

어젠다코드	1 - 3 - 8		구 분	과제완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	P01	작목구분코드	VC-02-100103
과제종류	기관고유		세세부사업	-	
연구과제 및 세부과제			수행기간	과제책임자 및 세부책임자	
고랭지농업 안정생산 기술개발			'10~'12	환경농업연구과	문윤기
배추 뿌리혹병 방제용 육묘상토 개발			'10~'12	환경농업연구과	문윤기
색인용어	배추, 뿌리혹병, 방제				

ABSTRACT

Clubroot disease(*Plasmodiophora brassicae*) of Chinese cabbage has extremely occurred in recent years. The mixtures at the different materials of fermented compost as seedling bed media combined with peatmoss application effective microorganisms were tested for the control of clubroot disease. SGW-001(*Streptomyces* sp.), BGW-001(*Bacillus* sp.), organic materials such as sericite, nano methyl sulfonyl methane, its resulted no significant reducing the severity of Chinese cabbage clubroot. In conclusion, slaked lime, flusulfamide, cyazofamid application prior to transplanting as a plug bedding media may effectively reduce the occurrence of clubroot disease of Chinese cabbage.

1. 연구목표

배추는 우리나라에서 가장 많이 재배되는 채소이며 전국 배추 재배면적은 27,644ha이고 강원도 배추재배 면적은 6,008ha로 약 21.7%를 차지한다(통계청, 2012). 강원도 고랭지배추 재배면적과 생산량은 5,177ha, 197,399톤으로 전국 고랭지 재배면적과 생산량(6,401ha, 247,102톤)의 81%를 차지하고 있어 생산량과 가격을 주도하고 있다.

배추에는 국내에서 모두 34종의 병해가 보고되어 있으며, 이중 곰팡이 병해가 26종, 세균 4종, 바이러스 3종, 선충 1종이 있다(한국식물병리학회, 2009; 박 등 2011). 병해 가운데 배추 뿌리혹병은 배추의 고품질 안정생산에 가장 큰 문제가 되고 있다(Cho 등, 2003; Kim 등, 2000a, 2000b). 배추 뿌리혹병은 '*Plasmodiophora brassicae*' 라고 하는 점균류의 일종으로 십자화과 채소인 배추, 무, 양배추, 브로콜리 등에 발생하고 방제가 매우 어려운 것으로 알려져 있다(Katling, 1968). 1928년 수원과 서울에서 최초 발병된 후 문제가 되지 않았으나 1990년부터 경기도 연천 등지에서 발생이 늘어나기 시작하면서 전국적으로 확산되어 피해가 급격히 증가하여 뿌리혹병의 발생생태, 품종저항성 검정, 방제체계에 관한 일련의 보고(Chang 등, 2000; Kim 등, 2000a; Oh 등, 1997)가 있으며 해결해야 할 문제점이 많이 남아있는 실정이다. 최근에는 황토와 마사토를 이용한 육묘상토 개선에 의한 배추 뿌리혹병 방제연구가 있었고(홍 등, 2003), 윤작작물 재배에 의한 배추 뿌리혹병 방제(김 등, 2009), 유용 길항균 처리가 약제처리와 대등한 방제효

과가 확인되었다(용 등, 2003; 주 등, 2004). 본 시험에서는 배추 뿌리혹병 방제용 육묘상토를 개발하기 위해 유용 미생물을 상토에 적용하여 상토 종류별 뿌리혹병 발병정도와 방제 가능성을 확인하여 방제대책 자료로 제공하고자 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

(시험 1) 상토 조성 및 화학성, 묘소질 조사

2010년에 배추 뿌리혹병 방제시험을 위한 상토로 이용하기 위하여 피트모스와 각종 퇴비를 이용하여 피트모스와 퇴비를 부피비율 4:1로 혼합하여 육묘상토를 만들고 화학성, 중금속을 분석하고 묘소질을 조사하였다.

(시험 2) 육묘 포트크기 및 유용미생물 조합별 배추 뿌리혹병 조사

2011년에 육묘 포트크기가 배추 뿌리혹병 발생에 영향을 미치는지 여부를 확인하기 위하여 32구, 72구, 128구, 162구 포트별로 배추를 육묘하고, 정식 30일 후에 발병도 등을 조사하였다. 피트모스와 우분을 배합한 퇴비상토와 시판 원예상토에서 육묘한 배추 육묘를 각각 방선균, 바실러스균을 정식 전에 침지 처리하여 정식 30일 후에 방제가를 조사하였다.

(시험 3) 친환경 자재 이용 배추 뿌리혹병 방제시험

원예상토에 유용 미생물을 조합하여 봄배추의 뿌리혹병 방제효과가 높은 것을 선발하고자 정식전 침지처리를 하여 정식 후 25일부터 10일 간격으로 3회에 걸쳐 발병주율과 방제가를 조사하였다. 배추 뿌리혹병에 방제효과가 있는 친환경자재를 선발하기 위하여 가을배추 품종(불암3호)을 25일간 육묘하여 친환경자재와 체계처리를 토양에 정식전 처리하거나 침지처리하여 정식 후 30일부터 10일 간격으로 3회에 걸쳐 발병도 등을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

(시험 1) 상토 조성 및 화학성, 묘소질 조사

상토는 피트모스와 계분, 우분, 팽연왕겨, 수피 등을 배합하여 조성하였고(표 1), 상토의 화학성 및 중금속을 분석하였다(표 2, 3).

표 1. 상토 조성내역(2010년)

상토번호	배합재료	발효년수
1 [*]	피트모스+계분	2년차
2	피트모스+우분+팽연왕겨	2년차
3	피트모스+우분	2년차
4	피트모스+우분	1년차
5	피트모스+수피	1년차
6	피트모스+수피+우분	1년차
7	원예용 상토	-

※ 상토조성 배합(피트모스 : 배합재료 = 4 : 1(v/v))

본 시험에 사용한 상토의 화학성은 표 2와 같다. 이라고 하였는데, 조성된 상토의 범위는 pH는 4.2~6.4, EC는 1.2~18.0 정도로 pH는 조금 낮고, EC는 높게 나타났다.

표 2. 상토의 화학성(2010년)

상토 번호	pH (1:5)	EC (dS/m)	수분 (g/kg)	유기물 (g/kg)	CaO	K ₂ O	MgO	NaCl	T-N
					(cmol(+)/kg)			(%)	
1	6.4	18.0	36.6	47.5	1.6	0.5	0.2	0.6	1.4
2	5.1	6.9	56.9	37.8	0.8	0.3	0.3	0.2	0.9
3	4.9	5.6	54.0	39.8	1.2	0.1	0.2	0.2	0.9
4	5.8	9.1	46.5	34.8	0.7	0.4	0.4	0.2	1.2
5	4.7	1.2	56.1	39.7	0.8	0.1	0.1	0.1	0.7
6	6.4	9.4	44.8	31.8	3.0	0.6	0.7	0.2	1.1
7	4.2	2.4	48.3	47.8	0.4	0.1	0.2	0.1	0.6

※ 농촌진흥청의 원예용 상토 품질보증범위는 pH는 5.5~7.0이고, EC는 1.2이하이고, 타 항목은 자율보증

본 시험에 사용한 상토의 중금속 분석결과는 표 3과 같다. 중금속은 농촌진흥청의 원예용 상토 품질보증범위 이하로 특이점은 없었다.

표 3. 상토의 중금속 분석결과(2010년)

(단위 : mg/kg)

상토번호	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg
1	-	5.0	13.0	5.3	12.6	32.8	-	-
2	-	4.0	9.1	5.5	8.5	63.4	-	-
3	-	2.8	3.9	5.6	8.8	22.3	-	-
4	-	5.3	15.7	5.7	8.3	75.7	-	-
5	0.2	2.3	-	6.0	9.0	9.6	-	-
6	-	3.6	25.9	6.1	6.6	138.9	-	-
7	-	2.1	1.1	5.6	9.1	29.3	-	-

※ 농촌진흥청의 원예용 상토 품질보증범위 Cd 5, Cr 300, Cu 300, Ni 50, Pb 150, Zn 900, As 50, Hg 2 이하

시험에 사용할 배추의 묘소질 결과는 표 4와 같았다. 지상부중과 지하부중의 비율인 T/R율은 식물 대부분은 1이고 과수는 1보다 다소 낮은 것이 좋는데 지하부중이 많다는 것은 뿌리발달이 우수하고 수량과 결부하여 묘의 생산력을 결정하는 주된 요인이 된다고 하였다. 배추 묘의 발달 상황을 확인하고자 T/R율을 측정하였는데 상토 6번이 낮게 나타났다.

표 4. 배추 묘소질 조사 결과(2010년)

상토 번호	배축 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (장)	생체중(g)		T/R율	건물중(g)		T/R율
					지상부	지하부		지상부	지하부	
1	1.7	14.0	4.1	6.9	4.47	0.35	12.8	0.24	0.09	2.7
2	1.4	10.7	3.5	5.6	2.63	0.56	4.7	0.19	0.07	2.7
3	1.3	11.2	3.3	5.4	2.38	0.59	4.0	0.20	0.07	2.9
4	1.4	11.4	3.7	4.8	2.27	0.64	3.5	0.14	0.11	1.3
5	1.5	12.3	3.8	6.0	3.46	0.54	6.4	0.27	0.07	3.9
6	0.7	5.3	2.4	4.3	0.71	0.53	1.3	0.12	0.10	1.2
7	1.2	9.8	3.2	5.0	1.85	0.63	2.9	0.18	0.09	2.0

※ 묘소질 조사 : 파종후 42일

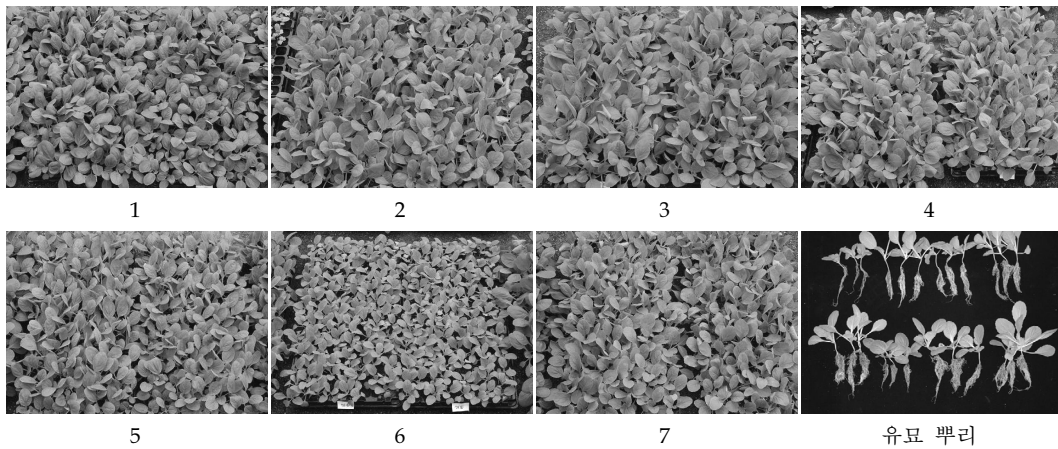


그림 1. 상토별 유묘의 생육상태

(시험 2) 육묘 포트크기 및 유용미생물 조합별 배추 뿌리혹병 조사

육묘 포트 크기별로 배추뿌리혹병 발생정도 조사 결과(표 5), 봄에는 발병도에 차이가 있었으나 가을에는 큰 차이가 없었다. 시험포장내 뿌리혹병 발생이 적어 발병주율이 낮았으나, 발병도는 포트크기와는 관계가 없는 것으로 사료된다.

표 5. 육묘 포트크기별 배추 뿌리혹병 발생정도(2011년)

처리내용	봄		가을	
	발병주율(%)	발병도(%)	발병주율(%)	발병도(%)
32구	13.3	2.0	21.2	41.4
72구	6.7	1.2	18.2	29.3
128구	40.0	17.3	24.2	57.6
162구	26.7	8.9	30.3	44.8

Katling(1968)과 김 등(1999)이 배추 뿌리혹병 발생은 고온보다는 서늘한 온도에서 심하게 발생한다는 것과 같이 봄 재배보다 가을재배에서 병 발생이 높았고, 가을재배에서 퇴비상토에 방선균을 처리하였을 때 방제효과가 다소 높았다. 상토 종류에는 차이가 없었고 유용미생물에 종류에 따라 방제효과에 다소 차이가 있었다(표 6).

표 6. 상토종류와 유용미생물 조합별 배추 뿌리혹병 발생정도(2011년)

처리내용	봄			가을		
	발병주율(%)	방제가(%)	발병도(%)	발병주율	방제가	발병도
퇴비상토	11.1	44.5	3.2	45.5	11.7	48.8
퇴비상토+SGW-001 [♯]	11.1	44.5	4.2	18.2	64.7	34.0
퇴비상토+BGW-001 [♯]	13.3	33.5	2.0	24.2	53.0	50.2
원예상토+SGW-001	20.0	0	2.7	30.3	41.2	40.7
원예상토+BGW-001	17.8	11.0	7.9	27.3	47.0	32.0
원예상토	20.0	0	3.2	51.5	0	54.0
원예상토+모두랑	8.9	55.5	2.5	15.2	70.5	28.6

♯: *Streptomyces* sp. SGW-001, ♯: *Bacillus* sp. BGW-001

(시험 3) 친환경 자재 이용 뿌리혹병 방제시험

주 등(2004)은 *Streptomyces* sp. AC-3 방선균 균주를 처리한 결과, 배추 뿌리혹병을 약 50%의 방제효과가 있었고, 균핵병, 잎마름병 등에서도 길항효과를 나타내어 생물적 방제가 가능한 균주로 확인하였으나 본 시험에서는 방선균(SGW-001)과 바실러스균(BGW-001) 처리구의 방제가는 20% 이하로 낮아 배추 뿌리혹병에 대한 방제효과가 없는 것으로 확인되었고, 플루아지남액상수화제 처리구와 체계처리구는 방제가가 89.2~100%로 방제효과가 매우 높게 나타났다(표 7).

표 7. 유용미생물 조합별 봄배추 뿌리혹병 방제시험(2012년)

처리내용	조사일(정식 후)					
	25일		35일		45일	
	발병주율(%)	방제가(%)	발병주율	방제가	발병주율	방제가
플루아지남액상수화제	0	100	0	100	0.9	99.1
SGW-001	90.3	9.7	94.7	5.3	97.7	2.3
BGW-001	89.0	11.0	94.7	5.3	98.7	1.3
SGW-001+BGW-001	80.5	19.5	88.4	11.6	90.8	9.2
체계처리 [♯]	0	100	2.2	97.8	10.8	89.2
무처리	100	-	100	-	100	-

♯ 체계처리 : 석회+플루설파마이드분제(혹안나)+사이아조파미드액상수화제(미리카트)

친환경자재 3종 처리 모두 배추 뿌리혹병 방제효과는 없었고 체계처리구의 방제효과는 매우 높게 나타났다(표 8).

표 8. 친환경 자재 처리별 가을배추 뿌리혹병 방제시험(2012년)

처리내용	조사일(정식 후)					
	30일		40일		50일	
	발병주율(%)	방제가(%)	발병주율	방제가	발병주율	방제가
플루아지남액상수화제	33.9	65.6	40	60	47.2	52.8
뿌***	96.6	1.9	100	0	100	0
세**	97.2	1.3	97.8	2.2	97.8	2.2
블**	93.9	4.7	96.7	3.3	98.9	1.1
체계처리 [↓]	2.2	97.7	4.4	95.6	7.2	92.8
무처리	100	-	100	-	100	-

↓ 체계처리 : 석회+플루셀파마이드분제(흑안나)+사이아조파미드액상수화제(미리카트)

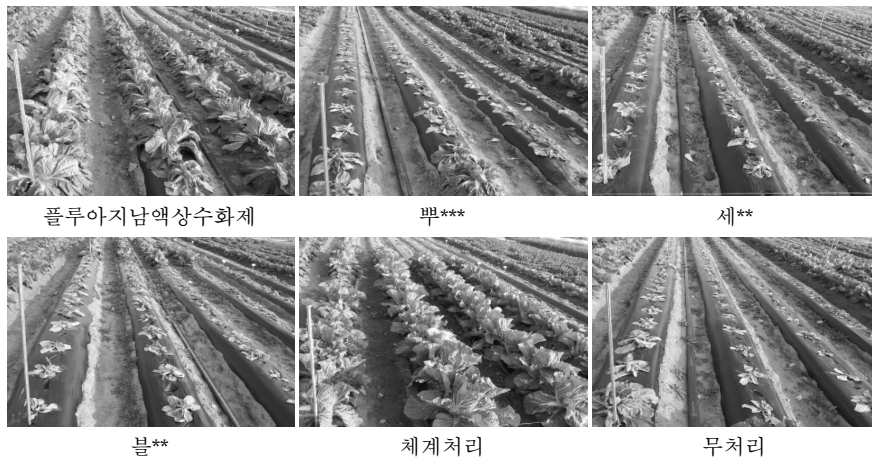


그림 2. 친환경자재 처리별 배추 뿌리혹병 방제효과('12년)

4. 적 요

(시험 1) 상토 조성 및 화학성, 묘소질 조사

가. 상토는 발효된 퇴비와 피트모스를 배합하여 조성하였음

나. 상토의 화학성 분석결과, pH는 농촌진흥청의 원예용 상토 품질보증범위보다 낮은 4.2~6.4였고, EC는 1.2~18.0이었고, 중금속도 문제가 없었음

(시험 2) 육묘 포트크기 및 유용미생물 조합별 배추 뿌리혹병 조사

가. 육묘 포트 크기별 배추 뿌리혹병 발병도에 차이가 없었음

나. 퇴비상토에 방선균을 처리하였을 때 방제효과가 다소 있었으나 유의성이 없었음

(시험 3) 친환경 자재 이용 뿌리혹병 방제시험

가. 방선균과 바실러스균 처리구는 방제효과가 없었고, 체계처리구는 방제효과가 높았음
나. 친환경 자재의 배추 뿌리혹병 방제효과는 없었고, 체계처리구의 방제효과는 높았음

5. 인용문헌

- 김점순, 이정태, 이계준. 2009. 윤작작물 재배에 의한 배추 뿌리혹병 방제효과. 식물병연구 15(3) : 242-247.
- 김충희, 조원대, 양종문. 1999. 배추무사마귀병 뿌리혹의 형성에 미치는 온도, 토양 수분, 토양 pH, 광의 영향. 식물병과 농업. 5(2) : 84-89.
- 박병용, 이재국, 조명래, 전재용, 김동우. 2011. 클로버씨스트선충(*Heterodera trifolii*)의 검출보고. 한국응용곤충학회 추계학술발표회. p104.
- 용영록, 김종훈, 김병섭, 전지영, 윤철수. 2003. 유용길항균이 배추 뿌리혹병 방제에 미치는 영향. 원예과학기술지 21(3) : 194-198.
- 주길재, 김영목, 김정우, 김원찬, 이인구, 최용화, 김진호. 2004. *Streptomyces* sp. AC-3을 이용한 배추 무사마귀병의 생물학적 방제. 한국미생물·생명공학회지 32(2) : 172-178.
- 통계청. 2012. 농업면적조사- 노지 채소 재배면적.
- 한국식물병명목록. 2009. p106-110.
- 홍순성, 김진영, 박경열. 2003. 배추 뿌리혹병 방제를 위한 육묘용 상토와 농약처리 효과. 식물병연구 9(2) : 64-67.
- Chang, S.W., S.S. Hong, S.K. Kim, H.D. Kim, and E.S. Yi. 2000. Improvement of control effect by change of chemical application method on clubroot disease of Chinese cabbage caused by *Plasmodiophora brassicae* in field. Plant Dis. Res. 6:39-42.
- Cho, W.D., W.G. Kim, and K. Takahashi. 2003. Occurrence of clubroot in cruciferous vegetable crops and races of the pathogen in Korea. Plant Pathol. J. 19:64-68.
- Kim, C.H., W.D. Cho, and H.M. Kim. 2000a. Distribution of *Plasmodiophora brassicae* causing clubroot disease of Chinese cabbage in soil. Plant Dis. Res. 6:27-33.
- Kim, C.H., W.D. Cho, and H.M. Kim. 2000b. Yield loss of spring Chinese cabbage as affected by infection time of clubroot disease in fields. Plant Dis. Res. 6:23-26.
- Katling, J.S. 1968. The plasmodiophorales. 2nd ed. Hafner Publ. Co, N.Y.
- Oh, J.H., J.H. Cho, B.G. Kim, J.C. Chae, G.U. Chung, C.H. Hwang, and D.W. Kim. 1997. Environmental factors favoring the disease development and chemical control of clubroot(*Plasmodiophora brassicae*) in Chinese cabbage. Korean J. Plant Pathol. 13:244-247.

6. 연구결과 활용 : 기초자료

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'10	'11	'12
과제책임자	환경농업연구과	농업연구사	문윤기	과제 총괄	○	○	○
공동연구자	"	"	최준근	조사업무지원	○	○	○
"	"	"	이재홍	"	-	○	○
"	"	"	정태성	"	○	○	○
"	"	"	권순배	"	-	-	○
"	"	"	김성일	"	○	○	-
"	"	전문위원	김충희	"	-	○	○
"	"	공무직	황미란	"	○	○	○