

饲料蛋白和能量水平对克氏原螯虾生长和蛋白质代谢的影响

王桂芹¹, 赵朝阳², 周鑫², 芦洪梅¹, 李子平¹, 牛小天¹

(1 吉林农业大学 动物科技学院, 吉林 长春 130118; 2 中国水产科学研究院 淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081)

摘要: 试验设计不同蛋白质和能量水平的9种试验饲料饲养克氏原螯虾, 探讨饲料蛋白和能量水平对克氏原螯虾生长和蛋白质代谢的影响。结果表明: 特定生长率随饲料蛋白和能量水平的升高而显著增加 ($P < 0.05$), 但260和300 g/kg蛋白组间无显著差异 ($P > 0.05$), 15和17 kJ/g能量组间亦无显著差异 ($P > 0.05$); 肠蛋白酶活性和肝胰腺蛋白酶活性均随饲料蛋白水平的升高而显著增加 ($P < 0.05$); 饲料蛋白质为300 g/kg时与220和260 g/kg组的肝胰腺的腺苷脱氨酶活性(ADA)和谷氨酸脱氢酶活性(GDE)差异显著增加 ($P < 0.05$), 饲料能量水平亦对肝胰腺的ADA活性有显著影响, 但对肝胰腺GDE无显著影响 ($P > 0.05$)。对饲料蛋白能和肌肉RNA/DNA作直线和抛物线分析, 得到适宜的蛋白能比为16.63和17.59 g/MJ。在该试验条件下, 促进克氏原螯虾生长和蛋白质代谢的适宜蛋白能比为16.63~17.59 g/MJ。

关键词: 克氏原螯虾; 蛋白; 能量; 腺苷脱氨酶; 谷氨酸脱氢酶; RNA/DNA

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2011)02-0109-04

Effect of Dietary Protein and Energy Levels on Growth and Protein Metabolism of Red Swamp Crawfish *Procambarus clarkii*

WANG Gui-qin¹, ZHAO Chao-yang², ZHOU Xin², LU Hong-mei¹, LI Zi-ping¹, NIU Xiao-tian¹

(1 College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2 Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: Trials were conducted to investigate the effects of dietary protein and energy levels on growth and protein metabolism of *Procambarus clarkii*. Results indicated that specific growth rate increased with the increase of dietary protein level and energy level ($P < 0.05$), from 260 to 300 g/kg but increase in energy level from 15 to 17 kJ/g had no significant difference ($P > 0.05$). Protease specific activity in intestinal and hepatopancreas significantly increased with the increase of dietary protein level ($P < 0.05$). Adenosine deaminase (ADA) and glutamate dehydrogenase (GDE) in hepatopancreas significantly increased with the increase of dietary protein level and were higher at 300 g/kg than at 220 and 260 g/kg ($P < 0.05$). ADA in hepatopancreas was significantly influenced by dietary energy level, but GDE was not significantly influenced by dietary energy level ($P > 0.05$). Analysis of RNA/DNA in muscle and ratio of dietary protein and energy level indicated that optimal ratio of dietary protein and energy level respective were 16.63 and 17.59 g/MJ. In the current experiment, the optimal protein to energy ratio which could improve growth and protein metabolism were 16.63–17.59 g/MJ.

Key words: *Procambarus clarkii*; protein; energy; adenosine deaminase; glutamate dehydrogenase; RNA/DNA

克氏原螯虾 *Procambarus clarkii* 是甲壳纲、十足 繁殖率高, 肉味鲜美, 营养丰富^[1], 是淡水名特优产
目、螯虾科的淡水杂食性虾类, 其食性杂, 生活力强, 业发展的亮点。但由于其缺乏可靠的饲料来源, 完全

收稿日期: 2010-07-23

作者简介: 王桂芹 (1968—), 女, 副教授, 博士, E-mail: wgqjlau@yahoo.com.cn

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金 (2009JBF18); 江苏省科技成果转化专项资金 (BA2007089)

自然养殖又会消耗大量水生植物,影响生态平衡,制约了其养殖业规模化和集约化发展的进程.关于克氏原螯幼虾的蛋白质和能量需求亦有报道^[2-6],但差异较大.本试验探讨不同蛋白质和能量水平对克氏原螯虾生长和蛋白质代谢的影响,以期为其养成阶段人工配合饲料的开发提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 试验饲料

以鱼粉、大豆粉、虾头粉和酵母粉(比例为8:4:2:1)的混合物为蛋白源,以鱼油和大豆油(2:1)及糊精为能源配制半精制日粮.试验共配制成由3个蛋白水平(用L、M和H表示含220、260和300 g·kg⁻¹蛋白质水平的饲料)和3个能量水平(用1、2、3表示

含13、15和17 kJ·g⁻¹能量水平的饲料)组成的9种试验饲料,其配方及营养组成见表1,饲料原料按配方称质量、混匀,挤压成直径为1.5 mm颗粒,晒干后置于-4℃冰柜中保存、备用.

1.2 试验虾和饲养管理

试验用虾取自江苏宝龙示范基地,在室内水族箱中暂养7 d,从中选择体质健壮、活动力强和附肢完整的虾为试验虾[体质量为(12.49±1.52)g/尾],每种饲料设置5个重复(每重复10尾),每天投喂2次(8:30—9:30,16:30—17:30),日投喂率为3%~6%,视水温、摄食情况作适当调整.喂后收集残饵,计算摄食量,试验期间记录死虾并称质量,持续饲养8周.

表 1 试验饲料配方及营养组成(干质量)

Tab. 1 Formulation and proximate composition of the test feeds (dry mass) for *Procambarus clarkii*

组别(蛋白 ¹⁾ / 能量 ²⁾)	配方成分比例/(g·kg ⁻¹)											营养组分				
	蛋白源 混合物	大豆 卵磷脂	胆固醇	鱼油	大豆油	糊精	面粉	微晶纤 维素	维生素 预混料 ³⁾	无机盐 预混料 ³⁾	维生 素 C	w/(g·kg ⁻¹)			总能/ (kJ·g ⁻¹)	蛋能比/ (g·MJ ⁻¹)
												粗脂肪	粗灰分	粗蛋白质		
L ₁ (220/13)	343	20	10	16	8	160	210	73	50	100	10	65.2	68.5	223.4	12.96	17.24
L ₂ (220/15)	343	20	10	20	10	169	210	58	50	100	10	75.5	67.9	226.5	15.21	14.89
L ₃ (220/17)	343	20	10	26	13	185	210	33	50	100	10	80.4	68.1	220.4	16.64	13.25
M ₁ (260/13)	414	20	10	10	5	60	253	68	50	100	10	55.6	85.2	266.9	13.24	20.00
M ₂ (260/15)	414	20	10	16	8	69	253	50	50	100	10	65.8	80.6	264.2	14.97	17.65
M ₃ (260/17)	414	20	10	26	13	70	253	34	50	100	10	73.5	86.4	263.7	16.89	15.61
H ₁ (300/13)	470	20	10	12	6	15	285	22	50	100	10	53.4	95.7	302.3	13.34	22.66
H ₂ (300/15)	470	20	10	14	7	26	285	8	50	100	10	56.5	94.2	298.4	15.35	19.44
H ₃ (300/17)	470	20	10	16	8	28	285	3	50	100	10	67.7	90.8	304.1	16.89	18.00

1) 蛋白质量比/(g·kg⁻¹); 2) 能量/(kJ·g⁻¹); 3) 维生素和无机盐预混料参考文献[6]配制.

1.3 样品收集与测定

特定生长率(SGR),蛋白质效率和成活率按Claudia等^[5]的方法计算.试验结束时,虾饥饿24 h,每个重复中随机取2尾,抽取血淋巴制得血清;取肠道的前1/3和肝胰腺,采用福林-酚法测定蛋白酶活性,腺苷脱氨酶(ADA)活性和谷氨酸脱氢酶(GDE)活性的测定试剂盒均由南京建成生物工程研究所提供.将上述虾取肌肉测定核酸含量.

1.4 数据统计分析

采用SPSS 16.0软件进行单因素和双因素方差分析,用Duncan's多重比较分析组间差异显著性程度,显著性水平为 $P < 0.05$.

2 结果

2.1 饲料蛋白和能量水平对克氏原螯虾生长的影响

饲料蛋白和能量水平对克氏原螯虾生长的影响见表2和表3.各试验组间成活率差异不显著($P > 0.05$).饲料蛋白水平或能量水平显著影响SGR($P <$

0.05),但二者的交互作用对SGR没有显著影响($P > 0.05$).在同一饲料蛋白水平上,220、300 g/kg蛋白组间的SGR随着能量的变化差异不显著($P > 0.05$),但260 g/kg蛋白组间的SGR差异显著($P < 0.05$),即SGR先随能量的增加而增加,当饲料能量达到15 kJ/g时,其SGR显著高于能量为13 kJ/g的SGR($P < 0.05$),随着能量增加到17 kJ/g时,其SGR不再继续增加,与能量为15 kJ/g的SGR无显著差异($P > 0.05$).在同一饲料能量水平上,各饲料能量组的SGR都随饲料蛋白水平的增加而增加,且都是260和300 g/kg蛋白水平的SGR间差异不显著($P > 0.05$),但都显著高于220 g/kg蛋白水平的SGR($P < 0.05$).各组的蛋白质效率没有显著差异($P > 0.05$).

2.2 饲料蛋白和能量水平对克氏原螯虾蛋白质代谢的影响

从表2可见,在同一饲料蛋白水平上,饲料能量对肠蛋白酶活性、肝胰腺蛋白酶活性和肝胰腺GDE

活性都没有显著影响 ($P > 0.05$), 但对肝胰腺 ADA 活性有显著影响 ($P < 0.05$), 即在 260 和 300 g/kg 蛋白组, 随着能量的提高, 肝胰腺 ADA 活性显著下降 ($P < 0.05$). 肌肉 RNA/DNA 只有在饲料蛋白水平为 300 g/kg 时, 随着能量的升高而升高, 当饲料能量达到 17 kJ/g 时, 其肌肉 RNA/DNA 显著高于饲料能量为 13 kJ/g 组的 ($P < 0.05$). 在同一饲料能量水平

上, 肠蛋白酶活性、肝胰腺蛋白酶活性都随着饲料蛋白水平的增加而增加, 且都是 260 和 300 g/kg 蛋白水平的肠蛋白酶活性和肝胰腺蛋白酶活性间无显著差异 ($P > 0.05$). 在饲料能量为 13 kJ/g 的各组, 随着饲料蛋白质水平的升高, 肌肉 RNA/DNA 显著降低 ($P < 0.05$), 饲料能量 15 或 17 kJ/g 的肌肉 RNA/DNA 间无显著差异 ($P > 0.05$).

表2 饲料蛋白和能量水平对克氏原螯虾生长、饲料利用及蛋白质代谢的影响¹⁾

Tab.2 The effect of dietary protein and energy levels on growth, feed utilization and protein metabolism of *Procambarus clarkii*

组别	终末体质量/ g	成活率/ %	特定生长率/ %	蛋白质效率	酶活性/(U·mg ⁻¹)				肌肉 RNA/ DNA
					肠蛋白酶	肝胰腺蛋白酶	肝胰腺 ADA	肝胰腺 GDE	
L ₁	28.49 ± 1.95ab	94.00 ± 5.47a	1.31 ± 0.12a	1.76 ± 0.18a	1.88 ± 0.20a	3.63 ± 0.41a	8.49 ± 0.90a	18.75 ± 2.45ab	2.12 ± 0.03bc
L ₂	28.46 ± 2.65ab	90.00 ± 7.07a	1.45 ± 0.16ab	1.74 ± 0.15a	1.89 ± 0.12a	3.59 ± 0.24a	8.25 ± 1.15a	18.78 ± 2.85ab	2.03 ± 0.03abc
L ₃	28.08 ± 2.91a	94.00 ± 8.94a	1.46 ± 0.14ab	1.73 ± 0.10a	1.87 ± 0.16a	3.78 ± 0.14ab	8.97 ± 2.06a	18.53 ± 2.95a	1.95 ± 0.06ab
M ₁	29.46 ± 2.14ab	90.00 ± 7.07a	1.58 ± 0.12bc	1.70 ± 0.05a	2.08 ± 0.07ab	4.16 ± 0.11bc	13.82 ± 2.25bc	22.03 ± 3.14abc	2.03 ± 0.04abc
M ₂	33.53 ± 2.64ab	92.00 ± 4.47a	1.83 ± 0.11d	1.76 ± 0.12a	2.17 ± 0.14b	3.88 ± 0.24ab	8.03 ± 1.38a	18.98 ± 1.47ab	2.13 ± 0.15c
M ₃	33.12 ± 3.11ab	92.00 ± 8.36a	1.72 ± 0.15cd	1.78 ± 0.06a	2.26 ± 0.10b	3.95 ± 0.10ab	8.46 ± 1.97a	21.28 ± 3.02abc	2.05 ± 0.17abc
H ₁	29.41 ± 4.47ab	92.00 ± 4.47a	1.64 ± 0.10bcd	1.67 ± 0.14a	2.22 ± 0.16b	4.42 ± 0.11bc	14.74 ± 2.65c	24.57 ± 2.89c	1.89 ± 0.09a
H ₂	34.11 ± 3.11b	92.00 ± 4.47a	1.73 ± 0.07cd	1.71 ± 0.16a	2.22 ± 0.15b	4.50 ± 0.28bc	12.76 ± 2.45bc	24.26 ± 1.18c	2.05 ± 0.07abc
H ₃	32.46 ± 2.62ab	94.00 ± 5.47a	1.79 ± 0.16cd	1.76 ± 0.17a	2.22 ± 0.17b	4.50 ± 0.27bc	10.82 ± 2.68ab	23.68 ± 2.52bc	2.10 ± 0.02bc

1) 表中为单因素方差分析结果, 数据为平均数 ± 标准误, 同列数据后凡是有一个相同小写字母者, 表示差异不显著 ($P > 0.05$, Duncan's 法).

在同一饲料能量水平上, 能量水平为 13 kJ/g 的肝胰腺 ADA 活性随着饲料蛋白水平的增加而显著增加 ($P < 0.05$), 260 g/kg 蛋白水平的肝胰腺 ADA 活性显著高于 220 g/kg 蛋白水平的 ($P < 0.05$); 当能量水平为 15 kJ/g 时, 300 g/kg 蛋白水平的肝胰腺 ADA 活性显著高于 260 和 220 g/kg 蛋白水平 ($P < 0.05$); 当能量水平为 17 kJ/g 时, 各蛋白水平的肝胰腺 ADA 活性没有显著差异 ($P > 0.05$). 在同一能量水

平上, 肝胰腺 GDE 活性随着蛋白水平的增加而显著增加 ($P < 0.05$), 且都是 300 g/kg 蛋白水平的肝胰腺 GDE 活性显著高于 220 g/kg 蛋白水平的 ($P < 0.05$).

从表 3 可见, 随饲料蛋白水平的升高, 肠蛋白酶和肝胰腺蛋白酶活性均显著增加 ($P < 0.05$), 260 和 300 g/kg 蛋白组间的肠蛋白酶活性无显著差异 ($P > 0.05$), 但 300 g/kg 蛋白组的肝胰腺蛋白酶活性显著高于 260 和 220 g/kg 组 ($P < 0.05$); 与 220 和

表3 双因素方差分析结果¹⁾

Tab.3 Summary of analysis of variables among fish fed the formulated feeds

影响因素		终末体 质量/g	特定生长率/ %	成活率/ %	蛋白质 效率	酶活性/(U·mg ⁻¹)				肌肉 RNA/ DNA
						肠蛋白酶	肝胰腺蛋白酶	肝胰腺 ADA	肝胰腺 GDE	
蛋白水平/ (g·kg ⁻¹)	220	28.35 ± 2.20a	1.41 ± 0.14a	92.67 ± 7.04a	1.74 ± 0.13a	1.88 ± 0.14a	3.66 ± 0.26a	8.57 ± 1.30a	18.69 ± 2.39a	2.03 ± 0.08a
	260	32.04 ± 3.01b	1.71 ± 0.16b	91.33 ± 6.40a	1.75 ± 0.08a	2.17 ± 0.12b	3.99 ± 0.19b	10.10 ± 3.24a	20.76 ± 2.68a	2.08 ± 0.13a
	300	31.99 ± 3.66b	1.72 ± 0.12b	92.86 ± 4.69a	1.71 ± 0.14a	2.22 ± 0.14b	4.47 ± 0.21c	12.77 ± 2.82b	24.17 ± 2.04b	2.01 ± 0.11a
能量水平/ (kJ·g ⁻¹)	13	29.12 ± 2.70a	1.51 ± 0.18a	92.00 ± 5.61a	1.71 ± 0.12a	2.06 ± 0.20a	4.07 ± 0.41a	12.35 ± 3.43b	21.79 ± 3.53a	2.01 ± 0.11a
	15	32.03 ± 3.63a	1.67 ± 0.20b	91.33 ± 5.16a	1.74 ± 0.13a	2.10 ± 0.19a	3.99 ± 0.46a	9.68 ± 2.77a	20.67 ± 3.19a	2.07 ± 0.10a
	17	31.22 ± 3.44a	1.66 ± 0.20b	93.57 ± 7.45a	1.76 ± 0.10a	2.11 ± 0.22a	4.07 ± 0.36a	9.42 ± 2.23a	21.16 ± 3.32a	2.03 ± 0.11a
P 值										
影响因素		终末体质量	特定生长率	成活率	蛋白质效率	肠蛋白酶活性	肝胰腺蛋白酶活性	肝胰腺 ADA 活性	肝胰腺 GDE 活性	肌肉 RNA/DNA
蛋白水平		0.022	0.000	0.762	0.830	0.000	0.000	0.001	0.001	0.406
能量水平		0.122	0.030	0.614	0.770	0.702	0.676	0.012	0.663	0.413
蛋白 × 能量水平		0.603	0.783	0.865	0.929	0.829	0.605	0.094	0.800	0.024

1) 表中数据为平均数 ± 标准误, 同列数据后凡是有一个相同小写字母者, 表示差异不显著 ($P > 0.05$, Duncan's 法).

260 g/kg 蛋白组相比,300 g/kg 组的肝胰腺中 ADA 活性和肝胰腺 GDE 活性显著增加 ($P < 0.05$),肝胰腺 ADA 活性亦显著受到饲料能量水平的影响,但肝胰腺 GDE 没有受到其显著影响 ($P > 0.05$). 肝胰腺 ADA 和肝胰腺 GDE 活性均未受到饲料蛋白和能量交互作用的显著影响 ($P > 0.05$). 饲料蛋白质和能量水平均未显著影响肌肉 RNA/DNA ($P > 0.05$),但二者的交互作用对肌肉 RNA/DNA 有显著影响 ($P < 0.05$).

对饲料蛋能比和肌肉 RNA/DNA 作回归分析,得两方程分别为:

$$Y_1 = 0.0408X_1 + 1.14138 (X_1 = 13.25 - 17.65 \text{ g/MJ}), R^2 = 0.9945;$$

$$Y_2 = -0.0084X_2^2 + 0.2955x - 0.4944 (X_2 = 13.25 - 22.66 \text{ g/MJ}), R^2 = 0.9498.$$

抛物线的顶点对应的蛋能比为 17.59 g/MJ,直线和抛物线的交点对应的蛋能比为 16.63 g/MJ.

3 讨论

本试验克氏原螯虾的特定生长率、肠蛋白酶和肝胰腺蛋白酶活性均随着饲料蛋白质水平的升高而显著增加,饲料蛋白水平为 260 和 300 g/kg 的组间的特定生长率和肠蛋白酶都无显著差异,但 300 g/kg 的饲料蛋白组的肝胰腺蛋白酶活性显著高于 260 g/kg 饲料蛋白组,表明在一定饲料蛋白水平范围内,饲料蛋白质的增加可诱导克氏原螯虾蛋白质消化酶的活性,提高对饲料蛋白质的消化吸收能力,从而促进生长. 这一研究结果与苏时萍等^[7]对克氏原螯虾、Lemos 等^[8]对凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei* 和董云伟等^[9]对罗氏沼虾 *Macrobrachium rosenbergii* 的研究趋势相一致. 肝胰腺中 ADA 和 GDE 是蛋白质分解过程的主要关键酶,其活性的高低反映体蛋白质分解代谢的程度,本试验随着饲料蛋白水平的升高,二者均显著增加,当饲料蛋白质水平达到 300 g/kg 时,与 220 和 260 g/kg 蛋白组差异显著,表明饲料较高的蛋白质供给将促进体蛋白质的分解. 从以上饲料蛋白水平对克氏原螯虾蛋白质消化酶和氨基酸分解代谢酶的分析来看,在本试验条件下,饲料蛋白质为 260 g/kg 可满足克氏原螯虾的正常生长、促进饲料蛋白的消化和降低蛋白质的分解. 这一研究结果与 Claidia 等^[5]报道 1.5 g 克氏原螯虾适宜蛋白质需求为 20%,Jover 等^[4]报道 2.1 g 的为 22%~26% 的研究结果相类似,但低于 Hervey 等^[6]报道 41 g 雌虾的为 30%,何吉祥等^[3]报道 2.39 g 的为 31.86% 以及吴东等^[2]报道 4.55 g 的为 29%~32% 的研究结果. 肌肉是蛋白质合成用于沉积最高的组织, RNA/DNA 是衡量组织蛋白质合成能力的指标. 本试验对饲料

蛋能比和肌肉 RNA/DNA 作回归分析,表明饲料蛋能比在 16.63~17.59 g/MJ 范围内对克氏原螯虾蛋白质的合成最适宜. 这与 Lemos 等^[8]对凡纳滨对虾的研究结果相一致. 但低于薛敏等^[10]报道中国对虾 *Fenneropenaeus chinensis* 幼虾的最佳蛋能比为 32~34 g/MJ 和胡毅等^[11]报道凡纳滨对虾适宜的蛋能比 21.1 mg/kJ. 可见克氏原螯虾的最佳蛋能比较低,分析蛋能比差异主要是与其试验饲料设计时蛋白质中氨基酸的平衡程度不同、饲料能量的来源不同和试验虾大小不同等原因有关. 本试验克服何吉祥等^[3]报道的饲料纤维素差异太大、能量水平设置太低等不足,所以在本试验条件下,得出克氏原螯虾养成期的最适蛋能比为 16.63~17.59 g/MJ.

参考文献:

- [1] 姚根娣,孙振中. 克氏原螯虾含肉率和营养成分分析[J]. 水产科技情报,1993,20(4):177-179.
- [2] 吴东,夏伦志,侯冠军,等. 3 种蛋白水平饲料对克氏螯虾生长和虾肉品质的影响[J]. 淡水渔业,2007,37(5):36-40.
- [3] 何吉祥,王志耕,梅林,等. 克氏螯虾饲料中适宜的蛋白质含量和能量蛋白比研究[J]. 水生态学杂志,2009,2(3):78-86.
- [4] JOVER M, FERNANDEZ C J. Effect of feeding cooked-extruded diets, containing different levels of protein, lipid and carbohydrate on growth of red swamp crayfish[J]. Aquac, 1999,178:127-137.
- [5] CLAUDIA C O, MIGUEL A O, MIGUEL R S. Effect of the protein-lipids ratio on growth and maturation of the crayfish[J]. Aquac, 2005,250:692-699.
- [6] HERVEY R G, MANUEL G U, ALFREDO H L, et al. Effect of dietary protein level on spawning and egg quality of redclaw crayfish[J]. Aquac, 2006,257:412-419.
- [7] 苏时萍,施培松,杨启超,等. 饲料蛋白质水平对克氏原螯虾幼体消化酶活性和肌肉成分的影响[J]. 安徽农业大学学报,2009,36(2):231-235.
- [8] LEMOSA D, GARCIA F L, CARRENOB P H, et al. Ontogenetic variation in digestive proteinase activity, RNA and DNA content of larval and postlarval white shrimp[J]. Aquac, 2002,214:363-380.
- [9] 董云伟,牛翠娟,杜丽,等. 饲料蛋白水平对罗氏沼虾生长和消化酶活力的影响[J]. 北京师范大学学报:自然科学版,2001,37(1):96-98.
- [10] 薛敏,李爱杰,董双林,等. 中国对虾幼虾饲料中最佳蛋白能量比研究[J]. 青岛海洋大学学报,1998,28(2):245-251.
- [11] 胡毅,谭北平,麦康森,等. 不同蛋能比对凡纳滨对虾幼虾生长、饲料转换、血清指标和体组成的影响[J]. 饲料与畜牧,2009,4:28-35.

【责任编辑 柴 焰】