생물환경조절학회지 (J. Bio-Env. Con.) 8(3) : 209~215, 1999

양어수경 복합시설에 수로형 사육시설의 적용[1)]

김기덕* · 이병일[1] · 이준구[1] · 홍상근[2] · 홍석우[2] · 배용수[2]
원예연구소, [1]서울대 농생대 원예학과, [2]경기도내수면개발시험장

Application of Channel Type Aquaculture System to the Complex Facilities with Tilapia Rearing and Hydroponics

Kim, Ki-Deog* · Lee, Byoung-Yil[1] · Lee, Jun-Koo[1] ·
Hong, Sang-Kun[2] · Hong, Seok-Woo[2] · Bae, Yong-Soo[2]
National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea
[1]Dept. of Horticulture, Coll. of Agri. and Life Sci., SNU. Suwon 441-744, Korea
[2]Kyonggido Inland Fisheries Development Experiment Station, Yangpyoung 476-840, Korea

Abstract

In order to develop facility for complex farming with aquaculture and vegetable nutrient culture and to investigate growth of tilapia and water quality in the channel type aquaculture system, these experiments were carried out. When tilapia(*Tilapia nilotica*) was reared in the channel type aquaculture system, quality of culture water and growth of tilapia were normal. And the growth of tilapia in the channel type and round type aquaculture system was much the same. Channel type aquaculture facilities was applicable to the dual culture system for aquaculture and vegetable culture. Channel type integrated system was composed of aquaculture and sandculture bed, and it was thought that suitable size of the system was about 1.4m(width) × 1m(height) × 20m(length).

주제어 : 사육수질, *Tilapia nilotica*
Key words : aquaculture water quality, *Tilapia nilotica*
* Corresponding author
1) 본 연구는 농림부의 농림수산기술개발사업비의 지원으로 수행되었음.

서 론

식생활 패턴의 변화로 수산물에 대한 이용이 급증하여 내수면을 이용한 양식이 활발히 이루어지고 있으나 상수원 오염 우려가 있어 이의 입지도 어려운 실정이다. 특히 아열대 원산인 틸라피아는 우리나라와 같은 기후에서는 성장에 적합한 고온기가 짧아서 노지양식이 어렵기 때문에 가온시설을 이용해야 한다. 따라서 저온기에 난방비를 최대한 절감하기 위해서 고밀도 순환여과식의 사육에 관한 연구(강 등, 1982; 김, 1983; 정 등, 1988)가 이루어지고 있다.

고설식 수경재배는 작업이 편리한 지상 1m 부위만을 이용하고 있기 때문에, 높은 시설비에 비해 공간 이용효율은 낮고 저온기에는 가온해야 한다. 그런데 양어와 수경을 병행(McMurty 등, 1993)하면 효과적으로 공간을 이용할 수 있어(이 등, 1991) 난방비의 절감과 더불어 수익의 극대화를 꾀할 수 있을 것이다.

일반적으로 시설내 양어 사육시설은 배설물의 원활한 배출과 수류의 흐름을 용이하게 유지하기 위해 둥근 형태인데 반해, 수경재배 베드는 직선형태이어서 원형의 양어시설 위에 수경재배시설을 설치할 경우 작업이 불편하므로 원형사육시설 대신 수로형 사육시설을 적용하면 수경재배와 병행이 좋을 것으로 생각된다.

이에 본 시험은 수로형 사육시설에서 틸라피아 사육시 수질의 변화와 성장도를 검토하여 수로형 사육시설의 적용가능성을 파악하고 아울러 간이형 시설의 모델을 개발하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 수로형 사육시설의 설치

물빠짐과 물고기의 배설물 및 사료찌꺼기가 잘 빠질수 있도록 1.4%의 경사로 지면을 고르고, 3mm의 얇은 스티로폼 판을 깐 후 사육시설의 밑면은 두께 3mm의 polypropylene(PP) 판을, 측면은 8mm PP판을 대고 접착시켜 사육조 및 여과조를 설치하였다. 사육시설은 비슷한 크기의 사육조와 여과조로 구성하였으며 사육조는 높이 1m, 폭 2m, 길이 19m로 하였고, 침전조는 배출이 용이하도록 사육조보다 50cm 더 깊게 설치하였으며, 침전조(폭 2m × 높이 1.5m × 길이8 m)는 2칸으로, 여과조(폭 2m × 높이 1m × 길이 11m)는 4칸으로 구성하였다. 침전조에는 요철플라스틱 집판(90cm × 80cm × 60cm) 3개를 두었고 여과조에는 미생물 여과를 위해 흑색 차광망(상품명:가리소)과 사란필터(Saran filter)를 20cm간격으로 설치하였다. 측면지지는 직경 50mm의 쇠파이프 기둥을 1m 간격으로 세우고 직경 40mm 파이프 가로대로 고정하고 상부는 두께 3mm의 앵글로 좌우를 지탱하게 하였다.

또한 기존의 원형사육시설에서와 틸라피아 성장도 비교를 위해, 같은 재료로 직경 5m의 원형사육시설도 설치하였다.

2. 틸라피아의 사육

사육수 내의 용존산소 농도를 높이기 위해서 3H*p*의 에어브로워로 폭기하였고 배설물과 찌꺼기의 배출 및 원활한 여과를 위해 2H*p* 펌프로 사육수를 여과조에서 사육수로 순환시켰다. 사육수 수온은 온수보일러를 이용, 직탕식으로 가온하여 27℃로 유지하였으며 용수는 지하수를 개발하여 사용하였다.

틸라피아는 6g 정도의 치어를 입식하여 사육하였고 사육조 물량은 수로형사육조는 38m^3, 원형사육조는 19.6m^3 로 하였다. 사료는 잉어용사료 (Table 1)를 급이하

였으며, 실험기간동안 탈라피아의 성장도, 급이계수, 생존율 등을 조사하였다. 한편 펜타이트 파이프를 이용하여, 사육조 위에 사경베드가 있는 간이 수로형 재배시설의 형태를 검토하였다.

Table 1. Ingredients of the feed used for tilapia aquaculture.

Ingredients	Content(%)
Crude protein	≥44
Crude lipid	≥3.0
Crude fiber	≤4
Crude ash	≤17.0
Calcium	≥0.1
Available phosphate	≤1.8

결과 및 고찰

1. 수로형 양어시설의 양어/수경 복합시설에의 적합성 평가

양어와 수경재배의 병행에 있어서 원형 사육시설의 구조는 적합하지 않아, 이의 시설형태에 맞도록 수로형의 사육시설을 수경재배시설 하부에 설치하였다. 측벽의 높이를 80cm로 하고 사육수의 높이는 60cm로 유지하였으며 사육수의 흐름은 여과조의 맨 끝인 가온조에서 펌프를 사용하여 사육조의 한쪽으로 송수하여 사육조를 거치고 나서 침전조 2칸을 거치면서 일부는 가라앉히고 그 다음에 여과조 4칸을 통과하면서 여과되도록 하였다. 침전조와 여과조에는 여과재로 각각 요철플라스틱 집판과 사란필터 및 차광망을 설치하였고 또한 폭기를 통하여 용존산소를 높여 틸라피아를 사육하였을 때 문제점은 야기되지 않았다.

한편 PP판을 사용한 원형사육시설은 측면지지용 골조는 필요없다. 그러나 원형 사육조에서는 배설물의 배출이나 수류의 회전 등 유속조절(丸山과 永島, 1978)이 용이하나 수경재배시설 설치가 쉽지 않고 직경이 커지면 베드가 길어지고 베드를 설치하기 위해 중간기둥이 필요하게 된다. 사육조 내에는 중간기둥의 설치가 곤란하므로 일정한 크기를 초과하면 사육조 위에 수경베드를 설치하기가 곤란하다. 반대로 수경재배베드 설치가 용이한 크기의 사육시설은 사육상 경제적인 사육조 크기를 유지하기가 어렵고 또한 원형 사육조 시설을 사용할 경우 불용공간이 많아지고 수경재배 관리시 운반이나 기타 작업상의 불편한 점이 발생하게 된다. 따라서 한 시설 공간 내에 수경 재배와 양어 시설을 동시에 수용하기 위해서는 수로형이 적합한 것으로 판단되었다.

2. 순환 여과식 수로형 사육시설에서의 틸라피아의 성장

수로형 사육시설에서의 사육수의 수질을 평가하기 위해 용수 및 사육수의 화학성을 Table 2 및 3에 나타내었다.

Table 2. Quality of ground water used for tilapia aquaculture.

Components	Value	Components	Value
water temp.(℃)	15.6	Ca(ppm)	4.2
pH	6.7	Mg(ppm)	2.4
EC(dS/m)	0.12	P(ppm)	0.1
NO_2-N(ppm)	0.67	Na(ppm)	15.0
NO_3-N(ppm)	0.82	Cl(ppm)	9.4
K(ppm)	4.3	SO_4(ppm)	5.4
Fe(ppm)	0.01		

Table 3. The comparison of water quality between channel and circle type aquaculture system.

Type	pH	Cl	NO_2-N	NO_3-N	PO_4-P	SO_4-S	DO
		(mg/L)					
Channel	7.42	11.36	0.30	2.62	4.08	16.2	4.50
Circle	7.46	11.33	1.73	6.37	2.28	9.5	3.89

지하수의 수온은 15.6 ℃로서 다소 낮은 편이었고 pH는 약알칼리를 나타내었으며 NO_3-N를 비롯하여 K, Mg, Ca, P 등의 함량이 매우 낮았다. 이외의 다른 성분은 그 함량이 낮았으며 Cl이 다소 높았으나 용수로서는 문제가 없는 것으로 판단되었다.

원형사육시설과 수로형 사육시설이 사육수 물량이 다르고 입식한 틸라피아의 크기와 사육시기가 달라 시설간 성장도의 완전한 비교는 어렵지만 사육종료시의 사육수의 수질(Table 3)과 틸라피아 성장도(Table 4)를 보면, 수로형에서도 원형사육조에서와 마찬가지로 틸라피아가 정상적으로 자랄 수 있을 정도의 수질을 나타내고 있으며, 틸라피아의 사육효율성을 평가할 수 있는 사료계수가 각각 2.15와 2.3으로서 큰 차이가 없었다(Table 5).

Table 4. The growth[z] of tilapia during experiment.

Type	Date	Total length (cm)	Body length (cm)	Depth of body (cm)
Channel	96. 4.3	22.0	18.5	7.4
	97. 4.4	30.9	25.8	10.1
Cicle	96.9.20	30.2	25.3	10.1
	97.8.13	36.4	31.0	12.4

[z]Average of 10 fishes

수로형 사육시설에 있어서 고려할 사항은 원형사육시설에 비해 얼마만큼 배설물이나 사료찌꺼기를 배출시키고 반송시키느냐하는 문제이다. 순환여과식 사육수조의 형태는 일반적으로 정사각형, 정팔각형 또는 원형수조를 많이 사용하고 있다. 사육수조 내에서의 유동구조는 투입된 사료의 분포, 사육조 내에서 발생하는 노폐물의 배출 및 수조 내에서의 수질문제 등과 밀접한 관계가 있다. 또한 수조 내에서의 유동은 재순환유입수의 유량의 낙하유속에 의한 운동량과 수조내의 산소공급을 위한 기포발생장치 등에 의하여 조절할 수 있으며 배출수의 배출방식에 따라서도 달라지게 된다.

사육조 내의 유동구조에 영향을 미치는 요인으로서는 수조의 평면형상, 저면경사, 수심, 유입구 및 배출구의 위치에 따라 매우 다양하다. 사육수의 평면형상은 원형이 가장 바람직하지만 사각형 수조에서 우각부에 정체수역이 나타나지 않도록 우각부를 처리하는 것이 바람직하다고 하였다.(이, 1996).

본 시험에서 설치한 폭 2m의 수로형에서 배설물의 한쪽으로의 이동을 위해 1.4%의 경사를 두었고, 2H*p* 펌프를 이용하여 여과조의 끝에서 수로형 입구로 데워지고 여과된 물을 공급하였는데 그 양이 적어 사육수의 유속은 25~30 cm/s로

Table 5. The growth of tilapia in the channel and circle type aquaculture system.

Type	Period	Acerage (m^2)	Stocked			Yield			Survival rate (%)	Gain (Kg)	F.C[z]
			No. of fish	Wt. (Kg)	Mean (g)	No. of fish	Wt. (Kg)	Mean (g)			
Channel	96.4.3-97.4.4	36	3,000	652	217	2,500	1,796	718	83	1,143	2.15
Circle	96.9.20-97.8.13	19.6	670	380	567	583	731	1,125	87	351	2.30

[z]Feed coefficient

속도는 느렸지만 틸라피아의 활동과 수면하부에서의 폭기에 의해 찌꺼기와 배설물에 의한 사육조 바닥에 슬러지는 쌓이지 않았다.

한편 여과재로 요철플라스틱 집판, 사란필터 및 차광망을 설치하여 틸라피아를 사육했을 때 사육상의 어떤 문제는 발견되지 않았다. 김 등(1987)은 여과재료로서 첨모직, 자갈, 플라스틱판 등은 초기 여과효과는 별 차이가 없으나 효능발휘시간의 차, 청소의 난이도, 설치비용 등을 고려할 때 요철플라스틱판이 적합하다고 하였는데, 본 시험에서 채택한 여과재료가 일반적으로 사용되고 있는 것이고 정상적으로 성장하는 것으로 보아 여과에는 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다.

3. 간이 수로형 양어수경 복합시설 형태의 개발

일반적인 순환식 양어사육시설은 원형, 사각형, 또는 팔각형 구조를 하고 있다. 한편 수경재배시설이 처음 도입되던 단계에서는 자재투자비를 줄이기 위해 지면에 설치하였으나 작업성이 양호하도록 파이프와 스티로폼 성형베드를 이용한 고설식 베드가 이용되게 되었으며 시설내 작물재배 공간을 최대한 확보하기 위하여 좌우이동식 베드가 개발되어 사용되고 있다. 여기에 사육시설과 수경시설을 결합할 경우 원형사육시설 때문에 수경재배시 관리작업성이 불편하여 이의 형태를 조화롭게 개선하지 않으면 안된다. 시설비가 저렴하고 작업성이 좋으며 경제적 규모의 사육을 할 수 있는 시설의 개발이 필요하였다.

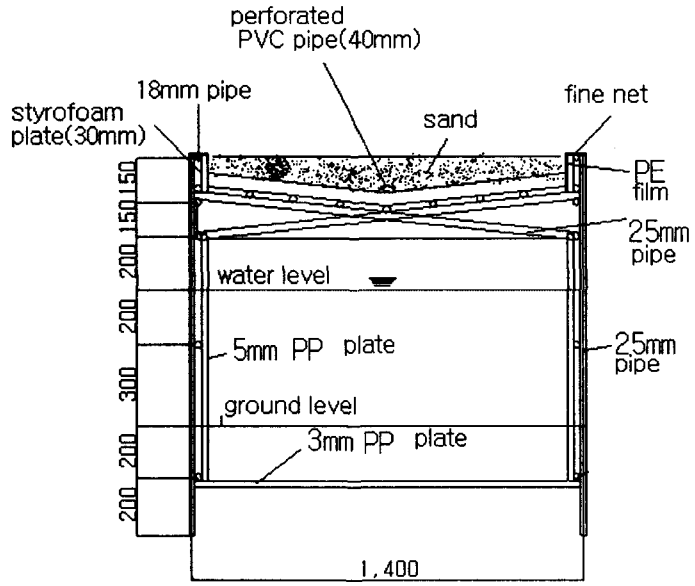
이에 간이 수로형사육 시설과 사경베드 시설의 결합을 위해서 가장 제작이 간단하고 모래의 하중과 사육수의 측면부하를 견딜만한 최소한의 구조를 형성하여야 하므로 이를 위한 적정 규모의 양어수경시설을 설계하고자 하였다. 수로폭은 작업성의 편의를 위해 140 cm, 베드의 높이는 지면으로부터 100 ~ 110 cm로 하고 물높이를 70 cm, 사경베드 받침은 파이프로 X 형태로 교차하여 하중을 견딜 수 있도록 하였고, 원활한 배수를 위해 중앙에 PVC 유공관을 매설하도록 하였다. 사육조로는 사육조가 지면아래 들어가 안정될 수 있도록 측벽이 흙벽으로 지지되고 베드 높이를 다소 낮추고자 지면을 20cm 이상 파서 1~2%의 경사를 두었다.

바닥에는 3mm PP판을 깔고 옆에는 폭이 90cm이고 두께가 5mm인 PP판을 용융부착하여 고정하도록 하였으며, 기둥은 펜타이트 파이프(직경 25mm)를 1m 간격으로 지면아래 40cm깊이로 박아서 고정하고 측면은 파이프(직경25 mm)를 40cm간격으로 3줄로 대도록 하였다.

사육조 내부 하단에는 1줄로 통기용 PVC 유공관을 설치하도록 하였다. 사육조의 길이는 20m 내외로 하였다. 사경베드의 측면 및 하단은 파이프를 각각 2줄 및 6줄 대고 30mm 두께의 스티로폼판을 대고 비닐을 깐 후 배수파이프를 대고 모래를 10cm정도 채울 수 있도록 하였으며 사육수의 공급은 배수관을 이용하여 저면관수하여 사경베드 표면에 사료찌꺼기가 흐르는 것을 배제하도록 하였다.

<3-D view>

<side view>



<front view>

Fig. 1. Schematic diagram of channel type aquaculture bed for integrated system of aquaculture and vegetable sandculture.

적 요

수로형의 양어시설에서 틸라피아 사육시 성장도 및 사육수의 수질을 파악하여 수경재배시설에 수로형 사육시설의 병용 가능성을 조사하고, 펜타이트 파이프를 이용한 간이 수로형사육시설을 개발하고자 시험을 수행하였다. 폭 2m, 높이 1m, 길이 19m의 수로형 사육시설 위에 수경베드를 설치하고 틸라피아를 양식하였다. 수질은 사육하는데 이상 없이 유지되었고, 수로형 시설에서의 틸라피아의 성장은 원형사육시설에서의 그 것과 대등하였다. 따라서 수경재배시설에 수용할 수 있는 양어시설은 수로형이 적합하며 사육환경이 정상적이므로 수로형 사육시설의 도입이 가능하다고 판단되었다. 또한 양어수경 복합영농어시설은 높이 1 m, 폭 1.4 m, 길이 20 m의 크기로, 기둥은 25mm의 펜타이트 파이프와 사육조는 5mm의 PP판넬을 사용하도록 하였으며, biofilter로는 모래를 10cm 정도 채워 작물을 재배하도록 하는 간이수로형 양어수경 복합시설의 구조를 고안하였다.

인용문헌

1. 강석종, 김인배. 1982. 무여과조 순환수 사육장치내에서의 틸라피아의 성장. 한국수산학회지. 15(1) : 47-51.
2. 김인배. 1983. 무여과 순환수 탱크 이용 틸라피아의 고밀도 사육 시험. 한국수산학회지. 16(2) : 59-67.
3. 김인배, 김병기, 지영옥. 1987. 순환여과식 양어시설에 이용될 수종의 여과재료의 효능에 관한 연구. 한국수산학회지. 20(6) : 561-568.
4. 이병일, 이순길, 정선부, 이지원, 한평수, 김기덕. 1991. 채소 수경재배 체계 도입에 의한 내수면 양어시설의 효율적 이용방안, 과학기술처 연구보고서

5. 이종섭. 1996. 순환여과 사육수조내의 3 차원 유동구조 - 이용성과 효율성을 고려한 수조제작. 수산양식 78 p. 114-117.
6. 정종륜, 장계남, 방종득, 류중오. 1988. 순환여과 양식시험. 국립수산진흥원사업보고 제74호 : 3-13.
7. 丸山爲藏,永島幸司.1978.*Tilapianilotica*の成長並びに繁殖活動に及ぼす流速の影響. 淡水研報28(2) : 201-210.
8. McMurty, M. R., D. C. Sanders, P. V. Nelson, and A. Nash. 1993. Mineral nutritient 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.