

# 植物内生放线菌防治西葫芦白粉病的初步研究

王美英, 黄丽丽\*, 涂璇, 高小宁, 阿里玛斯, 姚敏, 康振生\*

(西北农林科技大学植物保护学院, 陕西省农业分子生物学重点实验室, 陕西杨凌 712100)

**摘要:**以西葫芦白粉病为对象, 通过温室盆栽试验和叶盘筛选试验, 从 50 个内生放线菌菌株中筛选出 2 个防病效果较好的菌株, 叶盘筛选试验发现菌株 GKSHJA 和 PR1-8 的无菌滤液原液在接种病菌的同时使用防治效果最佳, 分别达到 60.98% 和 63.22%。温室人工接种白粉病菌的盆栽试验发现, GKSHJA 无菌滤液原液在接种前、接种后 24 h 喷雾, 相对防治效果分别达 55.22% 和 16.44%; 菌株 PR1-8 的相对防效分别为 51.94% 和 24.39%, 且 GKSHJA 和 PR1-8 无菌滤液的 5 倍稀释液在接种病菌的同时使用也有一定的防病效果, 其病情指数分别比对照降低了 27.81% 和 30.19%。在自然感病的田间试验中, 菌株 GKSHJA 和 PR1-8 无菌滤液的 5 倍稀释液对西葫芦白粉病的相对防效分别达到 56.33% 和 69.88%。这些结果表明, 菌株 GKSHJA 和 PR1-8 作为防治瓜类白粉病的生防菌株, 具有开发应用潜力和前景。

**关键词:** 西葫芦; 白粉病; 内生放线菌; 防治效果

**中图分类号:** S 436.4; S 642.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 06-1471-06

## Biocontrol of Zucchini Powdery Mildew by Endophytic Actinomycetes

WANG Mei-ying, HUANG Li-li\*, TU Xuan, GAO Xiao-ning, ALMAS, YAO Min, and KANG Zhen-sheng\*  
(College of Plant Protection, Shaanxi Key Laboratory of Molecular Biology for Agriculture; Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Fifty strains of endophytic actinomycetes were screened in greenhouse pot experiments and leaf-disc tests in lab. Two strains showed stable control effect on zucchini powdery mildew. In the leaf-disc tests, the application of cell free filtrate of strains GKSHJA and PR1-8 showed 60.98% and 63.22% disease control efficiency, respectively. The control effect of strain GKSHJA with application 24 h before and after inoculation were 55.22% and 16.44%, respectively. The control effect of strain PR1-8 were 51.94% and 24.39% in the greenhouse potted seedlings inoculated with powdery mildew. The preinoculation application of cell free filtrate showed much higher disease control efficiency than postinoculation application. The applications of 5 times diluted cell free filtrates showed 27.81% (in GKSHJA treatment) and 30.19% (in PR1-8 treatment) less disease index than that in untreated control. In a field experiment, the control effect of biocontrol strains GKSHJA and PR1-8 were 56.33% and 69.88%, respectively, after application of 5 times dilution of cell free filtrate on naturally infected zucchini plants. These results show that strains GKSHJA and PR1-8 are potential biocontrol endophytic actinomycetes to control cucurbit powdery mildew and this research has made a solid research foundation for development and application of bio-pesticides on cucurbits powdery mildew.

**Key words:** *Cucurbita pepo* Linn.; *Sphaerotheca fuliginea*; Endophytic actinomycetes; Control effect

白粉病是西葫芦 (*Cucurbita pepo* Linn.) 生产中的主要病害, 病原为瓜单囊壳菌 [*Sphaerotheca*

收稿日期: 2007-06-19; 修回日期: 2007-09-10

基金项目: 教育部长江学者和创新团队支持计划项目 (PCSIRT200558); 高等学校学科创新引智计划项目 (B07049); 国家‘十一·五’攻关项目

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: huanglili@nwsuaf.edu.cn; kangzs@nwsuaf.edu.cn)

fuliginea (Schlecht) Poll. ]。长期大量使用化学农药防治白粉病不仅污染环境,还会使病原菌产生抗药性。因此,寻找安全有效并能降低对化学农药依赖程度的防治瓜类白粉病的途径是备受关注的研究课题。

作者以西葫芦白粉病为对象,通过温室盆栽幼苗试验、叶盘试验和田间试验,从植物内生放线菌中筛选到对该病害有较好防效的菌株,以期为瓜类白粉病生物防治探寻新途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与病菌的培养

将西葫芦‘春玉2号’种子于28℃下催芽后播种在小瓦盆内,在25~28℃温室中培养至2叶期备用。瓜单囊壳菌采自陕西杨凌西魏店蔬菜大棚。将新鲜孢子抖粉接种在2叶期幼苗上繁殖备用。

### 1.2 内生放线菌的来源、保存及其发酵液的制备

供试的50个内生放线菌菌株(表1)由西北农林科技大学植物保护学院提供。繁殖和保存在高氏1号培养基上,置于4℃冰箱保存。将其在黄豆粉培养基上活化5~7 d,用直径4 mm的打孔器取菌块接入黄豆粉液体培养基(黄豆粉20 g,淀粉5 g,蔗糖10 g,酵母粉2 g,蛋白胨2 g,NaCl 2 g,CaCO<sub>3</sub> 1 g,MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.05 g,K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.05 g,蒸馏水1 000 mL,pH 7.2~7.4)中进行1次发酵,28℃,150 r·min<sup>-1</sup>振荡培养2 d后以10%的比例接入50 mL培养基中进行2次发酵。28℃,150 r·min<sup>-1</sup>振荡培养5 d后5 000 r·min<sup>-1</sup>离心30 min。取上清液用真空泵双层滤纸抽滤后即成为无菌滤液,沉淀用与无菌滤液等量的无菌水悬浮,即为菌体悬浮液。

### 1.3 温室盆栽试验筛选生防菌株

将待测菌的无菌滤液或菌体悬浮液喷施于2叶期幼苗上,每株10 mL,然后采用传统的抖粉法接种(方中达,1998)白粉病病菌。每处理3株幼苗,设3个重复,喷清水为对照。7~10 d对照充分发病后调查病斑面积、病叶数、病情指数和防治效果(国家质量技术监督局,2000)。

### 1.4 叶盘筛选试验

对温室试验中筛选出的防治效果明显的菌株进行叶盘漂浮法复筛。用直径15 mm打孔器从健康的西葫芦幼叶上切下叶盘,在内生放线菌无菌滤液或菌体悬浮液中浸湿后晾干,正面朝上悬浮在加有苯胂咪唑(25 mg·L<sup>-1</sup>)的无菌水表面。将保存在幼苗上的白粉孢子抖粉在悬浮的叶盘上,盖上培养皿盖,置入光照培养箱(22℃,光照16 h·d<sup>-1</sup>)。每9个叶盘为1个处理,重复3次,以清水为对照。7~10 d后调查。分级标准:0级,无可见症状;1级,病斑面积占整个叶盘面积的5%以下;2级,病斑占5%~25%;3级,病斑占25%~50%;4级,病斑占50%~75%;5级,病斑占75%以上。

### 1.5 优良生防菌株温室防病效果测定

(1)取2~4个真叶期西葫芦盆栽幼苗,分别用内生放线菌无菌滤液原液和稀释5倍、10倍、20倍液喷雾,每株15 mL,24 h后接种白粉病菌。(2)先接种白粉病菌,24 h后喷内生放线菌无菌滤液。

### 1.6 优良生防菌株田间防病试验

试验地点为陕西杨凌西魏店露天蔬菜地,共4个处理(表2),每处理4株,设3次重复,每株喷雾50 mL,以不做任何处理为对照。2006年5月19日喷药,用药10 d(5月29日)后调查。相对防治效果(%)=[1-(CK<sub>0</sub>×Pt<sub>1</sub>)/(CK<sub>1</sub>×Pt<sub>0</sub>)]×100,其中,CK<sub>0</sub>:空白对照区施药前病情指数;CK<sub>1</sub>:空白对照区施药后病情指数;Pt<sub>0</sub>:施药前病情指数;Pt<sub>1</sub>:施药后病情指数。

试验中的数据均使用SAS 6.12系统进行方差分析(胡小平和王长发,2001)。

## 2 结果与分析

### 2.1 温室盆栽筛选结果

表 1 表明, 幼苗在人工接种白粉病菌前分别喷施 50 个内生放线菌株, 有 24 株 (无菌滤液或/和

表 1 不同待测内生放线菌菌株对西葫芦白粉病的温室盆栽防病效果

Table 1 The control effect of entophytic actinomycetes isolates on zucchini powdery mildew in greenhouse

(%)

菌株 Isolate	来源 Resource	无菌滤液 Cell free filtrate	菌体悬浮液 Cell suspension
GKSHJA	黄精茎部 Stem of <i>Polygonatum sibiricum</i>	76.35 a	57.46 ab
gCLA7	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	67.25 a	44.94 c
PR1-8	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	62.71 a	46.32 bc
ARI-16	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	11.11	60.87 a
TGNBSA4	牛蒡茎部 Stem of <i>Arctium lappa</i>	0.37	59.43 a
TGYXCSA16	鱼腥草茎部 Stem of <i>Houttuynia cordata</i>	59.43 a	22.23
NAZJCA1	牛膝茎部 Stem of <i>Achyranthes bidentata</i>	48.51 b	56.25 ab
NADBSA	白丁香茎部 Stem of <i>Syringa affinis</i>	53.56 ab	-3.63
TGBHSA3	薄荷茎部 Stem of <i>Mentha haplocalyx</i>	39.99	53.07 ab
gPLA12	辣椒叶部 Leaf of <i>Capsicum frutescens</i>	50.91 b	19.99
gCLA4	黄瓜叶部 Leaf of <i>Cucumis sativus</i>	34.49	50.69 b
ARI-13	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	12.72	49.23 b
ARI-14	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	43.63 c	48.94 b
CSA1-ACT6	油菜茎部 Stem of <i>Brassica campestris</i>	31.48	48.90 b
PR1-3	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	48.07 b	7.35
TGNQRA9	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	47.47 bc	34.55
ARI-2	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	45.47 bc	45.16 bc
TGNBSA9	牛蒡茎部 Stem of <i>Arctium lappa</i>	43.48 c	43.59 c
TIASA3	黄花蒿茎部 Stem of <i>Artemisia annua</i>	34.54	43.55 c
TGHJSA7	黄精茎部 Stem of <i>Polygonatum sibiricum</i>	24.30	43.33 c
CR1	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	7.27	43.03 c
TGNQRA8	牛膝根部 Root of <i>Achyranthes bidentata</i>	29.41	42.98 c
PS1-A2	黄瓜茎部 Stem of <i>Cucumis sativus</i>	42.28 c	33.87
TGCHSA1	柴胡茎部 Stem of <i>Bupleurum chinense</i>	18.52	40.90 c
TGYXCSA7	鱼腥草茎部 Stem of <i>Houttuynia cordata</i>	39.41	33.73
HP1RA1	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	12.73	39.99
GNQRA2	牛膝根部 Root of <i>Achyranthes bidentata</i>	30.91	39.99
AAAF2A2	黄瓜茎部 Stem of <i>Cucumis sativus</i>	22.41	39.66
CR26	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	37.03	25.93
TGNBSA3	牛蒡茎部 Stem of <i>Arctium lappa</i>	36.37	19.99
TGNBSA1	牛蒡茎部 Stem of <i>Arctium lappa</i>	36.48	31.47
CR5	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	35.30	12.74
TGHJSA2	黄精茎部 Stem of <i>Polygonatum sibiricum</i>	31.54	20.80
CR8	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	19.99	31.66
CR17	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	29.99	24.99
TGNBSA8	牛蒡茎部 Stem of <i>Arctium lappa</i>	14.82	29.63
XHS-1e	番茄茎部 Stem of <i>Lycopersicon esculentum</i>	31.48	21.50
TIASA13	黄花蒿茎部 Stem of <i>Artemisia annua</i>	29.41	20.59
ARI-6	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	19.12	26.47
TGXQCSA8	芹菜茎部 Stem of <i>Apium graveolens</i> var. <i>dulce</i>	29.09	7.27
TGHJSA4	黄精茎部 Stem of <i>Polygonatum sibiricum</i>	24.70	28.63
TGWWSA2	五味子茎部 Stem of <i>Schisandra chinense</i>	18.52	25.93
TGHYSA2	黄精茎部 Stem of <i>Polygonatum sibiricum</i>	9.09	25.46
TIASA10	黄花蒿茎部 Stem of <i>Artemisia annua</i> L.	24.71	15.29
FES-ACT1	油菜茎部 Stem of <i>Brassica campestris</i>	11.11	24.08
BAR1-5	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	16.78	19.45
CR10-1	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	16.37	19.99
CR9	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	11.77	17.65
GP2RA1	黄瓜根部 Root of <i>Cucumis sativus</i>	-5.01	9.58
gPLA10	辣椒叶部 Leaf of <i>Capsicum frutescens</i>	-7.27	-1.82

注: 对防治效果 40% 以上的按 Duncan's 新复极差检测 ( $P=0.05$ ) 进行分析, 同一列内相同字母表示处理间无显著差异。

Note: Data were analyzed with Duncan's method ( $P=0.05$ ). The same letters in the column showed no significant difference.

菌体悬浮液) 防治效果达到 40% 以上, 占总筛选菌株数的 48%, 其中有 4 株菌防病效果达到 60% 以上。

对防病效果在 40% 以上的菌株进行差异显著性分析, 结果表明 GKSHJA、TGYXCSA16、gCLA7 和 PR1-8 的无菌滤液及 AR1-16 和 TGNBA4 的菌体悬浮液防病效果明显好于其它菌株。菌悬液和无菌滤液防病效果都高于 40% 的有 7 株, 占总筛选株数的 14%, 如 GKSHJA、gCLA7、PR1-8、NAZJCA1、AR1-14 等。无菌滤液防效在 40% 以上的有 13 株, 占总筛选株数的 26%, 其中防效在 60% 以上的有 3 株。菌体悬浮液防效在 40% 以上的有 18 株, 占总筛选株数的 36%, 其中防效在 60% 以上的有 1 株, 说明有些菌株是菌体直接对病原菌有抑制作用, 而有些是在菌株发酵过程产生的代谢物质对病原菌起作用。本研究多次重复试验发现, 菌体悬浮液的防效普遍小于无菌滤液。

## 2.2 叶盘法筛选结果

从表 2 和图 1 中看到, 对温室盆栽初步筛选的 6 株内生放线菌进行叶盘法复筛时, 菌株 GKSHJA 和菌株 PR1-8 的无菌滤液防治效果明显优于其它菌株, 分别达到了 60.98% 和 63.22%, 而其它 4 个菌株的防治效果在 25% ~ 30%, 明显低于前者。

表 2 不同放线菌株叶盘法对西葫芦白粉病的防治效果

Table 2 The control effect of entophytic actinomycetes isolates on zucchini powdery mildew by leaf disc test

菌株号 Isolate	处理 Treatment	防治效果 Control effect (%)
GKSHJA	无菌滤液 Cell free filtrate	60.98 a
TGYXCSA16	无菌滤液 Cell free filtrate	24.19 b
TGNBA4	菌体悬浮液 Cell suspension	29.26 b
AR1-16	菌体悬浮液 Cell suspension	23.16 b
GCLA7	无菌滤液 Cell free filtrate	25.60 b
PR1-8	无菌滤液 Cell free filtrate	63.22 a

注: 表中数据为 3 次重复试验的平均值, 按 Duncan's 新复极差检测 ( $P=0.05$ ) 进行分析, 同一列内相同字母表示处理间无显著差异。

Note: The data in the table were the average of three replications. Data were analyzed with Duncan's method ( $P=0.05$ ). The same letters in the column showed no significant difference.



图 1 叶盘法测定生防菌对西葫芦白粉病的作用效果

Fig. 1 The control effect of biocontrol strains PR1-8 and GKSHJA on zucchini powdery mildew by leaf test

## 2.3 生防菌株 PR1-8 和 GKSHJA 不同稀释倍数无菌滤液的温室盆栽防病效果

从图 2 看出, 随着无菌滤液稀释倍数的增加, 防治效果呈下降趋势。菌株 PR1-8 和 GKSHJA 的原液的防治效果分别达到 41.20% 和 37.46%, 显著高于其它处理, 5 倍稀释液分别为 30.19% 和 27.81%。

## 2.4 生防菌株 PR1-8 和 GKSHJA 无菌滤液不同喷施时间的效果

从图 3 中可以看出, 菌株 GKSHJA 和 PR1-8 原液在接种白粉病菌前 24 h 喷施的情况下, 对西葫芦白粉病防效分别为 55.22% 和 51.94%, 在接种后 24 h 喷施的情况下, 防效均在 25% 以下, 说明生防菌在白粉病菌侵入后的杀菌作用较弱而在侵入前的抑菌效果较好。

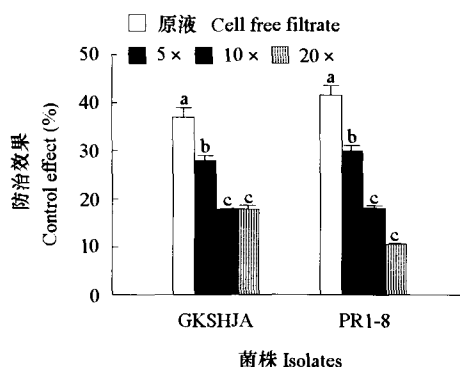


图2 生防菌株无菌滤液稀释倍数  
对西葫芦白粉病的防治效果

Fig. 2 The control effect of biocontrol strains PR1-8 and GKSHJA with different concentrations on zucchini powdery mildew in greenhouse

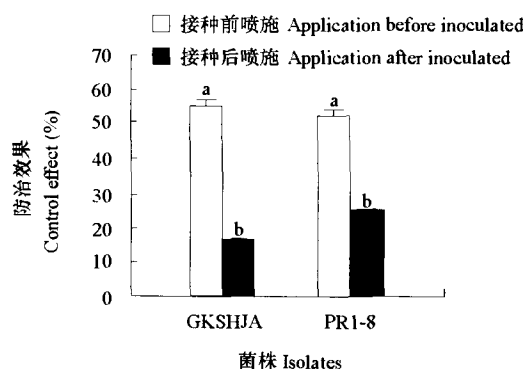


图3 生防菌株 GKSHJA 和 PR1-8 施药时间  
对西葫芦白粉病的防治效果

Fig. 3 The biocontrol effect of isolates GKSHJA and PR1-8 with different application times on zucchini powdery mildew in greenhouse

## 2.5 生防菌株 PR1-8 和 GKSHJA 田间防病效果

从表3中看出,在影响因子比较多的自然发病田中,GKSHJA的5倍稀释液防效达到了56.33%,10倍稀释液达到了35.88%;菌株PR1-8的5倍稀释液防效达到了69.88%,10倍稀释液防效达到了39.25%。GKSHJA的5倍稀释液与PR1-8的5倍稀释液的防治效果之间没有显著差异性,但是GKSHJA的5倍稀释液的病叶增长率和病情指数增长率分别比PR1-8的5倍稀释液的高31.71%和23.27%。同样,GKSHJA的10倍稀释液与PR1-8的10倍稀释液的防治效果之间没有显著性差异,但是PR1-8的10倍稀释液的病叶增长率和病情指数增长率分别比GKSHJA的10倍稀释液的高12.22%和31.76%。

表3 菌株 GKSHJA 和 PR1-8 对西葫芦白粉病的田间防效测定

Table 3 The control effect of isolates GKSHJA and PR1-8 on zucchini powdery mildew in field

菌株 Isolates	稀释倍数 Dilution times	防治前 Before spraying biocontrol agent		防治后 After spraying biocontrol agent		病叶增长率 Percent of increase of diseased leaves (%)	病情指数增长率 Percent of increase of disease index (%)	相对防效 Relative control effect (%)
		病叶率 Incidence of diseased leaves (%)	病情指数 Disease index	病叶率 Incidence of diseased leaves (%)	病情指数 Disease index			
GKSHJA	5	26.67	4.25	39.94	13.57	49.76	219.29	56.33 a
	10	23.56	3.52	49.02	17.23	108.06	285.51	35.88 b
PR1-8	5	22.87	3.62	31.51	10.06	37.78	177.90	69.88 a
	10	22.90	3.76	50.67	17.92	121.27	376.59	33.72 b
对照 Control		21.48	4.04	55.06	25.47	156.33	530.45	-

注:表中数据为12个植株的平均值,按Duncan's新复极差检测( $P=0.05$ ),同一列内相同字母表示处理间无显著差异。

Note: The data in the table were mean of 12 zucchinis plants. Data were analyzed with Duncan's method ( $P=0.05$ ). The same letters in the column show no significant difference.

## 3 讨论

目前瓜类白粉病的生物防治研究主要有:(1)利用土壤放线菌来防治瓜类白粉病,如链霉菌防治黄瓜白粉病的平均防效达50%左右(杨文香等,2005),土壤放线菌产生的抗白粉类抗生素,其发酵液抗菌活性高达到90%~100%(陈崎冈等,2003)。(2)用瓜类植物叶片的内生细菌来防治黄瓜白粉病(Romero et al., 2004),对白粉病的抑制率达到69%。(3)探索植物提取液防治瓜类白粉

病的效果,发现槐、黄檀、南瓜和石楠等4种植物的提取液对黄瓜白粉病有较好的防治效果,其防效分别达到88.46%、80.77%、80.77%、73.07% (金素心等,2006)。

Andrews (1992)就内生菌作为生物制剂的优点做了详尽的阐述,植物内生菌分布于植物组织内,受到植物的保护,具有良好的生存环境,而且与植物长期生活在一起,可以减缓寄主植物的防卫反应,更易发挥作用,克服以往从土壤和根际中筛选生防菌的缺点。植物的内生放线菌定殖在植物内部,避免了同根际众多微生物的竞争,可在植物组织中产生抗生素,溶解酶等拮抗物质(曹理想和周世宁,2004),因而更具有竞争优势。

本试验对从蔬菜和中草药植物分离得到的50株内生放线菌进行了盆栽初筛,结果表明,有48%的菌株防治效果达到了40%以上,远远大于一般土壤微生物筛选拮抗菌的比率。司美茹等(2006)从青海高原土壤分离的4500多株放线菌中筛选到29株对辣椒疫霉有拮抗作用,所占比率为0.64%。可见内生放线菌具有很大的生防潜力。但在不同的重复试验中,生防菌的防治效果有所差异,有些菌株在叶盘法筛选时比温室初筛试验防效低,可能由多种因素引起,如寄主抗病性、病原菌毒性、环境条件、接种量等,因此需要筛选在田间防效具有稳定性和持效性的生防制剂。生物制剂使用的安全性还需要在以后的试验中加以证明。

## References

- Andrews J H. 1992. Biological control in the phyllosphere. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 30: 603 - 605.
- Bureau of Quality and Technical Supervision of the People's Republic of China. 2000. Pesticide-guidelines for the field efficacy trials (I) - fungicides against cucumber powdery mildew. Beijing: China Criterion Press; 56 - 60. (in Chinese)
- 国家质量技术监督局. 2000. 农药田间药效试验准则(一)杀菌剂防治黄瓜白粉病(GB/T17980. 30-2000). 北京: 中国标准出版社; 56 - 60.
- Cao Li-xiang, Zhou Shi-ning. 2004. Study on endophytic actinomycetes in plants. *Microorganism Aviso*, 31 (4): 93 - 96. (in Chinese)
- 曹理想, 周世宁. 2004. 植物内生放线菌研究. *微生物学通报*, 31 (4): 93 - 96.
- Chen Qi-gang, Li Ming-gang, Li Wen-jun, Wen Meng-liang. 2003. Preliminary taxonomy of anti-powdery mildew compound C-30997 producing strain YIM30997. *Journal of Yunnan University (Natural Sciences)*, 25 (Supplement): 10 - 14. (in Chinese)
- 陈琦冈, 李铭刚, 李文军, 文孟良. 2003. 抗白粉病化合物C30997的产生菌YIM30997的初步分类鉴定. *云南大学学报(自然科学版)*, 25 (增刊): 10 - 14.
- Fang Zhong-da. 1998. *Methods of study on plant pathology*. 3rd ed. Beijing: China Agricultural Press; 366 - 368. (in Chinese)
- 方中达. 1998. 植病研究法. 第3版. 北京: 中国农业出版社; 366 - 368.
- Hu Xiao-ping, Wang Chang-fa. 2001. *Tutorial of SAS base and stat*. Xi'an: Xi'an Books Press. (in Chinese)
- 胡小平, 王长发. 2001. SAS基础及统计实例教程. 西安: 西安图书出版社.
- Jin Su-xin, Gu Zhen-fang, Dai Guang-hui, Chen Xiao-bin. 2006. Study on inhibition effects of plant extracts against cucumber powdery mildew. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science)*, 24 (1): 48 - 53. (in Chinese)
- 金素心, 顾振芳, 代光辉, 陈晓斌. 2006. 植物提取液对黄瓜白粉病的抑菌活性筛选研究. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 24 (1): 48 - 53.
- Romero D, Pérez-garcía, Erivera M. 2004. Isolation and evaluation of antagonistic bacteria towards the cucurbit powdery mildew fungus *Podosphaera fusca*. *Appl. microbial. Biotechnol.*, 64 (2): 263 - 269.
- Si Mei-ru, Xue Quan-hong, Yu Bo, Yuan Hu-lin, Chen Zhan-quan. 2006. The selection of biocontrol actinomycetes against *Phytophthora capsici* by the method assessed inhibiting zones and root-colonizing capacity. *Journal of Plant Protection*, 33 (1): 41 - 44. (in Chinese)
- 司美茹, 薛泉宏, 余博, 袁虎林, 陈占全. 2006. 辣椒疫霉生防菌的双重筛选. *植物保护学报*, 33 (1): 41 - 44.
- Yang Wen-xiang, Zhang Ting, Liu Da-qun. 2005. Effects of three *Streptomyces* strains on the growth of cucumber plant and against cucumber powdery mildew. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 28 (4): 80 - 92. (in Chinese)
- 杨文香, 张汀, 刘大群. 2005. 三株链霉菌对黄瓜白粉病及黄瓜生长的影响. *河北农业大学学报*, 28 (4): 80 - 92.