

## Flusulfamide 입제에 의한 배추무사마귀병의 방제효과

장현철 · 이선욱<sup>1</sup> · 김점순<sup>2</sup> · 윤여순 · 최근숙 · 김학기 · 김병섭\*

강릉대학교 식물응용과학과, <sup>1</sup>영일케미컬, <sup>2</sup>고랭지농업연구소

## Control Efficacy of Flusulfamide GR on Chinese Cabbage Clubroot Caused by *Plasmodiophora brassicae*

Xuan-Zhe Zhang, Sun-Uk Lee<sup>1</sup>, Jeom-Soon Kim<sup>2</sup>, Yeo-Sun Yoon, Geun-Suk Choi, Hak-Ki Kim and Byung-Sup Kim\*

Department of Applied Plant Science, Kangnung National University, 210-702 Gangneung-shi, Korea

<sup>1</sup>Young Il Chemical Co., LTD. Daejeonshi, Korea

<sup>2</sup>Lab. of Crop Protection, National Institute of Highland Agriculture, RDA Korea

(Received February 14, 2005)

To investigate control efficacy of flusulfamide GR (granule) on Chinese cabbage clubroot caused by *Plasmodiophora brassicae*, experiment was accomplished in field located in Gangneungshi alpine area contaminated by *P. brassicae*. Flusulfamide GR provided control value of 84.6% and that was statistically significant difference from standard fungicides containing untreated control. To investigate ratio of reduction of resting spore according to fungicide treatment, soil of Chinese cabbage field before and after fungicide treatment were sampled and investigated density of resting spore. Resting spore density was not uniform in soil before fungicide treatment. Therefore, to investigate control efficacy of fungicide against clubroot, investigation on resting spore density was conducted before experiment and reflected in experimental design. Flusulfamide GR and DP (dust powder) provided 64.2% and 63.7% of reduction of resting spore on field soil after fungicide treatments. This result indicated that control efficacy of the fungicides was correlated with reduction of resting spore of *P. brassicae*. The increasing rate in fresh weight of above-ground part of Chinese cabbage by flusulfamide DP and GR, fluazinam DP and trifloxystrobin SC (suspension concentrate) was 14.3%, 13.0%, 13.8% and 3.8%, respectively. From above result, flusulfamide GR have outstanding control efficacy against clubroot of Chinese cabbage and is effectively decreasing of resting spore density in soil.

**Keywords :** Clubroot, Flusulfamide GR, *Plasmodiophora brassicae*, Resting spore

배추는 국내에서 가장 많이 재배되는 채소로 중요한 소득작물의 하나로 되어 있으나 최근 전국적으로 배추 뿌리혹병 발생이 급격히 늘어나 시급히 해결해야 할 과제로 부각되고 있다(김 등, 2003; 김과 오, 1997; 김 등 1999). 이 병의 병징은 배추 뿌리가 이상증식하여 혹을 형성하는 병으로 영양분이 지하부의 혹 형성에 사용되므로 지상부 발달이 저해되고 심하게 감염되면 지상부에 수분공급이 억제되어 시들게 된다(김 등, 2003; Arie 등, 1998). 이 병이 발생한 뿌리 조직 속에는 무수히 많은 휴면포자가

가 형성되고 휴면포자는 토양 내에서 장기간 생존하여 전염원이 된다(김 등, 1997; 오 등, 1997). *P. brassicae*의 휴면포자는 조건이 맞으면 10년 동안 토양 속에서 살 수 있다고 한다(Arie 등 1998; 김 등, 2000a, 2003).

배추 뿌리혹병(*Plasmodiophora brassicae* Woronin)은 1887년 Woronin에 의해 처음 보고되었으며(CAB, 1979), 우리나라에서는 1928년 9월 수원과 서울에서 최초로 발병했으나(朝鮮總督府 權業模範場, 1928) 크게 문제시되지 않았다. 그러나 최근 주산단지의 피해확산으로 발생생태, 품종 저항성 검정, 방제에 관한 연구(김 등, 2003; 김과 오, 1997; 오 등 1997; 심 등 1998) 등이 다양하게 보고되고 있다. 배추 뿌리혹병은 토양내 휴면포자의 형태로 장기간 서식하여 전염원이 되는 바(Karling, 1968; 田村,

\*Corresponding author

Phone) +82-33-640-2353, Fax) +82-33-647-9535

E-mail) bskim@kangnung.ac.kr

1977) 현재까지 뿌리혹병의 인공배양기술이 확립되지 않아 토양내 뿌리혹병균의 분포 및 밀도변화에 대한 연구가 어려움을 겪고 있는 실정이다.

휴면포자는 내구성이 강하여 불량한 환경에서도 장기간 생존할 수 있지만 온도, 토양수분 등의 환경조건에 따라 영향을 받는다. 뿌리혹병의 방제는 전염원을 차단하는 것이 가장 좋은 방법이지만 이미 발생한 포장에서 방제는 병든 뿌리제거, 고풍재배, 토양산도 교정, 윤작, 저항성 품종재배 등의 경종적 방법과 *Heteroconium chaetospora*를 이용한 생물학적 방법, 살균제를 이용한 화학적 방법, 태양열을 이용한 토양의 열처리 방법과 같은 물리적 방제법을 제시하였다(Horiuchi 등 1982; 赤坂, 1986; Tanaka, 1996).

화학적 방제에는 현재 농가에서 사용하고 있는 fluazinam 분제와 flusulfamide 분제를 비롯한 살균제가 배추 뿌리혹병의 방제에 사용되고 있는 실정이다. Flusulfamide는 Mitsui Toatusui에서 개발한 살균제로서 우리나라에서는 1996년에 흑안나 분제라는 상표명으로 등록되었다. Flusulfamide 분제는 치료 및 보호살균제로서 주로 종자처리로 유채, 배추 등의 뿌리혹병 방제에 사용되고 있는 실정이다. 그러나 배추 주산단지인 강원도 지역 포장은 일반적으로 경사도가 높아 flusulfamide 분제를 처리할 경우 빗물 등에 의한 유실이 많다. 그러므로 분제의 대체용으로 flusulfamide 입제를 개발하였으며, 이 살균제에 의한 배추뿌리혹병의 포장방제효과 조사가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 flusulfamide 입제의 포장에서 방제효과, 살균제의 토양처리에 의한 토양 내 휴면포자 밀도의 변화와 배추 수확량 변화를 조사하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

**사용 약제.** 포장에서 flusulfamide의 방제효과 변화를 조사하기 위하여 본 시험에서는 flusulfamide (2', 4-dichloro- $\alpha, \alpha, \alpha$ -trifluoro-4'-nitro-m-toluenesulfonamide) 분제(0.3%)와 입제(0.2%), fluazinam [3-chloro-N-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyl)- $\alpha, \alpha, \alpha$  trifluoro-2,6-dinitro-p-toluidine] 분제 (0.5%), trifloxystrobin {methyl (E)-methoxyimino-[(E)- $\alpha$ -( $\alpha, \alpha, \alpha$ -trifluoro-m-tolyl) ethylideneaminoxy] - $\alpha$ -tolyl} acetate} 액상수화제(22%)를 사용하였다.

**약제처리 및 발병도 조사.** 포장에서 flusulfamide의 방제효과 변화를 조사하기 위하여 2004년 강릉시의 배추뿌리혹병 발병포장에서 본 시험을 진행하였다. 본 시험에 사용된 배추품종으로는 산촌배추이며 5월 1일에 파종하여 유리온실에서 30일간 육묘된 모종을 6월 4일 포장에

정식하였다. 약제 처리는 처음 flusulfamide 분제는 300평 당 20 kg을, flusulfamide 입제는 300평 당 30 kg을, fluazinam 분제는 300평 당 40 kg을 정식 전에 토양에 혼합처리하였으며, trifloxystrobin 액상 수화제는 정식당일 주 당 150 ml을 관주처리 하였다. 본 시험은 난괴법으로 5개 처리구를 3반복하였다.

병 발생 정도는 정식하고 40일후에 시험구 당 20주를 조사하였으며, 조사 표준은 0=뿌리혹 없음, 1=개체당 1-10%의 뿌리에 뿌리혹이 착생되며 비대정도가 적고 서로 독립하여 존재(가중치 10), 2=11-30% 뿌리에 뿌리혹이 착생되며 비대정도가 비교적 큼(가중치 30), 3=31-60%뿌리에 뿌리혹이 착생되며 서로 접합되고 비대정도가 큼(가중치 60), 4=60% 이상의 뿌리에 뿌리혹이 착생되며 서로 접합되고 비대정도가 매우 큼(가중치 100)으로 구분하였으며 발병도(%)는 아래와 같이 계산하였다. 또한 각 살균제의 방제효과는 발병도에 근거하여 무처리에 대한 방제가로 산출하였다.

$$\text{발병도(\%)} = \frac{\sum(\text{등급치별 개체수} \times \text{가중계수})}{\text{총 조사주수}}$$

**토양내 휴면포자 밀도측정.** 토양내 휴면포자의 밀도는 Takahashi와 Yamaguchi(1987)의 형광염색법을 개량하여 사용하였다. 시료 토양은 약제 처리 전(6월 4일)과 약제 처리 후(7월 19일), 시험포장의 각 반복에서 처리구당 임의의 5개 지점에서 150~200 g씩 채취하였으며, 이들 토양을 잘 섞어서 실내에서 풍건한 후 2 mm의 체로 걸러 10 g을 취하여 토양표본으로 하였다. 토양표본은 10 g씩 평량하여 건열기에 건조시켜 수분함량을 측정하였으며, 여기에 0.05% Tween 20을 첨가한 살균증류수를 가하여 50 ml 토양 현탁액을 조제하였다. 토양 현탁액은 20°C, 160 rpm에서 2시간 이상 진탕한 후에 0.1 mm, 0.05 mm, 0.025 mm의 체로 순차 여과하여 잔재물을 제거한 후 미세현탁액을 만들었다. 이 미세현탁액에 2%의 농도가 되도록 1N NaOH를 2 ml 첨가한 후 20분간 진탕하였다. 40%(W/V)의 설탕용액 3 ml을 glass tube에 각각 넣고 그 위에 1.5 ml의 미세현탁액을 치상한 후 10분간 정치하여 큰 입자를 제거하며, 그 상층액 1 ml을 취하여 1.5 ml의 micro tube에 넣고 3000 rpm에서 10분간 원심분리 한 후 상층액을 제거하여 펠렛을 만들었다. 이 펠렛에 염색액으로 calcofluor white M2R(200  $\mu\text{g}/\text{ml}$ )과 Ethidium bromide(200  $\mu\text{g}/\text{ml}$ )의 1:1 혼합액 50  $\mu\text{l}$ 를 가한 후 형광현미경하에서 휴면포자수를 측정하였다. 정확한 휴면포자수의 측정을 위하여 최소 20시야 이상 관찰하였다. 현미경하 검경시에 구형체가 손상되거나 속이 빈 포자, 혹은 붉은색으로 염색된 포자는 생명력이 없는 불활성포자로 그리고 완전한 구형으로

명확한 푸른 형광색을 띄우는 포자를 활성포자로 간주하여 계산하였다(Tkhashi의 방법, 1990). 휴면포자의 밀도는 아래의 계산식에 의하여 산출하였다.

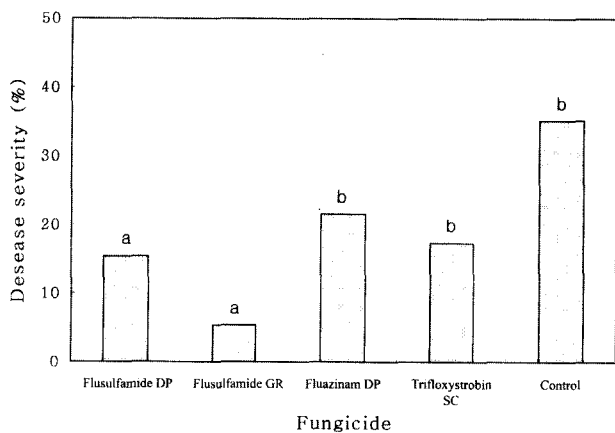
$$\text{휴면포자 밀도} = [200\text{배 시야의 포자수} \times 108000 \times 50 \div 10 \div \text{토양건조중량}] / \text{g 토양}$$

**배추 수확량 조사.** 포장에서 각 살균제에 의한 수확량의 변화를 조사하기 위하여 정식 45일 후인 7월 19일에 실험구 당 20주의 배추를 수확하여 지상부의 무게를 측정하였다.

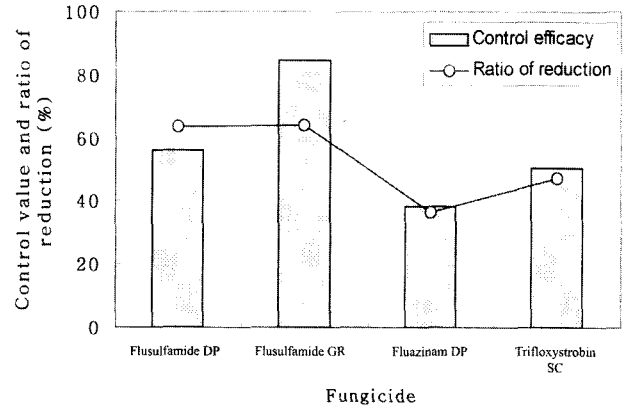
### 결과 및 고찰

**포장에서 flusulfamide 입제 및 기타 살균제의 방제효과 변화.** 배추 포장에서 flusulfamide 입제의 방제효과 변화를 조사하기 위하여, 본 시험에서는 flusulfamide 분제를 비롯한 3개의 대조약제를 사용하여 포장에서 병발생 정도를 조사하였다. Flusulfamide 입제는 5.4%의 발병도로 분제(15.4%)에 비하여 비교적 적은 병발생을 나타냈으며, flusulfamide 분제와 입제는 무처리구를 포함한 기타 대조약제의 처리구와 비교하여 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났다. 38.4%와 50.7%의 방제가를 나타낸 fluazinam과 trifloxystrobin 액상수화제는 비교적 높은 방제가를 나타냈으나 무처리구와 비교하여 통계적으로 유의성이 없는 것으로 조사되었다(Fig. 1, 2).

장 등(2000)과 Tanaka 등(1999)은 flusulfamide 분제가 배추 뿌리혹병의 방제에 효과가 있다고 보고하였다. 본



**Fig. 1.** Control efficacy of four fungicides against clubroot caused by *Plasmodiophora brassicae* in Gangwon Chinese cabbage field in 2004. DP: Dust powder, GR: Granule, SC: Suspension concentrate. Data are the average of 3 replications and they were analysed using Duncan's multiple range test. The same letters within a column mean no significant differences between the numbers.



**Fig. 2.** Comparison between control efficacy and ratio of reduction of *Plasmodiophora brassicae* according to four fungicide treatment. DP: Dust powder, GR: Granule, SC: Suspension concentrate.

시험에서 조사한 결과 역시 flusulfamide 분제가 배추 뿌리혹병의 방제에 일정한 효과가 있지만 84.6%의 방제가를 나타낸 flusulfamide 입제에 비하여 방제가가 저조하였다. Flusulfamide 입제의 방제가가 제고된 주요한 원인은 분제에 비하여 토양 혼합처리 시 바람에 의한 비산 또는 토양내에서 빗물 등에 의한 유실이 적기 때문이라고 생각된다.

**포장에서 휴면포자의 밀도 변화.** 포장에서 밀도 변화를 조사하기 위하여 약제 처리전 토양과 약제 처리 45일 후 각 처리구에서 임의의 5개 지점을 선택하여 표토를 채집하여 토양내 휴면포자 밀도를 조사하였다. 조사 결과 약제 처리 전 휴면포자의 밀도는  $8.2 \times 10^3 \sim 2.8 \times 10^4$ 로 조사되었고 각 처리구간 토양내 휴면포자 밀도가 균일하지 않은 것으로 나타났다. 때문에 배추뿌리혹병 포장 시험시에 약제 처리전에 휴면포자의 밀도를 조사하는것이 필요하다고 생각된다. 약제 처리 후 토양내에서 휴면포자 밀도는  $4.1 \times 10^3 \sim 2.9 \times 10^4$ 로 조사되었으며 flusulfamide 분제와 입제를 처리한 후 휴면포자 밀도는 처리전에 비하여 63.7%와 64.2%의 감소율을 보였다. Fluazinam 분제와 trifloxystrobin 액상수화제를 처리한 후 휴면포자의 밀도는 처리전에 비하여 36.6%와 47.1%의 감소율을 나타냈다. 무처리구를 제외한 모든 처리구에서 약제 처리전에 비하여 휴면포자 밀도가 감소하였고 반면에 무처리구에서는 약제 처리 전 휴면포자 밀도  $2.8 \times 10^4/\text{g soil}$ 로 약제 처리 45일 후  $2.9 \times 10^4/\text{g soil}$ 과 비교하여 큰 변화가 없는 것으로 나타났다(Table 1).

김 등(2000b)은 뿌리혹의 부패가 진행되어 시간이 경과할수록 휴면포자도 성숙된다고 보고하였으며 또한 정식 후 50일부터 토양내에 많은 휴면포자가 존재한다고 하였다. 본 시험에서 무처리구 휴면포자의 밀도가 증가하지

**Table 1.** Resting spore density of *Plasmodiophora brassicae* in soil before and at 45 days after fungicide treatment in Gangwon Chinese cabbage field in 2004

Fungicide <sup>a</sup>	Density of resting spore ( $\times 10^4$ )		Ratio of reduction (%)
	Before treatment	After treatment	
Flusulfamide DP	1.13	0.41	63.7
Flusulfamide GR	1.93	0.69	64.2
Fluazinam DP	0.82	0.52	36.6
Trifloxystrobin SC	0.87	0.46	47.1
Control	2.83	2.90	-

<sup>a</sup>DP: Dust powder, GR: Granule, SC: Suspension concentrate.

않은 원인은 토양표본을 채집한 시기가 흑이 부패하기 전에 조사하였기때문인 것으로 생각된다. 즉 뿌리혹이 완전히 부패되어 휴면포자가 뿌리혹으로부터 탈리되어야만 토양내의 휴면포자의 밀도가 증가한다고 생각하기에 본 시험의 토양표본 채집 시기가 이른 것으로 생각된다.

Flusulfamide 분제와 입제 처리구에서 휴면포자의 밀도는 각각 63.7%와 64.2%가 감소한 것으로 나타났으며 방제효과 역시 56.1%와 84.6%로 가장 좋은 효과를 나타냈다(Fig. 2). Tanaka 등(1999)이 실내검정에서 flusulfamide 분제가 배추 뿌리혹병 휴면포자의 사멸효과 및 포자발아 억제능력이 뛰어났다고 보고하였다. 본 시험에서 조사된 결과 역시 flusulfamide 분제와 입제가 휴면포자에 대하여 비교적 좋은 사멸효과가 있는 것으로 조사되었으며, fluazinam 분제와 trifloxystrobin 액상수화제를 처리한 후 휴면포자 밀도는 36.6%와 47.1%의 감소율을 나타낸 동시에 38.5%와 50.4%의 방제효과를 나타냈다. 이상의 결과로부터 살균제의 방제효과와 휴면포자 감소율간에는 유효적인 상관관계가 있는 것으로 생각된다(Fig. 2). 장 등(2000)은 flusulfamide DP의 1회 처리효과는 낮게 나타났으나 2~3회 연용할 때 방제효과가 높게 나타났다고 보고하였는데 연용에 따른 방제효과의 증가는 지속적으로 토양내의 휴면포자 밀도를 감소시킴에 따른 결과라고 사료된다.

**각종 살균제에 의한 수확량 변화.** 정식(또는 약제처리) 45일 후 각종 살균제에 의한 수확량을 조사한 결과, flusulfamide 분제, fluazinam 분제와 flusulfamide 입제의 처리구에서 수확량이 1353.3 g, 1347.4 g와 1337.3 g으로 대조구에 비하여 14.3%, 13.8%와 13.0%의 수확량 증가율을 나타냈고, trifloxystrobin 처리구에서 수확량은 1228.8 g으로 대조구에 비하여 3.8%의 증가율을 나타냈다. 대조구를 포함한 각 처리평균간에는 통계적 유의성( $P=0.05$ )은 없는 것으로 나타났다(Table 2).

**Table 2.** Comparison of yield by four fungicide treatment for controlling clubroot caused by *Plasmodiophora brassicae* in Gangwon Chinese cabbage field in 2004

Fungicide <sup>a</sup>	Fresh weight (g)				Yield (%)
	I	II	III	Mean	
Flusulfamide DP	1487.5	1430.5	1141.0	1353.0	114.3
Flusulfamide GR	1618.4	1391.1	1002.5	1337.3	113.0
Fluazinam DP	1534.0	1405.0	1133.8	1347.4	113.8
Trifloxystrobin SC	1236.5	1487.4	962.4	1228.8	103.8
Control	1336.8	1421	812.7	1183.9	100

<sup>a</sup>DP: Dust powder, GR: Granule, SC: Suspension concentrate.

각 처리평균간에 통계적 유의성이 없는 것은 빠른 수확 시기와 관련이 있는 것으로 생각되며 따라서 각종 약제 처리에 의한 수확량 변화는 아주 적은 것으로 나타났다.

## 요 약

Flusulfamide 입제의 포장에서 방제효과 변화를 조사하기 위하여 강릉시의 배추 뿌리혹병에 오염된 고랭지 포장에서 본 시험을 진행하였다. Flusulfamide 입제는 84.6%의 방제가로 무처리구와 기타 대조약제에 비교하여 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났다. 휴면포자의 감소를 조사하기 위하여 시험포장의 모든 처리구의 각 반복당 임의의 5개 지점에서 약제 처리 전 토양과 약제 처리 후 토양을 채집하여, 토양내의 휴면포자의 밀도를 조사하였다. 처리 전 시험 포장의 휴면포자 밀도는 균일하지 않았으므로 포장 시험시 처리전 휴면포자 밀도의 조사가 필요하다고 생각된다. 휴면포자의 감소율을 조사한 결과, flusulfamide 분제와 입제를 처리한 후 휴면포자 밀도는 처리전에 비하여 63.7%와 64.2%의 감소율을 나타냈다. 방제효과와 휴면포자의 감소율간에는 유효적인 상관관계가 있게 나타났다. 그리고 약제 처리에 의한 수확량 변화를 조사하기 위하여, 약제 처리 45일 후, 각 처리구에서 20주의 배추를 수확하여 지상부 무게를 측정하였다. Flusulfamide 분제, fluazinam 분제와 flusulfamide 입제의 처리구에서 수확량은 무처리구에 비하여 14.3%, 13.8%와 13.0%의 수확량 증가율을 나타냈고, trifloxystrobin 액상수화제의 처리구에서 수확량은 무처리구에 비하여 3.8%의 증가율을 나타냈다. 대조구를 포함한 각 처리평균간에는 통계적 유의성( $P=0.05$ )은 없는 것으로 나타났다. 이상의 결과로부터 flusulfamide 입제가 배추 뿌리혹병의 방제에 있어서 우수한 방제효과를 가지고 있으며, 또한 휴면포자의 밀도를 감소하는데 효과적임을 알 수 있다.

## 참고문헌

- Arie, T., Kobayashi, Y., Okada, G., Kono, Y. and Yamaguchi, I. 1998. Control of soilborne clubroot disease of cruciferous plants by epoxydon from *Phoma glomerata*. *Plant Pathol.* 47: 743-748.
- Commonwealth Agricultural Bureau. CAB. 1979. CMI Description of pathogenic Fungi and Bacteria. 621pp.
- Horiuchi, S., Hori, M., Tkahashi, S. and Shimizu, K. 1982. Factors responsible for the development of clubroot-suppressing effect of soil solarization. *Bull. Chugoku Nat'l. Agric. Exp. Stn. E* 20: 25-48.
- Karling, J. S. 1968. The Plasmodiophorales, 2nd ed. Hafner Publ. Co., N. Y. 256pp.
- 김충희, 조원대, 양종문. 1999. 배추 뿌리혹병 발생실태와 뿌리혹의 생성생태. *식물병과 농업* 5: 77-83.
- 김충희, 조원대, 김홍모. 2000a. 배추무사마귀병균의 토양내 분포. *식물병연구* 6(1): 27-33.
- 김충희, 조원대, 김홍모. 2000b. 배추무사마귀병 뿌리혹의 부패에 미치는 몇 가지 환경요인. *농약과학회지* 4: 61-65.
- 김충희, 조원대, 김홍모. 2000c. 봄배추 무사마귀병의 포장 감염시기와 피해. *식물병연구* 6(1): 23-26.
- 김충희, 조원대, 이상범. 2003. 우리나라 배추 뿌리혹병 연구현황과 향후과제. *식물병연구* 9: 57-63.
- 김두욱, 오정행. 1997. 배추 무사마귀병의 발생상황과 병원균 (*Plasmodiophora brassicae*)의 병원성 및 배추품종의 병저항성. *한식병지* 13: 95-99.
- 오정행, 조장환, 김봉구, 채제천, 정길웅, 황철호, 김두욱. 1997. 배추 무사마귀병(*Plasmodiophora brassicae*)의 발병유인 및 약제방제. *한식병지* 13(4): 244-247.
- 심홍식, 박진우, 이정운, 성재모. 1998. 배추 뿌리혹병 피해양상과 약제방제에 관한 연구. *작물보호논문집* 40: 23-28.
- 赤坂安盛. 1986. 파일름멀치를 이용한 태양熱消毒によるハクサイ根こぶ病の防除. *北日本病虫研報* 37: 90-92.
- Takahashi, K. and Yamaguchi, T. 1987. An improved method for estimating the number of resting spores of *Plasmodiophora brassicae* in soil. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 53(4): 507-515.
- Takahashi, K. 1990. Methods for assessing viability of resting spores of clubroot fungi of crucifers. *Plant Prot.* 44(6): 22-25.
- 田村實. 1977. ハクサイ根こぶ病の發生生態. *植物防疫* 31(9): 362-366.
- Tanaka, S. 1996. Recent progress in studies on clubroot disease of crucifers. *Shokubutsu Bokei (Plant Protection)* 50: 281-284.
- Tanaka, S., Kochi, S. I., Kunita, H., Ito, S. I. and Mitsuro, K. I. 1999. Biological mode of action of the fungicide, flusulfamide, against *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). *European J. Plant Pathol.* 105: 577-584.
- 장석원, 홍순성, 김성기, 김희동, 이은섭. 2000. 배추 무사마귀병 방제약제의 처리방법 개선을 통한 방제효과 제고. *식물병연구* 6(1): 39-42.
- 朝鮮總督府. 1928. 朝鮮作物病害目錄. 朝鮮總督府權業模範場研究報告. 15: 77-78.