

효율적인 무 시들음병 저항성 검정법 개발 및 무 품종들의 병 저항성 평가

백송이 · 김진철 · 장경수 · 최용호 · 최경자*

한국화학연구원 산업바이오화학연구센터

Development of Effective Screening Method and Evaluation of Radish Cultivars for Resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*

Song-Yi Baik, Jin-Cheol Kim, Kyoung Soo Jang, Yong Ho Choi and Gyung Ja Choi*

Chemical Biotechnology Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology,

Daejeon 305-600, Korea

(Received on June 25, 2010; Accepted on July 6, 2010)

To establish the efficient screening method for resistance of radish to *F. oxysporum* f. sp. *raphani*, we investigated the development of Fusarium wilt of two radish cultivars, 'Songbaek' (susceptible) and 'Tokwang' (moderately resistant), according to several conditions such as inoculation methods, inoculum concentrations, and dipping periods of radish roots in spore suspension. By infected soil and soil-drenching inoculation methods, Fusarium wilt did not occur on the seedlings of both cultivars. In root dipping inoculation method using cut or non-cut roots of radish plants, the cut roots were easily infected by the pathogen than non-cut roots. And the disease development of two cultivars represented significant difference in non-cut root method. On the other hand, disease severity of Fusarium wilt on radish seedlings according to inoculum concentration increased in a dose-dependant manner, regardless of dipping periods. Using screening method established from the results, the 41 commercial radish cultivars were evaluated the degree of resistance to *F. oxysporum* f. sp. *raphani*. Among them, 6 radish cultivars were resistant, 22 cultivars were moderately resistant, and 13 cultivars were susceptible to Fusarium wilt.

Keywords : Breeding, Fusarium wilt, Radish yellows, *Raphanus sativus*, Resistant

무(*Raphanus sativus*)는 오래 전부터 여러 가지 형태로 중국, 한국, 일본 및 유럽의 온대지방 등에 널리 존재해 왔다(표와 최, 1989). 우리나라 5대 채소 중 하나인 무의 2006년 재배 면적은 13,192 ha로서 533,210톤이 생산되었다(농림수산식품부, 2007). 무는 저온 감온성이 낮은 신품종 육성과 새로운 작형 세분화로 연중 재배가 가능하게 되었으나, 오랜 기간의 연작으로 인해 각종 병해와 생리적인 장애가 점차 증가하고 있다. 지금까지 무에 발생하는 병해로는 탄저병 등 19종이 보고되어 있다(한국식물병리학회, 2009).

무 시들음병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *raphani*는 불완전균류로 토양 내에서 후벽포자를 형성하여 기주식

물 없이도 수년간 휴면상태로 존재하는 것이 가능하다. 그리고 환경이 병해 발생에 양호해지면 후벽포자는 발아하여 기주식물의 뿌리를 침입하여 병을 일으킨다(van Peer 등, 1988). 무 시들음병은 1934년 미국 캘리포니아 San Benito에 있는 White Chinese Winter Radish 채종포에서 처음 보고되었으며, 그 후 1946년 위스콘신 Waukesha의 무 포장에서 무 시들음병 발생이 보고된 후 현재는 미국 각지에서 발생하고 있다(Pound, 1959; Pound와 Fowler, 1953). 우리나라에서는 오래 전부터 이 병이 발생해 왔을 것으로 추정하고 있으나, 1987년에 춘천근교의 무 재배 단지에서 처음 보고되었다(남, 1994). 우리나라 여름 무 재배지에서는 6월 말~7월 초 무 생육기에 하엽 부위부터 시들음 증상과 함께 황변하는 증상이 관찰되고 수확기에 지상부위가 말라죽는 병이 발생하였으며, 발병한 뿌리는 생육이 불량하여 상품성이 없고 뿌리를 절단해 보면 도관부가 황변되거나 조직이 경화되어 있으며, 비온 후 채

*Corresponding author

Phone) +82-42-860-7434, Fax) +82-42-861-4913

Email) kjchoi@kriict.re.kr

집한 뿌리 표면에서는 균사 생장을 관찰할 수 있었다(조 등, 1990; 이 등, 2003).

무 시들음병을 방제하기 위한 방법으로 저항성 품종을 재배하거나 윤작, 건전종자 소독 후 파종, 석회 시용, 질소 비료의 과용 금지, 토양 소독 등이 사용되고 있다(농촌진흥청, 2002). 무는 넓은 면적에서 재배하므로 토양 훈증 처리와 같은 토양 살균처리는 경제성이 낮으며, 국내에는 무 시들음병 방제용으로 등록된 살균제가 없을 뿐만 아니라(한국작물보호협회, 2008) 인축 독성과 환경에 대한 관심의 증가로 친환경 농산물의 수요가 증가함에 따라 훈증제 등의 합성 살균제 사용은 점차 줄어들고 있는 실정이다. 그러므로 오늘날 저항성 품종의 재배는 무 시들음병 방제에 있어 가장 환경 친화적인 방법으로 인식되고 있다. 현재 무 시들음병에 저항성인 무 품종들을 농우바이오, 동부하이텍, 몬산토코리아, 신젠타종묘, 코레곤종묘 등의 회사에서 판매하고 있으나, 무 시들음병 저항성 유전자 규명과 저항성 유전양식 그리고 분자마커 개발에 대해서는 거의 보고된 바 없다. 이들 연구를 위해서는 효율적인 병 저항성 검정법이 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 효율적인 무 시들음병 저항성 검정법을 확립하고자 접종 방법, 접종원 농도, 침지 시간 등 다양한 발병 조건에 따른 무 시들음병 발생 정도를 조사하였으며, 확립한 검정법을 이용하여 시판품종 41종의 무 시들음병 저항성 정도를 확인하였다.

재료 및 방법

무 재배. 병 저항성 검정법을 확립하기 위한 무 시들음병 실험은 ‘송백무’와 ‘토광무’(이상 동부하이텍) 종자를 사용하였다. 8×16 연결 포트(포트 당 토양 20 ml, (주)범농)에 원예용상토 5호(부농사)를 넣고 무 종자를 1립씩 파종하여 온실(25±5°C)에서 14일 동안 재배한 무 유묘를 실험에 사용하였다. 시판 품종의 무 시들음병 저항성 검정 실험은 종자회사에서 시들음병 저항성 품종으로 판매하고 있는 8종 품종과 저항성으로 공시하지 않은 33종 품종을 구입하여 위와 동일한 방법으로 재배하여 실험에 사용하였다.

그 외 관주 접종은 경우 5×8 연결 포트(포트 당 토양 70 ml, (주)범농)에 원예용상토 5호를 넣고 무 종자를 1립씩 파종하여 온실에서 7, 10, 14일 재배한 후 접종실험에 사용하였다.

접종원 준비. 무에 시들음병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *raphani* KR1 균주는 강릉원주대로부터 분양받았으며, 이 균주를 potato dextrose agar(Becton, Dickinson and

Co.) 배지에 치상하여 25°C 항온기에서 7일 동안 배양한 균총으로부터 균사조각을 떼어 malt extract broth(Becton, Dickinson and Co.) 배지에 접종하고 이를 25°C 암 상태에서 7일 동안 150 rpm으로 진탕배양하였다. 배양한 KR1 균주는 4겹의 거즈로 걸러 균사를 제거하고, 광학현미경 하에서 hemocytometer를 이용하여 포자(소형분생포자)의 밀도를 측정하였다. 멸균수로 1.0×10^7 conidia/ml가 되도록 희석하여 접종원으로 사용하였다.

접종원 밀도실험의 경우에는 각각 1.0×10^6 , 3.0×10^6 , 1.0×10^7 , 3.0×10^7 conidia/ml로 조정하였으며, 그 외 관주 접종은 경우는 5.0×10^7 , 1.5×10^8 conidia/pot 밀도로, 이병토 접종법의 경우는 토양 m³ 당 5.0×10^3 과 5.0×10^4 개가 되도록 접종원을 준비하였다.

시들음병균 접종. 이병토 접종법과 관주 접종법으로 병원균을 접종하는 경우를 제외한 모든 실험은 온실에서 재배한 무의 뿌리를 뽑아 물로 세척하여 흙을 제거한 후 포자현탁액에 2시간 동안 침지하여 접종하였다. 접종한 무 유묘는 5×8 연결 포트에 원예용상토 5호를 사용하여 이식하였다. 침지 접종법 중 뿌리 상처는 세척한 뿌리를 가위를 이용하여 2 cm 정도 남기고 자른 후에 포자현탁액에 침지하였다. 또한 침지시간에 따른 무 시들음병 발생의 경우에는 포자현탁액에 각각 1시간, 2시간, 4시간, 8시간, 16시간, 24시간 동안 침지하여 접종하였다.

관주 접종법의 경우에는 5×8 연결 포트에서 재배한 무 유묘에 준비한 포자현탁액을 포트 당 5 ml를 관주하여 접종하였다. 이병토 접종법의 경우에는 멸균한 원예용상토 5호에 100 ml 당 포자현탁액을 5 ml를 넣고 잘 섞어 제조한 이병토를 5×8 연결 포트(포트 당 토양 70 ml)에 넣고 무 종자를 포트 당 1립씩 파종하여 접종하였다.

발병 및 병조사. 접종한 무 유묘는 1일 동안 25°C 습실에서 배양한 후 온실(25±5°C)로 옮겨 약 3~4주 동안 병 발생을 관찰하면서 재배하였다. 병조사는 식물체의 뿌리를 뽑아 세척한 후 도관을 잘라 발병정도를 조사하였다. 발병정도는 0=건전, 1=지하부는 갈변되나 지상부는 시들지 않고 병징이 없는 것, 2=지하부는 갈변되고 지상부는 시드는 것, 3=지하부는 갈변되고 지상부는 시들며 황화하는 것, 4=지하부는 갈변되고 지상부는 심하게 황변하여 시들고 낙엽된 것, 5=고사 등 5단계로 하였으며, 평균 발병도가 1.0 이하인 경우에는 저항성, 1.0~2.5는 중도저항성, 2.5 초과는 감수성으로 판정하였다. 시판품종의 무 시들음병 저항성 실험은 10반복으로 2회 실시하였으며, 이를 제외한 모든 실험은 5반복으로 2회 실시하였다. SAS(SAS Institute, Inc., 1989, Cary, NC) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 하였으며, 처리 평균간 비교를 위

하여 Duncan's multiple range test($P=0.05$)를 실시하였다.

결과 및 고찰

접종법에 따른 무 시들음병 발생. ‘송백무’와 ‘토광무’에 시들음병을 일으키기 위해, 다른 기주식물에서 *Fusarium* 시들음병 발생을 위해 사용한 접종 방법인 이병토 접종법, 관주 접종법 그리고 뿌리의 포자현탁액 침지법을 이용하여 무 시들음병 발생을 실험하였다. 이병토 접종법의 경우에는 ‘송백무’와 ‘토광무’ 모두에서 시들음병이 발생하지 않았다. 조 등(1990)은 원예용상토:vermiculite=1:1의 혼합 토양에 토양 ml 당 2.5×10^4 개가 되도록 *F. oxysporum* f. sp. *raphani*의 포자현탁액을 섞어 준비한 이병토에 종자를 파종하여 실험을 수행하였다고 보고하였으나, 본 실험에서는 토양 ml 당 5.0×10^3 과 5.0×10^4 개의 접종원 농도로 준비한 이병토에 무 종자를 파종하여 접종하였을 때, 모든 처리구에서 시들음병이 발생하지 않았다. 따라서 이병토 접종법은 무 시들음병 저항성 검정에 적합하지 않은 방법으로 생각되었다.

그리고 무 시들음병균을 관주하여 접종한 관주 접종법의 경우에도 포트 당 1.5×10^8 개의 포자밀도로 접종하여 실험한 모든 생육시기의 무 유묘에서 무 시들음병이 발생하지 않았다(Table 1). 송 등(1996)은 양배추 시들음병 (*F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*) 발생을 위하여 병원균을 접종하였을 때, 토양 관주법보다 침지 접종법에서 병발생이 다소 높았다고 보고하였다. 그러나 본 연구의 무 시들음병은 관주 접종법에 의해서는 병이 전혀 발생하지 않았으므로, 관주 접종법 또한 무 시들음병 저항성 검정에 적합하지 않은 것으로 생각되었다.

Table 1. Occurrence of *Fusarium* wilt in two radish cultivars after soil drenching of spore suspension of *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* KR1^a

Inoculum (conidia/pot)	Cultivar	Plant growth stage (after sowing)		
		7 days	10 days	12 days
5.0×10^7	Songbaek	0 ^b	0	0
	Tokwang	0	0	0
1.5×10^8	Songbaek	0	0	0
	Tokwang	0	0	0

^aEach seedling of two radish cultivars was inoculated with *F. oxysporum* f. sp. *raphani* KR1 by drenching the spore suspensions on soil of each pot. The infected plants were incubated in humidity chamber at 25°C for 24 hr and then transferred to a greenhouse at 25±5°C. After 3 weeks, disease severity of the radish seedlings was investigated.

^bEach value represents the mean disease index of two runs with five replicates each.

한편, 침지 접종법의 경우에 뿌리를 잘라 상처를 내고 접종한 결과, ‘송백무’와 ‘토광무’ 모두에서 높은 발병도를 보였다(Table 2). 그러나 자르지 않은 뿌리를 포자현탁액에 침지하여 실험하였을 때에는 ‘송백무’는 상처 유무와 관계없이 모두 높은 시들음 증상을 보였으나, ‘토광무’는 상처 처리구보다 낮은 발병도를 나타냈다. 따라서 무 시들음병 저항성 검정을 위한 접종법으로 뿌리를 잘라주는 상처 없이 접종하는 방법은 품종 간 차이를 확실하게 나타내므로 더 적합한 방법으로 사료된다.

Table 2. Development of *Fusarium* wilt in two radish cultivars when cut and non-cut roots were dipped in the spore suspension of *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* KR1^y

Method	Cultivar	
	Tokwang	Songbaek
Cut root	4.9±0.1a ^z	4.6±0.3a
Non-cut root	2.6±0.3b	4.5±0.4b

^y14-day-old seedlings of two radish cultivars were inoculated with *F. oxysporum* f. sp. *raphani* KR1 by dipping the roots of radish seedlings in spore suspension of 1.0×10^7 conidia/ml for 2 hr. The infected plants were incubated in humidity chamber at 25°C for 24 hr and then transferred to a greenhouse at 25±5°C. After 3 weeks, disease severity of the radish seedlings was investigated.

^zEach value represents the mean disease index±standard deviation of two runs with five replicates each. Values in the labeled with the same letter are not significantly different in Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

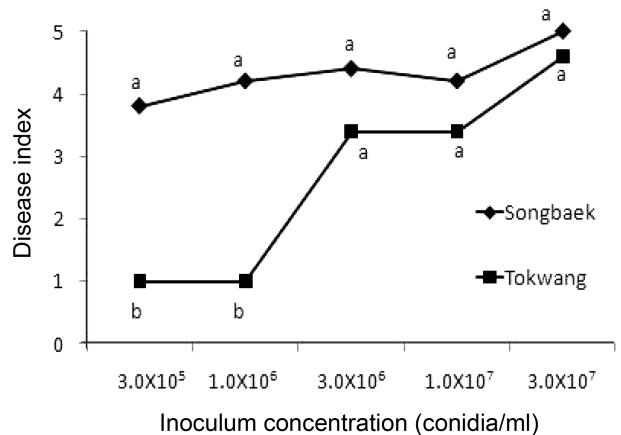


Fig. 1. *Fusarium* wilt occurrence of two radish cultivars according to inoculum concentration. 14-day-old seedlings of two radish cultivars were inoculated with *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* KR1 by dipping the roots of the radish seedlings in each spore suspension for 2 hr. The infected plants were incubated in humidity chamber at 25°C for 24 hr and then transferred to a greenhouse at 25±5°C. After 3 weeks, disease severity of radish seedlings was investigated. Each value represents the mean of two runs with five replicates each. Values in the labeled with the same letter are not significantly different in Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

접종원 농도에 따른 병 발생. ‘송백무’와 ‘토광무’ 두 품종 모두 접종원 농도가 증가함에 따라 무 시들음병 발생은 증가하였다(Fig. 1). 3.0×10^7 conidia/ml의 포자현탁액에 침지한 ‘송백무’와 ‘토광무’는 각각 5.0과 4.6의 발병도를 나타내었으며, 1.0×10^7 conidia/ml 농도에서는 ‘송백무’는 4.2, ‘토광무’는 3.4의 무 시들음병 발생률을 보였다. Kuc(1987, 1994)는 식물체의 병 저항성 검정에서 고농도로 병원균을 접종하면 식물체가 조기 낙엽되어 저항성을 유도할 수 있는 잎이 없어 정확한 저항성 검정이 이루어질 수 없다고 보고한 바 있다. 따라서 무 시들음병 저항성 스크리닝을 위해서는 1.0×10^7 conidia/ml 접종원 농도의 포자현탁액에 뿌리를 침지하는 것이 적당하리라 생각된다.

침지시간에 따른 병 발생. ‘송백무’와 ‘토광무’ 뿌리를 무 시들음병균 포자현탁액에 각각 1시간, 2시간, 4시간, 8시간, 16시간, 24시간 동안 침지하여 접종한 결과, 모든 처리구에서 높은 시들음병 발생을 보였다. 하지만 침지시간을 길게 하여도 무 시들음병 발생이 증가하지는 않았다(Table 3). 본 연구에서는 1시간의 짧은 시간 동안 침지하여도 높은 병 발생을 보여 더 짧은 시간 침지처리에 의한 무 시들음병 발생에 대해서는 앞으로 검토할 필요가 있다. 이 등(2003)은 위황병 저항성 계통의 육성실험에서 묘를 뽑아 뿌리를 분생포자 현탁액에 2시간 침지하여 실험하였다. 그리고 일반적으로 곱팡이 포자는 수 시간 이내에 접액물질을 분비하여 기주에 부착하므로, 무 시들음병균 접종을 위하여 무 뿌리의 포자현탁액 침지시간은 2시간이 적당하리라 판단되었다(Agrios, 2005).

F₁ 품종의 무 시들음병 저항성. 본 연구에서 확립한 무 시들음병 저항성 검정법을 사용하여 현재 시판 중인 41종 무품종의 시들음병 저항성 정도를 조사하였다. 종자회사에서 시들음병 저항성 품종으로 판매하고 있는 8종 품

Table 4. Resistance degree of the 41 commercial radish cultivars to Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* KR1^a

Cultivar	Company	Trait	Disease index
A01	A	YR ^b	0.4±0.14 ^c
B01	B	YR	0.6±0.42
C01	C		0.7±0.00
D01	D		0.9±0.14
E01	E	YR	0.9±0.28
C02	C		1.0±0.21
C03	C		1.1±0.35
C04	C		1.1±0.35
D02	D		1.1±0.00
C05	C		1.1±0.00
E02	E		1.2±0.21
B02	B		1.3±0.35
B03	B		1.3±0.21
B04	B	YR	1.3±0.07
C06	C		1.3±0.28
F01	F	YR	1.4±0.35
B05	B	YR	1.4±0.49
B06	B	YR	1.4±0.28
B07	B		1.4±0.42
B08	B		1.6±0.28
D03	D		1.7±0.14
B09	B	YR	1.8±0.21
A02	A		1.9±1.06
B10	B		2.0±0.14
A03	A		2.1±0.71
A04	A		2.2±0.07
A05	A		2.2±1.13
C07	C		2.5±0.28
A06	A		2.8±1.56
B11	B		2.8±0.42
D04	D		2.9±0.35
C08	C		2.9±0.21
C09	C		3.2±0.49
D05	D		3.2±0.42
C10	C		3.2±0.28
B12	B		3.3±0.49
C11	C		3.4±0.14
A07	A		3.5±0.07
D06	D		3.6±0.71
B13	B		3.9±0.92
C12	C		4.0±0.00

Table 3. Fusarium wilt development of two radish cultivars according to root dipping period^f

Cultivar	Incubation period (hr)					
	1	2	4	8	16	24
Songbaek	4.8a ^z	3.6ab	3.6ab	2.2b	3.0ab	3.0ab
Tokwang	4.6a	3.4ab	4.2ab	4.0ab	3.2ab	3.4ab

^y 14-day-old seedlings of two radish cultivars were inoculated with *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* KR1 by dipping the roots of radish seedlings in spore suspension of 1.0×10^7 conidia/ml. The infected plants were incubated in humidity chamber at 25°C for 24 hr and then transferred to a greenhouse at 25±5°C. After 3 weeks, disease severity of the radish seedlings was investigated.

^z Each value represents the mean disease index of two runs with five replicates each. Values in the labeled with the same letter are not significantly different in Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

^a 14-day-old seedlings of each radish cultivar were inoculated with *F. oxysporum* f. sp. *raphani* KR1 by dipping the roots of radish seedlings in spore suspension of 1.0×10^7 conidia/ml for 2 hr. The infected plants were incubated in humidity chamber at 25°C for 24 hr and then transferred to a greenhouse at 25±5°C. After 3 weeks, disease severity of the radish seedlings was investigated.

^b Resistant cultivar to Fusarium wilt supported by each seed company.

^c Each value represents the mean±standard deviation of two runs with ten replicates each.

종 중 3종 품종(38%)은 높은 저항성을 나타냈었으나, 5종 품종(62%)은 중도저항성을 나타내었다(Table 4). 한편, 시들음병 저항성으로 공시하지 않은 무 33종 품종 중 3종 품종(9%)은 이 병에 대하여 높은 저항성을 나타내었으며, 17종 품종(52%)은 중도저항성을 나타냈다. 그 외 13종 품종(39%)은 시들음병에 대하여 감수성을 보였다. 그러므로 시판 품종 41종 무 품종의 시들음병 저항성 정도는 6품종(15%)은 저항성, 22품종(54%)은 중도저항성, 그리고 13품종(31%)은 감수성을 보여 시판 품종 중 약 70% 정도가 무 시들음병에 대한 저항성을 지니고 있음을 알 수 있었다.

요 약

무 시들음병에 대한 저항성 검정법을 확립하기 위하여 접종 방법, 침지 시간, 접종원 농도 등의 발병 조건에 따른 ‘송백무’(감수성)와 ‘토파무’(중도저항성)의 무 시들음병 발생을 조사하였다. 이병토 접종법, 관주 접종법과 뿌리 침지법 등의 접종 방법에 따른 무 시들음병 발생을 실험한 결과, 이병토 접종법과 관주 접종법에 의해서는 무 시들음병이 발생하지 않았다. 뿌리 침지법의 경우, 뿌리 상처 처리구는 무상처 처리구보다 무 시들음병이 더 많이 발생하였으며, 무상처 처리구에서 두 품종의 무 시들음병 발생은 차이를 나타냈다. 뿌리를 포자현탁액에 침지하는 시간(1시간~24시간)에 따른 무 시들음병 발생은 모든 처리구에서 높은 병 발생을 보였으며, 접종 시간이 증가하여도 무 시들음병 발생은 증가하지 않았다. 그러나 포자현탁액의 포자 농도가 증가함에 따라 무 시들음병 발생은 증가하였다. 위의 결과를 이용하여 시판 무 41종 품종의 시들음병 저항성 정도를 검정하였다. 온실에서 14일 재배한 무의 뿌리를 1.0×10^7 conidia/m³의 포자현탁액에 2시간 동안 침지하여 실험한 결과, 6종 품종(15%)은 저항성, 22종 품종(53%)은 중도저항성 그리고 13종 품종(32%)은 감수성을 보였다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 채소병

리검정지원사업단(과제번호 : 609002-5호)의 지원에 의해 이루어진 것이다.

참고문헌

- Agrios, G. N. 2005. Parasitism and disease development. In: *Plant Pathology*. pp. 82-85. Academic Press, New York.
- 조광연, 정영륜, 김병섭, 최경자, 서영식, 한기란, 장부영. 1990. 살균제 2차 스크리닝 체제 확립: 무 위황병(Radish Yellows), 신규 농약개발을 위한 스크리닝 체제 확대발전. 한국화학연구회. pp. 490-498.
- 한국작물보호협회. 2008. 농약사용지침서. 1084 p.
- 한국식물병리학회. 2009. 한국식물병목록 제5판. pp. 99-103.
- Kuc, J. 1987. Plant immunization and its applicability for disease control. In: *Innovative approaches to plant disease control*, ed. by I. Chet, pp. 255-274. John Wiley, New York.
- Kuc, J. 1994. Induced systemic resistance, a non-pesticide technology for disease control in plant. In: *Proc. 4th. Nat. Conf. Pesticides*, ed. D. L. Weigmann, pp. 511-518. Blacksburg, Virginia.
- 이시우, 허남환, 주균영, 이장하, 김봉규. 2003. 위황병 저항성 계통육성, 수출증대를 위한 고품질, 위황병 무 품종 육성. (주)농우바이오. 130 p.
- 남상현. 1994. 무 Fusarium 시들음병의 저항성 유전 및 육종에 관한 연구. 충남대학교 박사학위 논문.
- 농촌진흥청. 2002. 무 재배기술, 표준영농교본-126. 농촌진흥청. pp. 136-137.
- 농림수산식품부. 2007. 작물생산량, 농림통계연보. pp. 112-113.
- Pound, G. S. 1959. Red Prince is new radish. *Wis. Univ. Agric. Exp. Sta. Bull.* 538: 93.
- Pound, G. S. and Fowler, D. L. 1953. Fusarium wilt of radish in Wisconsin. *Phytopathology* 43: 277-280.
- 표현구, 최정일. 1989. 채소원예학각론. 향문사. 610 p.
- 송준호, 김영옥, 조준형. 1996. 양배추 위황병 저항성의 품종간 차이 및 유전. *한국육종학회지* 28: 171-177.
- van Peer, R., Xu, T., Rattink, H. and Schippers, B. 1988. Biological control of carnation wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* in hydroponic system. *ISOSC Proc.* 361-373.