· 研究论文 ·

Bt与乙酰甲胺磷混配药效之时间动力强度

殷向东^{*}, 苏建坤, 刘琴, 王艳

(江苏里下河地区农业科学研究所, 江苏省生态农业工程技术研究中心, 江苏 扬州 225007)

摘要: 组建了 Bt 和乙酰甲胺磷两类不同性质、不同 LT_{50} 剂量母液配对的类群 A 和 B (以下简称 A 群和 B 群), 其配对母液 LT_{50} 的大小, 前者均为“乙酰甲胺磷 < Bt”, 后者均为“乙酰甲胺磷 > Bt”。以小菜蛾 *Plutella xylostella* Linnaeus 为试虫对两类群的系列体积混配组合逐一进行室内毒力测定, 按同一死亡率观察时段范围, 计算每一 $LT-p$ 线所涉及的梯形面积, 并将该面积定义为药效, 亦即药剂致死作用的时间动力强度; 以该面积的大小作为量化指标, 再引申出计算动力增强系数 I 和 II, 运用于试验结果药效分析。同时与其他不同药效量化评价方法进行了比较。结果表明: ①在配对性质不同的类群 A 和 B 中, 不同配对系列混配组合筛选出的“优良配比”数目不同。如 A 群有关配对的 9 个混配组合中, 属于“优良配比”的一般仅在 2 个以下, 而在 B 群内一般可达 4~7 个表明 B 群的配对优于 A 群。②配对的优越性与母液间 LT_{50} 值的合理搭配有关。如配对 67.3/792.5 和 43.6/473.1, 其 LT_{50} 的差异明显较大, 致使动力增强系数 II 较小, 仅为 73.5 和 90.4 而 LT_{50} 差异明显较小、或较适宜的配对 80.57/90.36 和 23.76/45.31, 其动力增强系数 II 则较大, 分别达 110.3 和 101.8。

关键词: 苏云金杆菌 (Bt); 乙酰甲胺磷; 母液配对; 药效; 时间动力强度; 动力增强系数

中图分类号: TQ450.6 S481.1

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2007)04-0335-11

Time-dynamic Intensity of the Mixture-toxicity of Bt and Acephate

YIN Xiang-dong^{*}, SU Jian-kun, LIU Qin, WANG Yan

(Jiangsu Engineering Research Center for Eco-agriculture, Agricultural Science Institute of Lixiahe Region of Yangzhou, Yangzhou 225007, Jiangsu Province, China)

Abstract Bioassay of the time-dynamic intensity (TDI) of toxicity and the dynamic strengthen coefficient (DSC) were carried on under laboratory condition DSCI and II of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and acephate and their mixtures to larvae of diamond back moth (*Plutella xylostella* Linnaeus) were obtained. TDI values were all calculated as the basis of respective ladder-shaped area by $LT-p$ line. The results showed that ①The number of good mixture ratios from other solution pairs (MSP) of two insecticides varied with pairs A and B. According to LT_{50} of MSP, the pairs A showed acephate as weaker than Bt in contrast stronger than Bt in the pairs B. There were less 2 good mixture from pair A and 4~7 good mixture from pair B among 9 mixture combinations that means pair B is better than pair A. ②Good mixture in various combinations was related to the pairing of “ LT_{50} to LT_{50} ” of MSP. For example, the pairs of 67.3/792.5 and 43.6/473.1 with small average value of DSC II, being 73.5 and 90.4 respectively. In contrast, the pairs of 80.57/90.36 and 23.76/45.31 showed larger average values 110.3 and 101.8.

收稿日期: 2007-07-03 修回日期: 2007-10-25

作者简介: ^{*} 殷向东 (1949-), 男, 江苏扬州人, 通讯作者 (Author for correspondence), 大学本科, 副研究员, 主要从事苏云金杆菌制剂与其他环境友好杀虫剂混配应用的研究。联系电话: 0514-87302019; E-mail: yinxd-yz@tom.com

基金项目: 江苏省生态农业工程技术研究中心自选项目。

Key words *Bacillus thuringiensis* (Bt); acephate mother solution pairs toxicity; time-dynamics intensity; dynamics strengthen coefficient

实践证明,杀虫剂的合理复配使用,是农药可持续应用的重要措施。然而多年以来,由于对农药混配增效的毒理学缺乏有效的研究,出现和推广应用了一些混配效果不佳的产品,丧失了农药复配的真正意义^[1-2]。农药的复配混用在中国非常普遍,存在的问题也很多,而国外相关报道很少。近年来,笔者主要致力于生物杀虫剂与高效低毒化学农药以及生物杀虫剂不同类型之间的复配应用研究,先后涉及了苏云金杆菌(Bt)制剂与氟铃脲、Bt与粘虫颗粒体病毒(PtGV)、Bt与茶尺蠖核型多角体病毒(EoNPV)以及Bt与乙酰甲胺磷复配等方面。结合这些课题,还进行了生物类农药复配毒理学规律的探索研究^[3-6],于2006年初次报道了Bt与乙酰甲胺磷混配药效的动力学问题研究结果^[7]。在此基础上进一步扩大试验范围,针对生物类杀虫剂及其混配药效评价依据等诸多问题,研究提出了药效的量化单位“时间动力强度”和“动力增强系数”及其量化方法,本文重点报道运用这些量化概念对Bt与乙酰甲胺磷混配药效的动力学特点进行剖析的结果。

1 材料与方 法

1.1 供试药剂及其配制

生物效价为10 000 U/mg的Bt原粉(江苏扬州绿源生物化工有限公司);95%的乙酰甲胺磷(acephate)原药(浙江庆丰农药厂)。两种药剂均配制成不同 LT_{50} 值浓度,形成若干对混配筛选的备用母液(下文简称:配对),各组配对统一用陈立等^[8]按体积混配的方法制成9个系列化配比组合和空白对照处理,用于生物测定。在处理液的配制中,为统一计量单位,根据刘丰茂等^[9]的研究结果,将Bt原粉以每10 000效价折合成1%毒素蛋白含量的方法,使两种药剂及有关处理液的有效成分均可采用百分含量表示。

1.2 试虫与供饲食料

试虫小菜蛾*Plutella xylostella*为江苏扬州绿源生物化工有限公司饲养繁殖的常备供试虫种。按常规方法繁殖与饲养,在室内用油菜苗,辅之以青菜叶或甘蓝包心菜叶供成虫产卵和幼虫取食,药剂毒力测定时亦取同类菜叶为食料。供试幼虫龄期均为3龄左右。

1.3 生物测定方法

采用赵建周等的叶片浸渍法^[10]。以药剂处理

后的2、4、21、28、45和48 h时段为主,统一观察记载5~9个时段的累计死亡率。试验全程均在(26±0.5)℃的数字显示自动温控培养箱内进行。对各混用配比的生物测定结果,分别用殷向东等方法计算联合时效系数^[5](本文简称共时系数)、用Excel绘图软件制作LT-p线(Log time-probit line)、用Mansour法计算共毒因子^[11],并计算以LT-p线为斜边,以同一时段对数范围0~2为高、以回归截距和该时段范围最高累计死亡率机率值分别为上底和下底的梯形的面积,亦即各处理药效的时间动力强度。

2 结果与分析

2.1 不同配对筛选出的优良配比数有差异

各配对系列化9个配比药效的时间动力强度(简称:时间动力强度)凡大于或等于该配对某一单剂者,本研究均统一认定此配比为优良配比。由表1可见,凡属乙酰甲胺磷 LT_{50} 小于Bt的配对类群(下文简称配对类群A),各有关配对的优良配比数仅为2个以下,而乙酰甲胺磷 LT_{50} 大于Bt者(简称配对类群B),其优良配比数则可达4~7个。

2.2 配对类群B的动力增强系数较高

由表1可见,配对类群A中系列化配比的“时间动力强度”值多低于配对类群B,同时其“动力增强系数”亦低于后者。如动力增强系数II,前者为75.1~90.3,而后者高达73.5~110.3,尤其上限呈偏高趋势。

2.3 配对的优越性还与母液 LT_{50} 的合理搭配有关

由表1所列配对类群B的4例配对中,其母液乙酰甲胺磷与Bt的 LT_{50} 之差依次为9.8/725.2/429.5和21.6。其中“67.3/792.5”和“43.6/473.1”两例配对的 LT_{50} 差异明显较大,动力增强系数II的平均值则较小,分别为73.5和90.4,而“80.5/790.36”和“23.76/45.31”两例配对的 LT_{50} 差异较小,或者较适宜,该动力增强系数的平均值则较大,分别为110.3和101.8。该4例配对的优良配比数依次为6、4、4、7,它们与上述配对 LT_{50} 差值9.8/725.2/429.5/21.6的相关系数 $r = -0.8979$,其 LT_{50} 差值的大小与形成较多优良配比的潜力之间有一定负相关性。显然,当配对的 LT_{50} 差值较小,并在某一范围时,才能形成较多的“优良配比”。

表 1 Bt 与乙酰甲胺磷配剂生物测定药效量化分析结果
Table 1 The analysis results for the toxicity of the combinations and the single agents of Bt and acephate under the laboratory bioassay

Bt 与乙酰甲胺磷(简称乙甲)不同配剂 MSP of Bt to acephate	单剂名称和体积配比 Preparations	LT ₅₀ /h	LT-p 回归方程式 Regression (y)	LT-p 线坐标图中位置由低至高排序 Number of LT-p lines from down to up (N)	共时系数 Co-time coefficient	共毒因子 Co-toxicity factor	时间动力强度(I) Time-Dynamics intensity (I)	动力增强系数 I DSC I	动力增强系数 II DSC II	动力增强系数 II 平均值 Average of DSC II	N-I 相关系数 Correlation coefficient between N and I (r)
配剂类群 A Pairs A	67.67/44.03	Bt	2.749 1x - 0.032	2	/	/	5.43	/	/	/	/
		乙甲 Acephate	1.518 9x + 2.503 3	10	/	/	8.04	/	/	/	/
		9:1	2.187 1x + 0.896 5	4	58.65	149.4	6.17	91.5	76.7	76.7	
		4:1	0.847 6x + 2.533 8	5	5.42	102.3	6.76	100.3	84.1	84.1	
		7:3	2.588 6x - 0.020 2	1	50.65	69.5	5.14	76.3	63.9	63.9	
		3:2	5.665 89	7	0.78	-54.8	6.83	101.3	85.0	85.0	
		1:1	1.238.22	6	3.56	-53.4	6.78	100.6	84.3	84.3	
		2:3	565 031.2	9	0.01	-65.9	7.59	112.6	94.4	94.4	
		3:7	122.23	8	36.03	-32.1	7.34	108.9	91.3	91.3	
		1:4	57.96	3	75.96	-35.1	5.61	83.2	69.8	69.8	
		1:9	24.30	11	181.21	8.68	8.83*	131.0	109.8	109.8	
	116.06/21.64	Bt	116.06	2.799 7x - 0.780 5	2	/	/	4.04	/	/	/
		乙甲 Acephate	21.64	0.931 3x + 3.756 5	10	/	/	9.38	/	/	/
		9:1	132.58	2.707 7x - 0.747 1	1	16.36	304.5	3.92	58.4	41.8	41.8
	4:1	172.31	1.085 8x + 2.571 8	4	12.57	121.1	7.32	109.1	78.0	78.0	
	7:3	543.78	0.723 9x + 3.019 8	5	3.98	-11.3	7.49	111.6	79.9	79.9	
	3:2	88.68	3.024 5x - 0.891 2	3	24.41	-10.8	4.27	63.6	45.5	45.5	
	1:1	136.55	0.681 8x + 3.544 2	9	15.85	-15.7	8.45	125.9	90.1	90.1	
	2:3	217.11	0.802 7x + 3.124 5	8	9.97	-45.2	7.85	117.0	83.7	83.7	
	3:7	276.50	0.828 7x + 2.976 5	6	7.83	-50.8	7.61	113.4	81.1	81.1	
	1:4	233.60	0.832 0x + 3.029 5	7	9.26	-56.7	7.72	115.1	82.3	82.3	
	1:9	15.96	1.327 8x + 3.402 4	11	135.56	-8.25	9.46*	141.0	100.9	100.9	
40.94/24.13	Bt	40.94	3.257 0x - 0.250 9	2	/	/	6.01	/	/	/	
	乙甲 Acephate	24.13	1.814 0x + 2.491 9	9	/	/	8.61	/	/	/	
	9:1	36.18	2.613 8x + 0.926 4	5	67.20	42.2	7.08	96.9	82.2	82.2	

(续表 Continued)

Bt与乙酰甲胺磷(简称乙甲)不同配剂 MSP of Bt to acephate	单剂名称和体积配比 Preparations and mixture-volume	LT ₅₀ /h	LT-p 回归方程式 Regression (y)	LT-p 线坐标 图中位置由 低至高排序 LT-p lines from down to up (N)	共时系数 Co-time coefficient	共毒因子 Co-toxicity factor	时间动力 强度(I) Time-Dynamics intensity (I)	动力增强 系数 I DSC I	动力增强 系数 II DSC II	动力增强 系数 II 平均值 Average of DSC II	N-I 相关 系数 Correlation coefficient between N and I (r)	
34.2/13.6	4:1	35.33	3.506 0x - 0.427 7	4	68.54	39.6	6.16	84.3	71.5			
	7:3	43.32	3.327 2x - 0.445 7	1	55.82	16.3	5.76	78.8	66.9			
	3:2	36.70	3.441 6x - 0.385 1	3	65.84	-5.1	6.11	83.6	71.0	86.0	1.0	
	1:1	54.34	1.627 8x + 2.175 6	6	44.45	-25.3	7.61	104.1	88.4			
	2:3	46.27	1.303 3x + 2.829 6	8	52.19	-22.5	8.27	113.1	96.1			
	3:7	53.64	1.623 1x + 2.192 8	7	45.01	-28.2	7.63	104.4	88.6			
	1:4	23.84	1.035 2x + 3.574 2	11	101.27	-19.1	9.22*	126.1	107.1			
	1:9	24.00	1.605 7x + 2.783 7	10	100.55	-6.1	8.78*	120.1	102.0			
	Bt	34.23	2.949 6x + 0.478 5	1	/	/	6.86	/	/			
	乙甲 Acephate	13.64	1.064 3x + 3.792 5	9	/	/	9.71	/	/			
	9:1	253.73	0.909 5x + 2.817 0	2	5.43	-8.1	7.45	89.9	76.7			
	4:1	44.35	1.311 0x + 2.843 0	7	30.90	22.0	8.31	100.2	85.6			
	7:3	125.48	1.086 6x + 2.724 1	3	10.90	-18.6	7.62	91.9	78.5			
	3:2	151.99	0.876 1x + 3.092 9	4	8.99	-30.2	7.94	95.8	81.8	87.6	1.0	
	1:1	74.76	0.982 6x + 3.158 0	6	18.27	-29.4	8.28	99.9	85.3			
2:3	97.15	0.949 1x + 3.119 1	5	14.05	-23.9	8.14	98.2	83.8				
3:7	40.39	1.107 9x + 3.221 8	8	33.80	-16.5	8.66	104.5	89.2				
1:4	9.94	1.468 2x + 3.537 5	10	137.28	0.4	10.01*	120.7	103.1				
1:9	9.29	1.645 1x + 3.409 9	11	146.82	8.7	10.11*	122.0	104.1				
25.9/15.0	Bt	25.93	3.186 7x + 0.503 4	2	/	/	7.38	/	/			
乙甲 Acephate	14.97	1.355 5x + 3.409 3	10	/	/	9.53	/	/				
9:1	25.55	3.298 1x + 0.358 0	1	59.46	11.0	7.31	86.5	76.7				
4:1	23.09	3.462 0x + 0.289 0	3	65.25	8.6	7.50	88.8	78.7				
7:3	37.01	1.524 0x + 2.612 2	5	40.60	-33.0	8.27	97.9	86.8				
3:2	25.88	2.114 9x + 2.015 0	4	57.98	-20.2	8.26	97.8	86.7	90.3	1.0		
1:1	14.74	2.842 4x + 1.687 9	8	101.71	-8.8	9.06	107.2	95.1				
2:3	10.08	1.850 2x + 3.148 8	11	148.69	-10.0	10.00*	118.3	104.9				
3:7	19.04	1.766 0x + 2.744 8	7	78.68	-25.6	9.02	106.7	94.6				

(续表 Continued)

Bt与乙酰甲胺磷(简称乙甲)不同配对象 MSP of Bt to acephate	单剂名称和体积配比 Preparations and mixture-volume	LT ₅₀ /h	LT-p 回归方程式 Regression (y)	LT-p 线坐标图中位置由低至高排序 Number of LT-p lines from down to up (N)	共时系数 Co-time coefficient	共毒因子 Co-toxicity factor	时间动力强度 (I) Time-Dynamics intensity (I)	动力增强系数 I DSC I	动力增强系数 II DSC II	动力增强系数 II 平均值 Average of DSC II	N-I 相关系数 Correlation coefficient between N and I (r)
24.4/15.39	1:4	25.94	1.383 0x + 3.050 7	6	57.73	-25.9	8.87	105.0	93.1		
	1:9	18.64	1.611 2x + 2.957 7	9	80.30	-10.6	9.14	108.2	95.9		
	Bt	24.40	3.937 8x - 0.458 5	3	/	/	6.96	/	/		
	乙甲 Acephate	15.39	1.193 5x + 3.584 0	9	/	/	9.56	/	/		
	9:1	22.35	4.252 4x - 0.733 0	4	70.08	18.9	7.04	85.2	73.6		
	4:1	27.68	3.777 6x - 0.444 0	2	56.04	-3.5	6.67	80.8	69.8		
	7:3	31.45	3.600 2x - 0.387 9	1	49.17	-15.5	6.42	77.7	67.2		
	3:2	19.65	1.788 3x + 2.688 8	6	78.59	-17.9	8.95	108.4	93.6	87.9	1.0
	1:1	20.64	1.993 5x + 2.381 2	5	74.71	-21.7	8.75	105.9	91.5		
	2:3	21.44	1.085 7x + 3.555 7	8	71.90	-33.8	9.28	112.3	97.1		
74.5/10.5	3:7	24.48	1.243 4x + 3.274 3	7	62.94	-30.1	9.04	109.4	94.6		
	1:4	11.25	1.435 9x + 3.492 5	11	136.94	-15.2	9.86*	119.4	103.1		
	1:9	13.72	1.343 4x + 3.473 3	10	112.21	-7.3	9.63*	116.6	100.7		
	Bt	74.53	2.473 1x + 0.366 8	2	/	/	5.68	/	/		
	乙甲 Acephate	10.53	1.658 3x + 3.302 1	11	/	/	9.92	/	/		
	9:1	76.17	2.950 4x - 0.555 5	1	14.18	-40.2	4.79	61.4	48.3		
	4:1	56.83	2.691 8x + 0.274 7	3	18.95	-24.5	5.93	76.0	59.8		
	7:3	67.90	2.073 6x + 1.196 1	4	15.61	-62.2	6.54	83.8	65.9		
	3:2	38.75	1.782 9x + 2.167 7	6	27.30	-30.4	7.90	101.3	79.6	75.1	1.0
	1:1	31.62	1.558 7x + 2.660 5	9	33.40	-31.2	8.44	108.2	85.1		
34.3/5.3	2:3	28.11	2.139 8x + 1.898 6	8	37.53	-24.5	8.08	103.6	81.5		
	3:7	51.08	1.674 3x + 2.138 3	5	20.64	-53.5	7.63	97.8	76.9		
	1:4	35.03	1.813 4x + 2.197 7	7	30.08	-31.4	8.02	102.8	80.8		
	1:9	11.79	2.078 7x + 2.770 8	10	89.37	18.5	9.70	124.4	97.8		
	Bt	34.28	2.882 2x + 0.579 4	1	/	/	6.92	/	/		
	乙甲 Acephate	5.28	0.986 1x + 4.289 0	11	/	/	10.55	/	/		
	9:1	56.77	1.297 4x + 2.726 5	3	9.50	-20.7	8.05	92.1	76.3		
	4:1	38.30	1.755 6x + 2.227 0	2	13.91	-16.4	7.97	91.2	75.5		

(续表 Continued)

Bt与乙酰甲胺磷(简称乙甲)不同配对的MSP of Bt to acephate	单剂名称和体积配比 Preparations and mixture-volume	LT ₅₀ /h	LT-p 回归方程式 Regression (y)	LT-p 线坐标图中位置由低至高排序 Number of LT-p lines from down to up (N)	共时系数 Co-time coefficient	共毒因子 Co-toxicity factor	时间动力强度(I) Time-Dynamics intensity (I)	动力增强系数 I DSC I	动力增强系数 II DSC II	动力增强系数 II 平均值 Average of DSC II	N-I 相关系数 Correlation coefficient between N and I (r)
22. 8/3. 5	7:3	41. 79	1. 958 5x + 3. 287 5	5	12. 70	-20. 9	8. 69	99. 4	82. 4		
	3:2	14. 78	1. 869 0x + 2. 814 3	6	35. 82	-4. 8	9. 37	107. 2	88. 8	85. 8	1. 0
	1:1	26. 39	1. 360 7x + 3. 068 6	4	20. 04	-29. 3	8. 56	97. 9	81. 1		
	2:3	17. 28	1. 103 6x + 3. 634 9	8	30. 59	-16. 5	9. 48	08. 5	89. 9		
	3:7	18. 81	1. 011 6x + 3. 712 0	7	28. 07	-25. 1	9. 45	108. 1	89. 6		
	1:4	12. 21	1. 473 8x + 3. 401 1	9	43. 22	-10. 9	9. 75	111. 6	92. 4		
	1:9	8. 74	1. 114 5x + 3. 952 6	10	60. 39	-18. 9	10. 13	115. 9	96. 0		
	Bt	22. 28	3. 678 4x + 0. 041 9	3	/	/	7. 44	/	/		
	乙甲 Acephate	6. 72	1. 704 0x + 3. 592 4	11	/	/	10. 59	/	/		
	9:1	28. 04	3. 329 1x + 0. 180 0	1	24. 46	12. 5	7. 02	77. 8	66. 3		
	4:1	25. 02	3. 503 2x + 0. 108 8	2	27. 11	4. 7	7. 22	80. 0	68. 2		
	7:3	21. 67	3. 739 6x + 0. 011 9	4	31. 17	-3. 8	7. 50	83. 1	70. 8		
	3:2	18. 99	2. 108 0x + 2. 307 0	6	35. 51	-13. 8	8. 83	97. 9	83. 4	79. 7	1. 0
	1:1	24. 43	1. 943 3x + 2. 305 5	5	27. 56	-23. 6	8. 50	94. 2	80. 3		
	2:3	13. 54	1. 660 1x + 3. 126 1	10	49. 67	-18. 3	9. 57	106. 1	90. 4		
	3:7	17. 90	1. 902 2x + 2. 620 9	8	37. 56	-16. 2	9. 05	100. 3	85. 5		
	1:4	12. 97	2. 814 0x + 1. 872 1	9	51. 83	-2. 2	9. 37	103. 9	88. 5		
	1:9	21. 28	1. 767 8x + 2. 653 5	7	31. 58	-9. 0	8. 84	98. 0	83. 5		
	Bt	22. 84	4. 108 2x - 0. 577 7	3	/	/	7. 06	/	/		
乙甲 Acephate	3. 52	2. 377 3x + 3. 706 7	11	/	/	12. 17	/	/			
9:1	28. 42	3. 760 1x - 0. 461 9	1	12. 79	-19. 2	6. 60	68. 7	54. 2			
4:1	28. 34	2. 771 9x + 0. 975 7	4	12. 60	-28. 0	7. 50	78. 0	61. 6			
7:3	22. 41	1. 687 6x + 2. 722 3	6	15. 83	-31. 8	8. 82	91. 8	72. 5			
3:2	14. 31	1. 825 6x + 2. 892 1	8	24. 72	-37. 4	9. 44	98. 2	77. 6	70. 0	1. 0	
1:1	23. 78	1. 084 1x + 3. 498 4	7	14. 85	-44. 6	9. 17	95. 4	75. 3			
2:3	25. 21	1. 795 6x + 2. 485 1	5	13. 98	-42. 5	8. 56	89. 1	70. 3			
3:7	27. 19	1. 082 6x + 3. 447 7	2	12. 96	-48. 1	6. 90	71. 8	56. 7			
1:4	14. 78	1. 343 0x + 3. 430 5	9	23. 83	-33. 6	9. 55	99. 4	78. 5			
1:9	8. 35	0. 980 0x + 4. 097 5	10	42. 13	-27. 3	10. 16	105. 7	83. 5			

(续表 Continued)

Bt与乙酰甲胺磷(简称乙甲)不同配剂 MSP of Bt to acephate	单剂名称和体积配比 Preparations and mixture-volume	LT ₅₀ /h	LT-p 回归方程式 Regression (y)	LT-p 线坐标图中位置由低至高排序 Number of LT-p lines from down to up (N)	共时系数 Co-time coefficient	共毒因子 Co-toxicity factor	时间动力强度(I) Time-Dynamics intensity (I)	动力增强系数 I DSC I	动力增强系数 II DSC II	动力增强系数 II 平均值 Average of DSC II	N-I 相关系数 Correlation coefficient between N and I (r)	
24.38/4.02	Bt	24.38	$4.0059x - 0.5560$	1	/	/	6.90	/	/	/		
	乙甲 Acephate	4.02	$1.3794x + 4.1668$	11	/	/	11.09	/	/	/		
	9:1	12.66	$2.6908x + 2.0340$	7	33.14	9.8	9.45	105.0	85.2	85.2		
	4:1	22.99	$2.2323x + 1.9606$	2	17.82	-17.6	8.39	93.2	75.7	75.7		
	7:3	16.21	$2.5133x + 1.9591$	3	25.06	-19.8	8.94	99.3	80.6	80.6		
	3:2	13.76	$2.0794x + 2.6325$	6	29.42	-26.1	9.42	104.7	84.9	84.9	1.0	
	1:1	7.65	$1.8870x + 3.3322$	10	52.76	-25.9	10.44	116.0	94.1	94.1		
	2:3	13.22	$2.0081x + 2.7485$	8	30.50	-31.7	9.51	105.7	85.8	85.8		
	3:7	12.60	$1.5084x + 3.3402$	9	31.95	-31.8	9.70	107.8	87.5	87.5		
	1:4	16.77	$1.4765x + 3.1918$	5	23.99	-30.6	9.34	103.8	84.2	84.2		
	1:9	17.56	$1.5262x + 3.1007$	4	22.90	-22.0	9.25	102.8	83.4	83.4		
	42.12/17.94	Bt	42.12	$3.2007x - 0.1995$	1	/	/	6.00	/	/	/	
		乙甲 Acephate	17.94	$1.0892x + 3.6343$	11	/	/	9.45	/	/	/	
		9:1	30.89	$3.6616x - 0.4550$	2	58.69	55.6	6.41	83.0	67.8	67.8	
4:1		43.56	$2.3809x + 1.0974$	3	41.38	-10.8	6.96	90.2	73.7	73.7		
7:3		42.44	$2.4015x + 1.0910$	4	42.39	-16.9	6.99	90.5	74.0	74.0		
3:2		25.90	$1.9710x + 2.2143$	9	69.39	-2.1	8.37	108.4	88.6	88.6	1.0	
1:1		59.67	$1.5686x + 2.2145$	5	30.10	-22.5	7.57	98.1	80.1	80.1		
2:3		58.82	$1.4473x + 2.4390$	6	30.53	-38.5	7.77	100.6	82.2	82.2		
3:7		51.40	$1.0167x + 3.2605$	10	34.92	-28.2	8.55	110.8	90.5	90.5		
1:4		52.22	$1.3114x + 2.7472$	7	34.37	-24.5	8.12	105.2	85.9	85.9		
1:9		96.88	$0.9428x + 3.1274$	8	18.52	-44.8	8.14	105.4	86.1	86.1		
68.70/27.98		Bt	68.70	$2.6993x + 0.0415$	1	/	/	5.48	/	/	/	
		乙甲 Acephate	27.98	$1.4120x + 2.9570$	10	/	/	8.74	/	/	/	
		9:1	82.57	$2.1352x + 0.9072$	3	33.98	156.8	6.08	85.5	69.6	69.6	
	4:1	74.56	$2.2014x + 0.8778$	4	37.57	66.9	6.16	86.6	70.5	70.5		
	7:3	661.74	$1.0431x + 2.0577$	5	4.23	-57.3	6.20	87.2	70.9	70.9	1.0	
	3:2	80.27	$2.1852x + 0.8382$	2	34.87	-20.2	6.05	85.1	69.2	69.2		

(续表 Continued)

Bt 与乙酰甲胺磷(简称乙甲)不同配对的 MSP of Bt to acephate	单剂名称和体积配比 Preparations	LT ₅₀ /h	LT-p 回归方程式 Regression (y)	LT-p 线坐标图中位置由低至高排序 Number of LT-p lines from down to up (N)	共时系数 Co-time coefficient	共毒因子 Co-toxicity factor	时间动力强度 (I) Time-Dynamics Intensity (I)	动力增强系数 I DSC I	动力增强系数 II DSC II	动力增强系数 II 平均值 Average of DSC II	N-I 相关系数 Correlation coefficient between N and I (r)	
80.57/90.36	1:1	85.26	1.357 9x + 2.378 2	7	32.83	-7.3	7.47	105.1	85.5			
	2:3	655.30	0.656 4x + 3.151 3	8	4.27	-41.7	7.62	107.2	87.2			
	3:7	1708.71	0.450 4x + 3.543 9	9	1.64	-51.8	7.99	112.4	91.4			
	1:4	49.06	2.536 4x + 0.711 6	6	57.04	-28.6	6.50	91.4	74.4			
	1:9	30.61	1.093 1x + 3.375 9	11	91.43	-5.12	8.94*	125.7	102.3			
	Bt	80.57	2.576 2x + 0.089 3	1	/	/	5.33	/	/	/		
	乙甲 Acephate	90.36	1.896 4x + 1.290 7	5	/	/	6.37	/	/	/		
	9:1	55.97	1.801 0x + 1.852 0	7	161.35	441.5	7.31*	125.0	114.8	110.3	1.0	
	4:1	89.02	2.146 3x + 0.815 8	3	101.48	262.0	5.92	101.2	92.9			
	7:3	98.57	2.088 3x + 0.836 5	2	91.66	127.6	5.85	100.0	91.8			
	3:2	73.39	2.289 5x + 0.728 6	4	123.10	137.1	6.04	103.2	94.8			
67.3/792.5	1:1	51.55	1.230 6x + 2.893 0	11	175.26	120.6	8.25*	141.0	129.5			
	2:3	71.10	1.282 6x + 2.624 7	10	127.07	57.8	7.81*	133.5	122.6			
	3:7	322.72	0.783 7x + 3.033 9	9	28.00	-18.4	7.64*	130.6	119.9			
	1:4	141.71	1.378 5x + 2.034 4	6	63.76	-24.0	6.83*	116.8	107.2			
	1:9	191.26	0.946 8x + 2.839 7	8	47.24	-64.3	7.57*	129.4	118.8			
	Bt	67.33	2.936 1x - 0.357 4	6	/	/	5.16	/	/	/		
	乙甲 Acephate	792.53	1.142 5x + 1.688 7	7	/	/	5.66	/	/	/		
	9:1	70.20	2.063 5x + 1.196 3	11	682.95	-15.8	6.52*	120.5	115.2			
	4:1	177.73	1.691 2x + 1.203 1	9	342.93	-54.5	5.79*	107.0	102.3			
	7:3	76.29	2.334 8x + 0.613 3	10	882.41	-18.6	5.90*	109.1	104.2	73.5	1.0	
	3:2	49.32	3.868 6x - 1.544 3	4	1441.57	39.5	4.65	86.0	82.2			
1:1	65.47	3.235 7x - 0.866 2	5	1124.39	2.8	4.74	87.6	83.7				
2:3	267.07	1.487 2x + 1.389 9	8	282.28	-59.8	5.75*	106.3	101.6				
3:7	73.47	5.507 7x - 5.261 9	2	1033.51	-33.1	0.49	9.1	8.7				
1:4	164.54	2.593 6x - 0.738 7	3	472.55	-63.0	3.71	68.6	65.5				
1:9	60.59	6.478 1x - 6.532 7	1	1296.86	-18.4	-0.11	-2.0	-1.9				

配对类群 B

Pairs B

(续表 Continued)

Bt与乙酰甲胺磷(简称乙甲)不同配 MSP of Bt to acephate	单剂名称和体积配比 Preparations and mixture-volume	LT ₅₀ /h	LT-p 回归方程式 Regression (y)	LT-p 线坐标 图中位置由 低至高排序 LT-p lines Number of from down to up (N)	共时系数 Co-time coefficient	共毒因子 Co-toxicity factor	时间动力 强度 (I) Time-Dynamics intensity (I)	动力增强 系数 I DSC I	动力增强 系数 II DSC II	动力增强 系数 II 平均值 Average of DSC II	N-I 相关 系数 Correlation coefficient between N and I (r)	
43. 6/473. 1	Bt	43. 61	4. 202 7x - 1. 887 9	3	/	/	4. 63	/	/	/		
	乙甲 Acephate	473. 11	1. 158 3x + 1. 879 6	7	/	/	6. 08	/	/	/		
	9: 1	68. 77	2. 763 1x - 0. 078 8	4	497. 29	-30. 0	5. 37	100. 4	88. 3	88. 3		
	4: 1	63. 94	3. 658 4x - 1. 606 2	2	629. 38	-30. 2	4. 10	76. 6	67. 4	67. 4		
	7: 3	68. 44	2. 703 0x + 0. 033 9	5	627. 11	-26. 0	5. 47	102. 2	90. 0	90. 0	1. 0	
	3: 2	100. 73	1. 626 4x + 1. 740 2	11	456. 28	-34. 1	6. 73*	125. 8	110. 7	110. 7		
	1: 1	99. 54	1. 945 8x + 1. 108 0	8	455. 19	-42. 3	6. 11*	114. 2	100. 5	100. 5		
	2: 3	80. 96	3. 711 0x - 2. 082 6	1	567. 62	-57. 1	3. 26	60. 9	53. 6	53. 6		
	3: 7	79. 58	2. 183 7x + 0. 845 3	6	583. 45	1. 5	6. 06	113. 3	99. 7	99. 7		
	1: 4	133. 16	1. 700 0x + 1. 381 3	9	351. 40	-55. 7	6. 16*	115. 1	101. 3	101. 3		
	1: 9	119. 69	1. 754 8x + 1. 349 6	10	393. 33	-54. 8	6. 21*	116. 1	102. 1	102. 1		
	23. 76/ 45. 31	Bt	23. 76	3. 999 1x - 0. 502 4	2	/	/	6. 99	/	/	/	
		乙甲 Acephate	45. 31	0. 968 1x + 3. 396 6	4	268. 81	/	8. 73	/	/	/	
		9: 1	15. 80	2. 614 5x + 1. 866 2	7	166. 23	3. 6	8. 96*	114. 0	102. 6	102. 6	
		4: 1	26. 44	3. 817 2x - 0. 429 0	1	279. 84	-12. 5	6. 78	86. 3	77. 7	77. 7	
7: 3		15. 90	2. 703 2x + 1. 752 3	6	588. 45	-6. 3	8. 91*	113. 4	102. 1	102. 1	1. 0	
3: 2		7. 61	2. 833 5x + 2. 502 7	11	264. 47	-6. 5	10. 67*	135. 8	122. 2	122. 2		
1: 1		17. 00	3. 172 0x + 0. 951 8	3	228. 15	-14. 9	8. 25	105. 0	94. 5	94. 5		
2: 3		19. 75	1. 931 8x + 2. 497 1	5	247. 22	-28. 2	8. 86*	112. 7	101. 5	101. 5		
3: 7		18. 27	1. 492 7x + 3. 116 8	9	261. 33	-29. 0	9. 22*	117. 3	105. 6	105. 6		
1: 4	17. 30	1. 531 4x + 3. 103 9	10	221. 16	-22. 1	9. 27*	117. 9	106. 2	106. 2			
1: 9	20. 47	1. 561 3x + 2. 953 0	8		-20. 9	9. 03*	114. 9	103. 4	103. 4			

注: 1. *表示有关的配比为优良配比。Note: All of the mark "*" mean that the ratios are good ones.

2. 动力增强系数 I = $\frac{\text{配比处理的 I 值}}{\text{两单剂 I 值的平均数}} \times 100\%$ DSC I = $\frac{\text{Value I of mixture-volume}}{\text{Average of value I of Bt and acephate}} \times 100\%$

3. 动力增强系数 II = $\frac{\text{配比处理的 I 值}}{\text{配对单剂中较高的 I 值}} \times 100\%$ DSC II = $\frac{\text{Value I of mixture-volume}}{\text{Bigger value I in preparations}} \times 100\%$

3 讨论

3.1 以“时间动力强度”量化药效的可靠性

杀虫剂的生物测定常用 LD_{50} 或 LT_{50} 作为药效的定量参数,有时还利用 $LD-p$ 线或 $LT-p$ 线在坐标图中位置的高低,定性地进行药效大小的判断。谭福杰等^[12]和笔者等^[3,6,7]的研究已基本表明,相对于化学杀虫剂, Bt 等生物杀虫剂的药效具有明显的时间效应,这无形之中增加了生物杀虫剂及其复配混剂筛选研究的难度。本研究在前人及以往研究结果的基础上,针对生物类杀虫剂及其复配混剂药效评估的难点,进一步研究揭示了药效的量化依据。在用“梯形面积”法对药效规律进行剖析的同时,也较恰当地验证了其自身的合理性和可靠性。从表 1 所列的结果可见,由该方法计算所得的药效“时间动力强度”的大小,与 Bt 乙酰甲胺磷的所有配对系列 $LT-p$ 线坐标图位置排序的高低呈绝对相关性。表明在对生物类杀虫剂及其混剂进行药效评判时,既可以利用有关“梯形”所在坐标图中的位置,定性分析与其他药剂处理间的相对药效,同时也可以运用“梯形面积法”算出的“时间动力强度”值,定量分析该处理的绝对药效。本研究以这一药效量化单位为依据,对 Bt 乙酰甲胺磷混配药效动力学规律的剖析与验证已表明,“时间动力强度”可用于表示生物类杀虫剂及其混用配比的药效。

本研究在 Bt 等生物类杀虫剂及其复配制剂的药效评判方面提出了量化的单位和方法,其实在传统化学杀虫剂药效表达中亦隐含着该方法的踪影,例如研究中常用的 $LD-p$ 线,同样也构成了一个以该线为斜边,以一系列剂量对数为高,以回归截距 a 为上底、最高死亡机率值为下底的梯形,只不过其面积的大小是代表了一种剂量动力强度。但由于化学杀虫剂作用速度较快,致死历程不明显,因而此种“剂量动力强度”或者被前人忽略,或者被简化,以致形成了目前的药效评判方法,即 LD_{50} 等方法。至于这是否正是化学复配杀虫剂在研制中其配比不易精确到位、不易保证质量的症结所在,尚值得进一步研究。

3.2 对“时间动力强度”概念合理性的反证

表 1 所列“共时系数”和“共毒因子”可从不同侧面分别反映一定剂量下某一时段、和一定时间下某一剂量的药效特征,但均不能体现生物类杀虫剂药效的时间效应特点,因此,一些无论是反映

共时系数与共毒因子两者之间、还是它们与“时间动力强度”之间相互关系的数据均表现出较多的不确定性和非关联性。如表 1 所示“ $LT-p$ 线在坐标图中位置由低到高的排序”与“共时系数”中相应数据的相关性分析表明,其基本上都无显著相关。如在类群 A 中配对“67.67/44.03”的相关系数 $r = 0.2581$ (自由度 $\nu = 7$, 显著水平 $\alpha_{0.05} = 0.666$), 配对“116.06/21.64”的相关系数 $r = 0.5511$ ($\nu = 7$, $\alpha_{0.05} = 0.666$), 以及配对类群 B 中配对“80.57/90.36”的相关系数 $r = 0.1538$ ($\nu = 7$, $\alpha_{0.05} = 0.666$), 配对“67.3/792.5”的相关系数 $r = -0.5382$ ($\nu = 7$, $\alpha_{0.05} = 0.666$)。也即是说“共时系数”所含信息并不能充分解释有关 $LT-p$ 线在坐标图中位置排序高低的基本原因,而“时间动力强度”与相应 $LT-p$ 线的位置排序之间均显示为绝对相关,由此可见“时间动力强度”的信息含量之大,足以说明它与“ $LT-p$ 线位置排序”两者间存在着某种确定的关系。因此,进一步从反面证明了“时间动力强度”能确切地反映生物类杀虫剂的药效特点,将其用作药效评判的基本依据较为合理。

3.3 关于生物类复配混剂增效作用的量化界定

以往在化学杀虫剂复配增效性评判方面有一种基本说法,即当混剂药效大于两单剂之和的一半以上时即表示有一定的增效性。这一说法与孙云沛^[13]的标准有相似之处。据此,笔者在表 1 中提出了“动力增强系数 I”的概念,并列出了相关数据。同时,在谭福杰等^[12]有明显提高的增效性评判标准启示下,进一步提出了“动力增强系数 II”的概念,亦列出了相应数据。根据上述对试验结果的分析运用情况,本研究比较倾向于使用“动力增强系数 II”数据的大小来评判生物类杀虫剂复配增效作用的强弱。当然这一评判仍需与室内和田间的试验结果相互印证。

3.4 “时间动力强度”的概念及可供研究、应用的领域

通过其数值的计算过程可知,本研究提出的“时间动力强度”这一核心概念是 $LT-p$ 线、时段对数(最高值)、回归截距和最高累计死亡率机率值等 4 个常规概念和参数的综合集成,并借用“梯形面积”,实现形与量相结合的药效实时状态的一种量化表达方式。从表 1 中一系列数据可见,这 4 个常规概念,以及参数中任何一种形(主要指 $LT-p$ 线自身的形态和在坐标图中的位置等)与值(如回归截距、最高累计死亡率机率值等)的波动,都将

十分灵敏且能够综合客观地及时反映到梯形面积大小的变化上。自然界中的一些现象往往是由多种因素促成的,因此某种单一参数并不能反映其全貌,而那些由多个参数综合起来的新概念,则往往有助于研究复杂问题。“时间动力强度”这一类概念,也许有助于进一步研究生物类杀虫剂与化学杀虫剂的互作关系、杀虫毒理学中的“剂量效应”与“时间效应”两者间的关系等问题;此外在杀虫药剂混配的研制中,若能引入这类新概念也许还会促进其精准化的筛选,克服目前杀虫剂混配市场中存在的同一配方、不同配比的混乱局面,引导杀虫剂混剂进入正常的科学发展轨道,以体现和充分开发杀虫剂混配的真正价值。至于“时间动力强度”是否为最合适的专业名称,仍有待进一步商榷。

参考文献:

- [1] TU Yu-qin(屠豫钦). 正确认识化学农药的问题[J]. *Plant Protection* (植物保护), 2003, 29(4): 11-15
- [2] ZHANG Wen-ji(张文吉). 农药混剂中单剂搭配和最佳配比选择值得注意的问题[J]. *Chin J Pestic* (农药), 1994, 33(4): 26-27
- [3] YIN X D, SU J K, XU J et al Grey Relational Analyzing the Union Emotion of Pesticides[J]. *The Journal of Grey System*, 1998, (3): 255-265.
- [4] YIN Xiang-dong(殷向东), XU Jian(徐健), LIU Qin(刘琴), et al Bt与PuGV-Ps复配最佳增效配比筛选方法[J]. *Acta Phytophylacica Sinica* (植物保护学报), 2004, 31(2): 219-220
- [5] YIN Xiang-dong(殷向东), XU Jian(徐健), LIU Qin(刘琴). Bt与EoNPV合理混配的筛选程序[J]. *Jiangsu J Agric Sci* (江苏农业学报), 2005, (4): 383-384.
- [6] YIN Xiang-dong(殷向东), XU Jian(徐健), LIU Qin(刘琴), et al Bt与EoNPV混用配比优劣性图谱分析[J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2006, 26(7): 2133-2138.
- [7] YIN Xiang-dong(殷向东), GAO Cong-fen(高聪芬), SU Jian-kun(苏建坤), et al Bt与乙酰甲胺磷混配之药效规律初探[J]. *Scientific Research Monthly* (科学研究月刊), 2006(12): 97-99.
- [8] CHEN Li(陈立), XU Han-hong(徐汉虹), LI Yun-yu(李云宇), et al 农药复配最佳增效配方筛选方法的探讨[J]. *Acta Phytophylacica Sinica* (植物保护学报), 2000, 27(4): 349-354
- [9] LIU Feng-mao(刘丰茂), QIAN Chuan-fan(钱传范), JIANG Shu-ren(江树人). 苏云金杆菌制剂毒素蛋白的SDS-PAGE-TLC定量分析[J]. *Acta Phytophylacica Sinica* (植物保护学报), 1998, 25(4): 359-363.
- [10] ZHAO Jian-zhou, GRAFIUS E. Assessment of Different Bioassay Techniques for Resistance Monitoring in Diamondback Moth[J]. *J Econ Entomol*, 1993, 86: 995-1000
- [11] GU Zhong-yan(顾中言), HAN Lijuan(韩丽娟), ZHONG Ding-liang(钟定亮), et al. 农药复配剂增效作用的定性定量分析[J]. *Jiangsu Agric Sci*(江苏农业科学), 1990(3): 31-34.
- [12] TAN Fu-jie(谭福杰), SHEN Jin-liang(沈晋良), CHEN Jin(陈进). 杀虫剂混合应用的研究[J]. *J Nanjing Agric Univ* (南京农业大学学报), 1987, (4 Suppl): 93-99.
- [13] SUN Y P, DHNSON E R. Analysis of Joint Action of Insecticides against House Flies[J]. *J Econ Entomol*, 1960, 53: 889-892.

(Ed. TANG J)