

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
중장기 Code	F	RIMS Code			
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
친환경농업 토양 환경관리방안		농업환경 ES0101	'05~'08	환경농업연구과	안문섭
1) 우량인삼 생산을 위한 토양환경 요인 분석		농업환경 ES0101	'05~'07	환경농업연구과 토양관리연구실	안문섭
2) 인산축적 농경지의 인산시비량 저감 방법 구명		“	'06~'08	“	“
색인용어	친환경농업, 토양, 인산, 친환경자재				

ABSTRACT

This study was conducted to improve utilization efficiency of accumulated phosphorus in soil applied into farmland as chemical fertilizers. The obtained results are as follows;

- After treatment of organic acid and citric acid, at a rate of 10, 20, and 30kg/10a; soil pH at harvest was increased to 6.15, 6.22, and 6.43, respectively. Soil EC was decreased to 1.49, 1.47, and 0.97dS/m, respectively.
- The chinese bage yields for organic acid treatment were 6,323 ~ 6,895kg/10a, which is not significant in other treatments.
- Eco-friendly materials, rice bran and wheat bran, were amended at a rate of 50, 100, and 200kg/10a, and the contents of phosphorus in soil at harvest were 1,058 ~ 1,199mg/kg, similar to the level before the treatment. The chinese abbage yields with rice brain and wheat bran at a rate of 150kg/10a were 2,484 and 2,525g/plant. These results implied that chemical fertilizer could be replaced by eco-friendly materials including rice brain and wheat brain..

1. 연구목표

토양비옥도나 식물영양에 관한 연구는 과거 '60~'70년대부터 주곡작물, 식량증산을 목표로 추진되어오다 '80년대부터 양분효율증진을 목표로 추진되어 왔으며 이러한 과정에서 농경지 농자재 과다 투입에 의한 부작용이 일어나기 시작하면서 '90년대후반 부터는 유기, 자연농업등이 주류를 이루면서 연구가 진행되어 왔다(2008, 한국토양비료학회). '00년대부터는 유기농업에 대한 인식이 새롭게 변하면서 농경지에 축적되어 있는 양분을 고려하여 식물이 이용하는 적정량의 양분을 이용하는 저투입 지속농법에 대한 관심이 연구의 대상이 되어가고 있는 실정이다.

한편 현실적으로 농가에서는 고품질 채소 생산을 위해 매년 많은 유기질 비료를 살포하게 됨으로 시설재배지(1,184mg/kg), 일반 농경지(728mg/kg)에서의 인산함량은 적정 300~500mg/kg 보다 많은 실정이다('07, 주요작물 재배지 보고서, 강원도농업기술원). 이러한 양분 집적은 일반 농경지보다 시설재배지나 고령지 채소재배 지역에서 축산분뇨를 자재로 만들어진 퇴비를 과다 살포함으로 발생되며, 이는 여름철 집중호우에 의한 토사유실로 인하여 수질오염등 심각한 비점오염원의 주범이 되고 있다. 차 등(1967)은 무기인의 유효성은 주요 토양 및 배양액의 산성도 및 광물의 유무, 유효성 Ca의 함량, 유기물의 량과 분해, 미생물의 활동 등에 따라 결정된다고 보고하였다. 인산 축적지 토양에서 인산의 재활용은 비료의 절감은 물론 청정 환경을 유지할 수 있어 이에 대한 기술개발이 필요하다.

2. 재료 및 방법

화학비료와 가축분 퇴비가 다량 이용되면서 작물이 이용하고 남은 특정 성분이 토양에 축적되는데 특히 인산은 지속적으로 그 함량이 증가하고 있어 이에 대한 대책을 수립하고자 1년차에는 우리원 원예과 시설하우스에서 토양중 축적된 인산을 가용화 할 수 있는 유기산(Citric acid)를 10a 당 10kg, 20kg, 30kg을 처리하여 토마토의 생육과 수량을 관찰하였으며 또 최소인산 시비량을 산출하기 위해 기비로 유기산을 20kg/10a처리하고 화학비료 용성 인비를 1kg/10a, 2kg, 3kg을 처리하여 토마토의 생육과 수량을 관찰 하였다. 각각의 실험 처리시 기비는 검정시비량으로 요소-용성인비- 염화칼리를 23.9-0-15.2kg/10a로 처리하고 시험을 수행하였다. 2년차와 3년차에는 친환경 자재인 쌀겨와 밀기울을 이용하여 인산의 시비량을 줄이고자 하였으며, pH 등 토양중 무기성분과 생육조사는 농촌진흥청 토양분석법과 생육조사 기준에 따라 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

시설재배지에서 토마토를 재배하면서 토양중 함유되어 인산에 대한 이용도를 높이고자 유기산을 처리하여 인산에 대한 반응을 검토하였다. 시험전 시험포장의 인산의 함량은 614mg/kg수준이었으며, 시험결과 토양의 pH는 무처리 6.25에 비해 6.15~6.43수준으로 처리량이 증가할수록 산도는 높아지는 경향이었고, EC는 무처리 0.97에 비해 0.97~1.49dS/m로 처리량이 증가할수록 낮아지는 경향이었으며 특히 인산은 무처리 653mg/kg보다 처리구 669~695mg/kg가 다소 높은 경향으로 유기산을 공시토양에 처리하여 용출되는 인산의 함량을 시험한 결과 수용성 인산의 함량이 무처리에 비해 처리구에서 증가되는 결과와 일치하는 경향이였다(양 등, 2005).

표 1. 유기산(Citric acid)처리별 수확기 토양의 무기성분 함량

구 분	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ext. Cation(cmol+/kg)			NO ₃ -N (mg/kg)	NO ₄ -N (mg/kg)
					Ca	Mg	K		
10kg/10a	6.15	1.49	28.6	695	7.36	2.48	1.31	77.8	5.77
20	6.22	1.47	28.8	669	7.55	2.71	1.21	79.9	7.47
30	6.43	0.97	29.6	684	7.21	2.33	1.24	32.7	4.90
무처리	6.25	0.97	26.6	653	6.82	2.21	1.21	55.5	5.60

인산질 비료를 토양에 처리하였을 경우 인산은 작물이 이용하거나, 토양중 함유되어 있는 Fe, Al, Ca 종류와 결합을 하여 인산이 고정되거나, 기타 요인에 의하여 유실되는데 유기산을 처리하였을 때 이러한 결합되어 있는 인산의 함량을 알고자 수확기 토양중 종류별 인산을 분석한 결과 이용성인, Al-P, Fe-P, Ca-P의 함량은 무처리에 비해 유기산을 처리한 구에서 높게 나타나는 경향을 보였으며 분포비는 Ca-P>Fe-P>Al-P의 순으로 이는 서 등(1995)이 남서 지역 시설재배지에서 토양의 형태별 인산염 분포 조사한 결과와 일치하는 경향이었으며, 유기산 처리에 의한 토양 pH변화는 인산을 작물이 이용하는데 매우 중요한 요소임을 알 수 있다..

표 2. 유기산(Citric acid)처리별 수확기 토양중 종류별 인산 함량

구 분	Usable-P	Al-P	Fe-P	Ca-P	Reductant soluble-P	Occluded- P
10kg/10a	48.4	2.9	386	376	68.4	3.4
20	48.9	4.1	360	362	67.2	4.2
30	54.6	6.4	383	434	68.5	3.8
무처리	43.6	3.2	349	301	66.0	3.5

유기산 처리별 생육상황과 수량을 보면 생육상황은 무처리에 비해 유기산 처리구가 엽수는 다소 많았으나 별 차이 없는 경향이었고 과중은 무처리 6,696에 비해 처리구는 6,323~6,895kg/10a 였으나 통계적 유의성은 없는 경향이었다.

표 3. 유기산(Citric acid)처리별 토마토 생육 및 수량

구 분	경경 (cm)	엽수 (엽)	엽록소 (SPAD)	과수 (개/주)	과장 (cm)	과폭 (cm)	당도 (Brix)	과실 산도	과중 (kg/10a)
10kg/10a	12.1	262	50	193	6.2	6.9	5.5	4.1	^a 6,697
20	11.5	259	50	198	6.2	6.8	5.5	4.1	^a 6,895
30	11.4	277	50	183	6.2	6.9	5.5	4.1	^a 6,323
무처리	11.8	251	52	202	6.0	6.8	5.5	4.1	^a 6,696

J* : DMRT(0.05)

토양중 인산 함량이 600mg/kg이상일 경우 일반적으로 3kg/10a의 수준으로 시비를 추천하고 있는데 이에 대하여 유기산을 처리하였을 경우 최소 시비량에 대한 변화 정도를 파악하고자 시험을 수행한 결과 무처리 6,133kg/10a에 비해 5,305~6,217kg/10a 수준으로 통계적 유의성은 없는 결과를 얻어 인산시비는 1~3kg/10a 수준에서는 큰 차이 없음을 알 수 있었다.

표 4. 인산 최소 처리별 토마토 생육 및 수량

구 분	경경 (cm)	엽수 (엽)	엽록소 (SPAD)	과장 (cm)	과폭 (cm)	당도 (Brix)	pH	과수 (개/주)	수량 (kg/10a)
1kg/10a	11.0	370	47	6.4	6.9	5.1	4.0	154	^a 5,305*
2	10.8	339	48	6.3	6.7	5.0	4.1	174	^a 5,967
3	10.9	359	48	6.4	6.8	5.0	4.1	177	^a 6,217
무처리	10.4	398	47	6.4	6.9	5.0	4.1	168	^a 6,133

J* : DMRT(0.05)

2년차 시험에서는 쌀겨와 밀기울이 분해되면서 유기산을 분비하고 양분공급효과도 있어 (2006, 김동립등) 친환경자재인 쌀겨와 밀기울 그리고 유기산을 처리하여 작물 생육과 수량에 미치는 영향을 검토 하였다. 시험포장 인산의 시험전 토양중 함량은 1,165mg/kg 수준이었으며 처리별 수확기 토양중 무기성분 함량중 인산의 변화는 무처리 1,003mg/kg 이었고 쌀겨 1,312mg/kg, 밀기울 1,264mg/kg으로 무처리에 비해 친환경 자재에서 인산함량이 높게 나타나는 것을 관찰 할 수 있었으며, 유기물의 함량도 따라서 무처리 16.9g/kg에서 쌀겨, 밀기울 공이 21.4로 높아졌음을 알 수 있어 쌀겨와 밀기울에 의한 양분 변화를 검토할 필요성이 있음을 알 수 있었다.

표 5. 처리별 수확후 처리별 토양의 무기성분 함량

구 분	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ext. Cation(cmol+/kg)			NO ₃ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg		
쌀겨 2,000kg/10a	6.38	2.05	21.4	1,312	2.10	2.24	1.46	71.2	227.7
밀기울 2,000kg/10a	6.04	1.93	21.4	1,264	1.66	2.58	1.29	97.4	186.4
유기산 25kg/10a	5.97	1.36	18.9	1,039	1.27	2.56	0.70	50.9	72.4
무처리	6.19	2.45	16.9	1,003	2.29	1.99	0.57	63.3	22.0

쌀겨와 밀기울에 의한 종류별 인산함량을 검토한 결과 무처리에 비해 Al-P, Fe-P, Ca-P는 대체적으로 무처리에 비해 높은 경향이였으며 또한 유기산 처리와도 비슷한 경향으로 따라서 쌀겨나 밀기울도 사용가능성이 있음을 확인 하였다.

표 6. 수확후 토양중 종류별 인산 함량

구 분	Usable-P	Al-P	Fe-P	Ca-P
쌀겨 2,000kg/10a	117	7.4	434	244
밀기울 2,000kg/10a	85	6.3	526	218
유기산 25kg/10a	33	6.7	462	222
무처리	18	3.3	482	191

쌀겨나 밀기울에 의한 처리별 수량상황은 무처리 1.58kg/주에 비해 처리구는 1.31~1.49kg/주로 무처리 보다 수량이 낮았다. 이는 생육초기에 쌀겨나 밀기울이 부속되는 과정에 생육장해를 입어 이것이 후기까지 이어져 수량이 떨어지는 것으로 생각되며, 추후 쌀겨나 밀기울에 대한 처리량과 처리시기를 검토할 필요가 있다.

표 7. 처리별 배추 생육 및 수량

구 분	외엽수 (엽)	내엽수 (엽)	구고 (cm)	구폭 (cm)	주중 (g/주)	구중 (g/주)
쌀겨 2,000kg/10a	26	47	19	9.4	1,313	343
밀기울 2,000kg/10a	29	49	21	10.7	1,490	433
유기산 25kg/10a	26	56	21	11.3	1,459	484
무처리	29	56	22	11.4	1,580	428

3년차에는 쌀겨와 밀기울에 대한 처리량을 2ton에서 쌀겨와 밀기울을 각각 50, 100, 150kg/10a로 조절하여 토양에 처리하고 7일후 정식을 하였다. 시험전 토양중 인산의 함량은 1,025mg/kg 수준이었으며 시험후 토양의 인산의 화학성 변화는 무처리 1,110mg/kg 에 비해 쌀겨는 1,130~1,199mg/kg 수준, 밀기울은 1,058~1,087mg/kg 수준으로 쌀겨는 다소 높은 반면 밀기울은 낮은 경향이었지만 그 차이는 크지 않았다.

나. 처리별 수확기 토양의 무기성분 함량

구 분	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ext. Cation(cmol+/kg)			NO ₃ -N (mg/kg)	
					K	Ca	Mg		
쌀겨 (kg/10a)	50	6.32	0.34	31.2	1,130	1.37	5.53	1.23	29.5
	100	6.24	0.28	34.1	1,199	1.38	5.80	1.46	18.2
	150	5.87	0.35	34.1	1,162	1.57	5.63	1.43	29.5
밀기울 (kg/10a)	50	6.01	0.20	32.6	1,087	1.03	5.75	1.42	12.3
	100	6.16	0.28	33.7	1,069	1.54	5.46	1.12	23.6
	150	6.03	0.26	35.6	1,058	0.90	5.52	1.34	18.7
유기산(20kg/10a)		6.45	0.23	31.3	1,111	1.32	5.81	1.13	11.3
인산(3kg/10a)		6.14	0.17	31.2	1,076	0.80	5.45	1.11	7.5
무처리		6.33	0.30	31.1	1,110	1.86	5.17	0.93	22.4

처리별 배추의 수량은 무처리 1,549g/주에 비해 쌀겨는 1,995~2,483g/주의 수준이었으며, 밀기울은 1,850g/주~2,525g/주의 수준으로 쌀겨와 밀기울 150kg/10a처리에서 유의성 있는 수량성을 보여 화학비료의 대체 가능성이 있음을 확인 하였다.

다. 처리별 배추 생육 및 수량

구 분	생 육				수 량		
	외엽수 (엽)	내엽수 (엽)	구고 (cm)	구폭 (cm)	주중 (g/주)	구중 (g/주)	
쌀겨 (kg/10a)	50	12.0	50.3	38.8	21.5	3,012	2,055 ^{ab}
	100	15.3	51.0	39.2	22.5	3,140	1,995 ^{ab}
	150	12.0	51.3	38.2	20.6	3,715	2,483 ^a
밀기울 (kg/10a)	50	10.3	53.3	39.8	20.8	2,717	1,850 ^b
	100	12.7	53.0	43.2	22.0	2,958	1,860 ^b
	150	10.3	48.0	38.7	19.2	3,542	2,525 ^a
유기산(20kg/10a)		12.3	47.7	39.8	23.6	3,063	1,888 ^b
인산(3kg/10a)		13.3	51.0	39.3	20.5	3,238	2,010 ^{ab}
무처리		13.0	49.3	38.0	20.9	2,554	1,549 ^b

J DMRT(0.05)

4. 적 요

농작물 생산을 위해 농경지에 투입되어 작물 재배후 축적된 인산에 대한 활용도를 높이거나 화학비료의 시비량을 절감하는 방법을 찾고자 시험을 수행한 결과;

- 유기산(Citric acid)을 10, 20 ,30kg/10a 처리후 수확기 토양중 산도는 처리량이 증가할수록 산도는 각각 6.15, 6.22, 6.43으로 높아지는 경향이였으며, EC는 1.49, 1.47, 0.97로 낮아지는 경향이였다.
- 유기산 처리별 과중은 6,323~6,895kg/10a수준으로 무처리와 비교시 통계적 유의성은

없는 경향으로 유기산에 의한 효과는 미미한 실정이었다.

- 친환경자재 쌀겨와 밀기울을 각각 50kg/10a, 100, 200 처리하였을 경우 시험전 토양 중 인산함량은 1,025mg/kg 수준이었으며, 시험후 각처리별 토양중 인산함량은 1058 ~1,199mg/kg 수준으로 시험전후 인산의 함량의 변화는 보이지 않았으나, 각 처리별 배추의 구중은 무처리 1,549 g/주에 비해 미강과 밀기울 150kg/10a처리구가 각각 2,484g/주, 2,525g/주로 유의성 있는 수량성이 보여 미강과 밀기울 처리로 화학비료를 대체 가능성을 보였다.

5. 인용문헌

김홍림, 손보균, 정강호, 강용구. 2006. 쌀겨와 밀기울의 토양 혐기발효 처리가 시설 재배지 토양의 물리 화학성에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, 39(6):366-371

김성애. 1999. 인산이 축적된 토양에서 작물재배에 따른 인산의 유효도 및 형태별 조성 과 함량의 변화, 서울대학교 박사학위논문

이춘희. 1991. 퇴비, 석회 및 규산질비료가 축적인산의 유효화에 미치는 영향, 경상대학교 박사학위논문

윤정희. 1983. 작물의 수량과 인산시비량에 영향하는 토양인산유효도 지표, 동국대학교 박사학위논문

신철우. 1989. 발토양 인산의 형태별 특성과 시비효율, 강원대학교 박사학위논문

서장선, 송요성, 김광식. 1995. 한국 남서 지역 시설 재배지 토양중 인산염 형태별 함량, 한국토양비료학회지, 28(3):270~277

차종환, 최석진. 1967. 인산흡수와 산성도와의 관계, 식물학회지, 10(1):36~40

한국토양비료학회. 2008. 한국토양비료 연구 발달 조명 리뷰 발표집. p. 190~191

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2008년도 (3년차)	영농활용	친환경자재를 이용한 인산 시비량 절감

7. 연구원 편성

구분	소속	직 급	성명	수행업무	참여년도		
					'06	'07	'08
책임자	환경농업연구과 토양관리연구실	농업 연구사	안문섭	세부과제 총괄	○	○	○
공동연구자	"	"	최승출	포장관리	○	○	○
"	원예연구과 채소연구실	농업 연구관	이성열	포장관리	○	-	-