목편살수여상 침출액비와 어분, 골분, 게껍질 혼합액을 이용한 상추의 수경재배

류 종 원
상지대학교

Hydroponic Culture of Leaf Lettuce Using Mixtures of Fish Meal, Bone Meal, Crab Shell and the Pig Slurry Leachate of Woodchip Trickling Filter

Ryoo, Jong Won
College of Life Science and Natural Resources, Sangji University

Summary

The pig slurry leachate was dark brown-colored solution that leaches out of woodchip trickling filter. The purpose of this research was to investigate the effect of pig slurry leachate and byproduct on growth characteristics of leaf lettuce in hydroponics culture. The effects of addition of fish meal, bone meal and crab shell for the growth of leaf lettuce were investigated. Leaf lettuce were grown in each of six combination treatment solutions; slurry leachate, slurry leachate + fish meal, slurry leachate+bone meal, slurry leachate + crab shell and chemical hydroponic solution for lettuce based on EC content. The chemical nutrient solution was the solution of National Horticulture Research Station for the growth of lettuce. The all of nutrient solution was adjusted 1.5 mS/cm in EC in hydroponics culture.

1. The pH level of leachate of trickling filter was increased and EC decreased gradually during treatment. Pig slurry leachate was low in suspended solids (SS), phosphorus (P), but rich in potassium (K).
2. The plot of slurry leachate (SL) was lowest in the growth characteristics of lettuce. The leaf length and width of lettuce treated with mixture plot of slurry leachate and fish meal (SL + FM) was higher compared with plot in slurry leachate. The chlorophyll reading was reduced in plot treated with slurry leachate, but that in plot of SL+FM was similar compared with control plot.
3. The fresh weight of lettuce showed lowest in the plot treated with slurry leachate. The addition of fish meal increased the yield of comparing plot of slurry leachate, but plots of bone meal and crab shell addition were not significantly difference. The fresh weight of leaf lettuce in plot of SL+FM was 87% as 400.0g compared with control. In conclusion, the mixture solution of pig slurry leachate and fish meal could be used as a nutrition solution of organic lettuce hydroponics.

(**Key words :** Trickling filter, Pig slurry leachate, Wood chip, Leaf lettuce, Growth, Organic hydroponics)

---

* 본 연구는 2008년도 상지대학교 교내연구비 지원에 의해 이루어진 것임.
Corresponding author : Jong Won Ryoo, College of Life Science and Natural Resources, Sangji University, Wonju, 220-702, Korea. Tel. 033-730-0516, E-mail : jwryoo@sangji.ac.kr
2010년 7월 29일 투고, 2010년 10월 29일 심사완료, 2010년 10월 31일 게재확정

서 론

상추(Lactuca sativa L.)는 아시아 내륙지방이 원산지로 재배 역사가 매우 오래된 채소로서 동서양를 막론하고 샐러드용으로 많이 이용하고 있다. 우리나라에서 가장 많이 재배되는 것은 주로 쌈용으로 이용되는 잎 상추로 적·청축면 상추와 적·청치마 상추가 대부분인 반면 서양에서는 결구상추가 재배되고 있다. 최근들어 도시근교의 주산지에서는 산업시설 및 인구집중에 따른 산업폐수와 생활하수 등으로 인한 토양과 관개수의 오염이 날로 심화됨에 따라 소비자들의 안전식품에 대한 관심이 높아지고 있어 청정재배가 가능한 수경재배의 필요성이 커지고 있다. 유기액비를 활용한 수경재배를 시도한 결과 외관적 품질 및 식미가 높은 것으로 보고되고 있다(서범석, 1999).

유기물 액비를 활용한 수경(organic hydroponics) 재배의 가장 큰 해결과제는 수경용 유기양액의 개발이다. Jarecki 등(2005)은 퇴비단여과액비(compost leachate)에 의한 수경재배의 가능성를 평가하였으며, 유기물을 이용한 수경재배 양액의 원료로 지렁이부산물액비, 구아노, 어분 등이 활용되고 있다(Li, 2005).

국내에서는 친환경농업의 발전에 따라 액비에 대한 수요가 증가 되고 있으나 시설재배의 관비, 양액비료 대체용으로 활용 할 수 있는 액비의 개발이 요구되고 있다. 액비를 수경·관비재배용으로 활용하기 위해서는 관비시스템의 막힘이 생기지 않게 부유물질의 함량이 적게 70㎛ 정도로 여과되며 무기이온 함량의 감소가 적은 액비가 유리하다고 보고하였다(임 등, 2003). 퇴비단여과액비와 살수여상 침출액비는 부유물질(Suspended solid)이 적고 수용성 무기물질 함량이 높아 관비, 양액재배에 적합한 원료로 평가 받고 있다(류, 2009).

살수여상은 고농도 유기성 폐수에 있어서 요구되는 충분한 량의 용존산소를 유지 할 수 있으며, 유기물 부하량 변동에도 안정된 처리 수질을 유지하여 주는 장점이 있다(Harrison 등, 1987; Jank 등, 1973). 살수여상조의 여재인 목편은 뇨오수의 탄소와 질소의 결합에 의하여 미생물의 성장공간으로 활용된다. 목편 여재는 미생물의 서식장소, 오염물의 처리 장소, 뇨오수의 질소성분을 분해하기 위한 탄소원 공급, 뇨오수의 양분 흡착 및 뇨오수 양분의 여과 장소의 기능을 한다(류, 2004).

본 연구는 돈분뇨 뇨오수의 목편살수여상 처리에서 여과되어 나오는 침출액비와 어분, 골분, 게껍질 추출액의 혼합액이 양액재배에서 상추의 생육과 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 처리공정의 구성

본 연구는 스크레파 양돈 돈사에서 분은 퇴비화 처리하고 뇨오수를 정화처리하는 농장의 뇨오수를 시험재료로 하여 일일 1.5톤 처리 규모의 pilot 실험장치를 설치하여 가동하였다. 처리공정은 저장조, 진동스크린조, 목편살수여상조의 과정으로 처리되게 구성되어 있다. 살수여상 운전은 Basch식으로 연속하여 살수하는 방식으로 운전하였다. 송풍기는 60W를 사용하였으며 송풍량은 시간당 72 m^3이다. 분뇨의 살수는 101W 펌프를 사용하여 분당 40L를 살수하였다.

살수여상조는 직경 1,000 mm, 높이 1,500 mm의 탱크관으로 제작하였다. 목편 살수여상 Pilot system은 바닥에 다공성 상자를 1열로 설치하여 하부의 공기가 상부로 이동되게 설계하였다. 살수는 지상에 살수관을 만들고 6개의 살수노즐을 설치하여 균등 살수를 실

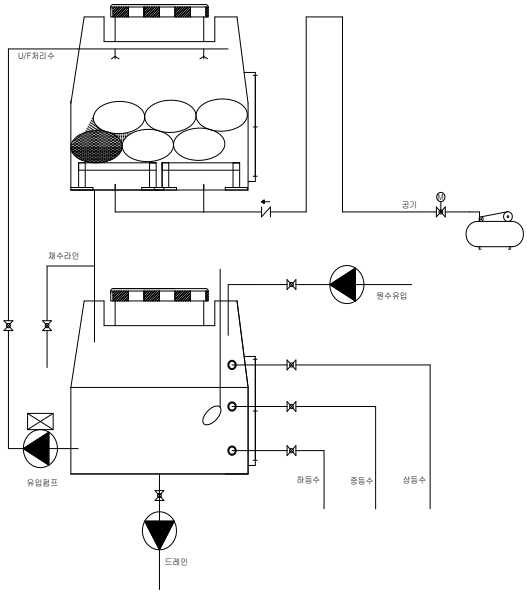

Fig. 1. Diagram of woodchip trickling system.

시하였다. 살수관은 분사노즐 방식으로 선택하여 직선으로 설치하여 살수되게 하였다. 또한 처리조 하부에 유출구를 만들어 처리수가 한곳으로 모이게 설계하였다. 여상벽에는 시료 채취를 위한 구멍을 30 cm 간격으로 3개 설치하였다.

2. 목편칩 여재

충진물질인 여재는 평균크기가 가로 7.5 cm, 세로 5.5 cm, 두께 0.95 cm인 평행사변형 형태이며, 표면적과 공극율이 각각 180m^2/m^3, 78%인 목편칩을 총 1.5m^3 사용하였다. 가도관을 횡단면에서 관찰하여 보면 Fig. 2의 전자현미경 (JEOL JSM6400, 20kV, Gold Coating) SEM 사진과 같이 목편칩 여재의 표면에 4각형, 5각형, 6각형, 다각형 및 원형 등의 소공극들을 많이 가지고 있으며, 그 모양이 일정하지 않을 뿐만 아니라 방사방향으로 규칙적인 배열을 이루고 있다. 또한, 소공극의 크기는 가로 150～650 ㎛, 세로 75～200 ㎛로서 다양한 크기의 소공극이 있다.

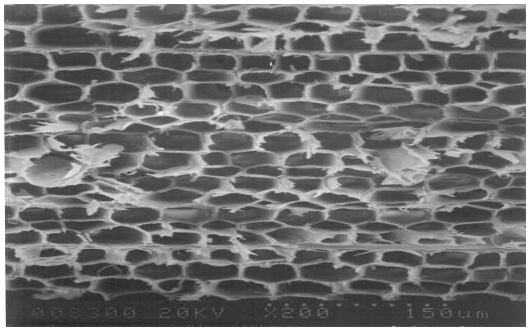

Fig. 2. SEM-photograph of woodchip surface.

3. 원수의 이화학적 성상

본 연구의 공시 액비는 경기도 여주군 대신면 농장의 돈분액비를 원수로 이용하였다. 스크레파 돈사에서 발생하는 뇨오수의 이화학적 특성을 보면 유기물 농도의 경우 BOD 21,800 mg/ℓ, CODmn의 경우에 29,500 mg/ℓ으로 총 유기물 중 생물학적으로 산화가능한 물질인 BOD_5 유발물질이 CODmn 유발물질보다 낮음을 알 수 있다. 질소농도의 경우 1,850 mg/ℓ이었다.

Table 1. Characteristics of raw pig slurry

Component	Content
BOD (mg/ℓ)	21,800
CODmn (mg/ℓ)	29,500
SS (mg/ℓ)	8,845
T-N (mg/ℓ)	1,850
T-P (mg/ℓ)	490

본 연구에 사용된 친환경농자재인 어분, 골분, 게껍질의 재료별 이화학적 성분 함량은 표 2와 같다. 어분은 T-N, P_2O_5, K_2O 함량이 각각 8.0, 2.2, 1.65%로 질소 함량이 가장 높았고 골분은 0.5, 8.5, 0.72%로 인산함량이 높았고, 게껍질은 질소, 인산 함량이 칼륨 보다 상대적으로 높았다.

Table 2. Chemical composition of byproduct used in this experiment

Items	Content (%)		
	T-N	P_2O_5	K_2O
Fish meal	8.0	2.2	1.65
Bone meal	0.5	8.5	0.72
Crab shell	3.7	3.0	0.63

4. 부산물 액비 추출 방법

원료 상태의 어분, 골분, 게껍질을 액비화하기 위하여 목초액 5리터에 친환경농자재(어분, 골분, 게껍질) 5 kg을 혼합하여 7일간 상온보관 후 주요 성분 함량을 분석하였다.

5. 시험 재료

상추 재배시험은 2009년에 강원도 횡성군 반곡리 농가 비닐하우스에서 수행하였다. 공시 상추의 품종은 적치마 상추를 사용하였다. 상추 파종은 5월 25일에 실시하였으며 정식은 큐브에서 암면배지에 2009년 7월 18일에 실시하였다. 시험은 2009년 6월 20일에서 2009년 8월 29일 까지 수행하였다.

양액재배 방식은 고형배지경 양액재배 방식으로 하였고 재배상은 800×70×15cm (길이×너비×깊이)이었으며 암면배지상의 바닥에 0.05 mm 두께의 PE필름을 깔았다. 양액재배 양액은 70L 용량의 양액통에 양수량 40L/min의 수중 펌프를 사용하여 주야간 매 1시간 마다 15분씩 급액 되도록 하였다. 정식은 20cm 간격으로 1주씩 심어 재식거리가 20×20cm가 되도록 하였다. 시험구는 임의배치 3반복으로 배치하였다. 대조구 양액은 원예연구소의 상추 양액재배 전용 배양액을 공급하였다. 1일 양액투입량은 주당 1~2 ℓ 으로 하였다. 배양액의 전기전도도 (EC)는 1.5 mS/cm으로 조절하였다.

6. 처리내용

본 시험의 처리내용은 표 3과 같다. 각 처리구는 살수여상 침출액비와 친환경농자재를 혼합하여 시용하는 조합처리를 두었다. 처리구는 침출액비 단독처리구와 침출액비와 어

Table 3. Treatments of experiment

Treatment	Content
T1 (SL)	Slurry leachate
T2 (SL+FM)	Slurry leachate + Fish meal
T3 (SL+BM)	Slurry leachate + Bone meal
T4 (SL+CS)	Slurry leachate + Crab shell
T5 (SL+FM+BM+CS)	Slurry leachate + Fish meal + Bone meal + Crab shell
T6 (control)	Nutrient solution for leaf luttuce

SL : Slurry leachate, FM : Fish meal, BM: Bone meal, CS: Crab shell,
NS : Nutrient solution for tomato of National Horticultural Research Institute

분, 골분, 게껍질 등 친환경농자재를 각각 50% 혼합하는 처리구를 두었고 대조구로 양액처리구 (NS)를 두었다.

7. 가축분뇨 액비 분석

각 항목의 분석방법은 폐기물 공정시험법에 따라 분석하였다. pH는 ORION model 420A을 사용한 이온전극법 (Ionic electronic method), EC (Electronic Conductivity: mS)는 TOA model CM-7B로 측정하였다. 또한, T-N (Total Nitrogen)은 spectrophotometric method, T-P (Total Phosphates)는 Ascorbic acid method로 분석하였다. 이온성 원소 (F^-: Fluoride ion, NO_2^-: Nitrite Nitrogen, NO_3^-: Nitrate Nitrogen, PO_4^-: Orthophosphates, NH_4^+: ammoniac Nitrogen, SO_4^{2-}: Sulfuric ion, Cl^-: Chloride ion)의 분석은 IC (Dionex model:DX-120)를 사용하였으며, Standard method 4110으로 분석하였다. 미량원소의 분석은 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. 단종다량원소 분석은 AA (Perkin Elmer model : 5100PC)를 사용하였으며, EPA Method 3050B의 전처리방법과 EPA Method 200.9의 분석방법을 적용하였다.

8. 조사내용

상추의 조사항목은 초장, 줄기직경, 지상부 생체중 및 건물중, 엽록소 함량 등을 조사하였다. 생육조사는 처리구당 20개체를 선정하여 조사하였다. 건물수량은 생체중를 측정한 후 건조기에 넣어 65℃에서 72시간 건조시켜 건물중를 측정하였다.

엽록소 측정치 (SPAD reading value)는 간이 엽록소측정장치 (Minolta Japan, SPAD-502)을 이용하였다. 측정엽은 가장 넓은 엽으로 하였으며 반복당 5주씩, 1주당 10회씩 측정하여 평균처리 하였다. 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.

결과 및 고찰

1. 목편살수여상 처리 침출수의 pH, EC 함량 변화

살수여상 중 pH는 살수여상 가동 시작전 6.9에서 처리 후 8.5로 높아졌다. 미생물이 증식 및 대사 반응에 대한 pH의 영향은 매우 크며 생산되는 산물의 종류와 양에도 중요한 영향을 끼친다. 유기산의 분해와 질소 산화물의 산화로 인해서 암모니아가 생성되어 pH를 상승시킨다는 보고 (Hong & Chung, 2005)와 일치하였다.

살수여상 처리과정 중 전기전도도 (EC)는 처리전 시점에 17.05 mS/cm에서 처리 후 30일에는 9.7 mS/cm로 낮아졌다. 살수여상 처리

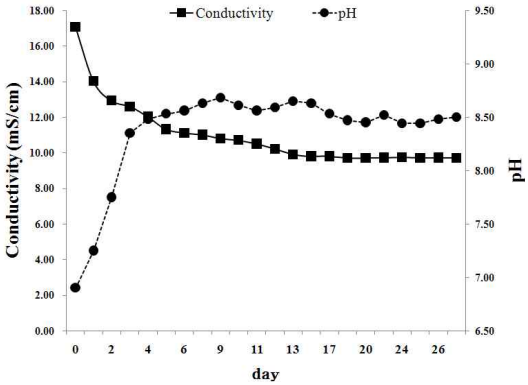

Fig. 3. Changes of pH and conductivity in woodchip trickling filter system.

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 저하 요인을 추정할 수 있다.

2. 살수여상 침출수의 이화학적 특징

살수여상 plant 정화조 침출액의 SS, BOD, 무기염류 농도는 표 4와 같다. BOD_5는 뇨오수 원수 21.800 mg/ℓ에서 목편살수여상을 거친 후 3,460 mg/ℓ를 나타내어 살수여상을 거치면서 수치가 낮아진 것을 알 수 있었다. 축산뇨오수의 유기물은 살수여상을 통과하는 과정에서 안전한 구조인 CO_2와 H_2O로 분해되어 처리되는 것으로 생각된다.

원수에서의 CODmn는 29,500mg/ℓ이었으며, 목편살수여상을 거친 뇨오수의 CODmn은 6,750mg/ℓ로 낮아졌으나 저하정도는 BOD보다 크지 않았다. 그 원인은 목편 여재가 유기물을 다량 함유함으로써 여과수에는 휴민질(huumic substance) 성분에 의하여 COD가 소량 유출한 것으로 보여진다(류, 2002).

총질소(T-N ; Total Nitrogen)는 유입수에서 1,850 mg/ℓ이었으며, 살수여상 처리 후 895 g/ℓ로 낮아졌다. 이러한 결과는 살수여상 처리과정에서 침출수의 NH_4 함량이 486 mg/ℓ 내외로 낮아진 것으로 보아 NH_3 휘발과 질산화 촉진이 활성화 된 것으로 보여진다. 오수 정화시 미생물의 서식장소 및 오수의 점적 이동 통로가 됨으로써 목편칩 여재는 목편칩에 부착하여 성장하는 미생물의 대사작용과 목편칩의 생흡착(biosorption)작용 등에 의해 유기물과 질소·인 등의 유기성 오염물질의 처리가 된 것으로 판단된다(김광식, 2002).

침출액비의 부유물질(suspended solids) 함량은 480 mg/ℓ로 낮아졌다. 침출액비의 질소, 인산, 칼륨 함량은 2,520, 895, 92 mg/ℓ로 칼륨 함량이 높고 상대적으로 인산 함량이 낮았는데, 이는 인산이 대부분 부유물질에 함유되어 있기 때문인 것으로 사료된다.

3. 친환경 농자재 침출액의 이화학적 특징

목초액 5L에 친환경농자재인 어분, 골분 게껍질을 5 kg 혼합하여 7일 후 이화학적 성분을 조사한 결과는 표 5와 같다. 어분추출액은 T-N, P_2O_5, K_2O 함량이 각각 2,600, 2,650, 2,100 mg/ℓ로 균형된 성분비율을 나타내었다. 골분은 인산 함량이 3,320 mg/ℓ로 가장 높았고 게껍질은 질소 함량이 상대적으로 낮고 인산, 산화마그네슘 함량이 높았다.

Table 4. Nutrient composition of pig slurry leachate

Treatments	Raw pig slurry	Pig slurry leachate
BOD_5 (mg/ℓ)	21.800	3,480
CODmn (mg/ℓ)	29,500	6,750
SS (mg/ℓ)	8,845	480
T-N (mg/ℓ)	1,850	895
NH_4^+-N (mg/ℓ	1,299	486
NO_3^--N (mg/ℓ)	88	243
T-P (mg/ℓ)	490	92
T-K (mg/)	4,189	2,520

Table 5. Chemical properties of mixture of fish meal, bone meal and crab shell

(Unit: mg/ℓ)

Items	T-N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Fish meal	2,600	2,450	2,100	1,125	342
Bone meal	1,520	3,320	1,020	1,780	520
Crab shell	820	1,720	1,120	3,130	425

4. 정식 후 30일의 생육특성

유기액비에 의한 양액재배의 가능성을 구명하기 위하여 원예연구소의 상추 양액을 대조구로 하고 살수여상 침출액비에 부산물을 혼합한 처리구를 두어 재배한 상추의 정식 후 30일의 생육특성은 표 6과 같다. 상추의 엽장, 엽폭은 살수여상 침출액비 단독시용구에서 가장 작았고 양액처리구에서 가장 컸다. 또한 엽장, 엽폭은 살수여상 침출액비에 어분을 첨가한 구가 골분, 게껍질 첨가구 보다 높았다.

엽수, 줄기직경, 절간장은 엽장, 엽폭과 같은 경향으로 침출액비 + 어분 (SL+FM) 처리구에서 침출액비 처리구 보다 양호한 생육을 나타내었다. 침출액비 + 골분 (SL + BM) 처리구는 침출액비 단독처리구와 비슷한 생육측정치를 나타내었다. 침출액비 단독처리구는 질소와 인산이 부족한 양분 불균형으로 인하여 최대의 생육을 나타내지 못한 것으로 사료된다. 액비와 어분 혼합처리구는 질소, 인산 양분의 균형이 개선되어 어분 첨가 효과가 나타나 침출액비 단독처리구 보다 생육이 좋아진 것으로 해석된다.

엽록소측정치는 식물체 질소 영양상태를 나타내는 간접지표이다 (최와 박, 2007; Shaoboing, 1995). 엽록소 측정치는 침출액비 단독시용구에서 14.1로 대조구의 17.4에 비하여 현저히 낮았다. 침출액비 단독시용구의 엽록소 측정치가 낮은 것은 침출액비의 질소, 인산 영양상태가 불량하기 때문인 것으로 보인다. 침출액비+어분혼합시용구의 엽록소측정치는 대조구인 양액처리구와 대등한 수치를 보여 양호한 질소 영양상태를 나타내었다 (Westcott

Table. 6. Growth of lettuce by different nutrient mixtures after 30 days ransplanting

Treatments	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (ea)	Stem diameter (mm)	Stem length (cm)	Chlorophyll reading
SL	14.9c	17.3c	14.0c	23.1c	5.8c	14.1c
SL+FM	16.5b	18.9b	16.5b	24.2b	6.3b	17.0a
SL+BM	15.2c	17.1c	14.9c	23.3c	5.8c	14.8b
SL+CS	15.5c	17.3c	15.8bc	23.4c	5.5c	15.2b
SL+FM+BM+CS	15.9c	18.2bc	16.7b	24.1b	6.1b	15.8b
NS	17.3a	20.8a	17.9a	25.3a	9.1a	17.4a

SL : Slurry leachate, FM : Fish meal, BM: Bone meal, CS: Crab shell, NS : Nutrient solution
* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

Table 7. Fresh and dry weight of leaf lettuce by different nutrient mixtures in 30 days

Treatments	Fresh Wt. (g/plant)	Index	Dry Wt. (g/plant)	Index
SL	137.2d	77	6.72c	78
SL+FM	155.3b	87	7.58b	88
SL+BM	140.8c	79	6.72c	78
SL+CS	143.2c	80	6.80c	79
SL+FM+BM+CS	147.1c	83	7.06c	82
NS	178.5a	100	8.61a	100

SL : Slurry leachate, FM: Fish meal, BM: Bone meal, CS : Crab shell, NS : Nutrient solution
* abcd : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

and Wraith, 1995). 홍 등(2001)은 토마토 잎의 엽록소측정치는 단위면적당 질소흡수량과 유의성 있는 정의 상관관계를 보여 식물체의 질소영양진단의 지표로 활용이 가능하다고 하였다.

상추의 식물체당 생체중은 침출액비 처리구에서 137.2g으로 대조구인 양액처리구 대비 77%를 나타내었다. 침출액비+어분(SL+FM), 침출액비+골분(SL+BM) 혼합구의 생체중은 각각 155.3, 140.8 g로 대조구 대비 각각 87, 79%로 골분은 첨가 효과가 크게 나타났지 않았으나 어분 첨가구는 침출액비 단독시용구 보다 10%의 생체중 증가를 나타내었다.

5. 정식 후 45일의 생육특성

상추의 정식 후 45일의 생육특성은 표 8과 같다. 정식 후 45일의 상추 생육 특성은 정식 후 30일과 유사한 경향를 나타내었으며 전반적으로 1차 수확시 보다 엽장, 엽폭, 엽수가 적어졌다. 상추의 엽장, 엽폭은 양액처리구에서 가장 컷으며 어분혼합 처리구에서 침출액비 단독처리구 보다 유의성 있게 높아졌다. 엽수, 경장은 엽장과 같은 경향이었다.

양액재배에서는 양액내 NO_3-N과 NH_4-N 비율과 인산, 무기성분의 균형이 중요하다고 보고하였다(박과 이, 1993; 이와 이, 1991). 정식 45일 후 SPAD502를 이용한 엽록소측정치는 침출액비 단독시용구에서 18.9로 대조구의 22,6에 비하여 낮았다. 침출액비+어분 혼합시용구의 엽록소측정치는 대조구인 양액처리구와 대등한 수치를 보여 양호한 질소영양상태를 나타내었다. 침출액비에 골분과 게껍질 혼합시용구의 엽록소측정치는 19.5~20.9 대조구인 양액처리구 보다 낮았다. 침출액비 단독처리구는 질소가 부족한 양분 불균형으로 인하여 정상적인 생육을 나타내지 못한 것으로 생각된다(표 5).

정식 후 45일 상추의 식물체당 생체중은 침출액비 처리구에서 86.5g으로 대조구인 양액처리구 보다 유의성 있게 낮았다. 상추 생체중은 침출액비+어분 혼합시용구에서 99.2 g로 대조구 대비 86% 생산성을 나타내다. 침출액비와 어분, 게껍질 혼합처리구의 상추 생체중은 어분첨가구에 미치지 못하였으나 침출액비 단독시용구 보다는 다소 높았다.

6. 정식 후 60일의 생육특성

상추의 정식 후 60일의 생육특성은 표 10

Table 8. Growth of lettuce by different nutrient mixtures after 45 days transplanting

Treatments	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (ea)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll reading
SL	14.1d	18.3c	13.6c	14.3c	18.9c
SL+FM	15.6b	20.1b	14.9a	16.4b	23.1a
SL+BM	14.3d	18.6bc	13.6c	14.7c	19.5bc
SL+CS	14.7c	19.1b	14.1b	16.1b	20.2b
SL+FM+BM+CS	14.7c	20.7b	14.6ab	16.3b	20.9a
NS	16.5a	22.4a	15.0a	20.3a	22.6a

SL : Slurry leachate, FM : Fish meal, BM: Bone meal, CS: Crab shell, NS : Nutrient solution
* abcd : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

Table 9. Fresh and dry weight of leaf lettuce by different nutrient mixtures in 45 days

Treatments	Fresh Wt. (g/plant)	Index	Dry Wt. (g/plant)	Index
SL	86.5d	75	3.32d	76
SL+FM	99.2b	86	3.85b	88
SL+BM	93.3c	81	3.41c	78
SL+CS	92.2c	80	3.54c	81
SL+FM+BM+CS	95.7c	83	3.58c	82
NS	115.3a	100	4.37a	100

SL : Slurry leachate, FM : Fish meal, BM: Bone meal, CS: Crab shell, NS : Nutrient solution
* abcd : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

과 같다. 상추의 엽장과 엽폭은 정식 후 30일, 45일에서의 처리별 경향과 유사한 결과를 나타내었다. 상추의 엽수는 어분 첨가처리구에서 69.5개로 대조구인 양액처리구 보다 적었다. 침출액비시용구의 엽수는 53.2개로 대조구 대비 70%에 불과하였다. 경장은 엽장과 같은 경향이었다.

정식 60일 후 상추의 엽과 줄기의 생체 및 건물중은 표 11와 같다. 상추의 엽생체중은 침출액비 단독처리구에서는 양액처리구에 비하여 현저히 적었으나 침출액비+어분처리구에서는 침출액비 단독처리구 보다 생체중이 높았다. Blair 등(1970)은 양액내의 질소의 균형에서 NH_4-N이 적을 때 수량이 증대된다고 하였다. 또한 무 시험에 있어서 NH_4-N이 10% 이상 일 때 생육이 저하된다고 하였는데 본 연구결과에서는 어분 첨가에 의한 질소 양분 개선 효과로 추정된다.

7. 상추 총수량

상추의 1차, 2차, 3차 수확량을 합산한 생체중은 침출액비 단독처리구는 대조구 대비 75%의 수량을 나타내다. 침출액비+어분, 침

Table 10. Growth characteristics by different nutrient mixtures of lettue in 60 days

Treatments	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (ea)	Stem diameter (mm)
SL	10.2d	14.8c	53.2d	63.2c
SL+FM	12.1b	15.8b	69.5b	75.2b
SL+BM	10.9c	15.1b	62.9cd	65.9bc
SL+CS	11.9bc	15.7b	62.7c	70.2b
SL+FM+BM+CS	11.7bc	15.9b	64.4bc	67.4bc
NS	13.5a	16.9a	76.5a	85.4a

SL : Slurry leachate, FM : Fish meal, BM: Bone meal, CS: Crab shell, NS : Nutrient solution
* abcd : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

Table 11. Fresh and dry weight of leaf lettuce by different nutrient mixtures in 60 days

Treatments	Leaf fresh Wt. (g/plant)	Leaf dry Wt. (g/plant)	Stem fresh Wt. (g/plant)	Stem dry Wt. (g/plant)
SL	126.3d	10.2c	124.3c	9.7c
SL+FM	141.2b	11.9b	160.2b	11.4b
SL+BM	132.9c	10.9bc	148.2bc	10.7bc
SL+CS	135.5c	11.3b	154.3b	10.9b
SL+FM+BM+CS	135.8c	11.5b	152.0b	10.6b
NS	172.2a	13.6a	180.8a	13.7a

SL : Slurry leachate, FM : Fish meal, BM: Bone meal, CS: Crab shell, NS : Nutrient solution
* abcd : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

Table 12. Total fresh weightand leaf number of leaf lettuce by different nutrient mixtures

Treatments	Total fresh weight (g/plant)	Total leaf number (g/plant)
SL	350.5d(75*)	80.8d
SL+FM	395.7b(85)	100.9b
SL+BM	367.0c(79)	91.4c
SL+CS	370.9c(80)	92.9c
SL+FM+BM+CS	379.6c(81)	95.7c
NS	466.0a(100)	109.4a

SL : Slurry leachate, FM : Fish meal, BM: Bone meal, CS: Crab shell, NS : Nutrient solution *: Index
* abcd : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

출액비+골분, 침출액비+게껍질 첨가시용구의 상추 수량은 대조구 대비 각각 87, 79, 80%를 나타내어 어분첨가 효과가 골분, 게껍질 보다 높았다.

상추의 1차, 2차, 3차 수확시 엽수를 합산한 결과 침출액비 단독처리구에서 80.8매로 가장 적었다. SL+FM 처리구의 엽수는 100.9매로 침출액비 단독처리구 보다 높았다.

적 요

본 연구는 목편살수여상 pilot 장치를 설치하여 스크레파 축사에서 배출되는 뇨오수를 원수로 사용하여 가동한 후 침출액비를 공시재료로 하여 상추 양액재배 시험을 실시하였다. 처리구는 침출액비 (SL) 단독처리구, 침출액비+어분 (SL+FM), 침출액비+골분 (SL+BM), 침출액비+게껍질 (SL+CS) 혼합처리구, 침출액비+부산물 (SL+FM+BM+CS) 혼합처리구, 대조구로 원예연 상추양액 (NS) 처리구 등 6개 처리구를 두었다. 침출액비와 부산물 혼합처리 후 전기전도도와 pH를 조정하여 상추의 양액재배를 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 목편살수여상 처리 과정중 pH는 처리 시작전 7.3에서 처리 후 8.5로 상승하였다. 전기전도도 (EC)는 처리전 17.05 mS/cm에서 처리 후 30일에는 9.7 mS/cm로 낮아졌다.

2. 침출액비는 부유물질 (SS)이 낮아 수경재배시 관배수의 막힘문제 없이 활용이 가능하였다. 침출액비는 양분조성에서 칼륨함량이 높고 인산 함량이 낮았다.

3. 침출액비시용구 (SL)의 상추수량은 원예연 표준양액재배 대비 75%를 나타내어 25% 수량저하를 나타내었다. 침출액비을 어분, 골분, 게껍질을 혼합한 처리구는 대조구 대비 85%, 79%, 80% 수량을 나타내어 어분의 첨가 효과가 가장 높았다. 침출액비와 어분 혼합액은 침출액비 단독처리구 보다 10% 증수를 나타내어 유기양액의 대체 원료로 사용이 가능 할 것으로 보인다.

인 용 문 헌

1. 김광식. 2002. 목편칩 살수여상시스템을 이용한 농촌 생활오수 처리. 상지대 대학원, 박사논문. pp.145.
2. 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구조사기준.
3. 류종원. 2004. 살수여상 활성오니 연계방법에 의한 축산뇨오수 처리 축산시설환경학회지. 10(2):81-86.
4. 류종원. 2009. 퇴비단 여과액비와 막분리 농축액비를 이용한 고형배지경 양액재배가 고추의 생육과 수량에 미치는 영향. 축산시설환경학회. 15(2):161-170.
5. 박권우, 신영주. 1993. 양액내 NO_3-N과 NH_4-N 비율이 탑채 (茶 Brassica chinensis L. var. rosularis)의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 34(5):320-329.
6. 서범석. 1999. 시설과채류의 연작장해 회피와 고품질 안정생산을 위한 토양양액재배시스템 및 재배기술체계 확립. 한국온실작물연구소.
7. 이응호, 이병일. 1991. 미나리의 수경재배체계 개발에 관한 기초연구 I. 양액조건이 무기양분 흡수와 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지. 32(1):29-42.
8. 임상철, 이명규. 2003. 유기액비를 이용한 과채류 관비시스템 확립에 관한 연구. 유기성 액비의 조제 및 균질화 기술 개발. 농림부. p 65-72.
9. 최종명, 박종윤. 2007. 인산시비농도가 잎들깨의 생육, 결핍증상 및 무기원소 함량에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회. 16(4):358-364.
10. 홍순달, 김기인, 박효택, 김성수. 2001. 시설재배 토마토 잎의 엽록소 측정치와 토양 질소공급능력의 상호관계. 한국토양비

료학회지. 34(2):85-91.

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. Jarecki, M. K., C. Chong, and R. P. Voropney. 2005. Evaluation of compost leachates for plant growth in hydroponic culture. Journal of Plant Nutrition. 28: 651-667.
13. 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.
14. Harrison, J. R., et al. 1987, A Comparison of trickling filter media. JWPCF. VOL. 59, p. 679.
15. Jank, B. E. and Drynam, W. R. 1973. Substrate removal mechanism of trickling filters. Journal of the Environmental Division. ASCE. EE3. 187.
16. Shaobing Peng, Ma. Rebecca C. Laza, Felipa V. Garcia, and Kenneth G. Cassman. 1995. Chlorophyll meter estimates leaf area-based nitrogen concentration of rice. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 26 (7 & 8): 927-935.
17. Li, Thomas S. C. 2005. Hydroponic and Organically Grown American Ginseng. Journal of ginseng research. 29(4):182-184.
18. Westcott, M. P. and J. M. Wraith. 1995. Correration of leaf chlorophyll reading and stem nitrate concentration in peppermint. Commun. Soil Sci.. Plant Anal. 26(9 & 10):1481-1490.