

# 飞虱虫病霉继发性感染对桃蚜数量增长的控制作用\*

冯明光\*\* 徐均焕 (浙江大学微生物研究所, 杭州 310029)

**【摘要】**用飞虱虫病霉(*Pandora delphacis*)“孢子浴”接种的桃蚜(*Myzus persicae*)无翅成蚜在离体甘蓝菜叶片(65cm<sup>2</sup>)上建立蚜群, 在不同温度(10~30℃)和湿度(74%~100% RH)的组合条件下任其繁衍、发病和交互感染, 以评价该菌的控蚜效果。在25个温、湿度组合处理(8次重复, 每重复含3头接种成蚜)中, 蚜群均不同程度的发病死亡。在历时30d的观察中, 以高温(20~30℃)、高湿(95% RH)组合条件下的蚜群发病快且死亡率高, 蚜尸上产生的孢子有效地引起若蚜继发性感染。与相同温度下不带菌的对照蚜群相比, 30℃下所有湿度的控蚜效果均最佳: 第4d达60%以上, 第16d达100%。在20℃和25℃下的控蚜效果仅次于30℃下, 各湿度除个别例外, 第8d的控蚜率达30%以上, 第20d达80%以上。在10℃和15℃下, 控蚜效果一般不如上述较高温度下, 且与湿度的关联程度相对较低, 但最大控蚜效果均发生在100% RH处理中。结果表明, 飞虱虫病霉用于蚜虫防治的潜力很大, 值得深入研究和开发利用。

**关键词** 飞虱虫病霉 桃蚜 继发性感染 蚜病流行 温湿度

文章编号 1001- 9332(2002) - 1433- 04 中图分类号 Q968 文献标识码 A

**Role of contagious infection of *Pandora delphacis* in suppression of *Myzus persicae* colonies.** FENG Ming-guang, XU Junhuan (Research Institute of Microbiology, Zhejiang University, Hangzhou 310029). - Chin. J. Appl. Ecol., 2002, 13(11): 1433~ 1436.

The colonies of green peach aphid, *Myzus persicae*, on detached cabbage leaves (8 replicates) were initiated with each including 3 apterous exposed to 'spore shower' of the entomophytic fungus, *Pandora delphacis*, to evaluate its potential for aphid control. The colonies were then allowed to freely propagate and infect from one to another for mycosis development at different regimes of temperature (10~30℃) and relative humidity (74~100% RH). During a period of 30 day observation, aphid mycosis developed much more rapidly at the regimes of higher temperature (20~30℃) and humidity ( $\geq 95\%$  RH), at which, nymphs were effectively infected by contacting the conidia discharged from apterous cadavers. The efficacy of *P. delphacis* for control of *M. persicae* was easily visible at all regimes considered, despite variation in mycosis caused mortality. Compared to the increase of *M. persicae* colony not contaminated with the fungal agent, the efficacy of control at all humidity regimes of 30℃ was the best, and it could be > 60% on day 4, and 100% on day 16. Secondary to the best, the increase of colony size at 20 and 25℃ was controlled by > 30% on day 8, and > 80% on day 20 at all the humidity regimes with occasional exceptions. The efficacy of control at 10 and 15℃ was usually inferior to those at higher temperatures, but to less degree associated with relative humidity. These results indicate that *P. delphacis* was of high potential for aphid control, deserving further study for practical utilization.

**Key words** *Pandora delphacis*, *Myzus persicae*, Contagious infection, Aphid mycosis, Temperature and relative humidity.

## 1 引言

桃蚜(*Myzus persicae*)是世界性分布的刺吸式口器害虫, 危害多种农业和经济作物, 在我国主要危害十字花科蔬菜<sup>[5]</sup>。由于孤雌胎生和世代历期短等特殊的生态对策, 蚜虫化学防治抗药性农药残留问题特别突出。因此, 利用昆虫病原微生物控制蚜害一直是国际生物防治领域的研究热点<sup>[1, 6]</sup>。在我国长江中下游地区, 桃蚜的主要病原微生物是虫霉, 如新蚜虫病霉(*Pandora neocaphidis*)和安徽虫瘟霉(*Zoophthora anhuiensis*)等, 常诱发田间蚜虫种群的流行病, 在蚜虫的自然控制中起着十分重要作用<sup>[1]</sup>。

飞虱虫病霉(*Pandora delphacis*)是飞虱和叶蝉

等刺吸式口器害虫的重要病原真菌。最近的研究证明该菌对桃蚜表现很强的毒力<sup>[8]</sup>, 因具有快速杀蚜的特性而倍受研究者重视<sup>[9~11]</sup>。由虫霉感染致死的蚜尸, 在适宜环境尤其高湿条件下, 体内的菌丝体自体表长出分生孢子梗, 由此产生并向周围主动弹射分生孢子, 在蚜虫种群中传播并引发流行病<sup>[2]</sup>。虫霉感染蚜虫后一般要经历3~5d的潜伏期才将寄主杀死<sup>[8]</sup>。被感染的成蚜在潜伏期内还能继续产生若蚜, 成蚜死亡后所产生的孢子可弹射到子代若蚜上引起新的感染, 即继发性感染<sup>[4, 10]</sup>。目前国内外的研究报道均未涉及虫霉在寄主种群中的继发性感染

\* 国家杰出青年科学基金(39525004)和国家自然科学基金资助项目(39870513)。

\*\* 通讯联系人。

2001- 05- 09 收稿, 2001- 10- 29 接受。

在多大程度上促发流行病的爆发并控制寄主种群的增长。本研究通过揭示飞虱虫病霉诱发桃蚜流行病的最适环境条件,评价流行病对桃蚜种群增长的控制作用,为利用该菌开展蚜虫的生物防治提供依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 菌株来源与接种体制备

实验用飞虱虫病霉菌株 F98401,自杭州稻田自然病死的白背飞虱(*Sogatella furcifera*)中分离纯化而得。菌种保存、复苏及接种体(即产孢菌丝平板)的制备方法参见文献<sup>[8]</sup>,产孢菌丝平板直径90mm。

### 2.2 虫源

供试桃蚜在室内(20~24℃,L12 D12)条件下饲养于盆栽京丰1号甘蓝植株,从中选健壮无翅成蚜移入大号培养皿(Ø150 mm)内的离体甘蓝叶片上,任其繁殖24h后移除,留下所产若蚜继续饲养7d后接种。

### 2.3 蚜虫接种

上述7日龄桃蚜(大多完成最后一次蜕皮)经“孢子浴”方法<sup>[8]</sup>接种,接种剂量为112个孢子·mm<sup>-2</sup>,这个剂量大大超过该菌对桃蚜的半致死剂量<sup>[8]</sup>。

### 2.4 试验设计

接种后的7日龄桃蚜每3头为1组,分别移至有效面积为65cm<sup>2</sup>的离体甘蓝叶片上,再将叶片放入直径94mm、高20mm的柱状盒中,任其繁殖、发病和相互感染。盒的上下均用网纱(200目)罩住,使气流通畅,便于精确控制盒内相对湿度。为使甘蓝叶维持较长时间,所用甘蓝叶片先在叶柄基部用1000mg·kg<sup>-1</sup>萘乙酸处理30min,待叶柄产生不定根后,用吸足Hoagland Snyder营养液<sup>[7]</sup>(另加链霉素20U·mL<sup>-1</sup>)的棉球包裹叶柄基部。在棉球外用保鲜塑料膜包裹,以免营养液损失及水份蒸发影响实验中的湿度控制。叶柄基部几天后可产生大量的不定根,通过每天补充营养液可使叶片维持蚜群繁衍约30 d。

温度和相对湿度的控制通过对常规生长培养箱(广东省医疗器械厂)改装而成,可同时控制温度、光照和相对湿度。本实验设置5种温度(10℃、15℃、20℃、25℃和30℃)和相对湿度(74%、85%、90%、95%和100% RH),共25个温、湿度组合,光照均为L12:D12。相对湿度的控制采用改进的控湿装置,该装置包括微型气泵、3个试剂瓶串连而成的三联体和1个用有机玻璃制成的可置放供试目标物的生长箱(135×135×185mm)组成。相对湿度的控制通过调节不同浓度的甘油溶液获得,即用59.8%的甘油获得74% RH,40%甘油获得85% RH,31.4%甘油获得90% RH,18.8%甘油获得95% RH,用双蒸水获得100% RH。甘油溶液控制湿度在不同温度下的稳定性较好。

每种温湿组合处理设8次重复(8个试盒),并以不接种的相同日龄和数量的桃蚜作为对照,逐日记载各试盒内染病死亡蚜数和活蚜数(包括接种成蚜所产的若蚜数),连续观察30 d。各温湿组合下飞虱虫病霉对蚜群感染率及相对控制

效果分别计算如下:

$$\text{蚜群感染率}(\%) = \frac{\text{蚜群累计死亡率} - \text{对照累计死亡率}}{1 - \text{对照累计死亡率}} \times 100; \text{相对控制效果}(\%) = \frac{\text{对照虫量} - \text{处理虫量}}{\text{对照虫量}} \times 100.$$

## 3 结果与分析

### 3.1 接种蚜的发病

经飞虱虫病霉“孢子浴”接种的桃蚜成蚜,在不同温湿度条件下均相继发病死亡。总体上,低温及低湿下发病较迟,死亡数较少。高温、高湿下发病较快,死亡数较多。在10℃下第6d才出现蚜尸,不同湿度下第8d的累计死亡率为0%~13%;15℃下蚜尸始见于第4d,不同湿度下的累计死亡率为7%~18%。在20℃、25℃和30℃与各湿度的组合中,接种成蚜的累计死亡率较高,分别为17%~62%,71%~89%和96%~100%,蚜尸分别始见于第3d、第2d和第1d。观察发现,发病死亡的蚜尸均能弹射出分生孢子,但以高湿条件下蚜尸弹射孢子较多。

### 3.2 病害在蚜群中的传染

图1给出由飞虱虫病霉接种成蚜组成的蚜群在不同温、湿度条件下的活蚜数量动态。由于该菌潜伏期的存在<sup>[8]</sup>,接种成蚜一般当天便开始产生若蚜,由此开始蚜群的大小因温、湿度组合的不同和发病程度的差异而呈现不同的变化趋势。各温度下的对照蚜群(由相同数量的不接种成蚜组成)均远大于带菌蚜群,后者的变化趋势也明显因温、湿度组合的不同而异。在10~15℃下,活蚜数量一直呈缓慢增长趋势,其程度在不同湿度间明显存在差异,高湿度下平缓,低湿度下增长势头明显,但均远低于对照蚜群的数量。在20~30℃下,带菌蚜群一般先表现为增长,然后在数量上呈振荡递降的趋势,其开始递降的时间因温度的不同而异。

逐日观察记录表明,带菌蚜群的活蚜数量在各温湿组合条件下大大低于相同温度下的对照蚜群,并呈振荡式递降趋势,其主要原因在于飞虱虫病霉诱发的蚜病的发生时间及其流行程度方面的差异。表1列出各温、湿度组合中带菌蚜群每5d的发病死亡率观察值。由表1可见,病害的发生与传染以30℃下最快,25℃次之,20℃下再次,10℃和15℃下较为缓慢。至蚜群建立的第10d,30℃与各湿度的组合中的发病死亡率高达85%以上(95% RH下已高达95%以上);同期其余温度下仅100% RH诱发了较高的死亡率,如25℃下为76.4%,20℃下为10.7%。随着病害继续在蚜群中漫延,发病死亡率升

高, 其增幅也因温湿组合的不同而差异较大。如各湿度与 25 ℃的组合在第 15d 的发病死亡率为 32%~

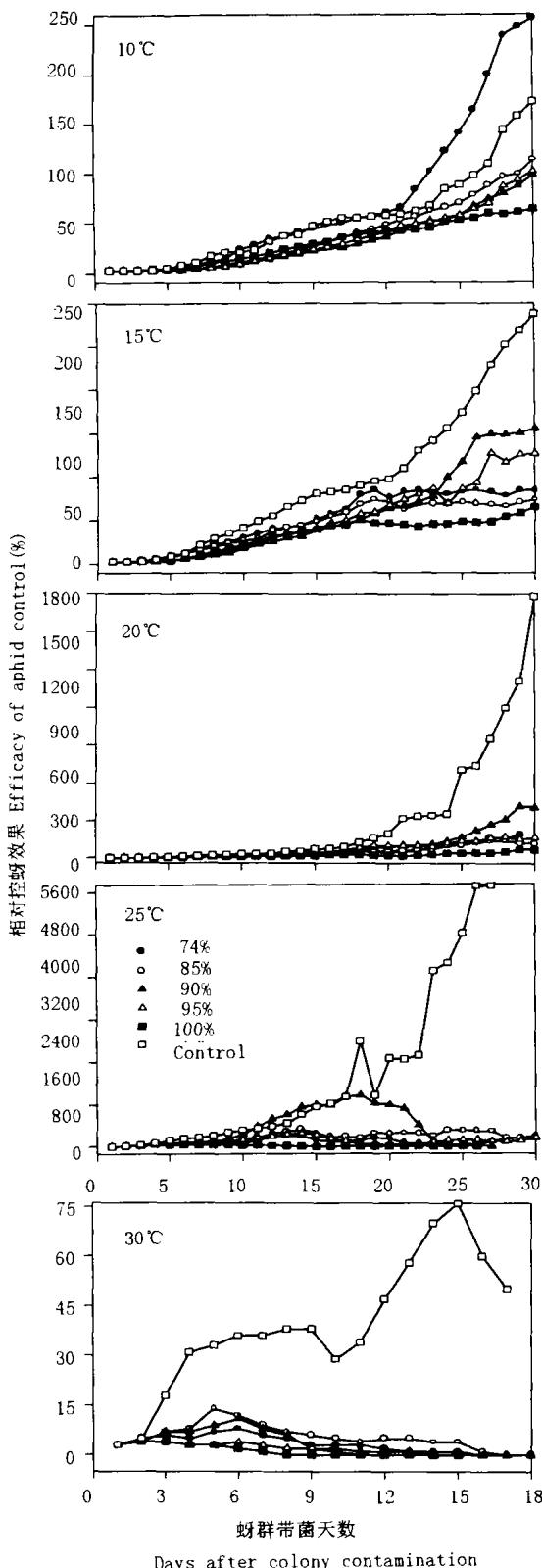


图 1 不同温、湿度条件下飞虱虫病继发性感染对桃蚜数量增长的控制作用  
Fig. 1 Dynamics for the number of living aphids in *Myzus persicae* colonies contaminated with *Pandora delphacis* and not contaminated (control) at different regimes of temperature and relative humidity.

99%, 第 20d 为 68%~99%; 与 20 ℃的组合在第 20d 为 11%~48%, 第 25d 为 15%~69%; 与 15 ℃的组合在第 20 d 为 4%~37%, 第 30 d 为 9%~50%; 与 10 ℃的组合在第 20 d 为 2%~9%, 第 30 d 为 2%~21%。这些结果说明, 高温高湿有利于飞虱虫病继发性感染在蚜群中的扩散传播和流行病的形成。

### 3.3 控蚜效果

与对照相比, 在不同温湿度条件下飞虱虫病继发性感染对蚜群增长的相对控制效果见图 2。除个别处理在前期某些时段的活蚜数高于对照外, 大多温、湿度组合中的相对控蚜效果与对照相比均为正值, 表明各处理中的蚜群增长均受到虫病害的抑制。其中, 30 ℃与各湿度组合的控蚜效果最好, 从第 4d 起蚜群数量即显著低于对照, 达到 60% 以上的控制效果,

表 1 不同温、湿度组合条件下因飞虱虫病继发性感染引起的桃蚜死亡率  
Table 1 Percentage of aphids killed by contagious infection at different regimes of temperature and relative humidity after *P. delphacis* was introduced to *M. persicae* colonies

温度 Temp. ( $^{\circ}$ C)	湿度 RH (%)	发病死亡率 <i>Mycosis</i> -caused mortality (%)					
		Day 5	Day 10	Day 15	Day 20	Day 25	Day 30
10	74	0	0.3 ± 0.8	2.4 ± 4.3	3.0 ± 3.3	3.2 ± 1.5	2.2 ± 1.0
	85	0	1.3 ± 3.5	3.6 ± 3.2	3.0 ± 3.1	3.5 ± 2.1	8.1 ± 7.4
	90	0	2.8 ± 5.5	1.6 ± 3.0	2.5 ± 2.2	6.1 ± 5.4	5.1 ± 2.4
	95	0	0	0.3 ± 0.8	3.6 ± 4.6	6.5 ± 6.0	7.1 ± 5.4
	100	0	7.4 ± 8.7	5.1 ± 4.3	9.1 ± 3.1	14.0 ± 6.9	21.3 ± 7.9
	15	3.2 ± 5.9	1.0 ± 1.3	2.1 ± 2.1	3.7 ± 1.0	7.3 ± 3.8	16.4 ± 1.8
20	74	0	3.9 ± 6.9	12.0 ± 25.4	14.6 ± 23.2	28.9 ± 26.9	45.5 ± 26.7
	85	3.1 ± 8.8	5.4 ± 8.9	3.2 ± 3.8	7.2 ± 5.5	8.0 ± 4.2	9.3 ± 0.7
	90	0	6.3 ± 7.3	4.1 ± 3.3	8.2 ± 5.7	9.7 ± 2.2	21.3 ± 12.4
	95	0	3.4 ± 2.2	10.4 ± 5.6	36.7 ± 26.8	50.6 ± 20.9	49.9 ± 16.2
	100	1.1 ± 2.2	4.1 ± 6.0	6.0 ± 5.5	19.0 ± 6.0	14.7 ± 2.9	17.4 ± 7.2
	25	1.6 ± 3.3	1.8 ± 3.4	5.0 ± 8.3	13.1 ± 4.7	20.3 ± 10.9	46.4 ± 12.1
25	74	1.5 ± 2.3	4.2 ± 5.5	6.2 ± 5.9	17.6 ± 15.4	25.7 ± 13.5	24.2 ± 14.2
	85	0	2.4 ± 3.0	1.7 ± 1.6	11.3 ± 3.6	26.5 ± 17.6	39.2 ± 35.7
	90	2.4 ± 4.6	10.7 ± 10.6	20.4 ± 16.2	48.5 ± 35.6	68.8 ± 38.1	63.8 ± 27.7
	95	14.6 ± 15.8	36.2 ± 35.6	57.3 ± 28.6	86.3 ± 20.5	97.3 ± 5.2	92.1 ± 15.1
	100	4.1 ± 3.6	17.7 ± 12.0	32.2 ± 18.1	68.7 ± 26.9	74.2 ± 23.8	86.8 ± 17.6
	30	3.1 ± 4.1	10.4 ± 12.4	8.4 ± 2.2	24.4 ± 5.6	99.2 ± 1.5	
30	74	12.7 ± 16.3	31.1 ± 27.1	41.7 ± 19.5	93.9 ± 14.0	88.9 ± 26.0	88.2 ± 23.8
	85	34.1 ± 32.4	76.4 ± 30.4	99.7 ± 0.7	98.8 ± 3.3	99.8 ± 0.6	
	90	39.0 ± 25.5	89.5 ± 10.8	98.1 ± 4.0	100.0 ± 0.0		
	95	36.5 ± 28.2	86.4 ± 12.9	92.4 ± 9.9	100.0 ± 0.0		
	100	71.0 ± 25.1	98.8 ± 3.4	100.0 ± 0.0			

均值±标准差 Mean ± SD

至第 16d 时控蚜效果达 100%。控蚜效果在 20 和 25 ℃下次之, 如各湿度(除 90% 和 95% RH 有些例外)与 25 ℃下的蚜群增长迅速受到抑制, 至第 8d 控蚜效果已达 30%~60%, 第 20d 达 80% 以上。在各湿度与 20 ℃的组合中, 控蚜效果一般在 40%~70%, 最高达 94%(第 30d, 85% RH)。15 ℃下的控蚜效果一般在 40%~50%, 最高湿度下达 80%。10 ℃下相对较低, 除 74% RH 外的各处理也有相当效果, 最高湿度下控蚜率达 70%。

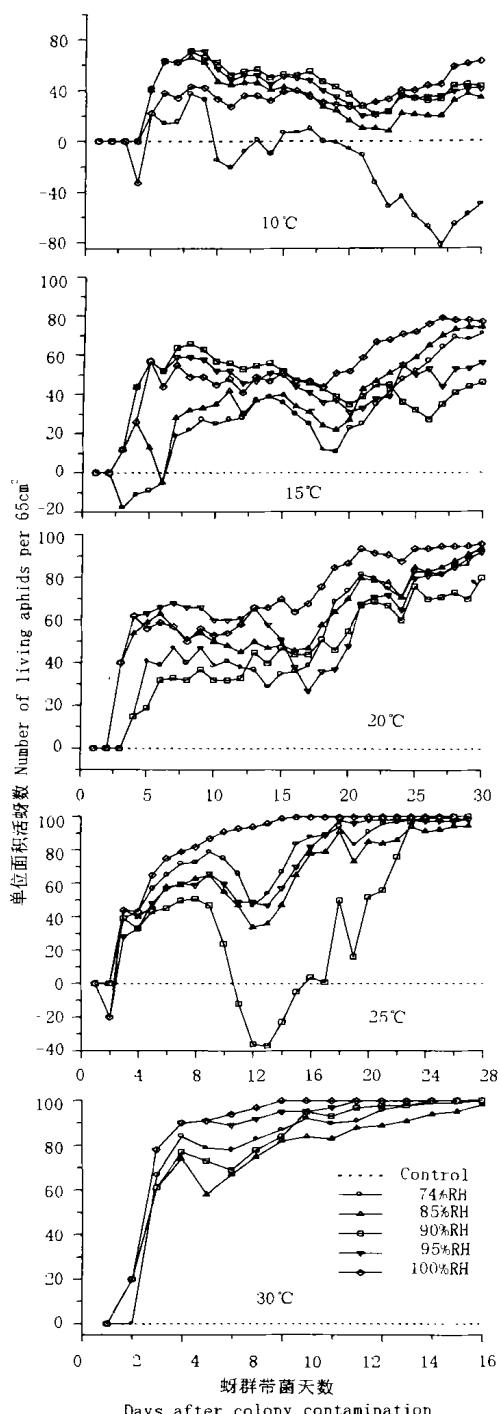


图2 在不同温湿度组合条件下飞虱虫病霉对桃蚜的相对控制效果(水平虚线为不带菌的对照蚜群)

**Fig. 2** Relative efficacy of *Pandora delphacis* caused mycosis for controlling the increase of *Myzus persicae* colonies at different regimes of temperature and relative humidity (The dotted line was based on the colonies not contaminated with the fungal agent (Control) at each regime.

#### 4 讨 论

温湿度在很大程度上影响虫霉的侵染力<sup>[10]</sup>。一般认为,温度影响虫霉对寄主的毒力及潜伏期,而湿度影响其孢子的形成、弹射、萌发及侵染<sup>[6, 7]</sup>。在本研究中,经飞虱虫病霉“孢子浴”接种的桃蚜,在不同

温湿度条件下均有发病和死亡,但发病进程及死亡率随不同温湿度而有差异。在较高温度(20~30℃)与不同湿度的组合中,发病过程较快,死亡率较高。而在较低温度(10~15℃)与不同湿度的组合中,发病过程较慢。这与不同温湿度条件下安徽虫瘟霉对桃蚜的侵染发病及毒力的研究报道基本一致<sup>[2]</sup>。但安徽虫瘟霉基本不适应30℃的高温,而飞虱虫病霉在30℃下还生长较好,且生长快<sup>[13]</sup>。或许因此,在30℃下飞虱虫病霉对桃蚜的侵染最快,累计死亡率也最高。但是,飞虱虫病霉比安徽虫瘟霉适应偏低温的能力较差,10℃下对桃蚜的侵染力降低。高湿度有利于蚜虫产孢<sup>[6, 7]</sup>,因而同一温度下均以100%RH下蚜群感染率最高。

综上所述,飞虱虫病霉的控蚜潜力很强,尤其在高温高湿条件下能迅速导致蚜群瓦解,是理想的杀蚜真菌,值得深入研究并在害虫防治中加以利用。

#### 参考文献

- 1 Feng M-G (冯明光). 1997. Entomophthorales caused epizootics: importance for natural control of insect pests and utilization. In: Study and Application of Entomogenous Fungi in China, Vol. 4. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. 6~17 (in Chinese)
- 2 Feng MG, Nowierski RM, Johnson JB, et al. 1992. Epizootics caused by entomophthoralean fungi (Zygomycetes: Entomophthorales) in populations of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in irrigated small grains of southwestern Idaho, USA. *J Appl Entomol*, **113**: 376~390
- 3 Feng M-G(冯明光), Xu Q(许 谦), Xu JH(徐均焕). 1999. Humidity control in biological experiments modified device and methodology. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **10**(3): 357~361 (in Chinese)
- 4 Li H-P(李惠萍), Feng M-G(冯明光). 2001. Impact of *Zaphthorai huensis* (*Entomophthoraceae*) on the fecundity of *Myzus persicae* apterae during the latent period of its infection. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **12**(5): 749~753 (in Chinese)
- 5 Liu S-S(刘树生). 1991. The influence of temperature on the population increase of *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi*. *Acta Entomol Sin*(昆虫学报), **34**: 189~197 (in Chinese)
- 6 Miner RJ. 1997. Prospects for biopesticides for aphid control. *Entomophaga*, **42**: 227~239
- 7 van Emden HF. 1972. Aphid Technology. London and New York: Academic Press. 1~104
- 8 Xu JH, Feng MG. 2000. The time dose mortality modeling and virulence indices for the two entomophthoralean species, *Pandora delphacis* and *P. neopaphidis*, against the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Biol Control*, **17**: 29~35
- 9 Xu JH(徐均焕), Feng M-G(冯明光). 2001. Effect of various substrate nutrients on the spore germination and infective germ tube formation of *Pandora delphacis*. *Acta Microbiol Sin*(微生物学报), **41**(2): 234~240 (in Chinese)
- 10 Xu JH(徐均焕), Feng M-G(冯明光). 2002. Effect of *Pandora delphacis* on fecundity and innate capacity for increase of *Myzus persicae* at different temperatures and relative humidities. *Acta Entomol Sin*(昆虫学报), **45**(1): 75~79
- 11 Xu JH(徐均焕), Feng M-G(冯明光). 2001. Impact of temperature and relative humidity on persistence of primary conidia of the entomophthoraceous fungi, *Pandora delphacis*. *Mycosystema(菌物系统)*, **21**(1): 68~72 (in Chinese)

作者简介 冯明光,男,1957年生,教授,博导,主要从事应用微生物、昆虫病理学、昆虫生态学和害虫微生物防治研究,已发表论文130余篇, E-mail: mgfeng@cls.zju.edu.cn