

# 치어기 대농갱이 (*Leiocassis ussuriensis*) 사육밀도가 성장에 미치는 영향

임성률 · 이상우\* · 이동훈†

경기도해양수산자원연구소(연구사) · \*경기도해양수산자원연구소(소장) ·

†경기도해양수산자원연구소(연구사)

## Effects of Stocking Density on the Growth of Fingerling Bagrid Catfish, *Leiocassis ussuriensis*

Seong-Ryul LIM · Sang-Woo LEE\* · Dong-Hoon LEE†

Gyeonggi Province Maritime and Fisheries Research Institute(researcher · \*chief director · †researcher)

### Abstract

This study investigated the effects of stocking density on the growth of fingerling bagrid catfish, *Leiocassis ussuriensis* in 1.00±0.01 g/fish size groups. Five fish groups (three replicates per group) of 2,400 fish were randomly allotted to each of 15 tanks (50, 100, 150, 200 and 300 fish per replicate of group) under a semi-recirculation freshwater system and each groups were fed commercial EP diets twice a day for 8 weeks. At the end of the feeding trial, weight gain (%) and specific growth rate (%) of fish at a density of 50 fish no. per water volume 100 L was higher than those of fish at densities of 200 and 300 fish no. per water volume 100 L. Feed efficiency (%) of fish at a density of 50 fish no. per water volume 100 L was higher than those of fish at densities of 100, 150, 200 and 300 fish no. per water volume 100 L. In whole body proximate composition of fish, crude protein (%) of fish at density of 200 and 300 fish no. per water volume 100 L was lower than those of fish at density of 50, 100 and 150 fish no. per water volume 100 L. Crude lipid (%) of fish at density of 300 fish no. per water volume 100 L was lower than those of fish at density of 50, 100, 150 and 200 fish no. per water volume 100 L. Broken-line regression model analysis on the basis of WG indicated that the maximum stocking density could be up to 168 fish no. per water volume 100 L.

**Key words :** Bagrid catfish, *Leiocassis ussuriensis*, Stocking density, Weight gain, Feed efficiency

### I. 서론

대농갱이 (*Leiocassis ussuriensis*)는 메기목 (Siluriformes) 동자개과에 속하는 어류로서 식용 양식 대상과 내수면 자원조성 어종으로 주목받고 있는 어종이다. 내수면 어류의 연간 총 생산량은 2020년 기준 33,929톤에 이르고 있으며, 이 중 양식생산량은 25,711톤으로, 전체 생산량의 75%를 차지하고

있다(MOF, 2021). 국내 내수면 어류 중 대농갱이를 포함한 동자개류의 양식생산량은 138톤 규모로 동자개류 전체(어로+양식) 생산량 389톤의 35%를 차지하고 있다(MOF, 2021). 대농갱이의 국내 분포는 임진강, 한강, 금강 및 낙동강에서 서식하며 국외에서는 중국에 분포하고 있다(Kim and Kang, 1993). 대농갱이는 수컷의 성장이 암컷에 비해 빠른 것으로 알려져 있으며 이러한 어종

† Corresponding author : 031-8008-6510, leedh27@gg.go.kr

특성으로 자·치어의 수컷 성전환 및 성분화에 대한 연구가 수행되어 왔다(Park et al., 2001; 2007a,b). 또한 대농갱이와 유사한 동자개 (*Pseudobagrus fulvidraco*)는 암컷의 포란수가 대농갱이에 비해 많아 동자개 암컷과 대농갱이의 수컷을 교잡하는 연구도 보고되고 있다(Park et al., 2006; 2009). 그러나 가장 기초적이면서 양식장 현장에서 실용적으로 이용 가능한 사육 매뉴얼은 없는 실정이다. 또한 적정 사육밀도는 양식에 있어 어류의 성장과 생육에 관계되는 가장 중요한 환경 요소 중의 하나로 적정 사육밀도를 초과하여 양식할 때 성장이 저하되고 스트레스 요인으로 작용하여 질병 발생이 일어나기 쉽다(Jørgensen et al., 1993; Björnsson 1994).

현재까지 내수면 어종으로 뱀장어(*Anguilla japonica*), 메기(*Silurus asotus*), 동자개(*Pseudobagrus fulvidraco*), 참게(*Eriocheir sinensis*), 황복(*Takifugu obscurus*), 자라(*Trionyx sinensis*), 은어(*Plecoglossus altivelis*), 잉어(*Cyprinus carpio*), 붕어(*Carassius carassius*), 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*)류 등을 강·하천에 자원조성하고 있으며, 대농갱이의 경우 2009년부터 방류 대상 종으로 선정되어 대농갱이 치어의 자원조성이 실시되고 있다. 어로 어업을 영위하는 어민들은 동자개보다는 성장이 빠른 대농갱이의 방류를 선호하고 있어 향후 지속적인 자원조성이 기대되는 품종이다. 따라서 본 연구의 목적은 대농갱이 치어기 적정 사육밀도를 구명하여 이를 양식하고 있는 어업인에게 정보를 제공함으로써 치어 생산 시 효율적 사양 관리가 이루어지도록 함에 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 디자인

실험에 사용한 대농갱이 치어는 경기도 연천군 소재 양식장에서 생산된 치어로, 평균 중량 1.00±0.01 g, 체장 3.2±0.2 cm의 치어 5,000마리를

구입하여 사용하였다. 구입된 치어는 PVC 원형 수조(φ 4.5 m)에 수용하여 1주일간 실험사료(<Table 1>에 순치한 다음, 실험수조 배치 전 24 h 절식한 후 100 L PVC 사각수조 (0.4 × 0.5 × 0.5 m)에 50, 100, 150, 200 및 300마리씩 3반 복으로 총 15개의 수조에 무작위 배치하였다. 사육 시스템은 반 순환식 시스템(semi-recirculating aquaculture system)으로 운영하였는데, 섬프수조(2 × 1 × 0.5 m), 순환펌프 (1 HP), 드럼스크린, 생물여과기(300 L), 자외선램프 및 가온시설(경유 보일러)이 사육지 15개소와 연결되어 구성되었고, 1일 전체 시스템 수량의 1/3을 환수하였다.

### 2. 실험 사육조건

대농갱이 치어기 사육밀도에 대한 실험 기간은 총 8주간 실시하였으며, 수온은 26±0.5℃, 용존산소(dissolved oxygen, DO)는 7.1±0.5 mg/L, pH는 7.44±0.08로 유지하였다. 실험어의 사료 공급은 수입산 상업용 사료(LOVE·LARVA® No. 4 and No. 5, Japan)를 사용하여 실험어 배치 1일 후부터 만복공급 방식으로 1일 2회(07:00, 19:00) 12시간 간격으로 공급하였다. 실험사료의 성분은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Nutrient contents of experimental diets<sup>1</sup>

Nutrient contents	Diet	
	0.63-1.06	1.10-1.30
Size (mm)	0.63-1.06	1.10-1.30
Experimental period (weeks)	1-4	5-8
Moisture (%)	6.39	3.37
Crude protein (%)	45.39	51.68
Crude lipid (%)	8.14	9.74
Crude Ash (%)	16.04	15.64

<sup>1</sup>Values are means of one replicates with 2 determinations for experiment trial.

### 3. 실험어 측정

대농갱이 실험어 측정은 2주 간격으로 실시하

였으며, 측정 전 24 h 절식시킨 후에 각 수조당 전체 무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율(WG, weight gain) (%), 사료효율(FE, feed efficiency) (%), 일간성장률(SGR, specific growth rate) (%) 및 생존율(SR, survival rate) (%)을 조사하였으며, 아래의 식으로 계산하였다.

- (1) Weight gain (%) = (final weight (g) - initial weight (g)) × 100 / initial weight (g).
- (2) Feed efficiency (%) = wet weight gain (g) × 100 / dry feed intake (g, DM).
- (3) Specific growth rate (%) = (Ln final weight (g) - Ln initial weight (g)) / experimental days × 100.
- (4) Survival rate (%) = final fish number / initial fish number × 100.

#### 4. 전어체 일반성분 분석

일반성분은 각 실험구의 반복구별 10마리를 무작위로 추출한 후 분쇄하여 AOAC (1995) 방법에 의해 수분은 상압가열건조법 (125℃, 3시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법 (N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12 시간 동결건조한 후 Soxtec system 1046 (Tator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

#### 5. 통계처리

대농갱이 치어의 사육밀도 조건 성장 실험 종료 후, 모든 결과의 통계처리는 SPSS Version 10 프로그램의 일원분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 분석하였으며, 실험구간 유의성이 발견되었을 시 사후검정은 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955) 분석을 이용하였고, 통계분석의 유의수준은 5% (P<0.05)에서 결정되었다. 성장 요인 증체율(WG)에 기반한 대농갱이 치어의 최대 사육밀도는 broken-line 분석(Robbins et al., 1979)

을 통해 추정되었으며, 사육밀도와 사료효율에 대해서는 선형회귀분석(linear regression analysis)을 통해 상관관계를 파악하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

8주간 대농갱이 치어기 사육실험에 대한 성장 결과는 <Table 2> 및 [Fig. 1]과 [Fig. 2]에 나타내었다. 실험구 평균 어체중은 실험 초기 모든 실험구에서 1.0 g 내외의 값을 나타내었으나, 실험 종료 후 3.51 g(300마리 실험구)에서 3.92 g(50마리 실험구)까지 성장하였다. WG (%)은 50 및 100마리 실험구가 300마리 실험구보다 유의하게 높은 값을 나타내었으나(P<0.05), 50, 100 및 150마리 실험구간에는 유의한 차이가 나타나지 않았고(P>0.05) 150, 200 및 300마리 실험구간에도 유의차가 나타나지 않았다(P>0.05). FE (%)는 50마리 실험구가 다른 모든 구보다 유의하게 높은 값을 나타내었으며(P<0.05) 200 및 300마리 실험구가 다른 3개 실험구에 비해 확연하게 낮은 값을 나타내었다(P<0.05). SGR (%)은 WG (%)과 유사한 결과를 보였으며, SR (%)은 유의한 차이가 나타나지 않았다(P>0.05).

실험 종료 후 실시한 전어체 분석 결과는 <Table 3>에 나타내었다. 수분은 50, 100마리 실험구가 150, 200 및 300마리 실험구보다 유의하게 높은 값을 보였다(P<0.05). 조단백질 함량은 50, 100 및 150마리 실험구가 200 및 300마리 실험구보다 유의하게 높은 값을 나타내었으며(P<0.05) 50, 100 및 150마리 실험구간에는 유의차가 나타나지 않았다(P>0.05). 조지방 함량은 50, 100, 150 및 200마리 실험구가 300마리 실험구보다 유의하게 높은 값을 나타내었고(P<0.05) 50, 100, 150 및 200마리 실험구간에는 유의차가 나타나지 않았다(P>0.05). 조회분 함량은 300마리 실험구에서 가장 높은 값을 보였다(P<0.05). 일반적으로 어류의 전어체 분석에서 성장이 양호한 개체는 지방 함량이

<Table 2> Growth performance of fingerling bagrid catfish, *Leiocassis ussuriensis* rearing different stocking density (50, 100, 150, 200 and 300 fish number per water volume of 100 L) for 8 weeks<sup>1</sup>

Parameters	Fish stocking density (fish No. / water volume 100 L)					p-value
	50	100	150	200	300	
Initial mean wt. (g)	1.00±0.01 <sup>ns</sup>	1.00±0.01	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.01	0.963
Final mean wt. (g)	3.92±0.11 <sup>a</sup>	3.85±0.09 <sup>ab</sup>	3.69±0.07 <sup>abc</sup>	3.62±0.24 <sup>bc</sup>	3.51±0.10 <sup>c</sup>	0.025
WG (%) <sup>2</sup>	291.6±10.5 <sup>a</sup>	285.3±8.9 <sup>ab</sup>	269.1±7.4 <sup>abc</sup>	262.3±24.4 <sup>bc</sup>	250.7±10.2 <sup>c</sup>	0.025
FE (%) <sup>3</sup>	94.6±0.3 <sup>a</sup>	91.7±1.0 <sup>b</sup>	90.3±0.3 <sup>b</sup>	86.4±2.5 <sup>c</sup>	83.3±0.9 <sup>d</sup>	<0.001
SGR (%) <sup>4</sup>	1.36±0.03 <sup>a</sup>	1.35±0.02 <sup>ab</sup>	1.31±0.02 <sup>abc</sup>	1.28±0.07 <sup>bc</sup>	1.25±0.03 <sup>c</sup>	0.035
SR (%) <sup>5</sup>	83.3±5.0 <sup>ns</sup>	80.0±5.1	80.7±6.8	75.2±9.4	74.6±6.8	0.496

<sup>1</sup>Values are presented as mean±SE of three replicates groups. Means in each row with different superscripts are significantly different (P<0.05) and with ns superscripts are not significant (P>0.05).

<sup>2</sup>Weight gain (%) = (final weight (g) - initial weight (g)) × 100 / initial weight (g).

<sup>3</sup>Feed efficiency (%) = wet weight gain (g) × 100 / feed intake (g, DM)

<sup>4</sup>Specific growth rate (%) = [(Ln final weight (g) - Ln initial weight (g)) / days] × 100.

<sup>5</sup>Survival rate (%) = final fish number / initial fish number × 100.

<Table 3> Whole body proximate composition (% , as-is basis) of fingerling bagrid catfish, *Leiocassis ussuriensis* rearing different stocking density (50, 100, 150, 200 and 300 fish number per water volume of 100 L) for 8 weeks<sup>1</sup>

Parameters	Fish stocking density (fish No. / water volume 100 L)					p-value
	50	100	150	200	300	
Moisture (%)	76.9±0.95 <sup>a</sup>	77.2±0.74 <sup>a</sup>	74.1±1.03 <sup>b</sup>	74.6±0.55 <sup>b</sup>	75.2±0.60 <sup>b</sup>	0.02
Crude protein (%)	18.8±0.26 <sup>a</sup>	18.6±0.40 <sup>a</sup>	18.4±0.12 <sup>a</sup>	17.4±0.42 <sup>b</sup>	17.3±0.15 <sup>b</sup>	<0.001
Crude lipid (%)	1.72±0.07 <sup>a</sup>	1.74±0.05 <sup>a</sup>	1.80±0.03 <sup>a</sup>	1.79±0.05 <sup>a</sup>	1.45±0.06 <sup>b</sup>	<0.001
Crude Ash (%)	3.75±0.04 <sup>c</sup>	3.59±0.06 <sup>c</sup>	4.30±0.14 <sup>b</sup>	4.20±0.11 <sup>b</sup>	4.62±0.21 <sup>a</sup>	<0.001

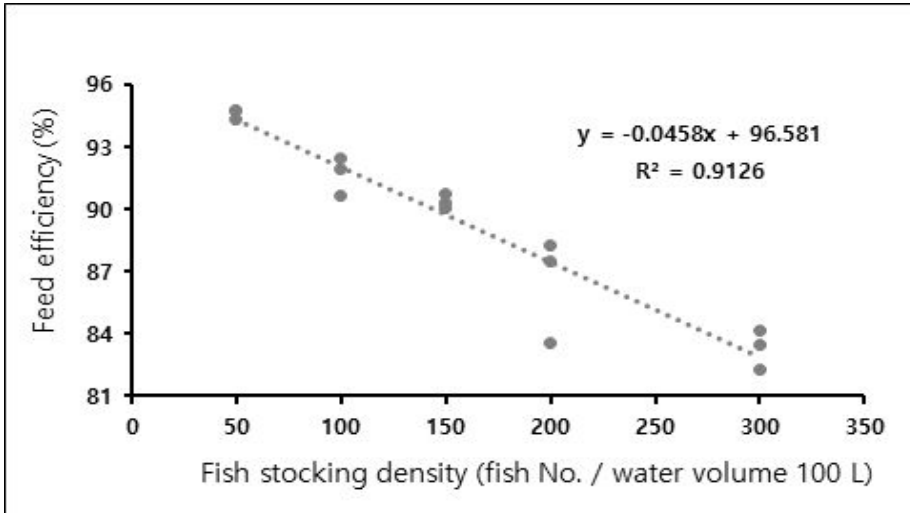
<sup>1</sup>Values are presented as mean±SE of three replicates groups. Means in each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

다소 높고 상대적으로 수분 함량이 낮은 값을 보이나, 본 실험에서는 50, 100마리 실험구의 수분 및 지방 함량이 모두 높은 결과를 나타내었다. 이러한 이유는 조퇴분 함량이 상대적으로 낮아짐에 따라 수분 함량이 증가하였을 것으로 사료되나, 추후 연구가 필요한 부분으로 고려된다. 어류의 사육밀도는 성장, 활동성 및 생존에 영향을 주는 요인으로(Cruze and Ridha, 1991; Hargreaves et al, 1991; Irwin et al., 1999; Wallat et al., 2004), 사육지 면적에 비해 많은 양의 어류 수용은 성장률을 감소시키며, 폐사율을 증가시키는 것으로

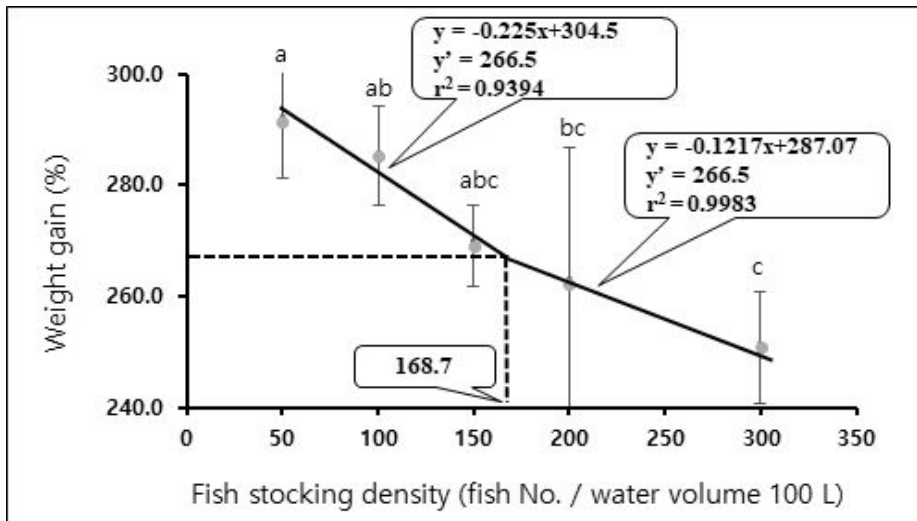
잘 알려져 있다(Lee et al., 1996). 하지만 이와는 다르게 어중에 따라서 낮은 밀도로 양성하는 것이 오히려 성장에 부정적 영향을 주기도 한다(Björnsson, 1994). Fairchild and Howell(2001)은 어류 양성 시 특정 밀도까지 사육량을 증가시켜도 성장에 영향이 없음을 보고하였고, 고밀도로 양성한 어류가 사료효율 및 생존율 부분에서 긍정적인 효과를 나타내었다는 상반된 결과들도 보고되고 있다(Rowland et al., 2006). 담수어에 대한 사육밀도 실험 결과를 살펴보면, Lee and Kim(2017)은 쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 1년생(50.2

g)의 10주간 사육밀도에 관한 성장실험에서 1, 2, 3 kg/m<sup>3</sup> 밀도 실험구에서 생존율 및 성장에 차이가 없다가 4 kg/m<sup>3</sup> 밀도 실험구에서 생존율 및

성장이 낮아졌음을 보고하였고, Yi et al.(1996)은 틸라피아(141g)를 대상으로 사육밀도에 대한 생존율 및 성장실험에서 30, 40, 50마리/m<sup>3</sup> 실험구에



[Fig. 1] Linear regression analysis on feed efficiency of fingerling bagrid catfish rearing different stocking density (50, 100, 150, 200 and 300 fish number per water volume of 100 L) for 8 weeks. Linear regression analysis,  $F_{1, 13} = 142.73$ ;  $P < 0.0001$ .



[Fig. 2] Broken line analysis on weight gain (%) of fingerling bagrid catfish rearing different stocking density (50, 100, 150, 200 and 300 fish number per water volume of 100 L) for 8 weeks. Values are means±SE of fish groups with three replicates.

서는 차이를 보이지 않았으나, 60, 70마리/m<sup>3</sup>의 실험구에서는 낮은 값을 나타내었음을 보고하였다. 일반적으로 고밀도 양식 어류들은 성장이 양호한 개체와 부진한 개체로 계층화가 심화된다고 보고되고 있으며, 성장이 부진한 개체는 먹이에 대한 접근성이 떨어져 사료를 섭취할 수 있는 기회가 줄어들고 성장이 지속적으로 저하되는 것으로 판단되고 있다(Rowland et al., 2006). 본 실험에서도 치어기 대농갱이 적정 사육밀도 (150마리/수용량 100 L)를 초과하는 200마리 실험구와 300마리 실험구에서는 성장 요인들이 낮게 나타났다.

이러한 결과는 현재 실험 사육 기간이 늘어남에 따라 밀도가 높은 실험구(200, 300마리/수용량 100 L)에서 개체간 계층화가 심화되었고, 성장이 지연된 개체도 증가하였기 때문인 것으로 사료된다. 또한 전어체 분석에서도 적정 사육밀도(150마리/수용량 100 L)를 넘어서는 200마리 실험구와 300마리 실험구에서 조단백질과 조지방 함량이 낮게 나타났는데 이 역시 성분분석을 위한 무작위 샘플 수집 시 성장이 지연된 개체가 두 실험구에 다수 포함되었고, 결과적으로 분석치가 낮게 나타난 것으로 사료된다.

현재 실험에서 FE (%)와 치어기 대농갱이(1-4 g) 사육밀도의 상관관계수(R<sup>2</sup>)는 91.3%로([Fig. 1]), 사육밀도가 높아질수록 낮아지는 경향을 보여(F1, 13 = 142.73; P<0.0001.) 100 L 수용량에 50마리 이상 수용 시 사료 허실이 발생함을 추정할 수 있다. 그러나 WG (%)에 기반하여 broken-line 분석 시([Fig. 2]), 치어기 대농갱이 최대 사육밀도는 수용량 100 L당 168.7마리를 수용할 수 있으므로, 사료의 비용과 어체의 증체율을 고려하면 수용량 100 L에 50-168마리를 양성하는 것이 효율적일 것이다. 수용량을 1톤으로 환산 시 500마리에서 1,687마리의 대농갱이 치어를 양성할 수 있을 것으로 추정할 수 있으나, 향후 사료 비용에 대한 어체 생산량의 상관분석 연구가 필요할 것으로 고려된다.

어종에 따라 적정 사육밀도는 달라질 수 있으므로 경제성을 고려하여 사육 어종의 크기에 따라 최적 사육밀도를 구명하는 것은 매우 중요한 일이다. 본 연구의 결과는 대농갱이 치어 생산을 영위하는 양식어업인에게 유용한 정보가 될 것이며, 향후 육성기 대농갱이의 적정 사육밀도에 관한 연구도 수행되어야 할 것이다.

## References

- AOAC(1995). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, U.S.A. 1141.
- Björnsson B(1994). Effects of stocking density on growth rate of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared in large circular tanks for three years. *Aquaculture* 123(3-4), 259-270.  
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90064-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90064-7).
- Cruz EM and Ridha M(1991). Production of the tilapia *Oreochromis spirulus* Gunther stocked at different densities in sea cages. *Aquaculture* 99, 95-103.  
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90290-n](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90290-n).
- Duncan, DB(1955). Multiple range and multiple 'F' tests. *Biometrics* 11(1), 1-42.  
<https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Fairchild EA and Howell WH(2001). Optimal stocking density for juvenile winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*. *J World Aquacult Soc* 32, 300-308.  
<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2001.tb00453.x>.
- Hargreaves JA, Rakocy JE and Bailey DS(1991). Effects of diffused air and stocking density on growth, feed conversion and production of Florida red tilapia in cages. *J World Aquacult Soc* 22, 24-29.  
<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1991.tb00712.x>.
- Irwin S, Halloran JO and Fitzgerald RD(1999). Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus*. *Aquaculture* 178, 1-2.  
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00122-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00122-2).

- Jørgensen EH, Christiansen JS and Jobling M(1993). Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquaculture* 110(2), 191~204.  
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90272-Z](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90272-Z).
- Kim IS and Kang EJ(1993). Coloured fishes of Korea. Academy publishing company, Seoul, Korea, 477.  
<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0314>.
- Lee JK, Kim SC and Lee SM(1996). Influence of stocking density on growth, feed efficiency and body composition of juvenile fat cod (*Hexagrammos otakii* Jordan et Starks) in indoor culture system. *J Aquac* 9, 233~237.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2008.00564.x>.
- Lee SM and Kim YO(2017). Effect of stocking density on the growth and body composition of the mandarin fish *Siniperca scherzeri*. *Korean J Fish Aquat Sci* 50(6), 762~769.  
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0762>.
- MOF(2021). Ministry of Oceans and Fisheries. Fisheries statistics. Retrieved from <https://www.fips.go.kr/p/S020304/> on July 06, 2021.
- Park SY, Kang EJ, Nam YK and Bang IC(2009). Early survival and karyotype of backcross bullhead hybrid between *Pseudobagrus fulvidraco* female and *P. fulvidraco* × *Leiocassis ussuriensis* hybrid male. *J aquaculture* 22(1), 74~78. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO200911440582225> on July 07, 2021.
- Park SY, Kim DJ, Lee YA, Noh CH, Kim DS and Bang IC(2006). Cytogenetic analysis of an intergeneric hybrids between Korean bullhead (*Pseudobagrus fulvidraco*) and Ussurian bullhead (*Leiocassis ussuriensis*). *Korean J Ichthyol* 18(1), 20~26. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO200610103487373> on July 09, 2021.
- Park SY, Lee YA, Choi KC, Kang EJ and Bang IC(2001). Early gonadogenesis and sex differentiation in the bagrid catfish, *Leiocassis ussuriensis*. *Korean J Ichthyol* 13(4), 248-253. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO200127236820696&dbt=NART> on July 14, 2021.
- Park SY, Nam YK, and Bang IC(2007a). Production of induced gynogenetic diploid bagrid catfish *Leiocassis ussuriensis* (Siluriformes) - I. optimization of treatment condition for diploid gynogenesis. *J Aquaculture* 20(3), 184~189. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO200707341592222> on July 16, 2021.
- Park SY, Nam YK, and Bang IC(2007b). Production of induced gynogenetic diploid bagrid catfish *Leiocassis ussuriensis* (Siluriformes) II. viability, early growth and sex ratio of gynogenetic diploidy. *J Aquaculture* 20(3), 190~193. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO200707341592267> on July 16, 2021.
- Robbins KR., Norton HW and Baker. DH(1979). Estimation of nutrient requirements from growth data. *J Nutr* 109(10), 1710~1714.  
<https://doi:10.1093/jn/109.10.1710>.
- Rowland SJ, Mifsud C, Nixon M and Boyd P(2006). Effects of stocking density on the performance of the Australian freshwater silver perch (*Bidyanus bidyanus*) in cages. *Aquaculture* 253, 301~308.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.049>.
- Yi Y, Kwei Lin C and Diana JS(1996). Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing the cages. *Aquaculture* 146, 205~215.  
[https://doi.org/10.1016/S00448486\(96\)01377-4](https://doi.org/10.1016/S00448486(96)01377-4).
- Wallat GK, Tiy LG, Rapp JD and Moore R(2004). Effect of stocking density on growth, yield and costs of producing rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, in cages. *J Appl Aquacult* 15, 73~82.  
[https://doi.org/10.1300/j028v15n03\\_06](https://doi.org/10.1300/j028v15n03_06).

- 
- Received : 20 July, 2021
  - Revised : 13 August, 2021
  - Accepted : 20 August, 2021