

草鱼、团头鲂对伊乐藻的消化与利用

魏 云 陈源高 刘正文 徐 卫

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要 本文分析了伊乐藻的生化成分和能值,测定了草鱼、团头鲂对伊乐藻生化成分的消化率,草鱼对伊乐藻的最大摄食量、蛋白质利用率和饲料系数。结果表明,伊乐藻含水率为89.8%,干物质中粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维素和无氮浸出物含量分别为23.52%、2.88%、26.71%和29.27%,含有17种常见氨基酸,总量为198.04mg/g(干重)。在平均水温20.4℃的室外条件下,草鱼、团头鲂对伊乐藻的干物质消化率分别为56.02%、54.97%,对粗蛋白质消化率分别为79.05%、74.96%,对氨基酸总量的消化率均为77.60%,对粗脂肪消化率分别为73.96%、64.63%,对碳水化合物消化率分别为58.46%、51.36%。在伊乐藻饲养试验中,草鱼每天最大摄食量(Y)与试验鱼体重(X)相关显著,相关系数为0.9154,关系式为 $Y=3.9449X^{0.8357}$ 。在网箱中饲养草鱼,伊乐藻的粗蛋白质利用率为17.1%,饲料系数为48.2。在小型围栏中饲养草鱼,伊乐藻的粗蛋白质利用率为13.1%,饲料系数为63.4。

关键词 草鱼 团头鲂 伊乐藻 消化利用

伊乐藻[*Elodea Nuttallii*(Planch) St. John]现已在东太湖归化,分布区达1300多公顷,已形成相当大的资源量。

有关水生高等植物的营养价值以及草食性鱼类对其消化与利用研究,国内已有不少报道^[1,2]。由于伊乐藻引入国内的时间还不长,有关它的营养价值研究不多。杨清心曾作过伊乐藻利用价值的初步研究^[3]。Cai & Curtis测定过草鱼幼鱼喂食细密伊乐藻(*Elodea densa*),在26℃时消化率达50%,草鱼对伊乐藻的摄食量和生长率均随水温的增加而增加,但水温对其消化率的影响并不显著^[4]。为了更好地开发利用伊乐藻这一新的植物资源,这里测定了它的营养成分、消化率、草鱼的最大摄食量、生长率以及粗蛋白质利用率和饲料系数等。

1 材料与方 法

1.1 试验材料的来源

草鱼、团头鲂取自中国科学院南京地理与湖泊研究所东太湖围栏养鱼区。伊乐藻和微齿眼子菜采自东太湖。

1.2 生化成分的测定^①

1.1.1 试验材料的处理 挑选体质、外形正常的鱼,按体重分组,停食暂养两天,待肠内物排空后测量体长和体重。全鱼置于70—80℃烘箱中烘干,粉碎,再置于100—105℃烘箱中烘

① 因伊乐藻引入国内时间不长,为便于与我国其他水草研究结果相比较,在测定伊乐藻的生化成分同时,平行测定了微齿眼子菜的生化成分。

干、恒重,放置干燥器中备用。

伊乐藻用新鲜植物体,洗净,除去附着物,装入用塑料窗纱缝制的口袋,经洗衣机甩干筒甩干 3min 后称重。然后放入 100—105℃ 烘箱中烘干、恒重,两次重量之差为含水量。粉碎后的恒重样品放入干燥器中备用。

1.2.2 测定的方法 水分用烘干法(100—105℃)。粗蛋白质用凯氏定氮法,氮含量乘以 6.25,即为粗蛋白质含量。粗脂肪含量用氯仿—甲醇抽提取法测定^[5]。灰分用灼烧法(550℃)灼烧 30min,然后称重。碳水化合物含量为总量减去水分、灰分、粗蛋白质、粗脂肪的量。伊乐藻及收集的草鱼和团头鲂粪便中氨基酸含量用日立 835/50 氨基酸分析仪测定。

1.3 消化率的测定

1.3.1 试验条件 将选择好的鱼放在以东太湖水为水源的水泥池中驯养,喂足伊乐藻。每日模拟收集鱼粪,清池底等操作,驯养一个月(4月18日—5月18日)后开始试验。

在室外安静环境建内径长×宽×深=1m×1m×1m 的水泥池多个。底部铺白色瓷砖,备有排水孔一个,离顶部 10cm 处有进水孔和溢水孔。离池 1m 上方有遮阳篷,亦可避雨。池顶和遮阳之间四面通风,水温受气温调节。试验期间的水温在 18.6—21.6℃,池中水流速度 1L/s,溶氧保持在 5mg/L 以上,pH8—8.5。

1.3.2 测定方法 采用 Buddington 法测定^[6],即利用饲料中不易被鱼类消化的成分——纤维素作指示物质,测定饲料消化率。

将选择好的草鱼分两组,每组 6 尾。团头鲂分 3 组,每组 5 尾。每组放在一个水泥池中,停食,使肠道内含物排空后试验。

试验时每天投喂的饲料可供鱼食 24h 有剩余为准。投喂的伊乐藻用线绳扎成束固定在试验池中层,这样可不因水草浮于水面而影响水中复氧和新鲜鱼粪的采集,同时也较接近在湖内生长的自然状态。

刚排出的鱼粪条形,并浮于水面上,尽量收集新鲜鱼粪。将收集的鱼粪置于 100—105℃ 烘箱内烘干、恒重,测定生化成分及饲料和鱼粪中粗纤维素含量。

饲料消化率计算公式:

$$\text{饲料干物质消化率} = 100 - \frac{\text{饲料干物质粗纤维素含量}}{\text{鱼粪干物质粗纤维素含量}} \times 100\%$$

$$\text{饲料营养成分消化率} = \frac{\text{摄取饲料某营养成分重} - \text{粪中某营养成分重}}{\text{摄取饲料某营养成分重}} \times 100\%$$

1.4 最大摄食量和饲料系数的测定

1.4.1 饲养试验条件 1994 年 4 月 26 日—6 月 30 日,进行了网箱饲养草鱼试验,有网箱 11 个。8 个小网箱,规格为长×宽×高=100cm×50cm×40cm,各投放草鱼 1 尾;3 个大网箱规格为长×宽×高=100cm×100cm×40cm,各投放草鱼 5 尾。以上网箱饲养草鱼试验均在东太湖天然水体中进行。

1993 年 4 月 22 日至 7 月 21 日,在东太湖网栏饲养草鱼,进行草鱼对伊乐藻饲料系数测定的中试。网栏面积 5×10m²,共两个,一个设在水草种植区,一个设在无水草区。各饲养草鱼 30 尾。

网箱和网栏饲养草鱼试验开始后,每天投喂足量伊乐藻,保持试验鱼 24hr 摄食有余,第

二天定时清除剩余伊乐藻后,再投喂新鲜伊乐藻,直到试验结束。网箱饲养试验投喂的和剩余的伊乐藻均用洗衣机甩干筒甩干 3min;网栏饲养试验因投喂的和剩余的伊乐藻用量较大并尽可能接近生产实践,所以称重前未经甩干。试验鱼称重前用脱脂纱布吸去水分。

1.4.2 计算方法

最大摄食量(g/24h,湿重) = 投喂饲料湿重 - 剩余饲料湿重

$$\text{摄食率} = \frac{\text{日最大摄食量(g)}}{\text{试验鱼体重(g)}} \times 100\%$$

$$\text{饲料系数} = \frac{\text{摄食饲料总重(g)}}{\text{试验鱼末重(g)} - \text{试验鱼始重(g)}}$$

2 结果

2.1 伊乐藻及微齿眼子菜的生化成分和能值

在东太湖天然水体中采集伊乐藻和微齿眼子菜,经处理后分析其生化成分和能值(表1)。由表1可以看出,伊乐藻的水分含量较微齿眼子菜高,而伊乐藻干物质含量为10.2%,比微齿眼子菜低近一倍,干物质中粗蛋白质含量是伊乐藻明显高于微齿眼子菜,干物质的能值也是伊乐藻高。

表1 伊乐藻、微齿眼子菜的生化成分及能值

Tab. 1 The chemical composition and calorific value of two aquatic macrophytes

种 类	水分 (%)	干物质 (%)	占 干 物 质 (%)					能 值	
			粗蛋白质	粗脂肪	灰分	粗纤维素	无氮浸出物	kJ/g(湿重)	kJ/g(干重)
伊乐藻	89.8	10.2	23.52	2.88	17.62	26.71	29.27	1.66	16.30
微齿眼子菜	80.5	19.5	14.62	2.93	23.83	21.62	37.00	2.86	14.67

两种水草均含有常见的17种氨基酸(除因酸水解处理色氨酸未作分析)(表2)。其中包括9种必需氨基酸(异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸、精氨酸及组氨酸)和8种非必需氨基酸。17种氨基酸总和,伊乐藻为19.804mg/100mg(干重);微齿眼子菜为12.10mg/100mg(干重),前者明显高于后者。必需氨基酸中含量最高为亮氨酸,伊乐藻为1.721mg/100mg(干重),微齿眼子菜为1.044mg/100mg(干重)。含量最低的氨基酸是蛋氨酸或胱氨酸。

2.2 草鱼、团头鲂的生化成分和能值

4月18日,取自东太湖围栏的草鱼、团头鲂33尾,测定了全鱼的生化成分,计算了能值(表3)。由表3可以看出,体重3.3—1450.0g的草鱼,其基本营养素的变化范围是:水分为65.88—80.72%,粗蛋白质为10.87—19.00%,粗脂肪为1.47—8.63%,灰分为2.21—3.32%,无氮浸出物为0.05—4.25%。能值为3.77—8.55kJ/g(湿重)。体重8.7—635.0g团头鲂的基本营养素的变化范围是:水分为72.32—77.68%、粗蛋白质为11.14—18.59%、粗脂肪为1.18—5.16%、灰分为2.95—4.32%、无氮浸出物为0.46—7.02%,能值为4.30—6.51kJ/g(湿重)。

总之,草鱼、团头鲂的基本营养素含量与鱼体重有一定相关性。随着体重的增加,水分、

表 2 水草及鱼粪的氨基酸含量 单位:mg/100mg
Tab. 2 composition of amino acids of two aquatic macrophytes and fish feces

样 品	伊乐藻	微齿眼子菜	伊 乐 藻				微 齿 眼 子 菜	
			草鱼粪		团头鲂粪		草鱼粪	团头鲂粪
天冬氨酸	3.468	1.450	0.770	0.925	0.497	0.914	0.878	1.006
苏氨酸	0.872	0.570	0.397	0.466	0.495	0.461	0.416	0.494
丝氨酸	0.813	0.584	0.432	0.489	0.518	0.511	0.495	0.568
谷氨酸	2.168	1.463	0.813	0.921	1.062	0.921	0.919	1.092
甘氨酸	1.441	1.002	0.872	0.975	1.084	0.979	0.741	0.786
丙氨酸	1.217	0.829	0.535	0.617	0.684	0.609	0.532	0.613
胱氨酸	0.286	0.194	0.219	0.255	0.261	0.230	0.152	0.161
缬氨酸	1.228	0.832	0.553	0.64	0.744	0.629	0.593	0.684
蛋氨酸	0.309	0.172	0.174	0.194	0.240	0.167	0.111	0.129
异亮氨酸	0.933	0.604	0.431	0.493	0.568	0.477	0.452	0.503
亮氨酸	1.721	1.044	0.838	0.941	1.092	0.930	0.743	0.890
酪氨酸	0.551	0.364	0.358	0.413	0.464	0.387	0.302	0.344
苯丙氨酸	1.183	0.762	0.738	0.800	0.932	0.763	0.582	0.686
赖氨酸	0.882	0.577	0.439	0.468	0.518	0.452	0.415	0.494
组氨酸	0.534	0.438	0.423	0.459	0.512	0.437	0.352	0.377
精氨酸	1.189	0.601	0.552	0.666	0.712	0.635	0.364	0.425
脯氨酸	1.008	0.610	0.474	0.620	0.632	0.612	0.441	0.536
鱼类必需氨基酸(%)	44.7	46.3						
氨基酸总和	19.804	12.096	9.015	10.347	11.491	10.115	8.467	9.789
水温(C)			18.6	20.4	18.6	20.4	21.6	21.6

表 3 草鱼、团头鲂的生化成分及能值
Tab. 3 The chemical composition and calorific value of grass carp and chinese bream

种 类	实 测 样 品				全 鱼 成 分 (%)					全 鱼 能 值	
	尾数	年龄	体长(cm)	体重(g)	水分	粗蛋白质	粗脂肪	灰分	无氮浸出物	kJ/g(湿重)	kJ/g(干重)
草 鱼	1	1+	5.3	3.3	80.72	10.87	1.47	3.32	3.62	3.77	19.56
	3	1+	6.4	5.2	80.39	11.47	2.04	2.78	3.32	4.09	20.84
	1	1+	8.0	9.8	78.59	11.93	2.04	3.19	4.25	4.36	20.34
	1	1+	10.5	22.7	78.74	13.20	2.15	2.59	3.32	4.54	21.36
	1	1+	14.0	50.5	80.20	13.15	2.27	2.79	1.59	4.28	21.61
	1	1+	16.2	80.2	79.39	13.58	2.64	3.42	0.97	4.42	21.45
	1	1+	17.0	86.8	80.64	14.29	2.07	2.83	0.17	4.23	21.82
	2	2+	20.5	194.0	76.93	14.96	4.00	2.73	1.48	5.37	23.18
	1	2+	27.2	415.7	76.93	15.72	5.09	2.21	0.05	5.74	24.87
	1	2+	42.0	1450.0	65.88	19.00	8.63	2.70	3.79	8.55	25.07
团 头 鲂	6	1+	7.9	8.7	77.49	11.14	1.18	3.17	7.02	4.30	19.12
	6	1+	8.3	11.0	77.68	11.44	1.86	.01	6.01	4.47	20.03
	1	1+	9.0	14.0	76.93	13.00	2.15	3.04	4.88	4.76	20.64
	3	1+	11.7	32.2	76.73	12.51	2.04	2.95	6.66	4.91	21.09
	1	1+	12.0	38.0	75.17	13.22	2.32	4.34	1.98	4.38	17.65
	1	1+	14.0	59.7	75.44	15.04	2.08	4.18	3.26	4.94	20.10
	1	1+	16.0	80.5	75.84	16.19	4.17	3.24	2.65	4.95	20.50
	1	2+	21.2	229.7	74.83	16.67	4.74	3.22	0.54	5.91	23.47
	1	2+	28.7	635.0	72.32	18.59	5.16	3.47	0.46	6.51	23.53

灰分及无氮浸出物含量呈下降趋势。粗蛋白质、粗脂肪和能值则呈上升趋势。

2.3 草鱼、团头鲂对伊乐藻、微齿眼子菜的消化率

5月中旬—6月中旬在常温下,测定了草鱼12尾(体长21.6—25.8cm、体重275—370g)和团头鲂15尾(体长21.8—23.3cm、体重255—350g)对两种水草的消化率(表4、表5)。结果表明,草鱼、团头鲂对伊乐藻的消化率随水温上升而有所增强。两种水草的试验结果相比较,两种鱼对伊乐藻的消化率明显高于对微齿眼子菜的消化率,如两种鱼对前者的粗蛋白质消化率在70%以上,而对后者的粗蛋白质消化率只有60%左右。在同一条件下,对伊乐藻的消化率草鱼高于团头鲂,对微齿眼子菜的消化率则是团头鲂高于草鱼。另外,随着鱼体重增加,消化率也逐渐增强,这与陈少莲等研究结果相一致^[2]。

表4 草鱼、团头鲂对两种水草营养成分的消化率(%)

Tab. 4 Digestibility of chemical components of 2 aquatic macrophytes by grass carp & chinese bream

水草	鱼	平均水温(°C)	干物质	粗蛋白质	粗脂肪	灰分	碳水化合物
伊乐藻	草鱼	18.6	50.77	73.89	77.37	71.72	36.45
		20.4	56.02	79.05	73.96	74.06	58.46
	团头鲂	18.6	49.76	71.12	72.98	69.00	43.36
		20.4	54.97	74.96	64.3	74.72	51.36
微齿眼子菜	草鱼	21.6	45.92	56.27	49.86	67.98	50.90
	团头鲂	21.6	49.80	60.60	64.76	57.75	63.82

表5 草鱼、团头鲂对两种水草氨基酸的消化率(%)

Tab. 5 Digestibility of amino acids of two aquatic macrophytes by grass carp and chinese bream

样品	伊乐藻				微齿眼子菜	
	草鱼		团头鲂		草鱼	团头鲂
天冬氨酸	89.1	88.3	92.8	88.1	67.3	65.3
苏氨酸	77.6	76.5	71.4	76.2	60.5	56.5
丝氨酸	73.8	73.5	68.0	71.7	54.2	51.2
谷氨酸	81.5	81.3	75.4	80.9	66.0	62.5
甘氨酸	70.2	70.2	62.2	69.4	60.0	60.6
丙氨酸	78.4	77.7	71.8	77.5	65.3	62.9
脯氨酸	62.3	60.8	54.2	63.8	57.6	58.3
缬氨酸	77.8	76.9	69.6	76.9	61.5	58.7
蛋氨酸	72.3	72.4	61.0	75.7	65.1	62.4
异亮氨酸	77.3	76.8	69.4	77.0	59.5	58.2
亮氨酸	76.0	76.0	68.1	75.7	61.5	57.2
酪氨酸	68.0	67.0	57.7	68.4	55.1	52.5
苯丙氨酸	69.3	70.3	60.4	71.0	58.7	54.8
赖氨酸	75.5	76.7	72.5	76.9	61.1	57.0
组氨酸	61.0	62.2	51.8	63.1	56.5	56.8
精氨酸	77.1	75.4	69.9	76.0	67.2	64.5
脯氨酸	76.9	72.9	68.5	72.7	60.9	55.9
氨基酸总和	77.6	77.0	70.8	77.0	62.1	59.4
水温(°C)	18.6	20.4	18.6	20.4	21.6	21.6

草鱼、团头鲂对伊乐藻中不同氨基酸的消化率差别较大,如对伊乐藻中天冬氨酸的消化率为 92.8%,而对其组氨酸的消化率只有 51.8%。草鱼对伊乐藻氨基酸总量的消化率在 77%上下,而团头鲂稍低些。两种鱼对微齿眼子菜中氨基酸的消化率变化范围不大,基本上在 50%—70%之间,对氨基酸总量的消化率只有 60%左右。

2.4 草鱼对伊乐藻的最大摄食量

从 1994 年 4 月 26 日至 6 月 30 日的喂养试验结果来看,11 个网箱中草鱼对伊乐藻的每日最大摄食量变化比较明显,从试验开始每日最大摄食量只有 20g 左右,到试验结束时高的已达 400—500g。由于整个试验时间是 65 天,在试验期间草鱼体重逐渐增加,试验结束时有一半以上网箱中的草鱼增重超过一倍;另外,试验期间水温也从 17℃ 增至 30℃ 左右(表 6)。这两个因素的复合作用可能是导致草鱼每日最大摄食量增加的主要原因。

表 6 伊乐藻饲养草鱼的生长情况及饲料利用率*

Tab. 6 Growth of grass carp fed on *Elozia Nuttallii* and food efficiency ratio

网箱	A		B											
	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
组别														
鱼尾数	30	30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5
平均每尾始重(g)	534.0	499.4	325.5	250.0	225.0	350.0	185.0	230.0	250.0	150.0	315.0	256.0	171.0	
平均每尾末重(g)	1121.3	975.0	557.0	362.0	450.0	570.0	377.0	430.0	467.0	375.0	667.0	545.4	379.0	
饲养天数(d)	91	91	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
日增重(g)	6.45	5.23	3.56	1.72	3.46	3.38	2.95	3.08	3.34	3.46	5.42	4.45	3.20	
日食量(g)	339.0	311.4	189.0	154.5	174.9	220.8	126.7	131.1	152.0	154.5	228.7	189.7	130.1	
摄食率(%)	63.5	62.4	58.1	61.8	77.7	63.1	68.5	57.0	60.8	103.0	72.6	74.1	76.1	
粗蛋白质利用率(%)	13.9	12.2	15.5	9.2	16.3	12.6	19.2	19.4	18.1	18.5	19.5	19.3	20.3	
饲料系数	59.4	67.4	52.3	60.7	50.5	65.2	43.0	42.7	45.5	44.8	42.2	42.6	40.6	

* A: 围栏饲养(1993 年 4 月 22 日—7 月 21); B: 网箱饲养(1994 年 4 月 26 日—6 月 30 日)。

试验结束的前一天,称重 1 号至 11 号网箱中草鱼的最大日摄食量(Y),分别为 435、275、365、400、265、345、395、330、496、367、305g。依据试验结束时各网箱中的草鱼体重(X),进行数理统计,求出 Y 与 X 之间的回归方程如下:

$$Y = 3.9449X^{0.8357}, \quad r = 0.9154(n = 11)$$

2.5 伊乐藻喂养草鱼的生长及饲料中粗蛋白质利用率和饲料系数

由表 6 可知,网箱饲养试验结果,草鱼平均日增重为 3.46g,平均日食量为 168.3g,摄食率平均为 70.3%,粗蛋白质利用率平均为 17.1%,饲料系数平均为 48.2。围栏饲养试验结果,草鱼平均日增重 5.84g,平均日食量 325.2g,摄食率平均为 62.9%,粗蛋白质利用率平均 13.1%,饲料系数平均为 63.4。

试验鱼的日增重大,说明鱼的绝对体重增长较快。饲料系数低,粗蛋白质利用率高,说明试验鱼消化吸收饲料的利用率高;反之,则饲料利用率低。由试验结果看,围栏饲养比网箱饲养的草鱼日增重大,说明围栏饲养的草鱼绝对体重增加较快,但由于围栏饲养的草鱼起始体重较大,从相对体重增加来看,围栏饲养(1.13%)却比网箱饲养(1.41%)要稍低些。围栏饲养中饲料系数较高,粗蛋白质利用率较低,主要原因是由于网箱饲养试验投喂或残留的伊乐藻称重前都经洗衣机甩干筒甩干 3min,而围栏饲养由于投喂伊乐藻量较大,称重前未经甩

干,这与实际生产情况相一致。另外,还可能由于围栏饲养投放的试验鱼较多,摄食时有一定竞争性;饲养面积较大,试验鱼活动消耗的能量也不一样。

3 讨论

3.1 草鱼、团头鲂摄食伊乐藻的消化率与其它几种水草比较

陈少莲等曾用全量法测定了草鱼、团头鲂对四种水草的消化率^[2],杨清心曾用全量法测定了包括伊乐藻在内的三种水草的消化率^[3]。现将他们试验结果与本研究作比较(表7)。

表7 草鱼、团头鲂摄食不同水草的消化率比较

Tab. 7 Comparison of digestibility of chemical components of several aquatic macrophytes by grass carp and chinese bream

鱼名	体重(g)或年龄	水草	水温(°C)	消化率(%)					资料来源	
				干物质	粗蛋白质	粗脂肪	灰分	碳水化合物		
草鱼	226.56±11.98	菹草	30	67.24	73.12	55.66	56.21	66.00	文献[2]	
		聚草	30	64.28	80.19	71.23	43.42	60.45		
		苦草	30	70.24	74.98	83.83	79.99	65.06		
	3龄		苦草	21	51	—	81	—	—	文献[3]
				26	46	82	63	—	—	
			轮叶黑藻	21	58	77	56	—	—	
				26	47	71	41	—	—	
	226.56±11.98	微齿眼子菜	30	59.62	71.82	76.31	45.64	58.88	文献[2]	
	275—370	微齿眼子菜	21.6	45.92	56.27	49.86	67.98	50.90	本研究	
	3龄	伊乐藻	21	59	80	71	—	—	文献[3]	
			26	52	74	63	—	—		
	275—370	伊乐藻	18.6	50.77	79.89	77.37	71.72	36.45	本研究	
20.4			56.02	79.05	73.96	74.06	58.46			
团头鲂	250.10±46.96	菹草	30	68.24	78.29	78.53	86.25	51.33	文献[2]	
	381.05±5.02	菹草	30	69.21	78.95	79.18	86.67	52.82		
	250.10±46.96	聚草	30	68.76	77.66	73.01	63.70	65.95		
	381.05±5.02	聚草	30	70.20	78.69	74.26	65.37	67.52		
	250.10±46.96	苦草	30	60.71	75.03	69.78	76.87	52.83		
	381.05±5.02	苦草	30	61.01	75.22	70.01	77.05	53.19		
	250.10±46.96	微齿眼子菜	30	65.81	75.66	80.79	54.04	65.31		
	381.05±5.02	微齿眼子菜	30	68.40	77.55	82.45	57.61	68.01		
	255—350	微齿眼子菜	21.6	49.80	60.60	64.76	57.75	63.82		本研究
	255—350	伊乐藻	18.6	49.76	71.12	72.98	69.00	43.36		
20.4			54.97	74.96	64.63	74.63	74.72			

由表7可知,陈少莲等测定的消化率比本研究和杨清心测定的消化率都高,如草鱼对苦草的干物质消化率,陈少莲等测定结果为70.24%^[2],杨清心的为51%(21°C),46%(26°C)^[3]。草鱼对微齿眼子菜的干物质消化率,陈少莲测定值为59.62%^[2],本研究为45.92%。本研究结果与杨清心^[3]测定值较接近,如草鱼对伊乐藻的干物质消化率二者都在50%左右,对粗蛋白质的消化率都接近80%。

可见,草鱼对伊乐藻的干物质、粗蛋白质及粗脂肪的消化率均高于对微齿眼子菜、苦草和轮叶黑藻的消化率。而在陈少莲的试验中草鱼对菹草、聚草的消化率与苦草比较接近^[2],

也就是说,在这几种水草中,草鱼对伊乐藻的消化率居高。

团头鲂对伊乐藻的消化率则不如草鱼对伊乐藻的消化率高,这与陈少莲等的试验结果不相一致。在陈少莲所做的试验中^[2],团头鲂对几种水草的消化率都稍高于草鱼对它们的消化率。

本研究消化率数值比陈少莲等试验^[2]的数值偏低,原因可能有:

(1)本研究的试验水温随自然气温作昼夜变化,平均水温为 21.6℃,而陈少莲等的试验是在恒温下做的,水温控制在 30℃。

(2)本研究消化率测定是在东太湖天然水体中围网或用网箱进行的。而陈少莲等的试验是在试验室中进行的。

(3)本研究中消化率是用 Buddington 法测定的,而陈少莲等是用全量法测定的。

3.2 伊乐藻营养价值的评价

众所周知,即使同一种植物在不同季节、不同地点或不同部位采样,其生化成分含量也会有所差别,表 8 给出的仅是直接的试验结果比较。

由表 8 可知,含水率最高是苦草,依次为轮叶黑藻、伊乐藻、聚草、微齿眼子菜、菹草。生化成分如以粗蛋白质为标准,菹草最高,依次为微齿眼子菜、聚草、伊乐藻、轮叶黑藻、苦草。即伊乐藻的粗蛋白质含量只高于轮叶黑藻和苦草。

表 8 伊乐藻与几种水草的营养成分和能值比较

Tab. 8 Comparison of chemical components and calorific value of *Elodea Nuttallii* and several aquatic macrophytes

水草	营 养 成 分 (%)						能 值		资料来源
	水 分	粗蛋白质	粗脂肪	灰 分	粗纤维素	无氮浸出物	kJ/g(湿重)	kJ/g(干重)	
菹 草	80.85	4.82	0.66	2.45	1.27	9.95	3.36	17.56	文献[2]
微齿眼子菜	82.89	4.28	0.90	1.97	2.17	7.79	3.11	18.17	
微齿眼子菜	80.5	2.85	0.57	4.65	4.22	7.22	2.86	14.67	本研究
聚 草	85.89	3.49	0.61	1.56	2.14	6.31	2.54	18.01	文献[2]
苦 草	92.52	1.69	0.41	0.98	0.66	3.74	1.33	17.80	
苦 草	92.86	1.80	0.18	1.24	1.43	2.49	1.11*	15.56*	文献[3]
轮叶黑藻	91.49	2.04	0.17	1.57	2.49	2.24	1.31*	15.35*	
伊 乐 藻	91.77	2.10	0.18	1.52	1.90	2.53	1.26*	15.35*	
伊 乐 藻	89.8	2.40	0.29	1.80	2.72	2.99	1.66	16.30	本研究

* 依据杨清心的数据推算。

水草喂食草食性鱼类(如草鱼)的生长情况,是与草鱼每日从饲料中所能获得的可消化养分总量有关。所谓可消化养分总量,就是把可消化蛋白质、可消化脂肪(乘以 2.25)和可消化碳水化合物加在一起的总值。一种水草(如微齿眼子菜),虽然它的干物质含量比伊乐藻高,蛋白质含量也较高,但由于鱼对它的干物质及蛋白质消化率较低,每日摄食量也较小,这样每天摄取的可消化养分总量就不一定比伊乐藻高,所以表 8 中的几种水草蛋白质含量高并不能简单地评价它们作为饲料的优劣。上文中已经指出,草鱼对伊乐藻的消化率相对于其它几种水草的要高,虽然伊乐藻的营养成分含量只属中等水平,但综合考虑消化率及摄食量等因素,草鱼每日从伊乐藻中摄取的可消化养分总量相对地要高。

水草喂食草鱼后的生长情况,还与可消化养分质量有关。可消化养分质量好坏,可从饲料中粗蛋白质利用率高低来比较,也可从饲料系数的高低来看。如饲料的粗蛋白质利用率高,饲料系数低,说明饲料易被消化吸收,属优质饲料。本研究中华鱼对伊乐藻粗蛋白质利用率为17.1%,仅次于浮萍(26.25%)、小浮萍(26.23%),高于苦草(13.16%)、马来眼子菜(5.76%)、微齿眼子菜(4.25%)^[1]。本研究中华鱼对伊乐藻的饲料系数在围栏饲养中为63.4,在网箱饲养中为48.2;杨清心测定的草鱼对伊乐藻、轮叶黑藻和苦草的饲料系数分别为74、133和101^[3];陈少莲等在保安湖围栏测定的草鱼对微齿眼子菜的饲料系数为241.46^[2]。

综上所述,伊乐藻对于草鱼来说是一种营养价值较高的青饲料。

4 小结

(1) 测定了伊乐藻的营养成分及能值。伊乐藻干物质含量为10.2%,干物质中粗蛋白质、粗脂肪及粗纤维含量分别为23.52%、2.88%和26.71%,能值为1.66kJ/g(湿重)。

(2) 草鱼、团头鲂在平均水温18.6℃和20.4℃时对伊乐藻干物质消化率分别是50.77%、56.02%和49.76%、54.97%。

(3) 伊乐藻喂草鱼的生长试验中测定了草鱼的最大摄食量,并求出最大摄食量与草鱼体重的相关关系式:

$$Y = 3.9449X^{0.8357}, r = 0.9154 (n = 11)$$

(4) 草鱼摄食伊乐藻的饲料系数,在围栏饲养中为63.4,在网箱饲养中为48.2。饲料中粗蛋白质利用率,在围栏饲养中为13.1%,在网箱饲养中为17.1%。

(5) 伊乐藻与长江中下游常见的几种水草相比,其营养成分含量、草鱼对其消化率和粗蛋白质利用率均较高,饲养系数则较低,因此,说明其营养价值相对较高。

参 考 文 献

- 1 刘文郁等. 草鱼鱼种对几种植物性饲料的消化与利用. 水生生物学集刊, 1963, (3): 112-119
- 2 陈少莲等. 草鱼、团头鲂对七种水生高等植物的最大摄食量和消化率的测定. 水生生物学集刊, 1963, 1(1): 1-13
- 3 杨清心. 伊乐藻的利用价值. 水产养殖, 1990, 14(4): 193-203
- 4 Cai ZHengwei & L R Curtis. Effects of diet on consumption, growth and fatty acid composition in young grass carp. *Aquaculture*, 1989, (1): 47-60
- 5 王少梅等. 用氯仿-甲醇抽提法测定鱼体脂肪含量的研究. 水生生物学报, 1990, 17(2): 193-196
- 6 Buddington R K. Hydrolysis-resistant organic matter as a reference for measurement of fish digestive efficiency. *Trans Amr Fish Soc.* 1980, 109: 653-656

**DIGESTION AND UTILIZATION OF
ELODEA NUTTALLII BY CTENOPHARYNYODON IDELLA
AND MEGALOBRAMA AMBLYCEPHALA**

Wei Yun Chen Yuangao Liu Zhengwen Xu Wei

(Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract

Chemical composition and energy content of *Elodea Nuttallii* were determined by common methods of biochemical analysis. The digestibility, maximum consumption, protein efficiency ratio and food conversion coefficient of *N. elodea* by grass carp and chinese bream were studied.

In *N. Elodea*, water content amounted to 89.8%, protein, fat, cellulose and non-nitrogen contents in dry matter were in proper orders: 23.52%, 2.88%, 26.71%, 29.27%. Its protein contained 17 common amino acids, including 9 essential amino acid for fish. The content of amino acids was 198.04 mg/g(dry).

Under mean water temperature 20.4°C, digestibilities of dry matter, protein, fat, carbohydrates and amino acids in grass carp fed *N. Elodea* were in proper order: 56.02%, 73.9%, 58.46%, 77.00%, these in chinese bream fed *N. Elodea* were in proper orders: 54.97%, 72.96%, 64.63%, 51.36%, 77.00%.

The maximum consumption (Y , g/24hr) of grass carp fed *N. Elodea* was related to the body weight of fish (X , g) by equation $Y = 3.9449X^{0.8357}$ ($r = 0.9154$). In cage, protein efficiency and food conversion coefficient of *N. Elodea* by grass carp were in proper order: 17.1%, 48.2. In endosure, these of *N. Elodea* by grass carp were in proper orders: 13.1% and 63.4%.

Key Words *Elodea Nuttallii*, grass carp, chinese bream, digestion and utilization