

# 用 RNA/DNA 比率评定鲤的生长 及其配合饲料的营养价值

赵振山 林可椒

(华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

张益明

徐家锐

(江苏省盐城市多种经营管理局, 224000)

(湖北省沙市市饲料公司, 434500)

**提 要** 投饲不同动物蛋白源,不同蛋白质含量的配合饲料养殖鲤鱼种,在环境条件和投饲率相同的情况下,测定鱼体的增重率、肌肉、肝脏中脱氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(RNA)的含量。结果表明:A、B、C三组饲料蛋白质含量分别为18.17%、17.86%、31.56%时,其个体平均增重率分别为106.87%、94.65%、129.48%;平均饲料系数分别为2.04、2.30、1.52时,RNA/DNA平均比率分别为2.99、2.90和4.13。实验表明,肌肉中RNA/DNA比率是一个能非常灵敏地反映鱼类生长和蛋白质含量的指标。由此可知,在环境条件及受试鱼投饲率相同时RNA/DNA比率的大小可作为评价鱼类生长及其摄食配合饲料营养价值优劣的指标。

**关键词** 鲤,RNA/DNA比率,蛋白质,增重率

目前评定鱼用饲料质量优劣的方法除直接测定饲料营养成份外,还可采用生长对比试验来判断。但养殖对比试验周期较长,并受多种条件制约,试验结果往往不尽理想。国内外许多学者就鱼类生长与RNA的关系进行了广泛的研究。Bullock[1970, 1971]、Mustafa[1977]和Buckley[1979, 1984]分别对一些鲤科鱼类以及蓝鳃太阳鱼、红点鲑、小口鲈等鱼类肌肉、肝脏中的RNA/DNA比率与摄食、生长的关系作了研究。结果表明,RNA/DNA比率与鱼类生长率呈正相关,并确认这一比率是评定鱼类近期及长期生长的良好指标。Buckley[1979]研究表明,在其它外部条件一致的情况下,大西洋鲑肌肉中RNA/DNA比率随池水中浮游生物量的增加而增加。Steinhart和Eckmann[1992]试验证明,白鲑苗在饱食、限食和饥饿三种状态下,其RNA/DNA比率有显著性差异。司亚东等[1992]研究认为,鲤鱼白肌中的RNA/DNA比率在饥饿和饱食时显著不同,且与鱼体的增重率呈正相关。但用RNA/DNA作为评价鱼用配合饲料优劣指标的试验,尤其是定量研究饲料中蛋白质和必需氨基酸含量与鱼体生长和RNA/DNA比率的关系,国内外尚无报道。本文在鱼类生长试验的基础上,结合传统的粗蛋白含量、鱼体增重率、饲料系数等指标,采用RNA/DNA比率来评价鱼类的生长及营养状况,并尝试以此指标评价饲料的营养价值。

## 一、材料与方 法

### 1. 试验设计与管理

试验鱼为本院水产站养殖鲤(*Cyprinus carpio*)的鱼种,平均尾重1.94 g,体长4.73 cm。将试验鱼按单因子有重复的试验设计分为3组,每组设3个平行组。试验鱼用食盐水消毒后称重、计数,并放入9个容积为80 cm×60 cm×80 cm的网箱中。网箱全部设置在一个10 m<sup>3</sup>的椭圆形水泥池中,以保证每个网箱的水质条件相同。水源为充分曝气后的自来水,通过加压形成微流水。

试验开始前驯化一周,一周后正式投饲。为确保试验的准确性,投饲饲料用电子天平称重,控制各试验组相同的投饲率。开始投饲率均为体重的3%,随温度升高投饲率增至5%。每天喂3次,时间分别为08:00,12:00,18:00。养殖期共40天,每天测定水温3次,其它水质指标每周测定一次。养殖期间水质状况见表1。

表1 养鱼池水体水质指标

Table 1 Hydrochemistry index of experimental waters

温度(℃)	pH	DO(mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P(mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)
27-31	7-9	7.2-9.3	0.020	0.202	0.005

### 2. 饲料制作及分析

实验用饲料共3种(表2):A、B饲料组蛋白质含量差异极小,但羽毛蛋白含量不同,用于比较RNA/DNA比率和鱼类生长的差异;A、C和B、C饲料组蛋白质含量相差较大,差值几乎相同,以证实实验结果的一致性。

饲料中氨基酸含量采用日立835-50型氨基酸自动分析仪分析。

表2 生长试验的饲料配方及其营养指标(%)

Table 2 Formulated feed prescriptions and their nutritional index(%) of growth test

	饲料配方(%)				营养指标(%)				营养指标(%)		
	A	B	C		A	B	C		A	B	C
羽毛粉	—	5	10	CaHPO <sub>4</sub>	3	3	3	粗蛋白	18.17	17.86	31.56
鱼粉	10	5	—	CaCO <sub>3</sub>	0.75	0.75	0.75	粗纤维	7.20	7.30	7.40
豆粕	15	15	45	微量元素	0.15	0.15	0.15	粗脂肪	4.30	4.10	3.95
玉米	45	45	15	复合维生素	0.5	0.5	0.5	粗灰份	8.63	8.64	8.70
麸皮	15	15	15	氯化胆碱	0.15	0.15	0.15	水份	7.45	7.40	7.40
统糠	5.45	4.85	4.25	蛋氨酸	—	0.6	1.2	无氮浸出物	54.25	54.70	40.99
淀粉	5	5	5								

### 3. 核酸的提取与测定

试验前后每组取5—8尾试验鱼,分别取鱼体背部,侧线上方的肌肉和肝脏鲜样,用 Bullow [1970]描述的方法脱脂。称30 mg 脱脂样品,用 SDS-蛋白酶 K 的方法提取核酸[Sambrook 等, 1989]。用 DNA 自动分析仪(DNA Fluorometre modle TKO 100)测定 DNA 的含量。总核酸用双光速紫外分光光度计(日立200-10)测定[Bullow, 1970]。RNA 含量由样品总核酸含量减去 DNA 含量求得。

## 二、实验结果

### 1. 饲料中氨基酸分析结果及其营养价值预测

A、B、C 三组饲料的必需氨基酸(EAA)组成如表3,从中可知 A、B、C 三组饲料的 EAA 总量分别为7.39%,7.31%和13.08%,C 组 EAA 总量明显高于 A、B 两组。除 EAA 总量外,目前在评定饲料营养价值的许多指标中,EAA 的供求比尤为重要。而供求比越高,表明供求关系越紧张。由表3可知,B 组供求关系最紧张,A 组次之,C 组最小。而且 A、B 组饲料中各有6种限制性氨基酸,C 组有3种[吴遵霖,1986]。从 EAA 指数上看,C 组最高,A 组次之,B 组最小,与 EAA 总量出现相同的趋势。由此可见,无论从 EAA 总量、供求比还是从 EAA 指数和限制性氨基酸数量上都可知,C 饲料品质最好,A、B 较差,其中 B 组最差。

表3 饲料中必需氨基酸组成及其分析

Table 3 EAA composition in feed and their analysis

	A		B		C		鲤 EAA 标准需要量
	EAA(%)	供求比	EAA(%)	供求比	EAA(%)	供求比	
赖氨酸(Lys)	0.95	(2.32)	0.75	(2.93)	1.41	(1.56)	2.2
精氨酸(Arg)	1.04	(1.54)	1.03	(1.55)	2.03	0.79	1.6
亮氨酸(Leu)	1.42	0.92	1.46	0.89	2.63	0.49	1.3
苯丙氨酸(Phe)	0.79	(3.16)	0.85	(2.94)	1.44	(1.74)	2.5
异亮氨酸(Ile)	0.73	1.23	0.72	1.25	1.34	0.67	0.9
苏氨酸(Thr)	0.73	(2.05)	0.68	(2.21)	1.22	1.23	1.5
缬氨酸(Val)	0.94	1.49	1.07	1.31	1.60	0.88	1.4
组氨酸(His)	0.43	(1.86)	0.35	(2.29)	0.62	1.29	0.8
蛋氨酸(Met)	0.36	(3.30)	0.40	(3.00)	0.79	(1.52)	1.2
$\sum X$	7.39	17.85	7.31	18.37	13.08	10.17	
EAA 指数	14.09		13.79		24.79		
限制性 EAA 数量	6		6		3		
营养价值预测	差		差		优		

注:(1)色氨酸分析时被破坏;(2)括号中的数字为限制性氨基酸;(3)EAA 指数、供求比计算见吴遵霖[1986]。

### 2. 生长试验结果

为进而验证三种饲料配方的优劣性所做的生长结果如表4。该表中,增重率= $G_2 - G_1 /$

$$\frac{G_1 + G_2}{2} \times 100\% \quad (G_1 \text{ 为开始体重, } G_2 \text{ 为结束时体重})。$$

表4 生长试验结果

Table 4 The results for growth test of carp

	A			B			C		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
放养尾数(尾)	30	30	30	29	30	30	30	30	30
始平均尾重(g)	1.59	2.03	1.98	1.80	2.00	2.11	1.98	1.87	2.10
终平均尾重(g)	6.21	5.87	6.35	5.58	5.21	5.71	9.01	9.54	9.24
平均尾增重(g)	4.62	3.84	4.37	3.78	3.21	3.60	7.03	7.67	7.14
平均增重率(%)	118.46	97.22	104.92	102.44	89.04	92.07	127.93	134.44	126.26
组平均增重率(%)		106.87			94.52			129.48	
饲料系数	2.10	1.81	2.20	2.25	2.57	2.09	1.54	1.45	1.58
平均饲料系数		2.04			2.30			1.52	

方差分析表明,A、B两组间的饲料系数和增重率均无显著性差异( $P < 0.05$ );C组分别与A、B组间呈显著性差异( $P > 0.05$ )。

### 3. 试验鱼肌肉、肝脏中RNA/DNA分析结果

试验前后鱼体肌肉、肝脏中RNA/DNA比率如表5。

表5 试验鱼肌肉、肝脏中RNA/DNA比率

Table 5 RNA/DNA ratios in muscle and liver of tested carp

	试验前	A			B			C		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
肌肉	RNA/DNA	3.43	2.27	3.26	3.01	2.74	2.94	4.05	4.63	3.71
	X±SD	2.90	2.99±0.63			2.90±0.14			4.13±0.47	
肝脏	RNA/DNA	1.96	1.73	1.83	2.02	1.28	1.63	2.52	2.54	2.58
	X±SD	1.28	1.84±0.12			1.64±0.37			2.55±0.03	

方差分析表明,A、B两组鱼肌肉中RNA/DNA比率无显著性差异( $P < 0.05$ ),但A、B组都与C组呈显著性差异( $P > 0.05$ );三组鱼肝脏中RNA/DNA比率均无显著性差异( $P < 0.05$ )。

上述实验结果表明,用A、B、C三种饲料饲养鲤鱼种,40天后增重率为94.52%—129.48%,饲料系数为1.52—2.30,鱼类生长迅速,体质健壮,而且鱼体肌肉中RNA/DNA比率都超过2.5[Steinhart和Eckmann,1992]这一关键指标,表明该养殖试验是成功的,这一生长结果与饲料的营养预测结果相一致。

## 三、讨 论

### 1. 饲料中粗蛋白、EAA含量与鱼体增重率的关系

从图1可以看出:鱼体的增重率与饲料中粗蛋白含量和EAA总量呈正相关关系,表明饲

料中粗蛋白和 EAA 含量直接影响鱼类的生长,其含量越高,饲料系数越低,鱼体的增重率越大,生长速度越快。这种相关关系早已被前人所证实。

由于试验饲料中羽毛粉含量与鱼体增重率没有一定的相关关系,与之有关的内容将不再讨论。

### 2、鱼体肌肉、肝脏中 RNA/DNA 比率与鱼体增重率的关系

从图2可以看出:鱼体肌肉、肝脏中 RNA/DNA 比率与鱼体的增重率呈明显的正相关。当鱼体平均增重率由94.52%上升到129.48%时,其肌肉中平均 RNA/DNA 比率由2.90上升到4.13;肝脏中 RNA/DNA 比率由1.64上升到2.55。这种趋势在肌肉中表现尤为明显。这一结果与司亚东等[1992]对鲤鱼、Buckley[1979,1984]对大西洋鳕鱼、Bullow 等[1978]对蓝鳃鱼、Steinhart 和 Eckmann[1992]对白鲑鱼苗等的研究结果相吻合。

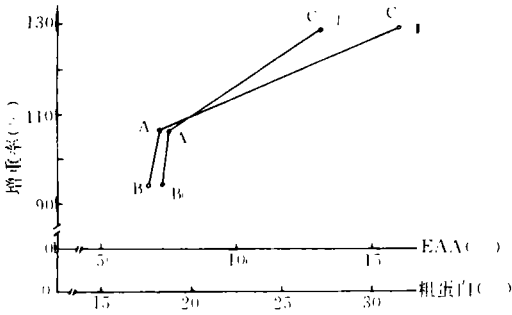


图1 饲料中必需氨基酸、粗蛋白含量和鱼体增重率的关系

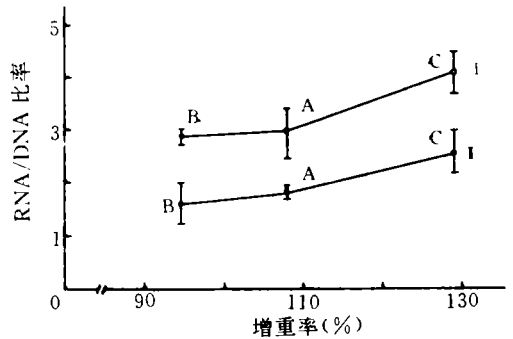


图2 鱼体 RNA/DNA 比率与增重率(%)的关系  
Fig. 2 Relationship between RNA/DNA ratios and gained weight rates of carp  
I — 肌肉; II — 肝脏。

Fig. 1 Relationship between fish gained weight rate and EAA, protein contents of feed

I — 必需氨基酸; II — 粗蛋白

### 3、鱼体 RNA/DNA 比率与饲料中蛋白质、EAA 总量的关系

鱼体肌肉、肝脏中 RNA/DNA 比率与饲料中粗蛋白、EAA 含量的相关图分别见图3和图4。

从图3、图4可以看出:随着饲料中粗蛋白含量的增加,鱼体肌肉、肝脏中 RNA/DNA 比率也随之增加,表现为明显的正相关,而且肌肉、肝脏中 RNA/DNA 比率的变化趋势保持了完全一致;同图3的结果一样,EAA 含量和肌肉、肝脏中 RNA/DNA 比率也表现为正相关,而且具有较高的灵敏度。当 A、B 饲料相比较时,粗蛋白含量相差0.31%,EAA 含量相差仅为0.08%,其 RNA/DNA 比率就能显示这种差异;当 A、C 和 B、C 相比较时,这种差异十分明显。这表明当养殖环境条件一致,投饲率相同时,鱼体肌肉中 RNA/DNA 比率可以反映饲料的营养价值,尤其是饲料中粗蛋白含量和 EAA 水平。这一结果与 Buckley[1979]、Steinhart 与 Eckmann[1992]和司亚东等[1992]研究受试鱼外部营养状况的结果相一致。

### 4、RNA/DNA 比率作为评定鱼类生长及其营养指标的理论依据

鱼类个体的生长,实质上是通过蛋白质合成来实现的。正在生长的个体从外界吸收氨基酸,一部分用于组织的修补和更新,另一部分则不断地增生新的组织,在外观上表现为体长和体重的增加。Leslie[1955]和 Bullow[1970]研究认为:在蛋白质合成的生化过程中,信使 RNA

和转运 RNA 是重要的参与者,当鱼体的营养条件较好、外界环境适宜其生长时,鱼体蛋白质合成速度加快,鱼体组织中 RNA 的浓度增加。因此 RNA 的浓度是测定生物生长率的敏感指标[Bullow,1970]。而 DNA 的浓度是体现细胞数目的指标,因为细胞中 DNA 的含量对环境条件的改变并不敏感[Dorch 等,1983;司亚东等,1992]。因此 RNA/DNA 比率是一个比单独 RNA 浓度更能精确地反映新陈代谢活动的指标。因为这个比率不受样品中细胞数目和细胞大小的影响[Haines,1973]。据 Bullow[1970]、Wider 和 Stanley[1983]及司亚东等[1992]报道:不同鱼的生长率与 RNA/DNA 比率的关系是不同的,在对某种鱼生长率与 RNA 的关系进行回归分析的前提下,如需了解该种鱼的生长状况时,只要测定该鱼的 RNA 和 DNA 含量便可利用其回归方程对该鱼的生长进行评定。可见,鱼类生长增重率与 RNA/DNA 比率的关系具有相当密切的相关性。

本试验结果也证实,在养殖环境条件、投饲率相同的情况下,饲料中粗蛋白和 EAA 含量与鱼体增重率呈正相关,而增重率又与鱼体内 RNA/DNA 比率呈正相关。这种正相关关系的存在又表现为饲料中粗蛋白和 EAA 含量与鱼体内 RNA/DNA 比率也呈正相关关系。这也正是 RNA/DNA 比率可用于评定饲料营养价值的依据所在。

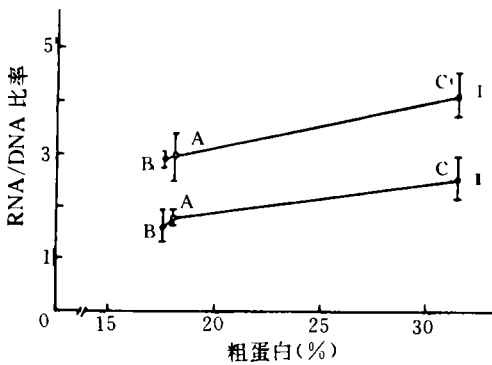


图3 鱼体 RNA/DNA 比率与饲料中粗蛋白含量(%)的关系

Fig. 3 Relationship between RNA/DNA ratios in carp body and protein contents of feed

I — 肌肉; II — 肝脏。

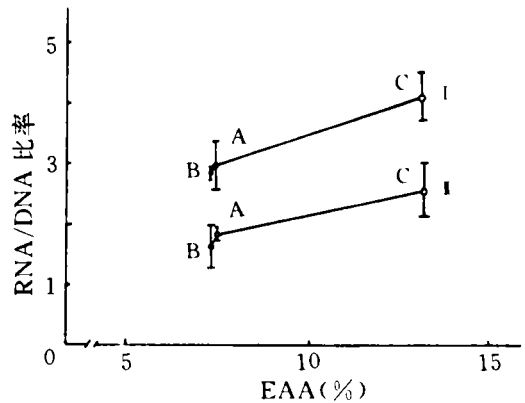


图4 鱼体 RNA/DNA 比率与饲料中 EAA 含量(%)的关系

Fig. 4 Relationship between RNA/DNA ratios in carp body and EAA contents of feed (%)

I — 肌肉; II — 肝脏。

### 5. 用 RNA/DNA 比率作为鱼类生长及饲料营养价值评定指标的优越性

应用增重率、饲料系数等指标作为饲料营养价值的评定依据一般要通过养殖试验来进行,至少需要40天甚至更长的养殖周期。而改用鱼体内 RNA/DNA 比率这个指标来衡量,可以大大缩短养殖周期。据周洪琪[1988]报道,停食14天的金色小雅鱼 RNA/DNA 比率为2.30,第15天开始投饵,仅仅一天, RNA/DNA 比率就高达3.45。表明 RNA/DNA 比率可以迅速地反映鱼类营养状况的变化。司亚东等[1992]认为:鲤鱼在饥饿时, RNA/DNA 比率迅速下降,10天左右趋于稳定。表明在外界环境条件和投饲率相同的情况下,10天左右鱼体内的 RNA/DNA 比率将趋于稳定,并以此评价鱼体的营养状况,从而评价饲料的营养价值。同时可缩短养殖周

期,避免长期养殖过程中出现的诸如人为因素、天气突变、水质恶化、疾病等客观因素的影响,从而在较短时间内准确地评定饲料的营养价值。

总之,用 RNA/DNA 比率来评定鱼类的生长及饲料品质是否优良是完全可行的,而且还可以对水质、浮游生物量、鱼类最适生长温度等多种因子进行比较[司亚东等,1992;Buckley, 1979;Bullow 等,1981]。

## 四、小 结

当环境条件和投饲率相同时,鱼体的增重率与饲料中粗蛋白和 EAA 含量呈正相关;肌肉、肝脏中 RNA/DNA 比率与鱼体增重率及饲料中粗蛋白和 EAA 含量也呈正相关,且肌肉中的比率明显高于肝脏中的比率。肌肉中这一比率能极其灵敏地反映饲料中蛋白质和 EAA 含量的变化。因此,鱼体肌肉中 RNA/DNA 比率可以作为评价鱼类的生长状况和饲料营养价值的指标。

本文承曹克驹教授审阅,特此致谢。

## 参 考 文 献

- [1] 司亚东等,1992. 鲤鱼白肌中 RNA/DNA 值与其生长的关系,上海水产大学学报,1(3-4):159-167.
- [2] 吴遵霖,1986. 鲤鱼饲料必需氨基酸与养殖效果相关探讨,水利渔业,(3):14-18.
- [3] 周洪琪,1988. 鉴定鱼类生长的新指标——RNA/DNA,水利渔业,(1):50-51.
- [4] Buckley, L. J., 1979. Relationships between RNA/DNA ratio, prey density, and growth rate in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **36**(12):1497-1502.
- [5] ——, 1984. RNA-DNA ratio, an index of larval fish growth in the sea. *Marine Biology*, **80**:291-298.
- [6] Bullow, F. J., 1970. RNA/DNA ratios as indicator of recent growth rates of a fish. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **27**:2343-2349.
- [7] ——, 1971. Selection of suitable tissues for use in the RNA-DNA ratio technique of assessing recent growth rate of a fish. *Iowa State J. Sci.*, **46**:71-78.
- [8] Bullow, F. J. *et al.*, 1978. Comparisons of two bluegill populations by means of the RNA-DNA ratio and liversomatic index. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **107**:799-803.
- [9] ——, 1981. Seasonal variations in RNA/DNA ratios and in indicators of feeding, reproduction, energy storage, and condition in a population of Bluegill, *Lepomis macrochirus* Rafinesque, *J. Fish. Biol.*, **18**(3):237-244.
- [10] Dortch, Q. *et al.*, 1983. RNA/DNA ratios and DNA concentrations as indicators of growth rate and biomass in planktonic marine organisms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **13**:61-71.
- [11] Haines, T. A., 1973. An evaluation of RNA-DNA ratio as a measure of Long-term growth in fish populations. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **30**:195-199.
- [12] Leslie, I., 1955. The nucleic acid content of tissues and cells. p. r. 50. In: The nucleic acids chemistry and biology. Vol. 2. E. Chargaff and S. N. Davidson (eds) Academic Press, New York.
- [13] Mustafa, S., 1977. Influence of Maturation on the concentrations of RNA and DNA in the flesh of the catfish, *Clarias batrachus*. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **106**(5):449-451.
- [14] Sambrook, J. *et al.*, 1989. Molecular cloning, 9. 14-9. 23. A Laboratory Manual (Second edition). Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- [15] Steinhart, M. & R. Eckmann, 1992. Evaluating the nutritional condition of individual whitefish (*Coregonus* spp.) larvae by RNA/DNA ratio. *J. Fish. Biol.*, **40**:791-799.

- [16] Wilder, I. B. & J. G. Stanley, 1983. RNA/DNA ratio as an index to growth in salmonid fishes in the laboratory and in streams contaminated by carbaryl. *J. Fish. Biol.*, 22(2):165-172.

## EVALUATING THE GROWTH OF *CYPRINUS CARPIO* AND THE NUTRITIONAL VALUE OF FORMULATED FEED BY RNA/DNA RATIO

Zhao Zhenshan and Lin Kejiao

(Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Zhang Yiming

(Yancheng Diversified Economic Management Bureau, Jiangsu 224000)

Xu Jiarui

(Shashi Feed Company, Hubei 434500)

**ABSTRACT** The carp fingerling was fed with formulated feed containing different protein quantities and various animal protein sources. Under the equal environmental condition and the same feeding rate, the gained weight rates and RNA, DNA contents of fish's muscle and liver were measured. The result showed: When feeding groups of A, B, and C were contained protein in 18.17%, 17.86% and 31.56% respectively, and the average gained weight rates of each group were 106.87%, 94.65% and 129.48%. The mean feed coefficients were 2.04, 2.30 and 1.52, and RNA/DNA ratios were 2.99, 2.90 and 4.13 respectively. Moreover, RNA/DNA ratio is a very sensitive indicator in reflecting fish growth rate and protein content in the feed. Therefore, RNA/DNA ratio in the muscle can evaluate fish growth and the quality of the formulated feed.

**KEYWORDS** carp, *Cyprinus carpio*, RNA/DNA ratio, protein, gained weight rate