

# 利用鱼腥藻作为饲料的研究\*

沈银武 刘永定 朱运芝 宋立荣

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

**摘要** 鱼腥藻粉作为肉鸡、全雌鲤、青虾和对虾的饲料研究结果表明:2%的鱼腥藻粉替代鱼粉作为肉鸡饲料试验,肉鸡的个体平均增重效果与对照相当,屠宰率、半净膛率和全净膛率都有所提高;同时还具有改善肉质色泽的效果.对重金属的含量分析发现,食鱼腥藻的鸡除锌的含量略高外,铜、铁、锰、镉及铝的含量都低于对照组.添加2%的鱼腥藻粉在网箱中进行小试和大面积试验,结果都表明鱼腥藻粉对全雌鲤的生长有明显的效果,并能提高全雌鲤鱼种的成活率和降低饵料系数.利用鱼腥藻粉配合饲料在网箱和大面积养殖青虾试验表明,具有促进生长,提高产量的作用.对虾试验结果表明,在饵料中添加2%的鱼腥藻粉,饲喂45d后,对虾的体长增加了14.49%;体重增加了10.43%.这些研究结果表明利用鱼腥藻作为家禽及水产养殖动物的饲料具有相当大的应用前景.

**关键词** 鱼腥藻粉, 饲料

鱼腥藻(*Anabaena*)是一种微型藻类生物,具有既能进行光合作用又能进行固氮作用这一独特生物学能力.它与其它藻类如螺旋藻、小球藻等相比具有培养方法简便,生长速度快,容易收获,生产成本低等优点<sup>[1,2]</sup>.同时,它含有丰富的蛋白质(45%左右),富有各种必需氨基酸、维生素、磷、钙和色素及生物活性物质<sup>[3,4]</sup>.因此作者们把开发利用微藻作为饲料的着眼点放在了鱼腥藻上,通过多年的研究已解决了鱼腥藻大规模养殖技术,在5170m<sup>2</sup>的工厂化生产中可达到7~11g(干重).m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup><sup>[1,2]</sup>.本文报道近几年来利用鱼腥藻粉作为肉鸡、鲤鱼、青虾、对虾等饲料的研究和应用结果.

## 1 材料与方法

**1.1 鱼腥藻粉** 供试鱼腥藻粉是采用中国科学院水生生物研究所生产试验基地(湖北省黄梅县)利用塑料大棚大规模生产的混合鱼腥藻粉<sup>[2,4]</sup>.种源由本所FACHB提供,通过单种培养后,在室外种子生产池中混合培养.

鱼腥藻粉的主要营养成分见表1.

**1.2 肉鸡中试** 试验在上海和武汉两地进行.在上海县畜牧兽医站分三批进行试验,第1批鸡种为海星杂交肉鸡,试验组790只,对照组380只,试验期为28d(29~56日龄进

\* 国家“七五”和“八五”重点科技攻关项目.

参加本工作的有中国科学院水生生物研究所王乾麟,王后乐;上海畜牧兽医站王同一;武汉市肉鸡联合公司项增昶;辽宁省锦州市水产所孙伯伦;湖北省黄梅县水产局王远桥,高林科和张珍桥等同志参加了部分工作,作者一并致谢.

1999-08-02 收到; 1999-09-06 修回

行). 第 2 批 鸡种为 AA 商品肉鸡, 试验组 755 只, 对照组 380 只, 试验期为 21d(22 – 42 日龄进行). 第 3 批 鸡种为宝星肉鸡, 试验组和对照组各 323 只, 试验期为 28d(29 – 56 日龄进行). 在武汉肉鸡联合公司进行了 8000 只肉鸡的大规模试验, 鸡种为罗斯 1 号商品肉鸡, 试验组和对照组各 4000 只, 试验期为 56d(0 – 56 日龄进行).

表 1 供试鱼腥藻粉营养成分

Tab. 1 Composition of *Anabaena* spp. powder in experiments

成分 Composition	鱼腥藻粉 <i>Anabaena</i> sp. powder
粗蛋白 Crude protein	37.0%
碳水化合物 Carbohydrates	4.8%
水分 Moisture	7.5%
灰分 Ash	10.3%
叶绿素 a Chlorophyll a	4.95mg/g
类胡萝卜素 Carotenoids	1.9mg/g
藻蓝蛋白 Phycocyanin	62.1mg/g
氨基酸 Amino acid	%
异亮氨酸(Ile)	2.15
亮氨酸(Leu)	3.23
赖氨酸(Lys)	1.52
苯丙氨酸(Phe)	1.51
蛋氨酸(Met)	0.23
酪氨酸(Tyr)	1.49
缬氨酸(Val)	2.01
色氨酸(Trp)	0.42
胱氨酸(Cys)	0.20
苏氨酸(Thr)	1.80
丙氨酸(Ala)	2.76
精氨酸(Arg)	2.89
天冬氨酸(Asp)	4.28
谷氨酸(Glu)	4.78
甘氨酸(Gly)	1.91
组氨酸(His)	0.43
脯氨酸(pro)	0.66
丝氨酸(Ser)	1.68

两个试验点的不同时期的饲料组成见表 2.

**1.3 鲤鱼试验** 实验鱼苗为全雌鲤, 由中国科学院水生生物研究所鱼类遗传育种研究室提供. 在湖北省黄梅县孔垄镇五里村的鱼池内进行试验. 以普通鲤鱼饵料配方为基础, 采用 5%、2% 鱼腥藻粉替代等量鱼粉分别进行鲤鱼种和种苗培育养殖试验, 饵料由中国科学院水生生物研究所藻菌试验生产基地饲料厂生产.

**1.4 青虾试验** 在湖北省黄梅县下新镇网箱和池塘中进行试验. 网箱面积为 60m<sup>2</sup>(长 10m, 宽 6m, 高 1.5m), 网箱放置在流水缓慢的河叉中, 保持网箱水深 1m; 共 10 只网箱, 处理和对照各 5 只, 间隔排列. 鱼池 5 个, 每个面积为 5hm<sup>2</sup>, 其中处理 3 个, 对照 2 个. 虾苗来源于湖北省黄梅县下新镇边的龙感湖, 系天然生长, 收集后, 挑选规格一致的虾苗进行试验. 网箱虾体长为 2.5 – 3cm, 每只网箱放幼虾 15kg. 池塘养殖幼虾体长为 5cm 左右,

每亩放幼虾 80kg. 饵料配方见表 3. 每天分早晚两次投饵, 网箱每天投 3kg/箱, 早晨 1kg, 晚上 2kg; 池塘每天投 20kg/hm<sup>2</sup>, 早晨 6.5kg, 晚上 13.5kg.

**1.5 对虾试验** 试验在辽宁省锦州市水产研究所内进行. 在育苗池中放置网箱(1m × 0.25m × 0.25m). 虾苗系辽宁省锦州市水产提供, 虾体长 3cm 左右. 每只网箱内对虾 50 尾, 重复 3 次. 试验期为 45d. 以常规对虾饵料为基础饵料, 试验组加 2% 的鱼腥藻, 不加鱼腥藻为对照.

**1.6 分析方法** 鱼腥藻粉的主要成份蛋白质等, 采用常规分析法进行<sup>[3,4]</sup>. 用日立 835-50 氨基酸测定仪测定氨基酸含量. 重金属用美国 ICP-AES 分析仪测定. 养殖动物的检测分析按常规方法进行<sup>[5]</sup>.

表 2 肉鸡饲料配方

Tab. 2 The ingredients of feed for chicken (%)

原 料 (Raw materials)	1-3 批(No 1-3)				第 四 批(No 4)			
	试验组 (Test)		对照组 (CK)		试验组 (Test)		对照组 (CK)	
	1-28 日龄 (1-28days)	29-49 日龄 (29-49days)	50-56 日龄 (50-56days)					
玉米粉(Corn powder)	59.0	59.0	62.5	62.5	68.8	68.8	72.7	72.7
黄豆粕(Soybean meal)	19.0	19.0	31.0	31.0	25.0	25.0	22.0	22.0
三号粉(Flour No. 3)	13.0	13.0						
鱼粉 8(Fish meal)	3.0	6.0	1.0	3.0	1.0	3.0	0	2.0
鱼腥藻粉(Anabaena powder)	3.0	0	2.0	0	2.0	0	2.0	0
矿剂(Mineral reagent)	1.2	1.2						
石粉(Calcareous powder)			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
磷酸氢钙(CaHPO <sub>4</sub> )	0.6	0.6	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0
食盐(Salt)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
预混料(Promixture feedstuff)	1.0	1.0						
浓缩料(Concentrated feedstuff)			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
代谢能(Kcal)(Metabolic energy)	3108	3115	2900	2950	2950	3000	2970	3020
粗蛋白(Crude protein)	19.3	20.0	20.3	21.0	18.3	19.0	16.3	17.0
钙(Ca)	0.94	0.97	0.87	0.89	0.86	0.79	0.79	0.83
磷(P)	0.75	0.76	0.56	0.57	0.62	0.63	0.58	0.58

\* 1-3 批为智利鱼粉; 第 4 批为秘鲁鱼粉. The fish meal of the No. 1-3 test and No. 4 were Chile and Peru respectively.

表 3 试验青虾饲料配方

Tab. 3 The ingredients of feed for *Macrobrachium nipponensis*

原料(Raw Materials)	试验组(Tset)(%)	对照组(CK)(%)
鱼粉(Fish meal)	10	10
虾壳粉(Shrimp shell powder)	12	12
酵母(Yeast)	4	4
豆粕(Soybean meal)	16	16
米糠(Chaff)	18	18
麸皮(Bran)	30	30
添加剂(Additive)	2	2
鱼腥藻粉(Anabaena powder)	3	
黏合剂(Felted)	2	2
豆油(Bean oil)	1	1
纤维(Fibre)	4	4
粗蛋白含量(Crude protein)	29.78	28.67

## 2 结果

### 2.1 鱼腥藻粉对肉鸡增重的影响

试验结果表明,在肉鸡配合饲料中以鱼腥藻粉替代鱼粉是可行的,试验组与对照组相比较,个体平均增重效果相当.但试验组在后期周增重率(除第2批试验外)高于对照组,此结果还表明,试验组的饲料转化率与对照组一致(表4),并且4批的试验结果基本是相似的.同时,试验组的存活率与对照组相差不大,第1~3批试验组的存活率略高于对照组,第4批试验组略低于对照组.

表4 鱼腥藻对肉鸡增重的影响

Tab. 4 Effect of feeding *Anabaena* powder on weight of chicken

周龄 (Weeks)	0		1		2		3		4		5		6		7		8		料肉 比
	始重 (Start)	重量 g	增重 + %																
第一 批	试验 (Test)							543		727	33.9	966	32.9	1280	32.5	1639	28.1	2.55	
	对照 (CK)							544		734	34.9	1010	37.6	1397	38.3	1645	17.8	2.55	
	± %								-0.96		-4.55		-9.14		-0.37				
第二 批	试验 (Test)							517		756	46.2	1199	58.6	1549	29.2			2.31	
	对照 (CK)							507		771	52.1	1105	43.3	1540	39.1			2.25	
	± %								-1.98		+8.51		+0.19						
第三 批	试验 (Test)							721		953	32.2	1237	29.8	1575	27.3	2018		2.65	
	对照 (CK)							725		986	36.0	1243	26.1	1571	26.4	2001		2.57	
	± %								-3.35		-0.48		+0.25		+0.85				
第四 批	试验 (Test)	43.8	84.3	92.5	220.8	161.9	382.8	73.4	593.4	40.9	870.2	61.3	1236.9	42.1	1634.3	32.1	1917.3	17.3	2.67
	对照 (CK)	43.8	83.6	90.5	234.1	180	403.9	72.5	527.9	30.7	942.6	78.6	1314.0	39.4	1699.8	29.4	1966.6	15.7	2.69
	± %		+0.83		-5.68		-5.22		+2.18		-7.68		-5.87		-3.85		-2.5		

2.1.1 屠宰性能比较 第4批试验结束时,从试验组和对照组各取10只鸡进行了屠宰性能的测定,结果表明屠宰率、半净膛率和全净膛率,试验组比对照组都有提高(表5).同时,试验观察发现,从4周龄开始到结束(8周龄),试验组肉鸡的羽色、肤色、皮肤、喙和趾的颜色明显比对照组黄.这表明鱼腥藻具有改善肉质色泽的效果.此结果与用螺旋藻饲喂肉鸡和蛋鸡的结果相似<sup>[6,7]</sup>.

表5 肉鸡屠宰性能的比较

Tab. 5 Comparison of butchery capability in chicken

处理 Treatment	活重 <sup>①</sup> (g)	胴体重 <sup>②</sup> (g)	屠宰率 <sup>③</sup> (%)	半净膛 <sup>④</sup> (g)	半净膛率 <sup>⑤</sup> (%)	全净膛 <sup>⑥</sup> (g)	全净膛率 <sup>⑦</sup> (%)
试验组 Test	1710	1621	94.8	1540	95	1284	79.2
对照组 CK	1860	1780	91.8	1613	94.4	1351	77.0
± %			+3.0		+0.6		+2.2

① Weight ② Net weight ③ Butchery rate ④ Half-net chamber ⑤ Half-net chamber rate

⑥ Net chamber ⑦ Net chamber rate

2.1.2 肉质化学成分的比较 表6表明用2%鱼腥藻粉替代等量的鱼粉,对鸡肉的主要营养成份除粗脂肪略有增加外,没有大的影响,粗蛋白和氨基酸组成基本相同.但是,对重金属的含量分析发现食鱼腥藻的鸡除锌的含量稍高外,铜、铁、锰、镉及铝的含量都低于对照组(表7).本结果似乎表明鱼腥藻具有降低重金属累积的作用.

表6 鸡肉营养成分比较

Tab. 6 Comparison of nutritive composition in chicken

成 分	试验组 Test		对照组 Control
	g/100g 鲜重	(g/100g fresh weight)	
Composition			
水分 Moisture	71.9	72.3	
粗蛋白 Crude protein	23.3	23.1	
碳水化合物 Carbohydrates	0	0	
粗脂肪 Crude fibre	3.4	2.6	
灰分 Ash	1.1	1.2	
氨基酸 Amino acid	g/100g 蛋白质	(g/100g Protein)	
异亮氨酸(Ile)	5.2	5.3	
亮氨酸(Leu)	9.2	9.2	
赖氨酸(Lys)	5.2	5.3	
苯丙氨酸(Phe)	4.0	4.0	
酪氨酸(Tyr)	3.6	3.5	
缬氨酸(Val)	8.5	8.6	
蛋氨酸(Met)	2.1	2.1	
胱氨酸(Cys)	0.9	0.8	
色氨酸(Trp)	0.7	1.0	
苏氨酸(Thr)	4.8	4.7	
丙氨酸(Ala)	6.3	6.3	
精氨酸(Arg)	6.6	6.5	
天冬氨酸(Asp)	9.5	9.6	
谷氨酸(Glu)	17.5	18.0	
甘氨酸(Gly)	4.7	4.5	
组氨酸(His)	3.7	3.6	
脯氨酸(pro)	1.7	1.6	
丝氨酸(Ser)	4.2	4.1	

表7 鸡肉中重金属含量的比较

Tab. 7 Comparison of heavy metal in chicken

处理	锌(Zn)	铜(Cu)	铁(Fe)	锰(Mn)	镉(Cd)	铝(Al)
4周龄(4th week)						
试验组	88.0	3.95	298.1	1.14	0.56	56.9
Test						
对照组	59.3	4.16	1668.3	2.55	0.64	59.5
CK						
8周龄(8th week)						
试验组	53.0	1.98	706.0	2.03	0.25	56.6
Test						
对照组	24.2	2.46	1020.0	1.96	0.56	105.2
CK						

2.2.2 利用鱼腥藻粉培育鲤鱼种 采用2%的鱼腥藻粉在网箱中进行小试,结果表明鱼腥藻粉能提高全雌鲤鱼种的成活率和降低饵料系数(表8)。在四口面积为1hm<sup>2</sup>鱼塘中,放养全雌鲤鱼苗6000尾/hm<sup>2</sup>,利用2%鱼腥藻粉配合饵料进行养殖试验,养殖60d后,结果表明鱼腥藻粉对全雌鲤的生长有明显的效果(表9)。

表8 2%鱼腥藻粉对鲤鱼种的影响

Tab.8 Effect of 2% *Anabaena* powder on all-female carp of fry

处理	起始重量	收获重量	总净重	成活率	饵料系数
Treatment	Start weight(g)	Havest weight(g)	Net wieght(g)	Livability(%)	Feed coefficient
对照组 1	1985	2960	975	64.0	7.16
2	2025	3090	1065	65.0	7.23
3	2025	3030	1005	63.5	5.91
平均	2012	2698	1015	64.0	6.77
藻粉组 1	2025	3497	894	69.5	5.34
2	2025	3196	1171	73.8	4.24
3	2005	2919	1492	66.3	3.29
平均	2018	3204	1186	69.9	4.29
± %			+ 16.85	+ 5.9	- 2.48

表9 鱼腥藻粉对全雌鲤的影响

Tab.9 Effect of *Anabaena* powder on all-female carp

项目 Item	放养情况(Start)			收获结果(Harvest result)		
	放养重 Start Weight (kg)	平均尾重 Unit Weight (g)	收获总重 Harvest Weight (kg)	平均尾重 Unit Weight (g)	净增重 net-weight (kg)	饵料系数 Feed coefficient
对照组 1	214.8	35.8	368.8	73.63	154.0	3.25
(CK) 2	214.8	35.8	370.4	74.12	155.6	3.21
平均	214.8	35.8	369.6	73.88	154.8	3.23
试验组 1	214.8	35.8	329.6	76.89	177.8	2.81
(Test) 2	214.8	35.8	399.0	78.74	184.2	1.72
平均	214.8	35.8	395.8	77.82	181.0	2.76
± %			+ 7.1	+ 5.3	+ 16.9	- 0.47

2.3 鱼腥藻粉对青虾体长与增重的影响 网箱试验结果表明使用鱼腥藻粉配合饵料的处理组比未用鱼腥藻粉的对照组相比,青虾的体长和体重有明显增加(表10)。在5个池塘中进行的大面积青虾养殖试验结果表明,利用鱼腥藻粉饲养青虾后,青虾的产量提高了15.42%(表11)。

表10 鱼腥藻对青虾体长和重量的影响

Tab.10 Effect of *Anabaena* powder on length and weight of *Macrobrachium nipponense*

时间(Date) (月/日)	体长(cm)		重量(Weight)(g)	
	对照组(CK)	试验组(Test)	对照组(CK)	试验组(Test)
5 10	2.5	2.5	0.7	0.7
9 10	6.7	7.5	6.8	8.4
± %		+ 11.9		+ 23.5

表 11 鱼腥藻对青虾体长产量的影响

Tab.11 Effect of *Anabaena* powder on the production of *Macrobrachium nipponense*

放养时总重(kg)		收获时产量(kg)		净增产量(kg)	
试验组(Test)	对照组(CK)	试验组(Test)	对照组(CK)	试验组(Test)	对照组(CK)
1	400	400	754.7	725.8	354.7
2	400	400	788.5	713.6	388.5
3	400		763.8		363.8
平均	400	400	769.0	719.7	369.0
± %					+ 15.42

2.4 鱼腥藻粉对对虾体长的影响 试验结果表明在对虾饵料中添加 2% 的鱼腥藻粉, 饲喂 45d 后对虾的体长有明显增长的作用(表 12).

表 12 鱼腥藻粉对对虾体长的影响

Tab.12 Effect of *Anabaena* powder on the length of *Penaeus japonicus*

试验组(Test)			对照(CK)		
初始	结束	增长率(%)	初始	结束	增长率(%)
Start	Finish	Increase rate	Start	Finish	Increase rate
I	3.02	4.94	63.36	3.05	4.12
II	3.10	4.69	51.29	3.12	4.42
III	3.03	4.19	53.00	3.00	3.88
平均 Average	3.05	3.74	55.41	3.06	4.14
± %		14.49			

2.4 鱼腥藻粉对对虾增重的效果 表 13 表明了在对虾饵料中添加 2% 的鱼腥藻粉, 饲喂 45d 后处理组对虾的体重比对照组增加了 10.43%.

表 13 鱼腥藻粉对对虾重量的影响

Tab.13 Effect of *Anabaena* powder on weight of *Penaeus japonicus*

处 理(Test)			对照(CK)		
初始	结束	增长率(%)	初始	结束	增长率(%)
Start	Finish	Increase rate	Start	Finish	Increase rate
I	0.48	1.45	202.1	0.48	1.43
II	0.49	1.62	206.1	0.48	1.28
III	0.33	0.74	124.4	0.35	0.75
平均 Average	0.43	1.27	177.5	0.44	1.15
± %		10.43			

### 3 讨论

鱼腥藻(*Anabaena*)是一种具有既能进行光合作用又能进行固氮作用的蓝藻, 它与其它藻类如螺旋藻、小球藻等相比具有培养方法简便, 生长速度快, 容易收获, 生产成本低等优点. 同时, 它含有丰富的蛋白质, 富有各种必需氨基酸、维生素、磷、钙和色素及生物活性物质<sup>[4]</sup>. 因此作者们把开发利用微藻作为饲料的着眼点放在了用鱼腥藻上. 在肉鸡配

合饲料中以鱼腥藻粉替代鱼粉是可行的,试验组与对照组相比较个体平均增重效果相当。但在后期周增重率(除第2批试验外)高于对照组,饲料转化率与对照组一致,并且4批的试验结果基本是相似的。同时,试验组的存活率与对照组相差不大,第1~3批试验组的存活率略高于对照组。屠宰性能的测定结果表明屠宰率、半净膛率和全净膛率试验组比对照组都有提高。同时,试验观察发现,从4周龄开始到结束(8周龄)试验组的肉鸡的羽色、肤色、皮肤、喙和趾的颜色明显比对照组黄,表明鱼腥藻具有改善肉质色泽的效果。本结果与作者们早期的试验结果表明固氮蓝藻(鱼腥藻)具有促长增重,改善肉质蛋黄色泽,提早上市的效果基本相同<sup>[6,7]</sup>。同时,与用螺旋藻饲喂肉鸡和蛋鸡的结果是相似的<sup>[8]</sup>。2%鱼腥藻粉替代等量的鱼粉,对鸡肉的主要营养成分除粗脂肪略有增加外,没有大的影响,粗蛋白和氨基酸组成基本相同。但是,对重金属的含量分析发现食鱼腥藻的鸡除锌的含量稍高外,铜、铁、锰、镉及铝的含量都低于对照组,鱼腥藻是否有降低重金属累积的作用还有待进一步研究。采用2%的鱼腥藻粉在网箱中进行小试和大面积试验,结果都表明鱼腥藻粉对全雌鲤的生长有明显的效果,并能提高全雌鲤鱼种的成活率和降低饵料系数。对虾试验结果表明在饵料中添加2%的鱼腥藻粉,饲喂45d后对虾的体长增加了14.49%;体重增加了10.43%。本结果与张汉华等的结果是一致的,他们的研究结果表明鱼腥藻粉作为饵料均获得较明显的饲料效益,鲤鱼对不同添加梯度的藻粉饵料的各营养素表观消化率水平较高,组间差异小,鱼腥藻粉能以任何比例取代鱼饲料中的动物蛋白<sup>①</sup>。通过网箱试验和大面积单养试验表明,利用鱼腥藻粉作为青虾配合饲料饲养青虾具有促进生长,提高产量的作用,在试验中同样观察到食鱼腥藻粉的青虾比对照组虾壳具有明显增红的效果。本结果表明利用鱼腥藻粉作为青虾饲料是可行的。1994年作者利用2%鱼腥藻粉配制的青虾饲料,在湖北省源感湖(湖北省黄梅县下新镇)的185hm<sup>2</sup>亩池塘中进行了大面积鱼虾混养试验,结果共产青虾150吨,鲜鱼300多吨,取得了创产值360万元,利税56万元的好结果<sup>②</sup>。作者们曾经以鱼腥藻鲜藻喷雾在桑叶上饲养家蚕,结果蚕的重量增加了10.63%,蚕茧重增加了16.66%<sup>③</sup>。以上这些研究结果表明,利用鱼腥藻作为饲料是可行的,从效果上讲,与用螺旋藻作为饲料的效果相差不大<sup>[7,8]</sup>,从经济上比,鱼腥藻的生产成本比螺旋藻低60%左右,因此,作者们认为开发利用鱼腥藻作为家禽及水产养殖动物的饲(饵)料具有相当大的前景。

## 参 考 文 献

- [1] Liu Yongding, Wangqianlin, Shen Yinwu. Biotechnologie in China: Eine neuartige kombinierte Proteinproduktion aus Algen und Pilzen. *CLB Chemie fur Labor und Betrieb*. 1989, **40**(3):155
- [2] Qian-lin Wang, et al. Studies on mixed mass cultivation of *Anabaena* sp. (Nitrogen-fixing blue-green algae, Cynobacteria) on a large scale. *Bioresource Technology*, 1989, **38**:221~228
- [3] 沈银武等,六种鱼腥藻在大量培养中的生产率和适应性与营养成分比较.水生生物学报,1992,16(3):269~273

① 张汉华等,藻粉代替动物蛋白作鱼饲料的研究.饲料科技发展新途径,全国畜牧水产饲料开发利用科技交流会论文集(水产部分),1988,37~43。

② 中国科学院水生生物研究所,藻类蛋白饲料研究鉴定报告(国家“八五”攻关课题)。

③ 朱运芝等,添加固氮蓝藻饲喂家蚕的效果.中国藻类学会第七次全国藻类学术讨论会论文摘要集,1998年, p109。

- [4] 沈银武等,鱼腥藻(*Anabaena* sp.)营养成分分析.武汉植物学研究,1994,12(1):61-64
- [5] 李绍标,肉鸡饲养新技术.1986,天津:天津科学技术
- [6] 中国科学院水生生物研究所,利用固氮蓝藻作为鸡饲料研究.科学技术研究成果公报,北京:科学技术文献出版社 1987, 75(7):6-7
- [7] Bucur N, Sandu V D. Modification of the lipid metabolism In the laying hen ovary elicited by the administration of Spirulina. Rew. Roum. Biol. - Biol. Anim. Tome. 1988, 33(2):103-105
- [8] 戴荣袞等,螺旋藻喂肉用仔鸡试验报告.江西农业科技,1987,2:67-74

## STUDIES ON THE APPLICATION OF ANABAENA POWDER FOR ANIMAL FEEDS

Shen Yinwu, Liu Yongding, Zhu Yunzhi and Song Lirong

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430072)

**Abstract** 2% of *Anabaena* powder was added into the feeds for chickens, all female carp, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) and *Penaeus* in present studies. In the experiment with chicken, there were no change significantly in the body weight, but the butchery rate, half-net chamber rate and net chamber rate increased at different degree, and the quality, color and luster were improved. Quantitative analyses of heavy metal showed that the content of copper, iron, magnesium, cadmium and aluminum in all the chicken fed by algae were lower than those of the controls, but zinc content increased. The *Anabaena* powder had apparently positive effect on the growth of All-female carp, *Macrobrachium nipponense* and *Penaeus*. The survival rate of fingerling increased while the feed coefficient decreased. *Anabaena* feeding could accelerate the growth of both *Macrobrachium nipponense* and *Penaeus japonicus*, so that productions increased. After 45 days of feeding, the *Penaeus japonicus* increased 14.49% in body length and 10.4% in body weight. These results suggested that it is feasible for *Anabaena* to be used as the feed of poultry and aquacultured animals.

**Key words** *Anabaena* powder, Feed