임산에너지 23(2) : 34-43. 2004
J. Kor. For. En. 23(2) : 34-43. 2004

목재 탄화물이 넙치의 생육 및 체 조성에 미치는 영향[1]

안병준[2] · 조성택[2] · 조태수[2] · 정관식[3] · 지승철[3]

Effect of Wood Carbonization Products on Growth and Body Composition of Flounder, *Paralichthys olivaceus*[1]

Byoung Jun Ahn[2], Sung Taig Cho[2], Tae Su Jo[2],
Gwan Sik Jeong[3] and Seung Cheol Ji[3]

요 약

목탄, 목초액 및 목초탄(목탄80/목초액20)의 사료첨가제로서의 이용 가능성을 도출하고자 국내 주요 양식어종인 넙치의 생장 및 체 조성에 미치는 영향을 조사하였다. 무첨가 대조구와 비교하여 목탄, 목초액 및 목초탄 모두 생장 개선효과를 보였다. 사료효율에 있어서는 대조구와 목탄, 목초탄 첨가구는 유의적인 차이가 없었으나, 목초액은 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. 또한 혈액성상은 대조구보다 첨가구에서 모두 높았으며, 특히 목초탄 첨가구가 대조구보다 유의적으로 높아 건강한 어류를 생산하였다. 폐사율은 대조구가 가장 높았으며, 목초액 첨가구와 목초탄 첨가구가 가장 낮았다. 한편 회복 소요시간은 모든 첨가구가 대조구보다 빨랐으며, 목초탄 첨가구가 가장 빠른 회복율을 나타내었다. 따라서 목초탄 첨가구는 생장뿐만 아니라 넙치의 건강도와 활력에서 우수한 결과를 나타내어 넙치의 생장과 면역력의 개선을 위해서는 목초액과 목탄이 혼합된 목초탄 첨가가 적절할 것으로 사료된다.

ABSTRACT

This study was examined to investigate the effect of wood carbonization products on growth and body composition of oliver flounder(Paralichthys olivaceus) as a part of fishery utilization of charcoal and pyroligneous acid. Weight gain in oliver flounder fed with wood carbonization products was higher than that of the control group. Feed efficiency between the groups fed with charcoal and Mogchotan(the mixture of charcoal and pyroligneous acid, 80:20, w/w) and the control group showed no significant difference($p>0.05$) and was significantly higher in group fed with pyroligneous acid than the control group($p<0.05$). All groups fed with wood carbonization products were also higher than the control group in hemoglobin and hematocrit. Especially, the amount of both components was significantly higher in

1. 접수 2004년 12월 10일 Received on Dec. 10, 2004.
2. 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea
3. 여수대학교 수산생명과학부 Yosu National University, Yosu 556-901, Korea

group fed with Mogchotan($p<0.05$). The result indicates that the addition of Mogchotan can improve the health of oliver flounder, and was excellent in the mortality and the recovery rate. In conclusion, Mogchotan treatment would be suitable way for improving the growth and health of oliver flounder.

Keywords : *charcoal, pyroligneous acid, Mogchotan, flounder, motality, hemoglobin, hematocrit, Paralichthys olivaceus*

서 론

목재의 열분해 산물인 목탄 및 목초액에 대한 새로운 효능이 알려지기 시작하면서 수질정화, 토양개량제, 흡착제 및 공업적 용도 등으로 그 활용도가 점차 확대되고 있다[18,19]. 농업분야에서는 벼와 고추 등에 이용함으로써 비료, 농약 사용량을 감소시키고 생장을 양호하게 하는 것으로 보고되고 있으며[1], 토양개량재로서 목탄과 목초탄 등을 사용함으로써 친환경 유기농업 자재로의 이용이 시도되고 있다[18,19]. 또한 목탄의 다공성을 이용한 흡착제 이용[15], 목초액[10]과 죽초액[7,8]을 이용하여 가축 사료에 첨가하여 증체량 증가 및 콜레스테롤의 감소효과 등을 나타낸다. 한편 목초액은 나무 및 그 부산물을 탄화시켜 얻어진 수용성 액체로서 유기산을 포함한 200여종 이상의 미량 화합물로 구성되어 있다. 목초액은 악취제거[4], 해균방제[14,17], 골프장 잔디 생육 억제를 통한 골프장 관리용 자재 및 김 양식에서의 잡조제거제 이용 가능성에 대한 연구도 지속적으로 이루어지고 있으며, 최근에는 가축사료 첨가제로서 육질과 생산성 향상에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다[7,8,10].

어류양식에 있어서 생산량 증가와 더불어 경영비의 절반 이상을 차지하는 사료비 절감과 환경오염을 줄이고 높은 생장을 유도할 수 있는 효율적인 사료 개발에 대해서도 다양한 연구가 이루어지고 있다[5,6,13]. 최근에는 생장촉진과 생리활성을 유도하고 면역력을 증강시키는 사료첨가제에 대한 연구가 점진적으로 이어지고 있으며[9,16], 양식어종의 하나인 조피볼락에 관한 탄화물 사료첨가제의 효과를 검증한 연구도 시도되었다.

따라서 본 연구에서는 목탄과 목초액의 다양한 성질을 이용한 양식어 사료 첨가제로서의 가능성을 확인하고자, 목탄, 목초액 및 목탄과 목초액을 8:2로 혼합한 목초탄이 국내 주요 양식대상 어종인 넙치 생육 및 활력에 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

공시 목탄은 전통식 참나무 백탄을, 목초액은 기계식 탄화로에서 생산된 것을 사용하였으며, 목탄의 성분조성 및 목초액의 품질은 Table 1, 2와 같다. 한편 실험에 사용된 넙치, *Paralichthys olivaceus*는 평균 체중 19g 내외되는 것을 사용하였다.

Table 1. Composition of wood charcoal

Moisture content (%)	Ash (%)	Volatile content (%)	Fixed carbon (%)	pH
9.41	14.51	13.32	62.75	10.16

2. 실험어의 사육환경

실험 전 예비 사육했던 실험어 중 중간크기의 건강한 치어를 선별하여 320ℓ 사각수조에 2반복으로 35마리씩 수용하였으며, 주수량은 유수식으로 4ℓ/min으로 조정하였고, 충분한 산소공급을 위해 각 수조마다 에어스톤을 설치하였다. 사료공급은 1일 2회 나누어 공급하였으며, 먹지 않을 때까지 사료찌꺼기가 남지 않도록 주의하면서 손으로 던져주었다. 사료공급은 1주일 중 6일간 실시하였다.

3. 실험사료 및 실험구

실험에 사용된 실험사료 조성은 Table 3과 같다. 실험구는 무첨가 대조구(control), 목탄 첨가구(charcoal, CC), 목초액 첨가구(pyroligneous acid, PA) 및 목초탄 첨가구(Mogchotan, MC)로 총 4개의 실험구를 설정하였고, 첨가량은 모두 1%로 고정하였다. 목초탄은 목탄과 목초액을 8:2로 혼합하여 사용하였다. 실험사료는 단백질원으로 어분을 사용하였으며, 지질원으로 어유, 점결제로 α-potato starch를 사용하였다. 비타민과 미네랄 공급원으로는 비타민 혼합물과 미네랄 혼합물을 각각 2% 첨가하였다. 사료제조는 모든 원료를 혼합한 후 MP(Moist Pellet) 제조기로 제조하였다. 실험사료의 크기는 입경 약 Φ5.0㎜로 -45℃에서 냉동 보관하면서 사용하였다.

Table 2. Quality of pyroligneous acid

Manufacturing method	Raw material	Specific gravity (°Be)	Acidity (%)	pH	Soluble tar(%)	Refractive index(%Brix)	Macro-graphy
Auto-machine	Oak	4.2	5.3	2.3	3.4	11.4	Reddy brown, transparent

Table 3. Composition of experimental diets for the oliver flounder, *paralichthys olivaceus*

Ingredient	Diets (%)			
	Control	Charcoal	Pyroligneous acid	Mogchotan
Brown fish meal	60	60	60	60
Wheat flour	27	26	27	26
Charcoal	-	1.0	-	-
Pyroligneous acid	-	-	1.0	-
Mogchotan	-	-	-	1.0
α-potato starch	3	3	3	3
Fish oil	5	5	5	5
Vitamin premix	2	2	2	2
Mineral premix	2	2	2	2
Choline chloride	1	1	1	1
Nutrient content in dry matter (%)				
Crude protein	48.4	47.9	48.6	48.0
Crude lipid	10.6	11.0	10.3	10.8
Crude ash	12.3	11.8	12.0	12.1

4. 어체측정 및 혈액성상

어체 측정은 실험전과 종료 후에 실시하였으며, 측정 전 24시간 절식 후 MS-222 (tricaine methane sulfonate, Sigma, USA) 100ppm에 마취시켜 실험어 각 각의 체중과 체장, 전장을 측정하였다. 실험 종료 시에는 각 실험수조당 10마리씩 무작위로 추출하여 체중, 전장, 간중량 및 내장중량을 측정하여 간중량지수(hepatosomatic index, HSI), 내장중량지수(visceralsomatic index, VSI) 및 비만도(condition factor, CF) 산정에 사용하였다. 혈액성상은 실험종료 후 24시간 절식 후 각 실험구마다 실험어를 10마리씩, 항응고제인 heparin-Na (sigma, 100,000units, 2.5㎎/㎖) 처리된 일회용 1㎖ 주사기로 미부동맥에서 채혈한 후 혈색소농도(hemoglobin, Hb)과 적혈구용적(hematocrit, Ht)을 측정하였다.

5. 활력 평가

활력평가는 건출 내성실험과 2-phenoxyethanol 침적실험 두 가지 방법을 사용하였다. 건출 내성실험은 사육실험이 종료된 실험어를 대상으로 각 실험구별로 10마리씩 220ℓ 원형수조에 수용하고 24시간동안 절식시키며 안정시킨 다음, 실험어를 상온에서 10분간 노출시킨 후 다시 사육수에서 10분간 회복시키는 과정을 5회 반복하여 5회까지 누적 폐사율 변화를 조사하였다.

2-phenoxyethanol이 어체의 호흡작용에 의해 체내에 들어간 후에는 순간적으로 어체를 마비시키며, 신선한 회복수에 넣으면 서서히 회복을 하면서 정상 호흡상태로 돌아오게 된다. 이를 활력평가에 이용하여 2-phenoxyethanol 0.2%를 해수에 용해시키고 실험구당 10마리씩의 넙치를 1분간 침적시킨 후, 회복수조에 넣고 1분간 강하게 물을 흘려주었다. 그 후 수류의 흐름을 중단시킨 상태에서 회복율을 30초 단위로 관찰하였다. 이때 회복여부의 판단은 아가미호흡이 시작하는 시점을 기준으로 하였다.

6. 통계처리

모든 결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1997) 프로그램을 사용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 생장효과

탄화물 형태에 따라 급여한 양식어를 6주간 사육 후의 생육특성 결과는 Table 4와 같다. 생존율은 대조구와 목탄구는 동일하게 81.4%로 차이를 보이지 않았으나($P>0.05$), 목초액구와 목초탄구는 각각 92.9%와 94.3%로 유의적으로 높았다($P<0.05$). 생장률은 목초액구가 137.2%로 가장 높았으며, 목탄구와 목초탄구도 117.8%와 122.9%로 대조구의 103.2%보다 높은 생장을 보였다. 권 등[9]은 넙치 사료에 숯 첨가 시 생장량은 1% 첨가구가 가장 우수하며, 생존율은 목탄 3% 처리구에서 가장 효과가 큰 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 동일한 1% 첨가 시 생장 개선 효과가 있는 것으로 나타났으나, 목초액이나 목초탄 첨가보다는 저조한 결과를 보였다. 사료첨가제로 사용된 목초탄 중, 목초액은 200여종 이상의 다양한 기능성 성분을 함유하고 있으며, 이 중 50여종의 유기산 성분이 생리활성 등의 대사 작용에 관여한 것으로 판단되며, 목탄성분은 장내 세균의 조절 등에 의한 생리대사에 따른 영양소의 적절한 이용 결과로 사료된다. 또한 축산이나 양식어 사료 등 동물에 급여하는 목탄의 경우, 목탄 제조방식 및 입자 크기 등에 대한 신중한 선택이 필요할 것으로 판단된다.

사료효율은 목탄구와 목초탄구는 각각 66.4%와 65.8%로 대조구의 65.6%와 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 목초액구는 78.5%로 대조구보다 유의적으로 높았다(P<0.05). 일간사료섭취량과 일간생장율은 실험구간에 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 한편 한우 사료에 죽초액을 첨가할 경우 사료효율이 개선된다고 보고되었으며[7], 목초액 등에 함유된 천연유기산이 사료 내 곰팡이 균을 억제하고 장내 유해 물질을 감소시켜 생물의 생장과 생산성 개선에 효과가 있는 것으로 보고하였다[10]. 따라서 본 연구에서의 목초액 첨가에 따른 생장과 사료효율 개선 효과는 장내 유해 세균의 활성도를 억제시켜 영양소 이용률을 개선시킨데 그 원인이 있는 것으로 판단된다.

2. 간중량지수, 내장중량비, 비만도

탄화물 처리방법에 따른 실험구별 간중량비, 내장중량비, 비만도는 표 5와 같다. 간중량지수는 대조구가 2.02%, 목탄, 목초액, 목초탄 처리구에서 각각 2.17%, 2.16% 및 2.14%로 대조구와 유의적인 차이는 없었으나, 모두 높은 경향을 나타내었다. 내장중량지수는 5.53~5.79 범위로 실험구간의 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 비만도는 목초탄구가 1.03으로 가장 높았으며, 목초액구가 0.96으로 가장 낮았으나 유의적인 차이는 없었다(P>0.05).

양식어류는 크기에 비해 어체중이 높아야 상품 가치를 높게 평가하는데, 이러한 것을 비교할 수 있는 값을 비만도라 한다. 넙치 양식

Table 4. Performance of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus* which fed the experimental diets for 6 weeks*

	Diets			
	Control	Charcoal	Pyroligneous acid	Mogchotan
IMB[1] (g)	18.6±0.6	18.8±0.0	18.7±0.0	19.0±0.4
FMB[2] (g)	40.0±6.3^a	43.5±3.6^a	45.8±7.3^b	43.3±9.9^a
SR[3] (%)	81.4±6.3^a	81.4±6.1^a	92.9±2.0^b	94.3±8.1^b
TFC[4] (g)	1007.0±188.2	1171.9±109.5	1141.8±228.6	1213.5±115.3
WG[5] (%)	103.2±6.6^a	117.8±0.9^{ab}	137.2±5.3^b	122.9±7.9^b
FE[6] (%)	65.6±4.2^a	66.4±2.5^a	78.5±0.5^b	65.8±5.2^a
DWG[7] (%)	1.9±0.5^a	2.1±0.0^a	2.2±0.3^a	2.0±0.7^a
DFI[8] (%)	2.80±0.04^a	3.12±0.30^a	2.86±0.34^a	3.2±0.27^a

[1] Initial mean body weight. [2] Final mean body weight.

[3] Survival rate. [4] Total feed consumption.

[5] Weight gain (%) : (final body w.t-initial body w.t)/(initial body w.t)×100.

[6] Feed efficiency (%) : (fish weight gain×100)/total feed intake.

[7] Daily weight gain (%) : [(final body w.t-initial body w.t)/days fed]×100.

[8] Daily feed intake (%) : (feed intake×100)/[(initial body w.t+final body w.t)×days fed/2].

* Data are mean±SD. Values with different superscripts are significantly different (P<0.05).

사료로 한약 탕제 부산물을 첨가사료로 급여할 경우 전반적으로 비만도가 증가한다는 결과가 보고되었다[5]. 본 연구결과에서는 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 없었을 뿐만 아니라 목초탄 첨가구는 대조구에 비해 높은 값을 나타내어 비만도 감소에는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

3. 혈액성상

탄화물 처리에 따른 혈색소농도, 적혈구용적 측정결과는 Table 6과 같다. 혈색소농도는 대조구가 4.5g/dℓ로 유의적으로 가장 낮았으며, 목초탄구가 6.6g/dℓ으로 가장 높았다(P<0.05). 목탄구와 목초액구는 각각 5.9g/dℓ와 6.1g/dℓ로 대조구보다 높았으나, 유의적인 차이는 없었다(P>0.05). 적혈구용적는 대조구가 17.3% 이었으며, 나머지 실험구는 22.0~24.0%로 대조구보다 유의적으로 높았다(P<0.05). 어류는 수온 급상승 또는 급강하 등 서식환경에 변화가 발생하면, 스트레스를 받아 건강상태가 악화되며, 혈색소농도와 적혈구용적 등 혈액성상이 변화된다고 보고하고 있다[11,12]. 한편 심 등[16]은 건강한 넙치의 혈색소농도 양은 4.6g/dℓ, 적혈구 용적는 21.5%라고 보고하였다. 본 연구에서 탄화물을 처리함에 따라 혈색소농도는 대조구보다 첨가구에서 모두 높은 값을 나타내었으며, 적혈구용적도 모든 첨가구에서 대조구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 특히, 적혈구용적의 경우 대조구는 건강한 넙치의 값보다 유의적으로 낮아 탄화물 첨가구보다 건강도가 떨어지는 것으로 나타났으며, 목초탄 첨가구는 두 가지 성분 모두 대조구보다 유의적으로 높아 가장 건강한 것으로 평가된다.

Table 5. Hepatosomatic index (HSI), visceralsomatic index (VSI), condition factor (CF) of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* which fed the experimental diets for 6 weeks*

	Diets			
	Control	Charcoal	Pyroligneous acid	Mogchotan
HSI (%)[1]	2.02±0.40	2.17±0.49	2.16±0.55	2.14±0.76
VSI (%)[2]	5.79±0.79	5.72±0.58	5.53±0.80	5.79±1.05
CF[3]	0.97±0.09	0.98±0.10	0.96±0.08	1.03±0.08

[1] Hepatosomatic index (%) : liver wt.×100/body wt.

[2] Visceralsomatic index (%) : (visceral wt.+liver wt.)×100/body wt.

[3] Condition factor : [fish wt. (g)/fish length (cm)3]×100.

* Data are mean±SD. Values with different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 6. Hemoglobin (Hb) and hematocrit (Ht) of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* which fed the experimental diets for 6 weeks*

	Diets			
	Control	Charcoal	Pyroligneous acid	Mogchotan
Hb (g/dℓ)	4.5±0.6^{a}	5.9±1.3^{ab}	6.1±1.1^{ab}	6.6±1.5^{b}
Ht (%)	17.3±1.5^{a}	22.0±1.2^{b}	23.0±1.6^{b}	24.0±2.1^{b}

* Data are mean±SD. Values with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4. 활력평가

어류의 폐사율을 조사하기 위한 공중 노출 실험결과는 Figure 1과 같다. 건출 내성평가에서 공기 중 노출 3회째에 대조구는 30%의 누적 폐사율을 나타내었으나, 목탄구, 목초액구 및 목초탄구는 폐사 개체가 없었다. 공기 중 노출 5회째 대조구는 90%의 높은 폐사율을 보였고, 목탄구는 70%였으며, 목초액구와 목초탄구는 40%로 낮은 폐사율을 나타내었다. 공기 중 노출에 있어서 폐사율을 좌우하는 것은 온도와 습도가 있지만, 가장 중요한 원인은 불리한 환경에서도 견딜 수 있는 어류 자체의 면역력이나 활력일 것이다. 공기 중 노출 실험에서 목탄, 목초액 및 목초탄 첨가구들이 낮은 폐사율을 나타낸 것은 혈액 성상과 함께 어류의 건강도와 활력이 개선되었음을 보여주는 결과라 할 수 있다. 특히 양식장에서는 양식어류의 고른 생장과 효율적인 관리를 위해 지속적으로 선별 작업을 하는데, 이때 양식어류는 공기 중에 노출됨으로써 많은 스트레스를 받게 되고 면역력이 약해진 어류는 선별 후 세균 감염 등으로 많은 폐사가 발생하기도 한다. 따라서 공기 중 노출에 따른 낮은 폐사율은 어류의 적절한 관리에 많은 도움을 줄 것으로 기대된다.

한편 2-phenoxyethanol 0.2% 침적실험 후의 회복율 결과는 Figure 2와 같다. 5분 동안의 회복율을 조사한 결과, 2분째는 모든 실험구에서 20~30% 범위로 비슷한 회복율을 보였다. 3분째는 목탄구와 목초탄구는 70%로 높은 회복율을 나타내었고, 대조구는 40%, 목초액구는 20%의 회복율을 보였다. 최종 5분째는 목탄구, 목초액구 및 목초탄구는 모두 100% 회복되었으나, 대조구는 80%의 회복율을 나타내었다. 2-phenoxyethanol은 어류를 마취시킨 후 회복시간에 따라 대사 기능과 활력을 평가하는 것으로 회복이 빠를수록 어류의 활력이나 면역력이 높은 것으로 평가한다. 본 연구에서 0.2% 2-phenoxyethanol에 침적시킨 후 마취된 상태에

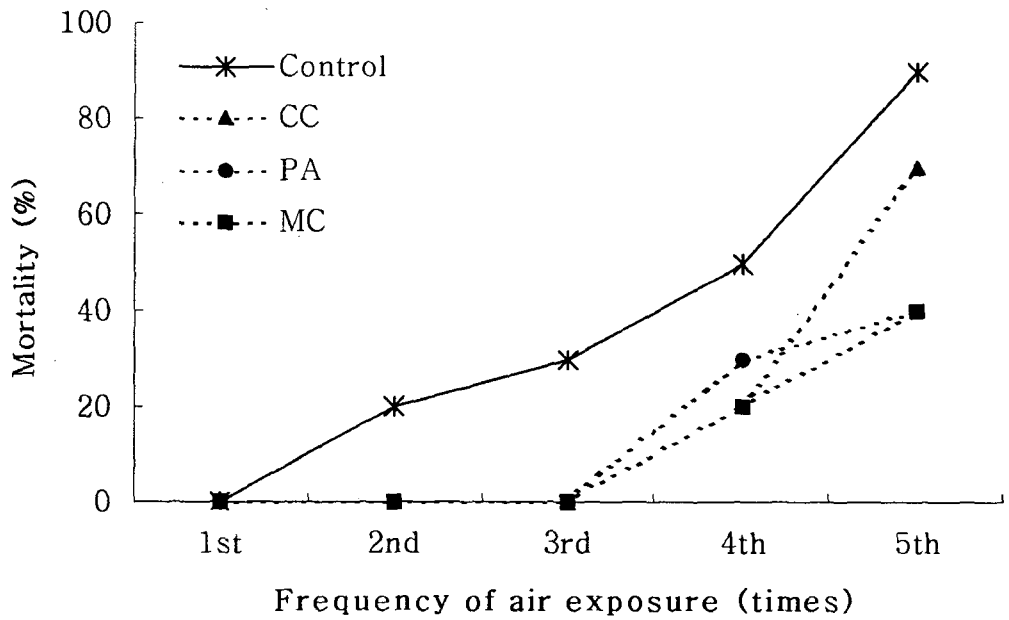

Figure 1. Changes of mortality in olive flounder, *Paralichthys olivaceus* after each air exposure.

서 회복 소요시간을 평가한 결과, 대조구보다 첨가구들이 모두 빠른 회복을 나타내었으며, 목초탄 첨가구가 가장 빠른 회복율을 나타내었다. 특히 목초탄 첨가구는 어류의 건강도와 활력 등을 평가하는 혈액성상, 공기 중 노출 및 2-phenoxyethanol 침적 실험에서 모두 좋은 결과를 보여 주었다.

결 론

탄화물 사료첨가제 형태에 따라 양식어인 넙치의 생장 및 체 조성에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 목탄, 목초액 및 목초탄 첨가구는 무첨가구와 비교하여 생장 개선효과가 나타났으며, 특히 목초액이 가장 우수하였다. 목초액 첨가에 따른 생장과 사료효율 개선 효과는 장내 유해 세균의 활성도를 억제시켜 영양소 이용률을 개선시킨데 그 원인이 있는 것으로 사료된다.
2. 혈색소농도와 적혈구용적은 대조구보다 첨가구에서 모두 높은 값을 나타내었으며, 특히 목초탄 첨가구가 대조구보다 유의적으로 높아 건강도가 우수한 것으로 나타났다.
3. 활력을 평가하기 위해 실시한 공기 중 노출실험에서 최종 5회의 노출을 통한 누적 폐사율은 대조구가 가장 높았고, 목초액과 목초탄 첨가구가 가장 낮게 나타났다.
4. 마취된 후 회복에 소요되는 시간을 평가한 결과, 모든 첨가구가 대조구보다 빠르게 회복되었으며, 목초탄 첨가구의 회복율이 가장 우수하였다. 특히 목초탄 첨가구는 양식어의 생장 효과와 더불어 어류의 건강도와 활력 등을 평가하는 혈액성상, 공기 중 노출실험 및 2-phenoxyethanol 침적실험에서 모두 우수한 결과를 나타내어, 어류의 생장과 면역력의 개선 효과를 위해서는 목초액과 목탄이 혼합된 목초탄 첨가가 적절할 것으로 판단된다.

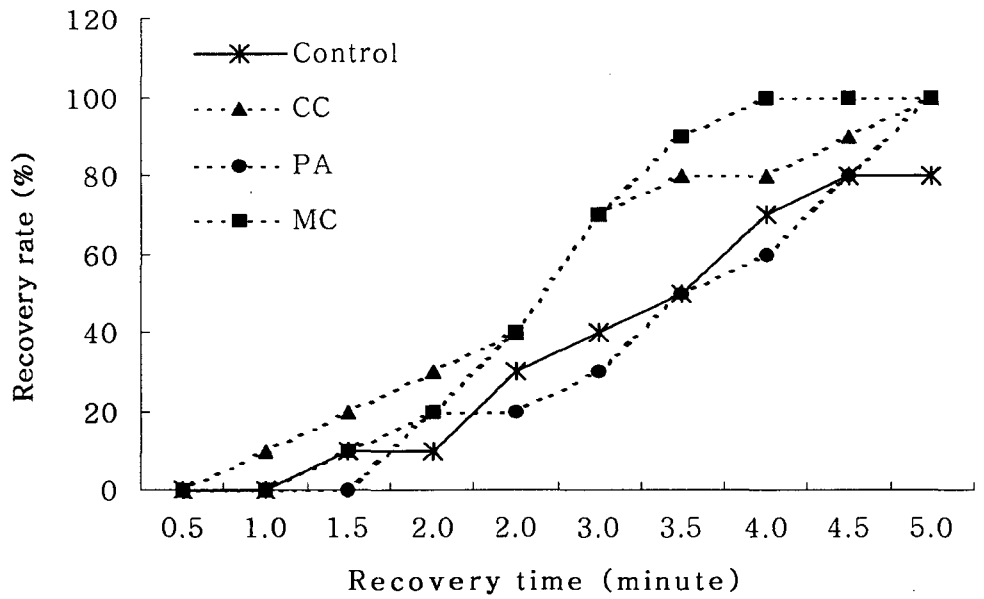

Figure. 2. Change of recovery rate (%) of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* during 5 minutes after 2-phenoxyethanol deposition experiment.

인 용 문 헌

1. Ahn, B. J., S. T. Cho, T. S. Jo, S. J. Lee and Y. S. Lee, 2003, Effect of wood charcoal and pyroligneous acid on soil microbiology and growth of red pepper. J. Korea Forestry Energy, 22(3) : 49-56
2. Chang, Y. J., M. R. Park, D. Y. Kang and B. K. Lee, 1999, Physiological responses of cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) on series of lowering seawater temperature sharply and continuously. J. Korean Fish. Sci., 32(5) : 601-606 (in Korean)
3. Chang, Y. J., J. W. Hur, H. K. Lim, and J. K. Lee, 2001, Stress in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and fat cod (*Hexagrammos otakii*) by the sudden drop and rise of water temperature. J. Korean Fish. Sci., 34(2) : 91-97 (in Korean)
4. Huh, K. S., E. D. Jeong, and U. H. Paek, 1999, A study on odor removal of landfill site leachate by pyroligneous liquid. J. of the Korean Environmental Sciences Society, 8(5) : 607-610
5. Jeong, G. S., S. C. Ji, and Y. S. Ju, 2003, Effects of the residues from medicinal herb extracts on growth and body composition of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). J. Korean Fish. Sci., 36(6) : 614-618 (in Korean)
6. Kikuchi, K., 1999, Use of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture, 179 : 3-11
7. Kook, K., and K. H. Kim, 2003, The effects of supplemental levels of bamboo vinegar on growth performance, serum profile and meat quality in fattening Hanwoo cow. J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.), 45(1) : 57-68
8. Kook, K., and K. H. Kim, 2003, Changes in meat quality characteristics on refrigerated pork loin fed with supplemental bamboo vinegar. J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.), 45(2) : 265-272
9. Kwon, M. G., Y. H. Lee, S. U. Park, B. S. Kim, and S. I. Park, 2002, The effects of charcoal in diet on the immune responses of flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Fish Pathol., 15(1) ; 17-24
10. Li, H. L., and K. S. Ryu, 2001, Effect of feeding various wood vinegar on performance and fog quality of laying hens. J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.), 43(5) : 655-662
11. Lee, S. M., C. H. Seo, and Y. S. Cho, 1999, Growth of the juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed the diets at different feeding frequencies. J. Korean Fish. Sci., 32(1) : 18-21
12. Lee, S. M., K. D. Kim, and P. L. Santosh, 2003, Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture, 221 : 427-438
13. Lee, S. M., K. D. Kim, H. S. Jang, Y. W. Lee, J. K. Lee, and J. H. Lee, 2003, Effect of soybean-curd residues in the formulated diet on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). J. Korean Fish. Sci., 36(6) : 596-600
14. Ohta, A. and L. Zhang. 1994. Acceleration of mycelial growth and fruiting body production of edible mushrooms by wood vinegar fractions. Mokuzai Gakkaishi. 40(4) : 429-433
15. Seo, Y. B., Y. Jeon, H. H. Lee, T. Y. Jung and J. S. Lee. 2003, Development of charcoal containing paper for packing grades (I) - ethylene gas adsorption - Journal of Korea TAPPI, 35(2) : 46-51

16. Sim, D. S., S. H. Jung and S. D. Lee. 1995, Changes of blood parameters of the cultured flounder *Paralichthys olivaceus* naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. Bulletin of national Fisheries Research and Development Agency, 49 : 149-155
17. 目黑貞利, 河內進策, 田中貴司. 1992. 酢酸および木酢液によるシイタケ害菌の防除. 日本 木材學會誌 68(11) : 1057-1062
18. 三枝敏郎. 1997. 有機農業への木酢液の利用一農業による環境坡壞の輕減. 特産情報 8 : 64~66
19. 美濃健一. 1997. 農業用資材としての木炭粉理化學的特性. 特産情報 11 : 64~67