

석사학위논문

돈분뇨 액비 시용이 토양화학성과
감자 생육에 미치는 영향

Effects of Liquid Pig Manure Application on
Soil Chemical Properties and Potato Growth



제주대학교 대학원

농화학과

황재종

2005 년 12 월

돈분뇨 액비 시용이 토양화학성과 감자 생육에 미치는 영향

지도교수 유 장 결

황 재 종

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함

2005 년 12 월



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

황재종의 농학 석사학위 논문을 승인함

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

제주대학교 대학원

2005 년 12 월

Effects of Liquid Pig Manure Application on Soil Chemical Properties and Potato Growth

Jae-Jong Hwang

(Supervised by professor Zang-Kual U.)



A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of Master of Agriculture

2005. 12

Department of Agriculture Chemistry
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY


목 차

SUMMARY	-----	1
I. 서 론	-----	3
II. 재료 및 방법	-----	7
1. 공시액비	-----	7
2. 비료 시용 및 시험구 처리	-----	7
3. 감자 재배	-----	11
4. 생육특성 및 더뎡이병 발생 조사	-----	12
5. 화학분석	-----	13
6. 화학비료 절감율 산출	-----	15
III. 결과 및 고찰	-----	16
1. 감자재배 토양의 화학적 특성	-----	16
1) 시험 토양의 화학적 특성	-----	16
2) 토양 중 질산태 질소 변화	-----	17
3) 토양 incubation에서 질소형태 변화	-----	19
2. 감자 생육 및 감자 잎 중 무기성분 함량	-----	22
1) 감자 생육 특성	-----	22
2) 감자 엽중 무기성분 함량	-----	23
3. 수량 및 더뎡이병 발생 조사	-----	25
1) 수량조사 결과	-----	25
2) 더뎡이병 조사 결과	-----	26
4. 화학비료 절감효과	-----	28
IV. 적 요	-----	29
V. 인용문헌	-----	30

SUMMARY

This study was carried out to evaluate the feasibility of liquid pig manure (LPM) as a substitute for chemical fertilizer (CF) and to reduce the amount of chemical fertilizers being used currently. Potato was cultivated in reclaimed soil located in mid-mountainous area of Jeju Island. The soil chemical properties and potato tuber yield were examined with the four treatments ; 100% chemical fertilizer (CF 100%), 50% chemical fertilizer and 50% liquid pig manure (CF 50%+LPM 50%), 100% liquid pig manure (LPM 100%), and 150% liquid pig manure (LPM 150%).

The results were as the followings ;

- 
1. No difference between the treatments was observed in soil pH, organic matter content, available phosphate and exchangeable cation capacity.
 2. The contents of $\text{NO}_3\text{-N}$ at each growth stage were higher in LPM treatment than in CF 100%.
 3. No difference between CF 100% treatment and CF 50%+LPM 50% treatment was found in plant height. The plant height of LPM 100% treatment and LPM 150% treatment was lower than that of CF 100% treatment. The treatments gave no difference in the number and diameter of stems.

4. Mineral contents of potato leaves were almost same in all the treatments.

5. The tuber yields of both CF 100% treatment and CF 50%+LPM 50% treatment were identical, and higher than those of LPM 100% treatment and LPM 150% treatment.

6. Incidence of potato common scab (*Streptomyces scabies*) was lower in CF 50%+LPM 50% treatment and LPM 100% treatment than in CF 100% treatment and LPM 150% treatment.

7. Reduction rates of chemical fertilizer by using liquid pig manure were 27.2% in CF 50%+LPM 50% treatment, 54.2% in LPM 100% treatment, and 65.3% in LPM 150% treatment.

8. In conclusion, the growth and yield of potato was not different between mixed fertilizer(chemical fertilizer : liquid pig manure = 1:1) and the chemical fertilizer. Therefore liquid pig manure could be substituted for some amount of chemical fertilizer and also live-stock manure as a source of environmental pollutant could be used as fertilizer.

I. 서 론

지금까지 깨끗한 이미지의 제주지역에서는 최근 양돈단지에서 발생되고 있는 돈분뇨로 인하여 청정제주 환경유지에 걸림돌로 작용하고 있다. WTO/DDA 및 FTA 등 개방화 시대의 도내 양돈산업은 2004년 기준 총수입 1,994억원을 벌어들여 주력산업으로의 역할을 담당하고 있지만 발생되고 있는 돈분뇨에 대해서는 아직까지 해결해야 할 문제로 남아있다.

1970년대 이전의 축산분뇨는 화학비료에 대한 생산 공급이 부족한 관계로 비료 공급원으로서 일반적으로 사용해 왔으나, 1970년대 이후에는 화학비료가 대량 생산되어 공급되므로서 가축분뇨의 사용량이 감소하게 되었고, 근래에는 경제의 성장과 함께 생활수준이 향상되어 육류의 소비가 증가됨에 따라 축산 규모의 대형화와 집단화에 의하여 가축분뇨의 배출량도 급격히 증가하고 있다.

이에 따라 최근에는 발생되고 있는 축산분뇨에 대한 처리가 마땅하지 않게 되므로서 음성적으로 방류 또는 주변지역에 집중적으로 뿌려지고 있으며, 이러한 축산분뇨는 땅속으로 스며들거나 지표로 흐르게 되어 지역에 따라서는 한계부하량을 초과하게 됨에 따라 축산단지를 비롯한 인근지역 지표수나 지하수 등의 수질과 토양환경에 대하여 오염원으로 작용하고 있다.

도 농업통계에 의하면 최근 도내 축산분뇨의 연간발생량은 1,057천톤으로 비료성분량으로는 22.5천톤에 이르고 있고, 3요소 성분별로는 질소 8,159톤, 인산 9,337톤, 칼리 5,004톤에 달하고 있으며, 이 중 돈분뇨 발생량은

Table 1과 같이 약 68만톤으로 분은 260천톤, 뇨는 420천톤에 이르고 있는데, 돈분뇨액비에는 질소성분이 많이 함유되어 있기 때문에 발효과정 단계를 걸쳐 작물에 시용량 등을 검토하여 이용한다면 비료자원으로의 활용이 가능할 것으로 기대된다.

Table 1. Production of pig manure investigated at Jeju Province in 2002

Sites	No. of the farm	No. of the pig	Daily production (ton)	Annual production (ton)
Jeju-si	12	6,331	27 (17)*	9,572 (6,031)
Seogwipo-si	39	33,154	140 (87)	51,067 (31,584)
Bukjeju-gun	226	269,912	1,139 (704)	415,745 (257,132)
Namjeju-gun	90	134,459	567 (351)	207,107 (128,092)
Total	367	443,856	1,873 (1,159)	683,671 (422,839)

* () : pig urine part among liquid pig manure (2002, Jeju Province)

액상분뇨라 함은 가축을 사육하는 과정에서 배출되는 분, 뇨 및 청소수의 혼합물 또는 기타 가축분뇨 처리과정 즉 혐기발효 과정에서 발생하는 물질을 비료로 활용할 목적으로 수집 저장한 후, 일정기간을 경과 부숙시켜 병원성 미생물 및 잡초종자 사멸, 이분해성 물질 분해 등으로 위생적으로나, 경종적으로 안정화된 액상 물질을 말하는데, 각종 미생물의 증식활동에 의해 분뇨의 유기물을 발효시켜 제조한 것으로 시용 후 작물에 피해를 주지 않는 화학적 변화가 거의 없는 상태의 것이라 정의하고 있다(농촌진흥청, 2002).

돈분뇨 발효액비 제조기술은 슬러리를 호기적 미생물에 의해 분해시켜 액상구비를 제조하는 방법으로 교반과 폭기를 반복하면 호기성 세균이 증식과 함께 미생물 분해작용으로 인하여 섬유질이 세분화되므로서 악취는 대부분 대기중으로 휘산되고, 셀룰로오스, 세미셀룰로오스는 액상으로 되며, 리그닌만 남아 내용액 전체가 액상으로 되어 지는데, pH는 8-9이며 질소 농도는 발효전보다 30% 이상 감소된다고 하고 있다(박, 2002).

현재 액비는 벼 등 37개 작물에서 사용되고 있으나, 작물별로 0.7~37.5 톤/10a까지 다양하게 사용되고 있으며, 대부분 작물에서 많은 양의 돈분뇨 액비를 사용하고 있는데, 호박의 경우 질소시비 기준량보다 8.6배나 많은 양을 시용하고 있으며, 과다시용으로 인하여 작물에 피해가 나타나고 있기 때문에 돈분뇨 액비 활용시에는 작물별로 적정 시용량을 준수하여야 한다고 하고 있다(박, 2000).

액비 시용량 결정방법은 질소성분이 가장 많이 함유하고 있는 관계로 질소성분을 기준으로 하되 토양비옥도를 고려하여 결정하는 것이 바람직하고, 인산기준으로 액비 시용량을 결정할 경우 질소 과다투입으로 작물의 병해충 발생, 도복, 등숙율 저하 및 질산염 등에 의한 지하수 오염이 우려된다고 하였다(박, 2000).

제주도내에서 발생되고 있는 축산분뇨 중 고형물 대부분은 부산물퇴비 등의 비료자원으로 활용되고 있으나, 분뇨 중 오줌과 세정액에 대해서는 처리에 어려움을 겪고 있는데, 그나마 다행한 것은 발생되고 있는 돈뇨 및 세정액에 대하여 행정과 축산농가 공동으로 환경오염 경감과 축산분뇨의 재활용 차원에서 발효액비 생산시스템을 도입하여 돈분뇨를 액비화하고 있다는 것이다.

이 발효시스템에 의해 생산된 액비는 15만톤 정도에 이르고 있지만, 작물에 대한 시용효과 검토 등의 실용화 연구 및 홍보 미흡과 활용체계 미비 등으로 생산된 액비마저도 거의 활용을 못하고 있는 형편이어서 많은 예산을 투자하고도 제 효과를 못 거두고 있는 실정이고 보면, 행정당국과 해당 농가에서는 하루빨리 대책을 마련해야 될 것으로 생각된다.

최근에 이렇게 생산된 돈분뇨 액비는 인근 중산간 지역에 공공연하게 버려지다 보니 이를 막기 위하여 법적으로 공해상 500m이상 지역에 폐기토록까지 하고 있으나, 생산농가들은 이에 따른 폐기비용을 줄이기 위해 비양심적으로 방류하고 있는 실정이어서 대책이 없을 경우, 이런 현상이 지속적으로 이뤄지므로써 중산간지 토양과 지하수 오염은 물론 청정제주 환경유지에 큰 장애물이 되어 전체적으로 도민의 부담이 될 것으로 생각된다.

일부 선진농업국에서는 이러한 문제를 해소하기 위하여 친환경농업의 일환으로 축산폐기물을 전량 비료자원화하고 있으며, 환경오염 부하량 경감과 화학비료 사용절감 기술개발에 중점을 두어 추진하고 있는데, 축산분뇨를 잘 활용하면 환경오염 예방은 물론 충분한 비료자원으로의 활용 가치가 있다 하겠다.

따라서 본 시험은 환경오염의 원인이 되고 있는 양돈단지의 돈분뇨에 대하여 비료로서의 자원화 검토는 물론 화학비료 사용절감을 통한 친환경농업 기술개발 보급 차원에서 돈분뇨 액비시용이 감자 재배토양과 수량에 미치는 영향에 대하여 중산간 개간지인 농암갈색 화산회토양에서 2004년 8월부터 12월까지 본 시험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시액비

본 시험에 사용된 공시액비는 남제주군 대정읍 동일리 소재 서부양돈단지에서 생산된 돈분뇨 액비로서 성분함량은 Table 2에서 보는 바와 같다.

총질소 0.30% 중에는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 2,590 mg/L와 $\text{NO}_3\text{-N}$ 7.8 mg/L의 무기태 질소가 포함된 것으로, 돈분뇨액비 1 ton 중에는 질소, 인산, 칼리를 각각 3.0, 0.4, 1.5 kg 함유하는 것이었다.

Table 2. Chemical properties of liquid pig manure (LPM) used in the experiment

T-N*	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Zn	B	Fe	Cu	Mn
----- (%)			-----			----- (mg/L)				-----
0.30	0.04	0.15	0.02	0.002	0.04	6.4	4.0	16.5	2.1	0.9

*Including $\text{NO}_3\text{-N}$ of 7.8 mg/L and $\text{NH}_4\text{-N}$ of 2,590 mg/L

2. 비료 시용 및 시험구 처리

1) 화학비료 및 돈분뇨액비 시용

감자 재배 및 토양 incubation 처리는 Table 3과 같이 화학비료 100%구, 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구, 돈분뇨액비 100%구, 돈분뇨액비 150%구의 4처리 구를 두었으며, 시험구 배치는 임의배치법으로 하였다.

화학비료 100%구는 대조구로 토양을 채취하여 분석한 후 시비처방에 의하여 비료를 시용하였으며, 돈분뇨 액비 시용구는 질소 성분을 기준으로 대조구와 같은 양의 시비량을 산출하여 처리하였다.

Table 3. Application rates of chemical fertilizer and liquid pig manure treated for potato cultivation and soil incubation

Treatment	Chemical fertilizer (kg/10a)			Liquid pig manure (ton/10a)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
CF100%	19.0	22.5	18.0	0
CF50%+LPM50%	8.5	21.1	12.8	3.5 (10.5-1.4-5.2)*
LPM100%	0	19.7	7.5	7.0 (21.0-2.8-10.5)
LPM150%	0	18.3	2.3	10.5 (31.5-4.2-15.7)

* () : kg of N, P₂O₅, and K₂O included in liquid pig manure.

대조구인 화학비료 100%구의 시비량은 질소 19.0, 인산 22.5, 칼리 18.0 kg/10a로 질소질 비료는 요소, 인산은 용과린, 칼리는 염화가리를 사용하였다.

화학비료 50%에 돈분뇨액비 50%를 혼합 처리한 시용구는 화학비료 100%구의 질소성분을 기준으로 화학비료와 돈분뇨액비를 각각 50%를 시용하였고, 돈분뇨액비 처리량은 3.5 ton/10a으로 이 중에는 질소 10.5, 인산 1.4, 칼리 5.2 kg/10a가 함유되어 있어 화학비료 시용시 이 양만큼 감하여 시용하였다.

돈분뇨 액비 100%구와 150%구는 돈분뇨 액비를 각각 7.0 ton/10a, 10.5 ton/10a를 처리하였으며, 화학비료 시용은 화학비료 100%구와 같은 시비량을 처리하기 위하여 부족성분을 요소, 용과린, 염화가리로 보충 시용해 주었다.

처리구별 화학비료 사용량은 49 m²(7m x 7m)당 화학비료 100%구는 질소 0.93 kg, 인산 1.1 kg, 칼리 0.88 kg, 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구는 질소 0.42 kg, 인산 1.03 kg, 칼리 0.63 kg, 돈분뇨액비 100%구는 인산 0.97 kg, 칼리 0.37 kg, 돈분뇨액비 150%구는 인산 0.90 kg, 칼리 0.11 kg을 사용하였다.

돈분뇨액비 사용량은 49 m²(7m x 7m)당 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구는 172L, 돈분뇨액비 100%구는 343L, 돈분뇨액비 150%구는 515L을 사용하였다.

처리방법 및 시기는 1차 로터리 작업 후 파종 5일 전에 돈분뇨 액비를 처리구별로 골고루 살포한 후, 화학비료를 파종 1일 전에 사용하여 2차 경운을 실시한 다음 시험구 작성을 하였는데, 돈분뇨액비 150%구는 단위면적당 액비 처리량이 많은 관계로 이 방법 사용시에는 사용방법에 대한 검토가 요구된다.



2) 토양 incubation 실험

이 실험은 토양중 질소함량 변화에 따른 시간별 질소형태 변화를 보기 위하여 실시하였는데, 실험에 사용된 토양은 감자 시험 재배지 토양과 같은 화학적 특성을 가진 농암갈색 화산회 토양을 채취하여 사용하였으며, 비료 처리량은 단위면적당 감자 재배에 사용된 것과 동일한 양의 비료를 사용하였다.

처리별 1 m² 당 화학비료의 실제 사용량은 화학비료 100%구가 질소 19 g, 인산 22.5 g, 칼리 18 g, 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구는 질소 8.5 g, 인산 21.1 g, 칼리 12.8 g, 돈분뇨액비 100%구는 인산 19.7 g, 칼리 7.5 g, 돈분뇨액비 150%구는 인산 18.3 g, 칼리 2.3 g을 처리하였다.

화학비료 100%구는 토양에 화학비료를 시용하여 잘 혼합한 후 용기에 넣었고, 돈분뇨 액비를 시용한 구는 토양에 돈분뇨 액비를 골고루 살포한 다음 1시간 경과 후 화학비료를 넣어 잘 혼합하여 사용하였다. 그러나 돈분뇨액비 150%구는 단위면적당 처리량이 다른 처리구보다 시용량이 많은 관계로 일시적으로 토양 수분이 과포화 상태가 되어 흘러내림으로서 다소 손실(loss)이 일어났는데, 액비를 일시적으로 많이 사용할 경우에는 시용량에 따른 시용방법 등의 검토가 이루어져야 될 것으로 생각된다.

혼합된 토양시료는 Fig. 1과 같이 500mL 플라스틱 비이커에 4/5정도 채운 후 윗부분은 외부로부터 통기성을 양호하게 유지하면서 뛰어난 방수성을 가진 고밀도 폴리에틸렌 재질인 타이백으로 봉인하였고, 시험포장 부근에 20cm 깊이의 지하부 구덩이를 판 후 플라스틱 비이커를 옮겨 넣은 다음 자연조건과 같은 온도를 유지해 주기 위하여 빈 공간을 다시 토양으로 채워 실험을 실시하였다.

실험 시기는 2005년 7월 상순에서 8월 상순사이 한 달 동안 자연 조건하에서 배양하였으며, 시료 채취는 배양 후 5일, 9일, 14일, 18일, 27일경에 하였다.

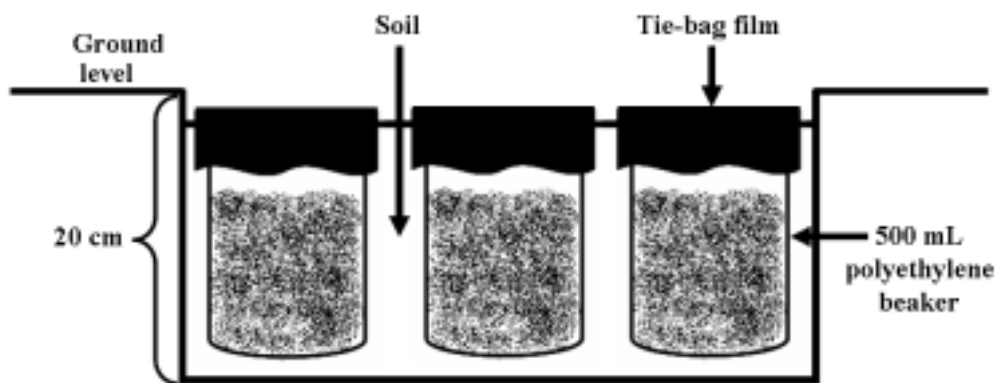


Fig. 1. The diagram for soil incubation experiment.

3. 감자 재배

본 시험은 2004년 8월부터 12월까지 5개월 동안 북제주군 애월읍 봉성리 소재 농암갈색화산회토인 중산간지 토양에서 대지감자(*Solanum tuberosum* L. cv. Dejima)를 공시품종으로 하여 가을재배로 실시하였다.

처리별 시험구는 가로 7m × 세로 7m 규격에 10개 이랑을 만들어 실시하였고, 집중강우시 비료와 토양의 이동과 유실을 최소화하기 위하여 처리구 사이에 60 cm 정도의 높은이랑을 만들어 이용하였으며, 파종은 9월 1일에 재식거리 70 × 20cm로 처리구별 10 주씩 총 100주를 하였고, 수확은 12월 10일에 실시하였다.

시험 전 토양의 화학적 특성은 Table 4와 같이 pH가 5.2, 유기물 함량 108 g/kg, NO₃-N 함량 5.0 mg/kg, 유효인산 함량은 177 mg/kg 이었고, 치환성 염기 중 칼리함량은 1.12 cmol⁺/kg, 칼슘 2.59 cmol⁺/kg, 마그네슘 1.29 cmol⁺ /kg, 나트륨 0.07 cmol⁺/kg으로 대체적으로 양분함량이 다소 낮은 중산간 개간지 토양이었다.

그 외 주요병해충 방제와 비료사용 등 일반관리는 농업기술원 표준 재배관리에 준하여 실시하였다.

Table 4. Chemical properties of soil before experiment in potato field

pH (1:5)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol ⁺ /kg)			
				K	Ca	Mg	Na
5.2	108	5.0	177	1.12	2.59	1.29	0.07

4. 생육, 수량 및 더뎡이병 조사

1) 생육 및 수량

생육특성과 수량 조사는 농진청 농사시험연구 조사기준에 의해 실시하였으며, 생육은 정식 후 50일경 개화기에 초장과 줄기 굵기, 줄기 수를 조사하였고, 초장은 줄자(KMC-19, Korea)로, 줄기 굵기는 지상부에서 10 cm 높이의 줄기 부분을 켈리퍼(Mitutoyo, Japan)로 측정하였다.

수량조사는 처리별 공시주수 30주를 대상으로 조사하였고, 주당 수량은 처리당 반복별 총주수를 평균하여 계산하였으며, 10a당 수량은 식재본수에 대입한 후 환산하여 측정하였다.

2) 더뎡이병 발생



더뎡이병 발생 조사는 각 처리구별 중앙 부분의 10주를 3반복 수확하여 100 g 이상 감자를 물로 깨끗이 씻은 후 조사 총괴경수와 이병 괴경수를 조사하여 발병율(PDI: percent disease incidence)과 발병도(DII: disease incidence index)를 조사하였다.

이병지수는 병반 면적율이 1% 미만은 0, 1~5%는 1, 5~10%는 2, 10~20%는 3, 20% 이상은 4로 기준을 정하여 관찰하였고, 발병율과 발병도는 아래와 같이 계산하였다(Park et al, 2002).

$$\text{발병율 (\%)} = (\text{이병괴경수} / \text{조사된 총 괴경수}) \times 100$$

$$\text{발병도 (\%)} = (1+2+3+4 / \text{조사된 총 괴경수} \times 4) \times 100$$

5. 화학 분석

1) 공시액비

시험에 사용된 돈분뇨액비 중 총 질소 함량은 피펫을 이용하여 액비 1mL을 취한 뒤 질소 자동분석기용 플라스크에 넣고 황산과 분해 촉진제를 넣어 습식분해시켜 질소 자동분석기(Buchi399, Germany)로 측정하였다(Bremner and Mulvaney, 1982).

암모늄태 질소는 돈분뇨액비 10 mL을 정량하여 질소증류장치(Kjeldtec 2200, Foss Tecator, Sweden)의 kjeldahl flask에 넣은 뒤 600 ~ 700°C에서 MgO 3 g을 넣어 알카리화하였다.

그런 다음 30 mL의 2% 붕산액과 0.5 g의 bromo cresol green과 0.1g의 methyl red를 95% ethanol 100 mL에 녹인 혼합지시약으로 증류하여 포집한 후, 0.05 N H₂SO₄를 가지고 적정하여 계산하였다.

질산태 질소는 암모늄태 질소를 측정하고 남은 용액에 0.3 g Devarada alloy 시약을 넣어 증류하여 암모늄태 질소 측정과 같은 방법으로 아래 공식에 의해 질소를 정량하였다(Keeney and Nelson, 1982).

$$\begin{aligned} \text{산출공식} & \quad (T-B) \times f \times \text{Normality} \times 14 \times 1,000/10g \times 100/25 \\ & = (T-B) \times f \times \text{Normality} \times 14 \times 400 = \text{NH}_4\text{-N mg/kg} \end{aligned}$$

다량 및 미량원소 분석은 돈분뇨액비 1 mL를 켈달플라스크에 정확히 취하여 H₂SO₄-H₂O₂법(Anh, 1987)으로 분해시킨 뒤 최종 부피를 100 mL로 조제한 다음 분해액을 2배로 희석하여 유도결합 플라즈마 원자방출분광계(70C, Jobin Yvon, France)로 측정하였다(농촌진흥청, 2000).

2) 토양

토양 시료는 8월 시험 전, 10월 개화기 그리고 11월 말 수확기에 채취하였고, 일부 젖은 토양은 질산태 및 암모늄태 질소를 신속하게 분석하였고, 나머지는 풍건한 후 2 mm체로 통과시켜 pH, EC, 총질소, 토양 유기물, 유효인산 그리고 치환성 양이온을 분석하였다.

토양 pH 및 EC는 토양 10 g에 증류수 50 mL를 넣어 1:5 비율로 한 다음 pH 메타(Horiba 1024, Japan)를 사용하여 측정하였다.

유기물 함량은 Tyurin법으로 토양 0.2 g을 삼각플라스크에 취한 후 0.4 N $K_2Cr_2O_7$ 용액 20 mL를 가하여 150°C 전열판에서 45분간 가열하였다.

이후 모래판에 옮겨 놓은 다음 50 mL 증류수, 5 mL H_2PO_4 , 0.5 mL Ortho phenanthroline 지시약을 각각 넣어 0.2 N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 를 가지고 적정하여 측정하였다(Nelson et al, 1982).

유효인산 함량은 Lancaster법으로 토양 5 g을 100 mL 삼각플라스크에 취한 후 20 mL 인산침출액을 가하여 10분간 진탕하였고, No. 6 여과지로 여과하여 유도결합 플라즈마 원자방출분광계(70C, Jobin Yvon, France)로 측정하였다.

치환성 양이온 함량은 토양 5 g을 1 N NH_4OAc (pH 7.0) 용액 50 mL를 가하여 30분간 진탕하였고, No. 6 여과지로 여과하여 유도결합 플라즈마 원자방출분광계로 측정하였다.

토양 중 총질소 함량은 토양 1 g과 14 mL H_2SO_4 을 질소 자동분석기용 분해 플라스크에 넣고 분해시킨 후 질소 자동분석기(Buchi399, Germany)로 측정하였다. 질산태 및 암모늄태 질소는 젖은 토양 10 g에 증류수 50 mL를 가하여 30분간 진탕하였고, No. 6 여과지로 여과하여 이온크로마토그래피(Metrohm 790, Metrohm, Switzerland)로 분석하였다.

3) 식물체

감자 식물체는 2004년 11월 30일 수확기에 감자 줄기를 채취하여 각각 엽과 엽병으로 구분하였고, 엽은 중성세제로 깨끗이 씻어낸 뒤 증류수로 세척하여 상온에서 건조한 후 60~70°C 건조기에서 3일정도 건조시켰다.

건조된 엽 시료는 분쇄(Embleydon et al, 1967; 韓 등, 1977)하여 40 mesh체를 통과시켜 분석용 시료로 사용하였고, 분쇄된 엽 시료는 1 g을 켈달플라스크에 정확히 취한 다음 H₂SO₄-H₂O₂법으로 분해시켜 증류수를 가지고 잘 행구면서 최종 부피 100 mL가 되도록 준비하였다.

총질소 함량은 분해액의 일부를 취하여 질소자동 분석기로 측정하였고, 다량 및 미량원소 분석은 분해액을 10배로 희석하여 유도결합 플라즈마 원자방출분광계(70C, Jobin Yvon, France)로 측정하였다.



6. 화학비료 절감율 산출

화학비료 절감율은 아래의 계산 공식과 같이 화학비료 100% 시용구에 대한 화학비료 요소, 용성인비, 염화가리 사용량의 총합을 기준으로 하여 돈분뇨액비 시용구(50%, 100%, 150%)에 따른 화학비료 사용량을 산출하여 비교하였으며, 화학비료 대신 돈분뇨액비를 대체 사용함으로써 화학비료 사용을 얼마나 절감할 수 있는지를 검토하였다.

$$\text{화학비료 절감율 (\%)} = (1-B/A) \times 100$$

A: 화학비료 100%구의 화학비료 총 사용량 (kg/10a)

B: 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구, 돈분뇨액비 100%구, 또는 돈분뇨액비 150%구 각각의 화학비료 총 사용량 (kg/10a)

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 감자재배 토양의 화학적 특성 변화

1) 시험토양의 화학적 특성

수확기 감자재배지 토양의 화학적특성 변화는 Table 5와 같이 pH는 시험전 5.2에 비하여 화학비료 및 돈분뇨액비 시용구 모두 5.0~5.1로 다소 낮아졌으나 비슷하였고, 유기물 함량은 화학비료 100%구와 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 102 g/kg, 104 g/kg으로 시험 전과 차이가 없었으며, 돈분뇨액비 100%구와 돈분뇨액비 150%구에서는 다소 낮았으나 처리 간 차이는 없었다.

유효인산 함량은 모든 처리구가 134~146 mg/kg으로 시험 전 177 mg/kg 보다 낮아졌고, 처리구중 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 146 mg/kg로 다른 처리구 보다 다소 낮았으나 처리 간 차이는 없었다.

치환성 양이온함량 변화에서는 칼리 함량은 1.12 cmol⁺/kg에서 1.24~1.54 cmol⁺/kg로 전체적으로 높아졌고, 이 중 화학비료 100%구가 1.54 cmol⁺ /kg로 가장 높았으며, 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 1.34 cmol⁺/kg로 다소 낮았으나 처리 간 차이는 없었다.

칼슘과 마그네슘 함량은 처리구 모두 시험 전보다 감소하는 경향을 보였고, 칼슘 함량은 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 2.05 cmol⁺/kg로, 마그네슘 함량은 돈분뇨액비 150%구가 0.62 cmol⁺/kg로 다소 낮았는데, 처리 간에 큰 차이는 없었다.

이와 다소 다른 경향으로 평탄한 지대에서의 돈분뇨액비를 사용하여 감자를 재배할 경우, 수확기 토양의 pH와 유기물 함량, 유효인산과 치환성 칼리 함량이 높아진 것(강, 2004)과는 다른 결과를 보였는데, 일반적으로 유기물과 비료를 작물재배 토양에 사용하면 토양 중 유기물과 양분 함량 등은 높아지는 것은 사실이나 본 시험에서 이렇게 상이한 결과를 보인 것은 경사지에서의 시험에 의한 토양과 양분 유실 때문이라 생각된다.

또한 수수교잡종에 돈분뇨액비를 시용할 경우, 토양 pH의 변화는 화학비료구와 액비 시용구간 뚜렷한 차이는 없었고, K, Ca, Mg 함량은 액비 시용구가 다소 높게 나타났다고 하였다(박, 2000).

Table 5. Chemical properties of soil after potato cultivation

Treatment	pH (1:5)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol ⁺ /kg)			
					K	Ca	Mg	Na
CF100%	5.1	102	7.78	134	1.54	2.06	0.70	0.07
CF50%+LPM50%	5.0	104	8.20	130	1.34	2.05	0.75	0.07
LPM100%	5.0	96.0	8.14	135	1.50	2.10	0.65	0.08
LPM150%	5.1	95.6	8.12	144	1.45	2.12	0.62	0.09

2) 토양 중 질산태 질소 변화

재배토양에서의 질산태질소 함량 변화에서 시용직후의 NO₃-N 함량은 Fig. 2와 같이 시험전 5.0 mg/kg보다 모든 처리구에서 172-186 mg/kg 범위로 높아졌으며, 처리 간 비교에서는 화학비료 100%구와 돈분뇨액비 150%구가 다소 낮았으나 처리간 차이는 없었다.

개화기에는 각각 81.5~93.0 mg/kg으로 시용직 후 172~186 mg/kg보다 많은 감소를 보였고, 수확기에는 모든 처리구가 7.78~8.20 mg/kg으로 낮아졌으며, 이 중 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 8.20 mg/kg으로 다소 높았는데, 이렇게 질산태질소 함량이 감소되는 것은 생육이 진전됨에 따라 영양공급원으로 질소성분이 소모되었기 때문이라 생각된다.

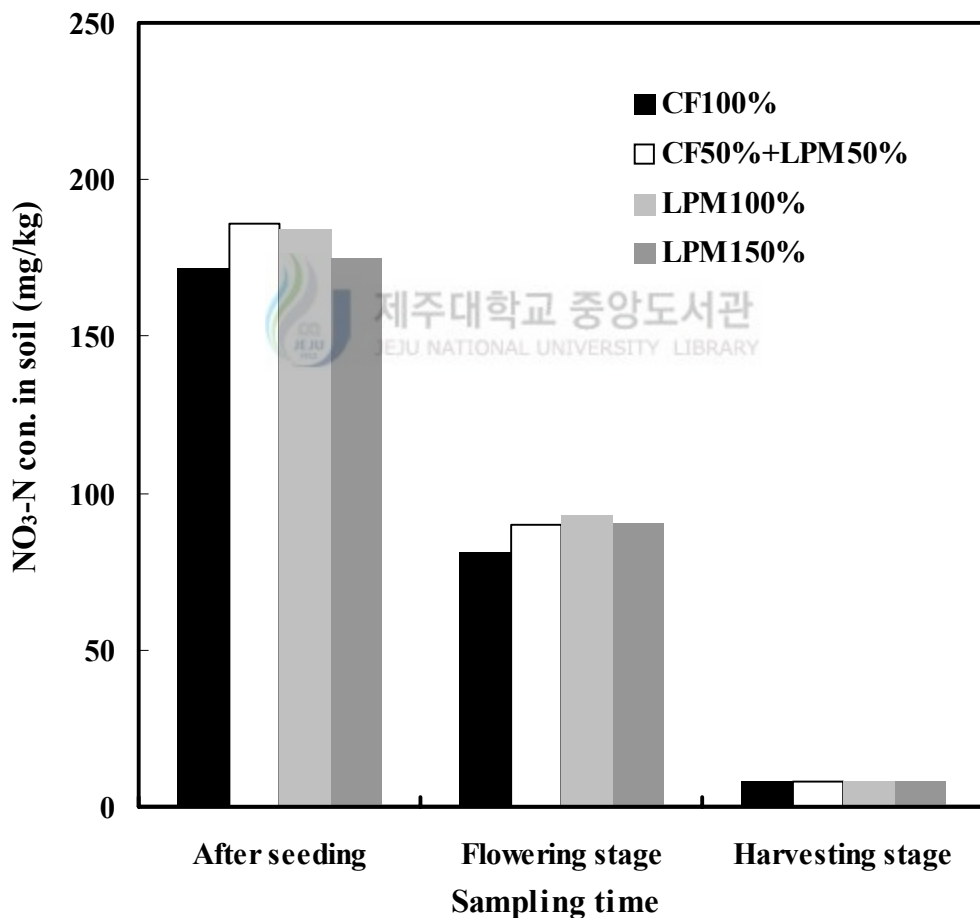


Fig. 2. Change of NO₃-N concentrations in soil with time by the treatments of chemical fertilizer (CF) and liquid pig manure (LPM).

유사한 예로는 돈분뇨액비 시용구가 화학비료 시용구보다 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량이 높아졌다고 하였고(강, 2004), 초지 및 사료작물 포장에 돈분뇨액비 20 ton/ha을 살포하였을 경우, 토양 중 질산태질소 함량은 돈분뇨액비 시용구가 화학비료 시용구보다 표토 심토 모두 높은 수치를 보였는데(고, 2001), 본 시험의 결과와 일치하였다.

$\text{NO}_3\text{-N}$ 함량이 시용직 후보다 수확기에 감소되는 것은 시용 후 작물이 자라면서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 을 영양원으로 소모하기 때문이라 하고 있으며, 토양 내에서 무기화가 되므로서 용탈 잠재성을 갖는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 식물에 의하여 흡수 제거되어 용탈을 방지하는 효과를 갖는 것이라 하였다(윤 등, 1991).

토양 깊이별 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도 분포에서 표토에서의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도는 4~13 mg/kg 범위였으며, 심토(20~40 cm)에서의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도는 21N(10a당 질소 21 kg시용) 시용구부터 질소시용량 증가에 따라 토양 중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도는 증가되어 35N(10a당 질소 35 kg 시용) 시용구에서 83.8 mg/kg으로 심토층에 축적되는 경향을 보였다고 하였다(윤, 강, 1994).

토양에서의 질소비료의 행동에 관한 연구로는 중질소(^{15}N) 표지 질소비료를 이용하여 시비된 비료의 잔류효과(Westerman와 Kurtz, 1972), 아질산태질소의 전환(Sterven and Laughlin, 1995), 탈질작용(Focht와 Stolzy, 1978), 침수토양에서의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 아질산태질소의 손실(Chien et al, 1977), 암모늄이온의 유기화(Thehan, 1994) 등을 구명하였다.

3) 토양 incubation에서 질소형태 변화

토양 incubation 실험을 통한 토양 중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 화학비료가 포함된 처리구에서는 시간이 경과함에 따라 조금씩 변화를 보였는데, 돈분뇨액비 처리구는 배양 후 30일 경이 지나도 변화 정도가 거의 일어나지 않았다. $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량은 화학비료 100%구와

돈분뇨액비 100%구에서 시용 후 5일경 각각 136 mg/kg, 247 mg/kg으로 가장 높았다가 이후 25일까지 천천히 감소하였으며, 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구와 돈분뇨액비 100%구에서는 시용 후 5일에서 NH₄-N 함량이 각각 201mg /kg, 241 mg/kg으로 높았으나, 시용 16일 이후부터 25일까지는 천천히 감소하였다.

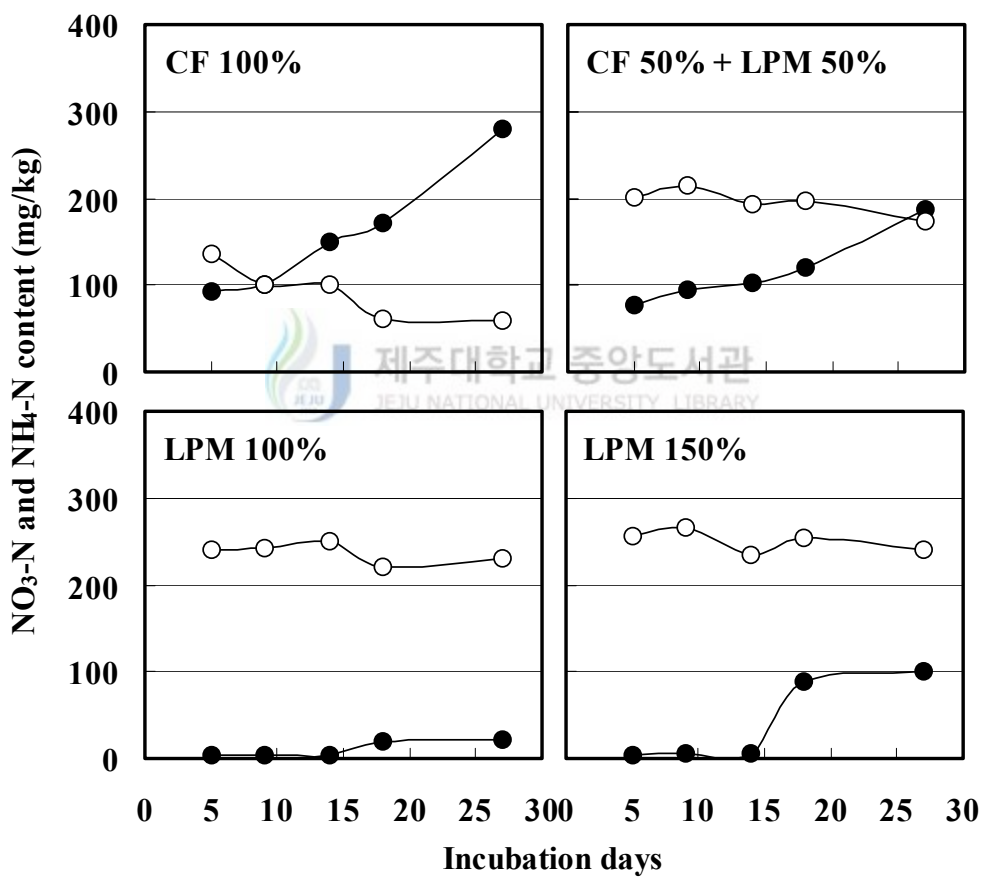


Fig. 3. Changes of NO₃-N(●) and NH₄-N(○) concentration in soil by the treatments of chemical fertilizer (CF) and liquid pig manure (LPM) during incubation period.

이와 유사한 예로는 질소함량이 많은 유박과 혼합유기질비료를 사용할 경우, 시용 45일경에 500~600 mg/kg으로 최고치를 보였고, 25℃이상일 때 800 mg/kg이상 발생되어 10℃와 15℃처리보다 높은 발생량을 보였으며(오 등, 1999), 이 등(2000)은 덜 부숙된 부산물비료를 토양에 사용할 경우에 처리 30일경 암모늄태질소 함량은 350 mg/kg~400 mg/kg에 이른다고 하였다.

NO₃-N 함량변화는 화학비료 100%구와 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구에서 시용 후 5일경 각각 92.9 mg/kg, 77.3 mg/kg으로 이후 25일 까지 각각 172 mg/kg, 188 mg/kg까지 천천히 증가하는 경향을 보인 반면, 돈분뇨액비100%구와 돈분뇨액비 150%구에서는 시용 후 5일째에 각각 8.7 mg/kg, 8.5 mg /kg으로 낮았다가 시용 후 13일 이후부터 서서히 증가하여 25일경 이후에는 각각 21.1 mg/kg, 100 mg/kg까지 증가하였다.

이와 유사한 경우는 부산물비료를 토양에 사용하였을 때, 질산태질소 함량이 100 mg/kg되는 시기는 처리온도 20℃ 이상에서 45일이 소요된다고 하였고(이 등, 2000), 토양 중 질소함량은 유기질비료 사용시에 대체적으로 높은 경향을 보였으며, 유기물 비종간에도 질소함량이 많고 온도가 높을수록 질산화작용이 빨리 일어난다고 하였다(오 등, 1999).

2. 감자 생육 및 감자 잎 중 무기성분 함량

1) 감자 생육 특성

감자 생육조사 결과에서 초장은 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 Table 6에서 보는 바와 같이 67.8 cm로 화학비료 100%구 66.7 cm보다 다소 높았으며, 돈분뇨액비 100%구와 돈분뇨액비 150%구는 각각 61 cm, 60.8 cm로 화학비료 시용구보다 낮았는데, 일반적인 대지감자 품종특성에서의 초장은 86 cm내외인 것과 비교하면 다소 생육이 저조한 결과를 보였다.

줄기 수는 화학비료 100%구와 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 각각 3.8, 3.9개였으며, 돈분뇨액비 100%구와 돈분뇨액비 150%구는 각각 4.0개로 모두 비슷하였다.

Table 6. Growth characteristics of potato plant measured at flowering stage after the treatments of chemical fertilizer and liquid pig manure

Treatment	Plant height (cm)	Number of stems (ea/plant)	Diameter of stems (cm)
CF100%	66.7	3.8	2.2
CF50%+LPM50%	67.8	3.9	2.2
LPM100%	61.0	4.0	2.0
LPM150%	60.8	4.0	2.1

이와 유사한 경우로는 돈분뇨액비 4.5 ton/10a 이상 시용할 경우, 초장은 길어졌고 경수는 별 차이는 없다고 하였으며(강, 2004), 수수교잡종에 돈

분뇨액비를 시용할 경우에 있어서는 생육초기에 돈분뇨액비구가 화학비료 시용구보다 초장은 다소 양호하였으나, 수확 시에는 비슷하였다고 하였다 (박, 2000).

줄기 굵기는 화학비료100%구와 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 공히 2.2 cm이었으며, 돈분뇨액비 100%구와 돈분뇨액비 150%구는 각각 2.0 cm, 2.1 cm로 처리 간 차이가 없었다.

이와 유사한 경우에 있어서 목초 재배시 질소질 비료 시용이 지상부 생육과 밀접한 관계를 갖기 때문에 질소 시용량이 많을수록 건물수량은 증가한다고 하였다(윤, 류, 1994).

2) 감자 잎 중 무기성분 함량

수확기 감자엽 중 무기성분 함량은 Table 7과 같이 질소 함량은 화학비료50%+돈분뇨액비 50%구가 2.98%로 다른 시용구 3.00~3.03% 보다 다소 낮았으나 비슷하였고, 인산 함량도 화학비료 100%구와 돈분뇨액비 시용구 처리 간에 차이가 없었다.

Table 7. Mineral contents of potato leaves measured at harvesting stage after the treatments of chemical fertilizer and liquid pig manure

Treatment	T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
	----- (%) -----					-----	-----	mg/kg	-----
CF100%	3.03	0.45	2.11	1.47	0.80	96.8	12.0	13.0	6.5
CF50%+LPM50%	2.98	0.45	2.11	1.48	0.80	93.0	11.8	12.2	6.1
LPM100%	3.02	0.45	2.15	1.51	0.80	90.8	11.9	12.0	6.2
LPM150%	3.00	0.43	2.07	1.45	0.77	95.7	10.4	11.6	6.2

칼리 함량은 돈분뇨액비 100%구가 2.15%로 화학비료 100%구와 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구보다 다소 높았으나 비슷하였으며, 칼슘 함량은 돈분뇨액비 100%구가 1.51%로 다른 처리구 1.45%~1.48%보다 다소 높았으나, 처리 간 유의성은 없었고, 마그네슘 함량 또한 돈분뇨액비 150%구가 0.77%로 다소 낮았으나, 처리 간 차이는 없었다.

이와 유사한 경우로 돈분뇨액비 시용이 수수교잡종의 생산성에 미치는 시험에서 수확시 무기성분 함량은 처리 간 큰 차이는 없다고 하였는데 (박, 2000), 본 시험의 결과와도 일치하였다.



3. 수량 및 더덩이병 발생 조사

1) 수량 조사

감자 수량에서는 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 Table 8과 같이 2,875 kg/10a로 화학비료 100%구 2,895 kg/10a과는 큰 차이가 없었으며, 돈분뇨액비 100%구와 돈분뇨액비 150%구는 각각 2,695 kg/10a, 2,675 kg/10a로 다소 낮은 결과를 보였다.

Table 8. Potato yield obtained from the treatments of chemical fertilizer and liquid pig manure

Treatment	Yield (kg/10a)					Tuber* rate (%)	Total yield (kg/10a)	Yield index
	>121g	81g ~ 120g	51g ~ 80g	31g ~ 50g	<30g			
CF100%	1,260	765	350	295	225	69.9	2,895	100
CF50%+LPM50%	1,245	750	375	305	200	69.4	2,875	99.3
LPM100%	1,170	670	325	285	245	68.3	2,695	93.0
LPM150%	1,175	655	425	230	200	68.4	2,675	92.4

*Tuber : potato over 81 g of weight

Tuber rate = total tuber weight / total yield x 100

유사한 경우로는 감자재배시 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%을 시용할 경우 화학비료 100% 시용구 대비 감자 수량은 5% 증대되었고, 8 ton/10a 이상 시용 시에는 감소했다고 하였으며(강, 2004), 초지 및 사료작물 포장에 대하여 액비 20 ton/ha을 기준으로 살포하면 방목초지 건물생산량은 화학

비료를 시용한 것에 비하여 98%의 건물 수량을 보였고, 수수교잡종 건물 생산량은 화학비료구가 15,729 kg/ha, 액비시용구가 15,239 kg/ha로 화학비료 시용구에 비해 별 차이가 없었다고 하였다(고 등, 2001).

상서울은 화학비료 100%구와 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구가 각각 69.9%, 69.4%로 비슷하였고, 돈분뇨액비 100%구와 150%구는 각각 68.3%, 68.4%로 다소 낮았는데, 처리 간 차이는 없었다.

이와 유사한 결과로 감자재배시 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구와 화학비료 100%구의 상서울은 각각 88%, 87%로 서로 비슷한 결과를 보였는데(강, 2004), 상서울이 본 시험에서 전체적으로 낮은 것은 아마 숙전이 덜 된 중산간 개간지의 낮은 비옥도 때문이라 판단된다.

2) 더뎡이병 발생 조사

수확기 감자 더뎡이병 조사결과 더뎡이병 발생정도는 Table 9와 같이 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구와 돈분뇨액비 100%구가 각각 8.0%, 8.1%로 화학비료 100%구 8.8%에 비해 다소 낮았고, 돈분뇨액비 150%구에서는 10.2%로 화학비료 100%구 8.8%보다 다소 높은 발생정도를 보였는데, 재배토양 유실에 의한 물리화학성 악화에 의한 원인이라 생각된다.

유사한 경우로는 전분이 많이 혼합된 돈분뇨 퇴비를 감자에 시용하게 되면 화학비료 시용구보다 더뎡이병 발병도가 높은 결과를 보여 사용시 고려해야 할 것이라고 하였고(강, 1999), 지금까지 대부분의 재배농가나 전문가들의 의견에 의하면 감자 재배시 돈분뇨액비를 사용할 경우에는 더뎡이 증상이 많이 나타난다고 하였는데, 이것은 덜 발효된 거친 분뇨를 사용하거나 시용을 많이 하였을 경우에 한하여 토양환경이 악화되어 그런 결과가 나타난 것으로 여겨진다.

Table 9. Incidence of potato common scab (*Streptomyces scabies*) by the treatments of chemical fertilizer and liquid pig manure

Treatment	Diseased tubers (ea/10 plants)					Disease incidence percent (%)
	4	3	2	1	Total	
CF100%	-	1	2	6	9/102	8.8
CF50%+LPM50%	-	1	2	4	8/100	8.0
LPM100%	-	1	3	4	8/98	8.1
LPM150%	-	1	4	4	9/88	10.2

4: Diseased over 20% of tuber surface, 3: Diseased 10~20% of tuber surface, 2: Diseased 5~10% of tuber surface, 1: Diseased 1~5% of tuber surface.

또한 감자 재배에서의 더덩이병 발생은 보리 혹은 무, 배추를 재배하거나 휴경을 한 재배지대에서의 더덩이 발생율은 20.8%~26.3%인데 비하여 연작 재배포장에서 더덩이병 발생율은 54.8%로 연작을 하게 되면 더덩이병 발생은 비교적 높아진다고 하였다(홍, 2001).

4. 화학비료 절감효과

감자재배지 돈분뇨액비 시용에 따른 처리별 화학비료 시용량은 Table 10과 같이 화학비료 100%구는 화학비료 총 시용량이 59.5 kg/10a인데 비하여 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구는 42.4 kg/10a, 돈분뇨액비 100%구는 27.2 kg /10a, 돈분뇨액비 150%구는 20.6 kg/10a으로 화학비료 100%구와 비교했을 경우, 화학비료 절감효과는 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구는 28.7%, 돈분뇨액비 100%구는 54.2%, 돈분뇨액비 150%구는 65.3%가 절감되므로서 화학비료 절감효과는 매우 클 것으로 나타났다.

Table 10. Reduction rate of chemical fertilizer by utilization of liquid pig manure

Treatment	CF100%	CF50%+ LPM50%	LPM100%	LPM150%
CF (kg/10a)	59.5	42.4	27.2	20.6
Reduction rate (%)	0	28.7	54.2	65.3

이와 유사한 경우로는 감귤원에 대한 돈분뇨액비 시용효과에서 화학비료 50% +돈분뇨액비 50%구가 농가관행보다 화학비료가 28% 절감되었다 하여(강, 2000) 본 시험결과와 일치하였고, 류, 송(1984)에 의하면 제주도 토양은 인산을 흡착, 고정하는 능력이 큰 토양이어서 단위면적당 질소 비료에 대한 인산 칼리 시용비율이 높아 전국 평균에 비하여 시비량이 많은 편이라 하였는데, 돈분뇨액비를 잘 발효시켜 이용하게 되면 환경오염원으로 취급받던 돈분뇨를 친환경농업을 위한 비료공급원으로 또는 화학비료를 절감할 수 있는 농법으로의 활용가치가 매우 높을 것으로 생각된다.

IV. 적 요

본 연구는 돈분뇨액비의 화학비료 대체 가능성과 화학비료 사용량 절감 방안을 검토하기 위하여 중산간개간지에서 돈분뇨액비 사용이 감자재배 토양의 화학성과 수량에 미치는 영향을 조사하였다. 처리내용은 화학비료 100%구, 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구, 돈분뇨액비 100%구와 돈분뇨액비 150%구의 4가지였다.

1. 토양화학적 특성 변화에서 토양 pH, 유기물, 유효인산, 치환성양이온함량은 처리구 간에 차이가 없었다.
2. 생육시기별 토양 중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 화학비료 100%구보다 돈분뇨액비구 (50%, 100%, 150%)에서 높은 경향을 보였다.
3. 생육특성에서 초장은 화학비료 100%구와 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구 간에 차이는 없으나, 돈분뇨액비 100%구와 돈분뇨액비 150%구는 낮은 경향을 보였고, 줄기 수와 굵기는 처리구 간에 차이가 없었다.
4. 엽중 무기성분 함량은 처리구 간에 차이가 없었다.
5. 화학비료 100%구와 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구의 감자 수량은 서로 차이가 없었으나, 돈분뇨액비 100%구와 돈분뇨액비 150%구 보다는 높은 경향이였다.
6. 더뎡이병 발생율은 화학비료100%구와 돈분뇨액비 150% 구보다 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구와 돈분뇨액비 100%구가 낮은 경향을 보였다.
7. 화학비료 절감율은 화학비료 50%+돈분뇨액비 50% 구에서 28.7%, 돈분뇨액비 100%구에서 54.2%, 돈분뇨액비 150% 구에서 65.3%이었다.
8. 결론적으로, 화학비료 50%+돈분뇨액비 50%구의 감자생육과 수량은 화학비료 100%구와 차이가 없기 때문에 화학비료 일부를 돈분뇨액비로 대체할 수 있어 환경오염원인 돈분뇨액비를 비료로 활용할 수 있다고 생각된다.

V. 인용 문헌

Ahn, Y. S. 1987. Plant analysis for evaluation plant nutrition. IN " International Training Workshop on Soil Test and Plant Analysis" RDA & FFTC., pp.355-400.

Bong Kyoon Kang. and H. N. Hyun. 1999. Effects of pig manure composting using starch pulp treating on growth and yield characteristics of potato cropping. The Center for Research and Education of Citrus and Flowers, Cheju National University. 15 pp.

Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. pp.595-624. In A. L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties (2nd ed.). Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.

Bray, R. h. and L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in Soil. Soil Sci, 59 : 39-45.

Chung, C. and B. T. Jean. 1989. Effect of cattle slurry on the soil properties and production of grassland. Korean J. Grassl. Sci, 9 : 48-55.

Focht, D. D. and L. H. Stolzy. 1978. Long-term denitrification studies in soil fertilized with(¹⁵NH₄)SO₄. Soil Sci. Soc. Amer. Proc, 42 : 899-902.

Hwang, S. W, J. K. Sung, B. K. Kang, C. S. Lee, S. G. Yun, T. W. Kim and K. C. Eom. 2004. Polyamine Biosynthesis in Red Pepper and Chinese Cabbage by the Application of Liquid Pig Manure. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 37(3) : 171-176.

Jeon Won Tae and Park Hyang Mi, Park Chang Yeong, Yun Eul Su, Kang Wi Geum. 2003. Effects of Liquid Pig Manure Application on Rice Growth and Environment of Paddy Soil. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 36(5) : 333-343.

Jeon, G. Y., 1998. 家畜糞尿 液肥利用의 活性化 方案. 環境親和型 家畜糞尿 處理技術 심포지엄, pp.87~102.

Jo, Ik Hwan. and G. Schechtner. 1991. Efficiency of Mineral Nitrogen Fertilization on Yield and Botanical Composition of Grassland. Korean Journal of Dairy Science., 11(3) : 41-46.

Kang, B. G. and H. J. Kim, G. J. Lee and S. G. Park. 2004. Determination of the Optimum Application Rate of Pig Slurry for Red Pepper Cultivation. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 37(6) : 388-395.

康皓俊, 李信燦. 2002. 豚糞尿 醱酵液肥 連容土壤의 理化學的 特性調查. 濟州農業試驗研究報告書, pp.401~402.

康皓俊, 李信燦, 金柔京, 韓元琢. 2004. 豚糞尿 醱酵液肥 安全使用量 究明. 濟州農業試驗研究報告書, pp.517~521.

Keeney. D. R. and D. W. Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. p. 643-698. In A. L. Page et al. (ed.). Method of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin.

Kim, M. C., S. T. Song and K. J. Hwang. 2004. Evaluation of Slurry, Urine and Fermented Liquid Manure at Pig Farms in the Jeju Area Regarding Chemical Composition and Pollution Level. J. Anim. Sci & Technol. (Kor.) 46(3) : 469-478.

金性彩. 1989. 土壤種類別 窒素揮散에 관한 研究. 韓國土壤肥料學會誌, 31 : 34-37.

Kim, T. H., S. P. Ryu, S. S. Kim, Y. K. Oh and C. G. Huh. 2003. Leaching of Ionic Components from the Soil Applied with Swine Slurry. J. of the Environmental Science., 12(3) : 325-335.

Kim, J. G., K. B. Lee, D. B. Lee, S. B. Lee and S. Y. Na. 2004. Influence of Liquid Pig Manure on Rice Growth and Nutrient Movement in Paddy Soil under Different Drainage Conditions. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 37(2) : 97-103.

고서봉, 박남건. 2001. 화산회토양 초지 및 사료포 돈분액비 시용기준 조정. 제주농업시험장시험연구보고서, pp.66~67.

Koh Seung Hak. 1994. Studies on the Nitrate-nitrogen Concentration in Ground Water and Its Mobility in Soils, Cheju Island. The Requirments for the degree of Master of Agriculture. Cheju National University, pp.9~14.

Lee, J. T., C. J. Lee and H. D. Kim. 2004. Utilization of Liquid Pig Manure as a Substitute for Chemical Fertilizer in Double Cropping System of Rice Followed by Onion. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 37(3) : 149-155.

Lee Sin Chan. 2002. Nitrogen Fertilizer Optimization of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) Using ^{15}N -Labelled Urea in Jeju Island. The Requirements for the degree of Doctor of Cheju National University. 92 pp.



Lee S. M., S. H. Yoo. 1994. A Study on the Behavior of Surface-Applied Urea with ^{15}N Isotope Dilution Technique in Paddy Soil. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 37(4) : 277-286.

李信燦, 康皓俊, 金柔京. 2003. 豚糞尿 醱酵液肥 生産system 實態 및 時期別 成分 變化 調査. 濟州農業試驗研究報告書, pp.478~479.

Lee, S. M., W. J. Choi, S. I. Yun, Y. D. Choi, H. M. Ro and J. W. Park. 2002. Evaluation of Fate of NH_4^+ of Condensed Molasses Solubles (CMS) in Soil Using by ^{15}N -Tracer Method. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 35(2) : 69-76.

Lim, D. K., W. K. Park, S. I. Kwon, J. J. Nam and S. B. Lee. 2002. Application Amount of Anaerobic Digestion Waste Water from Methane Fermentation of Pig Manure on Rice. Korean Journal of Environmental Agriculture., 21(4) : 248-254.

Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In Methods of Soil Analysis., 2 : 593-597.

박남건, 고서봉, 고문석. 2000. 미생물체제 이용 발효 돈분액비 시용이 수 수교잡종의 생산성에 미치는 영향. 축산학회지, 24(4) : 25-28.

박남건, 고서봉. 2001. 화산회토양에서 사료작물 재배시 돈분액비 시용 효과. 제주농업시험장시험연구보고서, pp.31~37.



Park, B. K., J. S. Lee, N. J. Cho and K. Y. Jung. 2000. Effect of Application Time and Amount of Liquid Pig Manure on Growth of Rice and Infiltration Water Quality. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 34(3) : 147-152.

Park, B. K., J. S. Lee, N. J. Cho and K. Y. Jung. 2000. Effect of Liquid Pig Manure on Growth of Rice and Infiltration Water Quality. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 34(3) : 153-157.

Park, Y. B., S. Y. Kim and J. L. Cho. 2002. Conducive Enviornment and Ecology of Common Scab (*Streptomyces scabies*) of Potato. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 43(5) : 607-612.

農業科學技術院. 1998. 家畜糞尿 堆肥 施用效果, pp.567~581.

農村振興廳. 1999. 家畜糞尿 堆肥·液肥 製造와 利用, pp.567~581.

農業科學技術院. 1997. 副産物肥料 施用에 따른 化學肥料 施用量 究明, pp.634~644.

農業科學技術院. 2000. 土壤 및 植物體 分析法, pp.29~147.

Sang K. L., K. S. Cha , I. T. Kim. 1983. Studies on the Physico-chemical Properties and Characterization of Soil Organic Matter in Jeju Volcanic Ash Soil. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 16(1) : 20-27.



Song, S. J., T. W. Kang, S. M. Sohn and Z. K. U. Transformation of ¹⁵N-urea and N utilizations and nitrate accumulations of Chinese cabbage in two soils. World Congress of Soil Science, Vol. V, 53-65, August (2002).

송성준, 양경애, 부창호, 유장걸. 1998. 제주 화산회토양에서 감자의 질소 시비반응과 이용율. 제주대학교 방사능이용연구소 연구보고.

宋寬哲. 1982. 濟州道 土壤의 化學的 特性 調查研究. 서울대학교 碩士學位 論文.

Stevens, R. J. and R. J. Laughlin. 1955. Nitrite transformations during soil extraction with potassium chloride. Soils Sci. Soc. Amer., J 59 : 933-938.

Sun G. Y., Y. J. Kwang., S. H. Yoo. 1993. Transformation of Nitrogen Derived from Solid Piggery Manure in Soil under Aerobic or Anaerobic Incubation Condition. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 26(2) : 121-126.

Sun G. Y. and S. H. Yoo. 1993. Behaviour of $\text{NO}_3\text{-N}$ in Soil and Ground water Quality. Korean Journal of Environmental Agriculture., 12(3) : 281-289.

Sun G. Y. and S. H. Yoo. 1994. Behavior of $\text{NO}_3\text{-N}$ and Accompanying Cations Derived from Urea Under Upland Condition. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer., 27(1) : 21-26.

Trehan, S. P. 1994. Immobilization of $^{15}\text{NH}_4$ by cattle slurry decomposing in soil. Soil Biol. Biochem., 26 : 743-745.

Westerman, R. L. and L. T. Kurtz. 1972. Residual effects of ^{15}N -labeled fertilizers in a field study. Soil Sci. Soc. Amer. Proc, 36 : 91-94.

Yoon, J. H. and I. S. Ryu. 1976. Study on influence of base ratio in plant and soil on soybean yield and growth. Annual research report. p. 35-40. Agricultural Technology Institute, Rural Development Administration, Suwon, Korea.

柳順昊, 宋寬哲. 1984. 濟州道 土壤의 化學的特性 調查 研究 I. 地帶別 化學的 特性 變化. 韓國土壤肥料學會誌, 17(1) : 1-7.

尹淳康. 1994. 尿素와 家畜糞에서 由來한 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 同伴 陽이온의 土壤 중 行動. 서울大學校 大學院. 博士學位論文. 78 pp.

감사의 글

부족하나마 힘 들었던 본 논문의 과정을 무사히 마치고 결실을 볼 수 있도록 도와 주신 모든 분들께 고마움을 전하며, 특히 학문적으로 부족한 저에게 끝까지 학업을 포기하지 않도록 조언과 논문지도를 해주시고, 인내와 용기를 북돋아 주신 유장걸 지도교수님께 마음 깊이 감사드립니다.

그리고 늘 바쁘신 가운데서도 보dana은 논문이 될 수 있도록 교정과 심사를 해 주신 도 농업기술원 환경농업담당 이신찬 선배님과 제주대학교 이효연 교수님, 그리고 대학원 교과과정 뿐만 아니라 평소 늘 가르침을 주셨던 고정삼 교수님, 류기중 교수님, 현해남 교수님, 강순선 교수님, 김찬식 교수님, 박용봉 교수님께도 마음 깊이 고개숙여 감사 드립니다.

또한 본 논문을 쓰는데 많은 시간을 배려하여 주신 김영문 원장님과 문정수 국장님, 그리고 논문과정을 원만히 수행할 수 있도록 많은 도움을 주신 이한권, 윤상태 전 장장님과 김공호 장장님, 오문호 과장님, 그리고 시험수행과 논문작성에 많은 시간을 할애해 준 강호준·박영철 연구사와 강태우 박사를 비롯한 실험실 동료! 정영수 박원표 후배님, 또한 논문에 전력을 다할 수 있도록 도와 준 강태완 연구사를 비롯한 농산물원종장 기술개발담당 동료와 농업기술원 모든 동료직원들과 세미 영농조합법인 여러분께 깊은 감사의 마음을 전합니다.

그리고 오늘에 이르기까지 자식이 잘 되기를 바라고 염원해 주시는 어머님과 장인어르신, 장모님! 또한 이 순간이 오기까지 불만없이 열심히 공부하며 믿음직스럽게 따라 준 사랑스런 아들 성욱, 성훈이! 그리고 고생을 마다하지 않고 늘 걱정과 뒷바라지 하기에 여념이 없는 사랑스런 아내 강영애님에게 미안한 마음과 깊은 고마움을 전하며, 늘 다정스런

길잡이로서 때로는 동무가 되어 주는 재필형님과 형수님, 태민아우와 제수를 비롯한 모든 가족들과도 함께 이 기쁨과 영광을 나누면서 너무나도 일찍 돌아 가신 하늘에 계신 아버님과 얼마 전 지병으로 생을 마감한 작은누님의 영전에도 이 소고를 드립니다.

앞으로도 이 소고에 만족하지 않고 지금보다도 더욱 더 열심히 탐구하고 노력하므로서 타의 모범이 됨은 물론 모든 이에게 도량을 베풀 수 있는 사람으로 거듭 태어나 도움을 주신 분들에게 늘 감사하는 마음으로 기대에 어긋나지 않도록 최선을 다해 나가겠습니다.

