マダイの成長および餌料効率におよぼす フラゾリドンの効果*

米 康 夫

(1967 年 11 月 28 日受理)

Effect of Furazolidone on Growth and Feed Efficiency of Red Sea Bream

Yasuo YONE**

It is well known that antibiotics and nitrofurans promote the growth and prevent or cure the disease of domestic animals. Some of these agents are also reported to have a curative effectiveness on fish diseases. However, many studies¹⁾ have shown that antibiotics have no growth promoting effect on trout. There have been no previous studies on the growth promoting effect of nitrofurans for fish. This current study deals with the effects of furazolidone, N-5-nitro-2-furfurylidene-3-amino-2-oxazolidone, on the growth and on the feed efficiency of red sea bream, *Chrysophrys major*.

The results obtained can be summarized as follows:

(1) Furazolidone promoted the growth of red sea bream with higher feed efficiency. The growth and the feed efficiency of fish fed 0.01% level furazolidone were best, and those fed 0.1% level were less than those of the control group (Table 2 and Fig. 1).

(2) The protein and fat contents of the dorsal muscle of fish fed furazolidone were nearly identical to those of the control fish (Table 3).

(3) The differences between the ratio of the weight of liver, heart, kidney and milt to body weight of furazolidone fed fish and those of control fish were insignificant (Table 4).

養魚事業の発展に伴ない、魚の栄養および魚病の予防治療に関する研究が要望されている。家畜ではその成長促進ならびに疾病の予防治療に抗生物質あるいはニトロフラン誘導体が早くから使われている。魚でも細菌性疾患の予防治療に抗生物質、サルファ剤あるいはニトロフラン誘導体が有効であると認められ、現在実用されているものもある。しかしマスの成長におよぼす抗生物質の効果については否定的な報告が多い¹⁾。一方魚の成長および餌料効率におよぼすニトロフラン誘導体の効果についての研究は全くない。因つて著者は水族環境調節室で飼育したマダイの成長および餌料効率におよぼすフラゾリドンの効果について検討した。その結果フラゾリドンは餌料効率を顕著に向上し、延いては成長を促進する効果を示すことを認めた。またフラゾリドン投与は成長の劣る異常魚の出現を抑制することも知つた。

本文に入るに先だち、校閲の労をとられた富山哲夫教授に衷心から拝謝する。また本研究に入る端緒を与えられた岡本正幹教授、試験魚の採集飼育および分析の労に当られた古川哲二、山家理子、池浦ミユキ、武本巖諸氏および材料を提供された上野製薬株式会社に厚く感謝の意を表する。なお本研究費の一部は昭和39, 40年度文部省科学試験研究費で支弁した。

実験方法

供試魚 福岡県宗像郡津屋崎沖で1そう吾智網を用いて漁獲したマダイの当才魚である。水温 18°C と

* 本研究は 1965 年 4 月東京で行なわれた日本水産学会年会で発表した。

** 九州大学農学部附属水産実験所 (Fish. Research Labor., Kyusyu Univ., Fukuoka)

23°C で成長試験を行なったが、いずれの試験でも Table 1 に示す基本餌料で 20 日間以上飼養した後、比較的に健康と思われる魚を選んで供試した。

餌料の組成、製造法および投与法 供試餌料は Table 1 に示した組成の 50% 蛋白含有基本餌料と、それに乾物当り 0.01, 0.03 および 0.1% の濃度になるようにフラゾリドンを添加した試験餌料の 4 種類である。まずビタミンと無機塩を除いた他の成分をミキサーでよく混合した後、乾燥餌料 100 部に対し 70 部容の水に溶解したビタミンおよび無機塩を十分に混和した。チョッパーを用い直径 5mm 穴のあるプレートを通して混和物を板の上にうどん状に押し出し、ドライヤーで表面を軽く乾かした後、庖丁で適度の大きさの粒状に切った。出来上った餌はフリーザー中に凍結保存した。なお餌の調製は 1 週間毎に行なつた。毎日 9 時 30 分より 17 時までの間、約 1 時間毎に少量ずつゆつくりと投与した。毎回の投餌量は沈下した餌が 2～3 分以内に食い尽される程度の量にした。

飼養条件 魚の飼養は 90 cm × 40 cm × 深さ 45 cm のステンレス枠ガラス張水槽で行なつた。飼養水は毎時 96 l の速さで注水し開放式とした。水深を約 30 cm にしたので約 108 l の水槽中の水は約 1 時間 10 分で更新された。なお飼養水としては水族環境調節装置で $18 \pm 0.5^\circ\text{C}$ および $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ に調節されたものを用いた。飼養水には絶えず送気し、溶存酸素量を 18°C の実験では 3.4～5.1 cc/L に、 23°C の実験では 4.0～4.8 cc/L に保つた。毎朝水槽を清掃後排水して、排泄物、食い残した餌および細菌などによる水の悪変を防ぐように注意した。

体重および臓器重量測定 10 日毎にウレタン麻酔して体重を測定した。なお 23°C の試験では各個体を識別できるように、尾鰭と背鰭の一部を切つて、個体別に成長を追跡した。また試験終了後に各区から 5 尾ずつ無作為に選び、背肉の一般成分分析を行なうと共に、心臓、肝臓、脾臓および腎臓の重量を測定し、体重比を算出した。

結 果

Table 2 および Fig. 1 に示した増加体重および餌料効率から明らかなように、水温 18°C の場合、0.01% フラゾリドン含有餌料を与えたマダイの体重増加率および餌料効率はそれぞれ無添加の基本餌料のみを与えた対照区のそれらの約倍であつた。なお 40 日飼養後の 0.01% 区の平均体重と対照区のそれとの差に対する t 検定の結果は 10% の危険率で有意差が認められた。0.03% フラゾリドン含有餌料でもかなり良い成長および餌料効率を示したが、0.1% 含有餌料投与区の体重増加および餌料効率は対照区のそれより僅かに劣つた。一方 23°C の場合も 18°C の場合と同じように 0.01% 含有餌料区の平均体重増加率および餌料効率が最も

Table 1. Composition of basal diet

Composition		Composition	
Flat fish meal	80	Mineral mix. ζ	1
Dextrin*	8	CMC†	5
Tuna liver powder	5	water	70
Vitamin mix. $\S$	1		

* Dextrin was manufactured by enzyme decomposition of potato starch. It is composed of glucose 0.23, maltose 2.15, triose and isomaltose 2.52, tetraose 1.79, achrodextrin 16.81, erythrodextrin 36.7, amylopectin 39.8%.

$\S$ B₁ 1 mg, B₂ 3 mg, B₆ 0.7 mg, B₁₂ 2 μg , Ca-pantothenate 4 mg, folic acid 300 μg , choline chloride 70 mg, nicotinic amide 10 mg, inositol 10 mg, biotin 50 μg , C 10 mg, p-aminobenzoic acid 7 mg, A 500 I.U., D₃ 100 I.U., E 3 mg, K₃ 100 μg .

ζ as described by J. H. JONES and C. FOSTER, *J. Nutrition*, 24, 245 (1942).

† Carboxymethylcellulose.

Fig. 1. Growth response at 18°C and 23°C of red sea bream fed furazolidone containing diet.

Table 2. Effect of furazolidone on mortality, growth and feed intake of red sea bream.

Water temper. (°C)	Concen. of furazolidone in feed (%)	Average amount of furazolidone intake μg per body weight gm.	No. of fish		Average body weight in gram		Growth rate (%)	Average dry feed intake (gm)	Total gain in body weight over total feed intake (%)
			at start	at end	at start	at end			
18 §	0	0	26	24	$30.6 \pm 11.7^*$	37.3 ± 11.4	21.9	30.1	22.2
	0.01	220	26	22	31.2 ± 12.4	44.4 ± 14.4	42.3	31.3	42.2
	0.03	764	26	17	29.5 ± 12.3	39.9 ± 12.5	35.3	34.2	30.4
	0.1	2344	26	23	30.1 ± 11.2	35.7 ± 11.5	18.6	29.7	18.9
23**	0	0	15	15	55.8 ± 14.4	72.9 ± 24.0	30.6	39.5	77.5
	0.01	205	15	14	58.1 ± 14.7	82.2 ± 22.4	43.2	42.0	102.8
	0.03	619	15	15	57.6 ± 13.4	78.2 ± 21.4	35.8	41.5	86.2

§ Cultured for 40 days.

* Standard deviation.

** Cultured for 30 days. Fish were marked by the cutting tail fin.

Table 3. Average data of analysis for fat and protein of dorsal muscle from 5 fish of each experimental group at termination of experiment.

Water temper. (°C)	Concen. of furazolidone in feed (%)	Dry matter (%)	% of dry matter	
			Crude fat	Crude protein
18	0	23.0	3.5	88.0
	0.01	22.4	4.7	87.2
	0.03	22.7	3.3	86.0
	0.1	22.8	6.3	88.7
23	0	23.8	3.1	86.0
	0.01	23.3	4.5	90.7
	0.03	23.4	3.9	89.1

Table 4. Ratio of weight of kidney, liver, heart and milt to body weight of fish at termination of experiment.

Water temper. (°C)	Concen. of furazolidone in feed (%)	Average body weight (gm)	Average ratio from 5 fish of organs to body weight			
			Kidney $\times 10^3$	Liver $\times 10^3$	Heart $\times 10^4$	Milt $\times 10^4$
18	0	43.7	$4.4 \pm 1.5^*$	14.3 ± 3.0	8.2 ± 1.1	9.8 ± 2.9
	0.01	40.2	8.7 ± 3.1	12.7 ± 2.6	8.5 ± 1.4	15.9 ± 6.6
	0.03	41.5	6.5 ± 1.6	14.1 ± 2.2	8.6 ± 2.1	11.9 ± 2.6
	0.1	35.2	3.8 ± 1.5	13.1 ± 2.6	7.3 ± 1.5	7.1 ± 1.9
23	0	76.4	4.7 ± 1.9	12.4 ± 2.8	7.2 ± 1.0	6.8 ± 2.1
	0.01	76.6	4.6 ± 0.6	13.8 ± 1.7	7.8 ± 1.3	8.9 ± 2.3
	0.03	82.1	4.4 ± 0.6	10.6 ± 2.9	7.3 ± 1.4	6.1 ± 1.1

* Standard deviation

優れ、次いで 0.03% 含有餌料区が良かったが、それらの効果は 18°C の場合のように大きくはなかつた。試験終了時の魚体成分の一般分析値は Table 3 に示すようにフラゾリドン投与区と無投与の対照区との間には差が認められなかつた。なお心臓、肝臓、腎臓および脾臓重量の体重比は Table 4 に示すように、フラゾリドン投与区のそれら主臓器重量の体重比と対照区のそれらの体重比との間にはフラゾリドン投与によると断定できる有意差は認められなかつた。

考 察

本研究でタイにフラゾリドンを 0.01% 含有する餌料を与えたところ、その成長と餌料効率が改善した。因つてその顕著な餌料効率向上効果から適量のフラゾリドン投与はマダイの成長を促進するといつても不都合はないであろう。

家畜では抗生物質やニトロフラン誘導体を飼料に添加して用いた時、幼動物の成長を促進し、飼料効率を改善することは多くの人によつて早くから認められている。しかしその作用機序については未だ確定的な結論が得られていない。作用機序について現在までに提出された諸氏の仮説を大別すると、(1) ニトロフラン誘導体や抗生物質が腸内有害微生物の発育増殖を抑えるか、有用菌の増殖を優勢にするために成長促進その他の効果が間接的にもたらされるとする間接効果説と、(2) ニトロフラン誘導体が腸内有害微生物を排除するだけでなく、吸収されて直接生体組織に働くことにより、効果をもたらすのだとする直接効果説とになる。ただしここに注意したいのは直接効果説といえどもすべて間接効果を否定していない点である。

著者は水温 23°C で行なつた試験では、各魚体に標識をして個体別に体重を測定したので、個体別に初体重に対する増加体重の関係を Fig. 2 に図示してみた。この図から明らかなように各区それぞれに 1 つの特有な傾向がある。したがつてその傾向から大きく外れたものは異常魚と見做されるから、Fig. 2 ではそれらを黒点で示した。異常と見做される魚は対照区で供試数 15 尾中 6 尾、フラゾリドン投与区ではいずれの区も供試数 15 尾中 1 尾で、対照区に異常魚が多い。これら異常魚と斃死魚を除いて正常と見做される魚のみの成長を比較すると、Table 5 に示すようにフラゾリドン投与区と対照区との間には成長に差が認められなかつた。一方 Table 2 に示す餌料効率から明らかなように、フラゾリドン投与区の餌料効率は対照区のその約倍であつた。これらの事実を併せ考え著者はフラゾリドンはマダイの餌料利用を妨げる腸内有害微

Fig. 2. Relationship between individual initial body weight and weight gain of red sea bream cultured at 23°C.

●: fish considered to be abnormal.

Table 5. Effect of furazolidone on growth of normal red sea bream*

Concen. of furazolidone in feed (%)	No. of fish				Average body weight in gram	
	at start	dead	abnormal*	normal*	at start	after 30-day feeding
0	15	0	6	9	56.5±18.0**	81.5±25.4
0.01	15	1	1	13	57.4±15.2	81.8±23.6
0.03	15	0	1	14	57.9±13.8	79.8±21.2

* The dead fish and the one considered to be abnormal as shown in Fig. 2, excepted.

** Standard deviation

生物の発育増殖を制圧し、成長の劣る異常魚の出現を抑制するために間接的に魚の成長を促進するのであると推測する。

もし魚の場合もフラゾリドンの効果が間接的な作用に基づくのであるならば、家畜の場合に認められているように、抗生物質あるいはニトロフラン誘導体の成長促進効果が常に一定でないことが魚の場合でもあるであろう。事実本研究で行なった2回の実験で0.01%フラゾリドンの効果は全く同じでなかった。また著者が他の魚種（アイゴ、ハマチ）ではフラゾリドンの成長促進効果を認めることができなかった。しかし最近古川・木村両氏²⁾は環境条件の悪い養殖場で0.01%フラゾリドン含有凍結魚餌料がハマチの成長を促進することを認めた。一方抗生物質がきれいな冷水中で飼養するマスの成長促進にほとんど効果のないことが多くの研究によつて認められている¹⁾。これらの研究を併せ考えると、魚の場合も家畜の場合と同じように飼育環境条件、餌の鮮度、すなわち環境水や餌の汚染度、また魚種、食性によつて抗生物質およびフラゾリドンの効果が異なると考えられる。したがって今後多くの魚種を用い、種々の条件で抗生物質およびフラゾリドンの成長促進効果を検討すべきであろう。

総 括

フラゾリドンがマダイの成長および餌料効率におよぼす影響ならびにその毒性について検討した結果を要約すると次の通りである。

1. 水温 18°C で飼養したマダイの場合、0.01% フラゾリドン含有餌料を 40 日間投与したマダイの成長および餌料効率は無添加の基本餌料のみを与えた対照マダイのその約倍であつた。なお 0.03% フラゾリドン含有餌料区の成長および餌料効率は 0.01% 区について良かったが、0.1% フラゾリドン含有餌料区の成長および餌料効率は基本餌料のみを与えた対照区のそれらより僅か劣つた。
2. 水温 23°C で 30 日間飼養した場合も 18°C で飼養した場合と同様に、0.01% 区の成長および餌料効率が最も良かった。しかしその効果は水温 18°C の場合ほど大きくはなかつた。なおフラゾリドン投与は成長が劣つた異常魚の出現を抑制したために、投与群全体としての成長および餌料効率を向上したものと考える。
3. フラゾリドン含有餌料を投与したマダイ背肉の粗蛋白および粗脂肪含量は対照マダイのそれら含量と変わらなかつた。
4. フラゾリドンを与えたマダイの心臓、肝臓、脾臓および腎臓重量の体重比と対照区のそれら主臓器重量の体重比との間に有意差は認められなかつた。

文 献

- 1) 青江優夫：水産増殖，**9**，176～178（1961）。
- 2) 古川一郎・木村正雄：家畜用ニトロフランに関する資料，**6**（4），1～10（1966）。