

실험 배합사료 및 미역 공급시 참전복 치패의 적정 사육밀도

김병학 · 이상민* · 고창순 · 김재우 · 명정인
국립수산진흥원 · 강릉대학교 해양생명공학부*

Optimum Stocking Density of Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*) Fed the Formulated Diet or Macroalgae (*Undaria*)

Byong-Hak KIM, Sang-Min LEE*, Chang-Soon GO, Jae-Woo KIM and Jeong-In MYEONG
National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea
*Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

A feeding trial was carried out to investigate the optimum density of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed the formulated diet or macroalgae (*Undaria*). Abalone with initial average shell length of 8.41 mm were stocked into three replicate tanks at four different densities of 1430, 2860, 4290, and 5720 individual/m² for 15 weeks. The formulated diet produced higher body weight and shell growth, soft body weight and survival rate than *Undaria* in abalone. Abalone fed the formulated diet have significantly (P<0.05) higher lipid and ash, and lower moisture and protein in soft body. Higher density resulted in lower growth and survival (P<0.05). Whereas shell growth, survival rate and weight gain were not significantly (P>0.05) different within the abalone stocked at stocking densities of 1430 and 2860 individual/m² in each diet group. Body composition of abalone was not affected by increasing density. These study indicate that the number of abalone (shell length ranges of between 8 mm and 17 mm) below 2860 individual/m² were predicted to effective density in the indoor tank culture system.

Key words: abalone (*Haliotis discus hannai*), density, formulated diet, algae

서 론

우리 나라의 주요 양식 대상종인 참전복에 대해서 중요 생산에 관한 연구 (Pyen, 1970; Kim and Cho, 1976) 와 초기 부착규조체에 관한 연구 (Kim, 1992; Na, 1996)가 수행되어 현재는 중요생산기술이 확립되어 있다. 어업에 의한 전복의 총생산량은 1990년대 이후 급격히 감소하는 반면, 양식에 의한 생산량은 점진적으로 증가 추세를 보이고 있다 (농림수산통계연보, 1994년). 전복 양식은 자연산 및 인공종묘를 구입하여 연안 방류 및 채종 수확 양성이 주종을 이루었으나, 적합한 양식장의 제한, 태풍에 의한 피해, 부착생물의 부착 및 도난 위험 등 여러 가지 문제점들이 잠재되어 있어 최근에는 중요생산과 양성에 이르기까지 육상 수조에서 완전 양식이 시도되고 있는 추세이다. 이러한 추세로 인해 양식 생산량이 상대적으로 증가되고 있으며, 특히 육상 수조에서의 양식 방법의 개선은 매우 중요한 과제이다. 즉, 양식 생산에 소요되는 비용을 절감시키는 것은 양식경영에 있어서 필수적인 요인이다.

양식 생산 단가를 절감시키기 위해서는 양식종에 적합한 사료, 사육 환경 등 여러 가지 조건들이 고려되어야

하는데, 이 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 사용되는 사료의 품질과 가격이다. 그래서 참전복용 사료개발을 위한 연구가 꾸준히 수행 (Lee et al., 1997; Lee et al., 1998a,b,c; Lee, 1998; Lee and Park, 1998; Uki et al., 1985a,b; Mai et al., 1995)되어 우리 나라에서도 전복용 배합사료가 시판되는 단계에 와있다.

효율적인 양식을 위해서는 사료 외에도 사육환경을 최적으로 유지하는 것은 매우 중요한 요인이다. 즉, 한정된 공간에 양식 대상종의 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 때문에 양식시 양식 대상종의 적정 사육밀도를 구명하는 것은 매우 시급하다. 적정 사육밀도는 양식 종, 개체 크기, 수온, 수질, 사료종류 등 여러 가지 요인에 영향을 받는다. 사육밀도에 대해서는 방양 밀도가 아주 중요한 요인으로 고려되고 있는 갑각류에 집중적으로 연구 (McClain, 1995; Daniels et al., 1995; Lutz and Wolters, 1986; Karplus et al., 1986)되었고, 송어와 연어류에 대해서도 연구 (Wallace et al., 1988; Refstic, 1977; Refstic and Kittelsen, 1976; Trzebiatowski et al., 1981)된 바

본 연구는 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행되었음.

있다. 전복 양성에 관해서는 지 등 (1988)의 수하식 양생 (채롱)에 의한 참전복 치패의 수육 밀도와 성장, Jeong et al. (1994)의 참전복 치패 성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도 그리고 박 (1993)의 폐쇄 순환 여과 시스템에서의 전복 치패 사육밀도와 성장에 대한 연구보고가 있다.

전복은 어류와는 달리 부착하여 먹이를 섭취하는 동물로서 서식하는 범위가 한정되어 적당한 공간이 확보되어야 할 것으로 생각되며, 어류를 사육하는 개념으로는 적정 사육밀도를 산출하기는 어렵고, 육상 수조의 경우 부착면적을 기준으로 밀도를 적절히 조절하여 사육하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 이러한 사육밀도는 먹이의 형태나 특성에 따라 달라질 수 있을 것으로 간주되는데, 즉, 배합사료와 달리 해조류의 경우는 해조류 자체에 전복이 부착할 수 있어 사육밀도에 영향을 미칠 수 있는 등 다각적인 면에 검토가 필요하다. 그래서 본 연구는 육상수조에서 Lee (1998)가 제시한 경제적인 배합비로 제조된 사료와 양식가들이 주로 사용하고있는 미역을 선정하여 먹이종류에 따른 적정 사육밀도를 조사하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

실험사료

경제적인 참전복용 배합사료의 조성비로 Lee (1998)가 제시한 것들 중에 Kim et al. (1998)이 까막전복, 시볼트 전복 및 참전복을 대상으로 사용한 조성비 (Table 1)를 본 실험의 실험 배합사료로 제조하였다. 즉 단백질과 탄수화물원으로 복양어분, 대두박, 소맥분, 건조미역 분말 등을 첨가하였고, 지질원으로는 오징어간유를 첨가하여 단백질이 34%, 지질이 6%가 되도록 하였다. 배합사료의 제조는 Lee (1998)가 사용한 방법대로 실시하였으며, 천연먹이로 여수 근해산 생미역 (*Undaria*)을 매일 구입하여 공급하였다.

실험 전복 및 사육관리

실험에 사용된 전복은 국립수산물진흥원 여천수산종묘배양장에서 생산된 참전복 (*H. discus hannai*) 치패로, 실험 개시시의 평균각장은 8.41 mm, 평균전중은 0.13 g, 총개체수는 6,438마리였다. 실험에 사용된 사육수조는 플라스틱 수조 (30×25×20 cm, 실수용적 15 l)를 이용하였으며, 수조 내에 shelter (25×30 cm의 불투명 경질파판)를 1개씩 설치하였다. 사육실험은 2 (diet)×4 (stocking density)×3 (replication) factorial design으로 수행하여 실시하였다.

실험 기간중 먹이 공급은 잔류 먹이 및 배설물은 완전히 제거한 후 2일 1회 전중의 10% 이상되도록 충분히 주었다. 사육수온은 저수온기에는 보일러로 가온하여 15°C 정도로 유지하였고, 자연해수가 15°C 이상일 때에는 자연해수에 의존하였다. 조도는 실내 자연 채광으로 비교적 어둡게 하였으며, 주수량은 0.3 l/min 이상으로 조절하였다. 실험기간중의 수온 범위는 16.0~21.5°C (17.8 ± 1.27°C)로 실험 개시시인 3월이 가장 낮았고 실험 종료시인 6월이 가장 높았다 (Fig. 1). 비중 범위는 1.0236~1.0258 (1.0245 ± 0.0005), pH는 8.2~8.4 및 용존산소는 4.7~6.8 mg/l로 비교적 안정된 수질을 유지하였다.

배합사료 및 해조류 실험구의 사육면적은 사육수조와 shelter의 단면적을 동일하게 하였으며, 사육밀도는 지 등 (1988)과 Jeong et al. (1994)의 결과를 토대로 m²당 1430마리, 2860마리, 4290마리 및 5720마리로 조절하였다. 실험 개시시에는 300마리의 치패를 무작위로 선택하여 각각,

Table 1. Composition (%) of the experimental diet

Ingredients	Formulated diet	<i>Undaria</i>
White fish meal	20.0	
Soybean meal	23.0	
<i>Undaria</i> powder	5.0	
Wheat flour	22.3	
<i>Spirulina</i>	0.5	
Wheat germ meal	5.0	
α -potato starch	7.0	
Yeast	2.0	
Squid liver oil	3.0	
Lecithin	0.5	
Vitamin premix ¹	2.5	
Mineral premix ²	4.0	
Sodium alginate	5.0	
Enzyme mix ³	0.2	
Nutrient contents (%) in dry matter		
Crude protein	33.8	20.0
Crude lipid	5.8	1.3

^{1,2,3}Same as Lee (1998).

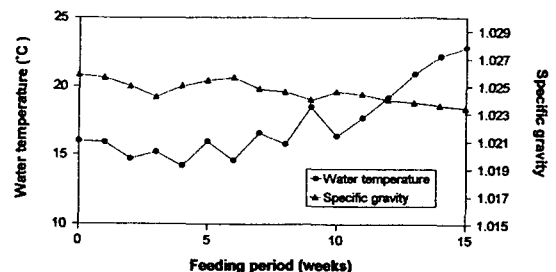


Fig. 1. Variation of water temperature and salinity during the experimental period.

Table 2. Body weight growth of abalone fed the different diets for 15 weeks¹

Diet	Stocking density (individual/m ²)	Initial body wt. (g)	Final body wt. (g)	Survival rate (%)	Weight gain (%) ²	Soft body wt. (g)
Formulated diet	1430	0.15 ± 0.011	0.66 ± 0.062 ^e	82 ± 4.0 ^e	349.9 ± 29.11 ^f	0.409 ± 0.042 ^e
	2860	0.13 ± 0.004	0.57 ± 0.029 ^e	78 ± 5.5 ^{de}	344.2 ± 34.99 ^f	0.349 ± 0.015 ^e
	4290	0.13 ± 0.005	0.47 ± 0.007 ^e	66 ± 2.0 ^{bc}	258.0 ± 10.49 ^e	0.289 ± 0.005 ^e
	5720	0.13 ± 0.006	0.38 ± 0.010 ^d	59 ± 4.4 ^{ab}	195.9 ± 19.57 ^{cd}	0.233 ± 0.005 ^d
Undaria	1430	0.13 ± 0.011	0.36 ± 0.023 ^{cd}	70 ± 4.4 ^{cd}	177.8 ± 16.85 ^{bcd}	0.219 ± 0.015 ^{cd}
	2860	0.10 ± 0.004	0.32 ± 0.052 ^{bc}	67 ± 7.4 ^{bc}	212.7 ± 45.09 ^d	0.183 ± 0.035 ^{bc}
	4290	0.12 ± 0.009	0.29 ± 0.021 ^b	62 ± 4.6 ^{abc}	141.8 ± 15.76 ^b	0.160 ± 0.010 ^b
	5720	0.12 ± 0.010	0.19 ± 0.018 ^a	56 ± 7.1 ^a	58.7 ± 4.21 ^a	0.103 ± 0.005 ^a

¹Values (mean ± s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

²(Final weight - initial weight)×100/initial weight.

각쪽, 각고, 전중 및 가식부 중량을 측정하였다. 실험 종료시에는 실험구별 생존 마리수와 전체 무게를 측정 한 후, 수조별로 sample을 취하여 -85℃에 보관하였으며, 각각의 각장, 각폭, 각고, 전중 및 가식부 중량을 측정하였다. 2일 간격으로 폐사 개체를 확인하여 누적 폐사 개체 수를 환산하여 생존율을 구하였다.

성분분석 및 통계처리

단백질원, 실험사료 및 어체의 일반 성분은 AOAC 방법 (1990)에 따라 분석하였다. 실험결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1997) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 유의수준 5%에서 검정하였고, two-way ANOVA-test로 사료와 밀도에 대한 상관요인을 분석하였다.

결과 및 고찰

사육면적 m²당 1430, 2860, 4290 및 5720마리를 설정하여 배합사료 및 미역을 각각 공급하여 사육밀도에 따른 참전복 치패의 전중과 패각 성장 및 생존율의 결과는 Table 2와 3에 표시하였다. 실험 개시시 치패의 평균전중 0.13 g에서 사육 15주 후의 전중, 패각 및 가식부의 성장은 사육밀도가 높아질수록 감소하는 경향을 보여 4290마리/m² 이상인 밀도구에서는 1430마리/m² 밀도구와 유의차를 보였다 (P<0.05). 또한 이러한 성장효과는 배합사료 공급구가 미역 공급구보다 밀도에 관계없이 양호한 성적을 보였으며, 동일 밀도구에서는 유의하게 (P<0.05) 배합사료 공급구가 높았다. 생존율도 성장과 비슷한 경향을 보였다.

사료와 밀도에 따른 전중의 변화 (Table 2)를 살펴보면, 배합사료 1430/m² 밀도구에서 0.66 g으로 가장 높았으며, 미역 5720/m² 밀도구에서 0.19 g으로 가장 낮았다 (P<0.05). 두 실험구의 성장 차는 배합사료 1430/m² 밀도구가 0.66 g으로 미역 5720/m² 밀도구의 0.19 g보다 약 3.5배의 큰 성장차이를 나타내었다 (P<0.05). 그리고 동일 밀도에서도 배합사료 공급구가 미역공급구보다 1.5~2배정도 높은 값을 보였다 (P<0.05). 생존율은 배합사료 1430/m²와 2860/m² 밀도구에서 78~82%로 타 실험구보다 높았으며, 미역 5720/m² 밀도구에서 제일 낮은 56%를 나타내었다 (P<0.05). 사료종류에 따라서는 배합사료 공급구가 59~82%로 미역 공급구의 56~70%보다 전반적으로 높게 나타났으며, 사육밀도가 높아질수록 역시 감소하는 경향을 보였다 (P<0.05). 가식부 중량도 성장과 유사한 경향을 보였다 (P<0.05).

패각 크기의 변화 (Table 3)를 살펴보면, 실험 개시시 평균각장 8.41 mm인 치패를 15주일간 사육한 후에는 배합사료 1430/m² 밀도구에서 17.19 mm로 가장 높게 나타났고, 미역 5720/m² 밀도구에서 각장 11.69 mm로 가장 낮게 나타나 전중 성장과 비슷하였다. 역시 사육밀도가 높을수록 각장 크기가 유의하게 (P<0.05) 작아지는 경향을 보였으나, 두 사료 각각의 1430/m²와 2860/m² 밀도구 간에서는 유의차가 없었다 (P>0.05). 이러한 경향은 각폭과 각고에서도 동일하였다.

실험 종료시 가식부의 일반성분의 변화는 Table 4에 표시한 것처럼 사육밀도에는 영향을 받지 않았으나 사료 종류에 따라 달라지는 경향을 보였다. 미역 공급구에 비해 배합사료 공급구의 수분과 단백질 함량은 낮고, 지질과 회분 함량은 높은 경향을 보였다 (P<0.05).

사료종류와 사육밀도가 성장과 체성분에 미치는 영향

Table 3. Shell growth of abalone fed the different diets for 15 weeks*

Diet	Stocking density (individual/m ²)	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Shell height (mm)	Body wt. (g)/shell length (cm)
Formulated diet	1430	17.19 ± 0.55 ^f	12.36 ± 0.425 ^e	3.89 ± 0.078 ^e	0.382 ± 0.029 ^e
	2860	16.33 ± 0.46 ^f	11.86 ± 0.276 ^e	3.83 ± 0.065 ^e	0.350 ± 0.019 ^e
	4290	15.16 ± 0.33 ^e	11.01 ± 0.183 ^d	3.64 ± 0.035 ^d	0.308 ± 0.003 ^e
	5720	14.52 ± 0.11 ^{de}	10.45 ± 8.544 ^{cd}	3.39 ± 0.046 ^d	0.269 ± 0.005 ^d
Undaria	1430	14.12 ± 0.42 ^{cd}	10.09 ± 0.301 ^c	3.25 ± 0.070 ^c	0.255 ± 0.012 ^{cd}
	2860	13.45 ± 0.81 ^{bc}	9.86 ± 1.072 ^{bc}	3.13 ± 0.172 ^{bc}	0.232 ± 0.027 ^{bc}
	4290	12.93 ± 0.34 ^b	9.21 ± 0.214 ^b	3.02 ± 0.042 ^b	0.219 ± 0.011 ^b
	5720	11.69 ± 0.31 ^a	8.34 ± 0.199 ^a	2.79 ± 0.045 ^a	0.162 ± 0.011 ^a

*Values (mean ± s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 4. Chemical composition (%) of the soft whole body at end of feeding trial*

Diet	Stocking density (individual/m ²)	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
Formulated diet	1430	77.9 ± 0.34 ^{ab}	12.6 ± 0.18 ^a	1.7 ± 0.13 ^b	3.3 ± 0.26 ^{cd}
	2860	78.1 ± 0.09 ^{ab}	12.6 ± 0.50 ^a	1.6 ± 0.08 ^b	3.3 ± 0.26 ^{cd}
	4290	76.3 ± 2.14 ^a	13.0 ± 1.13 ^{ab}	1.6 ± 0.07 ^b	3.9 ± 0.52 ^d
	5720	76.1 ± 0.68 ^a	12.9 ± 0.39 ^{ab}	1.7 ± 0.14 ^b	3.9 ± 0.61 ^d
Undaria	1430	79.0 ± 1.64 ^b	14.8 ± 0.54 ^c	1.3 ± 0.23 ^a	2.7 ± 0.18 ^{ab}
	2860	78.9 ± 0.81 ^b	13.9 ± 1.11 ^{bc}	1.3 ± 0.07 ^a	2.6 ± 0.11 ^a
	4290	78.9 ± 0.63 ^b	14.6 ± 0.46 ^c	1.4 ± 0.13 ^a	2.8 ± 0.23 ^{abc}
	5720	78.8 ± 0.25 ^b	14.5 ± 0.50 ^c	1.3 ± 0.14 ^a	2.8 ± 0.05 ^{abc}

*Values (mean ± s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

을 two-way ANOVA로 분석한 결과, 생존율, 전중 및 폐각 성장은 사료종류와 사육밀도에 각각 유의적 (P<0.01)으로 영향을 받았지만, 사료와 밀도간의 상호작용은 인정되지 않았다 (P>0.05). 가식부의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량은 사료종류에 유의하게 (P<0.01) 영향을 받았으나 사육밀도에는 영향을 받지 않았으며 (P>0.08), 수분 함량 외에는 사료와 밀도간에 상호작용도 인정되지 않았다 (P>0.4). 이러한 two-way ANOVA 분석 결과는 이미 one-way ANOVA로 분석한 결과에서 예측했던 경향으로 전복을 양식하는 데에는 사용되는 사료의 품질과 사육밀도가 모두 중요하게 고려되어야 함을 시사하고 있다. Kim et al. (1998)도 전복 양식시 사료와 전복종류의 중요성을 강조한 바 있다.

일간성장량이 있어 Jeong et al. (1994)은 평균각장 14.5 mm를 사용하여 일간성장량이 48 μ m이었는데, Table에 별도로 표시는 하지 않았지만 본 실험의 배합사료 공급구들은 58~83 μ m로 비교적 높게 나타났다. 이는 전복 성장이 크기가 작을수록 빠르다는 쉐(1981)과 지 등(1988)의 결과들을 고려하여 보면, 본 실험에 사용된 전복은 사육기간 중 각장의 크기가 8.4~17.2 mm로 상대적으로 약간 작았기 때문이며, 또한 본 실험에서는 배합사료를 공

급하여 상대적으로 성장속도가 해조류 공급구들의 31~54 μ m보다 빨라진 결과 (Table 2와 3)로 생각된다.

참전복의 사육시 성장 및 생존율에 미치는 영향에 대해 石田 (1993)은 종묘의 질, 질병, 수온, 수질, 사료의 질 및 사육밀도 등이 중요한 요인으로 작용한다고 지적한 바 있다. 불확정 요인인 종묘의 질, 질병 및 수질을 제외한 요인 중에서 사육 수온은 22.5°C 이상이 되면 성장속도가 늦어진다는 Uki et al. (1981)의 결과를 고려하면 본 실험의 사육기간 중의 수온이 16.0~21.5°C인 것은 참전복의 사육 조건에 알맞은 상태이다. 또한, 본 실험에서 사용된 배합사료는 Lee (1998)가 참전복의 경제적인 배합사료로 설계한 조성비를 그대로 선정한 것으로 이미 Kim et al. (1998)이 시블트전복, 까막전복 및 참전복에 그 효능을 시판사료 및 해조류와 비교 검증한 것이다. 밀도에 관계없이 배합사료 공급구의 성장효과가 해조류인 미역 공급구보다 양호하였는데, 이러한 결과는 앞 연구 (Lee et al., 1998a,b,c; Kim et al., 1998)들에서도 같은 경향이었던. 본 실험에서와 같이 사육밀도가 높아짐에 따라 성장이 저하되고 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.

사육밀도에 관해서는 石田(1993)은 제한된 사육수조에서 한계생물체량을 파악하는 것이 매우 중요한 요인으로 고려하였다. 즉 한정된 사육공간에 있어 전복의 사육밀도는 매우 중요한 요인으로 생각되며, 적정 사육밀도를 정확히 구명하는 것은 수온, DO 등의 수질환경적인 요인과 개체크기, 건강상태 등의 생물적인 요인을 고려하여야 하기 때문에 어려운 것이 사실이다. 또한 적정 사육밀도에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 사육 환경에 대한 stress로 생각되는데, 여기에는 사육수조의 크기 및 형태, 유수량, handling 등이 있다. 사육수조의 용적이 작을수록 수용된 생물의 활동 범위가 좁아지므로 stress는 상대적으로 높아질 것이다. 본 실험에서는 실험실 사정으로 인해 소형의 plastic 수조를 사용하였지만, 이보다 수용적이 더 큰 사육수조를 사용한다면 사육밀도는 더 높아질 가능성은 충분하다고 생각된다. 하지만 본 실험 결과에서와 같이 사육밀도가 높아짐에 따라 성장이 저하되고 폐사율은 높아지기 때문에 실제 양식시에도 이를 고려하여야 할 것이다.

지 등(1988)은 수하식 양성(채통)에서 밀도가 낮을수록 성장이 빨랐다고 하였으며, Jeong et al. (1994)은 육상수조에서 사육시 각장 20 mm의 치패는 m^2 당 1,000~2,000마리인 경우에는 성장 차가 없었지만, 40 mm와 50 mm의 치패는 수용밀도가 낮을수록 성장이 빨랐다고 보고하였다. 본 실험에서도 배합사료 $1430/m^2$ 밀도구가 평균 각장 17.19 mm로 가장 높게 나타나 사육밀도가 낮을수록 성장이 빨랐지만 $2860/m^2$ 밀도구와 유의차는 없었다 ($P>0.05$). 미역 첨가구도 역시 같은 경향이다. 이는 사육밀도가 낮을수록 성장은 빠르지만 단위 면적당 생산되는 양을 경제적으로 고려한다면 역시 적정 성장을 유지하는 범위에서 사육밀도를 높일 필요가 있음은 당연한 것이다. 어체 크기, 사육 환경 및 사육기간 등에 따라 다소 차이는 예상되지만, 성장과 생존율 등을 고려하여 보면, 본 실험에 사용된 크기 즉, 각장 9~17 mm일 때의 적정 사육밀도는 사료의 종류에 관계없이 $1 m^2$ 당 2860마리 이하가 적절하다고 여겨지며, 사육밀도를 무조건 높이는 것은 피해야 할 것이다. 즉, 경제적인 양식 경영면을 고려할 때 수용 밀도를 높일수록 양식 생산량이 높아질 것으로 예측되지만, 적정 밀도 이상으로 높이는 것은 성장을 저하시키고, 폐사율을 높일 뿐 아니라, 사육수 중의 암모니아 농도 상승, DO 저하, 질병 유발 가능성 등 위험 요소들이 항상 잠재되어 있으므로 최적 밀도를 유지하는 것이 매우 중요하다. 금후 배합사료의 질적인 향상과 함께 사육수온, 사육수조의 형태와 크기 등의 요인을 고려

하여 전복의 크기 단계별로 적정 사육밀도를 조사하고, 사육방법 등을 개선하는 등 이에 관한 연구가 계속 이어져야 할 것이다.

요 약

사료종류에 따른 참전복의 적정 사육밀도를 조사하기 위해 평균각장 8.41 mm의 치패를 m^2 당 1430, 2860, 4290 및 5720마리로 설정하여 배합사료 및 미역을 실험구마다 3반복으로 15주간 공급하면서 사육 실험하였다. 전중, 패각 및 가식부의 성장은 사육밀도가 높아질수록 감소하는 경향을 보여 $4290마리/m^2$ 이상인 밀도구에서는 1430마리/ m^2 밀도구와 유의차를 보였다 ($P<0.05$). 또한 이러한 성장효과는 배합사료 공급구가 미역 공급구보다 밀도에 관계없이 양호한 성적을 보였으며, 동일 밀도구에서는 유의하게 ($P<0.05$) 배합사료 공급구가 높았다. 생존율도 성장과 비슷한 경향을 보였다. 실험 종료시 가식부의 일반성분의 변화는 사육밀도에는 영향을 받지 않았으나 사료종류에 따라 달라지는 경향을 보여 미역 공급구에 비해 배합사료 공급구의 수분과 단백질 함량은 낮고, 지질과 회분 함량은 높은 경향을 보였다 ($P<0.05$). 성장과 생존율 등을 고려하여 보면 각장 9~17 mm일 때 참전복의 적정 사육밀도는 사료의 종류에 관계없이 $1 m^2$ 당 2860마리 이하가 적절하다고 여겨진다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- 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 Aquacul. Soc., 26 (1), 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 Aquacul. Soc., 26 (2), 165~171.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1~42.
- Jeong, S.C., Y.J. Jee and P.W. Son. 1994. Indoor tank culture of the abalone *Haliotis discushannai*. II. Effects of diets on the growth of young abalone. J. Aquaculture, 7 (2), 77~87.

- Karplus, I., G. Hulata, G.W. Wohlfarth and A. Halevy. 1986. The effect of density of *Macreorachium 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.
- Kim, J.W., S.M. Lee, S.J. Han, B.H. Kim and S.R. Park. 1998. Effects of experimental diet, commercial diets and algae (*Undaria*) on growth and body composition among juvenile Abalones (*Haliotis discus*, *Haliotis sieboldii* and *Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11.
- Kim, Y. and C. Cho. 1976. Technical study on the artificial precocious breeding of abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 9 (1), 61~68.
- Lee, S.M., G.A. Lee, I.G. Jeon and S.K. Yoo. 1997. Effects of experimental formulated diets, commercial diet and natural diet on growth and body composition of abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 10 (4), 417~424.
- Lee, S.M., S.Y. Yun and S.B. Hur. 1998a. Evaluation of dietary protein sources for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (1), 19~29.
- Lee, S.M., Y.S. Lim, Y.B. Moon, S.K. Yoo and S. Rho. 1998 b. Effects of supplemental macroalgae and *spirulina* in the diets on growth performance in juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (1), 31~38.
- Lee, S.M., S.J. Yun, K.S. Min and S.K. Yoo. 1998c. Evaluation of dietary carbohydrate sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (2), 133~140.
- Lee, S.M. 1998. Evaluation of economical feed formulation for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (2), 159~166.
- Lee, S.M. and H.G. Park. 1998. Evaluation of dietary lipid sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (3), 381~390.
- 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 Aquacul. Soc.*, 17, 33~36.
- Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. *Aquaculture*, 136, 165~180.
- McClain, W. R. 1995. Growth of crawfish *Procambarus clarkii* as a function of density and food resources. *J. World Aquacul. Soc.*, 26 (1), 24~28.
- Mills, B.J. and P.I. McCloud. 1983. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the crayfish *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 Aquacul. Soc.*, 23 (2), 154~168.
- Na, G.H. 1996. Annual variation of chlorophyll a and pheopigments of the benthic microalgae on the corrugated PVC sheets for abalone seeding. *J. Aquaculture*, 9 (1), 65~71.
- 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 Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444 N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Pyen, C.K. 1970. Studies on the propagation of abalone. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 3 (3), 177~185.
- 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.
- Uki, N., 1981. Feeding of experimental populations of the abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 43, 53~58.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of semipurified test diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 1825~1833.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 1835~1839.
- 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.
- 浮 永久, 1981. エゾアワビに對するコンブ目海藻の餌料價值. 東北區水研究報告, 42, 19~29.
- 石田 修, 1993. クロアワビの成長に及ぼす飼育密度の影響. 水産増殖 41 (4), 431~433.
- 김용구. 1992. 참전복 (*Haliotis discus hannai* Ino) 종묘생산을 위한 부착성 규조류의 배양 및 먹이생물 효과. 부산수산대학 석사학위논문, 70 pp.
- 농림수산통계연보, 1994. 농림수산부.
- 박무익, 1993. 폐쇄순환여과식 시스템에서 전복류 치패의 사육밀도와 성장. 제주대학석사학위논문.
- 지영주, 유성규, 노섭, 김승현, 1988. 수하식 양식채용에 의한 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino 치패의 수용밀도와 성장. 수진연보, 42, 59~69.

1998년 7월 23일 접수

1998년 11월 7일 수리