

돈분뇨 농축액비와 부산물액비 혼합시용이 배추의 생육과 수량에 미치는 영향*

류 종 원**

Effects of Mixture Application of Concentrated Pig Slurry and Byproduct Liquid Fertilizer on the Growth and Yield of Chinese Cabbage

Ryoo, Jong Won

This study was conducted to investigate the effects of concentrated pig slurry and byproduct liquid fertilizer on the growth and yield of chinese cabbage. The experiment was conducted in a rain-shelter house which was installed in the agriculture farm. Plants were fertilized with concentrated slurry (CS), byproduct fertilizer (BF), mixture of concentrated slurry and byproduct liquid fertilizer (CS+BF), combined organic and chemical fertilizer (CS+BF+BF) and chemical fertilizer (CF) as control.

1. The pH level of byproduct liquid was decreased from the 3rd to the 7th day and increased 9 day to 14th day, but pH of concentrated slurry (CS) was not greatly varied. EC of concentrated slurry (CS) and byproduct liquid was increased gradually during the fermentation.
2. The concentrated slurry (CS) was low in phosphorus, calcium, magnesium, rich in potassium and unbalanced as a low nitrogen and high potassium. But byproduct liquid fertilizer was balanced in nitrogen and potassium ratio.
3. The leaf number, head height, head width of chinese cabbage in treatment with organic and chemical fertilizer (CS+BF+N) showed significant difference compared with control. The plant and head weight of chinese cabbage in treatment of concentrated slurry was severely decreased, but that in treatment organic and chemical fertilizer (CS+BF+N) were increased 8, 10% compared with control chemical fertilizer (CF), respectively.

* 본 연구는 2007년도 상지대학교 교내연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

** 상지대학교 유기농생태학과 교수(jwryoo@sangji.ac.kr)

4. The content of K_2O in plant tissue and in soil was increased after using concentrated slurry. On the other hand, mineral content of except K_2O did not differ significantly between any of the treatments. In conclusion, organic and chemical fertilizer (CS+BF+N) could improve growth and head weight of chinese cabbage.

Key words : *chinese cabbage, concentrated pig slurry, byproduct liquid fertilizer, combined organic and chemical fertilizer*

I. 서 언

가축분뇨 발효액비를 시설하우스의 양액이나 관비시스템에 활용하기 위해서는 막힘이 생기지 않게 부유물질의 함량이 $70\mu m$ 이하로 여과되고 무기이온 함량의 감소가 적은 액비가 유리하다고 보고하였다(임 등, 2003). 부유물질이 높은 가축분뇨 발효액비를 관비재배에서 편리하게 여과하는 방법이 실용화되고 있지 않는 실정이었으나 퇴비단 여과액비와 막분리 여과액비는 처리과정 중 부유물질이 제거되고 각종의 무기물과 미량요소들이 함유되어 있어서 농작물의 추비시용과 관비 및 양액재배에 이용이 가능하게 된다. 농산부산물을 관비재배에 알맞은 유기액비로 재활용하면 환경보전과 더불어 화학비료 시용을 줄이고 유기성 비료의 시용에 따른 토양의 물리화학성을 개선하여 농산물의 품질향상의 효과가 기대된다. 현재 가축분뇨를 퇴비와 액비로 작물에 사용하고 있으나 주로 노지작물에 기비로 이용되고 있는 실정이다. 최근 시설하우스 관비재배 면적이 증가되므로 추비재배에 활용이 가능한 유기액비의 개발이 필요하다.

시설재배 토양은 강우가 차단된 상태이므로 염류의 용탈이 적고, 연중 다기작으로 재배되면서 화학비료와 합성농약으로 지력이 저하되고(황, 1988 : 홍 등 1998). 안정성이 낮은 농산물을 생산하고 있다(손 등, 1995). 가축분뇨의 액비자원화(류, 1995; 홍, 1990, 1996)나 아미노산 발효 부산물의 자원화(오, 1980), 관비용 유기액비(주 등, 2001)연구는 일부 수행되었으나 가축분뇨액비와 부산물의 혼합에 의한 액비 자원화 연구가 부족한 실정이다. 또한 시설하우스 수경, 관비재배 면적이 증가되고 있으나 관비, 양액재배에 활용이 가능한 액비의 개발은 미흡한 실정이다.

본 연구는 농축산 부산물을 이용한 환경친화적 유기 액비의 제조와 시용 기술을 개발하여, 채소의 고품질 친환경 안전농산물 생산기술을 확립하고자 막분리 과정에서 배출되는 돈분뇨액비에 부족한 성분을 부산물과 화학비료를 혼합한 액비가 배추의 생육과 수량, 토양에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 배추 재배

본 시험은 강원도 횡성군 둔내면 농가 하우스 포장에서 2007년 5월부터 2007년 10월까지 수행하였으며 배추의 시용효과 시험은 폭 6×길이 30×높이 3.0m인 하우스에서 수행하였다.

시험 재료로 배추는 시중에 판매되고 있는 강력여름배추(홍농종묘)을 구입하여 사용하였다. 배추 파종은 2007년 6월 15일에 육묘상자(72공 플러그상자)에 실시하였고 25일간 육묘하여 7월 10일에 재식거리를 80×40cm 간격으로 정식하고 9월 5일에 수확 및 조사하였다. 기타 재배관리, 제초, 병해충 방제는 농촌진흥청의 배추 표준재배법에 준하여 관리하였다.

2. 공시액비 및 제조

본 연구의 공시 돈분액비는 횡성군 안흥면 농장의 막분리 돈분뇨 여과액비를 사용하였다. 막분리 여과액비는 한외여과막(Ultra filtration)을 통과하고 역삼투막(Reverse osmosis)에서 역류되어 나오는 농축액비를 사용하였다. 부산물 액비는 PVC 발효용기 1,000L에 혈분 20kg, 유박 20kg, 어분 20kg, 골분 14kg, 계깍질 7kg을 넣고 혼합한 후 상온에서 30일 동안 호기발효 시키면서 1~3일 간격으로 발효액비의 pH와 EC를 측정하였다.

3. 처리내용 및 시비

시험구는 대조구의 검정시비량을 기준으로 농축액비와 부산물액비 조합처리를 두었다(Table 1). 처리구는 막분리농축액비(CS), 부산물액비(BF), 농축액비와 부산물액비 혼합액비 시용구(CS+BF), 돈분뇨액비와 부산물액비 혼합액을 분석 후에 칼리의 함량을 기준하여 부족한 질소를 보충한 유기-화학비료 혼합액비시용구(CS+BF+N), 대조구로 화학비료 시용구(CF)처리구를 두어 3반복 완전임의로 배치하였다.

시비방법은 퇴비 1,000 kg·10a⁻¹, 시용하였고, 기비로 질소-인산-칼리를 10-6.6-10kg·10a⁻¹를 기준으로 하여 요소, 용과린(전량 기비), 염화가리로 시용하였고, 추비로 대조구는 질소-칼리로 9-9 kg·10a⁻¹을 요소, 염화가리로, 액비구는 질소 함량을 분석하여 대조구의 질소시비량으로 환산하여 액비농도를 EC 2.0 dS·m⁻¹로 조절하여 정식 후 15일 부터 5일 간격으로 10회 시용하였다. 관수는 비닐하우스 내의 이랑 위에 2열로 정식된 배추의 중간 위치에 점적관수용 호수(Ø16mm, 20cm 간격 점적, Netafim)를 설치하여 점적관비로 시용하였다.

Table 1. Treatments of experiment

Treatments	Concentrated slurry	Byproduct fertilizer	Chemical fertilizer
Concentrated slurry(CS)	100%	0%	0
Byproduct liquid fertilizer(BF)	0%	100%	0
Mixture of concentrated slurry and byproduct(CS+BF)	50%	50%	0
organic and chemical mixture fertilizer(CS+BF+N)	50%	50%	+ N
Chemical fertilizer(CF)	0%	0%	100%

4. 생육조사

배추의 엽장은 최대엽의 기부에서 선단까지 길이, 엽수는 길이가 1cm 이상인 잎의 총수로 하였고, 주중은 뿌리부분을 제외한 포기의 지상부 생체중, 구중은 외엽과 외엽이 붙었던 줄기부위를 제외한 무게이며 총수량은 주중 수량으로 산출하였다.

구고는 구중을 측정할 수 있도록 조제된 포기의 최대 높이, 구폭은 구중을 측정할 수 있도록 조제된 포기의 최대 폭을 캘리퍼스로서 이용하여 측정하였다. 기타 생육특성은 농촌진흥청이 제시한 농사시험연구조사기준(농촌진흥청, 1995)에 의거하여 조사하였다. 통계처리는 모든 자료들에 대하여 SAS package(SAS Institute, 1998)의 GLM procedure로 분산분석을 실시하였으며, Duncan's new multiple test를 이용하여 95% 수준에서 유의성을 검정하였다.

5. 토양 화학성

토양의 화학성은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법에 준하여 실시하였다. pH와 EC는 액비 100ml씩 채취하여 여과지 No. 2로 여과 후 pH와 EC를 측정하였다. 전질소(T-N) 함량은 Kjeldahl법으로, 유효 인산은 Lancaster법으로 비색기(Varian Cary-50, Mulgrave, Australia)를 사용하여 측정하였으며, 양이온인 K, Ca, Mg, Na은 AAS(Varian SF-200, Mulgrave, Australia)를 이용하여 정량하였다.

6. 식물체의 무기성분 함량

식물체 무기성분 함량은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법에 준하여 실시하였다. 식물체를 70°C에서 건조한 후 분쇄한 시료를 산 분해용액(HClO₄:H₂SO₄=10:1)으로 습식

분해하여 전 질소는 Kjeldahl 법으로, 인산은 vanadate 법으로 그리고 K, Ca, Mg은 AAS (Varian SF-200, Mulgrave, Australia)로 분석하였다.

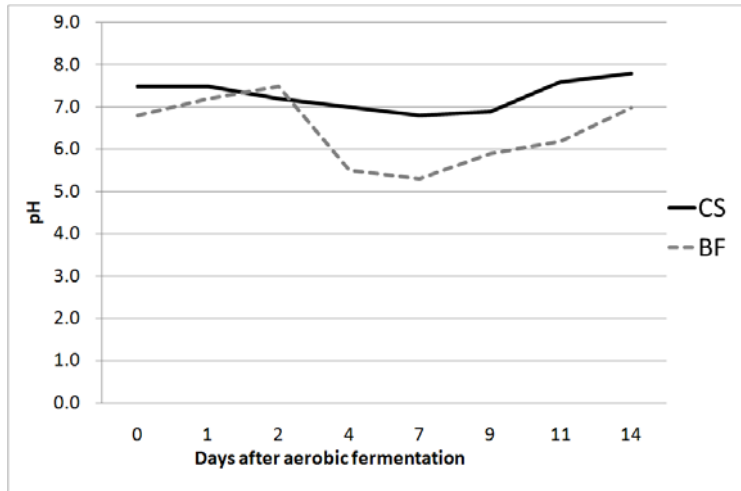
7. 액비 분석

액비의 분석방법은 폐기물 공정시험법에 따라 분석하였다. pH는 ORION model 420A을 사용하여 이온전극법(Ionic electronic method), EC(Electronic Conductivity: mS)는 TOA model CM-7B으로 분석하였다. 또한, T-N(Total Nitrogen)은 spectrophotometric method으로, T-P (Total Phosphates)는 Ascorbic acid method으로 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. pH의 변화

액비의 발효기간 중 pH의 변화는 Fig. 1과 같다. 막분리농축액비는 물리적인 막분리에 의한 처리이기 때문에 발효가 충분하지 않아 추가적인 발효처리가 요구된다. 발효과정 중 pH의 변화가 적었으나 부산물액비는 발효초기 pH가 7.0 부근에서 호기발효 후 2일 부터 pH가 지속적으로 낮아져 발효 후 3일에서 7일 사이에 5.0로 산성을 나타내었으나 발효 후 9일 부터 상승하여 발효 후 14일에 약산성에서 중성 부근에 도달하였다. 이와 유사한 결과로 부산물 비료의 퇴비화 조건에서 부숙이 왕성하게 일어나면 부숙 초기에 유기산 등의 방출로 인하여 pH가 낮아지다가 그 후는 질소화합물에서 암모니아가 생성되어 pH가 다시 증가한 후, 발효가 안정화에 가까워질수록 중성부근에서 안정화된다는 보고가 있다(Inbar 등, 1990). pH는 분해 과정에서 유기산 등 중간생성물의 축적과 암모니아의 발생 등의 영향을 받아 변할 수 있다고 알려져 있다(Eliot, 1997). 발효 초기에 부산물액비에서 pH가 급속히 저하된 것은 여러 가지 환경 조건에 의하여 유기산 등 중간 생성물 축적의 영향으로 생각된다(주, 2009). 또한 발효 후 9일이 지나서 부터 pH가 상승하기 시작하는데, 유기산의 분해와 질소 산화물의 산화로 인해서 암모니아가 생성되어 pH를 상승시킨다는 보고(Hong & Chung, 2005)와 일치하였다.

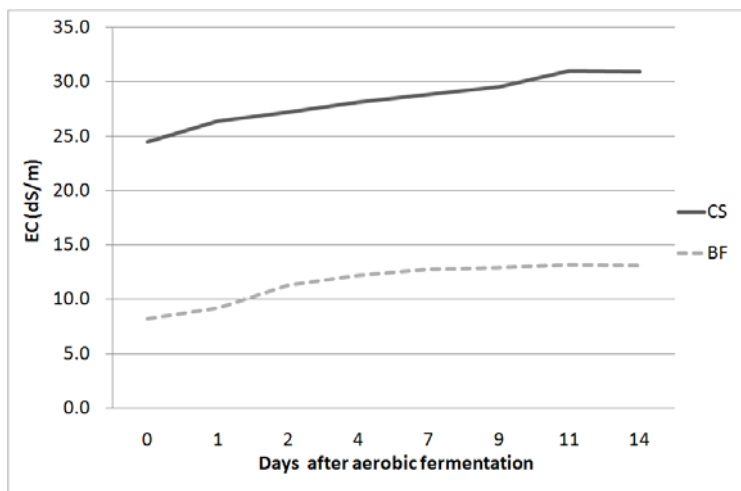


CS : Concentrated slurry, BF : Byproduct liquid fertilizer

Fig. 1. Changes of pH during the fermentation.

2. EC의 변화

발효과정 중 EC의 변화는 Fig. 2와 같다. 부산물 액비는 발효시작 시점에 8dS/m에서 발효와 함께 계속 상승하여 발효 종료시점인 14일에는 15dS/m로 상승하였다. 이는 부숙화 과정 중 질소화합물에서 암모니아가 생성되어 EC가 높아진 것으로 사료된다. 막분리농축액비는 25~32dS·m⁻¹로 변화폭이 낮아 7dS/m로 상승하는데 그쳤다.



CS : Concentrated slurry, BF : Byproduct liquid fertilizer

Fig. 2. Changes of EC during the fermentation.

액비의 발효과정 중 EC의 증가는 부숙화 과정에서 유기물의 무기화 작용으로 인하여 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 다른 이온들이 유기물로부터 용액으로 해리되기 때문으로 생각된다(주, 2009). EC는 분자가 이온화됨에 따라 증가하며, 그 값은 이온의 성격에 의하여 좌우된다. 액비화 과정에서 EC의 주요 요인은 H^+ 와 OH^- , HCO_3^- , NH_4^+ , NO_3^- , 기타 이온 등으로 보여지고 이들의 화학적 조성이 각기 달라서 이온들의 조성에 따라 EC의 값이 결정된다는 보고(Jeong 등, 1997)와 같이 액비 EC의 증가 요인을 추정할 수 있다.

3. 액비의 이화학적 특성

막분리 농축액비의 이화학적 특성은 Table 2와 같다. 막분리 농축액비의 질소함량은 $1,528\text{mg}/\ell$ 이었으며 하우스 추비용으로 이용이 가능한 수준에 도달하였다. 칼리함량은 $6,025\text{mg}/\ell$ 로 질소 함량에 비하여 약 4배 높은 함량을 나타내어 불균형적인 양분조성을 나타내었다. 막분리 농축액비는 인산함량이 $84.4\text{mg}/\ell$ 으로서 낮았는데, 이는 인산이 대부분 부유물질에 함유되어 있기 때문인 것으로 사료된다.

부산물 혼합액비의 화학성을 분석한 결과, T-N 함량은 $1,760\text{mg}/\ell$, K_2O 함량은 $1,921\text{mg}/\ell$ 로 질소와 칼리 성분의 균형이 맞아 추비용 비료로 적합한 양분특성을 나타내었다. 부산물액비는 P_2O_5 함량이 $145\text{mg}/\ell$ 으로 낮았다. 동물성인 골분과 계껍질은 농자재에 P_2O_5 과 CaO 함량이 높은 자재이지만 발효과정에서 인산의 용출량은 낮은 것으로 보인다. 앞으로 골분을 이용하여 액비 제조시에 골분이 가지고 있는 인산성분의 용출량을 증가시키기 위한 다각도 연구들이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

Table 2. Nutrient composition of concentrated slurry and byproduct liquid fertilizer

Items	T-N (mg/ℓ)	P_2O_5 (mg/ℓ)	CaO (mg/ℓ)	MgO (mg/ℓ)	K_2O (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)
Concentrated slurry	1,528	91	559	1,413	6,025	15.6
Byproduct liquid fertilizer	1,760	145	164	717	1,921	40.2

4. 배추생육

액비 종류에 따른 배추의 생육특성은 Table 3과 같다. 주당 엽수는 대조구 58.7개 비하여 유기액비-화학비료 맞춤형 시용구(CS+BF+N)에서 65.0 개로 현저히 증가한 것으로 보아 수량의 증가를 예상할 수 있었다. 그러나 농축액비구(CS)의 엽수는 49.2개로 매우 낮았다.

배추의 엽장은 대조구 44.3cm에 비하여 맞춤액비 시용구는 47.9cm로 길었으며, 구고 및 구폭은 대조구에 비하여 맞춤액비구(CS+BF+N)에서 생육이 양호하였으며 부산물액비(BF)와 부산물 혼합액비구(CS+BF)는 대조구인 화학비료구와 대등하였다.

Table 3. Growth characteristics of chinese cabbage by different mixtures of concentrated slurry and byproduct liquid fertilizer

Treatments	No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)	Head height(cm)	Head width(cm)
CS	49.2c*	35.2c	20.5b	21.5c	14.2c
BF	62.5ab	46.4a	28.2a	25.5b	16.5b
CS+BF	59.3b	44.4b	26.1a	25.8b	16.0b
CS+BF+N	65.0a	47.9a	28.9a	27.9a	17.9a
CF	58.7b	44.3b	27.7a	25.0b	16.1b

CS : Concentrated slurry, BF : Byproduct fertilizer, CF : Chemical fertilizer

* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

5. 배추 주중 및 구중

Table 4는 액비 시용에 따른 배추의 주중과 구중을 나타내었다. 막분리 농축액비(CS)에서 주중과 구중은 각각 2.33, 1.82kg로 대조구의 3.29, 2.43kg 보다 각각 29, 25% 감소되었다. 부산물액비(BF), 혼합액비 처리구(CS+BF)에서의 주중과 구중은 화학비료 대조구와 대등하였다. 맞춤액비시용구(CS+BF+N)에서의 주중은 엽장, 엽폭, 구고, 구폭이 높아 구중의 증가 효과가 있는 것으로 나타났다. 주중과 구중은 3.55, 2.68로 대조구 보다 각각 8, 10% 높았다.

Table 4. Plant and head weight of chinese cabbage

Treatments	Plant weight (kg/plant)	Index	Head weight (g/plant)	Index
CS	2.33c*	71	1.82c	75
BF	3.30b	100	2.59b	103
CS+BF	3.24b	98	2.49b	101
CS+BF+N	3.55a	108	2.69a	110
CF	3.29b	100	2.43b	100

CS : Concentrated slurry, BF : Byproduct fertilizer, CF : Chemical fertilizer

* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

6. 배추의 무기성분 함량

상기한 액비 시용에 따른 배추의 무기성분 함량은 Table 5와 같다. 식물체의 무기성분 함량을 분석한 결과, 막분리 농축액비(CS)는 P₂O₅ 함량은 낮고 K₂O 함량은 높게 나타났다. 맞춤형액비구는 T-N 함량이 다른 처리구 보다 높은 경향이었다. Hwang 등(2004)은 돈분 액비 시용으로 재배한 고추의 무기성분 함량은 인산 및 칼리 함량이 증가하였지만 질소, 칼슘 및 마그네슘 함량은 감소하였고, 배추 잎의 무기성분 함량은 관행과 큰 차이가 없었다고 하였다.

Table 5. Mineral content of chinese cabbage

Treatments	T-N(g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O(g/kg)	CaO(g/kg)	MgO(g/kg)
CS	23.0c*	5.4a	14.2a	11.0b	3.1a
BF	27.8b	5.8a	13.6a	13.4a	3.6a
CS+BF	28.4b	5.9a	14.3a	13.0a	3.7a
CS+BF+N	33.1a	5.9a	15.1a	13.3a	3.7a
CF	28.3b	5.8a	13.7a	11.9a	3.0a

CS : Concentrated slurry, BF : Byproduct fertilizer, CF : Chemical fertilizer

* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

5. 토양 화학성 변화

토양 화학성을 분석한 결과, 시험 전 토양에 비하여 시험 후의 pH는 모든 시험구에서 낮아지는 경향이었으나 통계적인 유의차는 나타내지 않았다. EC는 시험 전 0.70dS·m⁻¹에 비하여 시험 후 부산물액비(BF) 처리구에서 0.64dS·m⁻¹로 다소 낮아졌다. 농축액비 시용구에서는 시험 전에 비하여 시험 후 치환성칼리 함량이 약간 증가한 반면 인산, 칼슘 등은 유의한 차이를 나타내지 않았다. 우리나라 시설재배지 표토의 토양 화학성은 pH 6.0, P₂O₅ 1,092 mg·kg⁻¹, EC 2.9dS·m⁻¹이고, 치환성 K, Ca, Mg 함량은 각각 1.27, 6.0, 2.5cmolc·kg⁻¹이며, NO₃-N 함량은 155.1mg·kg⁻¹이었다는 보고와 비교하면 본시험의 배추 재배 후 토양 화학성은 칼리를 제외한 모든 성분이 낮은 경향이었다.

Table 6. Chemical properties of soil after experiment

Treatments	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	ex. cation(cmol+/kg)		
					K	Ca	Mg
CS	6.8a*	0.80a	11.9a	69.2a	0.36a	8.1a	2.24a
BF	6.9a	0.64b	115a	66.2a	0.26b	8.0a	2.28a
CS+BF	6.9a	0.70a	10.4a	72.9a	0.28b	7.7a	2.47a
CS+BF+N	6.7a	0.75a	11.4.a	70.6a	0.29b	7.6a	2.23a
CF	6.8a	0.75a	11.2a	71.5a	0.23b	7.5a	2.21a
Before experiment	7.0a	0.62.a	11.2a	73.1a	0.30b	8.1a	2.23a

CS : Concentrated slurry, BF : Byproduct fertilizer, CF : Chemical fertilizer

* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

IV. 적 요

본 연구는 농축산 부산물을 이용한 환경친화적 유기액비의 제조와 시용 기술을 개발하여, 채소의 고품질 친환경 안전농산물 생산기술을 확립하고자 돈분뇨 처리과정에서 한외여과막을 통과하고 역삼투막에서 역류되어 나오는 농축액비에 부족한 성분을 부산물, 화학비료와의 혼합액비가 배추 생육과 수량, 토양에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다. 시험구는 대조구의 검정시비량을 기준으로 막분리 농축액비(CS)와 부산물액비(BF), 막분리 농축액비(CS)와 부산물액비 혼합액비시용구(CS%+BF), 농축액비와 부산물액비 혼합에 질소를 보충한 유기-화학비료 혼합액비시용구(CS+BF+N), 대조구로 화학비료 추비시용구(CF) 등 5처리를 완전임의 3반복으로 배치하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 막분리 농축액비(CS)는 발효과정 중 pH의 변화가 적었으나 부산물액비는 발효초기 pH가 7.0 부근에서 호기발효 후 2일 부터 pH가 지속적으로 낮아져 발효 후 3일에서 7일 사이에 5.0 정도로 저하되었다가 발효 후 9일 부터 상승하여 발효 후 14일에 약산성에서 중성 부근에 도달하였다. 부산물액비의 EC는 발효 시작 시점에 8dS/m에서 발효와 함께 계속 상승하여 발효 종료시점인 30일에는 15dS/m로 도달하였다.
2. 막분리 농축액비(CS)는 질소함량은 1,528mg/ℓ, 칼리함량은 6,025mg/ℓ로 질소 함량에 비하여 칼리 함량이 4배나 높은 불균형적인 양분조성을 나타내었다. 그러나 부산물액비는 T-N 함량은 1,760mg/ℓ, K₂O 함량이 1,921mg/ℓ로 질소와 칼리 성분의 균형이 맞

아 추비용비료로 적합한 성분특성을 나타내었다.

3. 주당엽수는 대조구 58.7개에 비하여 유기액비-화학비료 맞춤액비 시용구(CF+BF+N)에서 65.0개로 높았으나 막분리 농축액비(CS)의 엽수는 49.2개로 매우 낮았다. 주중과 구중은 막분리 농축액비처리구에서는 불균형적인 양분조성으로 2.33, 1.82kg로 대조구의 3.29, 2.43kg보다 각각 29, 25% 감소되었다. 부산물액비(BF), 혼합액비 처리구(CS+BF)에서의 주중과 구중은 화학비료 대조구와 대등하였다. 맞춤액비시용구(CS+BF%+N)에서의 주중과 구중은 3.55, 2.68kg로 대조구보다 각각 8, 10% 높았다.
4. 배추식물체와 토양의 무기성분 함량은 막분리 농축액비(CS)처리구에서 K₂O 함량은 높게 나타났다. 맞춤액비구는 T-N 함량이 다른 처리구 보다 높은 경향이였다.

[논문접수일 : 2010. 2. 25. 논문수정일 : 2010. 4. 10. 최종논문접수일 : 2010. 4. 21]

참 고 문 헌

1. 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구조사기준.
2. 류종원, 1995. 가축분뇨의 액비화 기술과 이용방안. 가축분뇨 자원화에 관한 국제심포지움.
3. 오왕근, 아미노산 발효부산물의 농업적 이용에 관한 연구. 1980. 한국토양 비료학회지 8(2): 97-103.
4. 임상철·이명규. 2003. 유기액비를 이용한 과채류 관비시스템 확립에 관한 연구. 유기성액비의 조제 및 균질화 기술 개발. 농림부. pp. 65-82.
5. 주선중. 2009. 유기액비의 조성이 배추와 고추의 생육에 미치는 영향. 충북대학교 대학원 박사학위논문.
6. 주선중·손상목·김진한. 2001. 하우스 엽채류를 위한 관비재배용 유기액비 개발. 한국유기농업학회. 9(June): 83-99.
7. 홍지영, 1990. 농촌폐기물 처리상황과 재자원화 과제. 한국농공학회지. 32(2): 19-23.
8. 홍지영, 1996. 가축슬러리의 액상컴포스트화 시스템. NICEM 연구보고서.
9. 홍종운. 1993. 유기자원의 활용현황과 전망. 환경 보전형 농업을 위한 토양관리 심포지움. 한국토양비료학회. 31-67.
10. Eliot, E. 1997. The Science of Composting. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA, USA.
11. Hong, J. H., and J. D. Chung. 2005. Effect of broth of purple photosynthetic bacteria on garbage. J. Kor. Soc. of Waste Management. 22(2): 113-119.

12. 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. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 37(3): 171-176.
13. Inbar, Y., Y. Chen, and Y. Hadar. 1990. Humic substances formed during the composting of organic matter. *Soil Sci. Soc Amer. J.* 54: 1316-1323.
14. Jeong, K. H., T. I. Kim, K. C. Choi, J. D. Han, and W. H. Kim. 1997. Changes of compost properties during aerobic composting of poultry manure. *Kor. H. Anim. Sci.* 39(6): 731-738.
15. Kim, S. C. 2004. The treatment of food anaerobic digestion leachate by photosynthetic bacteria. Ph. D. thesis. Mokpo Nat'l Univ.
16. Sohn, S. M., K. S. Oh, and H. S. Lee. 1995. Effects of shading and nitrogen fertilization on yield and accumulation of NO_3^- in edible parts of Chinese cabbage. *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 28(2): 154-159.