

양어사육수를 이용한 사경재배¹⁾

김기덕* · 이병일** · 강용구** · 문보흠** · 홍상근*** · 홍석우*** · 배용수***

원에연구소* · 서울대 농생대 원예학과** · 경기도내수면개발시험장***

Sand Culture Using Recirculated Aquaculture Water

Kim Ki-Deog* · Lee Byoung-Yil** · Kang Yong-Koo** · Mun Bo-Heum** ·

Hong Sang-Keun*** · Hong Seok-Woo*** · Bae Yong-Soo***

National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea*

Dept. of Horticulture, Coll. of Agri. and Life Sci., SNU, Suwon, 441-744, Korea**

Kyonggido Inland Fisheries Development Experiment Station Yangpyoung 476-800, Korea***

ABSTRACT

In order to investigate the growth of water dropwort grown by sandculture irrigated with recirculated tilapia aquaculture water, these experiments were carried out.

Fish(tilapia) production and biofiltration provided by sand cultured water dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC.) were linked in a closed system of recirculating water. Water dropwort was irrigated with water drawn from the tilapia tank and drainage from sand beds was returned to the fish tank.

The temperature, pH and EC of tilapia culture water were stable.

The growth of water dropwort grown by sandculture with aquaculture water was normal. Microbial activity of the biofilterbed irrigated by tilapia rearing water was higher than that of biofilterbed irrigated by tapwater.

The feasibility of an integrated, recirculatory system for concurrent production of water dropwort and fish with no additional fertilization application was demonstrated.

Key words : sandculture, water dropwort, aquaculture, tilapia

1) 이 논문은 농림부에서 시행한 농림수산기술개발사업비에 의한 연구결과의 일부임.

I. 서 언

식생활패턴의 변화와 국민보건적 요구도가 증가함에 따라 수산물 및 청정채소를 생산하기 위한 내수면양어시설과 수경재배시설이 증가하고 있는 추세이다. 그러나 최근에 생산활동에 따른 환경오염문제가 대두되고 있으며 또한 난방해야하는 생산시설에서는 난방연료비급등에 의한 생산비상승으로 고심하고 있는 실정이다.

그런데 양어시설이나 수경재배시설 공히 막대한 시설비가 투자되며 겨울철에는 난방을 해야 하는데, 이러한 시설에서 양어시설은 지상 1m 내외를 활용하는데 반해, 수경재배는 지상위 1m부위를 활용하고 있다. 그리고 난방비와 용수를 절약하는 고밀도 순환여과양어방식에서는 고품물과 무기성분을 제거하는 여과시설이 필요하고, 수경재배에서는 무기양분의 공급이 필요하므로 이 두 가지의 시설을 한시설내 함께 도입하므로써 공간이용의 극대화, 난방비 절약 및 시설내 환경의 조화를 통하여 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

양어시설에서는 온도가 높고 무기양분이 풍부한 다량의 물이 외부로 방출되는데, 이는 열에너지 및 비료분손실 뿐 아니라 더 나아가서는 환경오염을 가중시킨다. 이러한 자원은 채소나 수생식물을 재배하여 유용하게 활용할 수 있는데, 사육수를 이용한 토마토 등의 재배를 통하여 그 가능성을 확인⁵⁾하였으며, 이 등³⁾은 양어와 채소수경의 복합영농 가능성을 입증한 바 있다.

이에 본 시험은 양어수경 복합영농에서 무기양분을 함유하고 있는 양어사육수를 이용한 미나리 재배효과를 구명하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 사육수의 미나리재배효과

길이 20m 및 폭 50cm의 수경베드를 만들고 미나리를 배지경(모래, 펄라이트) 및 NFT로 재배하면서 용수 및 배지별로 생육을 비교하였다. 1개월간 육묘한 미나리를 10cm×10cm 간격으로 1구당 3~5주를 정식하고 사육수와 미나리전용양액(N6me/L, P3, K4, Ca2, Mg1)을 펌프를 이용하여 20분 간격으로 10분씩 공급하였으며, 실험 종료시 초장, 엽수, 주중, 근장, 엽록소함량 등을 조사하였고, 식물체 및 물의 무기성분분석을 실시하였다.

사육수로는 길이 19m, 폭 2m 및 물높이 60cm의 사육조와 이와 비슷한 크기의 여과조를 갖춘 수로형사육시설에서 약 200g의 텔라피아를 650kg 방양하고 사육하여 온 물을 사용하였다.

2. 사경재배에 의한 작물생육 및 배지내 미생물활성

사경베드의 깊이별 유기물 분해에 의한 무기양분 공급정도를 간접적으로 파악하기 위해서 배

드에 모래를 5cm와 10cm채우고 양어사육수 및 수돗물을 급액하면서 미나리를 재배한 후 미나리 생육 및 총미생물활성⁷⁾을 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 사육수의 온도, pH, EC 변화 및 사육수 사경재배 미나리의 생육

사육수의 EC 및 pH 변화는 <그림 1>과 같다.

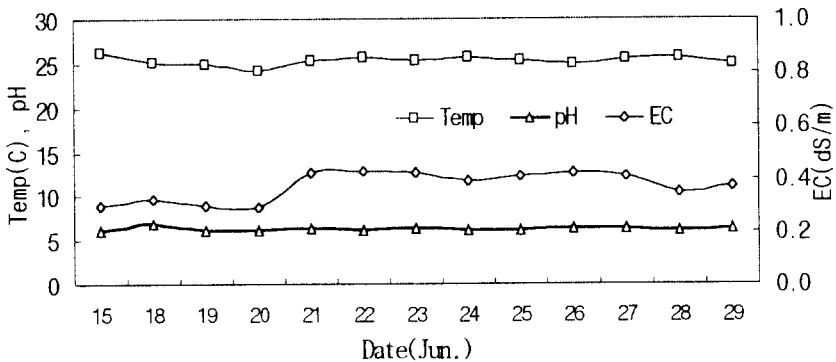


Fig. 1. The changes of pH and EC of recirculation water in the dual culture system of tilapia and water dropwort.

사육수의 전기전도도는 0.3~0.4dS/m 수준에서 큰 변동이 없었으며, 미나리전용 양액의 EC 1.0~1.6dS/m의 1/3 수준이었다. pH의 변화는 7부위에서 안정화되어 있고 EC는 사육수의 외부배출 및 증발산량의 원수보충으로 약간 변하기는 하지만 그 정도가 0.1dS/m 정도였다. 사육수 온도는 26°C 내외로 안정적으로 유지되었다.

일반적 재배면적 및 필요 양액량에 비해 사육조의 사육수 용량이 상대적으로 대용량이기 때문에 pH 및 EC가 쉽게 변화하지 않으며 성분의 변화폭이 낮고 안정화되어 있다.

한편 양어사육수를 작물의 수경재배에 이용하는 것은 상당한 잠재력을 가지고 있는 바, 이를 이용한 미나리재배 결과는 <표 1>과 같다.

육수를 이용한 NFT에서는 잎이 황화되어 질소결핍 증상을 보였으나 식물체의 초장은 양액 NFT에서 가장 컸고, 양액 사경과 사육수 사경은 대등하였으며 사육수 NFT에서 가장 작았다. 엽수에서는 처리간에 큰 차이가 나지 않았으며 지상중에서는 양액NFT에서 가장 무거웠고 양액 사경이나 사육수 사경에서는 대차 없었다. 사육수를 이용한 미나리재배에서 나타난 질소 결핍이 나타나 엽록소의 함량을 측정된 결과 엽색이 황색을 뚜렷하게 보이는 사육수 수경에서 매우 낮았으며 다른 처리에서는 처리간에 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 1. The growth and chlorophyll content of water dropwort grown in the hydroponics using recirculated tilapia rearing water 30 days after planting (planting date : 25 April, 1996).

Treatment ^z	Plant height(cm)			No. of leaves(ea)			Top wt.(g/plant)			Block wt. (g)	Chl. (mg/g FW)
	Inlet	Mid	Outlet	Inlet	Mid	Outlet	Inlet	Mid	Outlet		
WS(NFT)	42.9	44.4	42.1	5.6	6.6	5.8	11.7	9.9	8.9	39.5	2.1
WS(sand)	39.2	39.8	37.3	5.1	4.9	5.4	6.11	5.0	5.7	32.0	2.3
RW(NFT)	33.5	34.5	35.5	5.1	6.0	5.2	4.66	4.8	5.6	24.7	1.0
RW(sand)	37.1	39.6	37.1	4.2	5.5	5.2	5.34	8.9	6.2	20.8	2.06
LSD _{.05}	3.4	3.3	3.3	0.85	0.6	0.46	2.87	3.2	2.8	8.47	0.52

^zWS=Nutrient solution for water dropwort; RW=Tilapia rearing water

물에 녹아 있거나 사육수에 현탁되어 있는 유기물은 양어 사육수내에 빠르게 축적되고 효과적인 사육을 위해서는 이를 제거해야만 한다. 특히 질산과 인산은 여과식 사육시스템에 축적되게 된다. Biofilter는 담수와 배수를 반복함으로써 여과배지내에서 고른 영양수를 제공하고 탈수에 의해 배지의 통기성을 개선하여 질산화성균과 식물뿌리의 호흡을 좋게하지만 작물에 사육수를 공급하기 전에 침전시켜 고형물을 제거하면 정상적인 식물생육에 양분이 불충분할 수 있으므로 토마토의 경우에는 보조적으로 양액공급이 필요하다.⁴⁾

사육수의 무기양분은 원수의 무기성분과 사료로부터 공급된 무기성분 그리고 사경배지내에 함유된 무기성분이 그 전부이다. 사료의 무기성분 함량은 <표 2>와 같으며, 지하수나 배지에 의한 무기성분 공급량은 적기 때문에 결국 식물이 필요로 하는 대부분의 무기양분은 급이된 사료로부터 공급된다고 볼 수 있다. 사육수의 EC가 낮은 것으로 보아 급이된 사료가 분해되어 용존되는 무기성분은 얼마되지 않음을 짐작할 수 있다. 그런데 순수수경의 경우에는 양분이 부족하여 생육장애가 나타나지만 배지경 재배를 할 경우 작물이 정상적으로 자라는 것을 보면, 무기성분은 절대적으로 부족하나, 배지내에서의 유기성분이 단당류나 아미노산으로 분해되는 단계에서 미나리가 직접 흡수함으로써 정상적인 생장을 보이는 것으로 추찰된다.

Table 2. Inorganic contents of feed used for raising tilapia.

(unit : %)				
P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N
2.48	2.09	1.44	0.46	5.98

이는 Ghoshl)의 토마토 시험에서, 뿌리로부터 흡수한 유기아미노산을 질소대사에 이용하고, 무기질소원만큼 alanine, glutamic acid, histidine, leucine 등을 흡수 이용한다는 결과로부터 유추할 수 있다.

한편 모래와 펄라이트 배지를 사용하여 모래배지내에 다소 포함되어 있는 양분의 영향을 평가하고 배지 특성을 고려한 사육수 이용법을 개발하고자 양액NFT를 대조구로 하여 배지별로

실시한 미나리의 생육은 <표 3>에 나타내었다.

Table 3. The growth of water dropwort grown by sand culture using recirculated tilapia rearing water 30 days after planting(planting date : Sept. 21, 1996.).

Treatment ^z	Plant height (cm)	No. of Leaves (ea)	Plant wt. (g)	Top wt. (g/pl.)	Block wt. (g)	Root length (cm)	Chl. (mg/gFW)
WS(NFT)	37.8ab ^x	4	13.6bcd	9.0bcd	24.2bc	29.9a	1.78b
WS(sand)	35.1b	4	11.5cd	7.7cd	25.4abc	14.4d	0.76d
RW(NFT)	26.7c	4	6.4d	4.5d	16.6c	15.6cd	0.8d
RW(sand)	40.7a	4	20.6abc	13.7bc	35.0a	21.0b	2.12a
RW(perlite)	36.2b	4	28.0a	21.7a	33.6ab	14.5d	1.36c
RW(NFT) Inlet	35.5b	4	21.8abc	16.1ab	34.1ab	13.8d	1.76b
RW(perlite) Inlet	34.1c	4	23.6ab	16.6ab	30.0ab	18.2c	0.41

^zWS : Nutrient solution for water dropwort

RW : Tilapia rearing water

^xDuncan's multiple range test, $p=0.05$

사육수NFT와 사육수 펄라이트재배 양쪽 모두 사육수가 공급되는 쪽 일부를 제외하고는 미나리에서 황화현상을 보였지만, 사육수 NFT에서와는 달리 사육수 펄라이트재배에서는 초장, 생체중 및 포복경 발생은 정상적이었다. 이와 같은 결과는 사육수만 공급할 경우 식물이 용존되어 있는 무기양분만 이용한다면 충분한 생육을 할 수 없지만 배지를 사용할 경우 사육수에 함유된 사료 및 배설물에 의한 부유물이 배지내에 침적되고 미생물의 분해작용에 따라 유기물이 무기화되면서 어느 정도의 질소결핍을 보완할 수 있었을 것으로 판단된다. 사육수 펄라이트재배에서 모래보다 생육이 불량한 것은 모래보다 펄라이트 자체에 무기성분이 적기 때문이 아니라 아직 사육수부유물의 침적이 적고 미생물활착이 적었기 때문인 것으로 판단된다.

사육수NFT에서도 식물의 뿌리가 발달함에 따라 부유물이 뿌리에 부착되어 있는 배드급수부의 식물체도 약간의 황화현상을 보이기는 하나 크기는 정상인 것으로 보아 사육수의 무기성분 용존량으로는 작물이 성장하는데 충분하지 못하지만 부유물이 뿌리에 부착되어 그것을 이용함으로써 배지효과가 나타난 것으로 생각된다.

한편 양어수경에서는 작물재배측면만 고려해서는 안된다. 양어와 수경재배에 모두 잘 어울리는 배지를 선택하는 것이 좋은데, 이와 같은 이유에서 모래는 한번 설치하면 그 이후에는 큰 불편이 없기 때문에 권장할 만한 배지라고 생각된다. 양어수경에서는 모래 단독 배지의 단점은 어느 정도 극복된다. 유기물이 부족한 모래 배지는 사육수로부터 공급되어 보습성 및 수리도가 증가하고 주기적 물 공급에 의해 산소도 충분히 공급될 수 있기 때문이다. 한편 배지의 입자의 크기, 직경, 밀도, 공극 및 입자모양이 여과효율에 영향을 미친다. 모래는 순환 여과시스템에서 효율적이고 값싼 biofilter로 좋은 것으로 나타났다.⁸⁾

2. 사육수이용 미나리 사경재배에 의한 무기성분여과효과

공급사육수와 배출사육수를 채취하여 주요 화학성 및 무기성분을 분석하여 본 결과는 <표 4>이다.

Table 4. Filtering effects of biofilter by water dropwort sand culture bed 30 days after planting.

Treatment		pH		P(ppm)		K(ppm)		NO ³ -N(ppm)	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
Nutrient solution	NFT	7.0	6.8	21	20.5	24.4	19.2	23.6	22.1
	Sand	7.0	7.1	21	20.8	24.4	24.3	23.6	23.5
Tilapia rearing water	NFT	7.1	6.9	7.8	7.5	22.8	20.7	12.7	11.4
	Sand	7.1	6.9	7.8	7.3	22.8	17.2	12.7	10.5

사육수를 이용한 재배에서 pH가 약간 낮아졌고 인이나 칼륨, 질산태질소 등 주요성분에서 입구쪽보다는 출구쪽에서 그 함량이 약간 낮았는데, 사육수 NFT 보다는 사육수 사경재배에서 그 차이는 미미하지만 더 낮았다. 이는 공급수가 계속 흘러가고 베드내 체류시간이 적기 때문인 것으로 생각된다. 오 등⁶⁾은 썬라이트골판을 재료로한 침지식 여과조의 탈질조건구명시험에서 탈질화에 필수적인 혐기적조건은 수리학적체류시간 8시간과 C/N율이 5이상일 때 최적의 탈질율을 보였다고 보고하고 있다. 사육수가 베드에 유입된 후 일정한 체류시간이 확보되어야 그 기간동안 작물이 흡수하고 부유물질의 침적이 잘 되리라 생각된다. 또한 사육수 공급 시 일정량 급액하고 펌프를 정지하여 아래로 배액하는 방식을 택하면 배지내로의 산소공급이 원활하여 여과효율은 더 크리라 생각된다. 사육수 공급방식에 따라, 미나리 재배시기 및 베드 크기에 따라 달라질 것이므로 틸라피아 사육량, 사육수량, 사료급이량, 틸라피아 생육단계 및 biofilter베드 크기의 적정규모 선택이 필요할 것으로 판단된다. 또한 베드위의 작물생육 단계를 다단계로 하여 유지시키므로써 여과효율을 균일하게 하는 것도 좋을 것으로 생각되며, Gloger 등²⁾은 순환식 틸라피아 양식에서 매일 사료를 공급하면서 적당한 비율로 작물을 재배하면 별도의 여과조가 필요치 않다고 보고하고 있다.

Table 5. The inorganic content and dry matter of hydroponically grown water dropwort using recirculated tilapia rearing water 30 days after planting.

(unit : %, in dry matter basis)

Treatment		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	T-C	Dry matter
Nutrient solution	NFT	1.3	7.35	1.46	0.7	2.7	47.0	9.7
	Sand	0.76	6.67	1.64	0.68	2.6	46.0	9.7
Tilapia rearing water	NFT	1.53	7.81	1.34	0.85	2.7	47.0	9.6
	Sand	1.21	5.46	1.47	1.01	2.8	47.2	9.8

한편 양액재배와 사육수를 이용한 미나리 수경재배에서 배지별 여과효과를 간접적으로 정하기 위하여 미나리 식물체중의 무기성분함량을 분석한 결과는 <표 5>와 같다.

생육이 저조했던 사육수 NFT도 건물물에서는 처리간 차이가 없어 앞에서 언급한 바와 같이 엽색에서 황화를 보일뿐 초장 등의 생육에는 영향이 없었고, 무기성분 함량에 있어서 다소간의 차이는 나타나지만 거의 비슷한 함량을 유지하고 있음을 확인할 수 있다. 위의 결과로부터 모래배지를 사용할 때 작물재배에 따라 사육수 중 무기성분 제거 정도를 수량에 기초하여 계산한 것이 <표 6>이다.

Table 6. Uptake amount of inorganic compounds calculated on the nutrient contents of the biofilter bed plant.

(unit : kg/350m ² /year)				
P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N
14.6	66.2	17.9	12.3	33.9

-Total fresh wt. of plants=12,366 kg/350 m²/year ; dry matter : 9.8%

시험을 수행했던 350m²의 양어수경 복합영농어 시설의 수경재배 면적을 전체면적의 44%로 적용하여 사경재배로 1년에 10회 생산할 경우로 환산하면, 질소는 약 34kg의 흡수량을 보이고, 인산이 14.6kg으로, 사육수중에서 사료로부터 유래한 많은 양의 무기성분을 제거한다고 볼 수 있다. 사료의 급이계수가 1.7일 경우 사료의 40%가 사육수에 존재하게 되고 이를 식물이 이용하게 되며, 총 급이사료중의 총 질소량이 약 110kg이며, 실제 작물에 의해 흡수한 양은 이의 1/3 정도이고 기타 질소성분은 탈질에 의해 소실되거나 나머지는 물에 용존되어 있다고 볼 수 있다.

양어수경 시스템에서 사료에 의해 공급된 질소의 고정 또는 순환계의 비율은 틸라피아에 의해 24% 내외가 고정되고 탈질 등에 의해 40% 정도 소실되며 잔사로 8%, 상추에 의해 8%, 사육수에 16%정도라고 하였다.²⁾ 양어사육수를 이용한 bush bean, 오이 및 토마토의 사경재배에 대한 시험에서는 추비없이 정상적인 작물재배가 가능하였고 틸라피아 사육수의 수질도 정상적이어서 양어와 채소수경의 복합시스템의 가능성을 입증하였는데,⁵⁾ 틸라피아 사육수를 이용하여 토마토를 재배한 시험에서 식물체의 무기물 흡수와 biofiltration 및 폭기에 의해 사육수 수질은 tilapia를 사육하는데 문제가 없었고 모든 영양소는 결핍수준 이상이였다. 그리고 식물체 내 N, P, K, Mg함량도 충분하였고 미량원소는 다소 과잉되었지만 장애는 나타나지 않았으며 사료의 무기성분의 함량이 작물요구량에 부합되었고 틸라피아 양식에 요구되는 함량의 범위 내였다고 하였다.

본 시험에서 미나리 전용양액으로 재배했을 경우 질소함량이 건물당 평균 3.0%이며 P₂O₅는 1.53%, K₂O는 10%, CaO는 1.2% 및 MgO는 0.5%내외이였다. 그리고 양어사경 미나리의 체내 무기성분 함량은 질소는 대등하거나 다소 높은 3.03-3.26%였고, 인산함량은 양액재배

미나리와 유사한 함량을 보이는 반면, 칼슘은 다소 낮았으며 마그네슘은 약간 높게 나타났고 칼륨은 양액미나리의 절반이하인 4.2~4.6% 정도였다. 이러한 결과로 사료의 성분중 조단백질이 44% 이상으로 사육수에서 용존되어 있는 질소가 미나리의 생육에 충분한 것으로 보이며, 인 또한 충분한 것으로 판단된다. 양액재배에 비해 칼륨과 칼슘이 다소 낮기는 하나 미나리 양액재배시의 양액은 미나리를 위한 전용양액임을 감안하고 일반적인 식물체내의 무기성분 함량 수준을 고려할 때 낮은 편은 아닌 것으로 생각된다.

3. 배지의 깊이별 사육수 사경재배 미나리의 생육 및 배지내 미생물활성

사육수 자체의 용존양분이 적음에도 불구하고 작물이 정상적으로 생육하는 것으로보아 배지 내에서 사료 및 배설물을 미생물이 분해한 무기양분을 흡수하였을 것으로 판단되며, 무기화 정도를 간접적으로 확인하기 위해 유기물이 전혀없는 수도물과 사육수 사경재배의 배지 깊이별 미나리 생육 및 미생물 활성을 조사한 결과는 <표 7> 및 <표 8>이다.

전반적인 생육은 대조구(NFT수경)와 양어사육수 사경처리구에서 가장 좋았으며 양액의 공급없이 물로만 사경재배한 처리구에서 가장 열악한 생육 상태를 보였다. 특히 양어사육수사경 처리시 5cm 보다는 10cm 처리구에서 원활한 생육을 보였으며, 이는 대조구보다 오히려 양호한 결과를 나타냈다.

Table 7. The growth of water dropwort grown by sand culture using tilapia rearing water 25 days after planting

Treatment ^z (sand depth)	Plant height (cm)	leaflet width (cm)	No. of stolons	Leaf area (cm ²)	Root length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	chlorophyll (mg/g FW)
NFT	28.6	b ^y 2.8	a 6.0	a 80.6	31.6	a 4.68	0.33	1.674
Tap-water	(5cm) 11.1	c 1.3	b 3.8	b 2.3	18.5	d 0.51	0.06	0.942
	(10cm) 9.8	c 1.4	b 3.6	b 2.4	25.3	b 0.47	0.05	1.142
Fish rearing water	(5cm) 30.7	b 2.6	a 5.9	a 53.8	23.7	cd 3.97	0.28	1.650
	(10cm) 34.1	a 3.0	a 5.5	a 79.4	20.2	bc 6.19	0.45	1.551

^zNFT=hydroponics with nutrient solution for waterdropwort

Tap-water & Fish rearing water=sand culture without addition of nutrient solution

^yDuncan's multiple range test, p=0.05

이러한 결과는 생체중, 건물중 및 엽중 엽록소 함량에서도 같은 경향을 나타내었다. 특히 5cm 양어사육수 사경재배구에서는 대조구보다 더 낮은 생체중과 건물중을 나타내 모래층이 깊을 수록 미나리 생육이 양호하며 미생물 활성도 같은 경향이였다. 물고기를 키우지 않은 수도수 사경재배의 모래에서도 양어사경의 22.3%에 해당하는 미생물 활성을 보였다.

Fluorescein diacetate(FDA)는 미생물 세포내에서 protease, lipases, esterase 등에 의해

가수분해되어 형광색으로 발색되고, 이것은 효소의 활성 정도와 양에 비례하기 때문에 총 미생물 활성을 측정하는데 적합하며, 주로 *Pseudomonas denitrificans*와 *Fusarium culmorum*의 활성과 비례한다고 보고⁷⁾되었다. 본 시험의 양어사육수사경 처리구에서도 아주 높은 FDA hydrolysis를 보여 모래에 침적된 양어수의 부유물을 탈질화균이 작용하여 식물체에 필요한 성분으로 무기화가 이루어졌으며, 이에 따라 외부에서 별도의 비료에 의한 양분을 전혀 공급하지 않았는데도 미나리의 생육이 원활히 이루어졌던 것으로 판단된다.

Table 8. FDA hydrolytic activity($\mu\text{g}/50$ ml buffer soln.) in culture media according to sand culture of water dropwort using tilapia rearing water.

Location	Sand culture without fish rearing		Sand culture with fish rearing	
	5cm	10cm	5cm	10cm
Surface	92.8	63.8	131.5	415.8
Middle	5.5	2.6	22.8	12.6
Bottom	4.8	1.6	14.0	5.9

IV. 적 요

양어와 수경재배를 동시에 할 수 있는 복합생산체제를 구축하기위해 틸라피아 사육수로 미나리를 재배한 결과, 사육수의 pH 및 EC는 큰 변화가 없이 안정적이고, EC는 0.3~0.4dS/m로 매우 낮은 편이지만, 미나리 사경재배시 양액수경미나리의 생육과 대등하였으며, 미나리 수경재배에 의해 사육수의 정화효과가 있음을 확인하였다.

양어사육수 사경시 사육수의 용존양분이 양액재배시보다 낮음에도 불구하고 추가적인 비료의 공급없이 생육이 정상적으로 이뤄졌는데, 미생물에 의해 모래내의 유기물이 분해되어 영양분이 공급되었다는 것을 배지내 미생물활성으로부터 미루어 추찰된다. 따라서 양어수경복합영농시설의 사육수를 이용하면 별도의 비료 추가없이 안정적으로 미나리를 사경재배할 수 있을 것으로 판단되었다.

인용문헌

1. Ghosh, B. P. and R. H. Burns. 1950. Utilization of nitrogenous compounds by plant. *Soil Sci.* 70:187-203.
2. Gloger, K. C., J. E. Rakocy, J. B. Cotner, D. S. Bailey, W. M. Cole and K. A. Shultz. 1995. Contribution of lettuce to wastewater treatment capacity of raft hydroponics in a closed recirculating fish culture system. *Proceedings from the Agriculture Expo VIII and Aquaculture in the Mid-Atlantic Conference. I. Aquacultural Engineering and Waste Management.* p.272.
3. 이병일, 이순길, 정신부, 이지원, 한평수, 김기덕. 1991. 채소 수경재배체계도입에 의한 내수면 양어시설의 효율적 이용방안. *과학기술처 연구보고서.*
4. Lewis, W. M., J. H. Yopp, H. L. Schramm, and A. M. Branclenburg. 1978. Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. *Trans. Amer. Fisheries Soc.* 107:92-99.
5. McMurty, M. R., D. C. Sanders, P. V. Nelson, and A. Nash. 1993. Mineral nutrient concentration and uptake by tomato irrigated with recirculating aquaculture water as influenced by quantity of fish waste products supplied. *J. Plant Nutr.* 16(3):407-419.
6. 오봉세, 김숙양, 김진도. 1995. 오존이 양식장 수질 및 세균에 미치는 영향. *수질사업보고 제123호*:1-8.
7. Schnürer J., and T. Rosswall. 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environ. Microbiol.* 43(6): 1256-1261.
8. Summerfelt, S. T. and J. L. Cleasby. 1996. A review of hydraulics in fluidized bed biological filters. *Trans. ASAE* 39(3):1161-1173.