

## 几种杀菌剂复配对棉花红腐病菌的联合毒力研究

潘月敏, 高智谋\*, 汪敬鑫, 曹君, 汪涛

(安徽农业大学植保学院 安徽省农产品安全实验室, 合肥 230036)

**摘要:**测定了世高等7种杀菌剂对棉花红腐病菌的室内毒力,在此基础上进行了复配剂的筛选。结果表明,施保克对棉花红腐病菌的毒力最强,EC<sub>50</sub>为0.0923 mg·L<sup>-1</sup>;三唑酮、世高、丙环唑、阿米西达毒力依次减弱,代森锰锌的毒力最小。施保克分别与世高、三唑酮、代森锰锌、丙环唑、多菌灵,世高与代森锰锌复配等组合的EC<sub>50</sub>值均大于单剂或其中之一EC<sub>50</sub>值,CTC值均低于50,表现明显的拮抗作用;世高与多菌灵按2:1,1:1,1:2,1:3,1:5配比复配对病菌的EC<sub>50</sub>值范围为0.9742~1.4938 mg·L<sup>-1</sup>,平均为1.2247 mg·L<sup>-1</sup>;CTC<sub>1,1</sub>>CTC<sub>1,3</sub>>CTC<sub>1,2</sub>>CTC<sub>2,1</sub>>CTC<sub>1,5</sub>,表明各配比均有显著的增效作用,其中1:1配比的EC<sub>50</sub>值为0.8509 mg·L<sup>-1</sup>,明显低于单剂的EC<sub>50</sub>值,CTC为286,增效作用最大。综合经济效益和增效作用两方面考虑,1:3配比最佳。

**关键词:**棉花;红腐病菌;杀菌剂;复配剂;联合毒力;增效作用

**中图分类号:**S435.61 **文献标识码:**A

**文章编号:**1002-7807(2007)02-0093-05

## Studies on Co-toxicity of the Mixed Preparations of Several Fungicides to *Fusarium moniliforme*

PAN Yue-min, GAO Zhi-mou\*, WANG Jing-xin, CAO Jun, WANG Tao

(College of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Key Lab of Agro-food Safety of Anhui Province, Hefei 230036, China)

**Abstract:** Cotton red rot is an important disease of cotton in China. The disease seriously endangers cotton by causing the rot of buds, stem bases and roots of cotton at seedling stage, and resulting in boll rot in boll phase. Recently, the incidence and severity of the disease at both seedling and boll stages have been developing with the extending of the Bt-transgenic cotton in Anhui, China. To screen the effective fungicides for the control of the disease, EC<sub>50</sub> of seven kinds of fungicides and the co-toxicity of their mixed preparations to *Fusarium moniliforme* Sheld, the pathogen of cotton red rot, were tested by means of mycelium growth rate method under the condition of laboratory, respectively. The results showed that EC<sub>50</sub> values of prochloraz, triadimefon, difenoconazole, propiconazol and carbendazin were 0.0923, 1.5604, 1.7414, 2.0602 and 2.7599 mg·L<sup>-1</sup>, respectively, suggesting that the five fungicides tested all had good inhibition against the fungus. But azoxystrobin and mancozeb were not obviously inhibitory against the pathogen, with the EC<sub>50</sub> value being 116.0600 and 521.0000 mg·L<sup>-1</sup>, respectively. On the basis of the experiments, the combined toxicity coefficients (CTC) and the synergistic effects of the mixtures of the five fungicides were investigated applying Sun & Johnson method, and the results indicated that the mixtures of difenoconazole and carbendazin had all significantly synergistic effect while the other mixtures had not. CTC values of the mixtures with the mixing ratio of difenoconazole to carbendazin as 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 and 1:5 were 151, 219, 154, 208

**收稿日期:**2006-02-21 **作者简介:**潘月敏(1978-),男,在读博士;\* ,通讯作者, zmgao@ah163.com

**基金项目:**安徽省高校学科拔尖人才基金(200322)和安徽省“十五”科技攻关计划项目(01013011)资助

and 140, respectively. The order of CTC values of the mixtures of difenoconazole and carbendazin with different mixing ratios of difenoconazole to carbendazin was  $CTC_{1:1} > CTC_{1:3} > CTC_{1:2} > CTC_{2:1} > CTC_{1:5}$ . Among the five matching ratios, 1 : 1 matching ratio of difenoconazole and carbendazin had the best additive effect. However, since the cost of difenoconazole is much higher than that of carbendazin, the optimal matching ratio of difenoconazole and carbendazin was 1 : 3, considering both the synergistic effect and the economic benefits. In addition, it was observed that the mixtures of prochloraz and other fungicides tested and the mixture of difenoconazole and mancozeb had all obviously reductive effect on inhibiting the pathogen. Although azoxystrobin had evident inhibition against *Fusarium moniliforme* at the low concentration of  $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , the inhibitive effectiveness did not increase with the rise of concentration of azoxystrobin, and there was no significant difference in the inhibitive effectiveness of the tested concentration treatments from 1 to  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . The reasons are worthwhile to probe further. The results mentioned above provide experimental evidence for the exploitation of new and effective fungicides or mixed preparations and for the reasonable application of the chemicals to control cotton red rot.

**Key words:** cotton; *Fusarium moniliforme*; fungicides; mixtures; co-toxicity; synergistic effect

棉花红腐病是我国棉花上重要病害,前期侵染棉苗,引起棉花烂种、烂芽、茎基和根部腐烂;后期危害棉铃,造成棉铃腐烂,致使棉花产量、品质下降,严重影响棉花生产<sup>[1-2]</sup>。值得注意的是,近年来随着转 Bt 基因抗虫棉的推广种植,此病的发生危害逐渐加剧。目前对于棉花红腐病害的防治仍采用综合治理的策略与方法,药剂防治仍是不可或缺的措施之一<sup>[3-5]</sup>。虽然生产上已有一些有效药剂,但由于长期使用,病菌已对其产生抗药性而导致防治效果下降。作者在对该病菌生物学特性研究<sup>[2,4]</sup>的基础上,对世高、施保克、丙环唑等 7 种杀菌剂对棉花红腐病菌的抑制活性及联合毒力进行了研究,旨在为防治棉花红腐病的有效药剂及复配剂的筛选、研发提供试验依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试药剂

90%丙环唑原药(诺华公司)、10%世高(苯醚甲环唑)水分散粒剂(先正达中国投资有限公司)、25%阿米西达(啞菌酯)悬乳剂(先正达中国投资有限公司)、80%代森锰锌原药(江苏宝叶化工)、98%三唑酮原药(张家港七洲农化有限公司)、25%施保克(prochloraz,咪鲜胺)乳油(拜尔公司)、99%多菌灵原药(江苏新沂农药厂)。

### 1.2 供试菌株

棉花红腐病菌(*Fusarium moniliforme* Sheld)菌株系作者从安徽省棉花红腐病棉铃上分

离鉴定获得<sup>[2]</sup>。

### 1.3 培养基

PDA 培养基<sup>[6]</sup>。

### 1.4 毒力测定方法

**1.4.1 试验设计。**单剂丙环唑、阿米西达、代森锰锌和三唑酮对棉花红腐病菌的毒力测定试验均设置 0, 1, 2, 5, 10, 50, 100, 200  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  八个浓度处理,多菌灵设置 0, 1, 2, 5, 10, 20, 40  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  七个浓度处理,世高设置 0, 0.01, 0.1, 0.5, 1, 5, 10  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  七个浓度处理,施保克设置 0, 0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  七个浓度处理;复配药剂施保克+世高、施保克+三唑酮、施保克+代森锰锌、施保克+丙环唑、施保克+多菌灵均按 1 : 1 配比,均设置 0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  七个浓度处理,世高+代森锰锌按 1 : 1 配比,设置 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  七个浓度处理,世高+多菌灵设置 2 : 1, 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 5 五个配比,每一配比分别设置 0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  七个浓度处理,每一浓度处理均设置 5 次重复。

**1.4.2 测定方法。**试验采用菌丝生长速率法<sup>[7]</sup>。将病菌在 PDA 培养基上活化后,待其生长 48~72 h 以后,从其边缘用打孔器( $\phi 7 \text{ mm}$ ),从其菌落边缘取菌碟,接入预先配制好的上述各浓度处理的含药 PDA 培养基上,并置于温度为  $25^\circ\text{C}$  的培养箱中培养。分别于接种后 3 d、5 d 检查菌丝生长情况,并用十字交叉法测量菌落直径。

**1.4.3 数据处理与统计分析。**根据各处理 5 d

的平均菌落直径净增长值,分别建立以浓度的自然对数值为自变量(x),抑菌率的机率值为因变量(y)的回归方程(毒力回归式),计算各单剂和对比对棉花红腐病菌的  $EC_{50}$ <sup>[8]</sup>;然后利用 Sun Y. P. & John E. R 法<sup>[9]</sup>计算复配剂的共毒系数。根据共毒系数的大小评价复配剂的增效作用,并结合考虑药剂成本确定最佳配比。

抑制率(%) = (对照菌落直径平均数 - 处理菌落直径平均数) / (对照菌落直径平均数 - 菌碟直径) × 100

毒力指数 TI = 标准杀菌剂  $EC_{50}$  / 供试药剂  $EC_{50}$  × 100

混剂实际毒力指数 ATI = 标准药剂  $EC_{50}$  / 混剂  $EC_{50}$  × 100

混剂理论毒力指数 TTI = 单剂 A 的 TI × PA + 单剂 B 的 TI × PB (PA 和 PB 分别为混剂中有效成份的百分含量)

共毒系数 CTC = 混剂的实际毒力指数 AT /

混剂的理论毒力指数 TTI × 100

增效作用判断:  $CTC \geq 200$  具增效作用;  $CTC = 50 \sim 200$  为相加作用;  $CTC \leq 50$  为拮抗作用<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 7种常用杀菌剂对棉花红腐病菌的毒力

在预备实验的基础上,测定了7种杀菌剂对棉花红腐病菌的毒力。结果(表1)表明,7种药剂的  $EC_{50}$  值大小顺序为:代森锰锌 > 阿米西达 > 多菌灵 > 丙环唑 > 世高 > 三唑酮 > 施保克;施保克、三唑酮、世高、丙环唑、多菌灵对棉花红腐病菌均有显著的抑制作用( $EC_{50}$  值均低于  $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ),阿米西达和代森锰锌的抑制作用较差( $EC_{50}$  值均高于  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ );阿米西达浓度在  $1 \sim 200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  之间对病原菌的抑制差异不明显。

表 1 7种常用杀菌剂对棉花红腐病菌的毒力

Table 1 Toxicity of seven fungicides to the pathogen of cotton red rot

杀菌剂	毒力回归方程	相关系数	$EC_{50} / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
25%施保克	$y = 0.8441x + 5.8736$	0.9870	0.0923
10%世高	$y = 0.47x + 4.8868$	0.9636	1.7414
98%三唑酮	$y = 0.6329x + 4.8777$	0.9857	1.5604
90%丙环唑	$y = 0.5598x + 4.8243$	0.9867	2.0602
25%阿米西达	$y = 0.1406x + 4.7097$	0.9388	116.0600
99%多菌灵	$y = 1.455x + 4.3585$	0.9721	2.7599
80%代森锰锌	$y = 0.6789x + 3.1554$	0.9422	521.0000

### 2.2 几种杀菌剂复配对棉花红腐病菌的联合毒力

测定结果(表2)表明,世高与多菌灵按 1:1 复配后对棉花红腐病菌的  $EC_{50}$  值为  $0.8509 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,明显低于世高和多菌灵单剂的  $EC_{50}$  值,  $CTC = 286 > 100$ ,具有增效作用,施保克分别与世高、三唑酮、代森锰锌、丙环唑、多菌灵,世高与代森锰锌复配等组合的  $EC_{50}$  值均大于单剂或其中之一的  $EC_{50}$  值,  $CTC$  值均低于 50,表现明显的拮抗作用。

### 2.3 世高与多菌灵复配最佳配比的筛选

在上述试验的基础上,进一步对世高与多菌灵复配最佳配比进行了筛选试验,结果列于表3。从表4可以看出,世高与多菌灵按设置的不同配比复配有显著的增效作用,其中各对比对棉花红腐病菌的有效抑制浓度  $EC_{50}$  的值,其范围为  $0.9742 \sim 1.4938 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,平均为  $1.2247 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $CTC_{1:1} > CTC_{1:3} > CTC_{1:2} > CTC_{2:1} >$

$CTC_{1:5}$ 。1:1 配比的  $CTC$  最大,增效作用最明显;其次为 1:2 配比。但世高的价格远高于多菌灵,故综合经济效益和增效作用两方面考虑,世高:菌灵=1:3 的配比最佳。

## 3 讨论

根据本研究,施保克、世高、丙环唑、多菌灵等药剂对棉花红腐病菌均有显著的抑制作用,可在生产中试验应用。鉴于杀菌剂单独连续使用容易诱致病菌产生抗药性<sup>[7,11]</sup>,实际应用中尽可能地选择作用机制不同的农药品种交替使用,同时开发新型复配剂,以延缓抗药性的产生。试验中还发现,阿米西达在  $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的低浓度时即对红腐病菌有抑制作用,但其抑制效果并不随着浓度的增加而提高,在  $1 \sim 200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的较大范围内各浓度处理间抑制效果无明显差异。这与蒋家珍

等<sup>[12]</sup>报道的阿米西达对镰孢菌无抑制效果、甚至在低浓度时尚有促进生长的作用研究结果有差异。其原因是否与该药剂的作用机理有关,值得进一步探讨。

表 2 几种杀菌剂复配对棉花红腐病菌的联合毒力

Table 2 Co-toxicity of the mixed preparations of several fungicides to *Fusarium moniliforme*

药 剂	配 比	毒力回归方程	EC <sub>50</sub> /(mg · L <sup>-1</sup> )	ATI	TTI	CTC
施保克 + 三唑酮	1 : 0	y=0.93x+6.1608	0.0565	-	-	-
	0 : 1	y=0.4943x+5.0918	0.6521	-	-	-
	1 : 1	y=0.8423x+4.8182	1.6436	3.76	54.33	6.32
施保克 + 代森锰锌	1 : 0	y=0.93x+6.1608	0.0565	-	-	-
	0 : 1	y=0.8011x+3.3458	116.1200	-	-	-
	1 : 1	y=0.4802x+4.915	1.5031	3.76	50.02	7.51
施保克 + 丙环唑	1 : 0	y=0.93x+6.1608	0.0565	-	-	-
	0 : 1	y=0.5598x+4.8243	2.0602	-	-	-
	1 : 1	y=0.3122x+4.8681	2.6455	2.13	51.37	4.15
施保克 + 世高	1 : 0	y=0.93x+6.1608	0.0565	-	-	-
	0 : 1	y=0.9789x+4.7901	1.7043	-	-	-
	1 : 1	y=0.6072x+5.0308	0.8898	6.35	51.66	12.29
施保克 + 多菌灵	1 : 0	y=0.93x+6.1608	0.0565	-	-	-
	0 : 1	y=1.07876x+4.3278	4.1990	-	-	-
	1 : 1	y=0.4973x+5.0653	0.7391	7.64	50.67	15.08
世高 + 代森锰锌	1 : 0	y=0.9789x+4.7901	1.7000	-	-	-
	0 : 1	y=0.8011x+3.3458	116.1200	-	-	-
	1 : 1	y=0.5842x+4.097	35.1300	0.16	1.68	9.60
世高 + 多菌灵	1 : 0	y=0.9789x+4.7901	1.7043	-	-	-
	0 : 1	y=1.07876x+4.3278	4.1990	-	-	-
	1 : 1	y=3.4244x+5.2401	0.8509	6.64	2.33	286

表 3 世高与多菌灵复配对棉花红腐病菌的联合毒力

Table 3 Co-toxicity of the mixed preparations of difenoconazole and carbendazin to *F. moniliforme*

配比号	配 比 (世高 : 多菌灵)	毒力回归方程	EC <sub>50</sub> /(mg · L <sup>-1</sup> )	ATI	TTI	CTC
1	1 : 0(CK1)	Y=0.47x+4.8868	1.7414	-	-	-
2	0 : 1(CK2)	Y=1.455x+4.3585	2.7599	-	-	-
3	1 : 1	Y=3.9406x+5.0448	0.9742	9.47	4.32	219
4	1 : 2	y=1.2384x+4.7842	1.4938	6.18	4.00	154
5	2 : 1	y=0.9978x+4.8827	1.3110	7.04	4.65	151
6	1 : 3	y=1.7375x+4.892	1.1539	8.00	3.83	208
7	1 : 5	y=1.2461x+4.9055	1.1908	7.75	5.50	140

不同类型的杀菌剂混配是研制开发新型复配剂农药的有效途径,且具有快速经济的特点;同时也表明不同杀菌剂混合使用是增加药效、减缓病原菌抗病性产生的重要措施。本研究关于不同药剂复配的试验结果表明,世高和多菌灵复配或混合使用具有明显的增效作用;施保克与其它单剂,

世高与代森锰锌复配均表现明显的拮抗作用。本研究结果为生产中农药复配或混用提供了试验依据。关于世高和多菌灵复配的大田防治效果,尚有待于进一步试验研究。

此外,以往报道指出代森锰锌属有机硫类保护性杀菌剂,与内吸性杀菌剂混用可以提高防治效

果<sup>[7-11,13]</sup>。但在本试验中代森锰锌与世高复配却表现出明显的拮抗作用,其原因有待进一步探明。

致谢:

安徽省农科院植保所叶正和副研究员惠赠供试药剂,谨此致谢!

参考文献:

- [1] 李生才,周运宁,邢志刚,等. 棉田有害生物综合治理[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998.
- [2] 潘月敏,郭敏,高智谋,等. 安徽省棉花红腐病菌生物学特性研究[J]. 植物病理学报,2005,35(6)(增刊):113-115.
- [3] 石磊岩,李长兴,姚大瑞,等. 棉花铃病发生关键因子及预报研究[J]. 棉花学报,1995,7(3):175-178.
- [4] 陆宁海,徐瑞富,吴利民,等. 棉花红腐病病原菌生物学特性的研究[J]. 棉花学报,2005,17(2):84-87.
- [5] 周晓云,陈瑞辉,王克荣,等. 棉花红腐病菌氮代谢途径相关酶的基因位点测定[J]. 棉花学报,2003,15(1):29-32.
- [6] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1999.
- [7] 赵善欢. 植物化学保护[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [8] 黄圣明,刘秀娟,谢艺贤,等. 咪鲜安等八种杀菌剂对芒果炭疽菌的毒性比较[J]. 热带作物学报,1992,13(1):67-69.
- [9] SUN Y P, Johnson E R. Analysis of joint of insecticides against house flies [J]. Journal of economic entomology, 1960, 53 (5): 887-892.
- [10] 慕立义. 植物化学保护研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1991:124-125.
- [11] 李宝笃,沈崇光. 植物病原真菌对杀菌剂的抗性对策[J]. 植物病理学报,1994,24(3):193-196.
- [12] 蒋家珍,吴学明,赵美琦,等. 19种杀菌剂对镰刀菌的毒力测定及应用分析[J]. 广东农业科学,2004,(2):35-36.
- [13] 马奇祥. 常用农药使用手册[M]. 中国农业出版社,2001:136,159. ●