

# 大白菜霜霉病菌寄生霜霉孢子囊的保藏方法

杨丽娟 梁晨\* 李宝笃

青岛农业大学农学与植物保护学院 山东省植物病虫害综合防控重点实验室 山东 青岛 266109

**摘要:** 通过离体子叶冷冻法、离体叶片冷冻法和 10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法等 3 种方法来保藏大白菜霜霉病菌寄生霜霉，并采用离体子叶接种法测定孢子囊的致病力，以筛选出一种较好的保藏方法。结果表明，保藏 6 个月后，离体子叶冷冻法和离体叶片冷冻法保藏的孢子囊的萌发率、发病率和病情指数均较高；而 10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法保藏 6 个月后仅有 2.16% 的孢子囊能够萌发，菌株致病力丧失，发病率和病情指数均为 0。保藏 12 个月后，离体子叶冷冻法保藏效果最好，孢子囊萌发率达到 62.22%，发病率 90%，病情指数为 48.89；离体叶片冷冻法保藏的孢子囊的致病力较弱；10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法保藏 12 个月的孢子囊全部失活。此外，采用离体子叶冷冻法保藏 12 个月的 32 株寄生霜霉复壮成功率达到了 93.75%。离体子叶冷冻法适用于寄生霜霉的保藏，其孢子囊可长时间保持较高的萌发率。

**关键词:** 离体子叶，冷冻，萌发率，发病率，病情指数

## The preservation methods for sporangia of Chinese cabbage downy mildew pathogen *Peronospora parasitica*

YANG Li-Juan LIANG Chen\* LI Bao-Du

Key Lab of Integrated Crop Pest Management of Shandong Province, College of Agronomy and Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China

**Abstract:** Three methods (cotyledon *in vitro* refrigeration, leaf *in vitro* refrigeration and 10% dimethyl sulfoxide plus 5% skimmed milk refrigeration) were used to preserve sporangia of *Peronospora parasitica*, the pathogen of Chinese cabbage downy mildew. Cotyledon *in vitro* inoculation method was adopted to measure the pathogenicity of sporangia of *P. parasitica* for screening a better preservation method. The experimental results indicated that the sporangia preserved in 6 months by use of cotyledon *in vitro* refrigeration method and leaf *in vitro* refrigeration method had higher germination rate,

基金项目：公益性行业（农业）科研专项（No. 201003004）；“泰山学者”建设工程专项经费

\*Corresponding author. E-mail: syliangchen@163.com

收稿日期: 2012-09-09, 接受日期: 2012-12-27

incidence and disease index, on the contrary, when the sporangia were preserved by use of 10% dimethyl sulfoxide plus 5% skimmed milk refrigeration method, germination rate, incidence and disease index have decreased to 2.16%, 0 and 0 respectively. Cotyledon *in vitro* refrigeration method showed best preservation effect. After being preserved for 12 months, germination rate, incidence and disease index of the pathogen were 62.22%, 90% and 48.89 respectively. The sporangia preserved by use of leaf *in vitro* refrigeration method showed weak pathogenicity, and the sporangia lost their vitality when they were preserved by use of 10% dimethyl sulfoxide plus 5% skimmed milk refrigeration method. Thirty-two isolates of the pathogen were successfully rejuvenated by 93.75% when they were preserved by use of cotyledon *in vitro* refrigeration method in 12 months. It is concluded that cotyledon *in vitro* refrigeration is a good method for long period preservation of *P. parasitica* with higher germination rate.

**Key words:** cotyledon *in vitro*, refrigeration, germination rate, incidence, disease index

大白菜霜霉病是重要蔬菜病害之一，在病害流行年份给农业生产造成的损失可达50%以上，甚至在局部地区造成绝产。该病原菌寄生霜霉 *Peronospora parasitica* (Pers.) Fr. 为典型的专性寄生菌，无法在人工培养基上培养和保藏，在病害研究过程中多数是采用新鲜病叶上的孢子囊（章一华等 1964；李省印等 1996；李彬和袁希汉 2000）。然而大白菜种植和霜霉病发生的季节性都较强，同时该病原菌不易长时间保藏（黄克慧和孔都 1986），在研究大白菜霜霉病时，常因采集不到新鲜病原菌而受到限制。因此，探索有效的孢子囊保藏技术是开展大白菜霜霉病研究的保证。

随着菌种保藏技术的发展，已有越来越多的关于专性寄生菌保藏方法的研究报道。王翠花等（1989）采用低温冷冻保藏法对大白菜离体叶片上的霜霉病菌进行保藏，可将病原菌有效地保藏6个月。Satou（2000）采用低温冻结法保藏花椰菜霜霉病菌——寄生霜霉 *Peronospora parasitica* (Pers.) Fr.，将其孢子囊悬浮在10%二甲基亚砜+10%脱脂乳或10%二甲基亚砜+5%脱脂乳保藏液中，先在-20℃冰箱中

保藏24h，后放入-80℃冰箱冷冻保藏，至少可以保藏12个月，复壮后的孢子囊仍具有较高的致病力；然而，目前尚无采用低温冻结法对大白菜霜霉病菌成功保藏的报道。为了长期有效保藏大白菜霜霉病菌，本文探索了离体子叶冷冻法，以期寻找一种适合大白菜霜霉病菌保藏的新方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 供试病原菌：**从全国5个省（直辖市）12个地点采集新鲜大白菜霜霉病病叶，经活体接种分离获得32株寄生霜霉，现保藏于青岛农业大学真菌学研究室。

**1.1.2 寄主植物：**选用感病大白菜品种鲁白七号，利用其幼苗子叶进行病菌繁殖。首先将种子在52℃的温水中浸种10min，然后播种于盛有草炭土的育苗钵中，每钵播种10-15粒种子，置于培养室6-10d，采集长势一致的大白菜子叶，沿叶柄基处将两片子叶剪下，用无菌水冲洗干净，自然晾干，备用。

**1.1.3 保藏液：**二甲基亚砜[生工生物工程（上

海)有限公司], 脱脂乳(内蒙古伊利实业集团股份有限公司)。用无菌水将二甲基亚砜和脱脂乳制备成 10%二甲基亚砜+5%脱脂乳混合液置入 4℃冰箱备用。

## 1.2 方法

**1.2.1 离体叶片冷冻法:** 参考王翠花等(1989)和邵小花等(1990)的方法, 将采自田间的新鲜大白菜霜霉病叶用自来水冲洗掉表面着生的霉层及附着物后, 置于 15℃和相对湿度 100%条件下黑暗保湿培养 24h, 待长出新鲜霉层后用经灭菌的滤纸吸干表面的水分, 放入直径 90mm 玻璃培养皿内密封后, 置于-20℃冰箱内冷冻保藏。

**1.2.2 离体子叶冷冻法:** 采集新鲜大白菜霜霉病叶, 用自来水冲去叶面上的杂质和原有的孢子囊, 在 15℃和相对湿度 100%条件下黑暗保湿培养 24h, 待长出新鲜霉层后洗脱霉层, 制备成浓度不小于  $1 \times 10^4$  个/mL 的孢子囊悬浮液, 将悬浮液接种于准备好的新鲜子叶背面, 每片子叶接种 10 $\mu$ L, 置于 15℃和 12h 光暗交替的条件下保湿培养 6d 后, 待新鲜霉层长出, 将带有新鲜霉层的子叶用灭菌的滤纸吸干表面的水分, 放入直径 90mm 玻璃培养皿内密封后, 置于-20℃冰箱内冷冻保藏, 每皿保藏 10–15 片子叶。

**1.2.3 二甲基亚砜+脱脂乳冷冻法:** 参照 Satou (2000) 的方法, 将病菌孢子囊放入 10%二甲基亚砜+5%脱脂乳混合液中, 先在-20℃冰箱中保藏 24h, 然后置于-80℃冰箱冷冻保藏。

**1.2.4 孢子囊萌发率的测定:** 将离体叶片冷冻法和离体子叶冷冻法分别保藏 6 个月和 12 个月的孢子囊用无菌水洗脱至无菌的离心管中, 孢子囊悬浮液浓度调整至  $1 \times 10^4$  个/mL, 然后在铺有湿滤纸的无菌培养皿中放入无菌的凹玻片, 并

滴入上述两种保藏方法和两个保藏时间共 4 个处理后所获得的孢子囊悬浮液; 二甲基亚砜+脱脂乳冷冻法保藏 6 个月和 12 个月的孢子囊, 在保藏后直接滴入凹玻片进行萌发率试验; 所有处理均在 15℃和全光照条件下保湿培养, 10–12h 后开始观察, 每个玻片检查 200 个孢子囊以上, 每个处理重复 3 次。计算孢子囊萌发率, 以保藏前的孢子囊萌发率为对照。

**1.2.5 孢子囊病情指数的测定:** 采用离体子叶接种法测定孢子囊的病情指数, 将上述准备好的子叶背面朝上整齐地摆放于用吸水纸保湿的直径 150mm 培养皿中, 每皿 10 片子叶, 将不同方法保藏的大白菜霜霉病菌配制成浓度为  $1 \times 10^4$  个/mL 的孢子囊悬浮液, 于每片子叶背面接种 10 $\mu$ L, 每次重复 10 片子叶, 每处理 3 次重复。然后置于 15℃和 12h 光暗交替条件下保湿培养, 第 6 天后调查子叶发病情况, 计算病情指数。本研究建立的大白菜离体子叶霜霉病病情分级标准如下: 0 级, 子叶背面无症状或接种部位坏死, 无霉层产生; 1 级, 子叶背面接种点出现褪绿至黄色病斑, 霉层面积 0–10%; 3 级, 子叶背面褪绿变黄, 霉层面积 11%–25%; 5 级, 子叶背面褪绿变黄, 霉层面积 26%–50%; 7 级, 子叶背面褪绿变黄, 霉层面积 51%–75%; 9 级, 子叶背面褪绿变黄, 霉层面积 75%以上。

$$\text{病情指数} = \sum (\text{病级叶数} \times \text{该病级值}) / \text{最高病级数值} \times \text{检查总叶数} \times 100$$

**1.2.6 寄生霜霉的保藏:** 采用离体子叶冷冻法保藏了 32 株寄生霜霉, 保藏 6 个月和 12 个月后分别对 32 个菌株进行回接, 并测定其病情指数。

## 1.3 数据处理

供试菌株的萌发率和病情指数全部通过反

正弦转换,采用SAS 8.1软件中的Duncan新复极差法,比较不同来源菌株的萌发率和病情指数( $P=0.01, 0.05$ ),并进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 保藏方法对孢子囊致病力的影响

**2.1.1 保藏方法对菌株QD1孢子囊致病力的影响:**寄生霜霉菌株QD1经3种保藏方法处理后,孢子囊萌发率差异显著。保藏6个月后,离体子叶冷冻法和离体叶片冷冻法保藏的孢子囊萌发率分别为77.29%和65.07%,萌发率较高;而10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法保藏的孢子囊萌发率仅为2.16%。保藏12个月后,离体子叶冷冻法保藏的孢子囊萌发率达到了62.22%,而离体叶片冷冻法和10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法保藏的孢子囊萌发率分别为9.64%和0。

此外,菌株QD1保藏6个月后,离体子叶冷冻法和离体叶片冷冻法保藏的孢子囊接种离体子叶后发病率均为100%,但两者的病情指数差异显著,分别为71.11和55.56;而用10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法保藏的孢子囊接种离体子叶后的发病率及病情指数均为0,没有致病力。菌株QD1保藏12个月后,离体子叶冷冻法保藏的孢子囊接种子叶后发病率仍高达90%,病情指数为48.89;而离体叶片冷冻法保藏的孢子囊接种子叶后发病率为20%,子叶发病较轻,病情指数仅为4.44;10%二甲基亚砜+5%脱脂乳保藏的孢子囊接种离体子叶后的发病率及病情指数仍为0。

**2.1.2 菌株保藏前后孢子囊萌发率的变化:**对比3种方法对12株寄生霜霉孢子囊萌发率的影响发现,保藏前菌株的孢子囊萌发率较高,为77.94%~91.1%;保藏12个月后,离体子叶冷

冻法保藏菌株的孢子囊萌发率为40.31%~62.27%,离体叶片冷冻法保藏菌株的萌发率仅为7.19%~14.57%,10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法保藏菌株的孢子囊萌发率均为0。表明离体子叶冷冻法的保藏效果最好,且能够最大限度地保存菌株的萌发能力,如菌株JB2,保藏前孢子囊的萌发率为91.1%,为12株菌株中孢子囊萌发率的最高值;保藏12个月后,其孢子囊萌发率为62.27%,仍为12株保藏菌株中的最高值。可见离体子叶冷冻法不但对寄生霜霉孢子囊的保藏时间长,而且能够保持菌株保藏前后孢子囊萌发率之间差异的大体一致(表1)。

### 2.2 离体子叶冷冻法对寄生霜霉的保藏效果

采用离体子叶冷冻法保藏了32株寄生霜霉,并测定了其保藏前、保藏6个月和12个月后的病情指数。通过对32株菌株保藏前后病情指数的比较,发现离体子叶冷冻法能够较好地保持寄生霜霉孢子囊的致病力,如保藏前、保藏6个月和12个月后菌株JB2的病情指数均为对应的最高值,分别为91.28,81.11和57.44;而菌株CY24和菌株CY26相应的病情指数均为较低值,分别为60.43和59.33,29.33和18.25以及0和0。试验结果表明,在菌株保藏前后32株寄生霜霉的病情指数均存在着显著差异,而且保藏前病情指数较高的菌株在保藏后其病情指数仍然较高,即菌株病情指数变化趋势大体一致。同时保藏6个月后,32株菌株复壮的成功率为100%,病情指数较高,分布于29.33~81.11之间,仅有2株菌株接种离体子叶后病情指数低于30;保藏12个月后,32株菌株的复壮成功率为93.75%,菌株CY24和菌株CY26未能成功复壮,成功的菌株病情指数分布于17.44~57.44之间(表2)。

表 1 保藏方法对寄生霜霉孢子囊萌发率的影响

Table 1 Effect of preservation methods on sporangium germination rate of *Peronospora parasitica*

菌株 Strain	保藏前 Prior to preservation	保藏 12 个月的孢子囊萌发率 Germination rate of sporangium after 12 months of preservation (%)		
		离体子叶冷冻法 Leaf <i>in vitro</i> refrigeration	离体叶片冷冻法 Cotyledon <i>in vitro</i> refrigeration	10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法 10% dimethyl sulfoxide+5% skimmed milk refrigeration
JB2	91.1 a A*	62.27 a A*	14.57 a A*	0
YS7	87.01 b B	57.41 c C	7.65 k K	0
JB4	84.24 c C	51.46 f F	10.10 e E	0
JN	82.00 d CD	55.82 d D	10.51 d D	0
JB5	81.29 de DE	49.38 j J	11.27 c C	0
QD1	81.05 def DE	62.22 b B	9.64 f F	0
ZB1	80.77 def DE	50.15 i I	8.13 i I	0
WF2	80.61 def DE	51.32 g G	11.31 b B	0
GD1	80.29 def DEF	52.75 e E	8.45 g G	0
JB3	79.96 ef DEF	41.44 k K	7.19 l L	0
QD4	79.27 fg EF	50.65 h H	8.09 j J	0
TA1	77.94 g F	40.31 l L	8.36 h H	0

注: \*大小写字母表示在 0.01 和 0.05 上的显著差异。

Note: \* The capital and small letters showing significant differences in 0.01 and 0.05.

表 2 离体子叶冷冻法对寄生霜霉孢子囊的保藏效果

Table 2 Preservation effect of *Peronospora parasitica* sporangia by method of cotyledon *in vitro* refrigeration

保藏前 Prior to preservation		保藏 6 个月后 6 month preservation		保藏 12 个月后 12 month preservation	
菌株 Strain	病情指数 Disease index	菌株 Strain	病情指数 Disease index	菌株 Strain	病情指数 Disease index
JB2	91.28 a A*	JB2	81.11 a A*	JB2	57.44 a A*
JN	89.79 b B	BJ2	78.84 a AB	BJ2	48.91 b B
LC1	88.44 c C	JN	78.68 a AB	JN	48.91 b B
BJ2	83.33 d D	LC1	73.31 b BC	CY13	43.56 bc BC
HN1	81.67 e E	JB4	72.44 bc BCD	JB1	43.33 bcd BC
JB4	81.33 e E	TA1	69.56 bcd CDE	JB4	43.33 bcd BC
JB5	80.67 f F	JB5	69.56 bcd CDE	JB5	42.44 cd BCD
JB16	80.44 f F	CY13	69.47 bcd CDE	LC1	42.44 cd BCD
WF2	79.67 g G	JB1	69.44 bcd CDE	JB16	41.44 cd BCDE
TA1	79.47 g G	JB12	69.44 bcd CDE	CY19	41.11 cd BCDEF

续表 2

JB3	79.43 g G	JB3	69.33 bcd CDE	TA1	39.56 cde CDEF
GD1	79.33 g G	JB16	67.86 bcde CDEF	JB3	38.91 cdef CDEF
CY13	75.44 h H	GD1	67.44 bcde CDEFG	CY12	38.67 cdef CDEF
YS7	75.11 h H	ZB1	67.11 cde CDEFGH	ZB1	38.22 cdef CDEF
ZB1	75.11 h H	HN1	64.67 def DEFGHI	GD1	37.44 cdef CDEF
JB8	73.45 i I	WF2	63.44 defg EFGHI	JB13	37.44 cdef CDEF
CY5	73.36 ij I	YS7	63.33 defg EFGHI	CY5	37.11 def CDEF
JB1	73.31 ij I	CY5	63.33 defg EFGHI	WF2	37.11 def CDEF
JB12	72.89 j I	JB8	63.22 defg EFGHI	CY17	34.89 efg DEFG
CY12	72.11 k J	CY19	62.56 efg EFGHIJ	CY6	33.56 efg EFG
JB9	71.43 l K	CY12	61.56 efg EFGHIJ	JB8	33.33 fgh FG
JB13	69.32 m L	CY6	59.55 fgh FGHIJK	YS7	33.33 fgh FG
QD4	68.91 mn LM	QD4	59.19 fgh GHJK	JB12	33.33 fgh FG
CY11	68.44 no MN	JB13	58.89 fgh HIJK	CY11	29.44 ghi G
JB11	68.11 o N	JB9	57.78 gh IJK	HN1	29.44 ghi G
CY19	67.39 p O	CY11	57.76 gh IJK	JB11	28.91 hi G
CY6	66.47 q P	JB11	57.56 gh IJK	JB6	28.91 hi G
CY17	64.37 r Q	JB6	54.37 h JK	QD4	27.89 hi G
JB6	62.79 s R	CY17	53.44 h K	JB9	27.44 i G
CY16	62.11 t R	CY16	31.11 i L	CY16	17.44 j H
CY24	60.43 u S	CY24	29.33 i L	CY24	0.00 k I
CY26	59.33 v T	CY26	18.25 j M	CY26	0.00 k I

注: \*大小写字母表示在 0.01 和 0.05 上的显著差异。

Note: \* The capital and small letters showing significant differences in 0.01 and 0.05.

### 3 讨论

寄生霜霉属于专性寄生菌，无法在人工培养基上培养和保藏。作者在研究中发现，寄生霜霉孢子囊在保湿条件下可在离体叶片上存活 14–20d，与寄主叶片的保鲜存活时间相一致；寄生霜霉孢子囊悬浮液在 4℃ 条件下可存活 1–5d，在低于 0℃ 条件下可存活 3–12h。采用王翠花等（1989）的方法只能保藏寄生霜霉 6 个月。

针对寄生霜霉的长期保藏，本文成功探索

出了一种新的离体子叶冷冻法，并对王翠花等（1989）的方法进行了改进（离体叶片冷冻法），同时采用 10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法保藏寄生霜霉。试验结果表明，3 种方法对寄生霜霉的保藏效果存在显著差异。从孢子囊萌发率来看，离体子叶冷冻法的保藏效果最好，其次是离体叶片冷冻法，10%二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法保藏的孢子囊萌发率极低，几乎不萌发；从孢子囊的发病率和病情指数来看，同样是离体子叶冷冻法的保藏效果最好，孢子囊接种离体子叶后发病率和病情指数均较高，其

其次是离体叶片冷冻法，而 10%二甲基亚砜+5% 脱脂乳冷冻法保藏的孢子囊丧失致病力；从保藏时间来看，离体子叶冷冻法保藏时间较长，在保藏了 12 个月后其致病力仍然较高，经回接后仍能产生充足的孢子囊。

目前，本实验室采用离体子叶冷冻法保藏的寄生霜霉 18 个月后仍具有较高的致病力。另外，本实验室采用离体叶片冷冻法保藏寄生霜霉 6 个月仍获得较高的孢子囊萌发率、发病率以及病情指数，但保藏 12 个月后霜霉菌孢子囊的萌发率、发病率及病情指数显著下降，这与王翠花等(1989)的研究结果相一致。采用 10% 二甲基亚砜+5%脱脂乳冷冻法保藏 6 个月和 12 个月的孢子囊均没有致病力，且保藏 6 个月的孢子囊萌发率极低，12 个月后的孢子囊萌发率为 0，这与 Satou (2000) 的结果相反，可能是病原菌的差异导致的结果。二者虽同属

*Peronospora parasitica* var. *brassicae*，但分属不同的生理小种；大白菜霜霉病菌在清水条件下即可萌发，加入 10%二甲基亚砜+5%脱脂乳可能对其孢子囊的萌发产生抑制作用，这些问题仍需进一步研究。张艳菊等 (2007) 采用该方法成功地保藏了黄瓜霜霉病菌——古巴假霜霉 *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & M.A. Curtis) Rostovzev，这是由于古巴假霜霉与寄生霜霉虽然同属于卵菌，但是两者存在显著差异，特别是古巴假霜霉可以产生游动孢子，而寄生霜霉不能产生游动孢子。因此，适于古巴假霜霉的保藏方法不一定适于寄生霜霉的有效保藏。

本研究结果表明，采用离体子叶冷冻法保藏寄生霜霉比离体叶片冷冻法效果好，这主要存在以下原因：(1) 离体子叶冷冻法采用的是生长健壮的子叶，而离体叶片冷冻法虽然采集的是田间新鲜的发病叶片，但经冲洗和保湿培

养再产生新鲜霉层，叶片的生理活性明显不如子叶。(2) 试验采用的子叶是在室内培育的健康子叶，经无菌水冲洗后，其表面的杂菌数量显著低于田间采集叶片上的杂菌数量。(3) 田间采集的病叶叶片较大，大白菜霜霉病病斑和其后产生的霉层在叶片上的分布较分散，在进行保藏时需切下病斑，该操作会引起孢子囊的损失；而离体子叶冷冻法中子叶的体积小，霉层较集中，便于快速地将子叶保藏起来，子叶上的孢子囊损失较小。(4) 离体叶片冷冻法保藏时，虽然用吸水纸对产生的新鲜霉层进行了吸水，但由于叶片表面不规则，残留水分较多，这其实是将一部分的孢子囊置于水中冷冻保藏，致使水中孢子囊极易被冻死；而离体子叶冷冻法中的子叶平展，易于吸水纸吸水，有效减少了子叶上霉层中的水分，显著提高了孢子囊的保藏效果。

作者采用离体子叶冷冻法保藏的 32 株寄生霜霉，菌株保藏 6 个月后的回接成功率为 100%，保藏 12 个月的回接成功率为 93.75%，有效保藏期大于 12 个月；另外菌株保藏前后的萌发率和病情指数的差异大体一致，表明保藏后菌株的致病力与菌株保藏前的致病力相关，因此，在进行大白菜霜霉病菌保藏时，应选择致病力强的菌株，并可根据菌株保藏前的致病力合理计划菌株复壮时间。本文研制出的离体子叶冷冻法操作简单，适合于大白菜霜霉病菌长期和有效的保藏。但此方法是否适合其他专性寄生菌的保藏，仍有待进一步研究加以验证。

## [REFERENCES]

- Chang IH, Shi NL, Chiu WF, 1964. A preliminary study on the physiological differentiation of the downy mildews [*Peronospora parasitica* (Pers) Fr.] of Chinese cabbage and other cruciferous vegetables in the vicinity of Peking and

- Tientsin. *Acta Phytopathologica Sinica*, 7(1): 33-44 (in Chinese)
- Huang KH, Kong D, 1986. Resistant identification of Chinese cabbage on virus and downy mildew. *Vegetable*, 1: 21-23 (in Chinese)
- Li B, Yuan XH, 2000. Advances of Chinese cabbage breeding for disease resistance in the national key research programs. *Journal of Changjiang Vegetables*, 1(1): 3-6 (in Chinese)
- Li SY, Ke GL, Hu CX, 1996. The identifying and screening of standards of resistance to three diseases (cruciferous virus, downy mildew and black spot) in Chinese cabbage. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 5(1): 35-38 (in Chinese)
- Satou M, 2000. Studies on physiological specialization of downy mildew of crucifers caused by *Peronospora parasitica*. *Plant Pathology*, 66: 283
- Shao XH, Chen QQ, Zhang FQ, 1990. Research on relation between some ecological factors and *Peronospora parasitica* (Pers) Fr. on Chinese cabbage plants. *Acta Agriculturae Shanghai*, 6(3): 78-81 (in Chinese)
- Wang CH, Wang HJ, Wang SX, 1989. A preliminary study of preservation method of Chinese cabbage downy mildew fungi. *Shandong Agricultural Sciences*, 4: 38 (in Chinese)
- Zhang YJ, Qin ZW, Zhou XY, Xu SJ, Su YF, Cai N, 2007. The preservation of *Pseudoperonospora cubensis*. *Acta Phytopathologica Sinica*, 37(4): 438-441 (in Chinese)
- [附中文参考文献]
- 黄克慧, 孔都, 1986. 大白菜品种对病毒及霜霉的抗病性鉴定. 蔬菜, 1: 21-23
- 李彬, 袁希汉, 2000. 国家科技攻关白菜抗病育种进展. 长江蔬菜, 1(1): 3-6
- 李省印, 柯桂兰, 胡彩霞, 1996. 白菜对病毒病霜霉病黑斑病的三抗性鉴定与筛选标准. 西北农业学报, 5(1): 35-38
- 邵小花, 陈全庆, 张繁琴, 1990. 大白菜霜霉病与若干生态因子的关系. 上海农业学报, 6(3): 78-81
- 王翠花, 王洪久, 王世祥, 1989. 大白菜霜霉病菌保藏方法的初步研究. 山东农业科学, 4: 38
- 章一华, 石银鹿, 裴维蕃, 1964. 京津大白菜及其他十字花科作物霜霉病菌生理分化的初步研究. 植物病理学报, 7(1): 33-44
- 张艳菊, 秦智伟, 周秀艳, 徐生军, 苏亚非, 蔡宁, 2007. 黄瓜霜霉病菌保藏方法. 植物病理学报, 37(4): 438-441