

## 배추 무사마귀병의 발생상황과 병원균(*Plasmodiophora brassicae*)의 병원성 및 배추품종의 병저항성

김두욱 · 오정행\*<sup>1</sup>

중앙종묘주식회사 오산육종연구소

<sup>1</sup>단국대학교 농과대학 농학과

### Incidence, Pathogenicity of Clubroot Fungus(*Plasmodiophora brassicae*) and Varietal Resistance in Chinese Cabbage

Doo-Wook Kim, Jeung-Haing Oh\*<sup>1</sup>

Osan Breeding Institute, Choong Ang Seed Co., LTD., Hwasung 445-810, Korea

<sup>1</sup>Department of Agronomy, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

**ABSTRACT :** To obtain a basic information of breeding for resistance to clubroot in Chinese cabbage, disease incidence, pathogenicity, and varietal response to the pathogen were studied. Incidence of clubroot was observed at 3 districts in Gyeonggi-Do, 2 districts in Kangwon-Do, and 1 district each in Gyeongnam, Gyeongbuk and Jeonbuk, respectively. Disease infection rate and diseased area were most severe in northern part of Gyeonggi-Do. The isolates of clubroot collected from 8 different districts were not different in their virulence one another in view of their infection rate and disease severity in Chinese cabbage. The clubroot fungus had a wide host range for the cruciferous vegetables. Disease severity was high in rape, turnip and mustard, moderate in Chinese cabbage and broccoli, and low in kale and cauliflower. All of Korean hybrids of Chinese cabbage tested were highly susceptible to clubroot, but Japanese varieties were resistant to the highly pathogenic isolate(EJ-93) which was isolated from the Chinese cabbage in Korea. The hybrid(F1) between clubroot resistant line(930WG) and the susceptible line(332MS) showed completely resistant reaction, which indicated that clubroot resistance was governed by a dominant gene.

**Key words :** *Plasmodiophora brassicae*, clubroot, cabbage, host range, resistance.

배추는 우리 식생활에 없어서는 안될 중요한 채소 중의 하나로 최근 식생활의 변화에 따라 소비가 늘어나고 있으며, 육종 및 재배 기술의 향상으로 연중 생산도 가능하게 되었다. 재배시기 및 작형도 다양해져 가을배추의 면적은 줄어드는 반면에 하우스 및 여름에 재배하는 면적은 증가하여 현재 우리나라 배추 재배면적은 39,609 ha로 전체 채소 재배면적의 11.3%를 차지하고 있다(10). 이처럼 하우스 및 여름 재배면적이 늘어남에 따라 예전에는 문제가 되지 않았던 병들이 근래에 점차 피해의 정도가 심해지고 있다. 그중 배추 무사마귀병(*Plasmodiophora brassicae* Woron.)은 토양전염병으로 우리나라에서는 1920년 9월 수원과 서울에서의 발병이 최초로 보고되었으며(9) 피해정도

는 현재 지역에 따라 차이가 있으나 앞으로 한정된 면적에의 연작으로 인한 피해의 증가는 충분히 예상된다.

본 연구에서는 배추 주산지에서 무사마귀병의 발생 현황을 조사하고 그 기주범위 및 품종저항성을 검정 하므로써 배추 무사마귀병의 저항성 품종육성 연구를 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

### 재료 및 방법

십자화과 채소의 병 발생상황. 1991년부터 1994년까지 배추 재배지인 강원도 횡성, 춘천, 경기도 화성, 고양, 의정부, 평택, 경북 안동, 경남 함안, 전북 장수 등 9개 지역의 노지포장과 비닐하우스에서 배추를 비롯한 십자화과 채소의 무사마귀병 발생상황을 조사하

\*Corresponding author.

였다. 병 발생포장에서 지상부 위조증상을 조사하여[0: 발병없음, 1: 포장의 10% 정도 시들음, 2: 포장의 30% 정도 시들음, 3: 포장의 60% 이상 시들거나 고사함.]의 4등급으로 구분하여 피해정도를 나타내었고 포장의 토양을 수거하여 토양산도와 토성을 분석하였다.

병원균의 분리 및 동정. 이병된 포장에서 잎이 약간 시들음 증상을 나타내며 생육이 저조한 포기의 근부에 형성된 곤봉모양의 뿌리혹을 채집하였다. 채집한 시료의 뿌리에 붙은 흙을 깨끗이 털어내고 뿌리를 0.5 cm의 길이로 잘라 이병조직 50 g당 증류수 450 ml를 가하여 분쇄기로 분쇄한 후, 2겹 가제로 여과하고 다시 8겹 가제로 여과하였다. 추출된 현탁액을 2,000 rpm에 10분간 원심분리한 후 상등액을 제거하고 남은 점질의 담갈색 침전물(휴면포자)을 다시 증류수를 가하여 3회 반복 원심분리한 후, 나타난 최종 침전물의 회백색부를 스포이드로 모아서 증류수를 첨가하였다. 이를 현미경하에서 균의 크기와 형태 등의 특징을 검경하였고, 혈구계산기로 포자의 수를 측정한다음 -20°C에 냉동 보관하여 실험에 사용하였다.

병원성검정. 병원균의 병원성 검정은 유묘접종법으로 하였다. 파종상자(35×50×10 cm)에 상토:Perlite: Vermiculite를 1:1:1(v/v/v)의 비율로 섞은 배양토에 배추품종 서울의 종자를 5 cm 간격으로 파종하여 본엽 1~2매시 묘를 뽑아 뿌리가 상하지 않도록 흙을 털어내고 병원균 포자현탁액( $5 \times 10^6$ /ml)에 1시간 침지한 후 13×13×10 cm 포트에 정식하였다. 접종한 식물체는 저면관수를 하여 토양수분이 포화상태가 되

도록 유지하였고 4주 후부터는 약간 건조하게 관리하여 근류의 형성을 촉진시켰으며, 발병 조사는 파종 40일 후 각 균주당 50개체의 이병정도를 5등급으로 조사하였다. 이병정도는 0=근류 형성되지 않음, 1=개체당 1~10%의 뿌리에 근류가 형성되고 근류는 직경 1 mm로 독립적임(가중치 10), 2=11~30% 뿌리에 근류가 형성되고 근류는 부풀고 때로는 융합됨(가중치 30), 3=31~60% 뿌리에 근류가 형성되고 측근과 직근에도 형성됨(가중치 60), 4=60% 이상의 뿌리에 심하게 발병함(가중치 100)으로 구분하였으며 발병도= $\Sigma$ (각 등급치에 해당하는 개체수×가중치)/공시개체수로 산출하였다.

기주범위 및 저항성 조사. 우리나라에서 재배되고 있는 십자화과 식물의 배추 무사 마귀병에 대한 기주범위 및 배추 육성계통의 병저항성 검정을 유묘검정법으로 조사하였다. 무, 배추를 비롯한 십자화과 채소 11종류와 국내에서 육성된 23개 F<sub>1</sub> 계통, 외국에서 도입된 저항성 재료를 분리하여 육성한 저항성계통, 각종 형질이 우수한 감수성계통 및 일본에서 저항성 품종으로 육성된 품종들을 공시하여 병원성 검정방법과 같은 유묘접종법으로 저항성검정을 하였으며, 접종 40일 후에 계통당 20개체의 이병주율을 조사하였다.

## 결과 및 고찰

배추 무사마귀병 발생상황. 전국의 배추 주산지에서 무사마귀병의 발생상황을 조사한 결과(Table 1) 배

**Table 1.** Occurrence of clubroot disease of cruciferous plants in Korea

	Location	Host	Disease severity <sup>a</sup>	Soil pH	Soil texture	Year occurred
Gyeonggi	Koyang	Chinese cabbage	(3) <sup>b</sup>	5.8	Clay loam	1992~94
	Eujeongbu	Chinese cabbage	(3)	5.6	Clay loam	1991~94
	Eujeongbu	Mustard	2	5.6	Clay loam	1994
	Hwaseong	Turnip	1	6.0	Clay loam	1994
	Hwaseong	Chinese cabbage	1	6.3	Clay loam	1992~94
	Pyungtak	Chinese cabbage	(2)	6.5	Sandy loam	1993~94
Kangwon	Hoengsung	Chinese cabbage	2	4.9	Loam	1994
	Hoengsung	Radish	2	4.9	Loam	1994
	Chuncheon	Chinese cabbage	1	5.8	Sandy loam	1994
Gyeongbuk	Andong	Chinese cabbage	1	5.5	Sandy loam	1994
Gyeongnam	Haman	Chinese cabbage	2	4.5	Loam	1991~94
Jeonbuk	Jangsu	Chinese cabbage	2	5.3	Clay loam	1991~94

<sup>a</sup> Severity of clubroot disease, using a 4-class rating scale of individual seedlings: 0=no symptom; 1=10% plants showed slight wilting symptom by the infection in the field; 2=30% plants were moderate wilting symptom by the infection in the field; 3=more than 60% of the plants were severe wilting or withering to death symptom by the infection in the field.

<sup>b</sup> Number in parenthesis indicates disease incidence in vinyl house.

추 무사마귀병이 발생된 지역은 경기도 고양, 의정부, 화성, 평택과 강원도의 횡성, 춘천, 경북의 안동, 경남의 함안, 전북의 장수 등이었으며 이들 중 고양, 의정부, 평택, 함안, 장수 등은 발병도 2 이상으로 비교적 심한 발생을 보였다. 특히 시설재배지인 고양, 의정부, 평택 등이 노지재배 지역에 비해 발병정도가 높아 시설재배 면적의 증가와 함께 이 병의 피해 증가가 우려되었다. 권업모범장 연구보고(9)에 의하면 국내에서는 1920년에 이미 배추 무사마귀병이 수원과 서울에서 발생되었으나, 피해정도가 경미하여 크게 문제시 되지 않았다. 그러나 전북 장수에서는 1980년대 부터 계속적으로 발생하고 있으며, 경기도 이천지방에서는 1985년 9월 가을배추에 심하게 발생한 적도 있다. 또한 1992년까지는 병발생 지역이 경기 북부 일부지방과 전북 장수 등의 일부지역에 국한 되었으나 1993년부터 전국적으로 확산되는 경향을 나타내었다. 발병 포장의 토양 pH는 경남 함안지역이 pH 4.5로 산성토양이었고, 경기 고양시외 7개지역은 pH 5.3~6.5 사이로 나타났다. 김천 등(14)은 pH 6.5보다는 pH 5.5에서 발병율이 높다고 하였고, Nieuwhof와 Wiering(3)은 pH 7.8에서는 발병이 억제되나 pH 5.7과 pH 6.4에서는 발병율이 높으며, pH가 낮을수록 발병율이 높다고 보고하였다. 따라서 우리나라의 배추 무사마귀병 발생지역의 토양산도는 대부분 pH 5.3~6.5로 나타나 발병조건에 적합한 상태인 것으로 나타났으며 이 pH 범위내에서는 토양 pH와 발병율이 일치하지는 않았다. 배추외 다른 십자화과 채소에서도 배추 무사마귀병이 발생되었는데, 1994년 6월 경기도 의정부에서는 적지에서 발생하였고, 강원도 횡성 둔내에서는 무에서, 경기 화성에서는 순무에서도 발생하였다. 김천(15)은 1982년에 일본에서 양배추에서의 발병을 보고한 바

있어 배추 외의 십자화과 식물에서도 무사마귀병의 피해가 상당한 것으로 생각된다. 비록 이들의 발병 면적이 소규모이기는 하나 강원도 횡성군 둔내 지역이 준고냉지로서 무와 배추의 주산지인 점을 감안하면 병방제대책이 필요하다.

병원성 및 기주범위. 경기도 화성을 비롯한 전국 8개소의 배추 무사마귀 발병지역에서 이병식물체를 채집하여 그들로부터 무색, 구형의 직경 2.1~3.7 μm인 무사마귀균의 휴면포자를 분리하였다. 분리한 8균주를 감수성품종인 서울배추에 접종하여 병원성 검정을 실시한 결과(Table 2) 이병주율은 45~65%였으며 발병도는 24.0~31.6이었다. 균주간 병원성에 큰 차이는 없었으나 1993년 의정부에서 분리한 EJ-93 균주가 가장 높은 이병주율 65.0%를 보였고 화성에서 분리한 HS-92 균주가 가장 낮은 이병주율 45%를 보였다. 한편, 발병도는 이병주율과 일치하지 않아 안동에서 분리한 AD-94가 가장 높았다. 본 실험에서 균주간 병원성의 차이가 크지는 않았으나 이미 배추 무사마귀균의 race 분화가 보고되어 있으므로(1, 5-7, 13) 우리나라 균주의 race 판별이 필요할 것으로 보인다. 배추 무사마귀병은 배추외의 십자화과 식물에도 발생하므

**Table 2.** Pathogenicity of *Plasmodiophora brassicae* isolates from different locations in Korea

Isolate	% of diseased plant	Disease severity <sup>a</sup>
HS-92	45.0	24.0
EJ-93	65.0	29.5
AD-94	47.4	31.6
KY-94	48.5	24.9
PG-94	56.3	29.3
CC-94	50.2	29.4
HA-94	49.7	27.2
JS-94	50.4	26.5

<sup>a</sup> Disease severity=(0X<sub>0</sub>+10X<sub>1</sub>+30X<sub>2</sub>+60X<sub>3</sub>+100X<sub>4</sub>)/(X<sub>0</sub>+X<sub>1</sub>+X<sub>2</sub>+X<sub>3</sub>+X<sub>4</sub>). X<sub>0</sub>~X<sub>4</sub> are the numbers of plants investigated in each grade when each isolate was inoculated to the susceptible Chinese cabbage cv. Seoul.

**Table 3.** Disease severity of cruciferous plants inoculated with *Plasmodiophora brassicae* isolate EJ-93

Host	% of infected plants	Disease severity <sup>a</sup>
Radish ( <i>Raphanus sativus</i> L.)	0	0
Chinese cabbage ( <i>Brassica campestris</i> L. spp. <i>pekinensis</i> L.)	100	42
Leaf mustard ( <i>Brassica juncea</i> L.)	100	96
Rape ( <i>Brassica napus oleifera</i> L.)	100	100
Turnip ( <i>Brassica campestris</i> L. spp. <i>rapa</i> L.)	100	89
Leaf mustard ( <i>Brassica juncea</i> L.) (Dolsangat)	100	100
Cabbage ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L.)	100	66
Kale ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i> L.)	50	30
Cauliflower ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>botrytis</i> L.)	50	24
Broccoli ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> L.)	100	70
Chinese mustard ( <i>Brassica cam-</i>	100	100
<i>pestris</i>		

<sup>a</sup> Disease severity=(0X<sub>0</sub>+10X<sub>1</sub>+30X<sub>2</sub>+60X<sub>3</sub>+100X<sub>4</sub>)/(X<sub>0</sub>+X<sub>1</sub>+X<sub>2</sub>+X<sub>3</sub>+X<sub>4</sub>). X<sub>0</sub>~X<sub>4</sub> are the numbers of plants investigated in each grade.

**Table 4.** Disease reactions of Chinese cabbage cultivars and lines to *Plasmiodiophora brassicae* isolate EJ-93 by artificial inoculation in different seasons

Cultivar and line	Spring		Autumn	
	% of Infected plants	Disease severity <sup>a</sup>	% of Infected plants	Disease severity <sup>a</sup>
CB-H1	40.0	30.0	83.3	55.7
CB-H2	54.5	35.5	96.7	73.7
CB-H3	- <sup>b</sup>	-	90.0	65.0
CB-H4	66.7	43.3	76.7	69.3
CB-H5	54.5	47.3	100.0	88.0
CB-H6	-	-	100.0	92.0
CB-H7	-	-	90.0	86.0
CB-H8	75.0	35.8	100.0	93.0
CB-H9	71.0	45.0	100.0	96.0
CB-H10	72.0	59.1	90.0	100.0
CB-H11	67.0	53.5	-	-
CB-H12	54.5	44.5	-	-
CB-H13	-	-	90.0	75.0
CB-H14	-	-	100.0	91.0
CB-H15	-	-	70.0	62.0
CB-H16	40.0	32.0	100.0	81.0
CB-H17	66.7	34.2	-	-
CB-H18	-	-	100.0	73.0
CB-H19	-	-	100.0	100.0
CB-H20	-	-	90.0	86.0
CB-H21	-	-	100.0	92.0
CB-H22	75.0	40.8	100.0	96.0
CB-H23	-	-	90.0	82.0
CR Kaname	0	0	0	0
Strong CR75	-	-	0	0
Kohboh	0	0	0	0
CR Shinki	0	0	0	0
930WG	-	-	0	73.3
332MS	-	-	80.0	-

<sup>a</sup> Disease severity=(0X<sub>0</sub>+10X<sub>1</sub>+30X<sub>2</sub>+60X<sub>3</sub>+100X<sub>4</sub>)/(X<sub>0</sub>+X<sub>1</sub>+X<sub>2</sub>+X<sub>3</sub>+X<sub>4</sub>). X<sub>0</sub>~X<sub>4</sub> are the numbers of plants investigated in each grade.

<sup>b</sup> Missing data.

로 재래종 십자화과 채소 6종과 양배추류 등 5종을 대상으로 발병도를 조사하였다(Table 3). 공시한 십자화과 식물 중 무를 제외한 모두가 높은 감수성을 보였다. 갓, 유채, 순무, 돌산갓 등은 100%의 이병주율과 높은 발병도를 나타내어 감수성이 높았으며, 배추, 양배추, Broccoli 등은 이병주율은 100%로 높았으나, 발병도는 각각 42, 66, 70으로 중간수준이었고, Kale과 Cauliflower는 이병주율이 모두 50% 정도로 중도저항성이 있는 것으로 인정되었다. 무(F<sub>1</sub>)에서는 발병도가 매우 낮았는데 設澤(11, 12) 등, 吉川 등(15)에 의하면 십자화과 작물 중에서 Rutabaga와 양배추류는 무사마귀병에 저항성이 있으며, 배추, 순무, 갓, Salt green 및 고채 등은 저항성이 극히 약한 편이며, 무에 있어서는 저항성이 강한 것부터 약한 것까지 품종에 따른 차이가 큰 것으로 알려져 있다. 즉, 국내에는 무사마귀병의 저항성 소재가 적은 것으로 생각되며, 매년 배추 무사마귀병의 피해가 증가할 것으로 예상되어 저항성품종 육성이 시급하므로 저항성 육종재료의 확보가 절실히 요구되고 있다.

배추품종의 병저항성. F<sub>1</sub> 품종 저항성검정을 위해 국내에서 육성되어 시판되고 있는 배추 23품종과 일본에서 저항성 품종으로 육성된 4품종 및 육성계통중 저항성 재료로 분리한 2계통을 공시하여 병토삽입 접종법으로 접종한 유묘검정법으로 저항성을 조사하였다(Table 4). 국내에서 육성한 공시품종들은 모두가 감수성 반응을 보여 봄 검정에서는 30~40.8, 가을 검정에서는 55.7~100의 발병도를 보였다. 그러나 저항성으로 알려진 일본 도입종, CR Kaname, Strong CR75, Kohboh, CR Shinki 등은 모두 발병이 없었으며 우리나라 분리육성계통인 930WG도 저항성 반응을 보였다. 따라서 국내에서 육성된 대부분의 배추품종들은 무사마귀병에 대해 감수성인 것으로 보이며 일본계 4품종과 분리육성계통 930WG는 저항성 품종육성을 위한 유전자원으로 이용 가능할 것으로 생각된다. 본 시험의 결과 가을검정은 봄검정에 비해 발병율이 높

**Table 5.** Analysis of resistance to *Plasmiodiophora brassicae*

Generation	No. of plants tested	Number of plants in each grade of infection					% of infected plants	Disease severity <sup>a</sup>
		0	1	2	3	4		
P <sub>1</sub> (930WG)[R] <sup>b</sup>	27	27	0	0	0	0	0	0
P <sub>2</sub> (332MS)[S]	30	6	0	3	5	16	80.0	73.3
F <sub>1</sub> (P <sub>1</sub> ×P <sub>2</sub> )	25	25	0	0	0	0	0	0

<sup>a</sup> Disease severity=(0X<sub>0</sub>+10X<sub>1</sub>+30X<sub>2</sub>+60X<sub>3</sub>+100X<sub>4</sub>)/(X<sub>0</sub>+X<sub>1</sub>+X<sub>2</sub>+X<sub>3</sub>+X<sub>4</sub>). X<sub>0</sub>~X<sub>4</sub> are the numbers of plants investigated in each grade.

<sup>b</sup> [R] and [S] stand for resistant and susceptible reactions to *Plasmiodiophora brassicae*, respectively.

았는데 이는 Karling(2)의 고온보다는 냉랭한 기후 지역에서 발병율이 높다는 보고에 비추어 재배기간의 기온 차이에 의한 것으로 생각되며, 따라서 배추 무사마귀병의 저항성시험은 가을에 실시하는 것이 효과적일 것으로 생각된다. 저항성계통으로 분리, 육성한 자식 7세대 계통으로서 저항성인 930WG계통과 감수성이지만 다른 형질이 우수한 332MS계통을 교배하여 채종한 F<sub>1</sub>의 저항성을 검정한 결과(Table 5) 저항성 모본의 발병율은 0이었고 감수성 부분의 발병율은 80%였으며 F<sub>1</sub>의 발병율은 저항성 모본과 동일하게 0으로 나타났다. 따라서 이들의 후대검정 결과를 보아야 정확히 알겠지만, 우선 저항성 형질은 우성유전자에 의해 지배되는 것으로 보였다. Strandberg와 Williams(4), Yoshikawa(8)에 의하면 배추에 있어서의 무사마귀병 저항성은 단일자 우성으로 유전하는데, 이는 본 연구의 결과와 일치하는 것이며 따라서, 930WG계통은 저항성품종 육성을 위한 모본으로서 우수한 재료로 생각된다.

## 요 약

배추 무사마귀병에 대한 저항성 품종육성의 기초자료를 얻기 위하여 병 발생상황을 조사하고 분리한 병원균의 병원성과 기주범위 및 품종의 병저항성을 검정하였다. 배추 무사마귀병의 발병은 1991년부터 1994년까지 경기도 3개 지역, 강원도 2개 지역, 경남, 경북, 전북의 각각 1개 지역에서 관찰되었고, 그중 경기 북부지역은 발생면적이 넓고, 피해도 가장 심하였다. 배추 무사마귀병이 발생한 8개 지역에서 분리한 병원균의 병원성은 이병주율 및 발병도 등에서 큰 차이가 없었으며 십자화와 채소에서 무사마귀병의 기주범위는 갓, 유채, 순무 및 돌산갓은 100%의 이병주율과 높은 발병도를 보였으며, 배추, 양배추, Broccoli는 이병주율은 100%로 높았으나 발병도는 중 정도였고, Kale, Cauliflower는 중정도의 이병주율과 발병도를 보였다. 국내에서 육성된 대부분의 배추 품종들은 높은 감수성을 보였고, 일본 도입종인 저항성 4품종은 우리나라 균주에 대해서도 모두 높은 저항성을 보였다. 저항성 계통 930WG와 감수성 계통 332MS의 교잡 1대(F<sub>1</sub>)는 완전 저항성으로 나타나 배추 무사마귀병에 대한 병저항성은 우성 유전인자에 의해 지배되는 것으

로 나타났다.

## 참고문헌

1. Jonston, T. O. 1968. Clubroot in brassica. A standard inoculation technique and the specification of races. *Plant Pathology* 17: 184-187.
2. Karling, J. S. 1968. *The plasmodiophorales*. Hafner Publishing Company, New York. 256 pp.
3. Nieuwhof, M. and Wiering, D. 1961. Testing crucifer plants for clubroot resistance(*Plasmodiophora brassicae* WORN.). *Euphytica* 10: 191-200.
4. Strandberg, J. O. and Williams, P. H. 1967. Inheritance of clubroot resistance in Chinese cabbage. *Phytopathology* 57: 330-331.
5. Toxopeus, H. and Janssen, A. M. 1975. Clubroot resistance in turnip. II. The slurry screening method clubroot race in the Netherland. *Euphytica* 24: 751-755.
6. Williams, P. H. 1966. A system for the determination of races of *Plasmodiophora brassicae* that infect cabbage and rutabaga. *Phytopathology* 56: 624-626.
7. Wit, F. and Van de Weg, M. 1964. Clubroot resistance of turnips(*Brassica campestris*) of the parasite and their identification in mixture. *Euphytica* 13: 9-18.
8. Yoshikawa, H. 1983. Breeding for clubroot resistance of crucifer crops in Japan. Tropical Agriculture Research Center. *JARQ* 17(1): 6-11.
9. 權業模範場研究報告. 1928. 朝鮮作物病害目錄. 朝鮮總督府權業模範場. 15: 77-78.
10. 농림수산부. 1993. 농림수산통계년보. 354 pp.
11. 設澤正和, 吉川宏昭, 飛彈健一. 1978. アブラナ科野菜の根こぶ病抵抗性育種に關する研究. I. 抵抗性育種素材の檢索(1). 野菜試報. A.4: 1-25.
12. 設澤正和, 吉川宏昭, 飛彈健一. 1980. アブラナ科野菜の根こぶ病抵抗性育種に關する研究. II. 抵抗性育種素材の檢索(2). 野菜試報. A.7: 35-75.
13. 吉川宏昭. 1976. アブラナ科野菜の根こぶ病菌のレス檢定. 農業および園藝. No. 51-5: 628-633.
14. 吉川宏昭, 設澤正和, 飛彈健一. 1981. アブラナ科野菜の根こぶ病抵抗性育種に關する研究. III. 根こぶ病抵抗性の早期檢定法. 野菜試報. A.8: 1-12.
15. 吉川宏昭. 1988. アブラナ科野菜の根こぶ病抵抗性育種. 第30回日本育種學會. シンポジウム報告. 育種學最近の進歩. 30: 131-144.

(Received March 23, 1997)