



# 福建省水产饲料研究会 信息简报

B-2088184-5

第 19 期

(总第 297 期)

2019 年 10 月 15 日

水产七十

70 年！这，就是中国水产之奇迹



- 文 | 图 工业化水产圈 实习编辑 张河长
- 这盛世，如你所愿！

不知道大家感受到了没有，今年“国庆”，有一点不一样。

不只是因为今年伟大的祖国迎来了 70 年盛世华诞，更是因为我们的民族自豪感，民族自信心空前高涨。

曾经我们吃不饱饭、住着茅草屋、发展滞后、国际地位差，而今第二艘航空母舰下水，嫦娥四号成功登月，国产大飞机试航成功……我们在经济、科研、国防等各方面都取得了辉煌成就，在国际上的影响力进一步扩大，全球供应链日益完善、国际市场地位上升，而这用了不到 70 年！

## 中国渔业之辉煌

1950 年我国开始逐步恢复渔业生产，上世纪 70 年代，我们还为“吃鱼难”而焦虑，1978 年《人民日报》还专门发表《千方百计解决吃鱼问题》的社论，1986 年，《渔业法》

确立了“以养殖为主”的发展方针，以解决中国人民“吃鱼难”的问题。随后一大批行业的仁人志士艰苦创业，锐意进取，在困难中孜孜以求、探索前行，取得了大量对我国渔业甚至世界渔业发展具有重大影响的科研成果。为此我梳理了一份简单的中国水产发展史，但不局限于以下内容。一起从中国水产的发展中，感受中国水产之辉煌。

## 水产养殖

1949年：新中国成立

1950年 潮汕捕鱼归来 作者韩志光



1954年：实现刺参人工繁育

1956年：首次证实紫菜孢子来源，实现紫菜人工栽培

1957年：实现海马首次人工养殖

1958年：实现鲢、鳙人工繁育

1959年广东汕头 晒海蜇（源于网络，侵权即删）



1963年：实现青、草人工繁育至此“四大家鱼”人工繁殖技术全突破！

1961年：我国率先培育出“没有外祖父的癞蛤蟆”

1970年：实现鳊鱼人工繁育

1971年：实现大闸蟹人工繁育

1978 年：实现大鲵人工繁育

1979 年：实现花蛤人工繁育

1983 年：实现扇贝人工繁育

1984 年北海市水产加工厂晒场 吴志光拍摄 华叔翻拍



1985 年：实现大黄鱼人工繁育

1989 年：实现斑点叉尾鮰人工繁育

1990 年：正在结网 源自宁波大学海洋学院



1991 年：食用鱼类养殖产量全球第一

1992 年：实现凡纳滨对虾、金钱龟人工育苗



图片印迹放鱼苗（图片来源：天天看余杭）

1993 年：我国养殖食用鱼类产量首次超过野生捕捞量

- 1998 年：实现达氏鲟人工繁育  
1999 年：实现多宝鱼的人工培育  
2000 年：实现鲈鱼、条纹鲈的人工繁育



#### 图片印迹 规模化养殖

- 2003 年：实现半滑舌蜆人工繁育  
2004 年：实现塞内加尔鳎人工育苗  
2004 年：新品种“大连 1 号”杂交鲍正式通过新品种认证  
2005 年：实现文昌鱼人工育苗



#### 图片印迹 水处理车间

- 2007 年：实现金龙鱼人工繁育  
2008 年：异育银鲫新品种“中科 3 号”正式通过新品种认证  
2014 年：实现斑石鲷人工繁育  
2015 年：新品种翘嘴鲌“华康 1 号”正式通过新品种认证  
2017 年：实现黄条鲈人工繁育  
2017 年：新品种刺参“东科 1 号”正式通过新品种认证  
2018 年：实现黄鳝、银鲳人工规模化繁殖，培育出银鲫新品种“中科 5 号”



### 图片印迹 稻田养殖模式

2019 年：实现淡水大黄鱼、皮皮虾人工繁育

待续.....

我国渔业产量自从上世纪 90 年代末开始逐年攀升，2016 年我国渔业总产量达 6900 万吨，约占世界渔业总产量 40%！养殖产量 4924 万吨，养殖产量和捕捞产量比约为 3/1，是世界上唯一一个养殖水产品总量超过全球其余养殖国家总和的国家！根据 FAO 发布的《2018 世界渔业和水产养殖状况》中分析到我国 2016 年渔业在全球的贡献：

全球渔业总产量 1.71 亿吨（养殖量+捕捞量），我国渔业总产量达 6900 万吨，约占 40%，**居世界第一！**

全球养殖食用鱼产量 8000 万吨，我国 4924 万吨，占 61.5%，是第二名印度的 86 倍，**居世界第一！**

全球捕捞渔业产量 9090 万吨，我国 1755 万吨，占 19.3%，**居世界第一！**

全球内陆养殖有鳍鱼产量 4760 万吨，我国 2820 万吨，占 59.2%，是第二名印度的 56.4 倍，**居世界第一！**

全球海洋及近海养殖有鳍鱼产量 750 万吨，我国约 130 万吨，占 17.3%，高于第二名挪威，**居世界第一！**

全球海洋甲壳类动物养殖产量 490 万吨，我国 160 万吨，占 32.6%，是第二名越南的 2.3 倍，**居世界第一！**

全球海洋软体动物养殖产量 1680 万吨，我国 1420 万吨，占 84.5%，是第二名日本的 38.4 倍，**居世界第一！**

全球海藻类产量 3000 万吨，我国 1438 万吨，占 47.9%，高于第二名印度尼西亚 275 万吨，**居世界第一。**

此外，我国是世界上最大的鱼及鱼产品出口国！

FAO 在全球渔业年报中强调了我国在世界渔业发展中发挥的巨大推进作用！为全球粮食安全和营养做出巨大贡献！肯定了我国近几年来在渔业转型、协调环境与可持续发展、提升水产品安全性、提高经济效益等方面取得令人瞩目的成绩！

2018 年，我国渔业经济总产值 2.59 万亿元，水产品总产量 6457.6 万吨，养殖产量 4991 万吨，保持持续增长之势。捕捞产量 1466 万吨，保持下降之势，根据国家渔业转型升级、可持续发展等相关政策，预计到 2020 年捕捞量将下降超过 500 万吨！今年农业农村部等十部委联合印发了《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》成为新时代水产行业的发展性纲领，势必会掀开水产行业发展的新篇章！



### 鱼苗

在国家政策的大力支持下，落实高质量发展要求，深化渔业供给侧结构改造，加快我国渔业转型升级的步伐，绿色、可持续、高质高效的渔业养殖之路已初具规模！在育种、养殖模式、培育新品种方面佳绩不断！湖泊生态修复型渔业模式、池塘生态高效养殖模式、渔稻综合养殖模式等绿色、可持续发展模式已在祖国遍地开花！

未来是万物互联的时代，渔业的发展不会脱离社会发展的步伐。借鉴、结合各行业的发展经验，渔业的自动化、智能化发展趋势日益明显，工业化、智慧化、集约化将会是未来渔业的热点与主流趋势！我们作为专业的行业媒体，有责任和义务继续发现、挖掘行业发展的新亮点，为新时期中国渔业之转型升级助力。



### 室内循环水养殖

蓦然回首，发展初期，我国渔业养殖完全“靠天吃饭”，养殖模式落后，养殖产量低下，“吃鱼”成为奢侈。现在我们有底气说“吃不上鱼已经成为过去式”，而这用了不到 70 年的时间！未来，我们不但要人人吃上鱼，而且还要吃上好鱼，中国水产也将由量向质去转变，由水产大国发展成为举世瞩目的水产强国！

## 行业信息

### 上半年水产饲料 850 万吨，同比增长 4.4%，其中淡水、海水饲料分别增长 4.6%、3.1%

据农业农村部对全国工业饲料统计监测，2019 年上半年饲料工业生产形势总体稳定。受非洲猪瘟疫情和国际贸易形势影响饲料总产量略有下降，商品饲料总产量 10867 万吨，同比下降 0.9%。其中，配合饲料 10018 万吨、同比增长 0.2%，浓缩饲料 590 万吨、同比下降 13.6%，添加剂预混合饲料 259 万吨、同比下降 9.1%，见图 1。

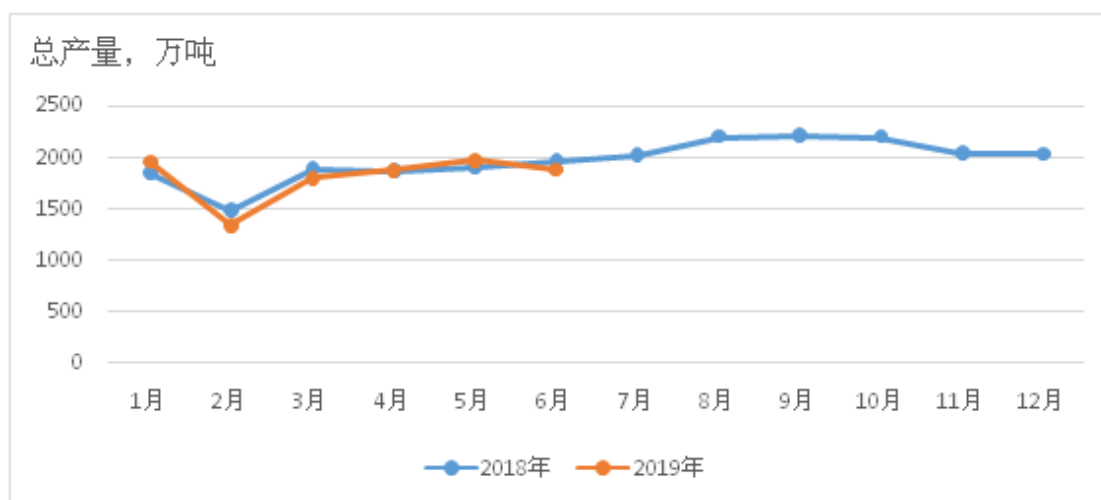


图 1,2018 年 1 月以来饲料总产量变化情况

#### 一、全国饲料生产总体平稳，饲料产品结构优化调整

饲料产品结构优化调整，饲料品种“三增一降”。猪、禽、水产和反刍动物饲料产量分别为 4256 万吨、5149 万吨、850 万吨和 509 万吨，其中猪饲料同比下降 14.3%，禽、水产和反刍动物饲料同比分别增长 11.5%、4.4%和 4.2%。全国饲料生产平稳，反映出上半年畜产品生产能力总体稳定，市场供应有保障，见表 1-2、图 2。

表 1 2019 年 1~6 月饲料产量汇总表

项 目	总产量	配合饲料	浓缩饲料	添加剂预混 合饲料	折合配合饲料
2019 年 1 月 (万吨)	1981	1809	117	55	3270
2019 年 2 月 (万吨)	1361	1262	71	28	2046
2019 年 3 月 (万吨)	1821	1679	98	44	2871
2019 年 4 月 (万吨)	1887	1742	99	45	2961
2019 年 5 月 (万吨)	1955	1804	106	45	3024
2019 年 6 月 (万吨)	1862	1721	98	43	2882
环比 (%)	-4.7	-4.6	-7.3	-3.2	-4.7
同比 (%)	-5.5	-5.1	-10.6	-7.5	-7.1
2019 年 1-6 月 (万吨)	10867	10018	590	259	17054
累计同比	-0.9	0.2	-13.6	-9.1	-4.8

表 2 2019 年 1~6 月不同品种饲料生产情况

项 目	猪饲料	蛋禽饲料	肉禽饲料	水产饲料	反刍 饲料	其他 饲料
2019 年 1 月 (万吨)	911	280	611	59	103	16
2019 年 2 月 (万吨)	593	194	454	48	62	10
2019 年 3 月 (万吨)	763	244	607	106	85	16
2019 年 4 月 (万吨)	731	249	643	159	87	19
2019 年 5 月 (万吨)	683	252	690	223	87	20
2019 年 6 月 (万吨)	574	238	686	255	86	23
环比 (%)	-15.9	-5.7	-0.5	14.5	-0.3	12.7
同比 (%)	-27.3	2.8	13.8	1.5	7.6	62.1
2019 年 1-6 月 (万吨)	4256	1457	3692	850	509	103
累计同比 (%)	-14.3	9.0	12.5	4.4	4.2	28.5

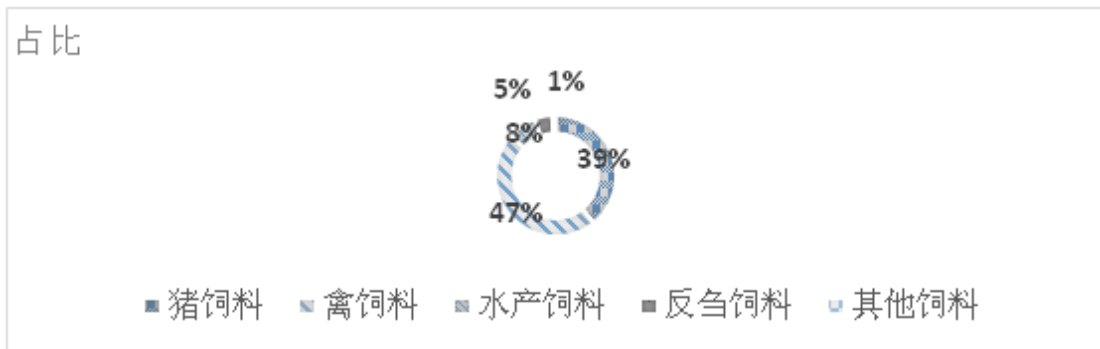


图 2,2019 年上半年不同品种饲料占比

猪饲料。疫情导致生猪产能持续下降，猪饲料需求缩减，从 2018 年 11 月开始，除去季节性因素，猪饲料环比降幅逐月扩大，今年 1~6 月猪饲料全线下降，猪浓缩料和预混料降幅更大，猪饲料占饲料总产量比重由上年同期 45% 下降到 39%。上半年猪饲

料总量同比下降 14.3%。仔猪、母猪饲料分别下降 26.7%、23.2%。6 月猪饲料总量下降 27.3%，降幅环比扩大 15.9%。其中，仔猪、母猪、育肥猪饲料均呈大幅下降，分别下降 40.4%、28.6%、14.8%，育肥猪饲料 6 月首次下降，见图 3-4。

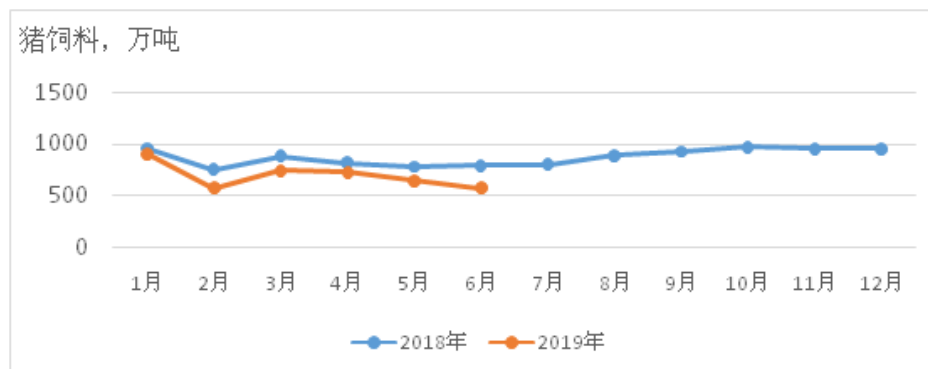


图 3, 2018 年 1 月以来猪饲料产量变化情况

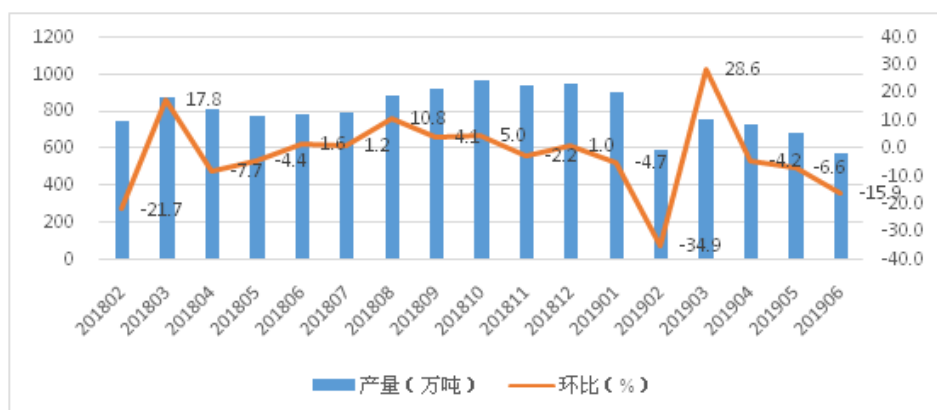


图 4, 2018 年 2 月以来猪饲料环比变化趋势

从区域看，占猪饲料总量近 70% 的华东、华南、华中三个地区降幅均较大。其中，17 省猪饲料降幅超过 20%，10 省降幅超过 30%。饲料大省中，河北、河南下降 32.4%、31.5%；江苏、山东下降 26.6%、25.5%。5 月、6 月广东、广西、海南降幅急增。6 月广西、广东、河南降幅分别高达 60.0%、53.0%、41.0%。

禽饲料。随着家禽产能恢复和禽肉替代猪肉缺口的预期优势，禽饲料快速增长，禽饲料比重由上年同期 42% 上升到 47%。上半年蛋禽饲料 1457 万吨，同比增长 9.0%。其中，蛋鸡、蛋鸭分别增长 0.9%、28.9%。蛋禽饲料 21 省区增长，其中河南、海南、广西、江苏、福建、安徽 6 省增幅超过 20%，分别增长 32.7%、26.7%、26.1%、25.7%、21.5%、20.4%；9 省蛋禽饲料下降，吉林、山西、内蒙分别下降 15.2%、11.7%、23.9%，主要由于散户退出和产品结构调整。肉禽饲料 3692 万吨，同比增长 12.5%，其中，肉鸡和肉鸭饲料分别增长 10.3%、15.6%。肉禽饲料除黑龙江、上海、吉林下降之外，其

他地区均涨，其中 19 省涨幅在 10%以上，见图 5。

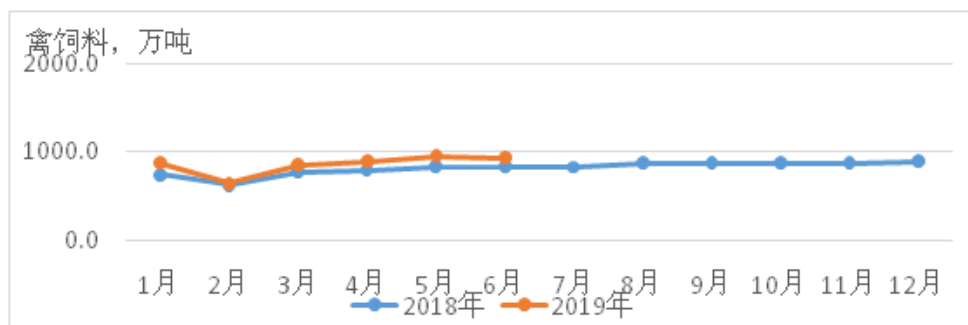


图 5, 2018 年 1 月以来禽饲料产量变化情况

水产饲料。由于 2018 年末存塘鱼较多，加上部分企业扩大水产饲料生产，上半年水产饲料 850 万吨，同比增长 4.4%。其中淡水、海水饲料分别增长 4.6%、3.1%，见图 6。

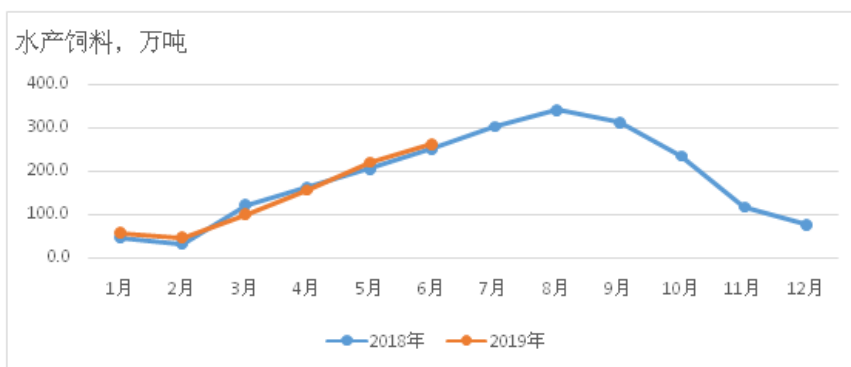


图 6, 2018 年 1 月以来水产饲料产量变化情况

反刍饲料。奶牛肉羊存栏稳定，肉牛补栏增加，反刍饲料同比增长 4.2%。其中，奶牛饲料下降 2.1%，肉牛、肉羊饲料分别增长 27.0%，1.2%。受益于肉牛养殖效益较好以及草原禁牧，工业饲料综合性价比高，牧民饲喂意愿增强和部分猪饲料企业加大向肉牛饲料市场转移，肉牛饲料增长较快。宠物饲料悄然兴起，呈大幅增长势头，见图 7。

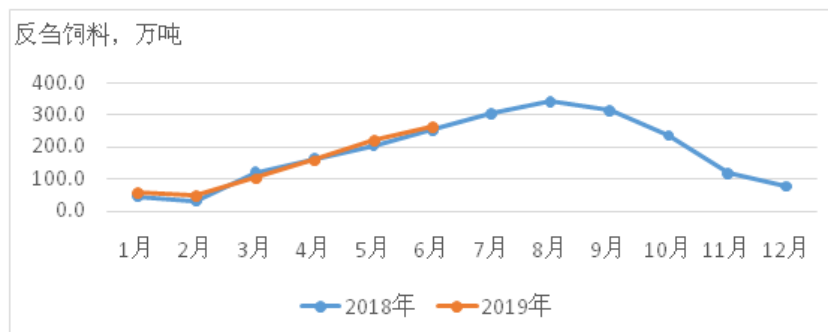


图 7, 2018 年 1 月以来反刍饲料产量变化情况

集团企业好于全国平均水平。上半年单厂 10 万吨以上企业 131 家，合计产量 1846

万吨，同比增长 4.1%，占全国总产量比重 17.0%，比上年同期提高 0.8 个百分点；47 家 50 万吨以上企业集团合计产量 5599 万吨，同比增长 1.3%，占全国总产量比重 51.2%，比上年同期增长 1.1 个百分点。

区域发展速度各异。全国工业饲料十强省合计产量占全国比重 71.4%，比上年提高 0.6 个百分点。从饲料工业“十三五”发展规划的区域布局看，加快发展区总产量 3061.4 万吨，同比增长 2.8%，猪饲料同比下降 3.0，禽饲料增长 9.3%；稳定发展区饲料总产量 5492.5 万吨，同比下降 2.0%，猪饲料下降 22.9%，禽饲料增长 12.0%；适度发展区总产量 2313.5，同比下降 3.0%，猪饲料同比下降 12.0%，禽饲料增长 13.3%。饲料总产量排名前 10 省生产情况见表 3。

表 3 2019 年 1-6 月饲料总产量前 10 省生产情况

序号	地区	饲料总产量（万吨）	同比
全国		10868	-0.9%
1	山东	1735	2.1%
2	广东	1421	-2.3%
3	广西	782	0.5%
4	辽宁	589	3.0%
5	江苏	584	-0.6%
6	湖南	561	-2.6%
7	湖北	556	7.0%
8	河北	554	-3.3%
9	四川	535	6.1%
10	江西	448	-11.6%
小计		7765	
占全国比重		71.4%	

## 二、饲料原料市场低位震荡，饲料产品价格小幅调整

饲料消费疲软，主要原料价格整体震荡低位，6 月玉米均价 2.04 元/公斤，环比上涨 2.0%，同比上涨 5.7%。2019 年 1~6 月玉米均价 1.98 元/公斤，累计同比涨 1.0%；6 月豆粕均价 3.02 元/公斤，环比增长 4.1%，同比下降 3.8%。2019 年 1~6 月豆粕均价 2.94 元/公斤，累计同比下降 8.1%，从目前供需情况看，后市饲料原料市场价格偏弱为主。饲料产品价格微幅调整，其中育肥猪配合饲料、浓缩饲料、肉大鸡浓缩饲料分别下降 0.7%、2.3%、0.5%，其他饲料小幅增长，见图 8-10。

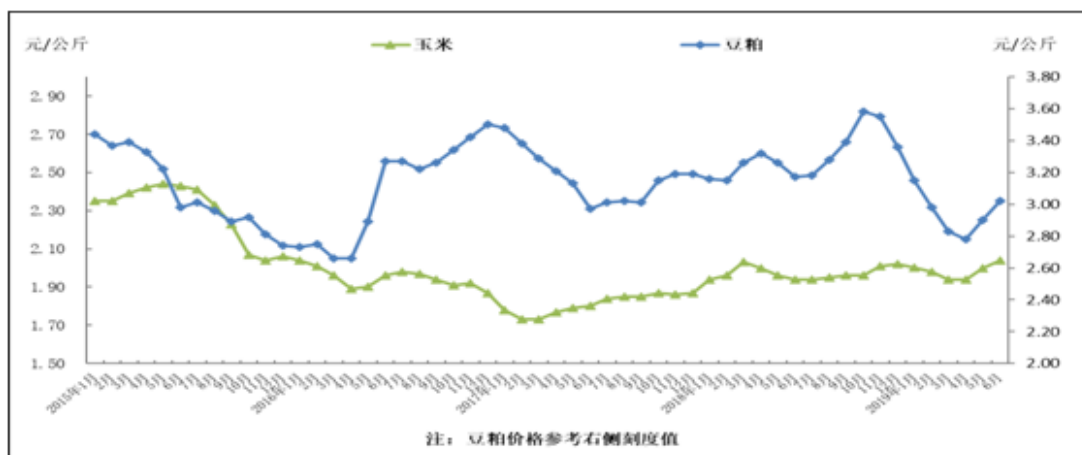


图 8, 2015 年以来玉米、豆粕价格走势

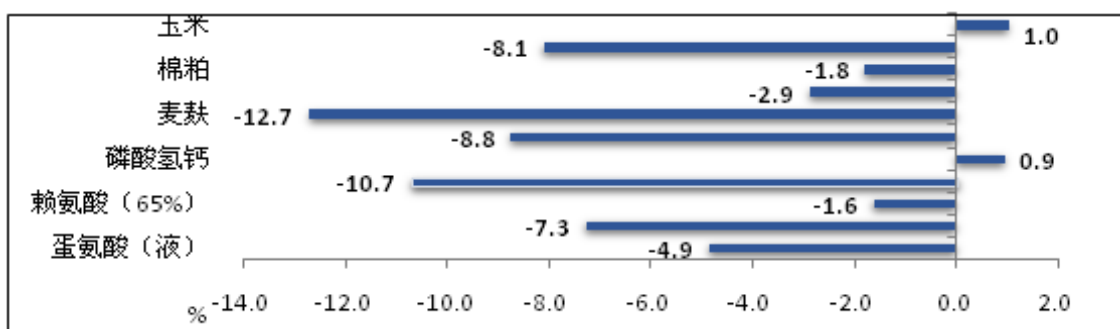


图 9, 2019 年 1~6 月主要原料价格采购均价涨幅

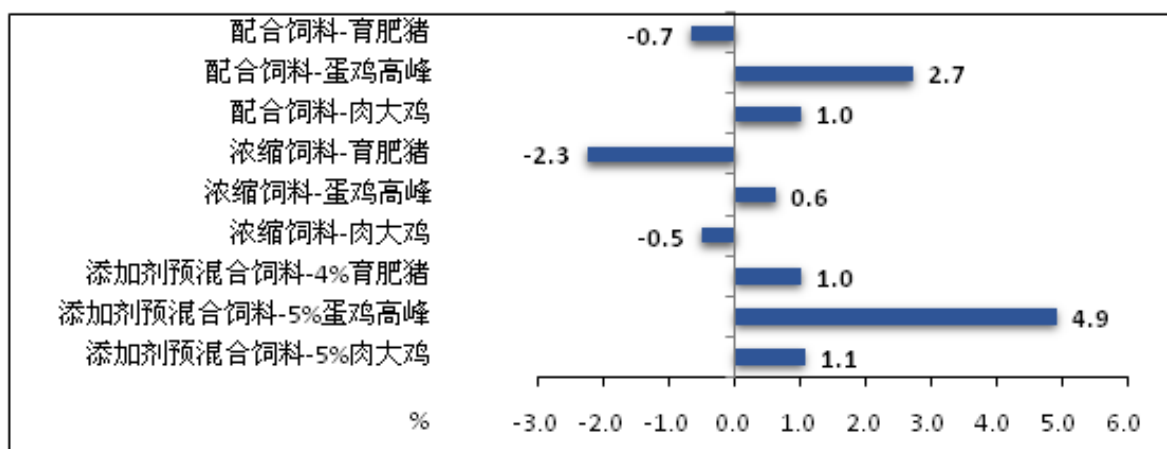


图 10, 2019 年 1~6 月主要饲料产品价格涨幅

### 三、饲料添加剂产量稳定增长

全国饲料添加剂产品总量 461 万吨，同比增长 4.9%。其中，直接制备饲料添加剂 436 万吨、同比增长 4.3%，生产混合型饲料添加剂 25 万吨、同比增长 17.7%。从主要品种看，氨基酸、维生素、酶制剂、微生物、防腐剂防霉剂产品产量分别达 138 万吨、48 万吨、6 万吨、11 万吨、23 万吨，同比分别增长 5.4%、20.3%、4.1%、100.7%、1.4%。

矿物元素、抗氧化剂产量分别达 217 万吨、3 万吨，同比分别下降 0.6%、4.6%。其他添加剂 15 万吨，同比增长 12.5%，见图 11。

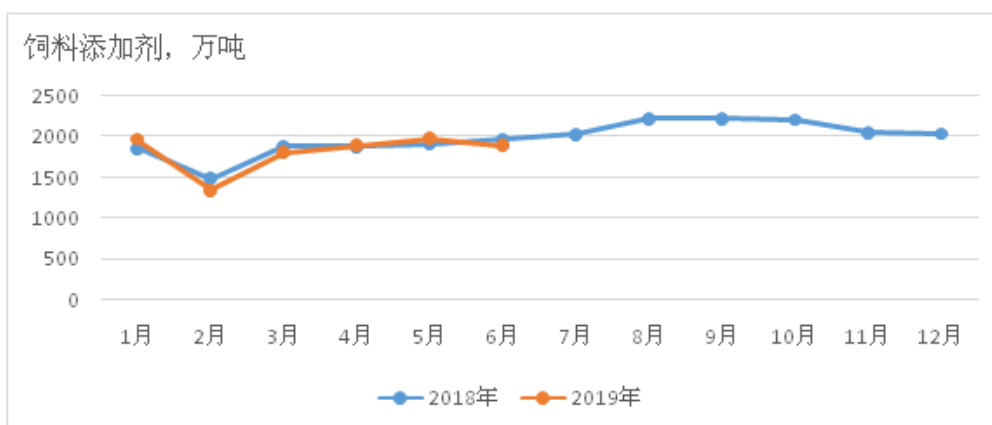


图 11,2018 年 1 月以来饲料添加剂产量变化情况

各品种区域分布较为集中，氨基酸盐及其类似物主要分布在内蒙古、吉林、山东、黑龙江、新疆、宁夏等 6 省区；维生素及类维生素主要分布在山东、浙江。山东是我国饲料添加剂综合主产省份，产品种类多产量大，其中，维生素及类维生素、微生物、防腐剂产量最大，氨基酸、氨基酸盐及其类似物、维生素及类维生素、酶制剂名列前茅。云南是磷酸氢钙主产省份，占全国磷酸氢钙产量 60%。江苏的酶制剂、抗氧化剂优势明显，见表 4。

表 4 2019 年 1~6 月饲料添加剂前 10 省生产情况

序号	地区	饲料添加剂 (万吨)	同比	制备饲料添加剂(万吨)	同比	混合型饲料添加剂(万吨)	同比
	<b>全国</b>	<b>571</b>	<b>9.3%</b>	<b>540</b>	<b>8.7%</b>	<b>31</b>	<b>22.3%</b>
1	云南	105	12.0%	105	11.9%	0.06	57.7%
2	山东	97	15.3%	92	14.3%	5.3	36.6%
3	内蒙古	42	-5.4%	40	-6.4%	1.7	25.1%
4	湖北	38	16.7%	36	16.8%	1.4	14.2%
5	四川	34	-27.4%	32	-28.7%	1.6	13.6%
6	吉林	32	66.6%	31	66.5%	0.1	71.4%
7	江苏	25	9.6%	21	1.5%	4.6	71.8%
8	贵州	23	0.1%	23	0.1%	0	-
9	黑龙江	22	35.1%	22	35.2%	0.3	29.9%
10	新疆	21	11.1%	21	11.1%	0.007	-13.7%
小计		440	9.2%	425	8.4%	15	38.3%
占全国比重		<b>77%</b>		<b>79%</b>		<b>49%</b>	

#### 四、单一原料小幅增长

上半年，全国单一饲料总产量 4254 万吨，同比增长 0.9%。其中，谷物及其加工产品 683 万吨，同比增长 14.9%，豆料作物籽实及其加工产品 0.2 万吨，同比增长 12.5%，块茎、块根及其加工产品 0 吨，其他植物、藻类及其加工产品 0.3 万吨，同比增长 1.6%，陆生动物产品及其副产品 93 万吨，同比增长 1.1%，鱼、其他水生动物及其副产品 30 万吨，同比增长 11.9%，天然矿物质 1.4 万吨，同比增长 32.6%，微生物发酵产品及副产品 78 万吨，同比增长 8.2%，其他 0.5 万吨。油料籽实及其加工产品 3368 万吨，同比下降 1.8%，见图 12。

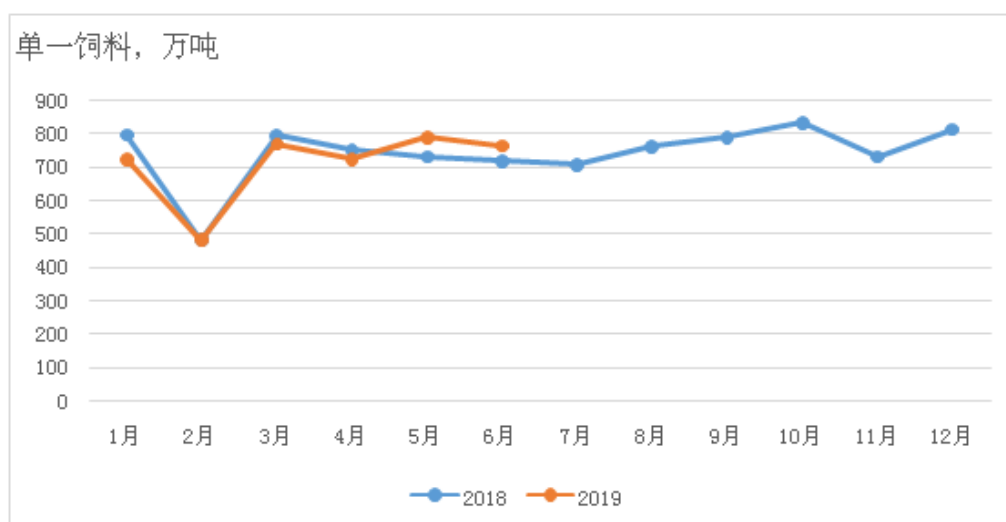


图 12,2018 年 1 月以来单一饲料总产量变化情况

表 5 2019 年 1~6 月单一饲料前 10 省生产情况

序号	省份	单一饲料(万吨)	同比
	<b>全国</b>	<b>4254</b>	<b>0.9%</b>
1	山东	753	0.3%
2	江苏	617	-7.7%
3	广东	460	14.0%
4	广西	351	-7.7%
5	辽宁	261	33.7%
6	河北	258	-11.4%
7	天津	217	19.3%
8	吉林	205	14.3%
9	福建	187	-9.3%
10	黑龙江	163	27.7%
	小计	3473	2.6%
	<b>占全国比重</b>	<b>82%</b>	

82%的单一饲料产量分布在前 10 省。依次是山东、江苏、广东、广西、辽宁、河北、天津、吉林、福建、黑龙江十省区市，添加剂总产量 3473 万吨，占全国总产量 82%。其中，油料籽实及其加工产品 2855 万吨，占全国总产量 85%；谷物及其加工产品 495 万吨，占比 72%。

山东是谷物及其加工产品、油料籽实及其加工产品、陆生动物产品及其副产品生产的综合区域；吉林、黑龙江特色是谷物及其加工产品；江苏、广东是油料籽实及其加工产品，表 5。

（注：2019 年上半年饲料产量数据来源基于 7881 家饲料企业上报的半年数据）

摘自中国饲料工业信息网

## “水产饲料高级配方师密训班”——精英班在广州顺利开课

2019 年 9 月 24 日，由广东联鲲集团有限公司（以下简称“联鲲集团”）发起，广州市召师牧享互联网服务有限公司承办的“水产饲料高级配方师密训班”——精英班在广州顺利开课。



密训班合影

据悉，“水产饲料高级配方师密训班—精英班”是联鲲集团利用多年积累的配方技术经验和行业一级资源，精心筹备打磨了 5 个多月的水产饲料配方体系课程。第一期密训班（精英班）为期 5 天 4 晚，共有来自国内 28 位饲料企业技术骨干及来自马来西亚 3 位外籍学员参与此次培训，后续联鲲集团还将继续开设高级班及面向海外的国际班。

联鲲集团副总裁张松博士在开班致辞中表示，举办此次培训班的初衷，首先是源于

近几年国内水产消费升级加快，常规水产饲料企业纷纷拓展高档特种料，但是跟产品密切相关的配方技术成为限制发展的瓶颈之一；第二，非洲猪瘟的暴发，让水产饲料在未来 3-5 年可能倍数增长，畜禽饲料企业纷纷涉足水产饲料，但行业成熟的水产饲料配方师稀缺，需要快速孵化一批实战型的水产配方师队伍；第三，水产饲料竞争愈演愈烈，不管营销套路如何变化，产品力始终是核心竞争力，一名优秀的配方师，决定了产品的竞争力。“我们希望通过短期高强度的训练为行业培养一批优秀水产配方师”！

首日密训班主要针对营养基础内容，台湾海洋大学萧锡延教授、联鲲集团总裁杨勇博士、联鲲集团副总裁张松博士先后带来《水产饲料配方师必须知道的基础理论》、《如何科学的设计与实施水产动物营养学实验》、《卓越水产配方师应具备的思维模式》、《鱼类消化生理及在商业配方中的应用》等内容。

### 《水产饲料配方师必须知道的基础理论》、《如何科学的设计与实施水产动物营养学实验》



台湾海洋大学终身教授、Aquaculture Research 主编萧锡延教授

世界人口总数由现今 70 亿，到 2050 年将超过 90 亿大关。加以全球性的气候异常，人类依赖水中资源以解决粮食问题是必然的趋势。从 1950 年以来，在捕捞无法持续增长的情况下，水产养殖所占的比例越来越高，将承担越来越重要的作用。这也意味着，水产饲料的好坏将关系养殖整体产业的优劣。好的水产饲料源自于好的鱼虾营养学术理论基础与好的研究，因此，水产饲料配方师的角色非常重要。

萧锡延教授首先介绍了国际上有 2 个重要的鱼虾营养机构——国际鱼虾营养科学委员会（ISFNF）和美国科学院国家研究理事会鱼虾营养需要委员会（NRC）的背景及发展历程。接下来他生动有趣的介绍了各个营养素、热量、饲料组成份分析、分析方法、鱼虾营养实验设计等基础知识背后的故事及要点。“饲料组成分析是很严肃的事情，不能打折扣。”萧锡延教授告诫学员。

## 《卓越水产配方师应具备的思维模式》



联鲲集团总裁杨勇博士

杨勇博士引用“菜籽饼推广故事”、“巴基斯坦鱼粉的应用”、“鸡鸭饲料配方的故事”三个故事告诉学员，做配方首先要尊重动物的生理反应。要成为一位卓越的水产配方师，杨勇博士认为首先应该具有三个态度：实事求是的工作态度、注重细节的工作态度、善于学习的工作态度。以学习态度为例，除了从最新的专业文献中学习新科技，把握新趋势，向各种行业专家、师傅学经验和教训同样也很重要；其次还需具有三级思维：逻辑思维、正面思维、创新思维。其中正面思维是人在处理任何事情时都能以积极、主动、乐观的态度去思考和行动，并促使事物朝着有利的方向转化，它可以使人在逆境中更加坚强，在顺境中脱颖而出，变不利为有利，从优秀到卓越；第三还得有三层能力：问题解决力、危机领导力、创造能力。以水产饲料的创新力为例，纵向可以做浮性料、湿料、功能料，横向可以做猪料和禽料。具有三级思维和三层能力就够了吗？并非如此。杨勇博士指出，行动是跨越鸿沟的唯一办法，能否行动要遵循客户导向、市场导向、经营导向三个原则。

## 《鱼类消化生理及在商业配方中的应用》



联鲲集团副总裁张松博士

中国水产养殖品种超过 70 个，假设一年学习一个品种的配方，学完要花费 70 年，但面对快速变化的市场、激烈的市场竞争，配方师如何才能迅速掌握一套新品种饲料开发？张松博士从鱼类摄食、消化、新品种的饲料开发、及实操演练四方面进行了详细的

梳理分享，通过各种不同鱼类的摄食视频、鱼体口裂图片、鳃耙图片、消化道解剖图片等，帮助学员，特别是没有水产专业背景，刚刚进入水产领域的学员快速了解鱼类摄食与消化的机理、不同鱼类的营养需求，掌握商业配方设计的关键技术。

### 摄食类型与料的形态

摄食类型	鱼种	饲料形态	饲料物理性状要求
滤食型	鲢、鳙	粉料、小粒径膨化料	
吞咽型	草鱼、青鱼、鲫鱼	颗粒料、膨化料	制粒、基本耐水性
钻食型	鳗鱼	粉料	粘弹性
撕咬型	石斑等凶猛性鱼类	膨化料	高油脂、低淀粉
抱食型	虾类	颗粒料、膨化料	耐水时间长
蚕食型	鲍鱼	压片	片状、耐水时间长

### 新品种饲料开发的步骤：

1、看鱼体外观；2、解剖看器官；3、查分类找参考；4、全鱼营养指标检测；5、商品饲料检测分析（若有）；6、形成配方思路。

### “水产饲料高级配方师密训班”第 2-5 天课程预告

#### 第二天（原料选用）

广州联牧蛋白总经理王欣将带来《世界各地原料展》分享，他将全球范围内不同国家、不同档次的动物性蛋白源进行综合评估。除了秘鲁鱼粉，仍然有很多非主流国家的优质动物蛋白原料可供使用，在水产饲料的实际生产中更具性价比。

联鲲集团副总经理章太卓将带来《水产饲料大宗原料的价值评估与选用》分享，他对大宗原料的价值进行细化分析，站在营养角度，对淀粉源性原料进行分析。

联鲲集团技术总经理彭志东将带来《水产动物微营养元素的价值认知及质量甄别》分享，微量营养元素体量虽小但不简单，各微量营养元素均有其特殊的功效，在水产配方设计中不可忽视。

法国乐斯福中国大区研发与技术经理张浩将带来《酵母类产品质量鉴别及在水产饲料中的应用》，向学员们详细展示了酵母类产品在水产饲料用的应用现状。

#### 第三天、第四天上午（配方实训）

联鲲集团副总经理章太卓先生讲分享了实用的配方软件和原料数据库，为各位学员

的配方找好了工具，并详细阐述了水产料与畜禽料在配方数据库应用、配方实操方面的区别，思想上达成统一。

联琨集团技术总监曾梦兆将带来《常规水产养殖品种营养特性与商业饲料配方设计》、技术总经理彭志东将带来《高档水产养殖品种营养特性与商业饲料配方设计》、技术总监王耀华将带来《无鳞鱼营养特性与商业饲料配方设计》、技术总监柳明将带来《甲壳类营养特性与商业饲料配方设计》、联琨集团技术副总经理肖建光将带来《蛙类营养特性与商业饲料配方设计》、技术总监王耀华将带来《不同养殖模式下水产料的配方设计》等报告，话题涵盖面广，互动性强，将充分分享联琨各个市场区域多年来的技术沉淀和研究成果，为参训学员针对性的养殖技术打磨和配方水平提高打下了坚实的基础。

#### 第四天下午、第五天（综合技能）

丰尚研究院膨化资深工程师糜长雨将分享了《不同料型的加工工艺特点及配方与工艺协调关键》，在工艺层面，糜工将阐述了配方和执行的关系，水产饲料配方师需要根据自身厂家硬件设施的不同，将配方设计与工艺执行完美融合。

联牧蛋白总经理王欣将带来《水产饲料配方师如何高效跨部门协同》分享，报告强调技术、品控、生产、采购的有机结合，增加企业的运作效率。

联琨技术副总经理唐武斌将分享质量控制的秘密——《如何做到水产饲料效果的绝对可控》，以切身服务大集团客户的心得，告知所有技术人员效果跟踪的秘诀。

联琨副总裁张松将带来《快速高效处理水产饲料质量投诉之秘诀》的分享，市场操作难免有投诉发生，遇到投诉，不能躲避，需要利用经验和方法，化危机为机会。

最后，来自广东恒兴饲料研究院副院长张海涛与纵海水产科技集团技术总监柏世军将与所有学员进行面对面交流，分享多年成功运作集团公司技术板块的实操经验与心得。



摘自“水产前沿”微信公众号

## 专家观点

### 正视水产饲料，配方师是关系人类未来的工作

到 2050 年世界人口总数将超过 90 亿大关，人类依赖水中资源以解决粮食问题是必然的趋势。

十年前，他作为五位国际编委中唯一的亚洲面孔受邀参与了《鱼类与甲壳类营养需要》编写起草工作，这本水产动物营养领域的“圣经”历经三年编辑，涵盖了水产动物营养学研究的基本方法、水产动物的消化生理及能量代谢、营养素需求与生理基础、鱼粉及鱼油替代技术、饲料加工及投喂技术、幼体营养以及水产养殖对环境的影响等内容，同时也对水产动物营养研究的最新趋势及亟须开展的研究领域进行了阐述。他是谁？他就是华人鱼虾营养界泰斗萧锡延教授。

萧锡延，台湾海洋大学终身特聘教授，水产领域知名国际期刊《Aquaculture Research》主编，《Aquaculture》、《Aquaculture Nutrition》编委，NRC 水产动物营养需要标准制定起草委员会首位华人委员，国际鱼虾营养科学委员会委员，曾担任世界养殖学会和亚洲水产学会理事，台湾水产学会理事长。

“那会 88 岁的 Dr. John E. Halver 载着我和一位英国来的教授从波士顿去 Woods Hole（水产界的“硅谷”）开关于书的讨论会。启程前他还拍着胸脯让我们俩放心，他是美国人轻车熟路，结果是原本一个半小时的路程花费了近三个半小时，因为他迷路了。”说起编辑《鱼类与甲壳类营养需要》期间的趣事，萧锡延教授脸上洋溢着幸福的笑容。



虽然已经退休，但是萧锡延教授一直心系鱼虾营养方面的研究及教育，并经常来内地做学术交流。近日，受广东联鲲集团有限公司邀请，萧锡延教授特来为海内外水产动物营养配方师授课。授课结束后，萧锡延教授接受了水产前沿专访，当问及配方师发挥的作用，萧锡延教授表示，“未来人类将更加依赖水产养殖，我们应该正视水产饲料，配方师是不输于其他任何职业的工作。”同时，《鱼类与甲壳类营养需要》编写背后有哪些

不为人知的故事？国际上鱼虾营养学研究热点及水产行业未来发展趋势为何？萧锡延教授也在采访中一一进行了解答。

### 行业“圣经”《鱼类与甲壳类营养需要》

**水产前沿：**《鱼类与甲壳类营养需要》是基于怎样背景下被编写出来的？

**萧锡延：**随着全球水产养殖业的快速发展以及现代生物技术在水产业中的应用，1993 版《鱼类营养需要》设定的某些营养需要参数或推荐量已经不再适用。因此，NRC 重新组织编委会成员对这本书重新进行编写，这次的编委会成员从北美拓展到了全球范围，我有幸作为那年唯一一位亚洲的委员受邀参与了这项工作。

**水产前沿：**您能给我们讲讲《鱼类与甲壳类营养需要》这本书的编纂历程吗？

**萧锡延：**在过去 50 年里，NRC 三次召集美国的及国际的鱼虾营养学家，先后起草、发行了《暖水鱼类营养需要》（1977 年）、《鱼类营养需要》（1993 年）等书籍。到 2009 年，水产动物营养需要标准制定起草再次被提上日程，这次的委员会中有五位国际委员，亚洲只有我一位，另外四位国际委员分别来自英国、法国、加拿大、挪威，为了编写这本书，我们从 2009 年到 2011 年间开了三次面对面会议（每次会议开三天整），中间平均每月都要进行一次视频通话，在对现有的鱼类和甲壳类营养学知识进行了系统全面的梳理和总结后，于 2011 年底出版了新版的 Nutrient Requirements of Fish and Shrimp。

2011 年麦康森院士牵头组织这本书的编译工作，终于到 2015 年《鱼类与甲壳类营养需要》（第一版）的中译版问世，这本书在国内也很热销，据我了解，这本书的中译版已经修订至第五版了。

### 分子生物学在未来依旧是热点

**水产前沿：**您现在还在做哪些方面的工作呢？

**萧锡延：**虽然我已经退休了，但学校还是给我提供研究室，所以平常除了外出参加会议我一般都在学校里，每天都去实验室，或者在办公室里面看看书，做些审稿的工作。我还在持续做着营养研究的工作，包括一直以来研究的三个品种（罗非鱼、石斑鱼、草虾），除此之外我比较关注行业内的年轻人做的研究。

**水产前沿：**您认为国际上的研究进展趋势主要在哪些方面？未来的营养的研究热点方向是在哪些方面？

**萧锡延：**根据我的观察，现在有关分子生物学方面的关注度，国内比国外的投入研究更多，在政府的资金扶持上国内的投入也比较多。此外，现在国际上鱼粉、鱼油的替

代，营养物质包括脂肪酸、维生素和微量元素等研究备受关注。另外，一些发展中的国家不断推出水产养殖新品种，对新品种的营养需求的研究也在持续进行中。

**水产前沿：**之前鱼虾的营养可能还是停留在营养一个层面，但是最近的十年，我能够感受到饲料配方会把营养和育种以及免疫结合做研究的趋势，对此您怎么看？

**萧锡延：**以前我们关注的重点是鱼虾生长速率的快慢，但是随着养殖环境的关系，物种间竞争的关系以及企业盲目追求增加产量等原因，在饲料配方中忽视养殖品种健康问题，免疫能力低很容易得病。光靠养殖机体的生长，达不到提升其免疫的要求。我认为以后的免疫力也要加入到饲料的评价参数中，但是免疫不容易掌控，过强免疫会加重体内器官的压力，对机体造成一定的损伤，因此在配方中也要有所考虑。

#### **掌握基础理论知识对配方师非常重要**

**水产前沿：**快速给新品种做研究，或者是做出商业饲料，您有什么好的建议？

**萧锡延：**每当产业内出现一个新品种的时候，基本上是不可能马上掌握到它的所有营养需要条件。面向这样的情形，以过去的经验都会先观察分析，查阅它的分类以及生活的习性，再罗列出有哪些比较相近的品种，选择并套用相对接近的营养知识。然后再通过后续的比对研究实验，精准把握该新品种所需的营养组成成分，往往这样得出的结论会比较快。

**水产前沿：**在当今新的行业环境下，您认为如何成为一名优秀的配方师？要具备哪些方面的能力？

**萧锡延：**配方师必须多与同行交流学习饲料配方和技术，了解领域里最新的饲料配方资讯和国际中新的研究进展。通过获取前沿的信息，不断完善自己的知识储备，更新自己的理念知识。而且基础知识对配方师来说是非常重要的，要真正去理解基础知识的精髓，有时候没有很好掌握的话容易会被误导。在我接触到的配方师中就有这样的现象，基础知识学习得不是很扎实，没有把观念弄清楚，一定会有盲点。我想说基础知识并非一朝一夕能够熟练掌握，靠的是累积经验，理清逻辑，虽然这样的现象不是很普遍但还是要引起每一位配方师的重视。

**水产前沿：**从业快 50 年了，您有什么感悟想跟水产新生代分享的吗？

**萧锡延：**水产是非常重要的，这个行业的重要性不是我们自己说的，因为到 2050 年世界人口总数将超过 90 亿大关。加以全球性的气候异常，到那时人类依赖水中资源以解决粮食问题是必然的趋势。从 1950 年以来，在捕捞无法可持续增长的情况下，水

产养殖所占的比例越来越高，将承担越来越重要的作用。这也意味着，水产饲料的好坏将关系到养殖整体产业的优劣，如果水产行业从业者或者饲料配方师对水产饲料不看重的话，未来发展之路不会很长。我也希望大家能把错误的观点纠正过来，正视水产饲料，配方师是关系着人类未来的工作。

节选自水产前沿、中国水产频道微信公众号，文/图 [水产前沿](#) 翁泽嘉 罗丹

## 经营管理

# 以创新驱动、开放共生，蓄力前行

陈春花

北京大学国家发展研究院



**导读：**中国企业依然需要正视自身现状，需要经历「从大到强」的发展阶段，企业家们也需要从曾经的模仿之路转变为不断锐意创新。

新中国成立的前 30 年，国家实现「三十而立」，为后 40 年的改革开放奠定了基础。而通过对内改革、对外开放的全面展开，充分释放中国经济活力，中国创造了人类经济发展史上罕见的中国速度。

2018 年，中国的经济总量首次突破 90 万亿元大关，稳居世界第二位。在推动经济发展的过程中，中国经历了 1997 年亚洲金融危机、2008 年国际金融危机等的严重冲击，但中国经济经受住了严峻考验，表现出极强的韧性。

自 2013 年 10 月，习近平主席提出「一带一路」倡议，近 6 年来，中国企业在「一带一路」沿线国家建设了一批境外经贸合作区，累计投资超过 300 亿美元，成为当地经济增长、产业集聚的重要平台，带动东道国就业近 30 万人。当下，中国正成为世界经济的「领航者」。

回首 70 年，伴随共和国的建设和发展，有一批中国企业也经历着新生、挣扎、奋进、突破和发展。中国的产业结构从劳动密集型产业和资源密集型产业为主，涌现出一批批为以技术为核心生产力的高科技产业，以高质量为竞争力的制造业，以及更为完善

的金融产业和高端服务业等。

中国特色社会主义市场经济创造了奇迹，同时在不断变化的全球贸易格局下也面临着挑战。随着中国经济增速放缓，进入高质量发展阶段，驱动经济向前的动力在发生变化。

回望历史，立足当下，迎接未来，中国企业走过了怎样的路程，有哪些成功经验，又该如何不断创新，从大到强，实现可持续发展？

《商学院》记者采访了知名管理学家、北京大学国家发展研究院 BiMBA 商学院院长陈春花，听一听她深度理解的中国商业肌理，为中国企业转型升级，蓄力发展提出了哪些建议。

## 01 领先企业的共性

改革开放 40 年中，中国涌现出一大批蓬勃发展的企业，并在中国经济发展中起到了不可替代的作用。这些企业有着怎样的共性？从事商学院教学、企业经营研究和管理实践已经二十多年的陈春花表示，在她持续的「中国领先企业」的研究中，感受到这些企业共同具有的特征，突出体现在四个方面。

**第一**，这些企业的领导人都具有明确的价值取向，艰苦的奋斗精神，企业家的创新精神，并持续学习，愿意合作，更重要的是他们理解自己所肩负的使命，并努力为推动社会进步付出努力，舍得与员工分享财富，关注社区与国家发展。

**第二**，真正理解市场规律以及国家发展大格局，这些企业的战略会契合国家经济发展的方向，会尊重市场规律，了解事物发展的客观规律，不断提供好产品和好服务，为顾客创造价值。

**第三**，合规经营，遵守规则。这些企业能够约束自己，回归经营的本质，不是去迎合机会，而是踏实做好自己。无论是上市公司，还是非上市公司，都做到透明、合规与健康经营，具有良好的契约精神。

**第四**，平衡当期发展与长期发展之间的平衡。这些企业都做到有效经营，保守财务，不是一味追求规模，而是持续为顾客创造价值。既有对未来的投入，又有把握住当前机会的能力。

做到这些的企业，从内因来看，主要是企业家精神的驱动力量。这种**企业家精神的核心内涵是：不断创新、勇于担当、开放学习、诚信合作**。从外因来看，主要是中国改革开放 40 年持续的经济增长，不断完善的市场机制，以及中国不断增长的经济空间。

内外因的综合作用，创造了一批优秀的企业家群体和中国商业的繁荣发展。

## 02 变局之下，做好高质量发展转型升级准备

中国加入 WTO 后，积极融入全球化发展，与世界经济实现了双赢，同时，也带来了全球产业的迁移以及带来的不均衡发展。面对当下贸易保护主义抬头，以及「一带一路」的倡议，中国企业也要积极调整应对国内和国际市场的变化。

陈春花指出，在今天的全球格局下，中国企业的确需要做出转换。

**首先，需要转变增长方式。**过去我们习惯于比较有利于中国经济发展的全球环境，以及高速增长的国内经济环境。现在，环境发生了改变，所以**要从之前的规模增长，转变为有质量的增长。**这就需要中国企业打造核心技术能力，拓展创新，致力于自己独特的价值创造，并形成广泛的生态发展网络。

具体来看，借助于互联网技术、信息技术以及智能技术，展开新的商业模式探索，从过去消耗资源型的发展模式，转变到创造附加价值的发展模式；从过去竞争的战略模式，转变到今天共生的战略模式。更重要的是，更加开放合作，寻找与「一带一路」国家、企业共生发展的新空间。

随着中国经济增速放缓，进入高质量发展阶段，驱动经济向前的动力在发生变化。陈春花认为，这对于中国企业而言是一次转型升级的阶段。

一方面中国经济发展，给中国企业提出新的要求，**需要在创造附加价值上做出努力**，为顾客创造更大的价值；另一方面，也为中国企业发展创造了新空间，**需要在创新领域做出选择**，并持续投入，取得新的发展机遇。

「如果这样去理解，对于中国企业来说，**需要做好至少五个方面的准备。**」陈春花指出，「第一，带领企业面向新技术全面转型；第二，更新企业知识，形成新的人力资源格局，匹配企业新的战略选择；第三，开放组织边界，与合作伙伴形成共生生态，与合作伙伴创造更大的生长空间；第四，致力于不可替代性，专注于顾客价值创造。第五，承担社会责任，按照更高的标准来要求自己。」

## 03 直面「大而不强」，需持续加大创新投入

面对过往的成绩和未来调整，中国企业依然需要正视自身现状，需要经历「从大到强」的发展阶段，企业家们也需要从曾经的模仿之路转变为不断锐意创新。

陈春花举例，2019 年，中国企业入榜《财富》「世界 500 强」数量第一次超过美国，这是一个非常值得我们瞩目的呈现，甚至《财富》专文说：「这是中国的世界」。

面对赞誉，要保持清醒。「当我们为此骄傲的时候，我们也同时看到中国企业整体大而不强，盈利能力低，以及产业分布差异巨大，创新能力不强的事实。」陈春花不无忧虑地分析，「在一百多个上榜的中国企业中，仅有华为一家企业，能够上榜世界研发投入前 20 名，这就是我想说的问题。」

陈春花再次表达了对未来中国企业的期待——**持续的研发投入，持续去做创新，尤其是领先的中国企业，更加需要加大力度，让企业成为一个创造价值的主主体，创新发展的载体，员工成长的平台，以及推动行业和社会进步不可或缺的伙伴。**

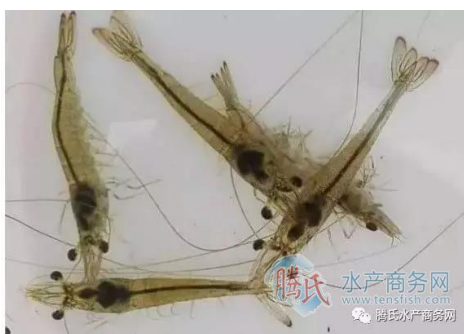
辉煌已成过往，在百年未有之大变局前，对于中国经济的韧性发展，陈春花有着自己的判断，「对于中国经济而言，我们已经拥有了 40 年经济稳健发展的基础，也逐步形成了市场运行的体系，只要我们继续沿着稳健发展、市场化运行、建立健全法律法规，按照客观发展规律办事，继续扩大开放，深化改革，一定会越来越好。」（本文完）

摘自春暖花开微信公众号

## 综述报告

### 解读对虾免疫机制

对虾属于节肢动物门甲壳纲，是目前全球重要的经济养殖动物，在水产养殖中占据着非常重要的地位，主要代表有凡纳滨对虾、斑节对虾、中国明对虾、日本对虾、南美白对虾等。



为了满足人民生活的需要，对虾的养殖业也迅速的发展，养殖面积逐步扩大，养殖密度也越来越高、投饵过剩严重等人为或可观原因导致对虾的养殖环境不断恶化。低溶解氧、水温骤升骤降、养殖密度过高、水质恶化等环境胁迫对对虾生存的影响日益严重。

面对生存环境的变化，对虾会产生一系列的应激反应和保护机制，然而如果外界胁迫没有及时解除，持续的应激状态会影响机体的免疫防御体系，进而削弱其抗病力，进而发病死亡。所以为了有效提高对虾本身的抗病能力，我们首先要了解的就是对虾免疫

系统对这些胁迫的机体防御和应激机能，才能更好做好防护措施！

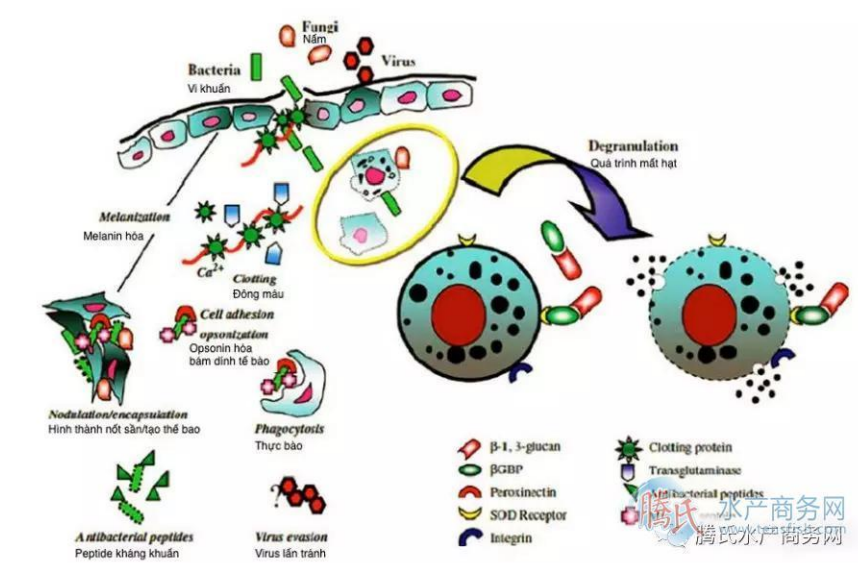
## 对虾免疫系统

与脊椎动物不同，对虾拥有完善的非特异性免疫系统，主要包括细胞免疫和体液免疫两个体系，当对虾感受到外来物入侵以后，对虾会立刻启动相关的免疫级联反应，一方面触发细胞免疫系统，包括血细胞的吞噬、包掩和凝集等免疫反应；另一方面也会诱发体液免疫系统，包括血淋巴或体液中酶（溶菌酶、酚氧化酶、超氧化物歧化酶（SOD）等）、免疫因子（如凝集素、溶血素等）以及调节因子（如酚氧化酶原激活系统等）的防御功能。

例如：对虾的黑白斑：



对虾的黑白斑即是对虾面对环境变化而做出的免疫防御所呈现的结果。通过酚氧化酶（ProPO）系统引起的黑色素（虾壳的黑斑）是无脊椎动物中的主要先天防御系统，当虾体被细菌入侵后，粒细胞分泌防御酶，通过吞噬等来杀死外来细菌。一旦细菌被吞噬，黑色素化过程也由粒状血细胞同时进行，这将使它们将外来细菌聚集于表皮当中，在下次蜕壳当中去掉，以此保持虾体的健康。



病原体进入虾组织时血细胞免疫反应机制的图解

## 环境胁迫对对虾免疫系统的影响

有关胁迫环境对对虾免疫系统的影响国内外已经有过很多的报道。对虾养殖过程中所遭受的环境胁迫主要包括水质的恶化（如含重金属、低溶解氧、水体 pH 值、盐度的急剧变化、水体富营养等）、水温大幅变化、以及养殖密度过高所造成的的胁迫。据大量的实验证实：低溶解氧、水体 pH 值、盐度的急剧变化、水体富营养化等水体污染、温度骤变，对虾的血红细胞数量，抗菌酶活力、溶菌酶活性、超氧化物歧化酶活力、吞噬活性、酚氧化酶原激活系统作用都显著降低，并且对虾对疾病的易感性明显提高。

### 如何提高对虾免疫能力？

面对当前对虾养殖的环境胁迫，除改善养殖环境外，增强对虾机体的先天性免疫力显得尤为重要。目前，由于当前水产养殖的集约化、规模化，水产养殖行业都会选用免疫增强剂提高养殖对象的免疫水平，激活养殖对象的自身的免疫机能从而达到防御的效果。

目前应用于甲壳动物养殖中的免疫增强剂种类繁多，主要可分成：矿物质类，如硒，锌等，中草药类，如黄芪，白芍、当归等；多糖类，如细菌多糖，真菌多糖、海藻多糖等；寡糖类，如甘露糖、乳糖、果糖等；维生素类，如维生素 A、维生素 C、维生素 E，微生物制剂，如疫苗、微生态制剂等。

### 免疫增强剂对养殖对象的作用

#### 加强吞噬能力

通过免疫增强剂来增强甲壳动物的吞噬能力、包囊、结节等防御能力。免疫增强剂与甲壳动物体内受体结合，如 1, 3-葡聚糖结合蛋白(BGBP)、脂多糖结合蛋白(LPS-BP)肽聚糖的受体蛋白与各自的特异物结合，可引发一系列的免疫反应，当活性多糖进入甲壳动物机体后与其受体蛋白结合，使小颗粒细胞发生胞吐作用而脱颗粒，活跃的小颗粒细胞能增强识别入侵到体内的非己物质，提高细胞的吞噬能力，从而使免疫系统更快地去除病原体。

#### 刺激酚氧化酶原激活系统

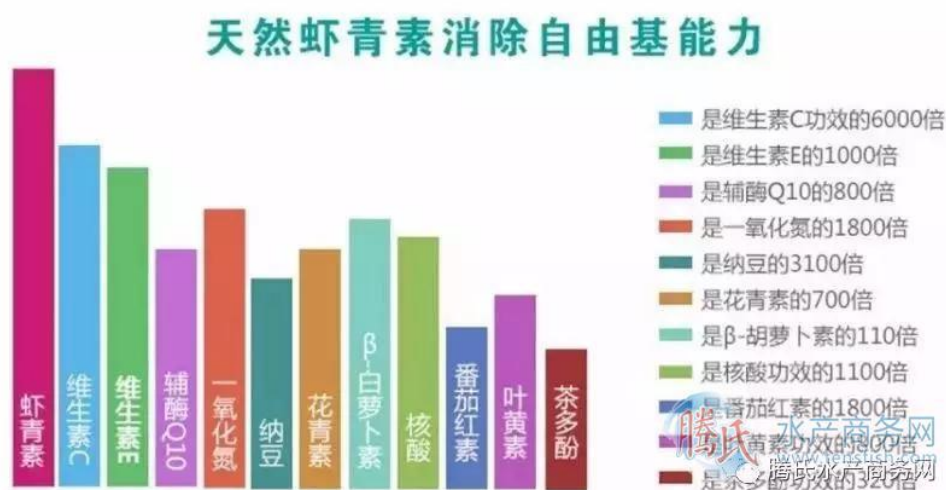
免疫增强剂不仅能刺激甲壳动物的血细胞释放酚氧化酶原系统，还能使该系统激活形成有活性的酚氧化酶，酚氧化酶又可与邻近的颗粒细胞、小颗粒细胞互相作用并诱导其脱颗粒，以此连锁反应放大了对外界因素的细胞应答，研究发现酚氧化原激活后，还能诱导产生多种粘性蛋白，有学者认为该蛋白有调理素作用，具有抗微生物和溶解细胞

性能。

## 清除体内多余的自由基和活性氧

免疫增强剂能够通过调节酶活力或自身的结构特点清除体内多余的自由基和活性氧。维生素 C 和维生素 E 是生物抗氧化剂，分别作用于水相和脂相，在防止过氧化过程中具有协同增效作用。作为脂溶性抗氧化剂的维生素 E，可以防止不饱和脂肪酸过氧化。维生素 E 位于膜内的疏水端，而活泼的羟基位于膜表面或膜表面附近，该羟基通过提供氢给氧自由基，从而清除之。蔡中华等认为维生素 E 还可诱导 SOD 含量的增加。维生素 E 和 Se 联合作用增加了 GPX 的活力。

但是经过国内外专家学者不断的研究发现，虾青素是继维生素类、抗  $\beta$ -胡萝卜素、花青素、葡萄籽、蓝莓提取物之类之后的第四代抗氧化成分，其抗氧化能力是维生素 c 的 6000 倍，维生素 e 的 550 倍，对提升养殖对象的抵抗能力和抗应激能力那可高了不少，可以说是“完爆”维生素 C。“虾青素的抗氧化能力是维生素 c 的 6000 倍”这一观点的是日本的 Yasuhiro Nishida，在一篇 2007 年发表的论文中，他的团队提出的。



在环境胁迫条件下或不正常的代谢的情况下，机体都会产生大量活性氧，当机体的抗氧化体系不足以清除这些活性氧时，导致氧化胁迫，虾青素是通过物理方式清除单线态氧，其自身的结构不发生改变，可继续清除单线态氧:能给自由基提供电子或与自由基结合清除自由基，从而保持机体低活性氧状态，增加机体对环境胁迫的适应能力，Murchie 等研究发现虾青素可增强斑节对虾仔虾对盐度波动的抵抗能力，台湾学者 Chien 等在日本囊对虾温度、盐度、溶解氧和氨氮胁迫的实验中发现，投喂虾青素，添加虾青素实验组的存活率都显著高于对照组，说明虾青素能提高日本囊对虾对上述胁迫

的适应能力。

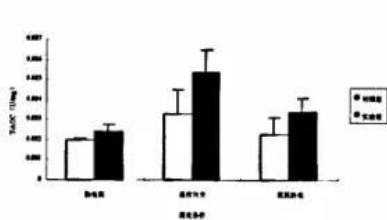


图 5.2 环境胁迫前后添加虾青素和对照组日本沼虾的总抗氧化能力  
Fig.5.2 T-AOC of astaxanthin-fed and control *Macrobrachium nipponensis* before and exposed to environmental

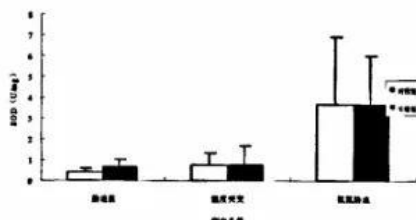


图 5.3 环境胁迫前后添加虾青素和对照组日本沼虾 SOD 的活力  
Fig.5.3 SOD of astaxanthin-fed and control *Macrobrachium nipponensis* before and exposed to stresses environmental stresses

### 谢建华.虾青素对日本沼虾生理生化特征的影响

虾青素就是通过清除自由基，淬灭单线态氧来减轻或避免活性氧对机体的伤害，来提高对虾的免疫力和促进其生长、提高其存活率的。Pan 等研究发现：投喂虾青素后斑节对虾的抗氧化能力和肝胰腺中各种酶活力，并用海鱼弧菌人工感染对虾，研究了虾青素的免疫保护能力，结果表明虾青素能有效提高感染后斑节对虾的存活率。虾青素对养殖生物的生长有显著的促进作用，金证宇等报道指出，投喂虾青素可使罗氏沼的增重率明显提高，实验表明投喂 5 周后相对于对照组投喂虾青素可使罗氏沼虾增重率提高 14.48%，存活率提高 21.66%，Yamada 的研究结果也表明，若在日常饲料中添加虾青素，日本囊对虾(Ma 存活率可达 91%，而对照组仅为 57%)。

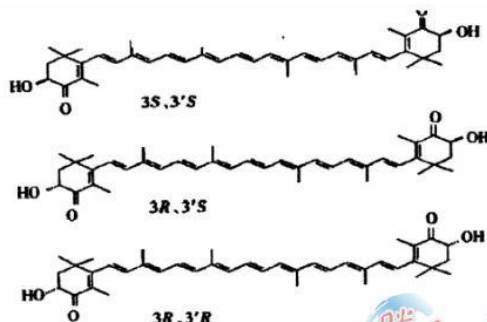


图1.2 虾青素结构式

Fig1.2 structural formula of astaxanthin

另外，虾青素还可以增加对虾的着色效果，虾青素是甲壳动物体表色素中最主要的类胡萝卜素，龙虾、鲑鱼等红润的肉色即是虾青素在其体内大量累积，多数甲壳动物胁迫自身无法从头合成虾青素，且缺乏天然虾青素的来源，因此在饲料中添加可起到补充色素、增加着色效果的作用，若养殖对虾的饲料中缺乏虾青素，则会导致对虾呈现不健康的体色，缺乏虾青素的对虾连续摄食 4 周含虾青素的饲料，体色恢复正常，对照组仍呈现病态体色，而且，前者在煮熟后呈鲜艳的红色而后者则呈苍白的黄色，不利于市场销售， Yamada 比较了 B 胡萝卜素角黄素和虾青素等 3 种类胡萝卜素对日本囊对虾的着色效果，结果表明以 100mg/kg 浓度饵料添加量吸食对虾时，虾青素在其组织中积累量最高，着色效果最好。分别比玉米黄素和胡萝卜素高 23%和 43%:若虾青素使用量增至 200mg/kg，则组织中含量最高可达 29.1mg/kg，证明虾青素是着色效果最好的类胡萝卜素。

此外，虾青素还具有光保护作用，其机理与上述抗逆能力类似，紫外线(特别是 UVA)可使基态氧激发产生单线态氧，直接或通过光致敏物质产生氧自由基，从而引发脂质过氧化等反应，造成氧化胁迫，虾青素等类胡萝卜素作为抗氧化剂，可清除单线态氧，阻止脂质链式反应，减轻紫外辐射引起的伤害，虾青素对甲壳动物的光保护作用报道不多见甲壳桡足亚纲 *Diaptomus evaders* 当光照过强时，体内虾青素含量高的个体能够分布在光照较强的上层水中，存活率也较高，说明体内的虾青素具有光保护作用。

综上所述虾青素作为一种免疫增强剂可以增强对虾的非特异性免疫力、提高对恶劣环境的胁迫能力和对环境条件变化（高温、倒藻、暴雨）的适应力，进而提高养殖对象的成活率，而且在着色，抗氧耐运方面也有很大的增强效果。虾青素在国际上已经被作为主要免疫增强剂应用于水产养殖业中了，国内也逐渐广为人知。

摘自当代水产微信公众号 腾氏水产商务网

## 鱼类胆综合症



肝脏器官不管对于人类，还是鱼类，都可以说是自我修复功能最为强大的器官，像肝移植，肝部分切除，等过一段时间后，被切割的部分又会长出来。在人身上是这样，其实在鱼上也是这样。而其他器官却不具有这样的特点。

对于肝脏是否已经病变，好多人喜欢通过颜色去判断，但这个判断标准，经验成份会多一些，缺乏科学的依据。早在上个世纪的五十年代，苏州大学的一期学报上就刊登了国内水产界的老前辈关于肝的颜色的论述，其中就一个重要观点，那就是肝无定色。血液充足的时候，会呈现出紫红色，当失血过多，可能就出现白色、灰色、褐色，有的人一看到肝脏白色，立马就是会得出一个脂肪肝的结论，这一点个人觉得，有些牵强。如果说肝脏呈现黄色，或是土黄色，每每看到鱼呈现出这样的颜色时，鳃部总会出现一些疾病症状，当看到的案例多了，我觉得这或许是一种病变特征，由于没有确切的证据，仍然存疑。

就肝脏的功能而言，鱼所消化的所有食物以及药物代谢，均有肝脏参与其中，如肝脏将葡萄糖合成肝糖原贮存起来，当机体需要时又分解成葡萄糖供机体使用。肝脏分泌胆汁酸后通胆管贮存在胆囊，当肠道有食物的情况下，刺激胆囊分泌的胆汁进入肠道，促进食物的消化。如脂肪的合成与释放，脂肪酸的分解，酮体的生成与氧化，胆固醇与磷脂的合成，蛋白质的合成与运输，维生素 ABCDK 的合成与贮存，包括激素的灭活等等都需要肝的参与。而且还包括解毒，所有代谢产生有害物质，都需要通过肝脏进行解毒，

同时肝脏也是免疫器官，鱼体内的吞噬系统，吞噬、隔离和消除抗原都需要肝脏的参与。还有鱼机体的凝血因子均由肝脏产生，像最近的科学研究认为肝脏还参与了鱼的机体造血。

当判断鱼得了肝胆病，也就是大家所说的肝胆综合症，那许多人都会这样理解，鱼吃下所有的食物都要经过肝脏代谢，那不是要增加肝脏的负担吗？最好的办法是什么呢？停料不就是最好的解决方案吗？但这么多年了，通过停料解决肝胆问题的，停料究竟起了多少效果，还有待研究。相对来说，是停料好，还是减料好，各说不一，在实践中，我更趋向于减料。

充足的营养是增强鱼体抵抗力的一个重要手段，养殖户为了让鱼生长加快，当超出正常投喂量，或是部分大个体鱼吃食过量，就超出了肝脏所能承载的上限，造成生长、摄入、代谢以及运动相互间失去了匹配，肝脏出现肿大、萎缩、脂肪肝等。对于肝病的

诊断，专业性的相关介绍并不多，甚至有的鱼类疾病学的书都没有把肝病收录其中。这里就我自己总结的一些方法，分享给大家。

记得我曾看过一则报道：把上世纪连续四十年发表的一些关于人类疾病的医学论文，进行的整理，发现几十年过去了，后来的事实证明，其中有高达四分之一以上的观点，证实是错误的。所以我说我不能确定我的观点就是正确的，但至少我是在不断学习，不断总结，不断在实践中验证，对于鱼类肝病知识的一种认识，就是后来者都是在前人的基础上进行累积的，这一点犹如小朋友们搭积木一样，从底端到顶端一目了然。但事实上，我们在实践中，问题总是曾出不穷，一个人要去面对许许多多的新问题，从另一个维度讲，对鱼类肝病认识犹如在挖东西，只有把上面一层挖开，才知道下面一层是什么。前面说了通过颜色去判断肝病，还有许多存疑的地方，要科学的确诊，当然是进行肝脏切片了，可鱼病检测中要让养殖户等上一两天再开处方，时间又不太允许。那这里最好的办法，就是通过问诊，解剖检查肝脏的大小、形状和质地，帮助我们判断肝病是否是引起死鱼的根本原因。

#### 症状一

肝是鱼类最大的消化腺，鲤科类的肝没有固定的形状，位于肠道的肠系膜上。但不同的鱼肝都有相应的肝脏大小比例，如果发现肝脏的边沿锐薄，质地变硬，那就会伴随着肝脏体积变小，重量减轻，切片时就会发现细胞体积缩小，胞浆致密，胞核浓缩，染色时就会发现颜色较深。辅助检查肠壁变薄，肠道萎缩即可以确诊为萎缩性肝病。



#### 症状二

鱼类的肝脏大小与鱼体大小有一定比例，凭经验，当发现鱼类的肝脏超出了正常大小，就可能是肝肿大。如果要进一步确诊，那可以采用切片，发现肝细胞比平常的要大，出现切面隆起，细胞内结构模糊，细胞边沿外翻，胞浆内出现大量的微细颗粒。肝肿大除了草鱼上常见，其实在鲫鱼上也很多见。解剖时，发现鲫的肠系膜上覆盖有大量的肝

脏和胰脏分布在腹腔内，取出这些肝胰脏组织放置在盘里十来分钟，就会发现有水渗出。说明肝脏水肿，这往往与营养不均衡，底质较差，肝脏要长期代谢大量的有毒有害物质相关。

### 症状三

脂肪肝，肝脏是生成胆汁的器官，胆汁酸是胆汁的重要成分，在脂肪代谢中起着重要作用，当肝脏长期超负荷分泌胆汁，不能有足够的胆汁酸去乳化脂肪，就会发生脂肪肝，发生脂肪肝的鱼，往往体色较黑，鳞片松动，容易脱落，根据严重程度，特别严重的往往不赖运输，并伴有吃食量下降，饵料系数增大，生长放缓等现象。常常和细菌性烂鳃并发，如当年培育的小草鱼，在 5-8 月都是其发病的高峰期，离群缓慢独游浮在水面，人去了也不惊吓跑开，体色发黑，尤其是头部和背部颜色很深，过去常把其称为乌头瘟。

解剖这样的鱼，肝脏出现脂肪化，颜色不统一，出现花斑肝，有的呈现出土黄、黄褐色等，确诊可通过切片，发现肝细胞中大量的空泡，出现油脂化病变。

### 症状四

肝炎，鱼的肝脏也是具有免疫功能的，且是机体内最大的网状内皮细胞吞噬系统，有吞噬、隔离、消除抗原的作用。在鱼病检查中，当发现肝脏局部有红点，这就是炎症，它即可能是细菌引起，也可能是无菌性炎症。通过药敏试验，在无菌操作台上，用接种针划破肝脏的脏膜，把细菌接种到培养皿进行培养，根据药敏结果选择针对性的敏感药。对肝胆病的用药，前面三种都可添加保肝类的中药，如黄芩、黄柏，大青叶、茵陈、板兰根、茯苓、柴胡，乳化脂肪的胆汁酸也可以加上。但如果是炎症，那就还需要用到抗生素消炎。根据多年的经验，如果鱼吃料不好，多半是肝有问题，把饲料减量投喂，适当使用强肝产品，再进行治疗效果会好很多。

摘自当代水产微信公众号 腾氏水产商务网

## 加州鲈养殖患肝胆病死亡惨重，怎样科学有效防治

马良骁

武汉天辰生物科技有限公司

近几年加州鲈是最火爆的一条鱼，养殖规模越来越大，华中地区流传“养加州、开奥迪……”，甚至“加州鲈是中国第五大家鱼”，全国掀起了“加州热”，19 年价格高居不下，放养密度也越来越大。但由于加州鲈这条鱼的特殊性导致了肝胆类疾病的常发，花肝、

绿肝、肝脏肿大、发白、发黄甚至胆汁淤积、坏死的状况，引发死亡，严重者每天死亡数百条，很大程度上制约了加州鲈养殖业的发展。

加州鲈养殖，最令人头疼的莫过于肝胆疾病，鲈鱼生长的关键机理是肝脏代谢受阻，鱼的肝脏分为“肝细胞内含糖原为主”和“肝细胞内含脂肪为主”两种类型，而加州鲈既是先天的“脂肪肝患者”（肝脏抗脂肪因子不足），又是先天的“糖尿病患者”（对糖类的耐受能力低且对淀粉利用率低），所以肝脏养护工作至关重要。



## ■加州鲈花肝

### 一、加州鲈肝胆类疾病的发生原因

#### 1 放养密度大，过量投喂

**放养密度大：**中后期水质氨氮、亚盐不好控制，水体易缺氧、起蓝藻，长期状态下会导致鱼体产生的自由基得不到有效的消除，诱发体内脂质过氧化作用，进而引发肝脏病变；

**过量投喂：**加重了加州鲈肝胆的负担，造成消化不良、负担过重，并且易加速已发生肝胆病变的加州鲈死亡。

#### 2 饲料油脂含量高、热量大或饲料质量差，高糖饲料或长期投喂冰鲜杂鱼

高脂肪高蛋白的饲料投喂，一旦超过加州鲈负荷就容易引起肝胆疾病；摄食过量或可消化淀粉含量高的饲料，会造成肝脏病理性的糖原堆积（胆汁淤积症）；引起加州鲈代谢性肝病的原因包括“高糖饲料”和“氧化应激”（油脂氧化），冰鲜鱼（油脂氧化）也是导致组织氧化应激的重要因素。而长期投喂冰鲜杂鱼不仅易污染水质，而且会造成机体营养缺乏（维生素缺乏），机体免疫力下降，抗应激、抗病能减弱，另外高温天冰鲜所含的不饱和脂肪酸易酸败，诱发加州鲈肠炎。

#### 3 高温季节、中后期水质不稳定，对鱼体应激较大

高温季节，养殖中后期，此阶段虽是加州鲈摄食和生长的黄金期，投饵多、排泄多，

但此阶段水质又不稳定，藻类老化快，水质指标易超标（氨氮、亚盐过高会造成慢性中毒）、蓝藻易爆发形成水华（蓝藻死亡产生藻毒素，如肝毒素），这都会直接对肝脏、肠道造成损伤。

#### 4 频繁消毒用药，治病时抗菌药用量大，且没注重保肝

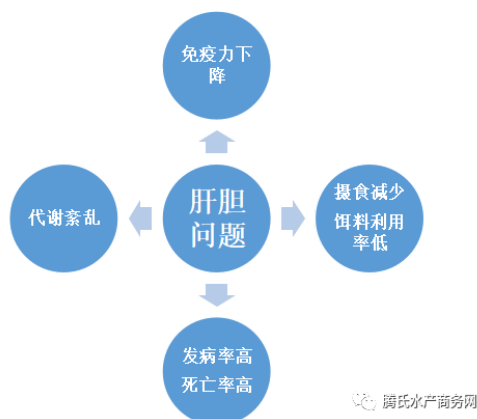
经常使用杀虫药、消毒药、杀藻剂，化学毒素会直接刺激和损伤肝脏健康；治病时大量使用抗生素，俗话说“是药三分毒”，出现病症死亡的时候，往往养殖朋友喜欢用抗生素控制病情，但又没有注重保肝，此种情况是喂了几天不死鱼了，就停用了，结果过了四五天又开始死亡，而且死的越来越多。

如治疗白嘴白尾时没有及时护肝护肠，由于该病程长，投药量较大，有些养殖朋友用药还不合理，如不及时护理，会导致鱼体质减弱，诱发烂身。

#### 5 保健不及时，没定期养护肝脏

有句话“没病要用药，内服保健少不了”，就是说要注重平时保健，水产病害三元理论：“环境、病原、免疫”，只有三者相互作用不平衡时才会疾病发生，实践中我们也发现在自身免疫力高、体质好，鱼抗病力强就不会生病；即便发生疾病，在体质好的情况下，病症会好处理好多，加州鲈肝脏情况是体质好坏的直接表征，何况加州鲈这个先天的“脂肪肝患者”，更要注重平时的保健，平时的肝脏养护。

### 二、加州鲈发生肝胆类疾病后的影响



#### ■加州鲈肝胆问题导致的一系列影响

1) 加州鲈肝胆发生病变后易造成吃食减少，生长缓慢，饲料利用率低，饵料系数增加；

2) 易导致体质、免疫力下降，容易继发寄生虫、细菌性、病毒性疾病，最终加州鲈大量死亡；

3) 肝脏功能障碍，抗应激能力差，无法出鱼、运输；

4) 消化系统代谢紊乱，导致烂嘴烂身烂尾、肠炎、腹水等疾病并发。

### 三、如何做好加州鲈的肝脏养护工作

加州鲈肝脏养护，要预防为主，科学合理投喂，维护良好水质的稳定（特别控制好水质的氨氮、亚盐、蓝藻等），定期在饲料中添加多维、免疫多糖、中草药制剂、胆汁酸类物质，提高体质和免疫力，促进脂肪代谢平衡，维持肝肠循环正常进行，减轻肝脏负担，保肝护胆。

#### 1 选择质量稳定、蛋白合适的饲料投喂

#### 2 加强水质调控管理

科学投喂，“七分饱”，避免过量投喂；勤用菌调水，多底改改善底部，减少水中残饵、粪便、动植物尸体等有机污染，防止水质指标超标，不给有害菌、寄生虫可乘之机，特别是高温期，加州鲈吃料凶，更要控料和加强水质调控。可使用低耗氧复合芽孢、粪链球菌、光合细菌等活菌制剂调节水质，控制或预防水体氨氮、亚硝酸盐的产生。

#### 3 定期取样解剖，观察加州鲈肝脏情况

可每月打样一次，解剖检查肝脏健康程度。

■定期打样解剖，检查肝脏情况

#### 4 肝肠相通，保肝不要忘了调肠，平时要护肝调肠：中药+菌

一旦出现肝损伤，其血管就容易破裂，血液难以凝固，一旦受到应激性刺激（如拉网、运输、水温突变、水质不良等）将发生应激性出血，应从肝脏、胆囊、血液、肠道，全面进行调理，提高鱼体非特异性免疫，快速调节鱼的肝、肾、血液、表皮，改善血液黏稠度，扩张毛细血管，加强身体各器官、表皮的循环代谢能力，快速全面改善体质，增强抗应激能力，从而恢复肝脏的排毒，免疫，营养代谢功能。可采用**中药+菌的保健方案**：

**中药**：清热解毒，行气活血，通腑泻浊，可使用三黄散、金银花、板蓝根、蒲公英等定期内服；

**菌**：改善肠粘膜通透性，调节肠道菌群及增强肠蠕动，可使用乳酸菌调理肠道；

#### 5 定期使用免疫增强剂（多维、多糖、核酸等）增加机体营养，增强体质；内服中草药产品或含胆汁酸的产品，降低肝脏负担，保肝护胆

胆汁酸能提高脂肪酶的活性，提高鱼体对脂肪的利用率，促进脂肪代谢，达到改善加州鲈肝脏功能。另胆汁酸可以结合或分解肠道内的内毒素，阻止内毒素进入肝胰脏，

减少肠道对内毒素的吸收，增加肠道屏障作用，防止内毒素对肠道、肝胰脏的危害。另外富含牛磺酸、酵母硒、中药提取物的产品，还可增加摄食，促进生长，增强免疫，提高抗应激、抗病能力。



■处理前花肝严重 ■处理后肝脏红润

摘自本文为当代水产—腾氏水产商务网

## 植物提取物应用于水产饲料的研究进展

张蓉 王晓雯 朱建亚 刘丽丽 朱华

北京市水产科学研究所/渔业生物技术北京重点实验室

**摘要：**植物提取物因其安全、绿色和高效等特点已成为目前替代抗生素的研究热点。植物提取物含有多重有效成分，具有多种生理活性，应用于不同水产动物效果不同。本研究分别从诱食性、促生长、免疫增强、抗氧化应激和抗病原菌 5 个方面，综述了植物提取物在水产饲料中的最新研究进展，以期开发环保型饲料添加剂提供理论参考。

**关键词：**植物提取物; 诱食; 促生长; 免疫机能; 氧化应激; 抗病原菌;

## Application of Plant Extracts to Aquatic Feed: A Review

Zhang Rong Wang Xiaowen Zhu Jianya Liu Lili Zhu Hua

Beijing Fisheries Research Institute/Beijing Key Laboratory of Fishery Biotechnology

**Abstract:** Plant extracts are regarded as promising alternatives to antibiotics due to their distinct properties, such as safety, environment-friendly and efficiency. Plant extracts contain a variety of active components, which have various physiological activities, and their effects on aquatic animals are inconsistent. In this paper, we summarized the latest research progress of plant extracts in aquatic feed from five aspects, which were appetite stimulating, growth promoting, immune enhancement, anti-oxidative stress and pathogenic resistance. The study can provide a basis for the development of environmental-friendly feed additives.

**Keyword :** plant extract; appetite stimulator; growth promoting; immunostimulant; anti-oxidative stress; antipathogenic bacteria;

## 0 引言

中国是水产养殖大国, 2016 年中国水产总产量为 6900 万 t, 其中, 养殖水产品产量 5156 万 t, 占全国水产品总量的 74.7%, 占世界养殖水产品总量的 60%以上。然而随着规模化养殖程度的增加, 水产养殖环境日趋恶化, 病害频发。抗生素在控制疾病、减少损失等方面起到了重要作用, 然而, 滥用抗生素也引发严重的耐药性、药物残留及环境污染等问题<sup>[1]</sup>, 已成为制约中国水产养殖的首要问题, 寻找和开发安全、绿色、高效的新型添加剂替代抗生素替意义重大。

植物提取物指一类来源于植物的具有一种或多种生物学功能的物质, 按其主要活性成分可分为生物碱类、黄酮类、多糖类、甙类和挥发油类等提取物。研究表明植物提取物对鱼类具有显著促生长作用<sup>[2,3,4,5]</sup>。血根碱、姜黄素、绿原酸和大蒜素对嗜水气单胞菌具有较强抑菌效果<sup>[6,7,8]</sup>。植物提取物中含有多糖、生物碱、甙类及萜类等免疫活性物质, 可以提高鱼体血液中溶菌酶活性、白细胞吞噬活性、补体活性以及呼吸爆发活力等免疫指标<sup>[9,10]</sup>。植物提取物还可参与氧化应激酶系统, 起到清除体内自由基, 减少氧化损伤, 缓解应激的作用<sup>[11,12]</sup>。然而, 目前植物提取物的种类繁多, 有效成分含量及生理活性均不同, 应用于不同水产动物效果不尽一致。因此, 本研究从诱食性、促生长、免疫增强、抗氧化应激和抗病原菌 5 个方面, 对植物提取物在水产饲料中的最新研究进展进行综述, 以期今后植物提取物的分类研究提供基础, 为开发高效、绿色、安全的新型饲料添加剂提供理论依据。

## 1 植物提取物在水产饲料中的应用

### 1.1 诱食性

已有研究表明, 一些植物提取物含有诱食活性物质, 对水产动物的摄食行为有着极强的刺激作用, 可作为水产动物诱食剂的重要组成, 促进动物的采食与生长, 减少饵料对水质的污染。不同学者采用不同的试验方法对植物提取物的诱食效果进行了大量研究。应用迷宫法, 研究者发现阿魏和陈皮对鲈鱼具有较显著诱食效果<sup>[13]</sup>, 阿魏、茴香和桂皮等复方中草药对鲤鱼有显著诱食作用<sup>[14]</sup>, 苦参、栀子、黄芩和山萘对大菱鲆幼鱼的诱食效果较好<sup>[15]</sup>。应用触球法, 研究者发现刺五加、党参和杜仲等复方中草药对锦鲤有显著诱食效果<sup>[16]</sup>, 陈皮、大蒜和松针是金鱼优良的诱食剂原料<sup>[17]</sup>, 陈皮、丁香、洋葱、生姜和大蒜可做为淇河鲫诱食剂的原料来源<sup>[18]</sup>。通过对采食量进行测定, 研究者发现大蒜素可以提高罗非鱼的饲料采食量<sup>[2]</sup>。

## 1.2 促生长

植物提取物含有蛋白质、氨基酸、糖类、矿物质、维生素等营养物质，具有促生长、提高饲料利用率的作用。饲料中添加大蒜素、西洋参、绿茶、桂皮、葛缕子籽粕和皂甙可以促进尼罗罗非鱼的生长，改善饲料转化效率<sup>[2,3,4,5]</sup>。姜黄素能显著促进大黄鱼的生长，提高饲料利用率，改善体色<sup>[19]</sup>，绿原酸可显著提高中华鳖、建鲤和草鱼鱼种的增重率<sup>[20,21,22]</sup>，大黄葱醌可以改善罗氏沼虾的饲料转化效率<sup>[23]</sup>，咖啡碱可以提高海鲷的饲料效率<sup>[24]</sup>。饲喂植物提取物可以提高鱼类消化道酶活，改善其对营养物质的消化利用率，从而起到促进生长的作用。蒲公英水提物能提高鲫鱼的淀粉酶和蛋白酶活性，促进鲫鱼的生长<sup>[25]</sup>。姜黄素增加草鱼肠道蛋白酶和淀粉酶的活性，提高相对生长率<sup>[26]</sup>。神曲、山楂和茵陈蒿等混合物可以提高牙鲆脂肪酸的利用率<sup>[27]</sup>，绿茶提取物可以降低黑石斑鱼总胆固醇水平，提高脂肪利用率<sup>[28]</sup>，木瓜叶中的木瓜蛋白酶可以提高草虾蛋白利用率，具有显著的促生长作用<sup>[29]</sup>。饲喂植物提取物可以改善鱼类肠道形态结构，促进肠道健康，提高营养物质的消化吸收面积，保证鱼类的健康生长。饲料中添加姜黄素可改善罗非鱼肠道绒毛数量和绒毛高度，提高平均增重率和特定生长率，降低饵料系数<sup>[30]</sup>。此外，植物提取物还可作用于鱼类的中枢神经系统，起到生长调控作用。有报道指出，茶多酚可显著上调脑垂体中 MaGHR2 基因的表达，提高团头鲂幼鱼的增重率和特定生长率，显著降低饵料系数<sup>[31]</sup>。

## 1.3 免疫增强

鱼的免疫系统包括非特异性免疫和特异性免疫。非特异性免疫是鱼类抵抗病原体感染的第一道防线，在免疫防御中占有重要的地位。植物提取物中含有多糖、有机酸、生物碱、甙类、萜类等免疫活性物质，具有免疫增强的作用，可以提高鱼体血液中溶菌酶活性、白细胞吞噬活性，补体活性以及呼吸爆发活力等免疫指标。饲料中添加槲寄生可以提高罗非鱼溶菌酶活性和呼吸爆发活力等免疫指标，经嗜水气单胞菌攻毒后，罗非鱼存活率比对照组高 42%<sup>[32]</sup>。猴头菇可以提高牙鲆溶菌酶活性和呼吸爆发活力，显著降低牙鲆的死亡率<sup>[33]</sup>。黄芪提取物可以提高尼罗罗非鱼白细胞的吞噬活性<sup>[9]</sup>，芒果核提取物可以提高印度对虾的吞噬活性<sup>[34]</sup>。山莴苣提取物可以提高云纹石斑鱼的吞噬活性，提高鱼体对海豚链球菌的抵抗力<sup>[35]</sup>。蜂胶和淫羊藿可以刺激胭脂鱼吞噬细胞的吞噬能力，提高溶菌酶活性和呼吸爆发活力，降低嗜水气单胞菌感染后鱼的死亡率<sup>[36]</sup>。夏枯草可以增强牙鲆吞噬细胞的吞噬能力、溶菌酶活性以及呼吸爆发活力，提高鱼体对海洋尾丝虫的

抵抗能力<sup>[37]</sup>。植物提取物也可以加强鱼类的特异性免疫。饲料中添加大蒜素可以提高海鱼分枝杆菌感染后的海鲈鱼抗体水平<sup>[38]</sup>。狗牙草可显著提高卡特拉鱼血清中特异性抗体滴度,促进脾脏巨噬细胞的聚集<sup>[39]</sup>。芦荟和黄芩提取物可以刺激嗜水气单胞菌抗体的产生<sup>[10,40]</sup>。

#### 1.4 抗氧化应激

植物提取物中含有的多酚、黄酮、皂苷、萜烯和多糖等成分,可与自由基产生相关的酶系统相作用,清除体内自由基,从而起到减少氧化损伤的作用。饲料中添加姜黄素可以提高奥尼罗非鱼肌肉、肝脏和血清中谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 活性<sup>[41]</sup>,降低大菱鲂幼鱼血清中丙二醛 (MDA) 的含量<sup>[42]</sup>。绿原酸可显著提高建鲤血浆溶菌酶和 SOD 活性<sup>[21]</sup>,提高草鱼血清中碱性磷酸酶活性<sup>[43]</sup>。金丝桃素可显著提高草鱼血清中超氧化物歧化酶 (SOD) 活性<sup>[43]</sup>。芦荟粉可显著提高西伯利亚鲟血浆 SOD 活性,降低 MDA 含量<sup>[44]</sup>。牛至油可以提高斑点叉尾鮰血浆 SOD 和过氧化氢酶活性<sup>[11]</sup>。水产养殖中存在多种应激因素,包括温度、养殖密度、水体理化因子、捕捞和运输等。饲料中添加植物提取物对缓解鱼类应激也具有积极作用。大黄蓟酮可以降低建鲤血液中皮质醇及 MAD 水平,提高 SOD 活性,提高建鲤抗拥挤胁迫的能力<sup>[12]</sup>。皮质醇水平上升会导致肝糖原的分解加强,血糖水平也会急剧增加,因此,血糖水平也是衡量鱼类应激的一个重要指标。有研究表明,大蒜素可以降低尼罗罗非鱼和野鲮的血糖含量<sup>[2,45]</sup>,具有抗应激的作用。

#### 1.5 抗病原菌

植物提取物对革兰氏阴性菌和阳性菌均有良好的抑菌效果。体外试验表明,血根碱对嗜水气单胞菌、哈维氏弧菌、鳗弧菌、杀鲑气单胞菌史氏亚种的最低抑菌浓度 (MIC) 分别为 12.5、50、50、50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ <sup>[6]</sup>。姜黄素对嗜水气单胞菌、鳗弧菌、迟缓爱德华氏菌和铜绿假单胞菌的 MIC 分别为 25、50、50、200  $\text{mg}/\text{mL}$ <sup>[7]</sup>。绿原酸对嗜水气单胞菌、哈维氏弧菌、苏伯利产气单胞菌和肠型点状产气单胞菌的 MIC 分别为 250、500、500、500  $\text{mg}/\text{L}$ <sup>[8]</sup>。体内试验表明,肉桂可以提高尼罗罗非鱼对嗜水气单胞菌的抵抗力<sup>[4]</sup>。植物提取物也可用于治疗病毒引发的各种疾病。鳄嘴花提取物可以提高黑虎虾对黄头病毒的抵抗力<sup>[46]</sup>。芒果核提取物可以提高印度对虾对白斑综合症病毒的抵抗力<sup>[27]</sup>。狗牙根提取物可以防止白斑综合症病毒的感染,当添加量为 2%时,没有发生死亡和白点病的现象<sup>[47]</sup>。植物提取物也可抑制寄生虫的生长。血根碱对指环虫具有强杀灭活性,在质量浓

度为 0.6 mg/L 时的杀虫率可达 100%<sup>[6]</sup>，商宝娣等研究也表明，博落回提取物不仅可杀灭坏腮指环虫成虫，还可显著降低虫卵的孵化率<sup>[48]</sup>。

## 2 展望

中国植物资源丰富，合理开发和利用天然植物资源，可用作新型安全环保饲料添加剂以替代抗生素，应用前景广泛。然而，目前植物提取物的种类繁多，提取加工工艺各异，有效成分组成及含量均不相同，此外，植物提取物在水产动物中的作用机制还未明确，其替代抗生素的效果仍需验证，因此，在该领域需要进行更深入的研究。

参考文献：略

原文刊登在《中国农学通报》2019,35(27),142-145

## 行业动态

### 环保风暴、减抗限抗多重压力下，中国动保业的未来会是如何？

中国动保行业在经历了几十年的飞速发展后，在环保风暴、食品安全、规范生产、减抗限抗及成本暴增的大环境下，开始加速聚变。未来的竞争已经不是简单的玩儿命做好自己就可能在退潮后生存下来的洗牌游戏。而是在审视外部环境的前提下，结合企业自身资源开始重新制定发展战略的最佳机会，是成就行业大鳄的“窗口期”

产能过剩而销量难涨

从市场供给来看，以中国兽药协会所收集到的填报数据的企业数量为核算标准，2010 年 2018，我国兽药行业内企业数量总体有增加趋势。



据统计，截止至 2017 年，我国累计有 1682 家已填报数据的兽药企业，其中，山东、河南、江苏、河北、四川五大省份的兽药生产企业数量约占 50%；2018 年业内企业数量约在 1701 家左右。但是，企业数量增加的同时，行业却面临产能过剩的问题。

据统计，国内兽药企业产能利用率仅为 30-40%，也就是说，兽药行业同生猪、饲料一样，同属于产能过剩，特别是落后产能过剩的行业。

从市场需求来看，2011-2017 年，中国兽药行业销售规模不断扩张。2017 年全年兽药行业市场销售额约 473.11 亿元，均较 2016 年保持小幅上涨趋势。但根据公开资料，2018 年 63%的兽药企业销量下降，大多下降幅度达到了 20%以上，部分企业下滑幅度甚至高达 30-40%，而仅有 20%左右的企业实现收入的小幅增长。因此，有机构推算兽药行业销售额在 2018 年总体有大幅下跌，约在 400 亿元左右。



未来客户的需求是什么？

在这样的情况下，企业当前的唯一目标就是要创造客户，企业不是等客户出现才探求其尚未满足的需求，而是预测未来客户的需求，从现在开始对未来客户的需求进行配置资源，以取得领先发展的优势，彼得·德鲁克在其著作中说到：“组织的绩效由外部决定，不再由内部决定。客户是企业老板。”

那么，未来客户的需求是什么？



受环保、效率、效益等多种因素的影响，小而散的养殖户逐渐退出市场，代之而来的是平均养殖规模逐渐增大的趋势，可预见的是，最低门槛将逐步提高。环保法规的严

格执行将成为行业的“高压线”，生物安全及人员成本等这些因素的综合，使养殖企业的设施设备越来越先进。

根据养殖业发展的趋势看，相当一部分小型以散养为主的养殖户，无法满足上述条件，将会逐步退出养殖业，而取代他们的是能够基本满足上述条件的具有一定规模的养殖企业，将可能占据 90%左右的兽药市场份额，那么这些大户的需求基本上就代表了未来客户的需求。

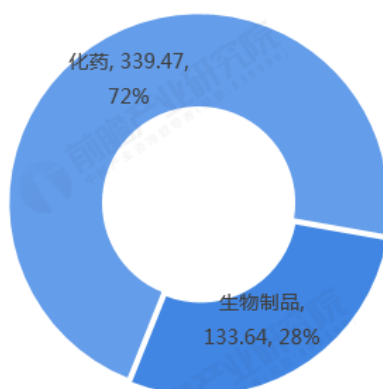
而他们的需求往往是优质的、可靠的、与养殖企业实力运行模式匹配的产品与服务一站式解决方案；或者是具有明显差异性的，有效的针对某个疫病防控环节的专业性低成本解决方案。也就是说动保行业将向两个极端进行分化：要么强而大，要么精而专！动保行业的生存与发展。

毫无疑问，未来动保行业的存在必须和未来客户的需求高度契合，这样，才能具备基本的生存条件。

### 1、找准自身产品创新方向

从细分产品市场来看，目前化药依然是市场主要产品。2017年，化药销售额达 339.47 亿元，占市场销售总额的 72%。

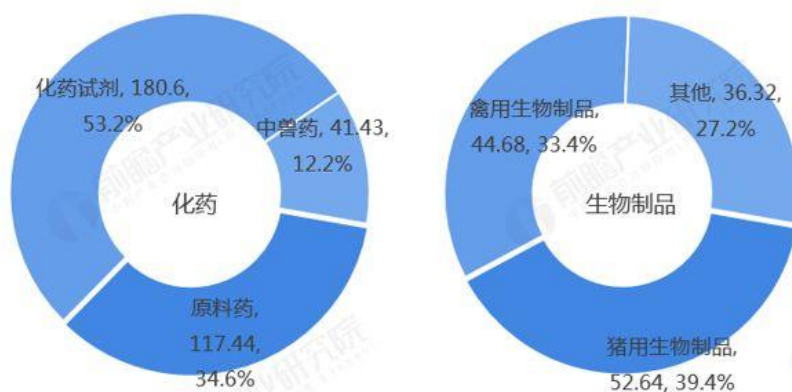
图表3：2017年中国兽药行业细分产品销售额占比结构（单位：亿元，%）



资料来源：中国兽药协会 前瞻产业研究院整理

更具体的，在兽用化药市场中，原料药和化药试剂分别占化药销售额的 34.6%和 53.2%，是化药的主要产品，中兽药市场份额相对较小；而在兽用生物制品市场中，猪用生物制品和禽用生物制品是主要的产品，二者销售额占比分别为 39.4%和 33.4%。

图表4：2017年中国兽药行业化药和生物制品市场细分产品结构（单位：亿元，%）

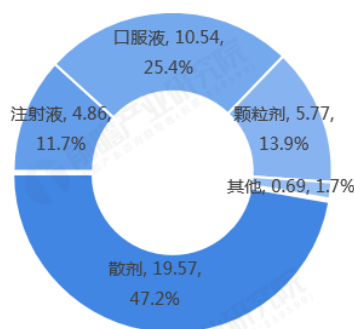


资料来源：中国兽药协会 前瞻产业研究院整理

腾氏水产商务网 @前瞻经济学人APP

值得一提的是，尽管目前中兽药的市场销售规模尚小，但考虑到兽药残留已成为影响畜牧业发展的重要障碍，而中兽药由于不会对食品安全构成威胁，将在很大程度上逐步取代化学药品，中兽药未来发展市场前景广阔。具体来看，2017年，我国中兽药销售总额为41.43亿元，占化药总销售额12.2%，其中又以散剂为主。

图表5：2017年中国兽药行业中兽药细分产品结构（单位：亿元，%）



资料来源：中国兽药协会 前瞻产业研究院整理

此外，目前中兽药发展仍处于起步阶段，未来具有较大的想象空间：一方面，该领域的市场集中度较低，中兽药销售额排名前50的企业仅占总销售额的35%左右，企业还有较多的竞争机会；另一方面，从近年来获批的中兽药种类及剂型来看，大部分还是以改变工艺和剂型为主，但缺乏自主研发和创新药物，未来研发实力强劲的企业或将赢得竞争优势。

## 2、“强而大”与“精而专”

由于未来客户的需求要么是产品与服务的一站式解决方案；要么是具有明显差异性的有效的针对某个疫病防控环节的专业性的低成本解决方案。为了满足上述两种需求，动保企业必将向两个方向发展：要么强而大；要么精而专。强而大，是指“通过强而壮

大”。目前大部分企业状态是小而全，什么都做，却什么都做不好。精而专，指的是企业不是在规模上下功夫，而是在自己擅长的领域不断挖掘深度，企业规模也许很小，产品很少，但是企业却是他所在领域的真正“专家”。



而现实的情况是，没有一个动保产品生产企业能够满足未来客户的所有需求。因为，企业不具备所有的“长处”，企业原有的竞争力，无法保证自己在未来能够成功。“精而专”需要企业在某一领域内进行深耕，这需要较高的眼界及长期投入与坚持。做到和竞争者或互补者进行紧密合作，无疑是达到上述两种状态的最有效的途径。这样的结果是行业内将存活以“优势产品”或“专业化服务”为代表的两类企业，因为其他的“普遍”产品或“简单”服务不能满足客户的需求。

#### 区域平台共创未来



目前，国内动保行业中即使具备相当规模的企业，其团队规模也只有几百人的水平，企业根本无法对全国目标客户进行有效覆盖，而单个企业如果只是从扩大企业自己的团队规模下手，无疑对管理和人力资源成本方面会带来巨大挑战和压力。

因而动保企业之间及产业链的上下游之间展开有效合作，无疑是适应未来客户需求的最有效的方式，强强合作，首当其冲。强强合作的表现形式，由行业内具有相当实力的竞争对手联合原料企业、有先见之明的省地级区域经销商、业内智库联手打造终端客户的一站式服务平台。

平台的参与者必须把所有人都看成彼此是主体。同时一定要保证多方的利益、多元

的利益、各种参与者彼此之间的利益,当所有的利益都能被保护时,我们才能持续发展。然后要有柔韧的灵活去互相适应,最后我们会得到一个非常高的协同效果。

未来是不确定的,不确定的机会是企业家成就的机会。预测未来的唯一途径是“创造未来”,能否参与创造未来,取决于企业家的心胸和视野!

摘自当代水产、滕氏水产商务网

## 饲料研发

### 植物甾醇对草鱼幼鱼生长、血脂、免疫功能及肠道形态的影响

广东蔚莱生物科技有限公司

**摘要:** 本试验旨在研究饲料中添加植物甾醇对草鱼幼鱼生长、血脂、免疫功能及肠道形态的影响。选取健康、平均体重为(5.32±0.10)g的草鱼幼鱼 540 尾,随机分为 6 组,每组 3 个重复,每个重复 30 尾,分别饲喂含 0(对照组)、10、20、30、40 和 80mg/kg 植物甾醇的试验饲料。养殖试验持续 8 周。结果表明:1)与对照组相比,饲料中添加植物甾醇显著提高了草鱼幼鱼增重率和蛋白质效率 ( $P<0.05$ ),显著降低了饲料系数 ( $P<0.05$ )。2)饲料中添加植物甾醇有使血清甘油三酯和胆固醇含量下降的趋势,其中 20、30、40 和 80mg/kg 组血清胆固醇含量显著低于对照组 ( $P<0.05$ ),各添加组血清甘油三酯含量均显著低于对照组 ( $P<0.05$ )。3)与对照组相比,20、30 和 40mg/kg 组血清溶菌酶活性显著上升 ( $P<0.05$ );40 和 80mg/kg 组血清 C4 补体含量显著降低 ( $P<0.05$ )。4)与对照组相比,30、40 和 80mg/kg 组肠道黏膜厚度显著增加 ( $P<0.05$ );20 和 30mg/kg 组肠道脂肪酶活性显著升高 ( $P<0.05$ )。综上所述,饲料中添加适量植物甾醇能够促进草鱼幼鱼生长、降低饲料系数,并降低血脂,增强免疫以及肠道发育。

**关键词:** 植物甾醇,草鱼,生长性能,免疫

植物甾醇是一种具有植物活性成分的甾体类化合物,是植物细胞的重要组成成分,其分子含 28-29 个碳原子,C-3 位羟基是非常重要的活性基团,是一种多功能活性因子。大量研究表明,植物甾醇具有降低胆固醇、抗氧化、抗癌、调节免疫等功能,迄今已开发出多种含有植物甾醇的功能性食品。2008 年,我国农业部批准植物甾醇可作为功能性添加剂用于畜禽饲料。近年来,已有不少关于植物甾醇在畜禽生产中的应用研究,但植物甾醇在草鱼等水产动物的研究应用鲜见报道。本试验通过在草鱼幼鱼饲料中添加不同水平的植物甾醇,研究植物甾醇对草鱼幼鱼生长性能、血脂、免疫功能及肠道形态的影响,确定其最佳添加量,并为植物甾醇在草鱼生产上的合理利用提供理论依据。

#### 1.1 试验设计与分组

选取健康、平均体重为(5.32±0.10)g的草鱼幼鱼 540 尾,随机分为 6 组,每组 3 个重复,每个重复 30 尾,分别饲喂含 0(对照组)、10、20、30、40 和 80mg/kg 植物甾醇的试验饲料。

## 1.2 试验饲料

试验基础饲料配方及营养成分表见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平（风干基础）

原料	含量 (%)	原料	含量 (%)	原料	含量 (%)
玉米	5	玉米蛋白粉	5	鱼溶浆	3
面粉	10	菜粕	30	大豆	8
鱼粉	2	DDGS	10	磷酸二氢钙	2.5
豆粕	17.5	豆油	3	预混料	4
合计					100
营养水平					
粗蛋白 (%)	31.5	粗脂肪 (%)	7.1	赖氨酸 (%)	1.58

## 1.3 饲养管理

根据水温、溶氧、天气和鱼的摄食状况进行投喂，每天三次，鱼进箱时浸洗消毒。实验期间，自然光照，每天观察鱼的活动和健康状况，追踪记录死亡和投饲量。定期排污和换水，饲养周期为 8 周。

## 1.4 样品采集与处理

养殖试验结束后，鱼体饥饿 24h 后采样。统计每个养殖箱的草鱼尾数并称总重，然后分别采集草鱼的血清与肠道。每桶随机取 5 尾罗非鱼，用经肝素钠试剂润洗后的注射器进行尾静脉采血，低温静置 1h 后，以 4000r/min 离心 15min，制得血清样品，置于-80℃冰箱中以备分析。

## 1.5 测定指标及方法

### 1.5.1 生长性能的测定

按下式计算增重率、蛋白质效率、饲料系数和成活率：

增重率(WGR, %) =  $100 \times (\text{终末体重} - \text{初始体重}) / \text{初始体重}$ ；

蛋白质效率 (PER, %) =  $100 \times (\text{终末体重} - \text{初始体重}) / (\text{总投饵量} \times \text{蛋白质含量})$ ；

饲料系数(FCR) =  $\text{总投饵量} / \text{鱼总增重量}$ ；

成活率(SR, %) =  $100 \times \text{终末尾数} / \text{初始尾数}$ 。

### 1.5.2 血清生化指标的测定

将采集的血清从-80℃冰箱取出，解冻后待测。采用试剂盒测定血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)含量。测定方法按照北京北化康泰临床试剂有限公司试剂盒使用说明。

### 1.5.3 血清免疫指标的测定

将采集的血清从-80℃冰箱取出，解冻后待测。血清溶菌酶活性用南京建成生物工

程研究所的试剂盒测定，补体 C4 含量采用浙江伊利康生物技术有限公司的试剂盒测定

### 1.5.4 肠道脂肪酶及黏膜厚度的测定

肠道脂肪酶活性采用南京建成生物工程研究所的试剂盒测定。中肠经过 AFA 固定、乙醇逐级脱水、二甲苯透明、石蜡包埋、切片(5 $\mu$ m)、苏木精-伊红(HE)染色、脱水、透明、中性树脂封片。在每组选取 9 张非连续性切片，用 LeicaMD4000B 显微镜观察并拍照，每张切片随机选取 3 个视野，图像由 MoticImagesPlus6.0 软件进行测量和计算黏膜厚度，分别取其平均值作为该样品的测定结果。

### 1.6 数据统计

试验数据经 Excel 初步统计，采用 SPSS18.0 软件进行方差分析，用 Duncan 法进行多重比较。以  $P < 0.05$  作为差异显著性判断标准，结果以平均值 $\pm$ 标准差表示。

### 2.1 植物甾醇对草鱼幼鱼生长性能的影响

植物甾醇对草鱼幼鱼生长性能的影响见表 2。

表 2 植物甾醇对草鱼幼鱼生长性能的影响

项目 Items	植物甾醇添加水平 phytosterol supplemental levels/(mg/kg)					
	0	10	20	30	40	80
初始体重 IBW/(g/尾)	5.26 $\pm$ 0.10	5.33 $\pm$ 0.05	5.28 $\pm$ 0.05	5.35 $\pm$ 0.07	5.32 $\pm$ 0	5.38 $\pm$ 0.10
终末体重 FBW/(g/尾)	19.24 $\pm$ 0.55 <sup>a</sup>	19.98 $\pm$ 0.44 <sup>ab</sup>	20.84 $\pm$ 0.72 <sup>bc</sup>	22.49 $\pm$ 0.64 <sup>c</sup>	22.11 $\pm$ 0.57 <sup>bc</sup>	21.46 $\pm$ 0.48 <sup>abc</sup>
增重率 WGR/%	265.78 $\pm$ 11.35 <sup>a</sup>	274.86 $\pm$ 9.18 <sup>a</sup>	300.19 $\pm$ 14.38 <sup>c</sup>	308.22 $\pm$ 12.49 <sup>c</sup>	296.24 $\pm$ 11.73 <sup>bc</sup>	280.30 $\pm$ 10.85 <sup>ab</sup>
蛋白质效率 PER/%	1.65 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>	1.82 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	1.93 $\pm$ 0.07 <sup>bc</sup>	2.01 $\pm$ 0.12 <sup>c</sup>	1.89 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	1.82 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>
饲料系数 FCR	1.73 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	1.65 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	1.55 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>	1.56 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	1.52 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	1.49 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>
成活率 SR/%	95.56 $\pm$ 3.05	95.56 $\pm$ 3.05	96.67 $\pm$ 2.31	97.78 $\pm$ 1.56	96.67 $\pm$ 2.31	95.56 $\pm$ 3.05

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )，不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

下表注释同。

由表 2 所示，饲料中添加植物甾醇的各试验组草鱼终末体重和增重率均高于对照组，其中添加 20、30、40mg/kg 植物甾醇的试验组的草鱼终末体重、增重率显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )；添加植物甾醇的各试验组的蛋白质效率均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )，添加 20、30、40、80mg/kg 植物甾醇的试验组的饲料系数显著低于对照组和 10mg/kg 试验组 ( $P < 0.05$ )，饲料中添加植物甾醇的各试验组草鱼幼鱼的成活率与对照组相比差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.2 植物甾醇对草鱼幼鱼血脂的影响

植物甾醇对草鱼幼鱼血脂的影响见表 3。

由表 3 所示, 与对照组相比, 饲料中添加植物甾醇的各试验组草鱼血清总胆固醇和甘油三酯含量均有降低的趋势, 其中添加 20、30、40、80mg/kg 植物甾醇的试验组总胆固醇含量显著低于对照组 ( $P<0.05$ ), 添加植物甾醇的各试验组甘油三酯含量均显著低于对照组 ( $P<0.05$ )。

表 3 植物甾醇对草鱼幼鱼血脂的影响

项目 Items	植物甾醇添加水平 phytosterol supplemental levels/(mg/kg)					
	0	10	20	30	40	80
总胆固醇 TC/(mmol/L)	1.45±0.15 <sup>a</sup>	1.38±0.11 <sup>a</sup>	1.09±0.06 <sup>b</sup>	1.06±0.08 <sup>b</sup>	1.08±0.10 <sup>b</sup>	0.99±0.09 <sup>b</sup>
甘油三酯 TG/(mmol/L)	1.86±0.21 <sup>c</sup>	1.68±0.15 <sup>b</sup>	1.60±0.13 <sup>b</sup>	1.47±0.12 <sup>ab</sup>	1.40±0.09 <sup>a</sup>	1.35±0.10 <sup>a</sup>

### 2.3 植物甾醇对草鱼幼鱼免疫功能的影响

植物甾醇对草鱼幼鱼免疫功能的影响见表 4。

由表 4 所示, 饲料中添加植物甾醇提高了草鱼血清中溶菌酶的活性, 其中添加 20、30 和 40mg/kg 试验组血清溶菌酶活性显著高于对照组 ( $P<0.05$ ); 添加植物甾醇的各试验组血清 C4 补体含量有降低趋势, 其中添加 40 和 80mg/kg 试验组血清 C4 补体含量显著降低 ( $P<0.05$ )。

表 4 植物甾醇对草鱼幼鱼血清免疫指标的影响

项目 Items	植物甾醇添加水平 phytosterol supplemental levels/(mg/kg)					
	0	10	20	30	40	80
溶菌酶 ( $\mu\text{g/mL}$ )	2.18±0.23 <sup>a</sup>	2.21±0.18 <sup>a</sup>	2.46±0.32 <sup>b</sup>	2.43±0.17 <sup>b</sup>	2.50±0.25 <sup>b</sup>	2.31±0.26 <sup>ab</sup>
补体 C4 (g/L)	0.48±0.06 <sup>b</sup>	0.42±0.03 <sup>b</sup>	0.44±0.04 <sup>b</sup>	0.40±0.03 <sup>ab</sup>	0.36±0.03 <sup>a</sup>	0.32±0.02 <sup>a</sup>

### 2.4 植物甾醇对草鱼幼鱼肠道脂肪酶和形态指标的影响

植物甾醇对草鱼幼鱼肠道脂肪酶和形态指标的影响见表 5。

由表 5 所示, 饲料中添加植物甾醇能增强草鱼肠道脂肪酶活性和增加肠道黏膜厚度, 其中添加 20 和 30mg/kg 试验组的草鱼肠道脂肪酶活性显著高于对照组 ( $P<0.05$ ), 添加 30、40 和 80mg/kg 试验组的草鱼肠道黏膜厚度显著高于对照组 ( $P<0.05$ )。

表 5 植物甾醇对草鱼幼鱼肠道脂肪酶和形态指标的影响

项目 Items	植物甾醇添加水平 phytosterol supplemental levels/(mg/kg)					
	0	10	20	30	40	80
脂肪酶 (U/g prot)	18.93±0.56 <sup>a</sup>	19.23±0.77 <sup>a</sup>	22.43±0.87 <sup>b</sup>	23.12±1.05 <sup>b</sup>	20.28±0.86 <sup>a</sup>	20.82±1.35 <sup>ab</sup>
黏膜厚度 (thickness / $\mu\text{m}$ )	365.44±26.35 <sup>a</sup>	373.49±31.46 <sup>a</sup>	384.13±28.93 <sup>ab</sup>	397.25±20.57 <sup>b</sup>	423.28±35.13 <sup>b</sup>	416.52±28.34 <sup>b</sup>

## 3 讨论

### 3.1 植物甾醇对草鱼幼鱼生长性能的影响

研究表明,植物甾醇在动物体内的作用与激素类似,具有一定的激素活性,与植物生长激素以及能在水中形成分子膜的脂质相结合,形成植物激素-植物甾醇-核糖核蛋白复合体,可以促进动物蛋白质的合成,促进动物生长。程业飞等在育肥猪饲料中分别添加 30mg/kg 普通植物甾醇和乳化植物甾醇,育肥猪的平均日增重 ADG 相比于对照组分别提高了 2.17%和 4.38%,料重比有所降低。姬红波等研究结果表明,添加 20mg/kg 植物甾醇,肉鸡生长前期(1~21d)和生长后期(22~42d)的平均日增重(ADG)分别显著提高 5.92%和 4.26% ( $P<0.05$ ),生长后期(22~42d)料肉比降低 4.48% ( $p<0.05$ )。张严伟等研究发现,添加 40、80mg/kg 植物甾醇可显著提高团头鲂质量增加率及特定生长率 ( $P<0.05$ )。本实验室在吉富罗非鱼饲料中添加 20、40mg/kg 植物甾醇其增重率分别显著提高了 12.92%和 7.12% ( $P<0.05$ ),其饲料系数也分别显著降低了 10.62%和 5.31%。本试验结果与上述研究结果一致,添加不同水平的植物甾醇均能促进草鱼的生长,降低饲料系数,显著提高蛋白质效率 ( $P<0.05$ ),促进蛋白质沉积,这是因为植物甾醇作为类固醇激素的前体物质,具有类激素功能,能与靶细胞受体结合,激发 DNA 的转录活动,生成新的 mRNA,诱导蛋白质的合成。

### 3.2 植物甾醇对草鱼幼鱼血脂的影响

血清中总胆固醇、甘油三酯等含量反映了机体脂质代谢的情况。早在上世纪 50 年代,就有研究发现从膳食中摄入植物甾醇越多,胆固醇的吸收率就越低,血清中胆固醇的含量就越低。近年来大量动物试验研究结果表明饲料中添加植物甾醇能降低血清中总胆固醇含量。程业飞等研究发现在育肥猪饲料中添加 30mg/kg 普通植物甾醇或乳化植物甾醇均显著降低了血清总胆固醇(TC)和甘油三酯(TG)水平 ( $P<0.05$ )。侯艳君等在异育银鲫饲料中添加不同水平的植物甾醇,血浆胆固醇含量均显著降低( $P<0.05$ ),80mg/kg 和 120mg/kg 添加组的甘油三酯含量显著低于对照组 ( $p<0.05$ )。本实验室在吉富罗非鱼饲料中添加 20、40、160mg/kg 植物甾醇,总胆固醇、甘油三酯水平显著低于对照组 ( $P<0.05$ )。在本试验中添加不同水平的植物甾醇,草鱼血清总胆固醇和甘油三酯含量均显著降低,与文献结果一致。因此植物甾醇能降低血脂,对草鱼的脂质代谢具有一定的调节作用。

### 3.3 植物甾醇对草鱼幼鱼血清免疫指标的影响

溶菌酶作为机体的体液免疫指标,在动物免疫防御中发挥重要作用,其活性高低是

决定吞噬细胞能否杀灭所吞噬致病菌的物质基础之一。本试验条件下，添加植物甾醇提高了草鱼血清溶菌酶的活性，表明植物甾醇具有一定的免疫调节功能，能提高机体的免疫力。补体系统广泛存在于血清、组织液和细胞膜表面，可广泛参与机体免疫调节，是机体内具有重要生物学意义的蛋白质反应系统和免疫效应放大系统，而 C4 为补体系统中的重要组分，在机体防御过程中可通过免疫复合物、调理吞噬细胞等机制对病原微生物进行清除及活化炎性细胞对靶细胞的杀伤作用。本试验在草鱼幼鱼饲料中添加 40mg/kg 和 80mg/kg 植物甾醇组的草鱼血清中补体 C4 的水平显著降低，可能是因为植物甾醇添加过量则抑制了补体 C4 的活性。

### 3.4 植物甾醇对草鱼肠道脂肪酶和形态指标的影响

侯艳君等研究发现，添加 40mg/kg 植物甾醇组的异育银鲫肠道内脂肪消化酶活性相比与对照组显著提高 ( $P<0.05$ )，本试验中添加 20、30mg/kg 植物甾醇组的草鱼肠道脂肪酶的活性也显著升高，促进了鱼体脂质代谢。另有研究发现在改善仔猪小肠绒毛形态上，植物甾醇的应用效果较多粘菌素 E 更为显著，胡巧玲等研究表明添加植物甾醇显著提高了仔猪十二指肠和空肠的绒毛高度/隐窝深度 ( $P<0.05$ )，本试验在草鱼幼鱼饲料中添加植物甾醇也增加了肠道黏膜厚度，以 30、40、80mg/kg 添加组尤为显著，改善了肠绒毛形态，有利于肠道健康，促进营养物质的消化和吸收。

在饲料中添加植物甾醇能促进草鱼的生长，提高蛋白质效率并降低饲料系数，且能提高肠道脂肪酶的活性，降低鱼体总胆固醇和甘油三酯的含量，还能提高鱼体的免疫机能，并改善鱼体的肠道健康。在本试验条件下，草鱼幼鱼配合饲料中植物甾醇的最适添加量为 30mg/kg。

摘自中国水产频道、水产前沿

## 饲料碳水化合物与脂肪比例对吉富罗非鱼成鱼生长、体成分和血清生化指标的影响

吴凡 蒋明 文华 刘伟 田娟 喻丽娟 陆星

中国水产科学研究院长江水产研究所农业农村部淡水生物多样性保护重点

**摘要：**为确定吉富罗非鱼 (*GIFT Oreochromis niloticus*) 成鱼饲料中适宜的碳水化合物与脂肪比例 (C/L)，实验设计了 6 组等氮等能的半纯化饲料，饲料 C/L 比例分别为 1.53、2.36、3.55、5.58、9.85、21.82。投喂初始质量为 (218.33±11.03) g 的吉富罗非鱼成鱼 56 d。结果显示，增重率和特定生长率在 C/L 比例为 3.55 时最高，显著高于 C/L 比例 1.53、9.85 和 21.82 组 ( $P<0.05$ )；饲料效率和蛋白质效率在 C/L 比例介于 2.36~5.58 时无显著差异，显著高于 1.53 和 21.82 组 ( $P<0.05$ )。随着饲料 C/L 比例的升高，肝体比和脏体比呈显著下降趋势 ( $P<0.05$ )，成活率各组无显著差异 ( $P>0.05$ )。

全鱼和肝脏的粗脂肪含量随饲料 C/L 比例的增加显著降低 ( $P<0.05$ )。血清甘油三酯 (TG) 和高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 含量随 C/L 比例升高而下降, 低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 和血糖 (GLU) 含量则呈显著上升趋势 ( $P<0.05$ )。分别利用二次多项式回归分析增重率、蛋白质效率和饲料效率与碳水化合物水平及脂肪水平的相关性, 得到饲料中适宜的 C/L 比例分别是 4.19、4.15 和 4.11。研究表明吉富罗非鱼成鱼饲料中适宜的 C/L 比例为 4.11~4.19。

**关键词:** 吉富罗非鱼; 碳脂比; 生长性能; 血清生化指标;

## Effects of dietary carbohydrate to lipid ratio on growth performance, body composition and serum biochemical indices of adult GIFT

### *Oreochromis niloticus*

WU Fan JIANG Ming WEN Hua LIU Wei TIAN Juan YU Lijuan LU Xing

Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences

**Abstract:** To determine the optimal dietary carbohydrate to lipid (C/L) ratio for GIFT *Oreochromis niloticus*, we formulated six isonitrogenous and isoenergetic diets with C/L ratios of 1.53, 2.36, 3.55, 5.58, 9.85 and 21.82, respectively. Each diet had been randomly fed to the fish with initial average body mass of  $(218.33\pm 11.03)$  g for 56 d. The weight gain rate (WGR) and specific growth rate (SGR) were the highest in group of 3.55, significantly higher than those in groups of 1.53, 9.85 and 21.82 ( $P<0.05$ ). The feed efficiency (FE) and protein efficiency ratio (PER) in groups of 2.36-5.58 had insignificant difference, but were significantly higher than those in groups of 1.53 and 21.82. The viscerosomatic index (VSI) and hepatosomatic index (HSI) decreased significantly as the dietary C/L ratios increased ( $P<0.05$ ), but the survival rate (SR) showed insignificant difference among different treatments ( $P>0.05$ ). The whole body and liver lipid content decreased significantly as C/L ratios increased ( $P<0.05$ ). The serum triglyceride (TG) and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) levels decreased as dietary C/L ratios increased, whereas the low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) and glucose (GLU) contents showed an opposite trend ( $P<0.05$ ). Based on the second-order polynomial regression analysis of WGR, PER and FE against dietary carbohydrate and lipid levels, the optimal C/L ratios were 4.19, 4.15 and 4.11, respectively. In conclusion, the diet with C/L ratio of 4.11-4.19 is optimal for adult GIFT *O. niloticus*.

**Keyword :** GIFT *Oreochromis niloticus*; carbohydrate to lipid ratio; growth performance; serum biochemical index;

蛋白质是机体生长和维持生命活动必需的营养素,也是饲料配方中价格最高的组分。当非蛋白来源的能量供应不足时,容易导致蛋白质分解,以满足机体生长的能量需求。脂肪和碳水化合物是重要的非蛋白能量来源,其价格低于蛋白质,而且在饲料中适量添加能提高蛋白质的利用效率,起到节约蛋白质的作用<sup>[1]</sup>。脂肪可以维持鱼类的正常生长、

繁殖及其他生理活动,促进脂溶性维生素的吸收,也是必需脂肪酸的重要来源<sup>[2]</sup>。但脂肪含量过高会造成鱼体脂肪沉积过多,影响其代谢和免疫功能。碳水化合物比脂肪价格低廉,是草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)<sup>[3]</sup>、长吻鮠(*Leiocassis longirostris*)<sup>[4]</sup>、军曹鱼(*Rachycentron canadum*)<sup>[5]</sup>等鱼类可利用的能量来源,适量的碳水化合物水平能促进鱼类生长,对饲料质量也有提升作用<sup>[6]</sup>。然而,在饲料中使用碳水化合物时必须考虑饲料中的脂肪添加水平,其配比不平衡可能对鱼类的生长、营养组成和机体代谢甚至免疫功能产生直接影响<sup>[7]</sup>。因此,确定适宜的碳水化合物与脂肪对比对饲料配制十分重要。

吉富罗非鱼(GIFT *Oreochromis niloticus*)是经过选育获得的罗非鱼优良品系,其生长速度快,营养丰富,是我国南方重要的水产养殖品种<sup>[8]</sup>。吉富罗非鱼鱼种对脂肪的适宜需求量为 7.67%~9.34%<sup>[9]</sup>,成鱼获得最大生长时的需求量为 76.6~87.9 g·kg<sup>-1</sup><sup>[10]</sup>。吉富罗非鱼对南方糙米和玉米淀粉的利用效果较好<sup>[11]</sup>,幼鱼饲料中碳水化合物适宜添加水平可达 41%<sup>[12]</sup>。本实验旨在研究不同碳水化合物与脂肪比例对吉富罗非鱼生长性能、鱼体营养成分、血清生化指标的影响,以确定吉富罗非鱼饲料中适宜的碳脂比,为其饲料配制提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验饲料

以酪蛋白、明胶和鱼粉作为蛋白源,大豆油和玉米油(1:1)作为脂肪源,用糊精提供碳水化合物,饲料配方和营养组成见表 1,配制蛋白质水平为 31%的 6 组等氮等能饲料,脂肪水平分别为 12.24%、10.09%、8.15%、6.12%、3.98%和 2.03%,糖水平采用 3,5-二硝基水杨酸法测定,分别为 18.67%、23.83%、28.96%、34.15%、39.22%和 44.31%。碳水化合物与脂肪比例(C/L)分别为 1.53、2.36、3.55、5.58、9.85 和 21.82。将除大豆油和玉米油以外的饲料原料利用粉碎机粉碎,过 60 目筛,按照表 1 称取质量配制,少量的组分采用逐级扩大法混合,先加大豆油和玉米油混合均匀,再加约 20%的水混匀,用饲料制粒机制成颗粒饲料,粒径 2 mm,长度 4~6 mm,在室内通风处用电风扇吹干,置于-20℃冰柜中备用。

### 1.2 实验用鱼和饲养条件

实验用吉富罗非鱼由广西罗非鱼国家级育种实验场提供,实验鱼运回后使用 2%的氯化钠(NaCl)水溶液浸泡 10 min 消毒,暂养于 3 m×3 m×1.5 m 的网箱中,暂养期间投喂 6 组实验饲料组成的混合饲料。2 周的暂养期结束后,将实验鱼饥饿 24 h,使用 100

mg·L<sup>-1</sup> 的 MS-222 溶液麻醉处理，挑选健康无伤、规格一致的吉富罗非鱼 480 尾，平均体质量为 (218.33±11.03) g。将实验鱼随机分为 6 组，饲养于 24 个池塘网箱 (1 m×1 m×1.5 m) 中，每组设置 4 个平行，每个平行 20 尾。分别投喂 6 组实验饲料，每天 3 次 (08:00、12:00、16:00 各 1 次)，为避免饲料浪费，每次投喂时采取少量多遍的投喂方式，同时观察鱼的摄食情况，当罗非鱼不再到水面抢食则停止投喂。养殖实验持续 56 d，每日记录水温、溶解氧、实验鱼摄食及死亡情况，每周测定 2 次水质。养殖实验期间的水温为 27~34℃、pH7.4~7.6、溶解氧大于 6 mg·L<sup>-1</sup>、氨氮小于 0.2 mg·L<sup>-1</sup>、亚硝酸盐小于 0.1 mg·L<sup>-1</sup>、硫化物小于 0.05 mg·L<sup>-1</sup>。

### 1.3 实验采样

养殖实验结束后，将鱼饥饿 24 h，记录每个网箱中吉富罗非鱼的尾数，同时称取总质量，用于计算平均末体质量、增重率、特定生长率和成活率。统计每个网箱投喂的饲料质量，用于计算饲料效率。在每个网箱中随机选取 3 尾鱼，用 100 mg·L<sup>-1</sup> 的 MS-222 溶液麻醉后，使用 2 mL 注射器从尾静脉采血后，在冰盘上进行解剖，分离内脏和肝胰脏并称其质量，用于计算脏体比和肝体比；将肝脏样品于-40℃保存，用于肝脏营养成分的分析。将采集的血液样品转入 1.5 mL 离心管中，室温下静置 2 h，在 4℃条件下以 3 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 10 min，取上层血清于-40℃保存，用于血清生化指标的检测。每个网箱另随机选取 3 尾健康的罗非鱼，用于全鱼营养成分的分析。

表 1 实验饲料配方及营养组成 %

成分 ingredient	饲料碳脂比 dietary C/L ratio					
	1.53	2.36	3.55	5.58	9.85	21.82
酪蛋白 casein	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
明胶 gelatin	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
鱼粉 fish meal	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
糊精 dextrine	22.00	28.00	34.00	40.00	46.00	52.00
玉米油 corn oil	5.65	4.65	3.65	2.65	1.65	0.65
大豆油 soybean oil	5.65	4.65	3.65	2.65	1.65	0.65
维生素预混料 <sup>1</sup> vitamin premix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
无机盐预混料 <sup>1</sup> mineral premix	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
磷酸二氢钙 monocalcium phosphate	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
氯化胆碱 choline chloride	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
微晶纤维素 micro-cellulose	22.20	18.20	14.20	10.20	6.20	2.20
总计 total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
近似成分 proximate composition						
干物质 dry matter	90.68	90.43	90.51	90.24	90.36	90.29
粗蛋白质 crude protein	30.95	30.78	30.86	30.91	30.64	30.71
粗脂肪 crude lipid	12.24	10.09	8.15	6.12	3.98	2.03
灰分 crude ash	5.23	5.12	5.17	5.08	4.96	5.01
碳水化合物 carbohydrate	18.67	23.83	28.96	34.15	39.22	44.31
总能/kal g <sup>-1</sup> gross energy	3.56	3.59	3.58	3.61	3.60	3.63

注：1. 维生素预混料和无机盐预混料配方参照许霄霄等[13]的实验

Note: 1. The formulas of vitamin premix and mineral premix are based on previous study by Xu, et al [13].

## 1.4 指标测定

### 1.4.1 基本成分测定

饲料的水分含量采用 105°C 恒温干燥失重法测定, 饲料、全鱼和肝脏样品的粗蛋白含量采用凯氏定氮法测定, 粗脂肪含量采用索氏抽提法测定, 灰分含量采用马弗炉灼烧法测定<sup>[14]</sup>。全鱼和肝脏样品利用真空冷冻干燥机在 -60°C 条件下干燥 48 h, 测定水分含量。饲料总能利用氧弹式量热仪 (SDC311, 湖南三德科技股份有限公司) 测定。

### 1.4.2 生长指标的测定

根据下列公式计算生长性能等指标。

$$\text{增重率 (WGR)} = (m_t - m_0) / m_0 \times 100\%$$

$$\text{特定生长率 (SGR)} = (\ln m_t - \ln m_0) / t \times 100\%$$

$$\text{饲料效率 (FE)} = (W_t - W_0) / F \times 100\%$$

$$\text{蛋白质效率 (PER)} = (W_t - W_0) / (F \times P) \times 100\%$$

$$\text{脏体比 (VSI)} = m / m \times 100\%$$

$$\text{肝体比 (HSI)} = m / m \times 100\%$$

$$\text{成活率 (SR)} = n_t / n_0 \times 100\%$$

式中  $m_0$  为实验鱼的初始均质量 (g);  $m_t$  为实验鱼的终末均质量 (g);  $t$  为养殖天数 (d);  $W_0$  为实验鱼的初始总质量 (g);  $W_t$  为实验鱼的终末总质量 (g);  $F$  为每个网箱的投喂饲料总质量 (g);  $P$  为饲料粗蛋白质质量分数 (%);  $m_V$  为样品鱼的内脏质量 (g);  $m_H$  为样品鱼的肝脏质量 (g);  $m$  为样品鱼的体质量 (g);  $n_0$  为每个网箱鱼的初始尾数;  $n_t$  为每个网箱鱼的终末尾数。

### 1.4.3 血清生化指标的测定

将冷冻保存的血清样品置于 4°C 冰箱中解冻, 取 200  $\mu$ L 血清于比色杯中, 利用希森美康全自动生化分析仪 (CHEMIX-800) 测定血清生化指标, 包括总胆固醇 (TCHO)、甘油三酯 (TG)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C)、葡萄糖 (GLU) 含量, 所用试剂均购自 Sysmex 公司。

## 1.5 数据处理

实验数据采用 SPSS 18.0 统计软件中的单因素方差分析 One-Way ANOVA, 组间差异性利用 Duncan's 多重比较法, 显著水平为  $P < 0.05$ 。实验结果以“平均值  $\pm$  标准差 ( $\bar{X} \pm SD$ )”表示。利用二次多项式回归分析得出吉富罗非鱼成鱼饲料中适宜的碳水化合物

物和脂肪水平<sup>[15,16]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 饲料 C/L 比例对生长性能的影响

随着饲料 C/L 比例的升高, 实验鱼终末质量、增重率和特定生长率均呈先升高后下降的趋势 (表 2)。增重率和特定生长率最高值出现在 C/L 比例 3.55 组, 显著高于 C/L 比例 1.53、9.85 和 21.82 组 ( $P<0.05$ ), 但与其余 2 组无显著差异。饲料效率和蛋白质效率呈现相似趋势, 先升高后降低, 均在 C/L 比例 5.58 组最高, 显著高于 C/L 比例 1.53 和 21.82 组, 但与其余 3 组无显著差异。脏体比和肝体比呈下降趋势, 最低值出现在 C/L 比例 21.82 组, 显著低于前 5 组 ( $P<0.05$ )。成活率各组间无显著差异。分别利用二次多项式回归分析增重率与碳水化合物水平 ( $y=-0.240 2 x^2+14.832 x-65.147, R^2=0.885 6$ ) 及脂肪水平 ( $y=-1.512 7 x^2+22.265 x+81.799, R^2=0.886 7$ ) 的相关性, 得到饲料中最适的碳水化合物和脂肪水平分别是 30.87%和 7.36% (图 1), 即适宜的 C/L 比例是 4.19。分别利用二次多项式回归分析蛋白质效率与碳水化合物水平 ( $y=-0.304 6 x^2+18.733 x-27.517, R^2=0.635 8$ ) 及脂肪水平 ( $y=-1.919 6 x^2+28.453 x+154.94, R^2=0.637 6$ ) 相关性, 得到饲料中最适的碳水化合物和脂肪水平分别是 30.75%和 7.41% (图 2), 即适宜的 C/L 比例是 4.15。分别利用二次多项式回归分析饲料效率与碳水化合物水平 ( $y=-0.094 3 x^2+5.777 2 x-8.239 3, R^2=0.638 7$ ) 及脂肪水平 ( $y=-0.593 9 x^2+8.849 8 x+47.301, R^2=0.640 7$ ) 的相关性, 得到饲料中最适的碳水化合物和脂肪水平分别是 30.63%和 7.45% (图 3), 即适宜的 C/L 比例是 4.11。

表 2 饲料 C/L 比例对吉富罗非鱼成鱼生长性能和饲料利用的影响

指标 index	饲料碳脂比 dietary C/L ratio					
	1.53	2.36	3.55	5.58	9.85	21.82
初始质量/g initial mass	220.25±10.44	214.25±15.13	215.50±11.21	219.00±7.16	219.50±12.71	221.50±14.25
终末质量/g final mass	499.50±19.12 <sup>a</sup>	543.35±24.21 <sup>b</sup>	565.79±15.93 <sup>b</sup>	569.11±18.40 <sup>b</sup>	541.80±22.12 <sup>b</sup>	488.65±21.67 <sup>a</sup>
增重率/% WGR	126.94±7.30 <sup>a</sup>	153.96±6.83 <sup>bc</sup>	162.83±8.16 <sup>c</sup>	159.91±5.54 <sup>c</sup>	147.05±5.83 <sup>b</sup>	120.84±4.69 <sup>a</sup>
特定生长率/%·d <sup>-1</sup> SGR	1.46±0.06 <sup>a</sup>	1.66±0.05 <sup>bc</sup>	1.73±0.06 <sup>c</sup>	1.71±0.04 <sup>c</sup>	1.61±0.04 <sup>b</sup>	1.41±0.04 <sup>a</sup>
饲料效率/% FE	66.94±3.11 <sup>ab</sup>	76.21±6.10 <sup>c</sup>	78.16±6.68 <sup>c</sup>	81.20±5.10 <sup>c</sup>	72.76±5.75 <sup>bc</sup>	62.62±4.44 <sup>a</sup>
蛋白质效率/% PER	216.28±10.04 <sup>ab</sup>	247.62±19.83 <sup>c</sup>	253.28±21.65 <sup>c</sup>	262.71±16.52 <sup>c</sup>	237.47±18.76 <sup>bc</sup>	203.92±14.46 <sup>a</sup>
脏体比/% VSI	10.06±0.35 <sup>d</sup>	9.79±0.48 <sup>d</sup>	9.52±0.35 <sup>d</sup>	8.78±0.21 <sup>c</sup>	7.92±0.11 <sup>b</sup>	7.21±0.51 <sup>a</sup>
肝体比/% HSI	3.12±0.20 <sup>c</sup>	2.95±0.04 <sup>c</sup>	2.74±0.08 <sup>b</sup>	2.66±0.03 <sup>b</sup>	2.69±0.13 <sup>b</sup>	2.28±0.10 <sup>a</sup>
成活率/% SR	96.25±4.79	95.00±4.08	97.50±2.89	98.75±2.50	97.50±2.89	97.50±5.00

注: 同一行上标不同字母代表有显著差异 ( $P<0.05$ ), 下表同此

Note: Values within the same row with different letters have significant difference ( $P<0.05$ ). The same case in the following tables.

## 2.2 饲料 C/L 比例对体成分的影响

罗非鱼全鱼水分质量分数介于 67.33%~68.21%，粗蛋白质量分数介于 16.08%~16.84%，粗灰分质量分数介于 2.64%~2.90%，各组间无显著影响 (表 3)。全鱼粗脂肪含量随着 C/L 比例升高呈现下降趋势，C/L 比例最高 (21.82) 组的粗脂肪含量最低，显著低于前 4 组 ( $P<0.05$ )。饲料 C/L 比例对肝脏水分、粗蛋白和粗灰分含量均无显著影响，但显著影响粗脂肪含量 ( $P<0.05$ )。随着饲料 C/L 比例的升高，肝脏粗脂肪含量显著下降，当 C/L 比例达到 9.85 后再无显著差异。

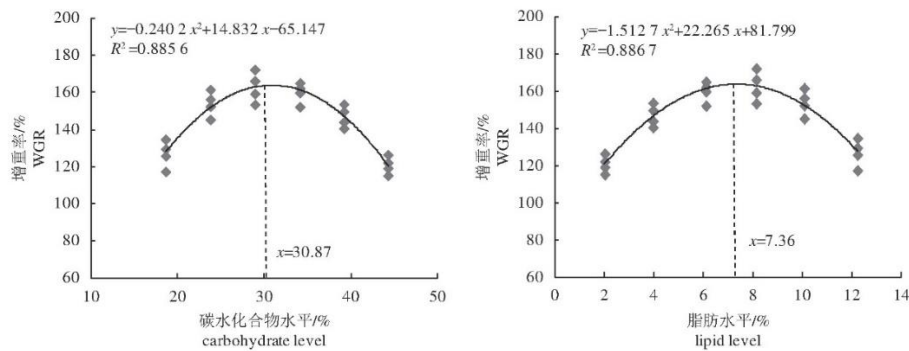


图 1 增重率与饲料碳水化合物及脂肪水平的二次回归分析

Fig.1 Second-order regression analysis between weight gain rate and dietary carbohydrate and lipid level

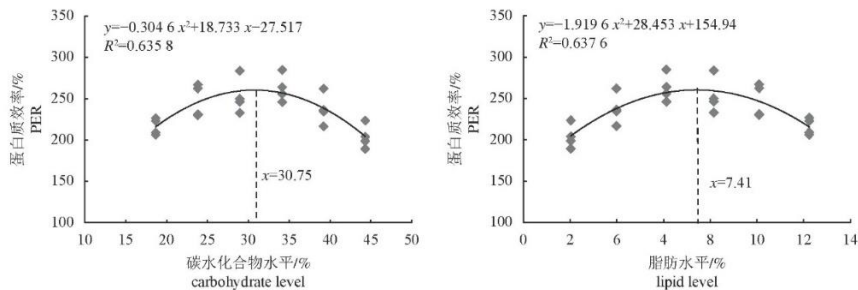


图 2 蛋白质效率与饲料碳水化合物及脂肪水平的二次回归分析

Fig.2 Second-order regression analysis between protein efficiency ratio and dietary carbohydrate and lipid level

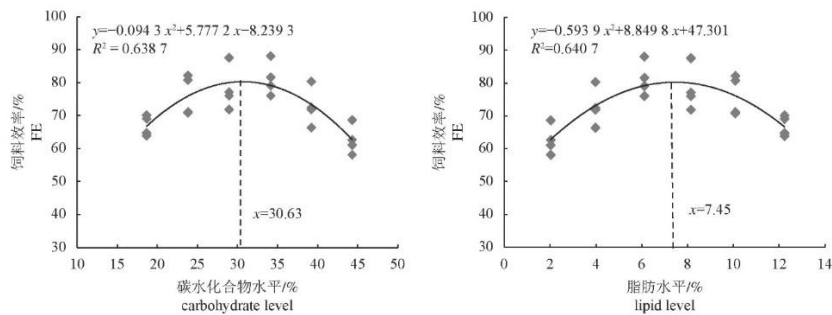


图 3 饲料效率与饲料碳水化合物及脂肪水平的二次回归分析

Fig.3 Second-order regression analysis between feed efficiency and dietary carbohydrate and lipid level

### 2.3 饲料 C/L 比例对血清生化指标的影响

饲料 C/L 比例对血清 TCHO 浓度无显著影响，各组浓度介于 4.77~5.46 mmol·L<sup>-1</sup> (表 4)。TG 浓度随着饲料碳脂比升高呈显著下降趋势，当 C/L 比例达到 21.82 时 TG 浓度最低，显著低于前 5 组 (P<0.05)。C/L 比例为 5.58、9.85 和 21.82 时，HDL-C 浓度显著低于前 3 组。LDL-C 浓度随着 C/L 比例的升高而上升，21.82 组最高，显著高于前 5 组 (P<0.05)。血清 GLU 浓度也随 C/L 比例的升高而上升，在 C/L 比例为 21.82 组最高 (4.17 mmol·L<sup>-1</sup>)，显著高于前 5 组 (P<0.05)。

表 3 饲料 C/L 比例对吉富罗非鱼成鱼全鱼和肝脏营养成分的影响 %

成分 composition	饲料碳脂比 dietary C/L ratio					
	1.53	2.36	3.55	5.58	9.85	21.82
全鱼 whole body						
水分 moisture	67.76±1.89	67.35±0.96	68.21±3.61	68.04±0.86	67.71±1.05	67.33±1.70
粗蛋白 crude protein	16.08±0.24	16.65±0.37	16.14±0.50	16.68±0.79	16.67±0.86	16.84±0.52
粗脂肪 crude lipid	10.93±0.62 <sup>d</sup>	10.51±0.59 <sup>cd</sup>	9.64±0.75 <sup>bc</sup>	9.79±0.28 <sup>bc</sup>	9.30±0.67 <sup>ab</sup>	8.73±0.33 <sup>a</sup>
粗灰分 crude ash	2.64±0.23	2.89±0.14	2.77±0.21	2.75±0.17	2.82±0.21	2.90±0.18
肝脏 liver						
水分 moisture	64.58±1.45	65.18±0.90	66.17±0.79	65.44±0.82	66.09±2.40	65.56±1.70
粗蛋白 crude protein	8.93±0.58	9.31±0.44	9.48±0.53	9.21±0.43	8.85±0.74	9.59±0.36
粗脂肪 crude lipid	7.61±0.46 <sup>d</sup>	7.32±0.36 <sup>cd</sup>	7.00±0.26 <sup>bc</sup>	6.62±0.25 <sup>b</sup>	5.82±0.29 <sup>a</sup>	6.03±0.18 <sup>a</sup>
粗灰分 crude ash	1.33±0.07	1.43±0.09	1.40±0.08	1.37±0.06	1.39±0.05	1.44±0.08

表 4 饲料碳脂比对吉富罗非鱼成鱼血清生化指标的影响 mmol·L<sup>-1</sup>

指标 index	饲料碳脂比 dietary C/L ratio					
	1.53	2.36	3.55	5.58	9.85	21.82
总胆固醇 TCHO	5.46±0.42	5.15±0.49	5.29±0.44	5.04±0.26	4.96±0.78	4.77±0.36
甘油三酯 TG	8.25±0.76 <sup>d</sup>	7.62±0.63 <sup>d</sup>	6.21±0.38 <sup>c</sup>	5.53±0.47 <sup>bc</sup>	4.78±0.32 <sup>b</sup>	3.76±0.29 <sup>a</sup>
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C	1.75±0.14 <sup>b</sup>	1.67±0.08 <sup>b</sup>	1.63±0.11 <sup>b</sup>	1.45±0.06 <sup>a</sup>	1.46±0.08 <sup>a</sup>	1.39±0.07 <sup>a</sup>
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C	0.92±0.09 <sup>a</sup>	1.14±0.13 <sup>b</sup>	1.33±0.15 <sup>bc</sup>	1.44±0.07 <sup>cd</sup>	1.62±0.08 <sup>d</sup>	2.04±0.15 <sup>e</sup>
葡萄糖 GLU	1.79±0.11 <sup>a</sup>	2.55±0.10 <sup>b</sup>	2.74±0.11 <sup>bc</sup>	2.85±0.15 <sup>c</sup>	3.21±0.21 <sup>d</sup>	4.17±0.26 <sup>e</sup>

## 3 讨论

### 3.1 饲料 C/L 比例对吉富罗非鱼成鱼生长性能及饲料利用的影响

饲料 C/L 比例显著影响吉富罗非鱼的终末质量、增重率和特定生长率。随着 C/L 比例的升高，生长性能呈先升高后降低的趋势，碳水化合物水平介于 23.83%~34.15% (相应脂肪水平为 10.09%~6.12%) 时可以促进吉富罗非鱼的生长性能。C/L 比 21.82 组的增重率和特定生长率均最低，该组的脂肪水平过低 (2.03%)，吉富罗非鱼对脂肪的需求

介于 7.66%~8.79%<sup>[10]</sup>，脂肪酸缺乏导致了生长性能下降。在南方鲇 (*Silurus meridionalis*)<sup>[17]</sup>和草鱼<sup>[18]</sup>的研究中也发现，高碳水化合物水平抑制鱼类的生长。最低 C/L 比例组的吉富罗非鱼生长性能显著降低，该组的脂肪含量较高，碳水化合物含量较低，而且纤维素的含量达到了 20%以上。纤维素含量过高会影响鱼类对其他营养素的吸收，对生长产生不利影响<sup>[19]</sup>。适宜的 C/L 比例可以充分发挥鱼类利用碳水化合物和脂肪的协同效应<sup>[20]</sup>，有利于提升蛋白质效率和饲料效率，提高罗非鱼的生长性能。

吉富罗非鱼的脏体比和肝体比随着饲料 C/L 比例的升高而下降，这主要由饲料的脂肪水平决定。随着 C/L 比例的升高，饲料中脂肪水平呈逐渐下降趋势，而脂肪水平直接影响脂肪在内脏团和肝脏中的沉积。草鱼<sup>[21]</sup>、黄鳍鲷 (*Sparus latus*)<sup>[22]</sup>和杂交胡子鲶 (*Clarias macrocephalus*×*C.gariepinus*)<sup>[23]</sup>也出现了类似结果。然而，团头鲂 (*Megalobrama amblycephala*) 的肝体比随着 C/L 比例的升高而上升<sup>[16]</sup>，这可能由可消化糖产生过量的可利用能量，导致肝糖原沉积高所致。

利用二次多项式回归分析得到吉富罗非鱼饲料中适宜的 C/L 比例介于 4.11~4.19。这和瓦氏黄颡鱼 (*Pelteobagrus vachelli*) 的结果 (4.06)<sup>[24]</sup>相近，但比长吻鮠 (1.98)<sup>[4]</sup>、暗纹东方鲀 (*Takifugu obscurus*) (2.01~2.16)<sup>[25]</sup>、团头鲂 (3.58)<sup>[16]</sup>的结果要高。这可能是由于罗非鱼作为杂食性鱼类，对碳水化合物的耐受力较强，因此其饲料中适宜的碳水化合物与脂肪比例较高。

### 3.2 饲料 C/L 比例对吉富罗非鱼成鱼全鱼和肝脏营养成分的影响

本研究中，全鱼和肝脏的水分、粗蛋白和粗灰分含量均不受 C/L 比例的影响。全鱼脂肪、肝脏脂肪含量均与饲料脂肪含量呈正相关，说明脂肪含量过高容易在鱼体和肝脏沉积。相似的研究结果在建鲤 (*Cyprinus carpio* var.Jian)<sup>[26]</sup>、许氏平鲈 (*Sebastes schlegeli*)<sup>[27]</sup>和革胡子鲶 (*C.gariepinus*)<sup>[19]</sup>等中也发现。但是，对虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 的研究结果则相反，高 C/L 比例饲料可促进肝脏脂质沉积<sup>[28]</sup>，虹鳟可能具有较高的将吸收的碳水化合物转化为组织脂肪的能力，从而导致高 C/L 比例组的肝脏脂肪含量较高，也可能低 C/L 比例组 (脂肪含量高) 的鱼将饲料提供的脂肪用于生长和能量需求，因此高脂肪饲料并未引起脂肪在肝脏积累。

当饲料配方为等脂肪设计时，吉富罗非鱼饲料中碳水化合物水平过高会导致鱼体脂肪含量显著升高，说明碳水化合物可以在一定程度上转化为体脂<sup>[12]</sup>。本实验中采用的等氮等能设计，饲料碳水化合物水平高的组，脂肪含量下降，说明罗非鱼体内脂肪沉积变

化主要受饲料脂肪水平的影响,饲料中过量的脂肪比碳水化合物更容易以脂肪形式在罗非鱼体内沉积。这种变化趋势与瓦氏黄颡鱼<sup>[24]</sup>和胭脂鱼 (*Myxocyprinus asiaticus*)<sup>[29]</sup>的研究结果一致。

### 3.3 饲料 C/L 比例对吉富罗非鱼成鱼血清部分生化指标的影响

血液生化指标的变化在一定程度上能反映动物的生理机能和健康状况<sup>[30]</sup>。血清 TCHO 和 TG 浓度会随着实验鱼的营养状况而变化,同时还能反映肝脏的代谢功能<sup>[31]</sup>。本实验中随着 C/L 比例的升高,罗非鱼血清 TG 浓度呈显著下降趋势,即随着饲料脂肪水平的升高,罗非鱼脂质转运更加活跃,脂肪沉积主要来源于饲料脂肪。在吉富罗非鱼<sup>[9]</sup>、草鱼<sup>[21]</sup>和大菱鲃 (*Psetta maxima*)<sup>[32]</sup>中均观察到类似的结果。高密度脂蛋白的作用是将机体组织的胆固醇运送到肝脏代谢,本研究中 HDL-C 浓度随着饲料脂肪水平的升高而上升,高脂饲料投喂条件下,鱼体将更多的胆固醇运输到肝脏,肝脏脂肪含量的升高也说明了这一点。在尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*)<sup>[33]</sup>、梭鱼 (*Chelon haematocheilus*)<sup>[34]</sup>和俄罗斯鲟 (*Acipenser gueldenstaedtii*)<sup>[35]</sup>的研究中也发现类似结果,但肝脏脂肪沉积过多不利于脂肪代谢,容易对鱼体造成不良影响。

本研究中罗非鱼血清 GLU 浓度先随着饲料碳水化合物水平升高而上升,碳水化合物介于 23.83%~34.15%内 GLU 水平无显著差异,GLU 浓度保持在一个相对稳定的范围。罗非鱼属于杂食性鱼类,其对糖的利用要优于草食性和肉食性鱼类,因此在一定范围内可以调节血糖水平。当碳水化合物水平持续升高时,GLU 浓度出现显著上升,说明罗非鱼对碳水化合物的代谢能力可能已经超过了阈值,类似的现象在建鲤<sup>[26]</sup>中也有发现,血糖持续升高会导致代谢负担加重<sup>[36]</sup>。

## 4 结论

本研究分别利用二次多项式回归分析增重率、蛋白质效率和饲料效率与饲料碳水化合物水平及脂肪水平相关性,得到吉富罗非鱼成鱼饲料中适宜的 C/L 比例为 4.11~4.19。

## 参考文献

原文刊登在《南方水产科学》2019,15(04),53-60 DOI:10.12131/20190047

## 不同料型的配合饲料对大菱鲃幼鱼生长与饲料利用性能的影响

杨盼盼 张燿 苏文清 刘海燕

河北师范大学生命科学学院 唐山市水产技术推广站

**摘要:** 试验旨在比较营养成分相同的软颗粒饲料和硬颗粒饲料对大菱鲃幼鱼生长、饲料利用性能及体组成的影响。试验设计 2 个处理组,分别为软颗粒饲料组和硬颗粒饲料组,每个处理组 6 个重

复, 每个重复 50 尾大菱鲆幼鱼, 初始体重为  $(7.23\pm 0.02)$  g, 试验期 56 d。结果表明:2 种饲料类型对大菱鲆幼鱼的存活率 (SR) 和摄食率 (FR) 均没有显著影响 ( $P>0.05$ ), 但软颗粒饲料显著提高了大菱鲆幼鱼的终末体重 (FBW)、相对增重率 (WG)、特定生长率 (SGR), 降低了饵料系数 (FCR) ( $P<0.05$ )。2 种饲料类型对大菱鲆幼鱼的脏体比 (VSI)、肥满度 (CF) 以及鱼体营养成分没有显著性影响 ( $P>0.05$ ), 但软颗粒饲料组的大菱鲆幼鱼肝体指数 (HSI) 显著高于硬颗粒饲料组 ( $P<0.05$ )。由此可见, 软颗粒饲料是更适合大菱鲆幼鱼的料型。

**关键词:** 大菱鲆; 料型; 软颗粒饲料; 硬颗粒饲料; 生长性能; 饲料利用;

## Effect of feed type on growth performance and feed utilization in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*)

YANG Pan-pan ZHANG Yao SU Wen-qing

**Abstract:** The experiment was conducted to study the effect of different feed type (soft pellet diet and hard pellet diet) with the same nutrient on growth performance, feed utilization and body composition in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). Two treatments were designed: soft pellet diet group and hard pellet diet group, with six tanks per treatment, and 50 juvenile turbot per tank, the initial body weight was  $(7.23\pm 0.02)$  g. Experiment period was 56 days. The results showed that no significant difference was observed on survival rate (SR) and feeding rate (FR) in juvenile turbot between two groups ( $P>0.05$ ), however, the final body weight (FBW), weight gain rate (WG) and specific growth rate (SGR) of juvenile turbot were increased significantly and the feed coefficient (FCR) was decreased significantly in soft pellet diet group ( $P<0.05$ ). There was no significant difference in viscerasomatic index (VSI), condition factor (CF) and body nutrient composition of juvenile turbot between the two groups ( $P>0.05$ ), but soft pellet diet significantly increased the hepatosomatic index (HSI) of juvenile turbot ( $P<0.05$ ). In conclusion, soft pellet diet is more suitable for juvenile turbot than hard pellet diet.

**Keyword:** juvenile turbot; feed type; soft pellet diet; hard pellet diet; growth performance; feed

制粒是配合饲料生产过程中的重要环节, 通过不同的制粒工艺可以把配合饲料粉料制作成相应的饲料类型, 料型不仅影响饲料的物理性状, 而且还会影响动物的摄食、生长及饲料转化<sup>[1,2]</sup>。水产养殖中常见的有软颗粒饲料和硬颗粒饲料等<sup>[3,4,5]</sup>, 软颗粒饲料是指将混合均匀的粉料加入 20%~25%水分搅拌均匀, 然后用软颗粒制粒机直接挤压而成。该饲料湿软, 适口性较好, 但具有水分高、易霉变、不方便储存运输的缺点; 硬颗粒饲料是指将混合均匀的粉料加入 10%左右水搅拌均匀, 用硬颗粒制粒机经调质挤压形成, 具有水分低、不易霉变、方便储存和运输的优点<sup>[6,7]</sup>。有研究表明, 牙鲆、点带石斑鱼、斜带石斑鱼、罗非鱼摄食软颗粒饲料后, 生长性能和饲料利用要优于硬颗粒和膨化颗粒饲

料料型<sup>[8,9,10,11]</sup>。也有研究报道,珍珠龙胆石斑鱼摄食硬颗粒饲料后生长效果比摄食软颗粒饲料要好<sup>[12]</sup>,因此,不同鱼类所适用的料型也不尽相同。大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)是我国重要的冷水性经济鱼类。目前,在大菱鲂养殖中软颗粒饲料和硬颗粒饲料均有使用,但二者对大菱鲂摄食、生长和饲料利用效果的影响还未见报道。因此,本试验旨在探讨营养成分相同的软、硬颗粒两种饲料类型对大菱鲂幼鱼的生长性能、饲料利用、鱼体营养组成的影响,进而确定适合大菱鲂幼鱼的料型。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验设计

大菱鲂幼鱼购自天津市民峰水产公司,600尾(7.23±0.02)g的大菱鲂幼鱼随机分到12个养殖鱼缸内。试验设计为2个处理组:软颗粒饲料组(SF)和硬颗粒饲料组(HF),每个处理组设置6个重复,每个重复为50尾幼鱼。本试验所用的配合饲料营养成分见表1。营养成分相同的饲料粉料分别通过硬颗粒制料机(9KLP-150型,新郑市勇丰机械设备有限公司)和软颗粒制料机(EL-400型,山东威海高科技产业开发区友谊机械厂)制作成直径为2mm硬颗粒饲料和2mm软颗粒饲料,均放于-20℃冷库保存备用。试验周期为56d。

表1 试验饲料营养成分(干物质基础)

项目	含量
粗蛋白质 1%	42.39
粗脂肪 1%	8.34
灰分 1%	16.64
能量/(MJ/kg)	18.94

### 1.2 养殖管理

每个养殖鱼缸规格为长90cm、宽75cm、高65cm、缸内水深40cm,养殖试验用水为沙滤处理之后的自然海水。试验期间每天08:00和18:00对大菱鲂进行饱食投喂,记录鱼的日摄食量,每周测定1次饲料的含水量,计算大菱鲂幼鱼的日摄食干重。试验期间每天07:00和17:00各换水1次,24h不间断充氧,水温12~16.5℃,盐度25±1.5,试验期间采用自然光照和人工光照,光照周期为14L:10D。

### 1.3 试验样品的采集与分析

养殖试验结束后禁食24h对每缸大菱鲂进行计数并称量,随后每缸随机抽取3尾

鱼测量体重、体长，解剖取内脏团和肝脏称重。每缸取 4 尾大菱鲂冷冻保存备测鱼体营养组成。

对饲料及鱼体的水分、粗蛋白质、脂肪及灰分含量采用 AOAC (1990) 的方法进行分析<sup>[13]</sup>，能量的测定采用 Parr 6300 全型自动氧弹式热量计 (Parr, USA) 进行测定。

## 1.4 测定指标

$$\text{摄食率 (FR, \% / d)} = 100 \times I_t / [t \times (m_0 + m_t) / 2]$$

$$\text{相对增重率 (WG, \%)} = 100 \times (m_t - m_0) / m_0$$

$$\text{特定生长率 (SGR, \% / d)} = 100 \times (L_{nm_t} - L_{nm_0}) / t$$

$$\text{饵料系数 FCR} = I_t / (m_t - m_0)$$

$$\text{肥满度 (CF, \%)} = 100 \times m / L^3$$

$$\text{肝体指数 (HSI, \%)} = 100 \times m_h / m$$

$$\text{脏体比 (VSI, \%)} = 100 \times m_s / m$$

$$\text{存活率 (SR, \%)} = 100 \times n_t / n_0$$

式中： $m_t$  为终末体质量 (g)； $m_0$  为初始体质量 (g)； $t$  为试验天数 (d)； $I_t$  为摄入干饲料质量 (g)； $m$  为体质量 (g)； $L$  为体长 (cm)； $m_h$  为肝脏质量 (g)； $m_s$  为内脏团质量 (g)； $n_t$  为终末鱼尾数； $n_0$  为初始鱼尾数。

## 1.5 数据分析

试验数据用 Statistica 10.0 软件进行 t 检验， $P < 0.05$  表示差异显著，试验结果用“平均值 ± 标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 软颗粒和硬颗粒饲料对大菱鲂幼鱼生长性能的影响 (见表 2)

表 2 软颗粒与硬颗粒饲料对大菱鲂幼鱼生长性能的影响

项目	软颗粒组	硬颗粒组
初始均重 /g	7.63 ± 0.05	7.62 ± 0.12
终末均重 /g	18.37 ± 1.05 <sup>a</sup>	14.47 ± 0.26 <sup>b</sup>
相对增重率 /%	140.58 ± 14.05 <sup>a</sup>	89.54 ± 4.26 <sup>b</sup>
特定生长率 I(%/d)	1.57 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.04 <sup>b</sup>
摄食率 I(%/d)	1.47 ± 0.09	1.60 ± 0.17
饵料系数	1.00 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.45 ± 0.20 <sup>a</sup>
存活率 /%	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00

注：同行数据肩标字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )，未标字母或字母相同表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )；下表同。

由表 2 可知, 2 种料型对大菱鲂幼鱼的终末均重、相对增重率、特定生长率及饵料系数有显著影响 ( $P<0.05$ ), 软颗粒饲料显著提高了大菱鲂幼鱼的终末体重、相对增重率、特定生长率, 降低了饵料系数 ( $P<0.05$ )。但对大菱鲂幼鱼摄食率和成活率没有显著影响 ( $P>0.05$ ), 且 2 个处理组的存活率都是 100%, 没有出现死亡现象。

## 2.2 软颗粒与硬颗粒饲料对大菱鲂幼鱼形体指标的影响 (见表 3)

表 3 软颗粒与硬颗粒饲料对大菱鲂幼鱼形体指标的影响/%

项目	软颗粒组	硬颗粒组
肝体指数	$1.49 \pm 0.34^a$	$1.16 \pm 0.20^b$
脏体比	$5.79 \pm 0.69$	$5.85 \pm 0.58$
肥满度	$3.62 \pm 0.20$	$3.46 \pm 0.34$

由表 3 可知, 软颗粒饲料组的大菱鲂幼鱼肝体指数显著高于硬颗粒饲料组 ( $P<0.05$ )。

2 种料型对大菱鲂幼鱼的脏体比和肥满度没有显著影响 ( $P>0.05$ )。

## 2.3 软颗粒与硬颗粒饲料对大菱鲂幼鱼全鱼体组成的影响 (见表 4)

表 4 软颗粒与硬颗粒饲料对大菱鲂幼鱼体成分的影响/%

项目	软颗粒组	硬颗粒组
水分	$79.08 \pm 0.39$	$79.20 \pm 0.85$
粗蛋白质	$13.80 \pm 0.63$	$13.74 \pm 0.52$
粗脂肪	$3.08 \pm 0.32$	$2.69 \pm 0.35$
灰分	$3.59 \pm 0.24$	$3.84 \pm 0.26$

由表 4 可知, 软硬颗粒与硬颗粒饲料对大菱鲂的鱼体水分、粗蛋白质、粗脂肪和灰分均没有显著影响 ( $P>0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 不同料型对大菱鲂幼鱼生长性能的影响

不同加工工艺对饲料的物理性状和饲料利用效果会有不同的影响, 也会对水产动物的生长性能产生影响<sup>[5]</sup>。本试验中, 软颗粒饲料组与硬颗粒饲料组大菱鲂的摄食率并没有显著影响, 但是软颗粒饲料组大菱鲂幼鱼的相对增重率和特定生长率要显著高于硬颗粒饲料组, 饲料利用性能也要显著好于硬颗粒饲料。这与在牙鲆<sup>[8]</sup>、点带石斑鱼<sup>[9]</sup>、斜带石斑鱼<sup>[10]</sup>、罗非鱼<sup>[11]</sup>上的研究结果相似。软颗粒料型具有含水量高及湿软的特性,

适口性较好,有利于摄食及消化吸收利用;同时,软颗粒在加工过程中维生素等热敏营养物质的损失较少,是更利于肉食性鱼类饲料的料型<sup>[4]</sup>。但在水产动物研究中也有利用硬颗粒料好于软颗粒料的研究报道。赵盼月等<sup>[2]</sup>发现,珍珠龙胆石斑鱼对营养相同的软、硬颗粒饲料的摄食率没有显著差异;而在生长性能与饲料利用性能上,硬颗粒饲料要好于软颗粒饲料。这说明在利用不同料型上存在着品种差异,不同鱼类所适用的饲料类型不同。

### 3.2 不同料型对大菱鲆幼鱼形体指标及全鱼体成分的影响

鱼体的营养组成及形体指标反映了鱼类的营养状况。关于软颗粒饲料和硬颗粒饲料对鱼体成分和体型指标的研究相对较少,陈度煌等<sup>[10]</sup>研究得出,软颗粒饲料、膨化饲料与小杂鱼对斜带石斑鱼肌肉中的水分、粗脂肪、粗蛋白、粗灰分、内脏比并无显著影响。而从本试验中鱼体组成及体型上来看,软颗粒饲料组的肝体指数显著高于硬颗粒,而在体组成指标上尽管脂肪含量在两组之间没有显著差别,但软颗粒组的体脂肪比硬颗粒组高 14.45%,这也进一步说明,本试验中软颗粒组的大菱鲆营养状况要好于硬颗粒组。

大菱鲆为典型的肉食性鱼类,其内脏比较低且肠道相对较短。消化与吸收是保证鱼类健康生长发育的重要过程,是鱼类摄取营养后维持其正常新陈代谢和生理功能的关键因素<sup>[4]</sup>。从本试验的饵料系数来看,软颗粒组的饵料系数与硬颗粒相比降低了 31.03%。由此可以推测,对于大菱鲆来说,湿软的软颗粒料型更有利用于营养成分在肠道内的消化吸收,进而提供给机体更多的营养物质,促进了大菱鲆的生长。

## 4 结论

综上所述,在配合饲料营养成分相同时,软颗粒饲料是比硬颗粒饲料更适合大菱鲆幼鱼的料型。

参考文献:略