

膨化饲料动植物蛋白比对中华鳖稚鳖生长特性的影响

贾艳菊^{1, 2} 杨振才¹

(1. 河北师范大学生命科学学院, 石家庄 050016; 2 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要:本实验设计了营养相近、不同动植物蛋白比的四种膨化饲料(饲料1, 1.5:1; 饲料2, 3:1; 饲料3, 5:1; 饲料4, 7:1), 研究了动植物蛋白比对中华鳖稚鳖摄食、生长、饲料利用能力和营养组成的影响。饲料1组稚鳖的摄食率显著高于饲料2—4组。饲料1—4组稚鳖的特定生长率没有显著影响。饲料1组稚鳖的干物质和脂类消化率、饲料转化效率、蛋白贮积率和能量贮积率显著低于饲料2—4组。饲料1组稚鳖体脂肪含量显著低于饲料4组。稚鳖的上述指标在饲料2—4组间均无显著差异。结果表明, 鳖膨化饲料动植物蛋白比对中华鳖稚鳖生长特性有明显的影响, 适宜的动植物蛋白比为3:1。

关键词: 中华鳖; 膨化饲料; 动植物蛋白比; 生长特性

中图分类号: S966.5 文献标识码: A 文章编号: 1009-3207(2007)04-0579-06

鳖用饲料价格昂贵, 一直是限制中华鳖养殖业发展的重要因素。饲料中动物蛋白(主要是白鱼粉)用量较大, 是造成价格居高不下的原因。在其他水生动物养殖中也同样遇到了类似的问题。水产饲料研究者不断地在寻找和开发较为经济的蛋白原料, 以部分或者全部取代鱼粉^[1]; 其中, 植物蛋白源引起了人们极大的兴趣。中华鳖属于肉食性动物, 对植物蛋白的利用能力较差, 研究报道鳖用粉状饲料中动植物蛋白的适宜比例为6:1^[2]。加工工艺可以改变饲料的某些物理和化学特性^[3], 包括在水中的稳定性、硬度和营养物质的可利用性^[4]。其中膨化工艺特别引人注目, 研究发现饲料膨化处理后, 能量效价得到了提高、蛋白质的消化率得到了改善^[5]。目前, 中华鳖养殖中绝大多数采用的是粉状饲料, 对于鳖用膨化饲料的研究较少。只有马健报道了中华鳖膨化饲料的加工工艺和使用方法^[6], 陈公立等和曹培彦等进行了粉状饲料和膨化饲料的比较研究^[7, 8]。本实验研究了膨化饲料中动植物蛋白比对稚鳖摄食、生长和饲料利用能力的影响, 旨在研究鳖用膨化饲料中动植物蛋白的适宜比例, 为鳖用膨化饲料的开发提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 实验饲料 本实验使用相同种类的饲料原料, 主要通过调整动物蛋白原料和植物蛋白原料的比例, 配成4种不同动植物蛋白比的膨化饲料(饲料1—4), 主要营养成分相似, 动植物蛋白比分别为1.5、3、5、7(见表1)。为测定饲料消化率, 饲料中添加了0.2%的Cr₂O₃。膨化饲料由上海渔机厂生产的膨化颗粒饲料机加工而成, 投喂时直接撒于水面。

1.2 实验动物 实验使用的是2000年9月末孵化出的稚鳖, 体重在8g左右, 购买于石家庄鱼龙王生物技术有限公司的养殖场。运到实验养殖室, 随机分成4个饲料组, 分别驯养在35个水族箱中(60cm×38cm×30cm), 饲料1组设8个重复, 其他3组设置9个重复。驯化期共进行了14d, 期间的管理和投喂的饲料与正式实验期相同。

1.3 实验方法 生长实验共进行了35d(2000年1月16日—2月28日)。每个鱼缸稚鳖数调整为13只; 水温控制在28.5±1℃; 由100W的白炽灯提供光照, 光周期为16L:8D; 每天在6:30和16:30用增氧机给水体充氧0.5h; pH值维持在7—8。稚鳖一天喂3次, 投饵后3h用抄网收集残饵。将收集的残

收稿日期: 2005-10-21; 修订日期: 2006-11-19

基金项目: 国家科技成果重点推广计划(2001EC000054); 河北省科技成果重点推广计划(01780413D)资助

作者简介: 贾艳菊(1977—), 女, 河北省石家庄市人; 在读博士生; E-mail: jiajyanju@163.com

通讯作者: 杨振才, E-mail: zcyang@mail.hebtu.edu.cn

饵料移到干净的培养皿(干重量已知)中,在鼓风干燥箱中 65℃ 下烘干,称重记录。为了校正残饵重量,将定量的饲料置于没有鳖的养殖水体中,再按照同样的方法回收处理残饵,从而得到了各饲料在水中的溶失率,以校正残饵量。每天 20:00 到 23:00 用抄网收集新鲜的粪便,在鼓风干燥箱中 65℃ 下烘干,低温保存,以备生化分析之用。生长实验开始

前和结束后稚鳖均禁食 24h,称重,用以计算稚鳖的生长量。实验前后在各水族箱中分别随机抽取鳖样品 5 只,称湿重、处死;然后置于干净的已知重量的培养皿中,用笼屉蒸 5min,于 65℃ 下烘干,得到其干重;最后,用高速粉碎机将鳖体粉碎,各水族箱内的 5 只鳖体粉混合,低温保存,以备生化分析之用。

表 1 实验饲料配方及成分含量(%干重)
Tab. 1 Formulation and proximate composition of experimental diets(% dry weight)

	饲料编号 Diet No.			
	Diet1	Diet2	Diet 3	Diet 4
原料(蛋白含量 %干重) ¹				
Ingredients (protein content % dry weight)				
鱼粉 Fish meal(68.12%)	30.00	40.00	50.00	55.00
牛肝粉 Liver meal of cattle(55.89%)	10.00	10.00	6.00	5.00
乌贼肝粉 Squid liver meal(54.95%)	1.00	1.00	1.00	1.00
膨化大豆 Full-fatty extruded soybean meal(38.06%)	5.00	4.00	4.00	2.00
豆粕 Solvent-extracted soybean meal(45.01%)	23.00	10.00	3.00	2.50
小麦粉 Wheat meal(10.79%)	15.00	20.0	22.40	24.00
酵母粉 Yeast meal(44.86%)	8.60	7.00	5.40	2.50
赖氨酸 Lysine	0.50	0.50	0.34	0.23
蛋氨酸 Methionine	0.30	0.30	0.18	0.08
沸石粉 Zeolite powder	0.50	0.50	0.50	0.50
维生素预混剂 Vitamin premix ²	3.78	3.78	3.78	3.78
无机盐预混剂 Mineral premix ³	2.32	2.92	3.40	3.41
营养成分 Proximate composition				
粗蛋白 Crude protein	47.67	47.47	47.75	47.19
粗脂肪 Crude lipid	4.71	4.18	4.53	4.57
碳水化合物 Carbohydrate ⁴	34.47	33.61	32.19	32.94
粗灰分 Crude ash	13.15	14.74	15.53	15.30
能量 Gross energy (kJ/g)	18.18	18.11	17.92	18.33
动植物蛋白比 Animal-plant protein ratio	1.50	2.95	4.92	7.29

1 括号内的为原料的蛋白含量, Protein contents of feed ingredients were presented in bracket
2 维生素预混剂 Vitamin premix (IU or mg/kg of diet): A, 5000 IU/kg; D, 5000 IU/kg; E, 700 mg/kg; K, 50 mg/kg; B₁, 70 mg/kg; B₂, 200 mg/kg; B₁₂, 50 mg/kg; 泛酸钙 Ca pantothenate, 320mg/kg; 烟酸 nicotinic acid, 400mg/kg; 叶酸 folic acid, 20mg/kg; 肌醇 inositol, 800 mg/kg; C, 3000 mg/kg; 生物素 biotin 20 mg/kg; 氯化胆碱 choline chloride, 4000mg
3 无机盐预混剂 Mineral premix (mg/kg of diet): CaHPO₄•2H₂O, 25 000 mg/kg; MgSO₄, 5000 mg/kg; KCl, 5000 mg/kg; NaCl, 2000 mg/kg; CuSO₄•5H₂O, 50 mg/kg; ZnSO₄•7H₂O, 280 mg/kg; FeSO₄•7H₂O, 300 mg/kg; MnSO₄•5H₂O, 1.00 mg/kg; KI, 0.50 mg/kg; NaSeO₃•5H₂O, 0.40 mg/kg; CoCl, 0.10mg/kg

生长实验结束后对饲料和鳖体样品进行生化分析。水分、蛋白、脂肪、碳水化合物和灰分的含量按照国标法(GB6432—GB6438)进行分析^[9],能量用 GR—3500 型氧弹式热量计测得。

1.4 数据处理方法 稚鳖的摄食率(Feeding rate, FR, %)、特定生长率(Specific growth rate, SGR, %)、饲料转化效率(Feed conversion efficiency, FCE, %)、蛋白贮积率(Protein retention efficiency, PRE, %)和能

量贮积率(Energy retention efficiency, *ERE*, %)的计算方法如下:

$$FR=100\times\frac{FI\times2}{t\times(W_t+W_0)}$$

$$SGR=100\times\frac{\ln W_t-\ln W_0}{t}$$

$$FCE=100\times\frac{W_t-W_0}{FI}$$

$$PRE=100\times\frac{W_t\times P_{n1}-W_0\times P_{n0}}{FI\times P_n}$$

$$ERE=100\times\frac{W_t\times Pe_1-W_0\times Pe_0}{FI\times Pe}$$

FI, 平均每只鳖摄食的干物质总量(g); *t*, 生长实验的时间(d); *W_t*, 终末体重(湿重, g); *W₀*, 初始体重(湿重, g); *P_{n1}*, 实验末鳖体的蛋白含量(% 湿重); *P_{n0}*, 实验初鳖体的蛋白含量(% 湿重); *P_n*, 饲料的蛋白含量(% 干物质); *Pe₁*, 实验末鳖体的能量含量(kJ/g 湿重); *Pe₀*, 实验初鳖体的能量含量(kJ/g 湿重); *Pe*, 饲料的能量含量(kJ/g 干物质)。

营养物质的消化率(*ADC*, %) 的计算方法为:

$$ADC=\left[1-\frac{\text{饲料Cr}_2\text{O}_3\text{的含量}}{\text{粪便中Cr}_2\text{O}_3\text{的含量}}\right]\times\frac{\text{粪便中营养成分的含量}}{\text{饲料中营养成分的含量}}\times100$$

采用 Statistica 6.0 软件包对数据进行单因素方差分析和邓肯检验。

2 结 果

2.1 摄食和生长

表 2 是不同饲料组稚鳖的摄食率和特定生长率。动植物蛋白比显著影响稚鳖的摄食率 ($F_{(3, 31)}=5.845, p=0.028$), 随着饲料中动植物蛋白比的增加, 稚鳖的摄食率逐渐降低, 饲料 1 组显著高于饲料 2—4 组 ($p<0.05$), 饲料 2—4 组之间没有显著差异 ($p>0.05$)。动植物蛋白比对稚鳖的特定生长率没有显著影响 ($F_{(3, 31)}=2.474, p=0.081$)。

表 2 不同饲料组中华鳖稚鳖的摄食和生长(均值±标准差)¹

Tab. 2 Feeding and growth performance of juvenile soft-shelled turtle fed experimental diets (Mean±S.D.)¹

饲料编号 Diet No.	饲料 1 Diet 1	饲料 2 Diet 2	饲料 3 Diet 3	饲料 4 Diet 4
<i>IBM</i> (g)	8.32±1.11	8.32±1.11	7.83±0.64	8.33±1.02
<i>FR</i> (%)	1.46±0.10 ^b	1.33±0.12 ^a	1.30±0.11 ^a	1.29±0.06 ^a
<i>SGR</i> (%)	1.08±0.15 ^a	1.23±0.11 ^a	1.23±0.11 ^a	1.28±0.13 ^a

1. 每行平均数值上标字母不同表示差异显著
1. Values in each row not sharing a common superscript are significantly different ($p<0.05$)
IBM (g): 初始体重 Initial body weight; *FR* (%): 摄食率 Feeding rate; *SGR* (%): 特定生长率 Specific growth rate

2.2 饲料利用

表 3 是不同饲料组稚鳖对营养物质利用状态的参数。动植物蛋白比显著影响稚鳖对饲料营养物质的消化率。稚鳖的干物质 ($F_{(3, 31)}=15.79, p=0.000$) 和脂肪消化率 ($F_{(3, 31)}=3.747, p=0.033$) 随动植物蛋白比的增加而增加, 饲料 1 组显著低于饲料 2—4 组 ($p<0.05$), 饲料 2—4 组之间没有显著差异 ($p>0.05$)。各饲料组之间蛋白消化率没有显

著差异 ($F_{(3, 31)}=3.231, p=0.052$)。能量消化率随着蛋白比的增加而增加, 各组之间均存在显著差异 ($F_{(3, 31)}=52.02, p=0.000$)。动植物蛋白比显著影响稚鳖的饲料转化效率 ($F_{(3, 31)}=3.841, p=0.019$)、蛋白贮积率 ($F_{(3, 31)}=16.07, p=0.000$) 和能量贮积率 ($F_{(3, 31)}=8.298, p=0.001$), 饲料 1 组显著低于饲料 2—4 组 ($p<0.05$), 饲料 2—4 组之间没有显著差异 ($p>0.05$)。

表 3 稚鳖对不同膨化饲料营养物质利用状态的参数(均值±标准差)¹
Tab. 3 The performance in nutrient utilization of juvenile turtle fed with different extruded and expanded diets (Mean±S. D.)¹

饲料编号 Diet No.	饲料 1 Diet 1	饲料 2 Diet 2	饲料 3 Diet 3	饲料 4 Diet 4
<i>ADC_d</i> (%)	80.65±0.92 ^a	82.57±1.67 ^b	83.16±1.43 ^b	83.55±2.37 ^b
<i>ADC_p</i> (%)	92.31±0.32 ^a	92.84±0.66 ^a	93.38±0.53 ^a	93.33±1.12 ^a
<i>ADC_f</i> (%)	92.58±0.89 ^a	94.05±0.34 ^b	94.56±0.88 ^b	95.02±0.90 ^b
<i>ADC_e</i> (%)	86.59±0.30 ^a	88.55±0.74 ^b	90.11±0.59 ^c	91.81±0.45 ^d
<i>FC</i> (%)	73.56±3.08 ^a	89.92±2.74 ^b	91.89±2.77 ^b	95.01±3.59 ^b
<i>PRE</i> (%)	21.73±3.17 ^a	28.28±2.93 ^b	28.31±2.43 ^b	30.41±5.10 ^b
<i>ERE</i> (%)	11.45±1.85 ^a	17.43±2.44 ^b	15.94±2.97 ^b	17.02±3.71 ^b

1. 每行平均数值上标字母不同表示差异显著
1. Values in each row not sharing a common superscript are significantly different ($p < 0.05$)
ADC_d(%): 干物质的表观消化率, Apparent digestibility coefficient of dry mass; *ADC_p*(%): 蛋白的表观消化率, Apparent digestibility coefficient of protein; *ADC_f*(%): 脂肪的表观消化率, Apparent digestibility coefficient of lipid; *ADC_e*(%): 能量的表观消化率, Apparent digestibility coefficient of energy; *FCE*(%): 饲料转化效率, Feed conversion efficiency; *PRE*(%): 蛋白贮积率, Protein retention efficiency; *ERE*(%): 能量贮积率, Energy retention efficiency

2.3 营养组成

动植物蛋白比显著影响稚鳖体脂含量($F_{(3, 16)} = 5.845, p = 0.028$), 实验末饲料 1 组稚鳖体脂含量显著低于饲料 4 组($p < 0.05$), 饲料 1—3 之间和饲料 2—4 之间没有显著差异($p > 0.05$)。各组稚鳖体水分($F_{(3, 16)} = 0.268, p = 0.848$)、蛋白($F_{(3, 16)} = 0.556, p = 0.652$)、灰分($F_{(3, 16)} = 1.168, p = 0.353$)和能量含量($F_{(3, 16)} = 1.20, p = 0.353$)差异未达显著水平。

表 4 不同饲料组稚鳖体的营养组成(均值±标准差)¹
Tab. 4 Body composition of juvenile soft-shelled turtle fed different diets (mean±S. D.)¹

饲料编号 Diet No.	饲料 1 Diet 1	饲料 2 Diet 2	饲料 3 Diet 3	饲料 4 Diet 4
水分 Moisture (%)	78.33±1.74 ^a	77.87±0.59 ^a	78.14±0.82 ^a	77.87±0.80 ^a
粗蛋白 Crude protein (%)	14.26±1.03 ^a	14.39±0.12 ^a	14.39±0.29 ^a	14.70±0.46 ^a
粗脂肪 Crude lipid (%)	0.99±0.22 ^a	1.29±0.26 ^{ab}	1.21±0.05 ^{ab}	1.46±0.10 ^b
粗灰分 Crude ash (%)	5.30±0.62 ^a	5.33±0.45 ^a	5.20±0.43 ^a	5.01±0.66 ^a
能量 Energy (kJ/g)	3.65±0.24 ^a	3.89±0.17 ^a	3.76±0.10 ^a	3.87±0.14 ^a

11 每行平均值上标字母不同表示差异显著
11 Values in each row not sharing a common superscript are significantly different ($p < 0.05$)

3 讨 论

目前, 鳖用饲料中主要的蛋白源是进口白鱼粉; 然而, 白鱼粉资源匮乏、价格昂贵, 一直限制着中华鳖养殖业饲料成本的降低。用廉价的蛋白原料部分或者全部替代鱼粉, 是解决该问题的一个途径^[1]。本实验希望通过膨化工艺提高稚鳖对植物蛋白的利用率, 从而降低了鳖用饲料中鱼粉的用量。
一些研究认为植物蛋白原料可以影响饲料的适口性, 导致鱼类摄食量的降低, 而摄食量的降低又造成了生长速度的减慢^[10, 11]。本实验结果与这些研究结果不同, 饲料 1 组稚鳖动植物蛋白比最低, 但摄

食量显著高于其他三组。这说明本实验中植物蛋白的含量并不影响膨化饲料的适口性。饲料 1 组营养物质的消化率较低, 那么可利用的营养物质就少, 稚鳖可能是采取提高摄食量的方式来获得足够的营养物质。
很多鱼类的生长速度和饲料中大豆蛋白替代鱼粉的水平之间呈负相关关系^[12, 13]。这主要是因为大豆中蛋氨酸等含量较低, 且含有一些抗营养因子。人们通常采用添加氨基酸^[14, 15]和适当的加工工艺^[3]来消除或降低这些负面影响。本实验中动植物蛋白比对稚鳖的生长没有显著影响, 这可能主要是因为: (1) 饲料中添加了蛋氨酸和赖氨酸, 使四种饲

料的必需氨基酸组成比例相似; (2) 采用了膨化工艺, 膨化工艺中的高温高压处理可以使植物蛋白中的许多抗营养因子失活, 从而提高了蛋白和淀粉的利用力^[16, 17]。

动植物蛋白比影响稚鳖对饲料营养物质的利用能力。首先, 植物蛋白含量过高, 稚鳖对饲料的消化率显著降低。这可能是因为中华鳖是肉食性动物, 膨化处理只能在一定程度上提高其对植物蛋白的利用能力, 但是不能完全改变其生理特性。其次, 植物蛋白含量过高, 饲料转化效率、蛋白贮积率和能量贮积率显著降低。蛋白贮积率取决于稚鳖对饲料蛋白的消化吸收能力和利用能力。本实验中稚鳖对蛋白质的消化率在各组之间没有显著差异, 但是蛋白贮积率随动植物蛋白比的增加而增加, 饲料 1 组的蛋白贮积率显著低于饲料 2) 4 组。可见, 动植物蛋白比对蛋白贮积率的影响, 主要是通过影响稚鳖对蛋白质的利用率。大豆中蛋氨酸的含量较低, 饲料中大豆含量过高就会造成氨基酸组成比例不平衡。虽然本实验中添加了氨基酸, 使 4 种饲料的必需氨基酸组成基本相同, 但是当植物蛋白含量过高时, 这种影响仍然会表现出来。鱼类消化吸收添加氨基酸的速度高于饲料原料本身中的氨基酸^[18], 而且摄食后对鱼粉氨基酸的吸收速度高于对大豆粉氨基酸的吸收^[19]。这种吸收上的不同步可能是本实验中饲料 1 组的蛋白贮积率显著低于其他组的原因。总之, 植物蛋白含量过高会降低稚鳖对饲料营养物质的利用能力。

很多文献报道鱼类体脂含量随饲料大豆含量的增加而降低^[11, 20]。Olli 和 Krogdahl 发现在大豆的己醇溶解物中含有一些抗营养因子, 它们影响鱼类对脂肪的消化能力^[21]。Refstie 等发现大豆中的非淀粉多聚糖对大西洋鲑脂肪的消化和吸收起负作用^[22]。当饲料中植物蛋白含量过高时, 稚鳖体脂肪含量也显著降低, 这可能是因为植物蛋白原料中存在的抗营养因子抑制了稚鳖对脂类消化和吸收。

任泽林等研究认为鳖用粉状饲料中适宜的动植物蛋白比为 6B1^[2]。我们认为鳖用膨化饲料中适宜的动植物蛋白比为 3B1, 理由是当动植物蛋白比大于 3 时, 稚鳖的摄食率、生长速度、饲料利用能力和营养组成均无显著差异。两实验结果的不同说明, 膨化处理提高了稚鳖对植物蛋白的利用能力, 可以大大降低鳖用饲料中鱼粉的使用量。

综上所述, 植物蛋白含量过高将会提高稚鳖的摄食率, 降低稚鳖的饲料利用能力; 膨化饲料中适宜

的动植物蛋白比为 3B1。

参考文献:

- [1] Boonyaratplain M, Suraneiranat P, Tunpibal T1 Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer* [J] *Aquaculture*, 1998, **161**: 67) 78
- [2] Ren Z L, Zeng H, Guo Q, *et al* Study on feed of Chinese soft-shelled turtle [J] *Feed Industry*, 1997, **18**(5): 21) 24 [任泽林, 曾虹, 郭庆, 等. 甲鱼配合饲料研究. 饲料工业, 1997, **18**(5): 21) 24]
- [3] Hilton J W, Cho C Y, Slinger S J1 Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, pellet water absorption, and physiological response of rainbow trout (*Salmo gairdner* R1) [J] *Aquaculture*, 1981, **25**: 185) 194
- [4] Tan R K H1 Pelleting of shrimp feeds [A] In: Akiyama D M, Tan R K H (Eds1), *Procl Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia* [M] *American Soybean Association*, 1991, 138) 148
- [5] Du Z L, Han Y W1 Effects of expansion on biological traits of feed [J] *Feed World*, 1998, **10**(4): 12) 14 [杜宗亮, 韩友文. 膨化加工对饲料生物学特性的影响. 饲料博览, 1998, **10**(4): 12) 14]
- [6] Ma J, Wang Y1 Study of turtle feed and feeding technology [J] *Feed Industry*, 1997, **18**(11): 31) 33 [马健, 王毅. 鳖膨化饲料的研制及饲喂技术. 饲料工业, 1997, **18**(11): 31) 33]
- [7] Chen G L, L Y P1 The extruded and expanded feed of Chinese soft-shelled turtle [J] *Scientific Fish Farming*, 2000, **6**: 40) 41 [陈公立, 吕耀平. 漫谈甲鱼膨化饲料及伴侣. 科学养鱼, 2000, **6**: 40) 41]
- [8] Cao P Y, Hao Y J, Yang Z C1 Study of the aquaculture of Chinese soft-shelled turtle with expanded feed [J] *Reservoir Fisheries*, 2002, **22**(2): 10) 11 [曹培彦, 郝玉江, 杨振才. 膨化饲料养殖中华鳖试验研究. 淡水渔业, 2002, **22**(2): 10) 11]
- [9] Xia Y Y, Zhu D1 Analysis of feed quality [M] *Beijing: Chemical Industry Press* 1994, 18) 70, 98) 99 [夏玉宇, 朱丹. 饲料质量分析检验. 北京: 化学工业出版社. 1994, 18) 70, 98) 99]
- [10] Davis D A, Jinsa D, Arnold C R1 Evaluation of soybean protein as replacement for menhaden fish meal in practical diets for the red drum, *Sciaenops ocellatus* [J] *Journal of the World Aquaculture Society*, 1995, **26**: 48) 58
- [11] Stickney R R, Hardy R W, Koch K1 *et al* The effects of substituting selected oilseed protein concentrates for fish meal in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* diets [J] *Journal of the World Aquaculture Society*, 1996, **27**: 57) 63
- [12] Pongmaneerat J, Watanabe T1 Utilization of soybean meal as protein source in diets for rainbow trout [J] *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1992, **58**: 1983) 1990
- [13] Reigh R C, Ellis S C1 Effects of dietary soybean and fish protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets [J] *Aquaculture*, 1992, **104**: 279) 292
- [14] McGoogan B B, Gatih D M1 Effects of replacing fish meal with soybean meal in diets for red drum *Sciaenops ocellatus* and potential for

- palatability enhancement [J] *Journal of the World Aquaculture Society*, 1997, **28**: 374) 358
- [15] Webster C D, Goodgame L S, Tidwell J H I Total replacement of soybean meal with various percentages of supplemental L-methionine in diets of blue catfish, *Ictalurus furcatus* (Lesueur) [J] *Aquaculture Research*, 1995, **2**: 299) 306
- [16] Pongmaneevat J, Watanabe T I Effect of extrusion processing on the utilization of soybean meal diets for rainbow trout [J] *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1993, **59**: 1407) 1414
- [17] Rumsey G L, Hughes S G, Winfree R A I Chemical and nutritional evaluation of soya protein preparations as primary nitrogen sources for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J] *Anim Feed Sci Technol*, 1993, **40**: 135) 151
- [18] Li A J I Nutrition and feed of aquatic animal [M] Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1996, 143 李爱杰. 水产动物营养与饲料. 北京: 中国农业出版社. 1996, 143]
- [19] Yamamoto T, Unuma T, Akiyama T I Postprandial changes in plasma free amino acid concentration of rainbow trout fed diets containing different protein sources [J] *Fish Sci*, 1998, **64**: 474) 481
- [20] Olli J J, Hjeltnelund K, Kredahl A I Soybean trypsin inhibitors in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*, L): Effects on nutrient digestibilities and trypsin in pyloric caeca homogenate and intestinal content [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1994, **109A**: 923) 928
- [21] Olli J J, Kredahl A I Alcohol soluble components of soybeans seem to reduce fat digestibility in fishmeal-based diets for Atlantic salmon, *Salmo salar* L [J] *Aquaculture Research*, 1995, **26**: 831) 835
- [22] Refstie S, Svihus B, Shearer K D, Storebakken T I Nutrient digestibility in Atlantic salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharide content in different soyabean products [J]. *Anim. Feed Sci. Technol*, 1999, **79**: 331) 345

EFFECTS OF ANIMAL-PLANT PROTEIN RATIO IN EXTRUDED AND EXPANDED FEED ON THE GROWTH PERFORMANCE OF JUVENILE CHINESE SOFT-SHELLED TURTLE (PELODISCUS SINENSIS WIEGMANN)

JIA Yan-Ju^{1, 2} and YANG Zhen-Cai¹

(1) College of Life Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016

2) Institute of Hydrobiology, the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract: Effects of animal-plant protein ratio in extruded and expanded feed on feeding, growth rate, feed utilization and body composition of juvenile Chinese soft-shelled turtle (*Pelodiscus sinensis*) were studied in this experiment. Four extruded and expanded feeds (diets 1-4) were formulated with different animal-plant protein ratios (diet 1, 1150B1; diet 2, 2195B1; diet 3, 4192B1 and diet 4, 7129B1). Feeding rate of juvenile turtle fed diet 1 was significantly higher than those of the groups fed diet 2-4. There was no significant difference in specific growth rate among the groups fed diet 1-4. The apparent digestibility coefficients for dry mass and lipid of juvenile turtle fed diet 1 were both significantly lower than those of the groups fed diet 2-4. Feed conversion efficiency, protein retention efficiency and energy retention efficiency of juvenile turtle fed diet 1 were also significantly lower than those of the group fed diet 2-4. Body lipid content of juvenile turtle fed diet 1 was significantly lower than that of the group fed diet 4. There were no significant differences in the parameters described above among the groups of diet 2-4. Those results indicate that the growth performance of juvenile turtle is affected by the animal-plant protein ratio in extruded and expanded feed, and the optimum animal-plant protein ratio in extruded and expanded diets is around 3B1.

Key words: *Pelodiscus sinensis*; Extruded and expanded feed; Animal-plant protein ratio; Growth performance