

육상 사육 수조에서 쥐노래미 치어의 적정 사육 밀도

이종관 · 김성철 · 이상민

국립수산진흥원

Influence of Stocking Density on Growth, Feed Efficiency and Body Composition of Juvenile Fat Cod (*Hexagrammos otakii* Jordan et Starks) in Indoor Culture System

Jong Kwan Lee, Seong-Cheol Kim and Sang-Min Lee

National Fisheries Research and Development Agency, Pusan 619-900, Korea

A growth study was conducted to investigate the effect of stocking density on performance of juvenile fat cod (*Hexagrammos otakii* Jordan et Starks). Fish averaging 13 g were stocked into duplicate tanks (250 l each) at four different densities of 330 g/100 l, 660 g/100 l, 990 g/100 l, and 1330 g/100 l, and fed MP diet containing 50% frozen horse mackerel and 50% commercial binder meal for 2 months.

Weight gain, feed efficiency, survival rate, and protein retention were decreased as density increased. Whereas these parameters were not significantly different ($P>0.01$) fish stocked at initial stocking densities of 330 g/100 l, 660 g/100 l and 990 g/100 l. Moisture and lipid content of whole body were not affected by stocking densities ($P>0.01$). These results indicate that stocking density should be considered, and 1~2 kg fish/100 l final stocking density for juvenile fat cod could be used to decrease production cost for the indoor tank (culture) system.

Key words : Stocking density, Fat cod, Growth, Feed efficiency, Body composition

서 론

어류 양식 산업의 발달과 더불어 양식 생산에 소요되는 비용을 절감 시키는 것은 양식경영에 있어서 필수적인 요인이다. 여기에는 양식 어종, 사료, 사육 환경 등 여러 가지 조건들이 있지만, 이 중에서도 사육 조건은 양식에 있어 가장 먼저 고려되어야 할 요인이다. 어류를 사육할 때, 한정된 공간에 대상어종의 성장을 정상으로 유지하면서 사육 밀도를 최대로 하는 것은 단위 면적 당 생산량이 높아지므로 경영면에서 아주 중요하다. 특히, 우리 나라와 같이 양식에 소요되는 면적이 좁은 상황에서는 고밀도 양식이 불가피하기 때

문에 양식시 양식 대상 어종의 적정 사육 밀도를 구명하는 것은 매우 시급한 과제중의 하나이다. 적정 사육 밀도는 양식 어종, 어체 크기, 수온, 수질, 사료 종류 및 급여량 등 여러 가지 요인에 영향을 받는다. 사육 밀도에 대해서는 방양 밀도가 아주 중요하게 고려되는 갑각류에 대해 주로 연구되었고 (McClain, 1995; Daniels et al., 1995; Lutz and wolters, 1986; Karplus et al., 1986), 송어와 연어류에 대해서도 연구(Wal-lace et al., 1988; Refstie, 1977; Refstie and Kittelsen, 1976; Trzebiatowski et al., 1981) 된 바 있다.

쥐노래미(*Hexagrammos otakii* Jordan et

Starks)는 쥐노래미과(Hexagrammidae)에 속하는 종으로서 우리 나라의 전 연안, 일본 북해도 이남 및 황해에 서식하고 있으며, 주로 연안의 암초 지대에서 생활하는 잡식성으로 알려져 있다(국립수산진흥원, 1994). 현재까지는 인공종묘 생산에서 양성 단계까지의 체계적인 양식 기술이 확립되어 있지 않아 양식에 의한 생산량이 매우 낮은 형편이고, 서해나 남해의 일부 지역에서 자연산을 채집하여 일시적으로 축양하고 있는 실정이다. 또한, 이 종은 소비자들의 기호성이 현재 점차 높아지고 있을 뿐 아니라 저수온에 강하여 월동이 가능하며, 서식 환경이 축제식에 적합한 것으로 고려되고 있어 종묘생산 등 양식 기술이 확립되면, 양식 대상으로 가치가 매우 높을 것으로 판단된다. 그래서 본 실험은 보다 효율적인 쥐노래미 양식을 위해 우선 실내 사육 수조 내에서 사육 밀도가 성장 및 체성분에 미치는 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

실험 사료

실험 사료(Table 1)는 생사료(냉동 전갱이)와 분말 사료(넙치 육성용, 제일사료)를 1 : 1의 비율로 배합한 후 시판되고 있는 영양제(Super mix와 Tocomix-25)를 1.5% 첨가하여 잘 혼합한 후 약 1개월 분씩 moist pellet 제조기로 성형하여 냉동고에 보관(-25°C)하면서 먹이로

Table 1. Percent composition of experimental diet

Ingredient	%
Frozen horse mackerel	50
Commercial binder meal*	50
Nutrient content in wet wt. (%)	
Moisture	38.4
Protein	35.1
Lipid	5.9
Ash	6.6
Fiber	0.8

* Je Il Feeds, Korea, Contained 1.5% vitamin and mineral premixes (Super mix and Tocomix-25).

공급하였다. 사료 제조시마다 사료의 일반성분을 분석하여 전 실험 기간중의 평균을 계산하여 본 결과, 수분이 38.4%, 조단백질이 35.1%(건물 기준 : 57.0%), 조지방이 5.9%(건물 기준 : 9.6%), 조회분이 6.6%(건물 기준 : 10.7%), 조섬유가 0.8%(건물 기준 : 1.3%)였다.

실험어 및 사육 관리

경남 사천만의 낭장망에 채포된 4 cm 전후의 치어를 실험어 종묘로 구입하여 해상가두리에서 약 7 cm까지 사육한 후 국립수산진흥원 울진 수산종묘배양장 사육실로 수송하였다. 사육 실험에 사용된 최초 실험어는 13 g 전후의 치어로, 250 l FRP 수조(수용적 : 200 l)에 각각 2반 복으로 50, 100, 150, 200마리씩 수용하여 1995년 7월 25일부터 2개월간 18.3~19.4°C의 수온에서 사육하였다. 실험어가 커짐에 따라 pellet 크기를 조정하였고, 1일 2회 먹을때까지 사료를 손으로 던져주었으며, 사육수는 분당 5 l로 조정하여 실험수조에 주입하면서 수조마다 폭기시커 산소를 공급하였다. 1개월 간격으로 측정 전일 1~2일간 절식시킨 후 실험어를 MS222 100 ppm에 마취시켜 각 실험 수조에 수용된 실험어 전체 무게를 측정하였다.

최초 어체의 성분 분석용으로 20마리를 무작위로 표본 추출하였으며, 실험 종료시에는 각 실험 수조마다 10마리씩 sample하여 냉동 보관(-25°C)하다가 성분분석하였다.

성분 분석 및 통계 처리

분석용으로 냉동 보관하던 어체의 성분 분석을 위해 냉동된 상태의 어체를 각 수조별로 각각 7마리씩을 masscolloider (Masuko Co., Ltd., Japan)에서 분쇄하였다. 실험 사료 및 어체의 일반성분은 AOAC methods (1984)에 따라 분석하였다.

결과의 통계 처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1993) program을

사용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

13 g 전후의 실험어를 2개월간 사육한 후의 평균체중, 증체율, 사료효율, 단백질 축적을 및 일일사료섭취율(Table 2와 3)은 수용 밀도가 증가됨에 따라 이 값들이 감소하였다. 실험어가 수용된 수조의 수용적을 100 l로 환산하였을때 실험 시작시 수용적 100 l당 330 g을 수용한 실험구가 660~990 g을 수용한 실험구와는 유의차가 없었지만, 1330 g을 수용한 실험구와는 차이를 보였다(P<0.01). 폐사 개체도 사육 밀도가 높아짐에 따라 높아지는 경향을 보였다. 지질 축적을, 전어체의 수분 및 지질 함량은 사육 밀도에 영향을 받지 않아 실험구간에 유의차가 없었다(P>0.01). 전어체의 단백질 함량은 실험 시작시 수용적 100 l당 660 g을 수용한 실험구가 가장 낮고, 실험 시작시 수용적 100 l당 990 g을

수용한 실험구가 가장 높아, 두 실험구 사이에 유의차가 인정되었으나(P<0.01), 다른 실험구 사이에는 유의차없어 사육 밀도에 따라 특별한 경향은 없었다.

본 실험에서와 같이 사육 밀도가 높아짐에 따라 성장이 낮아지고 폐사율이 높아지는 것은 다른 어종(Brown et al., 1995 ; Kincaid et al., 1976 ; McClain, 1995 ; Mills and McCloud, 1983 ; Morrissy, 1992 ; Trzebiatowski et al., 1981)에서도 공통된 현상이다. 하지만 성장에 관계없이 송어와 연어에 있어서 낮은 밀도에서 오히려 폐사율이 높아진다는 결과(Refstie, 1977 ; Refstie and Kittelsen, 1976 ; Wallace et al., 1988)도 보고된 바 있다. 이러한 차이는 어종의 서식 환경이나 특성이 다르기 때문으로 설명이 가능하겠지만, 실험에 사용된 어체 크기에 따라 서로 달라질 것으로 생각된다. 앞에서도 언급했던 바와 같이 쥐노래미는 아직 종묘생산 기술이 확립되어 있지 않기 때문에, 본 실험에서

Table 2. Growth and feed efficiency of the feeding experiment at different stocking density*

Initial stocking density		Final stocking density		Initial average weight (g)	Final average weight (g)	Weight gain (%)	Feed efficiency (%)	Daily feeding rate (%)
g/100 l	fish/100 l	g/100 l	fish/100 l					
330	26	920	25	12.9 ^a	37.6 ^b	190.7 ^b	74.6 ^b	2.170 ^b
660	51	1500	46	12.9 ^a	32.8 ^{ab}	153.6 ^{ab}	70.9 ^{ab}	1.996 ^a
990	76	2000	60	13.1 ^a	33.0 ^{ab}	152.2 ^{ab}	66.7 ^{ab}	2.041 ^{ab}
1330	100	2180	71	13.2 ^a	30.6 ^a	132.6 ^a	58.4 ^a	1.946 ^a

* Values (mean of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.01).

Table 3. Nutrient retention and body composition of the feeding experiment at different stocking density*

Initial stocking density		Final stocking density		Protein retention (%)	Lipid retention (%)	Whole body (%)		
g/100 l	fish/100 l	g/100 l	fish/100 l			Moisture	Protein	Lipid
330	26	920	25	22.1 ^b	53.9 ^a	73.1 ^a	17.5 ^{ab}	4.6 ^a
660	51	1500	46	17.6 ^{ab}	51.7 ^a	74.0 ^a	16.6 ^a	4.4 ^a
990	76	2000	60	15.8 ^{ab}	46.9 ^a	73.2 ^a	17.7 ^b	4.5 ^a
1330	100	2180	71	11.3 ^a	53.4 ^a	73.5 ^a	17.5 ^{ab}	5.4 ^a

* Values (mean of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.01).10

는 종묘생산 단계의 치어를 사용할 수 없어 자연에서 채집한 13 g 전후의 쥐노래미를 실험어로 사용하여 40 g 정도까지 사육 실험하였다. 사육 밀도가 어체 크기에 따라 달라질 가능성을 감안하여 앞으로 쥐노래미의 양식 발전을 위해서는 아주 어린 치어 단계에서부터 성어에 이르기까지의 적정 사육 밀도가 계속 연구되어야 할 것이다. Wallace et al. (1988)은 Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L)을 대상으로 크기별로 밀도 실험을 실시한 결과, 어체 크기가 작을수록 높은 밀도에서 성장이 좋아지는 것을 발견하였다.

이 외에도 적정 사육 밀도에 영향을 미칠 수 있는 요인으로서 지적되어야 할 것은 사육 환경에 대한 stress로 생각된다. 여기에는 사육 수조의 크기 및 형태, 유수량, 수질, handling 등 여러 가지 요인이 있는데, 예를 들어, 사육 수조의 크기를 생각해 볼 때, 사육 수조 용적이 작을수록 수용된 어류의 활동 범위가 좁아지므로 stress는 상대적으로 높아질 것이다. 본 실험에서는 실험실 사정으로 인해 250 l FRP 사각 수조를 사용하였지만, 이보다 수용적이 더 큰 사육 수조를 사용한다면 사육 밀도는 더 높아질 가능성은 충분하다고 생각된다. 하지만 본 실험 결과에서와 같이 사육 밀도가 높아짐에 따라 성장 효과가 떨어지고 폐사율은 높아지는 경향이이었으므로 실제 양식시에도 이 점은 반드시 고려되어야 할 것이다. 본 실험에서 그 외 stress에 영향을 줄 수 있는 요인들(유수량, 산소 공급, 주위 환경 등)은 실험어가 최대한 안정된 상태를 유지하도록 주의하여 사육하였다.

El-Sayed et al. (1995)은 사료 급여량이 사육 밀도에 영향을 미칠 수 있고, 같은 밀도내에서도 사료 급여량이 많을수록 사료효율이 낮아진다고 보고하였다. 본 실험에서는 실험어인 쥐노래미가 더 이상 먹지 않을 때까지 사료를 반복으로 주의깊게 던져 주었기 때문에 전 실험구의 사료효율이 전체적으로 낮아진 것으로 판단되며, 사료를 반복으로 섭취하는 것은 어류가 소화, 흡수하는데 부담스러울 뿐 아니라 수질을 악화시킬수 있다.

이 등(1996)은 조피볼락을 대상으로 적정 사료 공급율을 조사한 결과, 사료를 반복으로 급여하는 것보다는 반복의 80% 전후가 좋은 것으로 보고하였으며, 어체크기에 따라 차이는 있겠지만, 이(1996)은 25~60 g의 조피볼락에는 1일 1회 또는 2일 1회 사료를 급여하는 것이 좋다고 하였다. 따라서 본 종에 대해서도 사료 급여량을 줄인다면 사료효율이 더 높아지고, 밀도를 더 높혀 사육할 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 여러 요인들을 고려하여 볼 때, 앞으로 본 종의 양식 발전을 위해서는 종묘 생산 기술 등 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

경제적인 양식 경영면을 고려할 때 수용 밀도를 높일수록 양식 생산량이 높아질 것으로 예측되지만, 사육 밀도를 적정 밀도 이상으로 높이는 것은 성장을 저하시키고, 폐사율을 높일뿐 아니라, 사육수 중의 암모니아 농도 상승, DO 저하, 질병 유발 가능성 등 위험 요소들이 항상 잠재되어 있으므로 최적 밀도를 유지하는 것이 매우 중요하다. 본 실험 결과들을 종합하여보면 수용 밀도가 낮을수록 성장, 사료효율 및 단백질 축적율이 좋았으며, 수용적 100 l당 최초 수용시 990 g이 수확시 2000 g인 실험구까지는 대조구와 유의차가 없는 것으로 보아, 어체 크기, 사육 환경 및 사육 기간 등에 따라 다소 차이는 예상되지만, 본 실험에서와 같이 치어기 때에는 수용적 100 l당 1~2 kg까지가 적정 수용 밀도로 판단된다.

요 약

육상 사육 수조에서의 쥐노래미 적정 사육 밀도를 구명하기 위해 13 g 전후의 치어를 대상으로 250 l FRP 수조(수용적: 200 l)에 각각 2반복으로 50 (330 g/100 l), 100 (660 g/100 l), 150 (990 g/100 l) 및 200 (1330 g/100 l) 마리씩 수용하여 냉동 전갱어와 분말사료를 1:1의 비율로 혼합한 moist pellet으로 2개월간 사육 실험하였다. 사육실험한 후의 평균체중, 증체율, 사료효율, 일일사료섭취율 및 단백질 축적

율이 수용 밀도가 증가됨에 따라 이 값들이 감소하여 실험 시작시 수용적 100 1당 330 g을 수용한 실험구가 660~990 g을 수용한 실험구와는 유의차가 없었지만, 1330 g을 수용한 실험구와는 차이를 보였다($P<0.01$).

참 고 문 헌

- AOAC., 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington. AV. 1141 pp.
- Daniels, W. H., L. R. D'Abramo, M. W. Fondren and M. D. Durant, 1995. Effects of stocking density and feed on pond production characteristics and revenue of harvested freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* stocked as size-graded juveniles. J. World Aquacult. Soc., 26 : 38-47.
- Brown, P. B., K. A. Willson, J. E. Wetzel, II and B. Hoene, 1995. Increased densities result in reduced weight gain of crayfish *Orconectes virilis*. J. World Aquacult. Soc., 26 : 165-171.
- El-Sayed, A. M., K. A. Mostafa, J. S. Al-Mohamma, A. El-Dehaimi and M. Kayid, 1995. Effects of stocking density and feeding levels on growth rate and feed utilization of rabbitfish *Siganus canaliculatus*. J. World Aquacult. Soc., 26 : 212-216.
- Karplus, I., G. Hulata, G. W. Wohlfarth and A. Halevy, 1986. The effect of density of *Macrobrachium rosenbergii* raised in earthen ponds on their population structure and weight distribution. Aquaculture, 52 : 307-320.
- Kincaid, H. L., W. R. Bridges, A. E. Thomas and M. J. Donahoo, 1976. Rearing capacity of circular containers of different sizes for fry and fingerling rainbow trout. Prog. Fish Cult., 38 : 11-17.
- Lutz, C. G. and W. R. Wolters, 1986. The effect of five stocking densities on the growth and yield of red swamp crawfish *Procambarus clarkii*. J. World Aquacult. Soc., 17 : 33-36.
- McClain, W. R., 1995. Growth of crawfish *Procambarus clarkii* as a function of density and food resources. J. World Aquacult. Soc., 26 : 24-28.
- Mills, B. J. and P. I. McCloud, 1983. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the cryfish *Cherax destructor Clark* (Decapoda, Parastacidae). Aquaculture, 34 : 51-72.
- Morrissy, N. M., 1992. Density-dependent pond growout of single year-class cohorts of a freshwater crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith) to two years of age. J. World Aquacult. Soc., 23 : 154-168.
- Refstie, T., 1977. Effect of density on growth and survival of rainbow trout. Aquaculture, 11 : 329-334.
- Refstie, T. and A. Kittelsen, 1976. Effect of density on growth and survival of artificially reared *Atlantic salmon*. Aquaculture, 8 : 319-326.
- SPSS for Window, 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Trzebiatowski, R., J. Filipiak and R. Jakubowski, 1981. Effect of stock density on growth and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich). Aquaculture, 22 : 289-295.
- Wallace, J. C., A. G. Kolbeinshavn and T. G. Reinsnes, 1988. The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L). Aquaculture, 73 : 101-110.
- 국립수산진흥원, 1994. 유용어류도감. 299pp.
- 이상민, 1996. 조성이 다른 두 종류의 배합사료에 있어 사료 급여율이 조피볼락의 성장, 사료효율 및 체성분에 미치는 영향. 미발표.
- 이상민·김성희·전임기·김선명·장영진, 1996. 조성이 다른 두 종류의 배합사료에 있어 사료 급여 횟수가 조피볼락의 성장, 사료효율 및 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 9 : 인쇄중.