

40% 氯虫酰胺·噻虫嗪水分散粒剂对全年水稻 稻纵卷叶螟的防控技术

唐涛,刘雪源,刘都才,魏昌贵

(湖南省植物保护研究所,湖南长沙 410125)

摘要:2007~2008年,40%氯虫酰胺·噻虫嗪水分散粒剂对早、中、晚稻稻纵卷叶螟的防控技术研究结果表明:该药剂对不同发生时期的稻纵卷叶螟防效高、保叶效果显著、持效期长,可有效控制高龄幼虫的危害且增产效果好;在第1代蛾峰期及第3代低龄幼虫盛期各施用1次40%氯虫酰胺·噻虫嗪水分散粒剂48.0~50.0 g/hm²,控“2代”压“4代”作用明显,有利于全年有效防控该虫害。

关键词:稻纵卷叶螟;氯虫酰胺;防治效果;持效期;稻谷产量

中图分类号:S435.112.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-8581(2009)03-0107-05

Prevention and Control Technology for All-year Rice Leaf-roller with 40% Chlorantraniliprole · Thiamethoxam WG

TANG Tao, LIU Xue-yuan, LIU Du-cai, WEI Chang-gui

(Hunan Plant Protection Research Institute, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China)

Abstract: During 2007~2008, the studies on the prevention and control technology for rice leaf-roller (*Cnaphalocrocis medinalis*) in early rice, medium rice and late rice with 40% chlorantraniliprole · thiamethoxam WG were carried out. The results showed that there were high control efficacy and longer effective duration. As rice leaves were protected obviously in the different occurrence periods of rice leaf-roller, and the older larvae could be controlled effectively, thereby, the yield of rice applied by this complex insecticide was significantly higher than that of the check. At the peak stage of the moth of the first generation and young larvae of the third generation, if this insecticide was sprayed one time at the dose of 48.0~50.0 g/hm², respectively, the effect of controlling the second generation and reducing the fourth generation would be perfect, thus rice leaf-roller could be easily and effectively controlled and prevented all the year.

Key words: *Cnaphalocrocis medinalis*; Chlorantraniliprole · thiamethoxam; Control efficacy; Effective duration; Rice yield

稻纵卷叶螟属鳞翅目、螟蛾科,是一种迁飞性水稻主要害虫。湖南省一年发生5~6代,第2、4代为主害代。近年来,由于水稻种植结构、品种布局的调整及台风天气频繁,田间稻纵卷叶螟迁入频次增加、发生严重甚至暴发成灾^[1]。该害虫发生前期若防治不当,则幼虫进入高龄期后,危害加重且难以防治^[2],易对水稻生产造成巨大的经济损失。

2000年,美国杜邦公司通过对先导化合物——邻甲酰氨基苯甲酰胺类(anthranic diamides, ADAs)的结构修饰和构效研究,发现了一种新型二酰胺类杀虫剂(diamide insecticides)——氯虫酰胺(Chlorantraniliprole, rynaxypyrTM),其作用靶标为鱼尼丁受体(ryanodine receptors, RyRs)^[3]。该药剂具有内吸、渗透力强和环境友好等特点,对稻纵卷叶螟、螟虫及稻苞虫等鳞翅目害虫高效、持效期长。噻虫嗪为瑞士先正达公司1998年自主研发的第一个硫代烟碱类杀虫剂^[4],对稻飞虱等同翅目害虫防效高。为充分发挥上述两种药剂的优势,拓宽杀虫谱,瑞士先正达公司按1:1的比值将它们混配而开发出

40%氯虫酰胺·噻虫嗪WG(水分散粒剂,商品名:Virtako,中文名:福戈)。

2007~2008年,笔者在湖南省长沙县春华镇开展了40%氯虫酰胺·噻虫嗪WG对水稻稻纵卷叶螟的防控技术研究,以期为全年有效控制其发生与危害提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 试验基本情况 试验在长沙县春华镇龙王庙村试验基地进行。供试药剂:40% Virtako WG,由瑞士先正达作物保护有限公司生产并提供。对照药剂:5%氟虫腈SC(悬浮剂,商品名:锐劲特),由拜耳作物科学有限公司生产,市售;20%氯虫酰胺SC(商品名:康宽),由上海杜邦农化有限公司生产,市售。施药时,用卫士牌WS-16型压缩背负式喷雾器(圆锥型喷头,孔径为1.0 mm)茎叶喷雾1次。其它情况如表1。

1.2 试验设计 试验均设6个小区处理,每个处理重复4次,随机区组排列。小区面积为30.0 m²,小区间筑田埂相隔并设排水沟,四周设2.0 m宽保护行。在不同试验中所用药剂的有效成分用量见表2。

收稿日期:2008-12-16

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAD87B11)。

作者简介:唐涛(1980-),男,湖南邵阳人,硕士,研究实习员,从事植物保护研究工作。

表 1 试验基本情况

年份	试验编号	季别	水稻品种	栽培方式	施药日期 (月/日)	用水量 (L/hm ²)	水稻生育期	靶标盛发期
2007	(1)	中稻	中优 272	移栽	6/12	30	分蘖盛期	2 代一龄幼虫
	(2)	晚稻	湘早 761	移栽	7/27	50	分蘖盛期	3 代二龄幼虫
2008	(3)	早稻	湘早籼 5 号	撒播	5/26	30	分蘖盛期	1 代蛾
	(4)	早稻	湘早籼 5 号	撒播	6/21	40	孕穗末期	2 代二龄幼虫
	(5)	早稻	湘早籼 5 号	撒播	6/27	45	孕穗末期	2 代四龄幼虫
	(6)	中稻	两优 293	撒播	7/11	40	分蘖盛期	2 代蛾
	(7)	中稻	金两优 10 号	移栽	7/19	40	孕穗初期	3 代二龄幼虫
	(8)	晚稻	丰优 299	抛秧	8/8	30	分蘖末期	4 代卵孵

表 2 在各试验中所用药剂的有效成分用量

g/hm²

试验编号	40% Virtako WG			5% 锐劲特 SC	20% 康宽 SC	空白对照
	处理 1	处理 2	处理 3			
(1)、(2)、(4)、(6)、(7)	24.0	36.0	48.0	37.5	30.0	/
(3)、(5)	30.0	40.0	50.0	37.5	30.0	/
(8)	36.0	48.0	60.0	45.0	30.0	/

1.3 药效调查

5 丛稻,共查 25 丛。

1.3.1 调查方法 每个小区采取对角线五点取样,每点 1.3.2 调查时间、次数及内容 详见表 3。

表 3 各试验的调查时间、次数及内容

试验编号	调查时间	调查次数	调查内容
(1)	药前,药后 3、7、15 d	4	前 3 次剥查活幼虫数,最后 1 次查卷叶数
(2)	药前,药后 10、20、30 d	3	卷叶数
(3)	药后 11 d	1	卷叶数
(4)	药前,药后 3、7、14、21 d	5	前 4 次剥查活幼虫数,最后 1 次查卷叶数
(5)	药后 3、7、14、21 d	4	卷叶数
(6)	药后 18、25 d	2	卷叶数
(7)	药后 15 d	1	卷叶数
(8)	药后 21、31 d	2	卷叶数

1.4 测产 2008 年水稻收获时,对早稻试验(4)、中稻试验(6)、晚稻试验(8)分小区实测稻谷产量。

1.5 数据分析 采用 DPS v7.05 版数据处理系统软件中的 Duncan 新复极差法(数据不转换)对防治效果、保叶效果及稻谷产量进行方差分析。有关计算公式如下:

虫口减退率(%) = $\frac{\text{施药前虫数} - \text{施药后虫数}}{\text{施药前虫数}} \times 100$

防治效果(%) = $\frac{PT - CK}{100 - CK} \times 100$

卷叶率(%) = $\frac{\text{调查卷叶数}}{\text{调查总叶数}} \times 100$

保叶效果(%) = $\frac{CK - PT}{CK} \times 100$

式中:PT 为药剂处理区虫口减退率或药后卷叶率;CK 为空白对照区虫口减退率或药后卷叶率。

2 结果与分析

2.1 防治效果及保叶效果

2.1.1 对早稻 1~2 代稻纵卷叶螟的防控效果 田间试验结果(表 4)表明,40% Virtako WG 对早稻 1~2 代稻纵卷叶螟防效高、保叶效果明显,且对高龄幼虫存在较好的控制作用;药效随剂量增加而明显上升,随时间推移而先

上升后下降,药后 14 d 左右达到最高。

在早稻稻纵卷叶螟不同发生时期施药,40% Virtako WG 对其防效、保叶效果存在一定差异,其中以低龄幼虫盛期用药效果最佳,防效为 89.31%~99.58%;而 1 代蛾峰期施药后 11 d,40% Virtako WG 处理区的保叶效果达 85% 以上,说明其对后续发生的幼虫具有很好的抑制作用,且可以大幅度压低 2 代虫口基数,从而便于有效控制 2 代幼虫的危害。

40% Virtako WG 对 2 代低龄幼虫表现出较强的杀伤作用且持效期长,药后 3 d 的虫口减退率最高达 94.62%,防效为 97.66%;药后 21 d 的保叶效果在 91% 以上。该药剂对高龄幼虫的速效性一般,但持效期长,药后 3 d 的保叶效果均低于 80%,药后 21 d 的保叶效果高于 85%。

由表 4 可知,40% Virtako WG 每公顷用 48.0 g 处理对早稻 1~2 代稻纵卷叶螟的控制作用与对照药剂 20% 康宽 SC 每公顷用 30.0 g 处理的效果相当;除药后 3、7 d 对高龄幼虫的保叶效果与对照药剂 5% 锐劲特 SC 每公顷用 37.5 g 处理的效果接近外,该处理与对照存在极显著性差异。

表 4 不同处理对早稻 1~2 代稻纵卷叶螟的防治效果(2008 年)

试验 编号	调查时间	项目	40% Virtako WG(g/hm ²)						5%锐劲特 SC	20%康宽 SC	空白对照
			24.0	30.0	36.0	40.0	48.0	50.0	37.5 g/hm ²	30.0 g/hm ²	
(3)	药后 11 d	卷叶率(%)	/	2.18	/	1.43	/	0.67	3.69	0.94	15.00
		保叶效果(%)	/	85.47	/	90.47	/	95.53	75.40	93.73	/
		差异显著性	/	cC	/	bB	/	aA	dD	aA	/
(4)	药前	活虫数(头)	16.3	/	20.0	/	13.0	/	13.0	20.0	18.3
	药后 3 d	虫口减退率(%)	75.46	/	91.50	/	94.62	/	79.23	86.50	-129.51
		防治效果(%)	89.31	/	96.30	/	97.66	/	90.95	94.12	/
		差异显著性	cB	/	abA	/	aA	/	cB	bcAB	/
	药后 7 d	虫口减退率(%)	49.08	/	83.50	/	84.62	/	38.46	88.50	-746.99
		防治效果(%)	93.99	/	98.05	/	98.18	/	92.74	98.64	/
		差异显著性	abB	/	aA	/	aA	/	bB	aA	/
	药后 14 d	虫口减退率(%)	58.90	/	91.50	/	94.62	/	36.15	93.50	-1177.05
		防治效果(%)	96.78	/	99.33	/	99.58	/	95.00	99.49	/
		差异显著性	abAB	/	aA	/	aA	/	bB	aA	/
	药后 21 d	卷叶率(%)	2.26	/	1.15	/	0.50	/	4.71	0.71	27.70
		保叶效果(%)	91.84	/	95.85	/	98.19	/	83.00	97.44	/
		差异显著性	cC	/	bB	/	aA	/	dD	aA	/
(5)	药后 3 d	卷叶率(%)	/	15.18	/	12.97	/	11.40	11.12	11.32	49.57
		保叶效果(%)	/	69.38	/	73.83	/	77.00	77.57	77.16	/
		差异显著性	/	cB	/	bAB	/	abA	aA	abA	/
	药后 7 d	卷叶率(%)	/	10.56	/	7.58	/	6.28	7.48	6.90	65.43
		保叶效果(%)	/	83.86	/	88.42	/	90.40	88.57	89.45	/
		差异显著性	/	cB	/	bA	/	aA	abA	abA	/
	药后 14 d	卷叶率(%)	/	9.73	/	6.57	/	5.07	9.39	5.30	67.66
		保叶效果(%)	/	85.62	/	90.29	/	92.51	86.12	92.17	/
		差异显著性	/	cB	/	bA	/	aA	cB	aA	/
	药后 21 d	卷叶率(%)	/	9.08	/	5.40	/	3.97	10.36	4.29	62.11
		保叶效果(%)	/	85.38	/	91.31	/	93.61	83.32	93.09	/
		差异显著性	/	cC	/	bB	/	aA	dD	aA	/

2.1.2 对中稻 2~3 代稻纵卷叶螟的控制作用 40% 效期长,但对不同发生期的控制效果呈现差异性(见表 Virtako WG 对中稻 2~3 代稻纵卷叶螟的速效性好且持 5)。

表 5 不同处理对中稻 2~3 代稻纵卷叶螟的防治效果及保叶效果

年份	试验编号	调查时间	项目	40% Virtako WG(g/hm ²)			5%锐劲特 SC	20%康宽 SC	空白对照
				24.0	36.0	48.0	37.5 g/hm ²	30.0 g/hm ²	
2007	(1)	药前	活虫数(头)	29.3	29.3	28.0	25.3	31.0	27.5
			药后 3 d 虫口减退率(%)	78.50	83.62	86.43	82.21	88.71	-46.55
			防治效果(%)	85.33	88.82	90.74	87.86	92.30	/
		药后 7 d	差异显著性	dC	bcABC	abAB	cBC	aA	/
			虫口减退率(%)	81.91	89.76	92.86	84.98	95.81	-87.27
			防治效果(%)	90.34	94.53	96.19	91.98	97.76	/
		药后 15 d	差异显著性	cD	bBC	abAB	cCD	aA	/
			卷叶率(%)	0.80	0.62	0.47	0.82	0.20	12.12
			保叶效果(%)	93.23	94.88	97.12	93.40	98.35	/
2008	(6)	药后 18 d	差异显著性	cD	bBC	bAB	cCD	aA	/
			卷叶率(%)	2.38	1.64	0.97	3.40	1.12	11.22
			保叶效果(%)	78.97	85.38	91.35	69.70	90.02	/
		药后 25 d	差异显著性	bB	aAB	aA	cC	aA	/
			卷叶率(%)	5.54	4.06	3.16	7.11	3.06	19.05
			保叶效果(%)	70.92	78.69	83.41	62.68	83.94	/
	(7)	药后 15 d	差异显著性	bB	aAB	aA	cC	aA	/
			卷叶率(%)	1.12	0.78	0.41	0.65	0.46	7.46
			保叶效果(%)	84.73	89.63	94.29	91.48	93.80	/
		药后 22 d	差异显著性	cB	bAB	aA	abA	abA	/
			卷叶率(%)	1.12	0.78	0.41	0.65	0.46	7.46
			保叶效果(%)	84.73	89.63	94.29	91.48	93.80	/

药后 3 d,40% Virtako WG 各处理对 2 代一龄幼虫的防治效果均在 85% 以上;药后 15 d,该药剂每公顷用 48.0 g 处理的保叶效果最高,为 97.12%,极显著优于 5% 锐劲特 SC 每公顷用 37.5 g 处理的效果;药后 25 d,施药区的保叶效果明显下降,但 40% Virtako WG 每公顷用 48.0 g 处理的保叶效果仍保持在 80% 以上,与 20% 康宽 SC 每公顷用 30.0 g 处理的效果相当。在同一代(2 代)不同发生期施用不同药剂对稻纵卷叶螟的控制作用迥异,如 40% Virtako WG、20% 康宽 SC 在蛾峰期施药后 18 d 的保叶效果略低于在一龄幼虫盛期施药后 15 d 的效果,但 5% 锐劲特 SC 蛾峰期药后 18 d 的保叶效果(69.70%)却远低于在一龄幼虫盛期施药后 15 d 的效果

(93.40%)。其次,不同药剂对不同代数(2、3 代)低龄幼虫的防控效果差异不大;药后 15 d,40% Virtako WG、5% 锐劲特 SC、20% 康宽 SC 对 2 代一龄幼虫的保叶效果略高于 3 代二龄幼虫。

2.1.3 对晚稻 3~4 代稻纵卷叶螟的保叶效果 从表 6 可看出,40% Virtako WG 对晚稻 3~4 代稻纵卷叶螟同样具有很好的控制效果且持效期长。药后 20~21 d,该药剂处理区的保叶效果最高,约 90%;药后 30~31 d,其保叶效果出现大幅度下降,但最高仍在 80% 以上,均好于 5% 锐劲特 SC 和 20% 康宽 SC 相应剂量处理,且与前者存在极显著性差异。

表 6 不同处理对晚稻 3~4 代稻纵卷叶螟的保叶效果

年份	试验编号	调查时间	项目	40% Virtako WG(g/hm ²)				5% 锐劲特 SC(g/hm ²)		20% 康宽 SC 30.0 g/hm ²	空白对照
				24.0	36.0	48.0	60.0	37.5	45.0		
2007	(2)	药前	卷叶率(%)	4.1	4.4	4.6	/	4.8	/	4.8	4.8
			保叶效果(%)	82.27	86.40	90.13	/	84.00	/	89.33	/
		药后 10 d	卷叶率(%)	1.33	1.02	0.74	/	1.20	/	0.80	7.50
			保叶效果(%)	80.78	84.76	88.54	/	78.42	/	87.86	/
		药后 20 d	卷叶率(%)	2.85	2.26	1.70	/	3.20	/	1.80	14.83
			保叶效果(%)	80.78	84.76	88.54	/	78.42	/	87.86	/
		药后 30 d	卷叶率(%)	9.06	7.37	4.83	/	9.30	/	5.02	26.30
			保叶效果(%)	65.55	71.98	81.63	/	64.64	/	80.91	/
		药后 21 d	卷叶率(%)	/	0.78	0.55	0.29	/	0.69	0.55	3.26
			保叶效果(%)	/	76.07	83.13	91.10	/	78.83	83.13	/
		药后 31 d	卷叶率(%)	/	3.69	2.43	1.97	/	4.86	2.79	11.95
			保叶效果(%)	/	69.72	79.67	83.51	/	59.33	76.65	/

综上所述,40% Virtako WG 对水稻稻纵卷叶螟的速效性好、持效期长,该药剂控制其主害代(2、4 代)作用显著,同时能有效防控 1~4 代稻纵卷叶螟的危害,有利于实现对湖南省全年水稻稻纵卷叶螟的综合治理。

2.2 增产作用 2008 年早、中、晚稻部分试验田间测产结果表明:40% Virtako WG 各处理的稻谷产量为 5.00~9.15 t/hm²,增产作用最突出,较空白对照增产 2.60%~214.29%。

在早稻试验(4)施药时,由于恰逢水稻孕穗末期且稻纵卷叶螟虫口基数较大,水稻生长后期空白对照区的卷叶率最高为 27.70%,远远高于药剂处理区;同时试验期间稻苞虫大发生,大量取食水稻叶片。以上均对水稻的光合作用造成了不同程度的负面影响,从而使空白对照区稻谷产量明显偏低。40% Virtako WG 各处理增产效果显著,较空白对照增产 210.56%~214.29%,略好于 5% 锐劲特 SC、20% 康宽 SC 对应处理(见表 7)。

表 7 不同处理对稻谷产量的影响(2008 年)

试验编号	季别	项目	40% Virtako WG(g/hm ²)				5% 锐劲特 SC(g/hm ²)		20% 康宽 SC 30.0 g/hm ²	空白对照
			24.0	36.0	48.0	60.0	37.5	45.0		
(4)	早稻	稻谷产量(t/hm ²)	5.00	5.06	5.06	/	4.92	/	5.00	1.61
		差异显著性	aA	aA	aA	/	aA	/	aA	bB
		较空白对照增产(%)	210.56	214.29	214.29	/	205.59	/	210.56	/
(6)	中稻	稻谷产量(t/hm ²)	8.40	8.65	9.15	/	8.10	/	8.75	6.00
		差异显著性	bcBC	bABC	aA	/	cC	/	abAB	dD
		较空白对照增产(%)	40.00	44.17	52.50	/	35.00	/	45.83	/
(8)	晚稻	稻谷产量(t/hm ²)	/	6.71	6.80	6.96	/	6.88	6.85	6.54
		差异显著性	/	cC	bBC	aA	/	abAB	bAB	dD
		较空白对照增产(%)	/	2.60	3.98	6.42	/	5.20	4.74	/

鉴于试验(4)中施药偏迟,稻纵卷叶螟为害严重,易对稻谷产量造成较大损失,中稻试验(6)将施药时间提前到稻纵卷叶螟盛蛾期,结果试验后期空白对照区受害程度有所下降,卷叶率为 19.05%,对稻谷产量的影响比试验(4)明显降低;再者所选品种为高产型超级杂交中稻组合——两优 293,因此空白对照区的稻谷产量为 6.00 t/hm²。40% Virtako WG 每公顷用 48.0 g 处理的稻谷产量最高,达 9.15 t/hm²,较空白对照增产 52.50%;20% 康宽 SC 每公顷用 30.0 g 处理次之,较对照增产 45.83%;5% 锐劲特 SC 每公顷用 37.5 g 处理较差,仍增产 35.00%。

晚稻试验(8)中 40% Virtako WG 各处理的稻谷产量为 6.71 ~ 6.96 t/hm²,较空白对照仅增产 2.60% ~ 6.42%,说明其增产效果远远低于试验(4)、(6)。归因于本试验所选品种为优质稻——丰优 299,采取抛秧种植模式,水稻植株间隙宽,试验期间稻纵卷叶螟发生轻;药后 31 d 空白对照区的卷叶率为 11.95%,与试验(6)药后 18 d 的空白对照区接近,但远低于试验(4)药后 21 d 对应区,因此稻纵卷叶螟的危害对空白对照区稻谷产量的影响不大。

3 结论与讨论

3.1 40% Virtako WG 能有效防控不同代数、不同发生期的稻纵卷叶螟,控“2 代”压“4 代”作用显著 稻纵卷叶螟发生与为害程度不仅与气候因素(如降雨量、台风等)和环境条件(如田间温湿度等)有关,还与水稻生育期及品种的抗性水平存在相关性^[5-7]。本试验所选早、中、晚稻品种不一,其中超级杂交稻受稻纵卷叶螟危害重,可能与其叶片宽大有关^[8];在稻纵卷叶螟 1 代蛾峰期及 3 代低龄幼虫盛期施用 1 次 40% Virtako WG 48.0 ~ 50.0 g/hm² 后,其速效性较好、持效期长并能有效控制高

龄幼虫的危害,且控“2 代”压“4 代”作用显著。

3.2 40% Virtako WG 增产效果明显 田间测产结果显示:在水稻不同生育期施用 1 次 40% Virtako WG 后,该处理区的稻谷产量较空白对照区明显增加,增幅为 2.60% ~ 214.29%。由于本试验仅对 2008 年早、中、晚稻部分试验进行了测产,因此其增产作用还有待于进一步验证。

3.3 40% Virtako WG 可兼治水稻稻飞虱与二化螟 试验期间观察发现,40% Virtako WG 具有广谱性,对田间同时发生或后续发生的水稻其它主要害虫(如稻飞虱、二化螟)表现出较好的兼治作用和较长的持效期。

参考文献:

- [1] 肖晓华. 稻纵卷叶螟大发生原因分析及综合防治策略[J]. 湖南农业科学, 2008, (1): 79 ~ 81.
- [2] 张瑞平, 张建军, 王伟, 等. 不同药剂防治稻纵卷叶螟高龄幼虫的效果[J]. 江苏农业科学, 2006, (6): 168 ~ 169.
- [3] 唐振华, 陶黎明. 新型二酰胺类杀虫剂对鱼尼丁受体作用的分子机理[J]. 昆虫学报, 2008, 51(6): 646 ~ 651.
- [4] 肖利锋. 外来入侵生物——B 型烟粉虱对噻虫嗪抗性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2004.
- [5] 吕锡祥. 农业昆虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [6] 刘雨芳, 王锋, 尤民生, 等. 转基因水稻及其杂交后代对稻纵卷叶螟的田间抗性检测[J]. 中国农业科学, 2005, 38(4): 725 ~ 729.
- [7] 李羽仁, 胡奇勇, 郑宇, 等. 表达 CpTI 或 CpTI + 基因水稻对鳞翅目害虫抗性的田间评价[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2005, 34(2): 181 ~ 184.
- [8] 刘雨芬. 转 Bt 基因抗虫水稻的研究进展与生态安全评价[J]. 生命科学研究, 2004, (4): 294 ~ 299.

(上接第 95 页)

参考文献:

- [1] Srinivasan C, Souza T M, Boominathan K, et al. Demonstration of laccase in the white rot basidiomycete *phanerochaete chrysosporium* BK M - F1767[J]. Appl. Environ. Microbiol., 1995, 61(12): 4274 ~ 4277.
- [2] Bumpus J A, Tien M, Wright D, et al. Oxidation of persistent environmental pollutant by a white rot fungus[J]. Science, 1985, 228: 1434 ~ 1436.
- [3] 李慧蓉. 白腐真菌生物学和生物技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [4] 王宜磊. 侧耳液体培养特性及胞外酶活性研究[J]. 中国食用菌, 2000, 19(4): 33 ~ 35.
- [5] 谢君, 任路, 李维, 等. 白腐菌液体培养产生木质纤维素降解酶的研究[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2000, 37(增): 161 ~ 166.
- [6] 董旭杰, 曹福祥, 陈静, 等. 3 种白腐菌木质素降解酶的比较[J]. 中南林业科技大学学报(自然科学版), 2007, 27(3): 131 ~ 135.
- [7] 钞亚鹏, 叶军, 钱士钧. 担子菌组成型漆酶产生特性的研究[J]. 微生物学报, 2000, 40: 628 ~ 632.
- [8] 刘尚旭, 董佳里, 张义正. 糙皮侧耳木质素降解酶的比较研究[J]. 四川大学学报, 2000, 37(4): 5944 ~ 5980.
- [9] Palmieri G., Giardina P., Bianco C., et al. Copper induction of laccase isoenzymes in the ligninolytic fungus *Pleurotus ostreatus* [J]. Appl. Environ. Microbiol., 2000, 66: 920 ~ 924.
- [10] Baldrian P., Gabriel J. Copper and cadmium increase lactase activity in *Pleurotus ostreatus* [J]. FEMS Microbiology Letters, 2002, 206: 69 ~ 74.