Loudi 417000, China; 2. Hunan Research Institute of Chemical Industry Co., Ltd., Changsha 410014, China)

Abstract: To screen out the best synergistic combination of emamectin benzoate and cyantraniliprole against *Mythimna separata*, the toxicities were determined using spraying method and leaf-dipping method, and the joint action of the mixtures was evaluated by interaction method and co-toxicity coefficient method. The results showed that the KT_{50} of emamectin benzoate, cyantraniliprole and their mixture (the volume ratio of 3:7) to *M. separata* were 60.01, 7.05 and 21.91 min, respectively. Using the spraying method, the mixtures of emamectin benzoate and cyantraniliprole at the volume ratio of 4:6 and 3:7 (the mass ratio of 1:10 and 1:15) exhibited significant synergistic effects against *M. separata*. Using the leaf-dipping method, the mixtures of emamectin benzoate and cyantraniliprole at the volume ratio of 5:5 (the mass ratio of 1:10) exhibited significant synergistic effect. The combination of emamectin benzoate and cyantraniliprole at the mass ratio of 1:10 had the synergistic effect on *M. separata* and could be used as the optimal ratio for the development of their mixed formulation.

Key words: emamectin benzoate; cyantraniliprole; *M. separata*; synergistic effect; joint toxicity

农药作为不可或缺的支农物资,在农业生产中发挥重要作用。农药的合理混用是保障农业稳产丰

收,实现农药减量增效的重要手段之一。而农药混剂在农药加工与应用中占据重要地位,尤其是在新

收稿日期:2025-05-15

作者简介:程昂(1995—)男,湖南双峰人,硕士研究生,主要从事农药应用技术研究。E-mail:1695096532@qq.com

通信作者:金晨钟(1964—)湖南双峰人,教授,主要从事植物保护技术研究等工作。E-mail:532479626@qq.com

农药创制难度日益加大的背景下,农药的合理混用及混剂的开发应用越来越受到重视^[1-4]。

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(emamectin benzoate),简称甲维盐,是一种新型、高效、半合成大环内酯类杀虫剂。其作用于神经递质 γ -氨基丁酸(GABA)和谷氨酸,促使大量氯离子内流进入神经细胞,干扰正常的神经传导,最终导致昆虫麻痹死亡。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对鳞翅目害虫具有良好的防控效果,兼具触杀和胃毒作用,且具有杀虫谱广、持效期长、安全性好等特点,但其速效性较差,药后3~4 d能达到最高致死率^[5-6]。溴氰虫酰胺(cyantraniliprole)是由杜邦公司研发的新型双酰胺类杀虫剂。其作用于靶标害虫鱼尼丁受体,使肌细胞内贮存的钙离子过度释放,破坏细胞内外钙离子平衡,导致害虫停止取食、肌肉麻痹、瘫痪,最终死亡。溴氰虫酰胺对咀嚼式口器害虫、刺吸式口器害虫等防治效果良好。其具有内吸传导性,可经由根、叶吸收,并分布于整个植株,表现出高效、速效、持效期长等特点^[5,7-8]。然而,目前关于甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺的混配增效技术在黏虫防治方面的应用尚未见报道,且缺乏系统的联合作用研究^[5,9-12]。因此,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺的混用或混剂的研究开发具有重要的意义,可为实现化学农药减量使用提供技术支撑。

本文以鳞翅目害虫黏虫(*Mythimna separata*)为试验靶标对象,参照《农药室内生物测定试验准则》推荐的生测方法喷雾法^[13]和浸叶法^[14],并结合已报道的联合作用评价方法开展甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、溴氰虫酰胺及其混配组合对黏虫的联合作用研究,以期获得具有增效作用的组合,为黏虫等鳞翅目害虫防控技术的构建和应用提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试靶标

黏虫系湖南化工研究院有限公司生测实验室在室内以玉米苗连续饲养多代的敏感种群,选择生长状态基本一致的3龄幼虫供生测试验用。室内饲养条件:温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、湿度60%~70%、光照L/D=16 h:8 h。

1.1.2 供试药剂

79.1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐原药,上海沪联生物药业股份有限公司,94%溴氰虫酰胺原药,美国富美实公司。吐温-80、*N,N*-二甲基甲酰胺,国药集

团化学试剂有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 击倒作用测定

采用Potter喷雾法测定甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、溴氰虫酰胺对黏虫的击倒作用。称取一定量的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、溴氰虫酰胺原药于容量瓶中,加入*N,N*-二甲基甲酰胺(DMF)溶解后,用0.1%吐温-80水溶液配制成质量浓度50 mg/L的供试溶液进行试验;另设清水为空白对照。每处理3次重复。处理后立即观察和记录被击倒试虫数,每隔5 min检查1次。计算击倒率,求出击倒一半数量害虫所用的时间(KT₅₀)。虫体出现翻倒、失水,不能正常爬行者视为被击倒。

1.2.2 喷雾法

采用NY/T 1154.9—2008《农药室内生物测定试验准则 杀虫剂第9部分 喷雾法》中方法^[13]。分别准确称取一定量的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、溴氰虫酰胺原药,少量*N,N*-二甲基甲酰胺溶解,用0.1%吐温-80水溶液配制成所需浓度的供试药剂母液,再用含0.1%乳化剂的吐温-80水溶液将其稀释成试验浓度,另设含溶剂的0.1%吐温-80水溶液为空白对照。将鲜嫩玉米叶剪成大小基本一致的叶段,平铺在垫有滤纸的培养皿(直径90 mm)中,每皿接入10头3龄黏虫幼虫。将其置于Potter喷雾塔下进行定量喷雾,喷液量为1 mL,药液沉降1 min后取出,盖上皿盖,每浓度设3次重复。试虫置于温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度60%~70%、光周期L/D=16 h:8 h的观察室内培养,定期观察试虫中毒症状并拍照,记录48 h和72 h时试虫死亡情况。以毛笔轻触虫体,无反应视为死亡,计算死亡率。

1.2.3 浸叶法

参照NY/T 1154.14—2008《农药室内生物测定试验准则 杀虫剂第14部分 浸叶法》^[14]。供试药剂配制方法同1.2.2中方法。试验前采摘鲜嫩玉米叶片,剪成适宜长度的叶段,浸于待测药剂溶液中10 s取出,自然晾干后,分别置于垫有滤纸的培养皿(直径90 mm)中,每皿接入3龄黏虫幼虫10头,每个处理设3次重复。另设以含溶剂的0.1%吐温-80水溶液浸渍的叶片为空白对照。

1.3 联合作用测定

1.3.1 交互测定法

参照欧晓明等^[15]、王小艺等^[16]的试验方法并改进,以筛选药剂混配的增效组合。根据甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺对黏虫的致死中浓度

(LC_{50}) 配制供试药剂溶液,将两者以体积比9:1、8:2、7:3、6:4、5:5、4:6、3:7、2:8、1:9混配,另设清水空白对照,共12个处理。按照1.2.2和1.2.3的试验方法测定各混配组合对黏虫的致死率,按照公式(1)、公式(2)计算其毒效比(TR)。毒效比大于1.25为增效作用,小于0.75为拮抗作用,介于0.75~1.25之间为相加作用。

$$EM=AM_A \times P_A + AM_B \times P_B \quad (1)$$

式中,EM为混剂的预期致死率,%; AM_A 为A药剂在 LC_{50} 下的实际致死率,%; P_A 为A药剂在混剂中所占比例; AM_B 为B药剂在 LC_{50} 下的实际致死率,%; P_B 为B药剂在混剂中所占比例。

$$TR = \frac{AM}{EM} \quad (2)$$

式中,AM为混剂的实际致死率,%。

1.3.2 共毒系数法

选择交互测定法中具有增效作用的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺混配组合,根据NY/T 1154.7—2006《农药室内生物测定试验准则杀虫剂第7部分 混配的联合作用测定》计算各混配组合的共毒系数(CTC)^[17]。共毒系数大于120为增

效作用,小于80为拮抗作用,介于80~120之间为相加作用。实测毒力指数(ATI)、混剂理论毒力指数(TTI)、共毒系数(CTC)的计算公式如式(3)~式(5)。

$$ATI = \frac{LC_{50}(\text{标准药剂})}{LC_{50}(\text{供试药剂})} \quad (3)$$

$$TTI = ATI_A \times P_A + ATI_B \times P_B \quad (4)$$

$$CTC = \frac{ATI}{TTI} \quad (5)$$

1.4 统计方法

采用DPSv7.05软件计算甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、溴氰虫酰胺及其各混配组合对黏虫的毒力回归方程、相关系数(r)、 LC_{50} 或 KT_{50} 及95%置信区间。

2 结果与分析

2.1 对黏虫的击倒作用

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺对黏虫的击倒作用见表1。由表1可见,溴氰虫酰胺对黏虫的击倒作用明显好于甲氨基阿维菌素苯甲酸盐,而甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺以体积比3:7的混配组合则介于两者之间,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、溴氰虫酰胺及其混配组合对黏虫的 KT_{50} 分别为60.01 min、7.50 min和21.91 min。

表1 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺对黏虫击倒作用测定结果

供试药剂	回归方程	相关系数	KT_{50}/min	95%置信区间/ min
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(A)	$y = -18.6801 + 13.3165x$	0.9134	60.01	46.32~77.75
溴氰虫酰胺(B)	$y = -3.8812 + 10.1498x$	0.9338	7.50	4.66~12.08
A:B(体积比3:7)	$y = -15.2612 + 15.1139x$	0.9635	21.91	17.93~26.77

2.2 对黏虫的毒力测定

采用喷雾法和浸叶法分别测定了甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺对黏虫3龄幼虫的毒力,测定结果见表2。由表2可见,2种供试杀虫剂对黏虫的毒力因生测方法不同而存在较大差异。采用喷雾法,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺对黏虫的 LC_{50} (48 h)分别为0.23 mg/L和1.40 mg/L, LC_{50}

(72 h)分别为0.21 mg/L和1.27 mg/L。而采用浸叶法,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺对黏虫的 LC_{50} (48 h)分别为0.06 mg/L和0.64 mg/L, LC_{50} (72 h)分别为0.06 mg/L和0.63 mg/L。说明甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺对黏虫的杀虫效果良好、稳定,且浸叶法测得的毒力高于喷雾法测得的相应药剂的毒力。

表2 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺对黏虫3龄幼虫的毒力测定结果

生测方法	供试药剂	处理时间/h	回归方程	相关系数	LC_{50} 及95%置信区间/(mg/L)
喷雾法	甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	48	$y = 9.8328 + 7.5546x$	0.9762	0.23(0.19~0.31)
		72	$y = 9.9250 + 7.3473x$	0.9566	0.21(0.15~0.30)
	溴氰虫酰胺	48	$y = 3.9478 + 7.2099x$	0.9516	1.40(0.98~2.01)
		72	$y = 4.2501 + 7.2398x$	0.9590	1.27(0.91~1.76)
浸叶法	甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	48	$y = 13.9653 + 7.4416x$	0.9741	0.06(0.05~0.08)
		72	$y = 13.8142 + 7.1570x$	0.9507	0.06(0.04~0.08)
	溴氰虫酰胺	48	$y = 6.4837 + 7.4904x$	0.9768	0.64(0.50~0.81)
		72	$y = 6.4914 + 7.4196x$	0.9723	0.63(0.48~0.82)

2.3 最佳配比筛选结果

根据甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺对黏虫的 LC_{50} ,采用交互测定法开展混配最佳配比筛选,结果见表3。

在设定的9个体积比混配组合中,采用喷雾法,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺体积比4:6和3:7(质量比为1:10和1:15)的混配组合对黏虫的毒力表现出明显的增效作用,其中体积比4:6

的混配组合增效作用最为显著,其毒效比为1.37,而体积比1:9、2:8和5:5的混配组合表现为相加作用,其余组合表现为拮抗作用。采用浸叶法,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和溴氰虫酰胺则仅有体积比5:5(质量比为1:10)的混配组合对黏虫的毒力表现出明显的增效作用,其毒效比为1.29,而体积比为4:6和3:7的混配组合表现为相加作用,其余组合表现为拮抗作用。

表 3 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(A)与溴氰虫酰胺(B)对黏虫毒力的最佳配比筛选

生测方法	药剂处理(体积比)	A、B质量浓度/(mg/L)	实际致死率/%	预期致死率/%	毒效比
喷雾法	甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(A)	0.21	45.45		
	溴氰虫酰胺(B)	1.27	50.00		
	A : B(9 : 1)	0.19+0.13	19.30	45.95	0.42
	A : B(8 : 2)	0.17+0.25	26.45	46.40	0.57
	A : B(7 : 3)	0.15+0.38	17.33	46.85	0.37
	A : B(6 : 4)	0.13+0.51	31.69	47.30	0.67
	A : B(5 : 5)	0.11+0.64	36.29	47.75	0.76
	A : B(4 : 6)	0.08+0.76	66.20	48.20	1.37
	A : B(3 : 7)	0.06+0.89	62.76	48.65	1.29
	A : B(2 : 8)	0.04+1.02	38.29	49.10	0.78
A : B(1 : 9)	0.02+1.14	42.12	49.55	0.85	
浸叶法	甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(A)	0.06	53.45		
	溴氰虫酰胺(B)	0.63	51.00		
	A : B(9 : 1)	0.05+0.06	10.64	53.21	0.20
	A : B(8 : 2)	0.05+0.13	10.06	52.96	0.19
	A : B(7 : 3)	0.04+0.19	41.12	52.72	0.78
	A : B(6 : 4)	0.04+0.25	43.55	52.47	0.83
	A : B(5 : 5)	0.03+0.32	67.38	52.23	1.29
	A : B(4 : 6)	0.02+0.38	60.82	51.98	1.17
	A : B(3 : 7)	0.02+0.44	51.22	51.74	0.99
	A : B(2 : 8)	0.01+0.50	19.05	51.49	0.37
A : B(1 : 9)	0.01+0.57	10.76	51.25	0.21	

2.4 混配组合对黏虫的联合毒力

采用共毒系数法测定和评价了最佳增效组合对黏虫的联合毒力,结果见表4。采用喷雾法,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺体积比4:6和3:7(质量比为1:10和1:15)的混配组合对黏虫的毒力表现出明显的增效作用,共毒系数分别为147.58和144.99,其中体积比4:6(质量比1:10)

的混配组合增效作用最为显著。而采用浸叶法,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺体积比5:5和4:6(质量比分别为1:10和1:19)的混配组合对黏虫分别表现出显著的增效作用和相加作用,共毒系数分别为140.85和106.78。说明甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺对黏虫的联合毒力因生测方法不同而不同。

表 4 混配组合对黏虫的联合毒力测定

生测方法	药剂处理(体积比)	毒力回归方程	LC_{50} 及 95%置信区间/(mg/L)	相关系数	共毒系数
喷雾法	甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(A)	$y=9.7385+7.1395x$	0.22(0.15~0.33)	0.9425	
	溴氰虫酰胺(B)	$y=4.4189+7.1836x$	1.21(0.85~1.71)	0.9539	
	A : B(4 : 6)	$y=6.7368+7.2792x$	0.58(0.42~0.80)	0.9609	147.58
	A : B(3 : 7)	$y=6.3571+7.1721x$	0.65(0.45~0.93)	0.9519	144.99

(续表4)

生测方法	药剂处理(体积比)	毒力回归方程	LC ₅₀ 及95%置信区间/(mg/L)	相关系数	共毒系数
浸叶法	甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(A)	$y=13.8142+7.1570x$	0.06(0.04~0.08)	0.9507	
	溴氰虫酰胺(B)	$y=6.4914+7.4196x$	0.63(0.48~0.82)	0.9723	
	A:B(5:5)	$y=9.5319+7.2338x$	0.24(0.17~0.33)	0.9576	140.85
	A:B(4:6)	$y=7.7350+6.9475x$	0.40(0.31~0.52)	0.9768	106.78

3 讨论与结论

本研究证实,在设定的供试混配组合中,不论采用喷雾法还是浸叶法,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺质量比为1:10的混配组合对黏虫的增效作用最显著,其共毒系数分别为147.58和140.85。这与欧晓明等^[19]所报道的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺相同配比组合对黏虫的增效作用评价结果(共毒系数164.23)基本一致,仅是增效程度稍有差异。作用机理不同的2种杀虫剂混配对害虫的增效作用会因害虫种类、敏感性及生测方法而存在一定差异,但其联合作用的趋势不会改变。这一结果为农药混剂产品的研究开发及其在鳞翅目害虫防控中的应用提供了技术支撑。

农药混配配比筛选及联合作用模型研究始终是农药与植保领域的重要课题,并已取得显著进展^[1,10-12,16]。目前,杀虫剂混用的联合作用评价方法主要包括三角坐标法、Bliss法、Mansour法、Sun法和Finney法等^[1,15]。共毒系数法应用最为广泛,其不仅能准确评价杀虫剂混配组合的联合作用,而且还可确定杀虫剂最佳混配组合对害虫的实际毒效,已成为农药混剂登记评审的参考依据。然而,该方法存在一定局限性:工作量巨大,且试验素材数量大、药剂配比设计随意性强等^[16,19]。基于此,本研究创新性地运用交互测定和共毒系数相结合的方法,快速、准确地确定了二元杀虫剂的最佳增效混配组合,有效提高了筛选效率,为农药混剂研发提供了科学依据。

本试验在室内条件下以黏虫敏感品系为对象进行测定,近年来湖南地区田间未见黏虫对农作物的明显危害现象,因此,暂未开展田间试验验证。但前期研究发现,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺增效混配组合对小菜蛾和草地贪夜蛾的田间防治效果显著(拟另文发表)。至于甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与溴氰虫酰胺混配增效组合对实际田间抗性害虫的毒力、田间防效及其增效机理尚不清楚,有待于进一步验证和深入研究。

参考文献

[1] 张瑞亭. 农药的混用与混剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 1992.

- [2] 张凯, 陈彦宾, 张昭, 等. 中国“十四五”重大病虫害防控综合技术研发实施展望[J]. 植物保护学报, 2022, 49(1): 69-75.
- [3] 杨艳芝. 农药化肥减量增效技术在农业病虫害防治中的应用[J]. 农业灾害研究, 2024, 14(8): 7-9.
- [4] 李伟佳, 陈平强, 丁文伟, 等. 几种植物源农药与化学农药混用对蚜虫的减量增效作用[J]. 中国生物防治学报, 2024, 40(3): 1-11.
- [5] 左亚运. 甜菜夜蛾对甲维盐和双酰胺类杀虫剂抗性机理的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2019.
- [6] MURARO D S, DE OLIVEIRA ABBADÉ NETO D, KANNO R H, et al. Inheritance patterns, cross-resistance and synergism in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistant to emamectin benzoate [J]. Pest Management Science, 2021, 77(11): 5049-5057.
- [7] TEIXEIRA L A, ANDALORO J T. Diamide insecticides: global efforts to address insect resistance stewardship challenges[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2013, 106(3): 76-78.
- [8] 赵平, 严秋旭, 李新, 等. 双酰胺类杀虫剂的现状与展望[J]. 农药科学与管理, 2015, 36(11): 23-29.
- [9] 陈冉, 高梦雪, 雒珺瑜, 等. 2种双酰胺类杀虫剂对东方黏虫的室内生物活性测定及田间防效[J]. 农药, 2024, 63(1): 67-72.
- [10] 郝丽霞, 李波, 李慧明, 等. 25% 溴氰虫酰胺·甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂配方的研究[J]. 农药科学与管理, 2021, 42(12): 47-51.
- [11] 高庆远, 杨石有, 张贝贝. 甲维盐与四氯虫酰胺复配对照草地贪夜蛾的室内生物活性及田间防效[J]. 农药, 2021, 60(4): 306-309.
- [12] 陈澄宇, 张学峰, 赵云霞, 等. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与四唑虫酰胺复配对照草地贪夜蛾的联合生物活性及田间防效[J]. 农药, 2024, 63(2): 147-151.
- [13] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则 杀虫剂 第9部分 喷雾法: NY/T 1154.9—2008[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [14] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则 杀虫剂 第14部分 浸叶法: NY/T 1154.14—2008[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [15] 欧晓明, 林雪梅, 盛书祥, 等. 评价杀虫剂混用联合作用的六种方法比较[J]. 农药科学与管理, 1997, 7(1): 20-23; 29.
- [16] 王小艺, 王跃龙, 欧晓明. 农药混剂配比研究的一种实用寻优方法初探[J]. 农药学报, 2005, 7(1): 40-44.
- [17] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则 杀虫剂 第7部分 混配的联合作用测定: NY/T 1154.7—2006[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [18] 欧晓明, 裴晖, 余淑英, 等. 氰虫酰胺与甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的杀虫组合物: ZL, 200910044775.8[P]. 2010-05-12.
- [19] 周利琳, 熊凯凡, 王攀, 等. 防治甜菜夜蛾混剂最佳配方筛选及田间防效验证[J]. 农药学报, 2023, 25(3): 668-677.