

어젠다코드	1 - 1 - 1		구 분	계 속	
기술분야코드	V1	기술유형코드	C05	작목구분코드	VC-01-090101
과 제 종 류	기관고유		세부사업(약어)	-	
과 제 명	지속가능한 농업을 위한 토양유지 관리연구				
과 제 책 임 자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	허수정		농업연구사	강원도원 환경농업연구과	
연 구 기 간	2015 ~		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 염류집적 토양개량효과 실증시험			환경농업연구과	허수정	'15~'17
2) 과채류 퇴비차 적용기술 개발			환경농업연구과	허수정	'17~'19
3) 발작물 유기질비료 기준량 설정			환경농업연구과	윤병성	'17~'19
색 인 용 어	염류집적, 토양개량, 킬레이트, 퇴비차, 유기질비료, 기준량, 대파				

I. 연구목적

- 시설재배지 토양 내 유효인산 과다비율 94%('16), 염류집적(EC ≥2) 토양 66%
- 작물재배에 있어 많은 양의 양분 투입보다 작물의 양분 활용률 제고를 통한 저투입 농법 도입 필요

II. 2017년도 추진목표 대비 당해연도 목표 달성도

추진목표	달성내용	달성도
<제2세부과제 : 과채류 퇴비차 적용기술 개발> ○ 토마토 재배 시 퇴비차, 보통비료 혼용시 용방법 개발	[결과활용 건수 : 기초자료 1] ○ 퇴비차와 보통비료혼용 토마토 재배	100%
<제3세부과제 : 발작물 유기질비료 기준량 설정> ○ 대파 유기질비료 사용량 설정	[결과활용 건수 : 학술발표 1] ○ 강원도 대파 재배 토양의 화학적 특성	100%

III. 주요 연구내용 및 결과요약

1. 연구내용

<제2세부과제 : 과채류 퇴비차 적용기술 개발>

- 양분관리를 위한 퇴비차 시용기준 설정
 - 가. 시험작목 : 토마토(라피도)
 - 나. 정식시기 : 2017. 4. 12.
 - 다. 재배방법 : 150(2조) × 40cm, 5단
 - 라. 처리내용 : 퇴비차+보통비료(관행대비 0, 20, 40, 60%), 관행
 - 마. 처리방법 : 점적관주
 - 바. 조사내용 : 수량 및 품질, 토양화학성

<제3세부과제 : 발작물 유기질비료 기준량 설정>

(시험1) 농가 실태조사

가. 조사대상 : 강원도 대파 재배농가

지역	평창	철원	강릉	양구
농가수(33)	18	10	3	2

나. 조사 및 분석 항목

- 경종개요 : 품종명, 파종일, 정식일, 수확일, 재식거리 등
- 화학성 : pH, EC, 유기물, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg, Na, 질산태질소
- 중금속 : Cd, Cu, Pb, As, Zn, Cr, Ni, Hg,

다. 분석방법

- 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(국립농업과학원, 2000)에 준함

(시험2) 부산물비료 기준량 설정

가. 처리내용

- 시험작물 및 비종 : 대파, 혼합유박
- 시험재료의 화학적 특성 (%)

시료	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	유기물
혼합유박	4.18	1.38	0.91	73.9

- 질소 기준에 따른 유박 환산량 (kg/10a)

질소량	유박량
12.5	299
25	598
50	1,196
100	2,392

- 경종개요 및 처리내용

품종명	파종일	정식일	수확일	재식거리(cm)	처리내용
흑병금장	3월16일	5월 22일	10월18일	90 x 7	혼합유박 질소 기준 12.5, 25, 50, 100kg/10a, 무시비, 표준시비

표준시비 25-6-14 (kg/10a) : 기비 10-6-8.4(kg/10a) 추비 15-0-5.6(kg/10a)

- 나. 조사내용 : 토양화학성, 수량 등

2. 연구결과 요약

<제2세부과제 : 과채류 퇴비차 적용기술 개발>

가. 퇴비차 시용에 따른 토마토 수량 및 품질

- 퇴비차 적용 1년차 시설하우스 토마토 재배 시 처리구별 주당 과실수는 20~20.8개로 차이가 없었으나, 수량은 관행처리구와 비교하여 퇴비차 단독처리구는 15%정도 적었고, 퇴비차+½관행처리구는 17%정도 많았음.
- 관행재배구와 비교하여 경도는 유의적 차이가 없었고, 상품등급별 비율에 있어서도 마찬가지로의 경향을 보여 퇴비차+½관행처리구의 경우 190g이상의 과실이 70%로 관행 40%, 퇴비차 30%에 비해 현저히 높았음.

표 1. 퇴비차 시용에 따른 수량(1년차)

구분	과중(g)	경도(kg)	수량(kg/10a)	상품수량(kg/10a)
퇴비차	159.8	1.34	6,390	5,816
퇴비차+½관행	210.3	1.26	8,666	7,554
관행	178.0	1.37	7,407	7,045

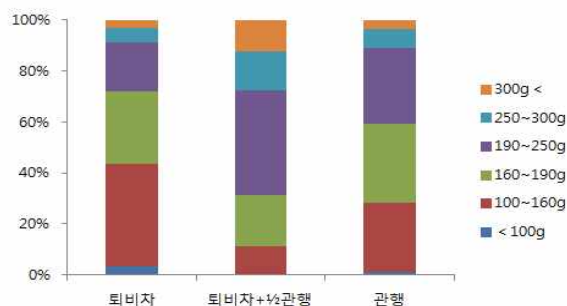


그림 1. 처리구별 과중 분포(1년차)

- 퇴비차 적용 2년차 시설하우스 토마토 재배 시 처리구별 주당 과실수는 퇴비차 처리구와 관행 처리구는 20개로 차이가 없었으나 퇴비차+60%관행 처리구는 22개로 다소 많았음, 10a당 수량은 관행처리구와 비교하여 퇴비차 단독 처리구는 10%정도 많았으며, 퇴비차+60%관행 처리구는 대등하였음.
- 품질등급에 있어서는 190g 이하 소과 비중이 25%인 관행구와 비교하여 퇴비차와 퇴비차+60%관행 처리구의 소과 비중은 20~21%로 낮아 상품성이 높은 것으로 나타났음.

표 2. 퇴비차 시용에 따른 수량(2년차)

구분	과중(g)	경도(kg)	수량 (kg/10a)	상품수량 (kg/10a)
퇴비차	246.2	1.57	10,047	8,954
퇴비차+60%관행	211.6	1.36	9,425	8,813
관행	224.7	1.52	9,109	8,414

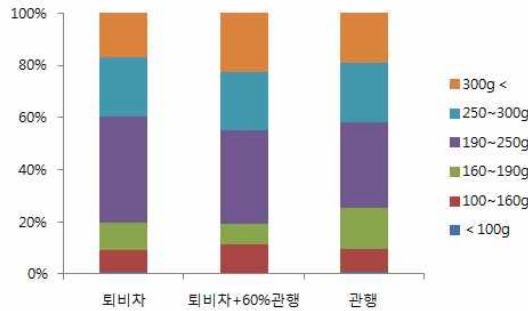


그림 2. 처리구별 과중 분포(2년차)

- 퇴비차 적용 4년차 시설하우스 토마토 재배 시 처리구별 주당 과실수는 20~21개로 차이가 없었으며, 10a당 수량은 관행처리구와 비교하여 4~11%정도 많았음.
- 과중은 관행처리구와 비교하여 퇴비차와 퇴비차, 보통비료 혼용 처리구에서 4~11%가량 무거웠으며, 경도는 차이가 없었음.
- 품질등급에 있어서는 190g이하 소과 비중이 25%인 관행구와 비교하여 퇴비차와 퇴비차+60%관행처리구의 소과 비중은 20~21%로 낮아 상품성이 높은 것으로 나타났음.

표 3. 퇴비차 시용에 따른 수량(4년차)

구분	과중(g)	경도(kg)	총수량 (kg/10a)	상품수량 (kg/10a)
퇴비차	234.8	1.27	7,045	6,501
퇴비차+20%관행	248.8	1.16	7,465	6,905
퇴비차+40%관행	250.2	1.28	7,507	6,991
관행	224.9	1.28	6,747	6,230

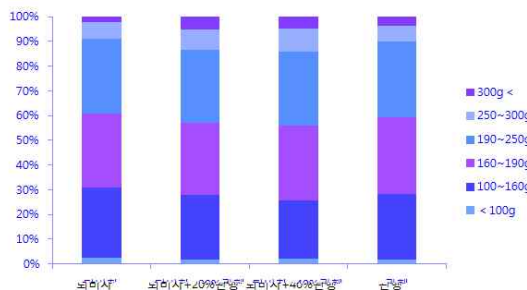


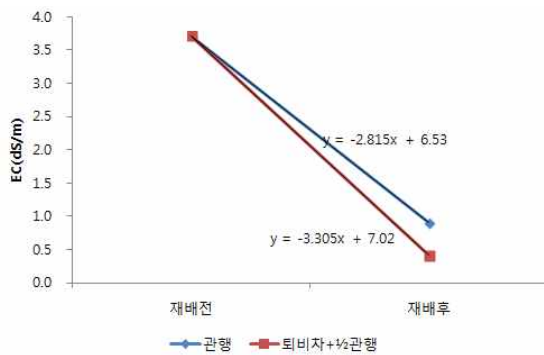
그림 3. 처리구별 과중 분포(4년차)

나. 재배 전후 토양화학성 변화

- 재배 전과 후의 토양화학성 변화를 보면 퇴비차 처리 시 토양 내 치환성 양이온 구성비의 균형을 이루어 가고 있었으며, 염류집적이 둔화됨을 보여줌.
- 수량과 비교한 EC의 변화를 비교하였을 때 처리구간 양분 이용률에는 차이가 없었음.

표 4. 퇴비차 시용 1년차 시설하우스

구분	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	NO ₃ -N
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol ⁽⁺⁾ /kg)			(mg/kg)	
재배전	6.8	3.7	16.4	8.9	0.45	2.61	364	182.1
퇴비차	7.0	0.4	17.2	6.8	0.62	1.84	434	12.2
퇴비차+½관행	6.8	0.4	16.9	6.2	0.85	1.47	460	15.7
관행	6.2	0.9	16.8	6.6	1.03	1.38	611	52.8



처리구분	양분이용효율지수
퇴비차+½관행	0.99
관행	1.00

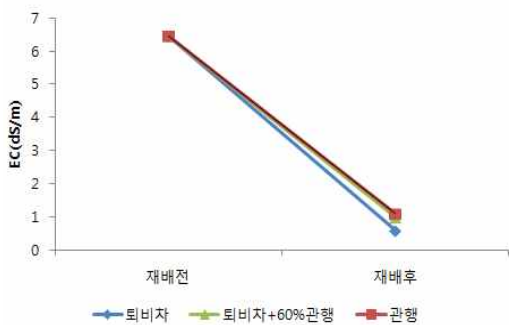
그림 4. 토양 전기전도도 변화와 양분이용효율

표 5. 퇴비차 시용 2년차 시설하우스

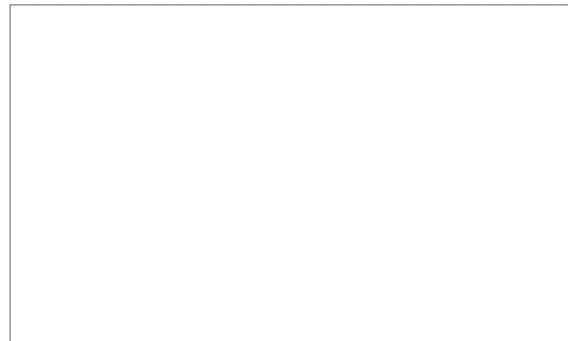
구분	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	NO ₃ -N
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol ⁽⁺⁾ /kg)			(mg/kg)	
재배전	6.6	6.5	24.3	12.77	0.73	3.69	452	418.8
퇴비차	7.2	0.6	31.6	9.32	0.51	2.58	497	17.5
퇴비차+60%관행	7.2	1.0	30.5	8.80	0.80	2.39	531	27.9
관행	7.1	1.1	44.1	9.78	0.71	2.59	578	55.3

표 6. 퇴비차 시용 4년차 시설하우스

구분		pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	NO ₃ -N
		(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol ⁽⁺⁾ /kg)			(mg/kg)	
퇴비차	전	6.6	7.6	13.6	9.82	1.49	3.09	619	403.7
	후	7.5	0.4	14.3	6.56	0.95	1.23	673	7.6
퇴비차+ 20%관행	전	7.1	5.1	13.7	8.86	1.05	2.81	487	252.6
	후	7.6	0.5	16.3	6.39	0.89	1.33	574	7.4
퇴비차+ 40%관행	전	7.0	6.7	13.2	9.62	1.03	3.13	498	329.6
	후	7.5	0.4	16.45	6.36	1.03	1.18	586	11.6
관행	전	6.2	7.6	12.5	7.91	1.75	2.99	737	382.4
	후	6.6	0.8	13.9	5.5	1.3	0.81	867	38.8



[2년차 양분이용효율]



[4년차 양분이용효율]

그림 5. 토양 전기전도도 변화와 양분이용효율

<제3세부과제 : 발작물 유기질비료 기준량 설정>

(시험1) 대파 재배농가 실태조사

가. 실태조사

- 재배 품종은 태백, 흑금장, 흑태봉, 흑금심, 진흑검, 관우 등으로 육묘이식재배를 하고 있음. 기비로 10.8-4.2-5.4(kg/10a), 추비로 21.6-8.8-10.4(kg/10a) 줌

표 1. 대파 재배농가 현황(8농가)

구분	재배면적 (a)	생산성 (kg/10a)	재식거리 (cm)	정식기	수확기
평균	170				
최대	334	4,800	80x12	5월 10(철원)	9월초~10월초
최소	17	3,900	60x 8	4월 11(평창)	8월말~9 월말

나. 밭토양 화학성 조사

- 대과 재배 지역의 유효인산과 치환성 양이온의 평균은 밭토양 적정 범위보다 높을 뿐만 아니라, EC와 유효인산 함량은 강원도 밭토양 평균보다도 높았음.

표 2. 대과 주요 재배지의 토양 양분함량 실태(33농가)

통계량	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cation (cmol ⁺ /kg)				NO ₃ -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
평균	6.1	2.1	34	948	1.3	6.6	2.2	0.3	135
표준편차	0.8	1.0	18	398	0.9	2.4	1.0	0.2	85
최소값	4.8	0.5	10	226	0.3	3.6	0.7	0.1	14
최대값	7.8	4.2	84	1,668	4.0	13.6	6.5	1.1	337
중앙값	6.0	2.0	28	1038	1.2	6.0	2.0	0.2	137
밭토양 ¹⁾	6.4	0.9	32	747	1.2	7.6	2.0	0.2	42
적정범위	6.0-7.0	≤2.0	20-30	300-550	0.5-0.8	5.0-6.0	1.5-2.0		

1) 2017년도 강원지역 밭토양 170지점 정점조사 결과

- 대과 재배 농가의 치환성 양이온의 평균은 적정범위를 초과 했으나, 개별 농가별로 보면 과다한 농가와 부족한 농가로 양분되어 있어, 토양검정을 한 후 적당한 양의 비료 사용이 필요함.

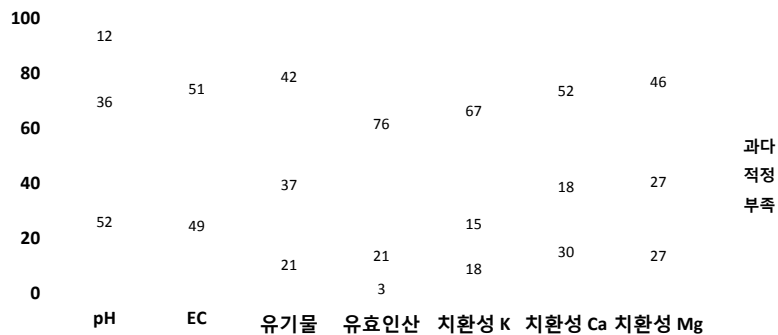


그림 1. 대과 재배 농가별 과부족 비율(%)

- 강원지역 대과재배 농가의 중금속 함량 평균은 우려기준 보다 현저히 낮았음.

표 3. 대과 재배 토양의 중금속 함량

통계	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr ³⁺
	(mg/kg)							
평균	0.11	23.1	6.4	9.2	111	1.0	0.01	15.6
평균/우려기준(%) ¹⁾	2.8	15.4	6.4	4.6	37.0	4.0	0.25	-
중앙값	0.10	18.6	5.6	7.4	101	0.2	0.00	12.2
최대값	0.22	92.3	13.5	47.7	240	4.1	0.02	49.8
최소값	0.03	6.0	1.7	3.9	66	0.0	0.00	3.4
밭토양 ¹⁾	0.23	21.0	13.5	11.0	82.6	4.8	0.01	26.0
우려기준 ²⁾	4	150	100	200	300	25	4	-
대책기준 ³⁾	12	450	300	600	900	75	12	-

1) 토양환경보전법상의 토양오염우려기준에 대한 비율(평균값/우려기준 × 100)

2) 2017년도 강원지역 밭토양 170지점 정점조사 결과, 3) 총크롬

4) 토양환경보전법상의 토양오염 우려 및 대책기준(환경부, 2010)

(시험 2) 부산물비료 기준량 설정

- 시험전 포장 화학성은 대체로 발토양 적정범위에 있었으나, pH는 높았음.
- 무시비 및 유박처리 후 대파 재배시 pH와 치환성 양이온은 낮아지는 경향을 보였음.

표 4. 시험 전후 토양의 화학성분 함량

구분	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol ⁺ /kg)				
					K	Ca	Mg	Na	
시험전	7.8	0.3	28	360	0.7	8.6	2.0	0.1	
시험후	무시비	7.3	0.2	25	246	0.3	7.2	1.6	0.1
	12.5	7.2	0.2	24	272	0.3	7.1	1.6	0.1
	25	7.3	0.2	26	306	0.4	7.2	1.7	0.2
	50	7.1	0.2	25	365	0.4	6.6	1.8	0.1
100	6.9	0.2	25	361	0.5	6.4	1.7	0.1	
대조구 ¹⁾	7.2	0.2	22	283	0.4	6.5	1.6	0.1	
적정범위 (발토양)	6.0~7.0	2.0이하	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0		

¹⁾ 유박처리 : 질소기준(10a), ²⁾ 표준시비량 25-6-14 (kg/10a)

- 한 주당 무게는 질소 기준 100kg/10a 처리구에서 높았으나, 최대수량은 50kg/10a 처리구에서 높았음. 이는 100kg/10a 처리구에서는 생육초기에 결주가 생긴 것에 기인함.
- 위경 길이와 위경 연백부 길이는 처리에 따른 차이가 없었음.

표 5. 유박 처리에 따른 대파 생육특성

처리수준	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	위경길이 (cm)	위경연백부길이 (cm)	위경너비 (cm)	무게 (g/주)	수량 (kg/10a)
12.5	70.5bc	43.4b	21.8c	32.1a	19.1a	25.9a	275c	4,347b
N ²⁾ (kg/10a)	25	72.9abc	45.6ab	23.3bc	33.2a	18.9a	318bc	5,021ab
	50	74.4ab	47.4a	23.4abc	33.6a	18.4a	342ab	5,394a
	100	76.3a	49.1a	25.1ab	34.3a	18.8a	382a	4,980ab
대조구 ¹⁾	75.9a	47.9a	25.5a	34.5a	19.6a	27.0a	369a	5,831a
무비구	69.5c	42.2b	19.4d	32.6a	19.8a	22.7b	220d	3,477c

¹⁾ 유박처리 : 질소기준(10a), ²⁾ 표준시비량 25-6-14 (kg/10a), DMRT 0.05

- 대파는 질소기준 63.7kg/10a(유박기준 1,502kg/10a) 일때 5,626 kg/10a으로 최대수량을 나타내나, 질소 기준 25kg/10a 처리구와 50kg/10a 처리구 사이에 유의차가 없어, 질소 기준 25kg/10a(유박기준 598kg/10a)이 사용 기준량으로 생각되나, 토양조건과 기상을 달리한 반복 시험이 필요함.

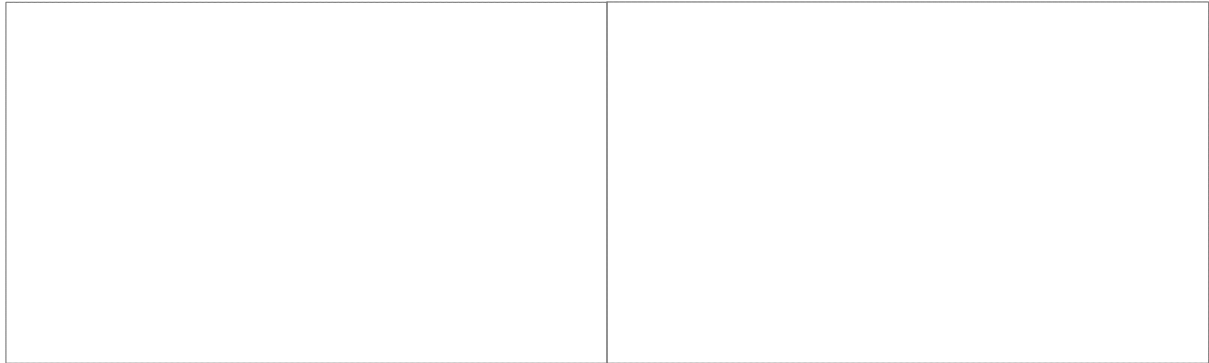


그림 2. 대파 수량곡선

3. 적 요

<제2세부과제 : 과채류 퇴비차 적용기술 개발>

- 가. 토마토 재배 시 퇴비차를 활용한 양분관리에 있어 보통비료 사용과 비교하여 1년차에는 수량이 적었으나 2년차 이후에는 수량이 대등하거나 많았으며, 적은 경우 보통비료를 관행수준의 절반이하 혼용사용으로도 수량을 높일 수 있음.
- 나. 토마토 품질에 있어서도 퇴비차와 보통비료혼용 시 소과비중이 낮고 상품수량이 높았음.
- 다. 재배 전과 후의 토양의 화학성 변화를 보면 퇴비차 처리 시 토양 내 치환성 양이온 구성비가 균형을 이루어가고 있었으며, 염류집적이 둔화됨.

<제3세부과제 : 수출용 방울토마토 수경재배 고품질 생산기술 개발>

(시험 1) 대파 재배 농가 실태조사

- 가. 재배 품종은 태백, 흑금장, 흑태봉, 흑금심, 진흑검, 관우 등으로 육묘이식재배를 하고 있음. 기비로 10.8-4.2-5.4(kg/10a), 추비로 21.6-8.8-10.4(kg/10a) 줌
- 나. 대파 재배 지역의 유효인산과 치환성 양이온의 평균은 발토양 적정 범위보다 높을 뿐만 아니라, EC와 유효인산 함량은 강원도 발토양 평균보다도 높았음.

(시험 2) 부산물비료 기준량 설정

- 다. 한 주당 무게는 질소 기준 100kg/10a 처리구에서 높았으나, 최대수량은 50kg/10a 처리구에서 높았음. 이는 100kg/10a 처리구에서는 생육초기에 결주가 생긴 것에 기인함.
- 라. 대파는 질소기준 63.7kg/10a(유박기준 1,502kg/10a) 일때 5,626 kg/10a으로 최대수량을 나타내나, 질소 기준 25kg/10a 처리구와 50kg/10a 처리구 사이에 유의차가

없어, 질소 기준 25kg/10a(유박기준 598kg/10a)이 사용 기준량으로 생각되나, 토양조건과 기상을 달리한 반복 시험이 필요함.

IV. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제목
2017(1년)	학술발표	강원도 대파 재배토양의 화학적 특성

V. 기대 및 파급효과

- 양분이용률 증대를 통한 저투입 친환경 농업실현
- 지속농업을 위한 농업환경생태 보전
- 유기질 비료를 적정량 투입하여 비료의 효율성을 높임