

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
종장기 Code		RIMS Code		2007B00110000059	
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
유기합성·농약 및 비료 사용 절감에 관한 연구		농업자재 RM01	'05 ~'07	환경농업연구과	안문섭
1) 친환경자재와 유기합성농약 사용 에 관한 연구		농약 RM0102	'05 ~'07	환경농업연구과	안문섭
2) 친환경 농자재에 의한 화학비료 저감기술 개발		비료 RM0101	'05 ~'07	환경농업연구과	최승출
색인용어	화학비료, 유기질소원, 배추				

ABSTRACT

Korea is one of those countries that have much high usage rates of chemical fertilizers per unit area of cropland. To reduce the fertilizer application rate, there have been a number of agricultural polices introduced since 1990s. The objective of this study was to reduce chemical nitrogen fertilizer for the Chinese cabbage which is one of the most nitrogen demanding crops. First, there were assessed the organic nitrogen sources which have been widely used agricultural practice. The nitrogen and organic matter level of those were about 1 - 4%, 20 - 80%, respectively. The heavy metals were lower than regulative level, and enough to use in cropland.

To reduce chemical nitrogen fertilizer for cultivating Chinese cabbage, chemical nitrogen fertilizer(Urea) was substituted for several organic nitrogen sources by 30% and 50%, respectively. Most of soil chemical properties tested after the experiment did not show critical difference among treatments. But organic mater was tend to increase with organic nitrogen sources treatment. The nitrogen level in harvested leaves of Chinese cabbage, there was not critical difference among treatments. The yield of Chinese cabbage was not significant difference between chemical nitrogen fertilizer and organic nitrogen sources.

1. 연구목표

우리나라는 농경지 단위면적 당 화학비료 사용량이 높은 국가로 분류되고 있다. 이는 농업생산성 향상과 집약농업으로 인하여 매년 점진적으로 증가하여 1990대 중반에 395kg/ha으로 최고점에 이르렀고(한국토양비료학회지, 2003), 특히 1994-1996년에 조사된 OECD 자료에 의하면 단위 면적당 질소질 비료의 사용량은 208kg/ha로 OECD 국가 중 네델란드 다음

으로 2위에 해당된다고 한다(이 등, 2000).

이러한 이유 등으로 1990년대 후반부터 정부에서 본격적으로 친환경농업을 육성하면서 화학비료·농약 사용을 제한하고 있는 실정이다. 친환경농업이란 민간에서 추진해온 자연농업, 유기농업을 포함하며 농업과 환경을 조화시켜 농업의 생산을 지속가능하게 하는 농업 형태라 규정하고 있다. 따라서 친환경농업은 유기합성 농약이나 화학비료의 사용을 최소화하면서 양분종합관리(INM), 병해충 종합방제(IPM) 등 첨단농업 기술을 이용하여 농업생산의 경제성 확보, 환경보전 및 농산물의 안전성 등을 동시에 추진하고자 하는데 그 의미가 있다. 우리나라는 1997년 친환경육성법을 제정하여 제도적인 기틀을 마련하였으며 1999년부터 상수원보호구역 등 환경규제 지역내의 친환경농업 실천농가를 대상으로 직접지불제를 시행함과 아울러 2001년부터 친환경육성법 및 그 하위법령을 개정하여 국제적인 기준에 맞추어 적극적인 대응방안으로 위하여 친환경농산물 인증제도를 시행하고 있다.

환경오염을 줄이고, 안전한 농산물을 생산하기 위하여 농정시책으로 2005년 현재 전체 농산물의 4%수준인 친환경 농산물을 2010까지 10% 수준으로 높이고, 2013년 까지 농약과 화학비료 사용량을 각각 2003년 대비 40% 감축하겠다는 목표를 세우고 친환경농업 정책을 적극적으로 추진하고 있다. 또한 고품질 안전농산물과 환경보전에 대한 국민들의 인식이 높아지면서 친환경농산물 인증농가, 면적 및 생산량도 매년 급격히 증가되고 있는 추세이다(농촌진흥청, 2005).

본 시험은 질소질 화학비료 사용을 저감하기 위하여 농업인들이 사용하는 유기질소원의 화학비료 대체 효과를 검정하고자 유기질소원을 수집하고 성분분석을 통하여 검정시비량의 50%까지 화학비료를 대체 사용하여 배추의 생육과 수량에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

(시험 1) 친환경 유기질소원 특성 검정

가. 친환경 유기질소원 수집

화학비료를 대체할 수 있는 유기질소원으로 시판 유기질비료, 지렁이분변토, 버섯폐배지, 미강박, 부산물비료 퇴비, 파마자박 등을 수집하여 질소, 인산, 칼리 등 영양원과 중금속류 등 유해물질을 분석하여 화학비료 절감을 위한 시험 재료로 사용하였다.

나. 유기질소원 분석

수집된 유기질소원은 농촌진흥청의 비료 품질검사방법 및 시료채취기준(1998)에 준하여 분석하였다. 유기물(organic matter) 함량은 시료를 600℃에서 3시간 회화시켜 감량되는 량(Ignition loss)을 구하여 산출하였다. 총질소(T-N)는 Kjeldahl법으로(KJELTEC AUTO SAMPLER SYSTEM 1035 Analyzer), P₂O₅는 Vanadate법으로, K₂O 및 CaO, MgO와 Cd, Cu, Cr, Pb 등 중금속류는 유도플라즈마분광광도기(GBC SDS-270)로 측정하였다.

(시험 2) 친환경 유기질소원의 화학비료 대체 효과

가. 시험작물 및 토양

본 시험은 춘천시 신북읍 산천리에 소재한 농업기술원 시험포장에서 수행하였고 토장내 토성은 사양토였다. 시험작물은 명진노랑배추를 사용하였다.

표 1은 시험 전 토양을 분석한 결과이며 토양 산도는 pH 5.7으로 산성토이었고, 유기물 27g/kg로 적정하였으나 유효인산 함량 1,252mg/kg으로 높았으며, 치환성 양이온은 적정범위보다 낮은 토양이었다.

표 1. 시험전 토양의 화학성 (2005).

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	K	Ca	Mg	Na
5.7	0.327	27	1252	13.5	0.4	2.0	0.3	0.52
6.0-6.5 ^p	-	20-30	300-500	-	0.5-0.6	5.0-6.0	1.5-2.0	-

p: 밭토양 적정범위

나. 처리내용

유기질소원에 의한 화학비료 대체 효과를 검증하기 위한 처리는 토양검정시비량 대비 화학비료(요소) N-70%, 화학비료(요소) N 100%, 화학비료 질소 처리량을 유기질소원 5종으로 질소를 각각 30%, 50%를 대체하여 모두 12처리를 두고 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 인산과 칼리는 용성인비와 염화가리로 보정하여 기비로 사용하였다. 재배관리는 농촌진흥청 표준경종법에 준하였다.

다. 조사내용

토양의 화학성 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법(1988, 2000)에 따라 분석하였다. 토양의 pH는 토양과 물의 비율을 1:5로 하여 초자전극으로 측정하였고, 유기물 함량은 Walkely-Black법으로 중건토 0.5g에 1N-중크롬산칼리용액 10ml과 농황산 20ml을 가한후 0.2N-황산제 1철암모늄용액으로 적정하였다. 유효 인산 함량은 Lancater법으로 중건토 5g에 20ml의 침출액을 가하여 10분간 진탕후 여과하여 물리브덴산암몬황산 회석혼합액과 1-Amino-2-Naptol-4-Sulfonic acid를 혼합 한 후 발색제를 가하여 30분 후 720nm에서 측정하였다(H.P. 8452A Spectrophotometer). 치환성 양이온은 중건토 5g을 1N-CH₃COONH₄ (pH7.0)용액 50ml을 가한 후 30분간 진탕하여 각 이온을 유도플라즈마분광광도기(GBC SDS-270)로 측정하였다. 식물체의 무기성분을 분석하기 위하여 건조시료 0.5g을 평량한 후 전열관 위에서 H₂O₂ 와 H₂SO₄로 습식분해한 후 여액을 이용, 총질소(T-N)는 Kjeldahl법으로(KJELTEC AUTO SAMPLER SYSTEM 1035 Analyzer), P₂O₅는 Vanadate법으로, K₂O 및 CaO, MgO는 유도플라즈마분광광도기로 각각 분석하였다. 배추의 생육 및 수량은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 의하였다(농촌진흥청, 2003).

3. 결과 및 고찰

(시험 1) 친환경 유기질소원 특성 검정

화학비료를 대체 가능한 유기질소원으로 농업인들이 많이 사용하는 유기질소원을 수집하여 성분분석한 결과는 표 2와 같다. 질소성분은 시판유기질비료가 4.1%로 가장 높았으며 피마자박이 3.1%, 미강박 2.0%, 지렁이분변토와 부산물비료퇴비는 각각 1% 수준이었다. 유기물은 미강박, 유기질비료, 피마자박이 높았고 지렁이분변토는 21.5%로 낮았다. 인산은 부산물비료 퇴비가 1.23%로 가장 높았으며 버섯폐배지가 가장 낮았다. 칼륨은 미강박이 가장 높았다.

표 2. 친환경 유기질소원의 화학성분 (단위 : %)

구분	N	O.M	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
유기질비료	4.1	78.5	0.86	0.68	1.24	0.89
지렁이분변토	1.1	21.5	0.09	0.27	0.62	0.12
버섯폐배지	0.8	33.8	0.03	0.52	0.43	0.12
미강박	2.0	82.6	0.49	1.24	0.07	0.83
피마자박	3.1	78.5	0.46	0.68	0.92	0.49
부산물비료퇴비	1.3	38.6	1.23	0.44	1.35	0.41

친환경 유기질소원들의 유해성분인 주요중금속 8종을 분석한 결과(표 2) 모든 질소원에서 비료관리법의 유기질비료, 부산물비료 퇴비 공정규격에 제시한 기준치 이하의 함량을 나타내 사용에 문제가 없을 것으로 생각되었으나, 지렁이 분변토에서 중금속이 상대적으로 많이 검출되었는데 이는 분변토의 모체가 하수처리 오니를 사용했기 때문으로 사료된다.

표 3. 친환경 유기질소원의 중금속 함량 (단위 : mg/kg)

구분	Cd	Ni	Cr	Zn	Cu	Pb	As	Hg
유기질비료	0.06	1.38	2.33	7.41	6.18	0.09	2.31	0.23
지렁이분변토	3.25	12.48	24.26	138.7	114.1	2.31	0.38	nd
버섯폐배지	nd	2.54	2.65	12.42	21.28	1.05	0.08	nd
미강박	nd	1.48	1.22	8.65	5.24	0.04	nd	nd
피마자박	nd	2.05	1.52	9.05	3.48	0.03	nd	nd
부산물비료퇴비	1.43	5.96	19.60	134.37	34.37	4.26	0.08	0.03
공정규격 ¹	5	50	300	900	300	150	50	2

공정규격¹ : 유기질비료, 부산물비료 공정규격

nd : 불검출

(시험 2) 친환경 유기질소원의 화학비료 대체 효과

일반적으로 화학비료는 영양분이 단순하고 함량이 높으며 효과가 빨리 나타나고 지속기간이 짧다. 그러나 유기질소원은 영양분이 풍부하고 비료효과가 천천히 나타나고 토양을 개량하여 지력을 높여 준다고 알려져 있어 이 두가지를 혼합시키하면 각각의 단점을 보충하는 것으로 알려져 있다. 화학비료 사용량을 최소화하기 위하여 친환경 유기질소원으로 화학비료 질소 사용량을 30%, 50% 대체하여 동일포장에서 2년간(2005-2006) 재배한 배추의 생육 및 수량을 나타낸 것이다(표 4). 화학비료로 검정시비량 질소100%를 사용한 처리구와 유기질소원으로 30%, 50% 대체한 시험구 간에 수량에서 유의적인 차이를 보이지 않았고 상품의 배추를 생산할 수 있었다. 검정비비기준 70%의 질소를 사용한 처리구는 생육 후반기 비결현상으로 수량이 저조하였고 유기질소원 종류별로는 큰 차이는 없었으나 상대적으로 버섯폐배지와 지렁이분변토가 다소 저조하였다.

표 4. 처리별 배추 수량 및 수량구성요소(2005-2006)

처 리	구고(cm)	구폭(cm)	외엽수(개)	내엽수(개)	주중(kg)	구중(kg)
검정시비N70	31.9	16.9	13.2	55.6	3.2	1.9
검정N70+유기질비료N30	34.1	18.4	16.0	63.3	4.1	3.2
검정N70+분변토N30	32.2	17.7	15.2	62.0	3.6	2.7
검정N70+폐배지N30	33.6	17.6	15.5	62.6	3.7	2.8
검정N70+미강박N30	34.2	17.2	16.1	63.2	3.9	2.9
검정N70+부산물퇴비N30	32.8	17.6	15.6	64.2	3.9	2.9
검정N50+유기질비료N50	33.1	18.5	14.3	66.3	4.1	3.1
검정N50+분변토N50	32.2	17.1	16.2	62.3	3.7	2.7
검정N50+폐배지N50	31.9	17.0	16.4	58.6	3.4	2.5
검정N50+미강박N50	31.6	17.2	16.0	62.4	3.7	2.7
검정N50+부산물퇴비N50	34.4	17.4	15.8	66.3	4.0	3.1
검정시비N100	35.2	18.3	14.9	64.1	4.0	3.1

2007년에는 배추뿌리혹병이 다발하여 시험포장을 변경하고 시판 유기물비료를 피마자박으로 변경하여 수행한 결과(표 5)로 기상조건의 영향으로 생육 및 수량이 전체적으로 저조하였으나 전년도 시험과 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 대표적인 다비성 작물인 배추재배에 있어서 화학비료를 50%절감하고 유기질소원으로 50%까지 대체하여도 배추재배가 가능하다는 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과는 현재 친환경농업 지원 사업으로 화학비료 대신 유기질비료 공급에 보조금을 지원하는 농정시책과 일치하는 결과라 할 수 있다.

표 5. 처리별 배추 수량 및 수량구성요소(2007)

처 리	구고(cm)	구폭(cm)	외엽수(개)	내엽수(개)	주중(kg)	구중(kg)
검정시비N70	23.4	13.1	16.4	50.7	1.5	1.1
검정N70+피마자막N30	27.9	15.7	15.7	58.7	2.8	2.1
검정N70+분변토N30	26.5	14.4	15.7	53.2	2.3	1.6
검정N70+폐배지N30	27.3	15.7	15.9	56.3	2.7	2.0
검정N70+미감박N30	29.9	15.8	16.9	52.2	2.9	2.0
검정N70+부산물퇴비N30	28.1	16.0	15.1	56.7	2.9	2.2
검정N50+피마자막N50	29.3	16.8	16.5	58.3	3.4	2.5
검정N50+분변토N50	26.0	14.1	16.6	52.2	2.0	1.4
검정N50+폐배지N50	26.3	14.2	16.5	53.9	2.2	1.5
검정N50+미감박N50	29.3	15.9	15.9	54.9	2.8	2.1
검정N50+부산물퇴비N50	28.7	16.5	14.9	60.6	3.2	2.5
검정시비N100	28.1	16.1	16.7	54.3	3.1	2.3

수확기 배추 건물의 총질소(Total nitrogen) 함량은 3.12 - 3.99 수준이었으며 화학비료 70%시용구가 다소 낮았으며, 화학비료 단용구와 유기질소원 대체구와의 큰차이는 없었고 유기질소원 종류 및 처리 수준에 따른 경향성은 없었다. 이는 화학비료를 대체하여 시용된 유기질소원이 배추가 흡수 이용할 수 있는 형태로 토양미생물에 의하여 분해되는 것으로 사료된다. 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등 다른 무기성분 함량은 특별한 경향성이 없었다(표 6).

표 6. 수확기 처리별 배추의 무기성분 함량 (단위:%)

처 리	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
검정N70	3.12	1.95	5.68	1.33	0.30
검정N70+유기물비료N30	3.63	1.12	4.64	0.68	0.34
검정N70+분변토N30	3.96	1.88	5.53	1.27	0.37
검정N70+폐배지N30	3.46	1.65	4.79	1.27	0.30
검정N70+미감박N30	3.37	1.72	4.97	1.13	0.34
검정N70+부산물퇴비N30	3.90	1.66	4.93	1.43	0.35
검정N50+유기물비료N50	3.33	1.40	4.56	0.72	0.31
검정N50+분변토N50	3.29	1.57	4.85	0.86	0.30
검정N50+폐배지N50	3.47	1.45	4.69	0.75	0.24
검정N50+미감박N50	3.25	1.51	5.40	0.78	0.28
검정N50+부산물퇴비N50	3.81	1.72	5.25	1.13	0.31
검정시비N100	3.81	1.66	5.21	1.09	0.36

화학비료 사용량을 최소화하기 위하여 친환경 유기질소원으로 화학비료 질소사용량을 30%, 50% 대체하여 동일포장에서 2년간 배추재배 후 토양의 화학성은 표 7에 나타내었다.

재배 후 토양의 pH는 5.5 - 7.3의 분포를 보였으며 재배전 토양보다 높아지는 경향이었고 시판 유기질비료로 50%대체구에서 가장 높았다. 유기물 함량은 유기질소원 대체구에서 화학비료 단용구 보다 높은 경향이었으나 처리간 차이는 보이지 않았고, 인산 함량은 시험전 보다 증가하였으며 치환성 양이온류는 처리간에 큰 차이가 없었다. 이는 유기물 사용의 토양 생산성 유지에 효과적이었다는 보고(임 등, 1992)와 유사한 결과이다.

표 7. 수확후 토양의 화학성

구 분	pH	EC	OM	P ₂ O ₅	NO ₃ -N	Ca	K	Mg	Na
	(1:5)	(dS/m)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	cmol+/kg			
검정N70	5.5	2.10	17	1256	20.5	2.8	1.3	0.15	0.44
검정N70+유기질비료N30	6.1	2.86	29	1406	19.3	2.8	1.9	0.36	0.47
검정N70+분변토N30	6.7	3.88	17	1437	37.3	5.1	1.4	0.23	0.60
검정N70+폐배지N30	6.1	2.99	26	1375	21.9	3.0	1.4	0.22	0.45
검정N70+미감박N30	5.9	2.05	30	1222	19.9	2.7	1.3	0.23	0.53
검정N70+부산물퇴비N30	6.7	3.47	30	1280	23.9	4.7	1.3	0.19	0.51
검정N50+유기질비료N50	7.3	3.36	28	1352	13.2	6.3	1.1	0.13	0.49
검정N50+분변토N50	6.9	2.76	29	1271	20.3	3.5	1.3	0.16	0.47
검정N50+폐배지N50	6.5	3.60	30	1470	22.5	4.4	1.6	0.19	0.48
검정N50+미감박N50	6.8	3.52	29	1613	26.5	4.5	1.3	0.21	0.48
검정N50+부산물퇴비N50	6.6	2.80	25	1440	35.0	3.9	1.5	0.23	0.55
검정시비N100	6.3	3.22	19	1437	27.8	4.2	1.2	0.15	0.50

4. 적 요

화학비료 사용량을 저감하기 위하여 농업인들이 많이 사용하는 친환경 유기질소원을 수집하여 특성을 분석한 결과 1 - 4%의 총질소 분포를 보였고, 유기물은 20 - 80%의 분포를 보였다. 유기질소원 질소성분량으로 검정시비량의 질소성분량의 50%까지 화학비료를 대체하여 시험한 결과 재배 후 토양의 pH는 높아지는 경향이었고 유기물 함량은 유기질소원 대체구에서 화학비료 단용구 보다 높은 경향이었으나 유기질소원 간에는 차이는 보이지 않았다. 수확기 배추 건물의 총질소 함량은 3.12 - 3.99 수준이었으며 화학비료 단용구와 유기질소원 대체구와의 큰 차이는 없었고 유기질소원 종류 및 처리 수준에 따른 경향성은 없었다. 이는 화학비료 대체 사용된 유기질소원이 작기내에 배추가 흡수 이용할 수 있는 형태로 토양미생물에 의하여 분해되는 것으로 판단된다. 배추의 생육 및 수량은 화학비료로 검정시비량 질소 100%를 사용한 처리구와 유기질소원으로 30%, 50% 대체한 시험구 간에 수량에서 유의적인 차이를 보이지 않았고 상품의 배추를 생산할 수 있었다. 따라서 대표적인 다비성 작물인 배추재배에 있어서 화학비료를 50%절감하고 유기질소원으로 50%까지 대체하여도 배추재배가 가능하다는 결과를 얻을 수 있었다.

5. 인용문헌

- 농촌진흥청 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법
- 농촌진흥청 농업과학기술원. 1998. 비료의 품질검사방법 및 시료 채취기준
- 농촌진흥청 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준
- 농촌진흥청 농업과학기술원. 2005. 친환경농업 허용자재 자료집
- Lee, C.S., P.J. Kim, and H.K. Kwak. 2000. Determination of nitrogen balance of agricultural land among OECD nutrient balance index. Korean J. Soil Sci. Fert. 33:347-355
- 임수길. 1992. 무우, 배추생육에 대한 수종의 유기질비료 사용효과. 한국토양비료학회지 25(1)
- Seok-Cheol Kim, Yang-Ho Park, Youn Lee, Ju-Young Lee, Chung-Su Kim and Pil-Joo Kim. 2003. Comparison of Farm Based Fertilizer Usage In 1992 and 1999. Korean J. Soil Sci. Fert. 36(5)

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2007년도 (3년차)	기초자료	유기질소원의 화학비료 대체 효과
2007년도 (3년차)	논문	배추에 대한 유기질소원의 화학비료 대체 효과

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					05	06	07
책임자	환경농업연구과	농업 연구사	최승출	세부과제 총괄	○	○	○
공동 연구자	환경농업연구과	농업 연구사	안문섭	연구협조	○	○	○
공동 연구자	환경농업연구과	농업 연구사	김세원	연구협조	○	○	○
연구 보조원	환경농업연구과	계약직	김남호	포장관리, 분석보조	○	○	○