

막분리 돈분농축액비와 몇가지 친환경농자재의 혼합액이 수경재배에서 상추의 생육과 수량에 미치는 영향

류 종 원

상지대학교

Effects of Concentrated Pig Slurry Separated from Membrane Filter and Several Environment-Friendly Agro-Materials Mixtures on the Growth and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa L.*) in Hydroponics

Ryoo, Jong Won

College of Life Science and Natural Resources, Sangji University

Summary

This experiment was conducted to investigate the effects of concentrated pig slurry separated from membrane filter and by environment-friendly agro-materials mixtures on growth of lettuce in hydroponics. The swine waste treatment system having a ultra filtration and a reverse osmosis process was designed in this study. Filtration of pig slurry was necessary to prevent the hose clogging in hydroponics. Primary separation using ultra filter was followed by concentration by RO (Reverse Osmosis).

The concentrated pig slurry (CS) was mixed by five different environment-friendly agro-materials mixtures. The chemical nutrient solution was the solution of National Horticulture Research Station for the growth of lettuce. The concentration of nutrient solution in hydroponics was adjusted a range of 1.5 mS/cm in EC.

The concentrated pig slurry was low in phosphorus(P), suspended solid and heavy metal, but rich in potassium(K). The concentrated slurry was lowest in the growth characteristics of leaf lettuce. And also SPAD value in leaf was reduced in plot treated with concentrated slurry. But the growth of lettuce in the mixtures plot (CS+BM+AA, CS+BM+AA+SW) in hydroponics was significantly high compared to concentrated slurry.

The fresh yield of lettuce was 78, 84% that of nutrient solution as 131.9, 142.2g in plot of CS+BM+AA and CS+BM+AA+SW, respectively. Our studies have shown that it is possible to produce organic culture using concentrated slurry and environment-friendly agro-materials mixture, although growth is slower than when using a conventional inorganic hydroponic solution.

(Key words : Leaf Lettuce, Growth, Concentrated pig slurry, Hydroponics)

본 연구는 2008년 상지대학교 안석년 연구비 지원에 의하여 수행되었음

Corresponding author : Jong Won Ryoo, College of Life Science and Natural Resources, Sangji University, Wonju, 220-702, Korea. E-mail : jwryoo@sangji.ac.kr

2010년 3월 9일 투고, 2010년 4월 23일 심사완료, 2010년 4월 26일 게재확정

서 언

경제성장과 더불어 축산물의 수요가 증가함에 따라 가축사육 두수 증가에 따른 가축분뇨 발생량도 크게 증가하여, 가축분뇨 유래 비료성분중 질소는 현재 사용되고 있는 화학비료 사용량에 미치지 못하지만, 인산과 칼리는 화학비료 사용량에 가까운 높은 수준으로 가축분뇨의 적절한 재활용으로 화학비료 대체가 가능 할 수 있다(정과 박, 2000). 그러나 이러한 부가가치에도 불구하고, 가축분뇨는 적재적소에 자원화되지 못하고 부적절한 관리로 수질오염 등 환경오염 물질로 주목되고 있으며, 2012년 해양배출 전면금지에 대비, 가축사육에 있어서 반드시 처리방법을 강구하여야 할 시급한 문제로 지적되고 있다(농림부, 2007).

현재까지 가축분뇨 액비는 고형물을 많이 함유하고 있어 주로 노지작물재배에 이용되어 왔으며, 시설재배에서 관비형태의 추비나 양액재배 적용시에는 노즐과 밸브 및 관막힘을 예방하기 위하여 반드시 여과과정을 거쳐야 한다(임, 2003). 그러나 축분의 액비화에 있어서 미립자를 포함한 고형물의 존재는 비료의 사용에 있어서도 노즐의 막힘이나 기타 기기의 손상을 유발할 수 있어, 관비, 수경용 액비의 생산을 위해서는 부유물질을 제거시키기 위한 막분리 (membrane separation) 기술의 도입이 필요하다.

막분리 기술은 1948년 Jean Noller에 의해 알코올 수용액과 순수한 물 사이에 선택적 투과성을 가지고 있는 생체막이 위치해 있는 계에서 알코올 수용액 측에서 물이 이동하여 이루는 수두차를 삼투압(Osmosis)으로 설명하면서 꾸준히 연구가 진행되어 19세기 중엽에 이르러 실험실 규모의 막 제조가 이루어졌고, 20세기 고분자 화학을 비롯한 재료공학의 발달로 기능성 고분자 재료물질이 개발됨으로 해서 상업적 개발이 이루어지기 시작

했으며 최근 막분리 기술의 발전으로 축산분뇨 처리에도 활용되고 있다(한국막학회, 1998).

본 연구는 호기성 액비로 많은 농가에서 생산하고 있는 폭기조 발효액을 양액재배에 적용하고자 부유물질을 제거하고 비효성분을 농축하기 위하여 분리막(U/F)과 R/O 연계공정 도입을 검토하였다. 그리고 양액재배 적용시 기초자료로 활용 할 수 있도록 R/O 농축액비와 더불어 농축액비중 부족성분을 보충하기 위하여 몇가지 친환경농자재를 첨가하여 제조한 액비의 특성을 검토하고 공시작물로서 상추의 생육과 수량에 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 농축액비 제조

본 연구의 양돈분뇨 처리시설은 강원도 횡성군의 스크레파 축사 농가에 설치하였으며, 처리공정은 슬러리저장조, 원심분리조, 탈질조, 폭기조, U/F-RDM 및 R/O 순서로 구성되어 있다.

폭기조는 산소를 공급하는 반응조로서 블로워와 거품방지를 위한 소포수 투입장치가 있다. 폭기조는 1차 및 2차 폭기조가 있으며 각각 처리시간은 20일이다. 소포는 폭기조가 안정화되기 전인 가동초기에는 소포제 투입으로 행하였으며, 안정화 후에는 폭기조에서 탈질조로 반송하는 반송수를 산포하여 행하였으며 더이상 소포제는 사용하지 않았다. 소포구는 노즐 사용시 가축털에 의해 막히는 현상이 빈번하여 파이프를 개조하여 사용하였다. 폭기조 MLSS 농도는 15,000 mg/l 이상 유지하였다. 분리막은 최 등(2003)이 사용한 한외여과 회전판형분리막 모듈(RDM)과 디스크튜브(DT) 역삼투 분리막 모듈을 사용하였다.

2. 시험 재료

상추 재배시험은 2008년에 강원도 횡성군 반곡리 농가 비닐하우스에서 수행하였다. 공시품종은 청치마상추(흥농종묘) 사용하였다. 정식은 20 cm 간격으로 1주씩 심어 재식 거리를 20 × 20 cm로 하였다. 시험구는 임의배치 3반복으로 배치하였다.

양액재배 방식은 담액형 양액재배로서 배드는 2.88 m³ (1.2 × 0.4 × 6 m) 크기로 제작하였다. 양액은 70L 용량의 양액통에 양수수량 40 L/min의 수중 펌프를 사용하여 주야간 매 1시간마다 15분씩 급액 되도록 하였다. 재배상은 800 × 70 × 15 cm(길이 × 너비 × 깊이)의 암면배지상의 바닥에 0.05 mm 두께의 PE필름을 깔았다. 대조구 양액은 원예연구소의 상추 배지경 양액재배 전용 배양액을 공급하였다. 1일 양액 투입량은 주당 1~2회로 하였다. 배양액의 전기전도도(EC)는 생육 초기에 1.2 mS/cm, 생육중기에 1.5 mS/cm로 조절하였다. 배액액의 pH는 인산용액으로 조절하였으며 pH는 6.0~6.5로 유지하였다.

3. 처리내용

본 시험은 농축액비와 농축액비에 친환경 농자재를 혼합하여 사용하는 조합처리를 병행하였다(표 1). 처리구는 농축액비 처리구 (CS), 농축액비의 부족성분인 인산을 보충하

기 위한 농축액비 + 골분 혼합처리구 (CS + BM), 농축액비에 인산, 질소 성분 보충을 위한 골분, 동물성아미노산 혼합처리구 (CS + BM + AA), 농축액비에 인산, 질소, 무기물 성분 보충을 위하여 골분, 동물성아미노산, 해초분말 혼합처리구 (CS + BM + AA + SW)를 두었고, 대조구로 원예연구소 상추 표준양액구 (NS) 등 5개 처리구를 두었다. 처리구별 첨가한 친환경농자재의 종류에서 골분은 홍창산업의 분말골분, 아미노산은 동물성아미노산 분말, 해초는 흙살림의 수용성 해초추출분말을 이용하였다. 농자재의 사용방법에서 골분은 3% 구연산 용액에 20일간 용출시킨 후 사용하였으며 동물성아미노산과 해초분말은 물에 녹여 사용하였다.

4. 액비 분석

각 항목의 분석방법은 폐기물 공정시험법에 따라 분석하였다. pH는 ORION model 420A를 사용하여 이온전극법 (Ionic electronic method), EC (EC (Electronic Conductivity: mS))는 TOA model CM-7B를 사용하여 측정하였다. 또한, T-N (Total Nitrogen)은 spectrophotometric method, T-P (Total Phosphates)는 Ascorbic acid method로 분석하였다. 이온성 원소(F⁻ : Fluoride ion, NO₂⁻ : Nitrite Nitrogen, NO₃⁻ : Nitrate Nitrogen, PO₄²⁻ : Orthophosphates, NH₄⁺ : ammoniac Nitrogen, SO₄²⁻ : Sulfuric ion, Cl⁻ :

Table 1. Treatments of experiment

Treatments	Content
CS	Concentrated pig slurry
CS+BM	Concentrated slurry + Bone meal (20kg/m ³)
CS+BM+AA	Concentrated slurry+Bone meal(20kg/m ³)+Amino acid (10kg/m ³)
CS+BM+AA+SW	Concentrated slurry + Bone meal (20kg/m ³) + Amino acid (10kg/m ³) + Seaweeds (2 kg/m ³)
NS	Chemical nutrient solution

CS : Concentrated pig slurry, BM: Bone meal, AA: Animal amino acid product SW: Seaweeds, NS : chemical nutrient solution

Chloride ion) 분석에는 IC (Dionex model : DX-120)를 사용하였으며, Standard method 4110으로 분석하였다. 미량원소의 분석에는 ICP-MS (Varian model: Ultramass 700)를 사용하였으며, EPA Method 3050B의 전처리방법과 EPA Method 200.8의 분석방법을 적용하였다. 단, Sodium은 EPA method 200.9의 분석방법을 적용하였다. 단종 다가원소 분석에는 AA (Perkin Elmer model : 5100PC)를 사용하였으며, EPA Method 3050B의 전처리방법과 EPA Method 200.9의 분석방법을 적용하였다.

5. 조사내용

조사항목은 초장, 줄기직경, 지상부 생체중 및 건물중, 엽록소 함량 등으로 하였다. 건물 수량은 생체중을 측정 한 후 건조기에 넣어 70°C에서 24시간 건조시켜 건물중을 측정하였다.

상추 생육조사는 처리구당 20개체를 선정하여 조사하였다. 엽록소 측정치 (SPAD reading

value)는 간이 엽록소측정장치 (Minolta Japan, SPAD-502)을 이용하였다. 측정법은 중상위 엽으로 하였으며 반복당 5주씩, 1주당 10회 씩 측정하여 평균처리 하였다. 기타 생육특성은 농촌진흥청이 제시한 농사시험연구조사 기준 (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.

결과 및 고찰

1. 분리막 처리에 따른 액비의 이화학적 성상

분리막 처리에 따른 농축액비의 이화학적 특성은 표 2와 같다. 원수의 부유물질 (Suspended Solid) 농도는 15,500 mg/l로 매우 높았으나 농축액비의 부유물질 농도는 13.6 mg/l로 매우 낮아 하우스 관비 재배시 막힘 문제가 발

Table 2. Chemical properties of concentrated pig slurry separated from membrane filter

Items	Feed	Pre-treatment	UF permeate	RO concentrate
TN (mg/ℓ)	3,577	833	330.4	1,491.0
NH ₃ -N (mg/ℓ)	1,640	125.2	216.5	847.5
NO ₃ -N (mg/ℓ))	9.1	7.1	1.0	32.8
NO ₂ -N (mg/ℓ))	0	0.57	1.57	34.7
TP (mg/ℓ)	645.6	85.2	8.6	31.9
Ca (mg/ℓ)	1,592	270.9	184.3	1,201
Mg (mg/ℓ)	807.5	330.0	273.5	2,028.5
K (mg/ℓ)	8,135	4,710	4,555	14,805
Mn (mg/ℓ)	1.9	8.8	9.9	35.3
B (mg/ℓ)	10.2	7.1	7.3	13.9
SO ₄ ⁻² (mg/ℓ)	262.5	489.3	733.7	2,875.2
Suspended solid (SS, (mg/ℓ))	15,500	9,000	3	13.6
CODcr (mg/ℓ)	36,800	6,400	500	4,500
pH	7.02	6.55	6.19	7.16

생되지 않는 수준이었다. 농축액비의 질소함량은 $1,491 \text{ mg/l}$ 이었으며 하우스 추비용으로 이용이 가능한 수준에 도달하였다. 그러나 무기태질소 구성비에서 농축액비는 대부분 암모늄태질소로 되어 있었으며 질산태 질소 함량이 낮았다. 칼륨 함량은 $14,850 \text{ mg/l}$ 으로 질소, 인산에 비하여 매우 높은 함량을 나타내었다. 농축액비의 인산함량이 36.9 mg/l 으로 매우 낮았는데, 이는 인산이 대부분 고형물에 함유되어 있기 때문인 것으로 사료된다. 또한 Ca과 Mg 함량은 각각 $1,201 \text{ mg/l}$, $2,028 \text{ mg/l}$ 를 함유하고 있었다.

한외여과막을 이용하여 가축분뇨를 처리할 경우 일정량의 질소와 인을 배출하였다. 배출수의 수질에 직접적인 영향을 미치는 질소나 단백질 등의 성분을 안정적으로 배제하고 저분자의 유기물과 무기염류만을 투과 시킴으로 처리수의 수질을 안정화시켰다. UF 배출수의 수질에 비하여 농축수는 점진적으로 일반수질 항목의 수치가 높아졌다(이규승 1998 ; 황 등, 2000).

농축액비에서 COD_{Cr} 의 함량이 $4,500 \text{ mg/l}$ 로 COD 함량이 높아 토양에 유기물 공급효과가 기대되었다. UF 여과액과 농축액의 중금속 함량은 표 3과 같다. 막처리로 Zn 함량이 원수 165에서 농축액비에서 9.9 mg/l 로 낮아졌고 대부분 중금속 함량이 매우 낮아 토양에 중금속 오염을 유발시킬 수 있는 수준은 아니었다. 농축액비의 중금속 함량은 비료공정규격(액비)의 최대함유량에 비하여

매우 낮았다.

2. 부산물 첨가에 따른 액비의 이화학성

농축액비에 친환경농자재 첨가한 액비의 이화학성 표 4와 같다. 농축액비(CS)는 질소, 인산, 칼륨의 조성비율이 $1:0.02:9.9$ 로 인산성분이 부족하고 칼륨 함량이 높았다. 농축액비의 부족한 인산을 보충하기 위하여 골분을 구연산에 녹여 혼합한 결과 인산성분 함량이 32에서 425 mg/l 로 증가하였다. 그러나 골분의 인산 함량이 20% 내외인 것을 고려하면 골분에 함유된 인산이 충분히 용출되지 않아서 추가 연구 검토가 필요 할 것으로 보인다. 또한 농축액비의 질소 성분 보충을 위하여 동물성아미노산을 혼합 한 결과 질소 함량이 $1,491 \text{ mg/l}$ 에서 $2,102 \text{ mg/l}$ 로 증가하였다. 또한 해초분말 혼합처리구는 칼륨함량이 증가되었다.

3. 정식 후 20일의 상추의 생육특성

R/O 농축액비와 농축액비에 친환경농자재를 혼합한 액비의 상추 수경재배 적용 가능성을 평가하기 위하여 정식 후 20일에 조사한 상추의 수량구성요소인 엽수, 엽장, 엽폭 등의 생육특성을 조사하여 표 5에 나타내었다. 상추의 엽장, 엽폭은 농축액비구에서 각각 15.1 cm , 7.5 cm 로 대조구인 원예연 양액처리구 보다 유의하게 낮았다. 그러나 농축

Table 3. Heavy metal content of concentrated pig slurry separated from membrane filter

Items	Feed	Pre-treatment	UF permeat	RO concentrate	Korea regulation
As (mg/l)	0.51	0.08	0.02	0.07	5
Ni (mg/l)	1.03	1.39	0.58	4.07	5
Cr (mg/l)	0.39	0.32	0.03	0.16	30
Cd (mg/l)	0.02	N.D	N.D	N.D	0.5
Zn (mg/l)	165.0	4.8	1.2	9.9	130
Pb (mg/l)	0.13	N.D	N.D	N.D	0.2

Table 4. Chemical properties of concentrated pig slurry and environment-friendly agro-materials mixtures

Items	CS	CS+BM	CS+BM+AA	CS+BM+AA+SW
SS (mg/ℓ)	12.5	264	271	280
TN (mg/ℓ)	1,491	2,102	2,185	2,190
TP (mg/ℓ)	31.9	425	521	530
Ca (mg/ℓ)	1,210	1,420	1,430	1,452
Mg (mg/ℓ)	2,028	2,030	2,052	2,215
K (mg/ℓ)	14,805	13,920	14,920	16,210
SO ₄ ⁻² (mg/ℓ)	2,875	2,910	2,979	12,890
pH	7.16	7.21	6.8	7.16
EC (mS/cm)	24.0	26.9	30.9	31.2

CS : Concentrated slurry, BM: Bone meal, AA: Animal amino acid product, SW: Seaweeds,

NS: Chemical nutrient solution

Table 5. Growth characteristics of a hydroponically grown leaf lettuce by mixtures of concentrated slurry and environment-friendly agro-materials at 20 days after transplanting

Treatments	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (ea)	Root length (cm)	SPAD 502
CS	15.1d	7.5c	9.7d	11.0c	31.3b
CS+BM	15.8c	8.2c	10.0c	12.7b	33.8ab
CS+BM+AA	17.4b	10.3b	12.2b	13.9ab	35.6a
CS+BM+AA+SW	17.4b	11.8b	12.2ab	14.8a	36.8a
NS	18.7a	12.6a	13.8a	15.1a	36.9a

CS : Concentrated slurry, BM: Bone meal, AA: Animal amino acid product, SW: Seaweeds,

NS: Chemical nutrient solution

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

액비(CS)에 질소성분인 동물성아미노산을 첨가한 처리구(CS+BM+AA)와, 해초분말혼합구(CS+BM+AA+SW)는 농축액비 처리구 보다 엽장, 엽폭, 엽수의 생육특성이 유의성 있게 높아졌다.

상추의 근장은 농축액비시용구에서 11 cm로 가장 낮았고 농축액비와 친환경농자재 혼합시용구(CS+BM+AA, CS+BM+AA+SW)에는 양액시용구와 대등한 근장을 나타내었다. 농

축액비는 부식산(humic acid)이 용출되어 함유되어 있는데 부식산은 지상부 생육, 질소흡수량 증대 뿐만아니라 뿌리 발달에 효과가 크다는 보고가 있다(Chen and Aviad, 1995; Varanini and Printon, 1995). 농축액비에 친환경농자재를 혼합한 시용구는 양분간의 균형이 맞아 엽장, 엽폭, 근장의 증대효과를 가져왔으나 농축액비시용구는 인산이 부족한 양분 불균형으로 인하여 정상적인 생육을 나타

내지 못한 것으로 사료된다.

SPAD502를 이용하여 엽록소 측정치를 조사한 결과는 표 5와 같다. 엽록소측정치는 식물체 영양상태를 나타내는 간접지표이다. 엽록소 측정치는 농축액비시용구에서 가장 낮았으나, 농축액비와 부산물 혼합시용구 (CS + BM + AA + SW)는 36.8로 대조구와 대등하게 높았다.

4. 정식 40일 후 생육특성

정식 후 40일 상추의 생육특성도 정식 후 20일과 유사한 경향이었다. 식물의 양분흡수는 근권부의 뿌리활력에 의해 좌우되는데 상추의 근장은 처리구간에 뚜렷한 차이를 나타내어 농축액비에서 낮고 부산물혼합시용구는 대조구와 대등한 근장을 나타내었다. 정식 40일 농축액비에 골분 혼합(CS+BM) 처리구에서 잎의 엽록소측정치가 낮아진 것은 농축액비에 함유된 질소의 부족과 질산태질소 부족이 원인이 된 것으로 사료된다. 흥 등 (2001)은 토마토 잎의 엽록소측정치는 단위 면적당 질소흡수량과 유의성 있는 정의 상관관계를 보여 식물체의 질소영양진단의 지표로 활용이 가능하다고 하였다.

Table 6. Growth characteristics of a hydroponically grown leaf lettuce by mixtures of concentrated slurry and environment-friendly agro-materials at 40 days after transplanting

Treatments	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (ea)	Root length (cm)	SPAD 502
CS	21.3d	10.6b	16.3c	11.8b	27.2c
CS+BM	24.0c	11.7ab	17.0c	12.7b	29.1b
CS+BM+AA	27.0b	12.9a	18.3b	17.5ab	31.4a
CS+BM+AA+SW	27.5b	12.8a	18.3b	18.9a	32.2a
NS	28.2a	13.1a	19.1a	18.8a	32.3a

CS : Concentrated slurry, BM: Bone meal, AA: Animal amino acid product SW: Sea weeds,

NS : chemical nutrient solution

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

5. 생체 및 건물중

정식 후 20일의 상추의 주당 생체 및 건물중은 표 7과 같다. 농축액비 (CS) 처리구의 상추의 주당 생체중은 29.4 g으로 대조구인 양액시용구 대비 62%의 생체중을 나타내었다. 골분 첨가구에서의 상추 생체중은 대조구 대비 66%로 저조한 생산을 나타내었다. 그러나 골분, 아미노산 혼합처리구 (CS + BM + AA, CS + BM + AA + SW)의 생체중은 대조구인 양액처리구 대비 각각 79, 84%를 나타내어 대조구인 화학양액에는 미치지 못하나 상추의 유기양액 재배가 가능하였다.

정식 후 40일에 상추의 주당 생체중과 건물중은 표 8과 같다. 정식후 농축액비 사용구의 생체 및 건물중은 각각 56.4, 7.0 g로 양액 대조구 대비 각각 47, 48%의 수량을 나타내어 정식 후 20일 보다 수량감소가 더 커졌다. 상추 생체중은 인산, 질소성분 보충구(CS + BM + AA + SW)에서 대조구 대비 84%의 생체중을 나타내었다.

6. 수량

농축액비와 친환경농자재의 혼합처리에 의

Table 7. Fresh and dry weight of a hydroponically grown leaf lettuce by mixtures of concentrated slurry and environment-friendly agro-materials at 40 days after transplanting

Treatments	Fresh Wt. (g/plant)	Index	Dry wt. (g/plant)	Index
CS	29.4c	62	3.9d	60
CS+BM	31.4c	66	4.3c	66
CS+BM+AA	38.0b	79	5.2b	80
CS+BM+AA+SW	40.1b	84	5.4b	83
NS	47.8a	100	6.5a	100

CS : Concentrated slurry, BM: Bone meal, AA: Animal amino acid product SW: Sea weeds,

NS : chemical nutrient solution

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

Table 8. Fresh and dry weight of a hydroponically grown leaf lettuce by mixtures of concentrated slurry and environment-friendly agro-materials at 40 days transplanting

Treatments	Fresh Wt. (g/plant)	Index	Dry wt. (g/plant)	Index
CS	56.4e	47	7.0e	48
CS+BM	69.3d	57	8.5d	58
CS+BM+AA	93.9bc	77	12.1c	83
CS+BM+AA+SW	102.1b	84	12.1b	83
NS	121.3a	100	14.6a	100

CS : Concentrated slurry, BM: Bone meal, AA: Animal amino acid product SW: Sea weeds,

NS : chemical nutrient solution

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

한 상추의 1차, 2차 수확의 합계수량은 표 9와 같다. 농축액비 시용구에서의 상추의 수량은 양액대비 51%를 나타내었다. 최 등 (2007)은 잎들깨 시험에서 인산 결핍은 지상부 생육이 심하게 억제 되었다고 하였는데 본 상추 수경시험에서도 농축액비의 인산부족을 골분으로 보충하였을 때 수량증가는 있었으나 그 효과는 크지 않았다. Blair 등 (1970)은 양액내의 NH4-N이 적을 때 수량이 증대된다고 하였는데 농축액비 시용구의 경우 질소영양 상태에서 질소 부족과 암모니아 태질소가 질산태질소 보다 많은 것이 상추 수량저하의 원인이 된 것으로 사료된다. 또

한 농축액비는 질소 함량이 낮은 것에 의하여 잎줄기의 생육이 억제된 원인이 된 것으로 생각된다. 질소성분 함량이 높아진 동물성아미노산 혼합구에서는 농축액비 단독 시용구에 비하여 상추의 수량이 증가되어 대조구인 양액 대비 각각 78, 84%의 수량에 도달하였다. 본 연구 결과에서 수경재배에서 농축액비의 단독시용은 유기양액의 대체가 불가능하였고 농축액비에 골분, 아미노산 등 부산물 재료의 첨가구는 수량은 16% 저하되지만 화학양액을 대체 할 수 있을 것으로 보인다.

Table 9. Yield of a hydroponically grown leaf lettuce by different mixtures of concentrated slurry and environment-friendly agro-materials

Treatment	Total yield (g/plant)	Index
CS	85.8e	51
CS+BM	100.7d	60
CS+BM+AA	131.9c	78
CS+BM+AA+SW	142.2b	84
NS	169.1a	100

CS : Concentrated slurry, BM: Bone meal,
AA: Animal amino acid product SW: Seaweeds,
NS : chemical nutrient solution

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

적  요

본 연구는 시설재배에서 관비, 양액재배에 가축액비를 활용하기 위하여 한외여과막(UF) 분리 후 역삼투막(RO)에서 농축액비를 제조하였다. 농축액비의 양분불균형을 조정하기 위하여 친환경농자재를 첨가하여 액비를 제조하였다. 처리구는 농축액비와 친환경농자재를 혼합하여 시용하는 조합처리를 두었으며 농축액비 단독처리구(CS), 농축액비의 부족성분인 인산을 보충한 농축액비+골분 혼합처리구(CS+BM), 농축액비에 인산, 질소성분 보충을 위한 골분, 동물성아미노산 혼합처리구(CS+BM+AA), 농축액비에 인산, 질소, 무기물 성분 보충을 위한 골분, 동물성아미노산, 해초분말 혼합처리구(CS+BM+AA+SW)와 대조구로 원예연구소 상추 표준양액구(NS) 등 5개 처리구를 두었다. 상추 (*Lactuca sativa L.*)를 공시하여 수경재배에서 상추의 생육과 수량에 미치는 액비의 영향을 검토하였다.

1. UF/RO 공정을 통하여 SS(Suspended solid)의 수치가 20 이하로 양액 재배시 막힘

문제가 없는 액비의 생산이 가능하였다. UF/RO에서 생산된 농축액의 비료가치는 식물생육에 필요한 질소, 칼리, 황 등 다량의 다량원소와 다양한 미량원소를 함유하고 있어서 비료로서 가치가 있었으나 칼리함량이 상대적으로 높고 질소, 인산 함량이 낮아 농축액비(CS) 단독처리구는 양분의 불균형을 초래하여 생육이 불량하여 상추수량이 화학양액 대비 51%의 저조한 수량을 나타내었다.

2. 농축액비에 골분, 동물성아미노산, 해초분말을 혼합한 시용구는 대조구인 표준양액과 대비 84% 상추수량을 나타내었다. 따라서 농축액비에 골분, 동물성아미노산, 해초분말을 첨가한 혼합용액을 조제하면 화학양액에 비하여 수량감소가 16% 있었으나 유기물에서 유래한 액비로 상추 수경재배에 활용이 가능 할 것으로 판단된다.

인  용  문  헌

- 농림부. 2007. 가축분뇨 해양배출 감축 (안).
- 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구조사기준.
- 임상철, 이명규. 2003. 유기액비를 이용한 과채류 관비시스템 확립에 관한 연구. 유기성 액비의 조제 및 균질화 기술 개발. 농림부. p 65-82.
- 이규승. 1998. 전천후 고도 축산폐수처리 방법과 그 부산물의 고부가가치 액비 개발 및 산업화. 농림부.
- 정이근, 박백균. 2000. 가축분뇨(액비)의 제조와 이용. 축산분뇨처리시책 및 기술 교육. 농림부. 축협중앙회. pp 61-108.
- 최찬섭. 2003. 양돈폐수 처리를 위한 나노여과 회전판형 분리막 모듈의 특성 연구. 연세대학교 학위논문.
- 최종명, 박종윤. 2007. 인산시비농도가 일들깨의 생육, 결핍증상 및 무기원소 함량에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회.

- 16(4). 358:364.
8. 한국막학회, 막분리 기초, 자유아카데미 1998.
9. 홍순달, 김기인, 박효택, 김성수. 2001. 시설재배 토마토 잎의 엽록소 측정치와 토양 질소공급능력의 상호관계. 한국토양비료학회지. 34(2):85-91.
10. 황명구, 차기철, 이명규. 2000. 축분액비의 고액분리에 있어서 분리막의 투과특성. 한국축산시설환경학회지, 제 6권, 제3호, 175-184.
11. Blair, G. J., H. Miller, and W. A. Mitchell. 1970. Nitrate and ammonium as sources of nitrogen for corn and their influence on the uptake of other ions. Agron. J. 62:530-532.
12. Chen, Y. and Aviad, T. 1990. Effect of humic substances on plant growth. Soil and Crop Sciences p. 161-186.
13. Varanini, Z. and Pinton, R. 1995. Humic substances and plant nutrition. Prograss in Botany.