

# 鱼溶浆对大棚养殖南美白对虾生长的影响

王春利<sup>1</sup>, 张海玲<sup>2</sup>, 石磊<sup>1</sup>, 王志高<sup>1</sup>, 罗红宇<sup>1\*</sup>

(1. 浙江省海产品健康危害因素关键技术研究重点实验室 浙江海洋大学, 浙江舟山 316022; 2. 舟山富晟食品科技有限公司, 浙江舟山 316000)

**摘要** [目的]评价鱼溶浆对大棚养殖南美白对虾生长的影响。[方法]以市售南美白对虾配合饲料作为基础饲料, 试验饲料制品由5%鱼溶浆添加制成, 测定南美白对虾养殖期间的生长指标、成活率、产量和血清免疫指标, 并与仅投喂基础饲料的对照组做比较。[结果]试验组对虾提前7~9天上市, 饵料系数降低了5.3%, AKP、CAT、PO三种酶的活力在对虾血清中均明显高于对照组( $P < 0.05$ )。[结论]南美白对虾饲料中添加5%鱼溶浆可以加快对虾生长速度、提高饲料利用率, 增强对虾的免疫力。

**关键词** 南美白对虾; 鱼溶浆; 大棚; 池塘; 功效

**中图分类号** S968.22 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)36-0070-04

## Effect of Fish Soluble Pulp on Growth of *Penaeus vannamei* in Greenhouse

WANG Chun-li<sup>1</sup>, ZHANG Hai-ling<sup>2</sup>, SHI Lei<sup>1</sup> et al (1. Key Laboratory of Health Risk Factors for Seafood of Zhejiang Province, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang 316022; 2. Zhoushan Fusheng Food Technology Co. Ltd., Zhoushan, Zhejiang 316000)

**Abstract** [Objective] To evaluate the effect of fish soluble pulp on growth of *Penaeus vannamei* in greenhouse. [Method] With commercially available *P. vannamei* fed as the foundation, adding 5% fish soluble pulp, the growth index, survival rate, output and serum immune index of *P. vannamei* during shrimp farming were determined and compared with the control group fed only basic feed. [Result] The results showed that the experimental group prawn listed 7-9 days ahead, bait coefficient was reduced by 5.3%, and vitality of AKP, CAT, PO three enzymes was obviously higher than that of control group ( $P < 0.05$ ). [Conclusion] It is suggested that adding 5% fish soluble pulp to the feed of *P. vannamei* can accelerate the growth rate of prawn, increase the utilization rate of feed and enhance the immunity of prawn.

**Key words** *Penaeus vannamei*; Fish soluble pulp; Greenhouse; Pond; Effect

南美白对虾是我国乃至全世界最主要的对虾养殖品种, 我国南美白对虾主要的高产高效化养殖模式是大棚多茬养殖, 也是浙江省水产技术推广部门重点推广的南美白对虾养殖模式<sup>[1]</sup>。该模式是利用塑料薄膜覆盖从而达到保温效果, 可以避开集中上市高峰期, 实现反季节高价销售, 达到不错的经济效益。但近年来, 对虾养殖过程中出现病害频发及大面积爆发, 这与养殖池塘生态环境和精准养殖化程度的关系十分密切<sup>[2-3]</sup>, 因此, 养殖池塘水体生态环境的变化、调控和高效饲料营养剂成为研究的热点。目前, 国内外对于鱼溶浆在南美白对虾大棚养殖中的功效评价多有报道, 但由于养殖区域、养殖方式、鱼溶浆配方、比例等方面的不同, 在功效方面, 鱼溶浆在养殖池塘水体的具体特点还有待进一步研究。

笔者在南美白对虾所使用的常规饲料中添加5%鱼溶浆组为试验组, 常规饲料组作为对照组, 试验了鱼溶浆对南美白对虾大棚养殖的产出率、血清免疫指标以及对虾生长指标的影响, 使得在大棚养殖中, 鱼溶浆作为一种营养添加剂在饲料中添加, 其功效评价提供科学依据。

## 1 试验材料

**1.1 试验原料** 鱼粉加工废水, 由浙江丰宇海洋生物制品有限公司提供; 南美白对虾虾苗, 规格为0.7 cm左右, 购于海南三亚某水产养殖公司; 南美白对虾2号配合饲料, 购于宁波天邦股份有限公司。

**1.2 主要试剂** 中性蛋白酶(10万U/g), 购自山东玖胜生物科技有限公司; 盐酸、硫酸锌、亚硫酸钠、氢氧化钠、丙酮、溴甲酚绿无水乙醇、钼酸铵、98%浓硫酸、葡萄糖、硼酸、磷酸二氢钾、高氯酸硝酸、无水硫酸钠、石油醚40~60℃、对苯二酚、水合茚三酮、萘酮、亚铁氰化钾, 均为分析纯(AR), 购于国药集团化学试剂有限公司。

**1.3 仪器与设备** 电热恒温鼓风干燥箱, 吴江市创新烘箱制造有限公司; PHB-4型便携式PH计, 上海三信仪表厂; 日立L-8900全氨基酸自动分析仪, 日本日立公司; 丙林电子FA2204N精密电子天平, 上海丙林电子科技有限公司; 全自动索氏提取仪/脂肪仪LF-04型, 济南蓝迈仪器有限公司; 数显恒温水浴锅HH-4, 上海创奕科教设备有限公司; 上海精科可见分光光度计721G, 上海仪电分析仪器有限公司; WR-2恒温水/油浴振荡器, 上海思尔达科学仪器有限公司等仪器设备。

## 2 试验方法

**2.1 鱼溶浆养殖效果** 试验在浙江省舟山市岱山南锋水产养殖试验场同一塑料大棚内6口水泥底池塘进行, 周期为103 d(2016年4月20日—7月31日)。对照组编码为I、II、III, 实验组编码为A、B、C, 每口池塘面积667 m<sup>2</sup>, 池塘深1.5 m, 坡比1:1.5。配置底部爆气管增氧设备和水面水车式增氧, 池底配备中央排污设施<sup>[4]</sup>。按照相关技术规范使用底充式增氧设备<sup>[5]</sup>, 水质调节使用微生物制剂, 整个养殖过程不使用其他药物。

每口池塘均投放南美白对虾虾苗约12万尾。天邦南美白对虾2号为试验组基础配方, 配合饲料其中添加质量分数为5%的鱼溶浆, 充分搅拌均匀, 自然干燥。对照组仅投喂天邦南美白对虾2号配合饲料。两组的投喂时间、投喂量均

**基金项目** 浙江舟山群岛新区“5313”领军人才项目; 国家海洋公益性行业科研项目(201305013)。

**作者简介** 王春利(1994—), 男, 吉林榆树人, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与安全。\*通讯作者, 教授, 从事食品加工与安全研究。

**致谢** 舟山中学2015级中美AP班的张在溟同学参与本文的数据分析作图工作, 在此表示感谢!

**收稿日期** 2018-05-06

相同。

**2.2 鱼溶浆工艺制备** 采用酶解法制备鱼溶浆,工艺流程如图 1 所示。

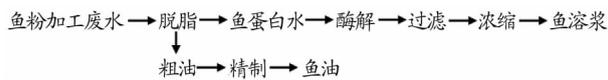


图 1 鱼溶浆制备工艺流程

Fig.1 Preparation process of fish soluble pulp

在所采用的制备工艺中,水解用酶为中性蛋白酶,加酶量 250 U/g,酶解温度 52 ℃,酶解时间 2.5 h。脱脂工艺使用三相卧螺离心机,使得油相成分相互分离,即获得较低油脂鱼蛋白水。浓缩工艺采用浓缩器真空减压蒸发其水分。

**2.3 测定化学组分** 总水分:参考 GB/T 5009.3-2003,采用直接干燥法;钾含量:参考 GB/T 5009.91-2003,采用火焰发射光谱法;氮含量:参考 GB/T 6432-94,采用凯氏定氮法;磷含量:参考 GB/T 5009.87-2003,采用分光光度法;脂肪含量:参考 GB/T 6433-2006,采用索氏抽提法;糖含量:蒽酮比色法。

**2.4 测定水解度** 甲醛电位滴定法<sup>[6]</sup>测定氨基态氮,按公式(1)计算水解度<sup>[7]</sup>:

$$DH(\%) = \frac{\text{水解后氨基态氮} - \text{水解前氨基态氮}}{\text{原料中总氮}} \times 100 \quad (1)$$

**2.5 氨基酸组成分析** 采用氨基酸自动分析仪测定。

**2.6 测定体长和体重平均值** 在每个南美白对虾饲养池中随机取 40 尾,测量体长,并取平均值。

用捕虾网在水池捕捉 1 kg 以上南美白对虾,并进行计数,按公式(2)计算平均体重:

$$\text{平均体重}(g) = \frac{\text{总虾量}}{\text{总尾数}} \quad (2)$$

**2.7 成活率、产量统计及饵料系数计算** 产量是指在养殖结束时,养成对虾的总重量。本试验在每口塘对虾起捕后分别统计产量,试验组和对照组的产量取平均值。

成活率是指在养殖结束时,成活对虾的数量占投苗数量的百分比。按公式(3)计算,试验组和对照组的成活率取平均值:

$$\text{成活率} = (\text{剩余对虾数量} / \text{投苗数量}) \times 100\% \quad (3)$$

饵料系数是指养殖对象增加一单位重量所消耗饵料的质量,按公式(4)计算,试验组和对照组的饵料系数取平均值:

$$\text{饵料系数} = (\text{总投饵料} / \text{对虾总增重量}) \times 100\% \quad (4)$$

**2.8 血清免疫指标测定方法** 起捕后需即刻从 6 个饲养池中各取 3 尾作为待测样品,要求产品活力较好,规格相同且健康。从样品虾围心腔内抽血样,采用 500 U/mL 的肝素钠溶液作为抗凝剂。经 2500 r/min 高速离心机,离心 10 min 后取上清液为血清样品。

采用赛默飞世尔科技有限公司的快速检测试剂盒,快速检测样品血清中超氧化物歧化酶(SOD)、酚氧化酶(PO)、过氧化氢酶(CAT)、碱性磷酸酶(AKP)。将两组样品检测结果取平均值。

**2.9 数据分析** 采用 Excel 2007 和 Origin 7.5 进行数据处理

和作图;使用 word 2007 作表;引用显著性差异分析( $P < 0.05$ )和方差分析方法,使用 SPSS19.0 软件操作。

### 3 结果

**3.1 鱼粉加工废水营养成分的分析** 采用湿法生产的鱼粉加工废水经测定后,pH 为 6.8,其主要营养成分分析结果如表 1 所示。

表 1 鱼粉加工废水主要营养成分

Table 1 The main nutrients of fish meal waste water

成分 Component	含量 Content//g/L
总固体 Total solid	91.29
脂肪 Fat	16.37
总氮 Total nitrogen	9.03
总糖 Total sugar	1.87
总磷 Total phosphorus	0.075
总钠 Total sodium	0.212
总钾 Total potassium	0.207

蛋白质含量和氨基酸组成是南美白对虾饲料中最重要的营养指标,因此对废水的氨基酸组成进行了分析,结果见表 2。南美白对虾必需氨基酸含量为 23.55 mg/g,所测结果显示,废水中各种氨基酸平衡、种类齐全,总含量高达 55.50 mg/g,占总氨基酸含量的 42.43%,是南美白对虾饲料营养剂的理想原料。

表 2 鱼粉加工废水的氨基酸组成

Table 2 The amino acid composition of fish meal waste water

氨基酸名称 Amino acid name	含量 Content//mg/g
天门冬氨酸 Asp	4.13
苏氨酸 Thr *	2.21
丝氨酸 Ser	2.18
谷氨酸 Glu	8.66
甘氨酸 Gly	7.72
丙氨酸 Ala	5.17
胱氨酸 Cys	痕量
缬氨酸 Val *	1.85
蛋氨酸 Met *	1.26
异亮氨酸 Ile *	1.18
亮氨酸 Leu *	3.63
酪氨酸 Tyr	0.92
苯丙氨酸 Phe *	1.51
组氨酸 His *	5.03
赖氨酸 Lys *	4.22
精氨酸 Arg *	2.66
脯氨酸 Pro	3.17
总含量	55.50

注: \* 代表南美白对虾必需氨基酸

Note: \* stands for essential amino acids for *P.vannamei*

**3.2 试验饲料配方的氨基酸组成** 试验组和对照组投喂饲料的氨基酸分析结果如表 3。结果显示:添加鱼溶浆的试验饲料与对照组饲料的氨基酸相比,总量增加 9.02%;与南美白对虾的必需氨基酸模式比较,试验饲料和基础饲料的必需氨基酸总量充足,分别增加了 57.48%、47.95%,两种饲料的限制性氨基酸都是异亮氨酸,但对照组相对更缺乏;除蛋氨

酸和精氨酸外,其它必需氨基酸含量试验组饲料均高于对照组,特别是缬氨酸、异亮氨酸等含量均接近或超过对照组8%,两组均能满足幼虾的需求,但试验组比对照组多

15.49%。综上可知,添加了鱼溶浆的试验饲料不仅富含蛋白,而且氨基酸模式更好,更能满足南美白对虾生长的氨基酸需要。

表3 饲料配方所含氨基酸分析与部分氨基酸含量评分

Table 3 The analysis of the amino acid composition of feed formula and the score of some amino acid content

氨基酸种类 Amino acids	对照组 Control group mg/g	试验组 Test group mg/g	氨基酸含量增长率 Amino acid content growth rate//%	南美白对虾幼 虾必需氨基 酸需求模式 <sup>[8]</sup> Demand model of essential amino acids fo <i>P.vannamei</i> //mg/g	对照组氨 基酸评分 Score of amino acid in control group	试验组氨 基酸评分 Score of amino acid in test group
天门冬氨酸 Asp	30.1	33.6	11.63	-	-	-
苏氨酸 Thr *	9.2	9.4	2.17	7.7	1.19	1.22
丝氨酸 Ser	14.6	16.8	15.07	-	-	-
谷氨酸 Glu	52.0	58.4	12.31	-	-	-
甘氨酸 Gly	17.0	19.4	14.12	-	-	-
丙氨酸 Ala	21.0	23.2	10.48	-	-	-
胱氨酸 Cys	5.2	5.8	11.54	-	-	-
缬氨酸 Val *	14.8	16.0	8.11	9.0	1.64	1.78
蛋氨酸 Met *	6.8	6.6	-2.94	4.8	1.42	1.36
异亮氨酸 Ile *	12.6	13.6	7.94	14.5	0.87	0.94
亮氨酸 Leu *	24.0	26.0	8.33	11.3	2.12	2.30
酪氨酸 Tyr	7.8	8.3	6.41	-	-	-
苯丙氨酸 Phe *	14.2	15.2	7.04	8.5	1.67	1.79
组氨酸 His *	10.6	11.7	10.38	4.2	2.52	2.79
赖氨酸 Lys *	14.2	16.4	15.13	14.3	0.99	1.15
精氨酸 Arg *	19.4	19.0	-2.06	16.0	1.21	1.19
脯氨酸 Pro	11.2	12.0	7.14	-	-	-
合计 Total	284.7	311.4	9.02	90.3	133.6	142.2

注: \* 代表南美白对虾必需氨基酸

Note: \* stands for essential amino acids for *P.vannamei*

**3.3 添加鱼溶浆对南美白对虾生长的影响** 在对虾养殖过程中,定期测量各池塘对虾的生长指标,结果如图2,3所示。在4月20日—5月10日对照组和试验组南美白对虾生长缓慢,所测得体重、体长指标无明显区别,水温较低为主要原因,虾苗的摄食受到了一定影响;5月10日—20日,两组的生长速度明显加快,可能与水温不断上升有关,南美白对虾达到最适生长温度,但两组差异不明显,两组对虾的平均体重指标、平均体长指标约在2.9 g、6.1 cm;5月20日开始,试验组与对照组南美白对虾差异显著,试验组生长速度提升明显。在上市条件方面,对照组较试验组偏晚7~9 d,试验组各池塘在7月16日起捕。

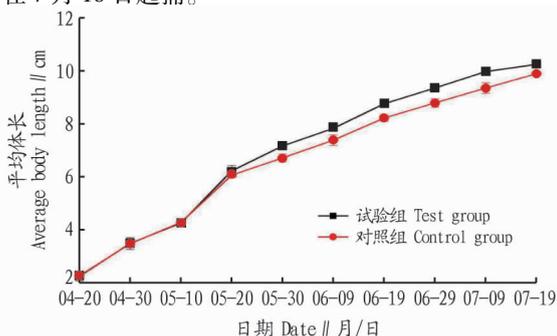


图2 平均体长动态变化

Fig.2 Average body length dynamic change

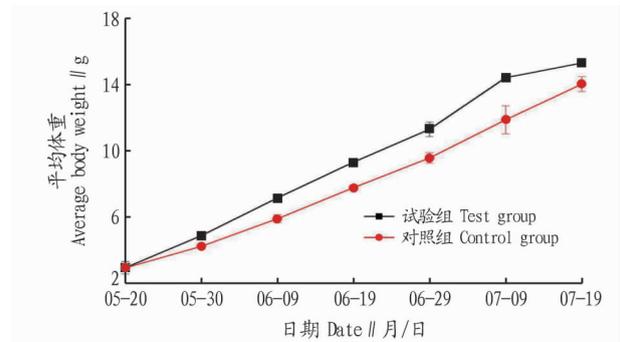


图3 平均体重动态变化

Fig.3 Average body weight dynamic change

**3.4 添加鱼溶浆组的南美白对虾养殖产出率** 7月16日开始,试验组的3口池塘起捕,7月27日捕完,而对照组中1号、2号池塘在7月23日开始起捕,3号池塘在7月25日起捕,7月31日捕完。每口池塘对虾起捕后,对产量和成活率进行统计,并计算饵料系数,结果见表4。对照组的饵料系数高于试验组,且差异显著( $P < 0.05$ ),表明对照组饲料的生物利用率低,试验组更高,原因是鱼溶浆具有浓郁的腥香味,对南美白对虾有一定的诱食作用,适口性好,所以提高了饲料的利用率;试验组的平均产量和平均成活率无显著差异( $P > 0.05$ ),但试验组比对照组提前7~9 d起捕上市,说明试验组对虾的生长速率快,提前上市降低了生产成本,且高价格增

加了生产效益。由于气温适宜并且养殖水体环境较好,两组池塘的南美白对虾未出现疫情,因此各池塘南美白对虾产量无明显差别。

**3.5 血清免疫指标** 测定两组对虾血清的免疫指标,结果见

表 4 养殖效果对比

Table 4 Comparison of breeding effect

分组 Grouping	饵料系数 Feed coefficient	产量 Yield//kg	成活率 Survival rate//%
试验组 Test group	1.43±0.03a	1365.33±45.78a	79.64±2.7a
对照组 Control group	1.51±0.05b	1359.83±22.22a	79.32±1.30a

注:表中平均值右上角英文字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different letters in the upper right corner of the average value stand for significant differences ( $P<0.05$ )

表 5 血清中非特异性免疫酶活力

Table 5 Non-specific immune enzyme activity in serum

分组 Grouping	碱性磷酸酶 金氏单位/100 mL	过氧化氢酶 (U/mL)	酚氧化酶 (U/mL)	超氧化物歧化酶 (U/mL)
试验组 Test group	10.34±1.29 a	1.78±1.13 a	22.13±1.67 a	56.85±1.36 a
对照组 Control group	19.18±1.84 b	2.89±1.87 b	32.68±3.88 b	57.05±1.55 a

注:表中数值右上角英文字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different letters in the upper right corner of the average value stand for significant differences ( $P<0.05$ )

#### 4 讨论

在实际养殖过程中,投喂添加鱼溶浆饲料的试验组对虾的生长速度明显高于对照组,提前 7~9 d 上市,且饵料系数降低了 5.3%,试验组饲料有明显促生长的优势。已有的研究表明,对虾的蛋白质代谢需要各种必需氨基酸之间有一个适当比例,饲料中蛋白质的氨基酸组成比例越接近对虾蛋白质的氨基酸组成,则越容易被吸收利用,其营养价值就越高<sup>[9]</sup>。在文中试验组的氨基酸比例均衡,且氨基酸评分较对照组高,试验组饲料中蛋白质的氨基酸组成比例也更接近虾体蛋白质的氨基酸组成,这应该是促进南美白对虾生长的重要原因之一,并且低的饵料系数也能缓解水体富营养化的程度。另外,有多篇文献报道,影响虾类的生长情况的直接因素之一是赖氨酸的含量。饲料中赖氨酸含量从 1.44% 增加到 1.85% 时,南美白对虾的增重率和特定生长率显著提高<sup>[10]</sup>,张微微等(2013)<sup>[11]</sup>在克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)的研究中也得到相似的结论。本次试验中,试验组的赖氨酸含量较对照组饲料增加 15%,试验组南美白对虾生长速度加快,也又一次验证了赖氨酸含量对南美白对虾生长有着显著的影响。另外,鱼溶浆中含有丰富的小分子营养物质,这些营养物质可以直接被南美白对虾肠道吸收,例如游离氨基酸、小肽等,这也是促进其生长的因素之一。

该研究分析了南美白对虾血清中 4 种非特异性免疫酶(过氧化氢酶(CAT)、酚氧化酶(PO)、超氧化物歧化酶(SOD)、碱性磷酸酶(AKP))的活力,其中试验组南美白对虾血清中 PO、AKP、CAT 三种酶的活力明显高于对照组( $P<0.05$ ),仅 SOD 酶活无明显差异( $P>0.05$ )。可能原因是试验饲料富含游离氨基酸、小肽、牛磺酸等小分子营养物质,有利于合成与免疫相关的蛋白和酶。PO、AKP、SOD、CAT 等非特异性免疫酶在一定程度上反映机体免疫功能的强弱<sup>[12]</sup>,这些免疫因子的水平已被证实在甲壳动物免疫中发挥重要作用。酚氧化

酶 5。试验组南美白对虾血清中碱性磷酸酶(AKP)活力、过氧化氢酶(CAT)活力与酚氧化酶(PO)活力明显高于对照组,差异显著( $P<0.05$ )。但两组的超氧化物歧化酶(SOD)活力无明显差异( $P>0.05$ ),均在 57 U/ml 左右。

酶原 PO 是对虾重要的防御和识别系统,碱性磷酸酶 AKP 是动物体内重要的解毒酶类<sup>[13]</sup>,超氧化物歧化酶 SOD 和过氧化氢酶 CAT 在清除超氧自由基,防止生物分子损伤方面发挥重要的生理作用;因此推知试验组南美白对虾因其血清中 AKP、CAT、PO 三种酶的活力较高,能更好地应对养殖环境的变化,特别是在应激条件下可以更好的调节适应。此外鱼溶浆的添加,使饲料氨基酸组成更平衡,饵料系数降低后,可以使水体中的氨氮和亚硝酸盐氮含量下降,从而减少了氨氮和亚硝酸盐对南美白对虾免疫功能的不良影响。

该研究还发现,试验组对降低养殖水体中亚硝酸盐氮和氨氮浓度有一定的作用,其中关键因素是水体的溶解氧。当分别处在溶解氧充足、不足条件下时,亚硝酸盐氮分别在硝化菌的作用、反作用下,转化为完全不同的产物即无毒的硝酸盐和氨氮<sup>[12]</sup>。试验组平均溶解氧比对照组高 0.16 mg/L<sup>[14]</sup>。可能原因是鱼溶浆中丰富的小肽、氨基酸等小分子营养物质还被养殖水体中的浮游藻类和有益微生物吸收,从而有助于这些微生物的生长,浮游藻类的光合作用产生大量的氧气,使水体中的溶解氧显著升高,微生物的配合使水体中的氨氮和亚硝酸盐氮下降,为南美白对虾的生长提供有利条件。

一般以新鲜水产品为原料的鱼溶浆,有着价值低廉、生产方法简便、生产耗能低、且水解过程属温和反应等优势,且原料中的各种营养成分保存比较完整,故其在饲料上的利用效果远远优于同类原料制成的鱼粉<sup>[15]</sup>,因此,鱼溶浆在饲料中的利用对于环保和增效都具有重要的推广价值。

#### 参考文献

- [1] 刘长军,周志强,吴昌文.南美白对虾养殖技术之二 利用大棚多茬养殖南美白对虾技术[J].中国水产,2007(11):30-31.
- [2] 曾呈奎,相建海.海洋生物技术[M].济南:山东科学技术出版社,1998.
- [3] 李卓佳,张汉华,郭志勋,等.虾池浮游微藻的种类组成、数量和多样性变动[J].湛江海洋大学学报,2005,25(3):29-34.

水 30%,在此条件下处理 7 d 对秸秆粗蛋白质含量的影响最大,显著提高了秸秆可利用粗蛋白水平。

**3.2 复合化学处理对秸秆粗纤维含量的影响** 尿素和氢氧化钙是处理秸秆的常用方法,此种方法不仅可以使沉积的氮转化成非蛋白含氮物,增加秸秆中粗蛋白质含量,而且可以提高秸秆中粗纤维的消化率。此时,粗纤维素含量下降,酸性洗涤纤维的含量也有所下降。玉米秸秆经氨化处理,木质素含量呈下降的趋势,这是因为氨化处理破坏了秸秆细胞壁中的木质素-半纤维素-纤维素的复合结果,使得半纤维素和木质素从细胞比中游离出来<sup>[5-6]</sup>,这也是氨化处理能够提高秸秆粗纤维消化率的根本原因。由于尿素在低温下分解速度较慢,影响氨化秸秆的效率。毛华明等<sup>[7]</sup>试验表明加过量氢氧化钙的条件下,可以提高尿素的氨化效果,加快尿素氨化秸秆的效率。Zaman 等<sup>[8]</sup>试验结果表明,每千克秸秆用 30% 尿素、60%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和 0.8 L 水的组合处理秸秆能获得良好的效果。综合各方面因素,该研究中  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  为 8%,尿素为 8%,水为 40%,在此条件下处理秸秆 28 d 对粗纤维含量的影响最大。

**3.3 复合化学处理对秸秆中性洗涤纤维含量的影响** 秸秆经氨化处理,其细胞壁结构被破坏,表现为玉米秸秆经氨化处理后中性洗涤纤维含量下降,提高了秸秆的消化率和营养价值。曹玉凤等<sup>[9]</sup>报道,经尿素、氢氧化钙和食盐复合化学处理秸秆(麦秸、稻秸),其中性洗涤纤维(NDF)降低 11.6%~12.0% ( $P<0.05$ )。莫放等<sup>[10]</sup>用尿素(4%)和氢氧化钙(4%)处理玉米秸秆,其 NDF 含量可降低 0.7%,酸性洗涤纤维(ADF)含量可降低 12.1%。该试验中利用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和尿素处理后有效降低了秸秆的 NDF 含量,在  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  8%、尿素 6%、水 40% 的条件下处理 21 d 对中性洗涤纤维含量的影响最大。

**3.4 复合化学处理对秸秆酸性洗涤纤维含量的影响** 曹春梅等<sup>[11]</sup>利用酸、碱及过氧化氢等不同化学物质处理玉米秸秆,结果表明过氧化氢对 NDF 含量无影响,强酸、强碱是降

低秸秆纤维性物质最有效,其中碱比酸更有效。Flachowsky 等<sup>[12]</sup>认为秸秆湿度与尿素降解有关,所以在处理秸秆时必须考虑水分问题,当秸秆湿度为 60% 时,尿素分解成氨的速度最快。该试验中在  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  8%、尿素 8%、水 65% 的条件下处理 28 d 对酸性洗涤纤维含量的影响最大。

#### 4 结论

复合化学处理后,秸秆中蛋白质含量得到显著提高。玉米秸秆经复合化学方法处理后中性洗涤纤维含量下降,提高了秸秆的消化率和营养价值。综合比较各指标,复合化学方法处理以  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  4%、尿素 8%、水 40% 条件下处理 7 d 效果最佳。

#### 参考文献

- [1] 李浩波. 秸秆饲料学[M]. 西安: 西安地图出版社, 2002.
- [2] 毕云霞. 饲料作物种植及加工调制技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [3] 斯日古楞, 高丽娟, 杨晓松, 等. 玉米秸秆氨化中不同尿素水平对其品质的影响[J]. 饲料博览, 2014(6): 50-53.
- [4] 黄金华, 王士长, 周贞兵, 等. 氨化及青贮秸秆的营养价值研究[J]. 饲料研究, 2009(10): 65-68.
- [5] HARTLEY R D, JONES E C. Effect of aqueous ammonia and other alkalis on the in-vitro digestibility of barley straw[J]. J Sci Food Agric, 1978, 29(2): 92-98.
- [6] BUETTNER M R, LECHTENBERG V L, HENDRIX K S, et al. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) hay[J]. J Anim Sci, 1982, 54(1): 173-178.
- [7] 毛华明, 朱仁俊, 冯仰廉. 饲喂复合化学处理大麦秸颗粒对泌乳牛生产性能的影响[J]. 云南农业大学学报, 1999, 14(2): 167-170.
- [8] ZAMAN M S, OWEN E. The effect of calcium hydroxide and urea treatment of barley straw on chemical composition and digestibility in vitro[J]. Animal feed science and technology, 1995, 51(1/2): 165-171.
- [9] 曹玉凤, 李英, 刘荣昌, 等. 复合化学处理秸秆对肉牛生产性能的影响[J]. 中国草食动物, 2000, 2(1): 13-16.
- [10] 莫放, 冯仰廉, 杨雅芳, 等. 化学处理对秸秆秕壳的瘤胃有机物降解率的影响[J]. 动物营养学报, 1996, 8(1): 22-27.
- [11] 曹春梅, 闫贵龙, 屈振华, 等. 适宜化学制剂降低秸秆纤维性物质的研究[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2006, 22(1): 53-57.
- [12] FLACHOWSKY G, OCHRIMENKO W I, SCHNEIDER M, et al. Evaluation of straw treatment with ammonia sources on growing bulls[J]. Animal feed science and technology, 1996, 60(1/2): 117-130.

(上接第 73 页)

- [4] 张杰, 杨秀来, 王骥腾. 南美白对虾大棚设施多茬养殖技术[J]. 江西水产科技, 2012, 23(2): 25-28.
- [5] 宁波市海洋与渔业研究院, 慈溪市水产技术推广中心, 象山县水产技术推广站, 等. 池塘底充式增氧技术规范: DB 33/T 849—2011[S]. [出版地不详]: [出版者不详], 2012.
- [6] 杜苏英. 食品分析与检验[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 111-113.
- [7] ADLER-NISSON J. Limited enzymic degradation of proteins: A new approach in the industrial application of hydrolases[J]. Chemistry technology biotechnology, 1982, 32(1): 138-156.
- [8] 黄凯, 王武, 李春华. 南美白对虾必需氨基酸的需要量[J]. 水产学报, 2003, 27(5): 456-461.
- [9] 王彩理, 刘丛力, 滕瑜. 南美白对虾的营养需求及饲料配制[J]. 天津水

产, 2008(Z1): 7-12.

- [10] 曾雯娉, 凡纳滨对虾幼虫对赖氨酸、蛋氨酸、精氨酸和苯丙氨酸需要量的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2012.
- [11] 张微微, 徐维娜, 王莹, 等. 饲料中赖氨酸水平对克氏原螯虾生长、体组成与消化酶活性的影响[J]. 中国水产科学, 2013, 20(2): 402-410.
- [12] 沈文英, 傅玲琳, 李卫芬. 枯草芽孢杆菌表达的 VP28 对南美白对虾免疫力及抗病感染的影响[J]. 水生生物学报, 2012, 36(2): 375-378.
- [13] 孙国铭, 汤建华, 仲霞铭. 氨氮和亚硝酸氮对南美白对虾的毒性研究[J]. 水产养殖, 2002(1): 22-24.
- [14] 石磊, 袁家俊, 邵国洱, 等. 南美白对虾大棚高效养殖池塘理化因子与浮游藻类动态变化研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2017, 36(2): 151-158.
- [15] 林建云. 鱼溶浆的制备及其在水产饲料中的应用[J]. 福建水产, 1994(2): 7-10.

## 科技论文写作规范——讨论

着重于研究中新的发现和重要方面,以及从中得出的结论。不必重复在结果中已评述过的资料,也不要模棱两可的语言,或随意扩大范围,讨论与文中无多大关联的内容。