

マダイ稚・若魚における配合飼料の適正給餌率

池 承哲, 滝井健二*

(飼料・食品安全性・加工グループ)

近畿大学水産研究所

*takii@nara.kindai.ac.jp

マダイは日本の最も重要な養殖対象魚種である。以前には、近海で漁獲されたマアジやマイワシなどが主に給餌されたが、残餌や排泄物などによって養殖場の自家汚染が促進されるだけでなく、各種の疾病が生餌を介して各地に蔓延するなど、多くの問題を抱えながら地場産業として発展してきた。しかし、最近になって配合飼料化が急速に進み、生餌投与に係る諸問題も軽減されるようになったが、長期にわたる景気低迷で漁家経営が逼迫し、生産単価の低減化に向けた高度養殖技術の確立が叫ばれるようになった。¹⁾ マダイ養殖生産原価の約半分が飼料代で占められるので、まず、配合飼料の効率的な適正給餌率に注目する必要がある。これまでの給餌率は生餌給餌に基づき単純に乾物換算して求められているが、配合飼料は生餌に比べて消化性が若干劣ることから、多少ずれることも予想される。

本研究によって、配合飼料を用いた適正給餌率を提示することができれば、高効率養殖の達成を可能にするだけでなく、給餌率を調整することによって、計画生産・出荷の実施にもつながる。

材料および方法

供試魚および飼育方法 実験1では平均体重18.3 gのマダイ稚魚を、浦神実験場地先海面に設けた2×2×2.5 mの網生簀に50尾ずつ収容して7試験区を設けた。そして、所定の試験区に

Table 1に示す市販配合飼料(日清丸紅飼料製)を、1日2回(9:00および15:00)飽食量(S), 飽食量の95%(0.95S), 90%(0.9S), 85%(0.85S), 80%(0.8S), 70%(0.7S)および60%(0.6S)になるように、給与して60日間飼育した。なお、給餌は1週間に6日行い、体重測定を2週間毎に実施した。飼育期間中の水温およびDOはそれぞれ25.3-30.0°Cおよび6.5-8.5 mg/Lであった。

Table 1. Proximate composition of test diets (%)

	Diet	
	Exp. 1	Exp. 2
Moisture	6.33	6.35
Crude protein	48.35	46.39
Crude lipid	9.19	12.52
Crude ash	13.31	12.05
Crude sugar	14.50	13.31
Calorie (kcal/100g)*	349.12	362.16

実験2では実験1と同一起源の平均体重180.0 gのマダイを、浦神実験場の地先海面に設けた2×2×2.5 mの網生簀に30尾ずつ収容して6試験区を設けた。そして、所定の試験区にTable 1に示す市販配合飼料(伊藤忠飼料製)を、1日2回(9:00および15:00)あるいは1回(14:00)飽食量(S), 0.9S, 0.8S, 0.7S, 0.6Sおよび0.5Sを設けて80日間飼育した。なお、給餌は1週間に6日行ない、2週間毎に

Table 2. Growth Performance of experimental 1

	S	0.95S	0.9S	0.85S	0.8S	0.7S	0.6S
Mean body weight (g)							
Initial	18.2	18.0	18.2	18.4	18.2	18.2	18.2
Final	108.5	105.2	102.2	101.4	97.4	88.6	81.0
Survival rate (%)	94.0	100	100	100	100	100	100
Daily growth rate (%)	2.37	2.36	2.33	2.31	2.28	2.20	2.11
Feed efficiency (%)	87.0	89.2	90.7	94.7	96.0	97.5	101.3
Protein efficiency ratio	1.80	1.85	1.88	1.96	1.99	2.02	2.10
Energy efficiency (%)	24.91	25.55	25.97	27.13	27.51	27.93	29.02
Daily feeding rate (%)	2.73	2.65	2.57	2.44	2.38	2.25	2.08

Table 3. Proximate composition of whole body, apparent nutrient retention and organ-somatic index of red sea bream in experimental 1

	S	0.95S	0.9S	0.85S	0.8S	0.7S	0.6S
<i>Proximate composition of whole body (% on wet matter basis)</i>							
Moisture	62.98±1.15	62.08±0.68	63.27±0.92	63.45±0.81	62.60±1.62	64.62±1.68	65.16±1.84
Crude protein	18.32±1.51	18.00±1.07	19.28±0.37	19.63±0.80	19.09±0.72	18.42±1.04	17.91±0.67
Crude lipid	14.18±0.97	14.87±0.53	14.20±0.84	15.02±1.42	15.45±0.54	12.55±0.94	12.41±1.22
Crude ash	4.59±0.75	4.24±0.39	4.19±0.34	4.67±0.69	4.31±0.50	4.95±0.80	4.41±0.41
<i>Apparent nutrient retention (%)</i>							
Proten	3.76	3.19	6.23	7.41	6.51	5.52	4.72
Fat	89.97	100.98	98.08	114.60	127.94	99.16	112.76
Energy	19.97	21.78	23.10	27.07	29.12	22.87	25.04
<i>Organ-somatic index</i>							
HSI (%)	2.69±0.24	2.62±0.24	2.65±0.34	2.67±0.42	2.41±0.18	2.41±0.51	2.34±0.34
VSI (%)	10.59±1.32	11.15±1.06	11.14±1.29	10.27±0.90	9.96±1.24	9.72±1.71	9.16±0.64
ISI (%)	1.18±0.25	0.97±0.12	1.00±0.13	0.99±0.18	1.02±0.21	0.92±0.19	0.88±0.14
CF	19.73±1.72	20.15±1.30	20.55±1.80	20.23±1.05	19.28±1.15	19.30±1.54	19.09±1.84

体重測定を実施した。飼育期間中の水温およびDOは、それぞれ12.2-22.4℃および4.4-7.5 mg/Lであった。

分析方法 飼育期間中の飼育成績とともに、開始および終了時における全魚体の一般成分を、AOAC法³⁾によって測定した。また、終了時における肥満度および各消化器官の体重比を求めた。

各測定項目はまず一元分散分析で処理の差異を確認してから ($p < 0.05$)、Duncanの多重範囲検定法によって平均値の有意差検定を行なった。

結 果

実験 1 飼育成績をTable 2に示した。S区の

生残率が94%と若干低かったことを除いて、他の区に斃死は認められなかった。また、斃死個体には特定の疾病に基づくと考えられる症状はなく、飼育環境と併せて大きな問題はなかった。期間中における日間給餌・増重率は、S、0.95S、0.9S、0.85S、0.8S、0.7Sおよび0.6S区で、それぞれ2.73・2.37%、2.65・2.36%、2.57・2.33%、2.44・2.31%、2.38・2.28%、2.25・2.20%および2.08・2.11%で、給餌率の減少に伴って僅かずつ低下した。逆に、飼料効率・PERはS区から0.6S区まで順に、87.0%・1.80、89.2%・1.85、90.7%・1.88、94.7%・1.96、96.0%・1.99、97.5%・2.05および101%・2.10と僅かずつ上昇した。また、エネルギー

Table 4. Growth Performance of experimental 2

	S	0.9S	0.8S	0.7S	0.6S	0.5S
Mean body weight (g)						
Initial	176.7	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
Final	270.7	291.7	279.3	282.8	270.0	244.8
Survival rate (%)	96.7	100	96.7	96.7	100	96.7
Daily growth rate (%)	0.52	0.59	0.54	0.55	0.50	0.38
Feed efficiency (%)	49.9	66.1	65.6	77.6	79.9	68.7
Protein efficiency ratio	1.08	1.43	1.41	1.67	1.72	1.48
Energy efficiency (%)	13.78	18.25	18.11	21.42	22.08	18.97
Daily feeding rate (%)	1.05	0.90	0.82	0.71	0.63	0.55

Table 5. Proximate composition of whole body, apparent nutrient retention and organ-somatic index of red sea bream in experimental 2

	S	0.9S	0.8S	0.7S	0.6S	0.5S
<i>Proximate composition of whole body (% on wet matter basis)</i>						
Moisture	62.51±0.61	62.32±1.55	65.15±0.26	62.86±0.92	63.31±1.28	62.43±0.34
Crude protein	18.04±1.33	18.03±1.04	17.23±0.34	16.89±0.11	16.60±0.78	17.73±0.49
Crude lipid	14.26±1.58	14.63±1.64	12.48±0.68	14.99±2.42	15.27±1.40	14.08±1.10
Crude ash	4.95±0.42	5.54±0.91	4.37±0.98	5.01±0.41	5.18±0.67	5.03±0.97
<i>Apparent nutrient retention (%)</i>						
Protein	1.68	1.82	0.91	0.48	-0.01	3.11
Fat	-1.00	0.66	-10.82	3.05	5.48	-3.62
Energy	0.69	0.48	-3.87	3.96	0.23	1.59
<i>Organ-somatic index</i>						
HSI (%)	1.53±0.14	1.55±0.24	1.55±0.30	1.57±0.28	1.57±0.25	1.48±0.18
ISI (%)	1.51±0.30	1.59±0.30	1.53±0.39	1.51±0.26	1.36±0.09	1.21±0.24
SSI (%)	0.67±0.09	0.81±0.12	0.74±0.16	0.83±0.17	0.79±0.20	0.70±0.09
CF	23.33±1.37	23.15±1.14	22.89±1.08	23.11±1.08	22.12±1.16	22.34±1.04

効率も飼料効率に類似して、給餌率が減少するのに伴って上昇した。終了時における全魚体の一般成分についてみると (Table 3), 粗タンパク質および粗灰分含量そして見かけのタンパク質蓄積率に有意な区間差は認められなかった。しかし、水分含量は0.6S区が0.9S区より有意に高く、粗脂質含量は0.7Sおよび0.6S区が、0.9S, 0.8S, 0.8S区より有意に低かった。見かけの脂質蓄積率は0.8S区がS区より有意に高く、エネルギー蓄積率は0.8S・0.8S区がS・0.9Sより有意に高かった。肥満度および消化器官の体重比に有意な区間差は認められなかった。(Table 3)

実験 2 飼育成績をTable 4に示した。0.9Sおよび0.6S区の生残率は100%であり、他の区は

96.7%と僅かに低かった。期間中における日間給餌・増重率はS, 0.9S, 0.8S, 0.7S, 0.6S および 0.5S区で、それぞれ1.05・0.52%, 0.90・0.59%, 0.82・0.54%, 0.71・0.55%, 0.63・0.50%および0.55・0.38%であった。一方、飼料効率・PERはS区から0.5S区まで順に、49.9%・1.08, 66.1%・1.43, 65.6%・1.41, 77.6%・1.67, 79.9%・1.72および68.7%・1.48で、0.7Sおよび0.6S区で優れた値が得られた。また、エネルギー効率も0.6S区で最も高かった。終了時における全魚体の一般成分についてみると (Table 5), 粗タンパク質, 粗脂質および粗灰分含量に有意な区間差はなかったが、水分含量は0.8S区がS, 0.9S および 0.5S区より有意に高かった。しかし、見かけのタンパ

ク質、脂質、エネルギー蓄積率と、肥満度および消化器官の体重比に有意な区間差はなかった。(Table 5)

考 察

実験1および2に用いた市販の配合飼料組成を比較すると、実験1の飼料では粗タンパク質含量が、実験2の飼料では粗脂質含量が若干多かったが、栄養学的に問題はないと考えられる。また、いずれの魚種においても、給餌量は経験的に飽食の80%であると信じられている。

魚体重 18 gのマダイ稚魚を水温 25.3-30.0°Cで飼育した実験1では、日間給餌率が減少するのに伴って日間成長率は低下し、飼料効率やエネルギー効率は逆に増大した。0.85S区以上の給餌区で日間成長率2.3%を維持したこと、また、0.9Sおよび0.85Sの飼料効率が91および95%と比較的高かったことなどを考慮すると、この期間における適正な給餌量は飽食の90~85%、日間給餌率は2.44~2.57%であると推察された。一方、魚体重180 gのマダイ若魚を水温 22.4-12.2°Cで飼育した実験2では、0.7S以上の区でS区よりすぐれた日間成長率が得られ、飼料効率は0.7Sおよび0.6S区で78%と最も高かった。従って、この期間における適正な給餌率は飽食の70%、日間給餌率0.71%前後であると判断された。これらの結果は、適正給餌率は経験則である飽食の80%を概ね支持するが、高水温期には若干高く、低水温期には低く設定する必要がある。

実験1および2におけるS区の飼料効率は、いずれも他の区に比べて劣っていた。マダイでは給餌量を変化させても消化率に顕著な差異がないので、¹⁾ S区の飼料効率の低下は主に過食に伴う負担増、すなわち、消化吸収に必要なエネルギー消費が増大したためと考えられる。

一方、実験1および2の適正給餌率に若干の差異が認められたのは、魚体重、飼料、給餌方

法、収容密度、水温などの違いが複雑に関与したものと推察される。著者らは、これら要因が直接的に消化率に大きな影響を及ぼさないことを確認している(未発表)。おそらく、高水温に比べて低水温では、消化酵素活性とともに消化器官の酵素合成・分泌能が低下し、多量摂取に対する適応能も劣っていたためと推察される。

今後は、適正給餌量についての検討を成魚についても実施して、養殖現場における配合飼料の給餌モデリングを提言し、マダイ養殖産業の再盛を支持したい。

謝 辞

本研究を実施するのに当たって、本学水産研究所浦神実験場 瀬岡 学助手、A.K. Biswas 博士研究員および本実験場配属の学生諸氏には御助力をいただいた。また、尾鷲市水産振興課 栗藤和治氏および北村誠悟氏には種々の助言をいただいた。なお、本研究は文部科学省COE拠点研究費および尾鷲市委託研究費によった。ここに記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) Mills BJ, McCloud PI. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the crayfish *Cherax destructor* Clark. *Aquaculture* 1983; 34: 51-72
- 2) Tacon AGJ. Application of nutrient requirement data under practical conditions, special problems of intensive and semi-intensive fish farming system. *J. Appl. Ichthyol.* 1995; 11: 205-214.
- 3) AOAC: Official Method of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists. 15th ed. Arlington. Virginia, 1990; 1298 pp.
- 4) Takii K, Konishi K, Ukawa M, Nakamura M, Kumai H. Influence of feeding rates on digestion and energy flow in tiger puffer and red sea bream. *Fisheries science* 1997; 63: 355-360.