コイおよびニジマスにおけるマンガンおよび銅の要求について*¹

荻野 珍吉・楊 洗洋

(1979 年 11 月 6 日受理)

Requirements of Carp and Rainbow Trout for Dietary Manganese and Copper*¹Chinkichi OGINO*² and Guang-Yang YANG*²

Carp, *Cyprinus carpio*, and rainbow trout, *Salmo gairdneri*, were fed on the diets containing different amounts of Mn and Cu for 12 to 16 weeks, respectively. The feeding with the low Mn-diet (4 ppm Mn) resulted in lower growth rate than the control diet (12-13 ppm Mn) in both fish species. In the rainbow trout, the malformation such as an abnormal growth of the tail and the shortening of the body length developed in the fish receiving the low Mn-diet. The development of the malformation was considered to be due to the abnormal formation of the bones by the Mn-deficiency. The low Cu-diet (0.7 ppm Cu) produced lower growth rate than the control diet (3 ppm Cu) in the carp and not in the rainbow trout. The contents of Mn and Cu in the tissues from the fish fed with the low Mn- or low Cu-diet decreased distinctly in both fish species. Judging from the experimental results, the optimum dietary levels of Mn and Cu were considered to be around 12-13 ppm and around 3 ppm, respectively, in both the carp and the rainbow trout.

コイおよびニジマスの微量元素要求に関し、Zn の欠乏症および要求量については既に報告した^{1,2)}。この研究で Zn 含量が低い飼料でニジマスを飼育すると白内障が発生することを明らかにすることができた。その後 KETOLA は、ホワイトフィッシュミールを含んだ飼料で発生するニジマスの白内障は、飼料に硫酸亜鉛を添加することにより完全に防止できることを発表している³⁾。このように微量元素は養魚飼料の重要な成分であり、魚類の栄養性疾患との関連も深いと考えられる。今回はコイおよびニジマスの Mn および Cu の要求に関する研究を行ない、微量元素が体形異常(奇形)の発生とも関連があることを明らかにすることができた。

実験方法

飼料の組成 コイおよびニジマスとも Table 1 に示した組成の飼料を用いた。塩類混合物は McCollum 塩 No. 185⁴⁾ に微量元素を添加したものを用い⁵⁾、飼料の Mn 含量は硫酸マンガンの、Cu 含量は塩化第 1 銅の添加量によつて調節した。飼料分析の結果、硫酸マンガンを追加しない飼料にも不純物として 4 ppm の Mn が、塩化銅を追加しない飼料にも 0.7 ppm の Cu が含まれていた。飼料はペレット状に成型し、凍結乾燥した。

飼育法 活性炭で残留塩素を除いた水道水を用い、体

Table 1. Composition of the experimental diet used for rearing carp and rainbow trout

Egg albumin* ¹	40%
α -Starch	20
Dextrin	25
Soybean oil* ²	3
Cod liver oil	2
Cellulose	4
Vitamin mixture* ³	2
Mineral mixture* ⁴	4

*¹ Egg albumin was denatured by boiling with ethyl alcohol for 5 h.

*² DL- α -tocopheryl acetate was dissolved in soybean oil at a 2.5% level.

*³ The composition of the vitamin mixture was the same as that reported previously¹⁾.

*⁴ McCOLLUM salt no. 185⁴⁾ fortified with trace elements⁵⁾ was used. Dietary manganese and copper levels were adjusted with manganese sulfate and cuprous chloride, respectively.

重 1.8 g のコイおよび 1.5 g のニジマスを 12 週間ないし 16 週間飼育した。各実験区に対し 2 水槽を設けた。飼育はプラスチック製の水槽 (30×45×30 cm) を用い、通気しながら流水式 (0.2 l/分) で行なつた。実験中の水温は、コイでは 19~28°C、ニジマスでは 15~22°C であった。

分析法 飼料および魚体の微量元素は原子吸光法によ

*¹ 魚類における無機質の要求—X (Mineral Requirements in Fish—X).

*² 東京水産大学水族栄養学講座 (Laboratory of Fish Nutrition, Tokyo Univ. Fish., Konan-4, Minato-ku, Tokyo 108).

Table 2. Results of the feeding experiment of carp with diets containing different levels of Mn and Cu*

Experimental group	Dietary levels of		No. of fish	Average weight			Growth rate of 12 weeks (%)	Growth rate of 16 weeks (%)	Feed efficiency of 12 weeks
	Mn (ppm)	Cu (ppm)		Initial (g)	12 weeks (g)	16 weeks (g)			
1 Control	12	3.0	40	1.86	21.13	—	1,036	—	0.92
2 Control	12	3.0	40	1.91	21.10	33.61	1,004	1,659	0.92
3 Mn-deficient	4	3.0	40	1.89	18.70	28.14	889	1,388	0.89
4 Mn-deficient	4	3.0	40	1.92	19.06	29.02	892	1,411	0.90
5 Cu-deficient	12	0.7	40	1.89	19.26	29.06	919	1,437	0.88
6 Cu-deficient	12	0.7	40	1.89	18.90	28.68	900	1,417	0.84

* There was no mortality in all experimental groups. Water temperature fluctuated from 19 to 28°C.

Table 3. The manganese or copper content of the organs from the fish of control and Mn- or Cu-deficient groups

	Mn		Cu	
	Control (ppm)	Mn-deficient (ppm)	Control (ppm)	Cu-deficient (ppm)
Carp:				
Whole body* ¹	1.4	0.3	4.5	1.4
Vertebrae* ¹	7.7	1.1	3.1	nd* ³
Hepatopancreas* ²	1.4	0.8	2.2	1.4
Rainbow trout:				
Whole body* ¹	2.6	1.4	4.3	2.9
Vertebrae* ¹	15.1	4.5	2.5	0.8
Liver* ²	0.3	0.4	34.4	6.3

*¹ Contents on dry samples.

*² Contents on wet samples.

*³ Not detected.

つて定量した¹⁾。

結果および考察

コイ Mn および Cu 含量が異なる飼料を用いての飼育結果を Table 2 に示した。コントロール区では、2 水槽ともほとんど等しい増重率で成長することが明らかになったので、2 水槽のうち1つは 12 週間で飼育を中止した。12 週間および 16 週間飼育後の増重率は、低 Mn 区および低 Cu 区ともにコントロール区より低かった。なお各実験区とも致死魚は見られなかった。飼料効率には各実験区の間で大きな差異は見られなかったが、低 Cu 区ではやや低かった。16 週間飼育後の各実験区の魚の Mn および Cu 含量の分析結果を Table 3 に示した。低 Mn 区の魚はコントロール区と比較して Mn 含量が、低 Cu 区の魚は Cu 含量が明らかに低下した。

Mn あるいは Cu 含量が低い飼料で飼育した魚は、コントロール区と比較して何れも増重率が低いこと、また魚体の Mn あるいは Cu 含量が低下することはこれら

両元素がコイの飼料の必須の金属元素であることを示していると考えられる。ただ Mn 塩を添加しない飼料にも 4 ppm の Mn が、また Cu 塩を添加しない飼料にも 0.7 ppm の Cu が含まれていたため、これら元素の不足が成長の阻害というだけの影響として現われたものと考えられる。コントロール区の魚は極めて良好な成育を示したから、コントロール区の飼料に含まれていた量の Mn (12 ppm) および Cu (3 ppm) は、コイのこれら元素に対する要求量を充足していたと考えることができる。

ニジマス 飼育結果を Table 4 に示した。コントロール区は 2 水槽ともほとんど等しい増重率を示したので、2 水槽のうち1つは 10 週間で飼育を中止した。低 Mn 区はコントロール区と比較して成長が劣り、12 週間後 Mn の欠乏症と考えられる異常魚が多数出現したのでこの週で飼育を中止した。異常魚は、Fig. 1 に見られるように体長が短く、とくに魚体の後半、尾部が短く、いわゆるすづまりの状態になった。これは脊椎骨の形成異常によるためと考えられる。高等動物では、Mn

Table 4. Results of the feeding experiment of rainbow trout with diets containing different levels of Mn and Cu*

Experimental group	Dietary levels of		No. of fish	Average weight				Growth rate of 10 weeks (%)	Growth rate of 16 weeks (%)	Feed efficiency of 12 weeks
	Mn (ppm)	Cu (ppm)		Initial (g)	10 weeks (g)	12 weeks (g)	16 weeks (g)			
1 Control	13	3.0	30	1.54	12.03	—	—	681	—	—
2 Control	13	3.0	30	1.55	12.34	16.98	28.62	696	1,746	0.92
3 Mn-deficient	4	3.0	30	1.55	10.34	13.83	—	567	—	0.91
4 Mn-deficient	4	3.0	30	1.54	10.08	13.47	—	554	—	0.84
5 Cu-deficient	13	0.7	30	1.54	12.03	16.53	27.92	681	1,712	0.97
6 Cu-deficient	13	0.7	30	1.54	11.63	16.14	27.15	655	1,662	0.95

* There was no mortality in all experimental groups. Water temperature fluctuated from 15 to 22°C.

Fig. 1. The malformation of rainbow trout caused by feeding the low Mn-diet. The abnormal growth of the tail and a shortening of the body length are noticeable.

の不足によつて骨格の形成が異常になることはよく知られているが、⁶⁻⁸⁾ ニジマスにおいても同様の欠乏症が現われ奇形となつたと考えられる。おそらく骨端軟骨のムコ多糖類の合成が阻害されたのであろう^{7,9)}。魚体の Mn 含量は Table 3 に示されているように、低 Mn 区の魚はコントロール区の魚と比較して魚体とくに骨格の Mn 含量が低下した。低 Mn 区の飼料には 4 ppm の Mn が含まれていたが、この含量では不足していることが明らかである。コントロール区の飼料には 13 ppm の Mn が含まれており、何等の異常も認められなかつたから、Mn の適正含量はこの含量付近にあると考えられる。

低 Cu 含量の飼料では、16 週間の飼育で増重率はコントロール区の魚と比較してほとんど差異が認められなかつた。しかし Table 3 に見られるように、低 Cu 区の魚は魚体各組織の Cu 含量が明らかに低下した。このことは、Cu がニジマス飼料の必須の金属元素であることを示していると考えられる。コントロール区の魚は優れた成長を示したので、飼料の適正 Cu 含量は、コントロール区の飼料に含まれていた Cu 含量 (3 ppm) 付近にあると考えられる。

要 約

Mn あるいは Cu 含量がそれぞれ異なつた飼料でコイおよびニジマスに 12 週間ないし 16 週間飼育し次の結果を得た。

1. 4 ppm の Mn 含量の飼料では、コントロール区の飼料 (12~13 ppm Mn) と比較して、両魚種とも増重率が低く、魚体の Mn 含量が低下した。ニジマスでは尾部の発育に異常が認められた。これは骨格の正常な形成が阻害されたためと考えた。飼料の Mn の適正含量は 12~13 ppm 付近と考えられた。

2. 0.7 ppm の Cu 含量の飼料では、コントロール区の飼料 (3 ppm Cu) と比較してコイでは増重率が低かつたが、ニジマスでは差異が認められなかつた。しかし魚体の Cu 含量は両魚種とも低下した。飼料の Cu 適正含量は 3 ppm 付近にあると考えられた。

文 献

- 1) C. OGINO and G.-Y. YANG: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **44**, 1015-1018 (1978).
- 2) 荻野珍吉・楊洗洋: 日水誌, **45**, 967-969 (1979).
- 3) H. G. KETOLA: *J. Nutr.*, **109**, 965-969 (1979).
- 4) E. V. McCOLLUM and N. SIMMONDS: *J. Biol. Chem.*, **33**, 55-89 (1918).
- 5) J. E. HALVER and J. A. COATS: *Progr. Fish-Cult.*, **19**, 112-118 (1957).

- 6) L. S. HURLEY, G. J. EVERSON, E. WOOTEN, and C. W. ASLING: *J. Nutr.*, **74**, 274-281 (1961).
- 7) R. M. LEACH, Jr., and A. M. MUESTER: *J. Nutr.*, **78**, 51-56 (1962).
- 8) H.-C. C. TSAI and G. J. EVERSON: *J. Nutr.*, **91**, 447-452 (1967).