

水稻品种间栽防治水稻白叶枯病研究

廖 林¹, 白学慧¹, 姬广海¹, 何月秋¹, 李勇成²

(1 云南省植物病理重点实验室, 云南农业大学 植物保护学院, 云南 昆明 650201;

2 云南省红河州农业科学研究所, 云南 蒙自 662000)

摘要: 选用 4 个籼型(杂交)水稻品种和 1 个地方糯稻品种, 以不同品种组合及按不同行比种植进行田间控制水稻白叶枯病研究。结果表明, 糯稻与籼型水稻品种间栽可有效地减轻水稻白叶枯病发生率和严重度, 不同品种组合防病效果不同, 混合间栽组合中黄壳糯效果较好, 与其净栽模式相比, 2005 和 2006 年在糯稻品种上白叶枯病的最高防效分别达 52.0% 和 86.4%, 在主栽籼稻品种上白叶枯病的最高防效分别为 59.3% 和 66.6%; 以黄壳糯作为间栽品种时, 可有效降低病害传播距离, 与净栽相比, 间栽种植水稻白叶枯病传播距离降低了 21.8% ~ 59.2%; 同一品种组合、不同行比的间栽模式防治水稻白叶枯病效果不同, 混合间栽的主栽品种和间栽品种之间存在着一定的配比关系, 其中以主栽品种与间栽品种按 6:1 行比种植, 对病害的控制效果最好。

关键词: 水稻; 品种间栽; 白叶枯病; 防治

中图分类号: S435.111

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2008)04-0042-06

Control of Bacterial Blight of Rice by Using Rice Varieties Mixed-Planting

LIAO Lin¹, BAI Xue-hui¹, JI Guang-hai, HE Yue-qiu¹, LI Yong-cheng²

(1 The Key Laboratory for Plant Pathology of Yunnan Province, College of Plant Protection,

Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2 Institute of Agricultural Science Research of Honghe Prefecture of Yunnan Province, Mengzhi 662000, China)

Abstract: Field experiments of the mixed-and pure-planting of five rice varieties, representing four indica or hybrid varieties and one glutinous rice variety, were conducted to determine the effects of different rice varieties planting combinations and their deployment mode on controlling bacterial blight (BB) of rice. The results demonstrated that mixed-planting of glutinous and indica rice varieties had a greater effect on reducing the incidence and severity of rice BB than the pure-planting of these varieties, particularly for glutinous cv. Huangkenuo, with maximum control efficiencies of 52% and 86.4%, while 59.3% and 66.6% on indica rice varieties in mixed-planting compared with their pure-planting in 2005 and 2006, respectively. Meanwhile, different planting combinations of rice varieties showed a different control efficiency against the rice BB. The distance of the rice BB progressed in different mixed-planting plots was reduced by 21.8% - 59.2% compared with the pure-planting plots. It was showed that the ratio between glutinous and *indica* rice variety cultured in mixed-planting plots also affected the control efficiency against the rice BB, the best ratio for cultivation between glutinous and indica rice cultivar was 1 row: 6 rows, which would provide the best control efficiency for rice BB.

Key words: rice; varieties mixed-planting; bacterial blight; control

收稿日期: 2007-12-03

作者简介: 廖 林(1982—), 男, 硕士研究生; 通讯作者: 姬广海(1970—), 男, 副教授, 博士, E-mail: jghai001@sina.com

基金项目: 国家自然科学基金(30760139); 农业行业科研专项经费项目(nyhxzx07-056)

水稻白叶枯病 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* 是水稻三大病害之一,在我国每年均有不同程度的发生,给水稻造成严重损失。高投入、高产出的生产模式提高了粮食产量^[1]。但是大面积种植遗传单一的水稻品种,不仅降低了稻田生态系统的多样性,还导致水稻品种抗性的降低而造成病害流行^[2-4]。利用品种间栽组合控制植物细菌病害,国内外研究甚少, Kousik 等^[5]成功地利用辣椒抗病品种和感病混栽控制由 *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* 引起的细菌性斑点病,与净栽相比,感病品种间栽模式下,病害减轻 44%,棋盘式模式控病效果更好。Ahmed 等^[6]采用同样的方法,通过品种混栽技术控制水稻白叶枯病,结果证明感病品种与抗病品种混栽,病情显著低于净栽。本试验从水稻品种遗传多样性与病

原菌群体遗传多样性的相互关系出发,研究了不同品种混合间栽对水稻白叶枯病的控制效果,以探索水稻品种混合间栽模式与水稻白叶枯病害流行的相互关系,为防治水稻白叶枯病提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种

4 个籼稻品种:滇屯 502(A)、云恢 290(B)、红优 6 号(C)和 II 优 725(D);1 个糯稻品种:黄壳糯(E)。根据水稻品种多样性优化种植的要求,选择遗传背景差异较大的品种混栽,以当地的高产矮秆籼型水稻品种为主栽品种,以糯稻等高秆品种为间栽品种,高秆品种比矮秆品种高 11.9 ~ 54.8 cm,成熟期前后不超过 10 d,供试材料的农艺性状见表 1。

表 1 供试品种及主要农艺性状
Tab. 1 The rice varieties and their agronomical traits

品种 variety	类型 type	抗性 ¹⁾ resistance	生育期 bearing period/d	株高 height/cm	穗长 spike length/cm	千粒质量 1000-grain mass/g
滇屯 502 Diantun502(A)	籼稻	R	166	82.10	23.60	32.10
云恢 290 Yunhui290(B)	籼稻	R	170	88.80	24.90	26.90
红优 6 号 Hongyou6(C)	籼稻	R	166	115.00	27.50	28.00
II 优 725 II You725(D)	籼稻	S	171	85.50	22.40	28.70
黄壳糯 Huangkenuo(E)	糯稻	S	171	136.90	24.00	28.00

1) 对水稻白叶枯病的抗性, R 指抗, S 指感染

1.2 混合间栽品种组合与种植模式

1.2.1 2005 年水稻试验组合与种植模式 设 4 个混合间栽处理,以黄壳糯为间栽品种,主栽品种分别为 4 个籼稻品种,种植模式按主栽品种 4 行、间栽品种 1 行进行间栽种植,同时设 5 个水稻品种净栽作对照。试验地点安排在云南红河州蒙自县水稻田。

1.2.2 2006 年水稻试验组合与种植模式 以不同品种按不同比例混合间栽:AE(4:1)、EA(4:1)、DE(4:1)、ED(4:1)、AE(6:1)、DE(6:1)、AE(8:1)、DE(8:1),3 个不同品种净栽处理分别为 A、D、E。试验地点在云南红河州蒙自县水稻田。

1.2.3 小区设置和处理 每个小区面积为 20 m²,行距与株距按当地常规栽培方式进行。每个小区 3 个重复,按随机区组排列,当水稻处于孕穗期时,采用人工接种诱发水稻白叶枯病发生和流行,供试菌株选用强致病性菌株 X6(采集于云南省红河州开远市卧龙谷,经分子聚类分析,鉴定为 5 号生理小种^[7])。接种前 3 d 活化,移植到 NA 液体培养基上振荡培养 36 h(菌悬液浓度为 3 × 10⁸ ~ 6 × 10⁸ CFU/mL),于孕穗期采用剪叶法接种,每个品种选取

上部平展叶约 10 片,剪去叶长为总叶长的 1/10。接种在 4 h 之内完成^[8]。接种位置位于每个小区的右下角相同的位置(第 1 行间栽品种或第 1 行主栽品种),接种 10 ~ 15 片叶(根据风向、温度、湿度以及水稻同一生育期各生境点之间的生态位功能指数存在差异^[9]等理论决定接种位置)。

1.3 病情调查记载、分级标准及计算方法

接种 14 ~ 21 d 后调查记载。参照方中达^[8]的方法调查病斑长度,并计算以下参数:

病叶率 = (调查的发病叶片数/调查的总叶片数) × 100%;

病情指数 = Σ (各级发病数 × 各级损失率)/(调查总数 × 最高损失率);

防治效果 = (品种净栽的病情指数 - 品种间栽的病指指数)/品种净栽的病情指数 × 100%;

2006 年的人工接种试验田间调查以小区为单位,每个小区调查以距离接种位点的主栽品种第 4 行为调查目标,间栽品种以接种点为调查目标。

统计分析采用 SAS V9.0 数据统计分析软件 ANOVA 程序进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种组合对水稻白叶枯病的防治效果

对2005年蒙自试验田各个试验小区数据进行统计分析,结果(表2)表明,不同籼稻品种与黄壳糯混合间栽模式与净栽模式相比,水稻白叶枯病病情指数、病叶率(滇屯502除外)都有所降低;同时从病

害防效可以看出,在黄壳糯为间栽品种的各混合间栽模式中以云恢290为主栽品种的防效最佳,为59.38%,但其间栽品种黄壳糯的病情指数和病叶率都相对较高,分别为26.81、84.05%;而滇屯502/黄壳糯的混合间栽模式,其间栽品种黄壳糯的病情指数和病叶率却相对较低,分别为22.85和77.12%,防效高达52.00%。

表2 2005年蒙自县水稻田间试验白叶枯病平均病害结果¹⁾

Tab.2 Efficacy of variety combination in controlling rice bacterial blight in field in Mengzi County, 2005

处理 ²⁾ treatment	调查品种 variety	病叶率 disease incidence/%	病情指数 disease index/%	防效 control efficacy/%
云恢290/黄壳糯	云恢290	39.78G	9.83F	59.38A
Yunhui290/Huangkenuo	黄壳糯	84.05BC	26.81CD	43.68B
滇屯502/黄壳糯	滇屯502	83.68BC	25.62CD	0.00C
Diantun502/Huangkenuo	黄壳糯	77.12CD	22.85D	52.00D
红优6号/黄壳糯	红优6号	53.68F	13.69EF	12.24E
Hongyou6/Huangkenuo	黄壳糯	78.08C	24.78CD	47.94F
Ⅱ优725/黄壳糯	Ⅱ优725	80.26C	28.31C	39.89G
ⅡYou725/Huangkenuo	黄壳糯	91.03AB	33.57B	29.48H
云恢290 Yunhui290	云恢290	77.50CD	24.20D	
滇屯502 Diantun502	滇屯502	69.10DE	16.00E	
红优6号 Hongyou6	红优6号	63.10E	15.60E	
Ⅱ优725 ⅡYou725	Ⅱ优725	89.40AB	47.10A	
黄壳糯 Huangkenuo	黄壳糯	96.30A	47.60A	

1) 同列数据后大写字母不同者表示处理间达0.01极显著差异(LSD法); 2) 混合间栽或净栽

2006年的试验结果(表3)表明,混合间栽模式与净栽模式相比,主栽品种与间栽品种的病情指数、病叶率都有所降低,特别是以滇屯502为主栽品种,以黄壳糯为间栽品种的混合间栽模式,防效更为明显。从模式的配比可以看出,防效不是随着主栽与间栽的比例增大而增加,而是以一定的比例配置的效果最佳,即主栽水稻品种与间栽品种按行比为6:1的配比模式防效最好。例如滇屯502/黄壳糯(6:1)模式,主栽品种滇屯502的病情指数和病叶率分别为4.43、28.30%;净栽滇屯502模式的病情指数和病叶率分别为10.60和54.70%,分别下降了6.17和26.4%;间栽品种黄壳糯的病情指数和病叶率分别为3.97和24.60%,净栽黄壳糯模式的病情指数和病叶率分别为29.20和84.80%,分别降低了25.2和60.2%。从防效数据可以看出,其主栽品种滇屯502和间栽品种黄壳糯的防效分别为58.20%和86.40%,都达到了比较好的防病效果。

从平均传播距离可以看出,滇屯502/黄壳糯(4:1)模式、滇屯502/黄壳糯(6:1)模式和滇屯502/黄壳糯(8:1)模式的平均传播距离明显低于其

他混合间栽模式的平均传播距离,分别为66.00、51.60和50.00,与净栽模式相比,缩短的传播距离比例分别为48.0%、59.2%和60.5%;但是,滇屯502/黄壳糯(4:1)模式和滇屯502/黄壳糯(8:1)模式,对水稻白叶枯病的控制效果低于滇屯502/黄壳糯(6:1)模式。

2.2 不同种植模式对水稻白叶枯病的防治效果及对病害流行的影响

从表4可知,滇屯502/黄壳糯(6:1)间栽组合中,无论是主栽品种滇屯502还是间栽品种黄壳糯与净栽滇屯502、黄壳糯模式相比,其病情指数分别为4.43、3.97和10.6、29.2,其病叶率分别为28.3%、24.6%和54.7%、84.4%,都达到了显著差异水平($P < 0.05$)。然而,Ⅱ优725/黄壳糯(6:1)间栽模式中,只有间栽品种黄壳糯的病情指数,与黄壳糯净栽时的病情指数差异达显著水平($P < 0.05$),分别为12.3和29.2;但在黄壳糯/滇屯502按4:1间栽种植时,黄壳糯上的病情指数、病叶率,与黄壳糯净栽相比,都达不到显著水平($P > 0.05$)。滇屯502/黄壳糯(8:1)混合间栽模式与净栽模式相比,其主栽

表3 2006年蒙自县不同水稻品种组合对水稻白叶枯病的防治¹⁾

Tab.3 Efficacy of variety combination in controlling rice bacterial blight in field in Mengzi County, 2006

品种组合 ²⁾	调查品种	病情指数	平均病叶率	防效	传播距离 ³⁾	缩短的传播距离比例
varietal combinaton	variety	disease index	disease incidence/%	control efficacy/%	distance/cm	percentage ^{2),4)} /%
AE(4:1)	滇屯 502	11.20DEFG	49.90BCDEF	0.00M	66.00	48.00C
	黄壳糯	17.40CDEFG	53.06ABCDEF	39.50G		
EA(4:1)	黄壳糯	22.70BCDE	79.00ABC	22.30L	160.00	6.30H
	滇屯 502	6.10FG	39.30DEFG	42.50F		
DE(4:1)	Ⅱ优 725	27.30BCD	63.10ABCDEF	40.40G	133.30	21.80E
	黄壳糯	19.60CDEFG	64.30ABCDEF	32.90H		
ED(4:1)	黄壳糯	20.70CDEF	70.70ABCD	29.10I	150.00	12.20F
	Ⅱ优 725	5.57FG	31.27EFG	87.80A		
AE(6:1)	滇屯 502	4.43G	28.30FG	58.20B	51.60	59.20B
	黄壳糯	3.97G	24.60G	86.40D		
DE(6:1)	Ⅱ优 725(D)	15.30CDEFG	50.00BCDEF	66.60C	116.60	31.40D
	黄壳糯	12.30DEFG	47.00CDEFG	57.90K		
AE(8:1)	滇屯 502	3.70G	22.10G	65.00E	50.00	60.50A
	黄壳糯	21.80CDEF	70.00ABCD	25.30J		
DE(8:1)	Ⅱ优 725	38.10AB	66.50ABCDE	53.00K	153.30	9.80G
	黄壳糯	21.50CDEF	67.00ABCDE	26.40J		
A	滇屯 502	10.60EFG	54.70ABCDEF	126.60		
D	Ⅱ优 725	45.80A	89.40A	170.00		
E	黄壳糯	29.20BC	84.80AB	170.90		

1) 同一列数据后大写字母不同表示处理间达 0.01 显著差异 (LSD 法); 2) A: 滇屯 502 Diantun 502, B: 云恢 290 Yunhui290, C: 红优 6 号 Hongyou6, D: Ⅱ优 725 Ⅱ You 725, E: 黄壳糯 Huangkenuo, 括号内为主栽品种与间栽品种的行数比; 3) 传播距离测量以接种中心为起点, 以病害传播的最远点为终点, 二者之间的距离为传播距离; 4) 缩短的传播距离比例 = (净栽对照模式的传播距离 - 混栽模式的传播距离) / 净栽对照模式的传播距离 × 100%

表4 不同水稻品种组合的种植模式病害发生的统计分析¹⁾

Tab.4 The disease statistical analysis of different rice varieties combination modles

比较模式 ²⁾	调查品种	病情指数 disease index		P	病叶率 disease incidence/%		P
		I	II		I	II	
AE(4:1) vs. A	滇屯 502	11.20	10.60	0.94	49.90	54.70	0.64
AE(4:1) vs. E	黄壳糯	17.40	29.20	0.09	53.00	84.80	0.13
EA(4:1) vs. E	黄壳糯	22.70	29.20	0.43	79.00	84.80	0.52
EA(4:1) vs. A	滇屯 502	6.10	10.60	0.23	39.30	54.70	0.19
DE(4:1) vs. D	Ⅱ优 725	27.30	45.80	0.15	63.10	89.40	0.13
DE(4:1) vs. E	黄壳糯	19.60	29.20	0.39	64.30	84.80	0.60
ED(4:1) vs. E	黄壳糯	20.70	29.20	0.34	70.70	84.80	0.05
ED(4:1) vs. D	Ⅱ优 725	5.57	45.80	0.15	81.30	89.40	0.03
AE(6:1) vs. A	滇屯 502	4.43	10.60	0.09	28.30	54.70	0.01
AE(6:1) vs. E	黄壳糯	3.97	9.20	0.00	24.60	84.40	0.00
DE(6:1) vs. D	Ⅱ优 725	15.30	45.80	0.03	50.00	89.40	0.24
DE(6:1) vs. E	黄壳糯	12.30	29.20	0.03	47.00	84.80	0.02
AE(8:1) vs. A	滇屯 502	3.70	10.60	0.15	22.10	54.70	0.07
AE(8:1) vs. E	黄壳糯	21.80	29.20	0.19	70.00	84.80	0.15
DE(8:1) vs. D	Ⅱ优 725	38.10	45.80	0.43	66.50	89.40	0.27
DE(8:1) vs. E	黄壳糯	21.50	29.20	0.103	67.00	84.80	0.19

1) I: 间栽 mixed-planting, II: 净栽 pure-planting; 2) 比较模式: 混合间栽 (主栽品种与间栽品种的行数比) vs. 净栽; A: 滇屯 502 Diantun 502, B: 云恢 290 Yunhui290, C: 红优 6 号 Hongyou6, D: Ⅱ优 725 Ⅱ You 725, E: 黄壳糯 Huangkenuo; P = 0.05

和间栽品种都没有达到显著差异水平($P > 0.05$). 其余模式无论是主栽品种还是间栽品种都达不到显著差异水平($P > 0.05$).

3 讨论与结论

3.1 不同水稻品种间栽模式的选择和水稻白叶枯病的控制效果

本研究表明多个水稻品种混合间栽模式, 与其净栽模式相比, 对水稻白叶枯病有较好的控制效果, 病叶率和病情指数都有一定程度的降低, 特别是主栽品种为籼稻或杂交稻, 间栽品种为糯稻(黄壳糯)的混合间栽模式, 对糯稻的病害控制效果更为明显. 本研究还发现, 混合间栽对水稻白叶枯病的控制效果, 不是随着主栽品种和间栽品种的比例的增加而增加, 而是有一定的配比模式, 即主栽品种和间栽品种的配置比例为6:1的效果明显好于其他2种配比模式(4:1和8:1).

Reddy 等^[10]研究发现抗病品种、感病品种混合栽种后显著降低了水稻白叶枯病的严重度, Ahmed 等^[6]研究也证实抗病水稻品系 IRBB5 与感病品系 IRBB4 按1:1混合栽种后, 与其净栽相比, 病程曲线下面积(AUDPC)显著降低, 但2个感病品种 IR-BB4 与 IR-BB10 混栽后病程曲线下面积未降低, 这与两者都对当地白叶枯病菌流行菌株表现感病, 并且两者遗传背景相似程度高有关. 本研究也发现, 以糯稻为间栽品种的前提条件下, 主栽品种为抗白叶枯病品种(滇屯502)的混合间栽模式的控病效果明显好于主栽品种为感白叶枯病品种(Ⅱ优725)的混合间栽模式, 即抗感组合模式好于感感组合模式. 在相同的比例模式下, 主栽品种和间栽品种对换后的混合间栽模式, 对白叶枯病的控制效果都比较差, 例如滇屯502/黄壳糯(4:1)和黄壳糯/滇屯502(4:1)按4:1间作栽培时, 与净栽模式相比, 前者的防病效果、传播距离分别为34%、66 cm; 后者的防病效果、传播距离分别为27%、160 cm. 原因可能是2个品种所占比例不同, 对病菌的稀释效应不同, 影响了病菌侵染和扩展; 另外, 还与黄壳糯品种植株较高, 降低了田间小生境湿度, 延缓了病害传播有关.

3.2 水稻品种间栽对白叶枯病的控制及影响因素

利用遗传背景不同的水稻品种进行混合间栽的模式对水稻白叶枯病的控制有一定的实际生产意义. 本研究混合间栽模式中, 水稻主栽和间栽品种之间的遗传距离及品种搭配、配比比例的选择对水稻

白叶枯病的病害流行、控制效果都有比较明显的影响. 混合间栽的品种在遗传上和抗性指纹上的差异, 使得白叶枯病的特定生理小种在侵染混合间栽的群体之后, 不能迅速传播开来, 这可能是品种多样性控制病害发生、流行的原因^[11-12]. 国内外研究都表明, 混栽对水稻白叶枯病的控制效果低于其他真菌病害, 种内寄主混栽已证实对禾谷类风传病菌引起的病害有降低作用^[13-16], 水稻白叶枯病菌主要由雨水飞溅传播, 这导致病害传播速度快, 增加了病菌自动侵染效率, 降低了混栽防病效果^[17-20]. 另外, 由于白叶枯病病斑面积大, 相对于病斑小的叶面病害, 病菌数量大、侵染传播效率高, 也是造成混栽控制效果不理想的主要原因^[21-22]. 应用水稻品种多样性混合间栽控制水稻白叶病的控病机理、生态效应和最佳搭配组合等还需进一步研究.

参考文献:

- [1] 卢良恕. 当代农业科学技术发展的现状、前景和对策[J]. 科技导报, 1996(2): 41-44.
- [2] BONMAN J M, KGUSH G S, NELSON R J. Breeding rice for resistance to pests[J]. Annual Review of Phytopathology, 1992, 30: 507-508.
- [3] SHIGEHISA K. Genetics and epidemiological modeling of breakdown of plant disease resistance[J]. Annual Review of Phytopathology, 1982, 20: 507-528.
- [4] ZEIGLER R S, LEONG S A, TENG P S. Rice blast disease[M]. Wallingford: CAB International, 1994: 239-308.
- [5] KOUSIK C S, SANDERS D C, RITCHIE D F. Mixed genotypes combined with copper sprays to manage bacterial spot of bell peppers[J]. Phytopathology, 1996, 86: 502-508.
- [6] AHMED H U, FINCKH M R, ALFONSO R F, et al. Epidemiological effect of gene deployment strategies on bacterial blight of rice[J]. Phytopathology, 1997, 87: 66-70.
- [7] 姬广海, 张世光, 钱君, 等. 云南水稻白叶枯病生理小种初析[J]. 植物保护, 2003, 29(1): 19-21.
- [8] 方中达. 植病研究方法[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 1998: 8-13.
- [9] 朱春全. 生态位态势理论与扩充假说[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 324-332.
- [10] REDDY P R, NAYAK P. Progress of bacterial leaf blight disease in mixed population of resistant and susceptible rice cultivars[J]. Acta Phytopathol Acad Sci Hung, 1984, 19: 285-290.
- [11] 卢宝荣, 朱有勇, 王云月. 农作物遗传多样性农家保护的现状及前景[J]. 生物多样性, 2002, 10(4): 409-415.

3 讨论与结论

利用平腹小蜂防治荔枝蜡象,是十分有效的生物防治手段,经过放蜂试验,再次验证了放蜂区寄生率高,基本无荔枝蜡象幼虫为害,而对照区寄生率低,荔枝蜡象卵块多数孵化,幼虫在花穗、幼果上危害极为严重. 本研究结果表明,人工释放平腹小蜂可有效控制荔枝蜡象的为害,这与我国其他地区的应用结果是一致的^[1,5,8-10]. 在有机荔枝生产中,可采用人工释放平腹小蜂的手段控制荔枝蜡象的为害.

试验基地春江生态果园经过5年的有机耕作,园区内完全禁用化学杀虫剂,对害虫的自然天敌有很好的保护作用,也存在着许多种类的捕食性天敌^[6],在此基础上,人工增放平腹小蜂与田间多种天敌的相互作用即可以把荔枝蜡象自然种群的数量控制在为害水平以下. 有机耕作对利用生物防治手段控制害虫将更为有利. 而如何充分发挥田间自然天敌的作用,与人工放蜂相辅相承,以减少人工放蜂的次数和放蜂量,降低生产成本,将有待进一步研究.

参考文献:

[1] 余春仁,潘蓉英. 利用平腹小蜂防治荔枝蜡若干技术问题

题探讨[J]. 福建农业大学学报, 1997, 26(4): 441-445.

- [2] 蒲蛰龙. 害虫生物防治的原理和方法[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [3] 蒲蛰龙. 利用平腹小蜂防治荔枝蜡象[M]//蒲蛰龙. 蒲蛰龙选集. 广州: 中山大学出版社, 1992: 135-169.
- [4] 黄明度, 麦秀慧, 吴伟南. 荔蜡卵寄生蜂——平腹小蜂的生物学及其应用研究[J]. 昆虫学报, 1974, 17(4): 362-375.
- [5] 刘建峰, 刘志诚, 王春夏, 等. 大量繁殖平腹小蜂防治荔枝蜡象的研究[J]. 昆虫天敌, 1995, 17(4): 177-179.
- [6] 冼继东, 陈伟琪, 吴振其. 有机荔枝园区生物多样性初步研究[J]. 广东农业科学, 2006(3): 87-89.
- [7] 庞雄飞, 梁广文. 害虫种群系统控制[M]. 广州: 广东科技出版社, 1995: 22-24.
- [8] 刘雨芳, 古德祥. 荔蜡卵平腹小蜂对寄主的搜索行为[J]. 中国生物防治, 2000, 16(1): 1-4.
- [9] 何金祥, 郭伦发, 唐峰, 等. 平腹小蜂防治荔枝蜡象试验研究[J]. 广西植物, 2001, 21(2): 163-165.
- [10] 韩诗畴, 刘文惠, 刘巧贤. 香港地区释放荔蜡卵平腹小蜂防治荔枝蜡[J]. 中国生物防治, 1999, 15(2): 54-56.

【责任编辑 周志红】

(上接第46页)

- [12] 卢宝荣. 稻种遗传资源多样性的开发利用和保护[J]. 生物多样性, 1998, 6(1): 63-72.
- [13] BROWNING J A, FREY K J. Multiline cultivars as a means of disease control[J]. Annu Rev Phytopathol, 1969, 7: 355-382.
- [14] FIBCKH M R, MUNDT C C. Plant competition and disease in genetically diverse wheat populations[J]. Oecologia, 1992, 91: 82-92.
- [15] MUNDT C C, BROWNING J A. Genetic diversity and cereal rust management[M]//ROELFS A P, BUSHNELL W R. The cereal rusts: Vol. 2. Orlando: Academic Press, 1985: 527-560.
- [16] WOLFE M S. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance[J]. Annu Rev Phytopathol, 1985, 23: 251-273.
- [17] FITT B D L, McARTHEY H A. Spore dispersal in relation to epidemic models[M]//LEONARD K J, FRY W E. Plant disease epidemiology: Vol. 1. New York: Macmillan Publishing, 1986: 311-345.
- [18] FITT B D L, McCARTNEY H A, WALKLATE P J. The role of rain in dispersal of pathogen inoculum[J]. Annu Rev Phytopathol, 1989, 27: 241.
- [19] MADDEN L V. Rainfall and the dispersal of fungal spores[J]. Adv Plant Pathol, 1992, 8: 39-79.
- [20] MUNDT C C, LEONARD K J. Analysis of factors affecting disease increase and spread in mixtures of immune and susceptible plants in computer-simulated epidemics[J]. Phytopathology, 1986, 76: 832-840.
- [21] LANNOU C, de VALLAVIEILLE-POPE C, BIASS C, et al. The efficacy of mixtures of susceptible and resistant hosts to two wheat rusts of different lesion size: Controlled condition experiments and computerized simulations[J]. Phytopathol, 1994, 140: 227-237.
- [22] LANNOU C, de VALLAVIEILLE-POPE C, GOYEAU H. Host mixture efficacy in disease control: Effects of lesion growth analyzed through computer-simulated epidemics[J]. Plant Pathol, 1994, 43: 651-662.

【责任编辑 周志红】