

复合化学方法对玉米秸秆的处理效果研究

王芳¹, 李伟², 韩永胜², 宋雪莹², 郝剑刚³ (1. 齐齐哈尔大学生命科学与农林学院, 黑龙江齐齐哈尔 161006; 2. 黑龙江省畜牧研究所, 黑龙江齐齐哈尔 161005; 3. 国家肉牛牦牛产业技术体系乌拉盖综合实验站, 内蒙古锡林郭勒 026321)

摘要 [目的] 研究复合化学方法对玉米秸秆的处理效果。[方法] 采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验设计, 研究秸秆含水量、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 用量、尿素用量和处理时间对玉米秸秆品质的影响。[结果] 玉米秸秆复合处理的最好条件如下: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4%, 尿素 8%, 水 40%, 在此条件下处理 7 d 效果最佳。[结论] 该研究可为生产中更合理地利用秸秆饲喂家畜提供理论依据和方法。

关键词 玉米秸秆; 化学方法; 粗蛋白; 酸性洗涤纤维

中图分类号 S816.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)36-0074-04

Study on the Disposal Effects of Composite Chemical Methods on Maize Straw

WANG Fang¹, LI Wei², HAN Yong-sheng² et al (1. College of Life Sciences, Agriculture and Forestry, Qiqihar University, Qiqihar, Heilongjiang 161006; 2. Institute of Animal Science and Husbandry of Heilongjiang Province, Qiqihar, Heilongjiang 161005)

Abstract [Objective] To study the disposal effects of composite chemical methods on maize straw. [Method] Using $L_{16}(4^5)$ orthogonal test design, the effects of straw moisture content, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dosage, urea dosage and processing time on the quality of corn stalk were studied. [Result] The best composite processing conditions of corn stalk were as follows: 4% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 8% urea, 40% water content, and the effects of processing for 7 d under these conditions were the best. [Conclusion] The research could provide theoretical basis and method for more reasonable use of straw stalk for feeding livestock.

Key words Maize straw; Chemical methods; Crude protein; Acid detergent fiber

玉米秸秆作为农作物副产品, 可用做肥料、饲料、能源及工业生产的原料, 玉米秸秆含粗蛋白质 3.5%, 粗脂肪 1.9%, 粗纤维 23.9%, 无氮浸出物 49.1%, 钙 0.39%, 磷 0.23%, 纤维素含量高, 消化率较低^[1-2]。目前常用的秸秆处理方法有物理、化学及微生物方法等。物理、化学方法具有投入少、易处理等优点, 可以广泛推广。复合化学方法是指使用几种化学试剂同时处理粉碎秸秆。该试验选择 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和尿素作为试验试剂, 且生产中影响因素较多, 很难把握处理时水分添加量和处理时间。为此, 笔者将秸秆含水量和处理时间也作为研究因素开展了此项试验, 旨在为生产中更合理地利用秸秆饲喂家畜提供理论依据和方法。

1 材料与方

1.1 试验材料 2015 年 4 月 2—15 日, 采集齐齐哈尔市郊当年新鲜枯黄期玉米秸秆, 将秸秆切割成 2~3 cm 长, 烘干后保存。

1.2 试验方法

1.2.1 预处理秸秆。 称取 100 g 玉米秸秆, 将准确称量的尿素和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 先后溶入不同重量的水中, 然后在搪瓷盆中将尿素、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液均匀喷洒到玉米秸秆上, 边喷洒边搅拌, 每个处理 3 个重复, 每个重复 30 g, 盛在封口塑料袋中, 挤掉袋内的空气后封口。在 20~25 °C 室温下放置不同时间, 每天检查封口袋的密封情况。试验期结束后开封, 取出处理的玉米秸秆在 65 °C 烘箱中烘干, 制成风干样品, 过 0.45 mm 筛, 放入密封袋中保存备用。

1.2.2 复合处理秸秆试验设计。 复合处理效果受秸秆含水量、试剂用量、处理温度和时间等因素的影响。试验采用 4

因素 4 水平正交试验设计 $L_{16}(4^5)$, 具体设计见表 1, 试验组有 16 个处理组, 对照组秸秆不处理。

表 1 正交试验因素与水平

Table 1 The factors and levels of orthogonal test

水平 Level	因素 Factor				
	A $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 添加量 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dosage//%	B 尿素 添加量 Urea dosage %	C 空列 Blank	D 水添加量 Moisture content %	E 时间 Time//d
1	2	2	—	30	7
2	4	4	—	40	14
3	6	6	—	65	21
4	8	8	—	60	28

1.2.3 秸秆理化指标的测定。

1.2.3.1 粗蛋白含量的测定。 采用国家标准 GB/T 6432—1994 测定秸秆中粗蛋白含量。

1.2.3.2 中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量的测定。 采用范氏 (Van Soest) 的洗涤纤维分析法测定中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的含量。

1.2.4 数据统计与分析。 试验数据使用 SPSS 统计软件中 ANOVA 过程进行方差分析, 并进行 Duncan's 多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 复合化学处理后秸秆主要成分的变化 由表 2 可知, 样品 17 为对照未处理组。生产中一般认为, 秸秆经处理后有效提高了秸秆的粗蛋白含量, 降低了粗纤维含量, 降低了中性洗涤纤维含量, 提高了酸性洗涤纤维含量, 说明处理效果好。第 8 组粗蛋白含量最高 (18.38%), 比对照高 15.35%, 第 10 组粗纤维含量最低 (30.01%), 第 9 组中性洗涤纤维含量最低 (48.12%), 第 15 组酸性洗涤纤维含量最高 (43.84%)。

基金项目 国家现代农业 (肉牛牦牛) 产业技术体系专项 (CARS-37)。
作者简介 王芳 (1981—), 女, 山东即墨人, 讲师, 博士, 从事植物病理方面的研究。

收稿日期 2018-08-08; **修回日期** 2018-08-17

表 2 复合化学处理后秸秆的主要成分分析

Table 2 The main components analysis of corn after composite chemical methods

试验号 Test No.	粗蛋白 Crude protein	粗纤维 Crude fiber	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber
1	6.53	30.46	50.01	36.31
2	7.49	33.85	50.62	41.50
3	6.45	32.93	50.74	37.93
4	8.03	31.77	50.47	40.02
5	4.45	34.55	48.85	41.27
6	4.61	34.76	49.66	41.51
7	12.84	32.12	49.65	37.49
8	18.38	31.55	49.59	39.41
9	5.47	33.99	48.12	40.43
10	9.20	30.01	48.56	39.07
11	7.90	33.06	49.79	41.67
12	17.26	36.34	49.17	43.49
13	3.99	31.64	50.65	42.10
14	9.20	33.69	50.85	36.90
15	13.93	37.19	50.23	43.84
16	17.36	35.78	49.17	43.45
17(对照)	3.03	35.85	50.87	43.52

%(按干基计)

2.2 复合化学处理对秸秆粗蛋白含量的影响 为了进一步分析 4 个因素对秸秆粗纤维含量的影响,采用因变量为粗纤维的主体间效应检验方法。从图 1 可以看出,4 个因素中,只有尿素添加量(B)对粗蛋白含量的影响显著($P<0.05$),其他因素对粗蛋白含量的影响均不显著。

根据 4 种因素对粗蛋白含量影响的估算边际均值可以看出, $A_4B_4D_1E_1$ 处理对粗蛋白含量的影响效果最佳。

2.3 复合化学处理对秸秆粗纤维含量的影响 为了进一步分析 4 个因素对秸秆粗纤维含量的影响,采用因变量为粗纤维的主体间效应检验方法。从图 2 可以看出,4 个因素对秸秆粗纤维含量的影响均不显著($P>0.05$)。但影响程度略有差异,影响程度从大到小依次为 A、D、E、B。

根据 4 种因素对粗纤维含量影响的估算边际均值可以看出, $A_4B_4D_2E_4$ 组合对粗纤维含量的影响效果最佳。

2.4 复合化学处理对秸秆中性洗涤纤维含量的影响 为了进一步分析 4 个因素对秸秆中性洗涤纤维含量的影响,采用因变量为中性洗涤纤维的主体间效应检验方法。从图 3 可以看出,4 个因素中 B、D、E 因素对中性洗涤纤维含量的影响显著($P<0.05$),A 因素对中性洗涤纤维含量的影响极显著($P<0.01$)。

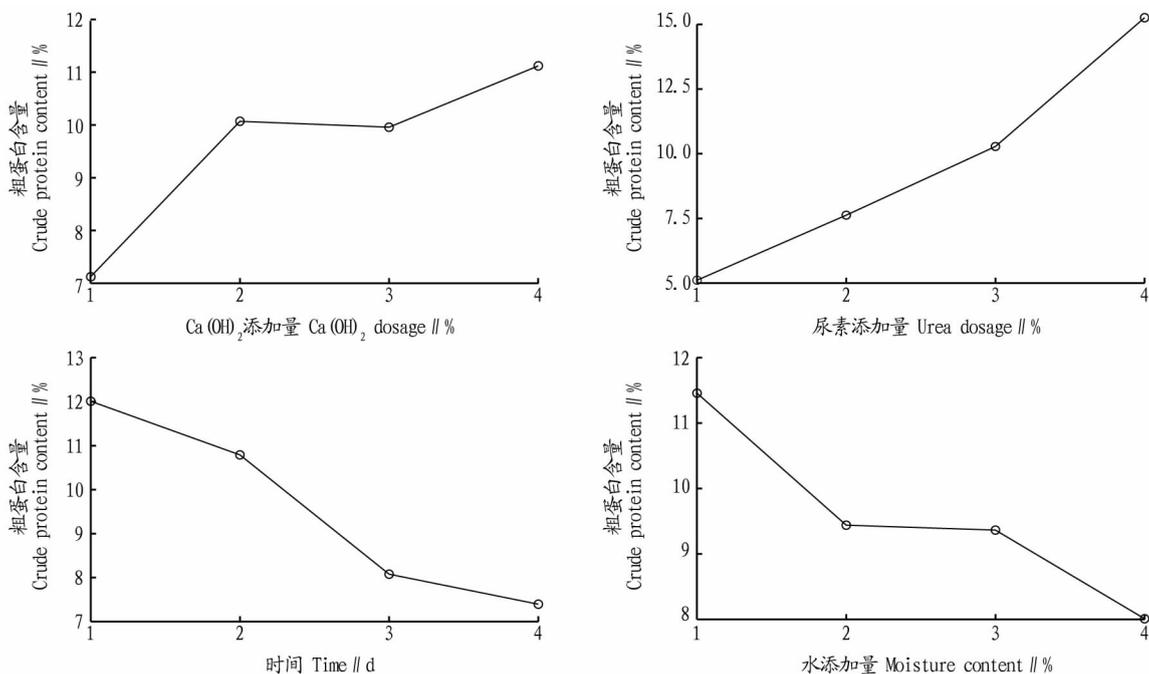


图 1 粗蛋白含量的估算边际均值

Fig.1 The estimated marginal mean of crude protein content

根据 4 种因素对粗纤维质影响的估算边际均值可以看出, $A_1B_3D_2E_3$ 组合对粗纤维的影响效果最佳。

3 讨论

粗饲料普遍应用于反刍动物日粮中,其碳水化合物丰富,主要是粗纤维,能够反映动物对饲料的咀嚼和消化等特性。与粗纤维相比,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量反映日粮中纤维物质营养更为准确。粗纤维包括部分半纤维素、

木质素和纤维素等,而中性洗涤纤维包含纤维素、木质素和半纤维素和不溶性灰分,酸性洗涤纤维包括纤维素、木质素和酸不溶灰分。因此,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的测定值高于粗纤维含量。酸性洗涤纤维(ADF)与 NDF 的不同之处在于 NDF 含有大量的半纤维素和少量蛋白质,而 ADF 则不含这些物质,因此 ADF 是饲料中最难消化的部分。

3.1 复合化学处理对秸秆粗蛋白含量的影响 经氨化后,秸

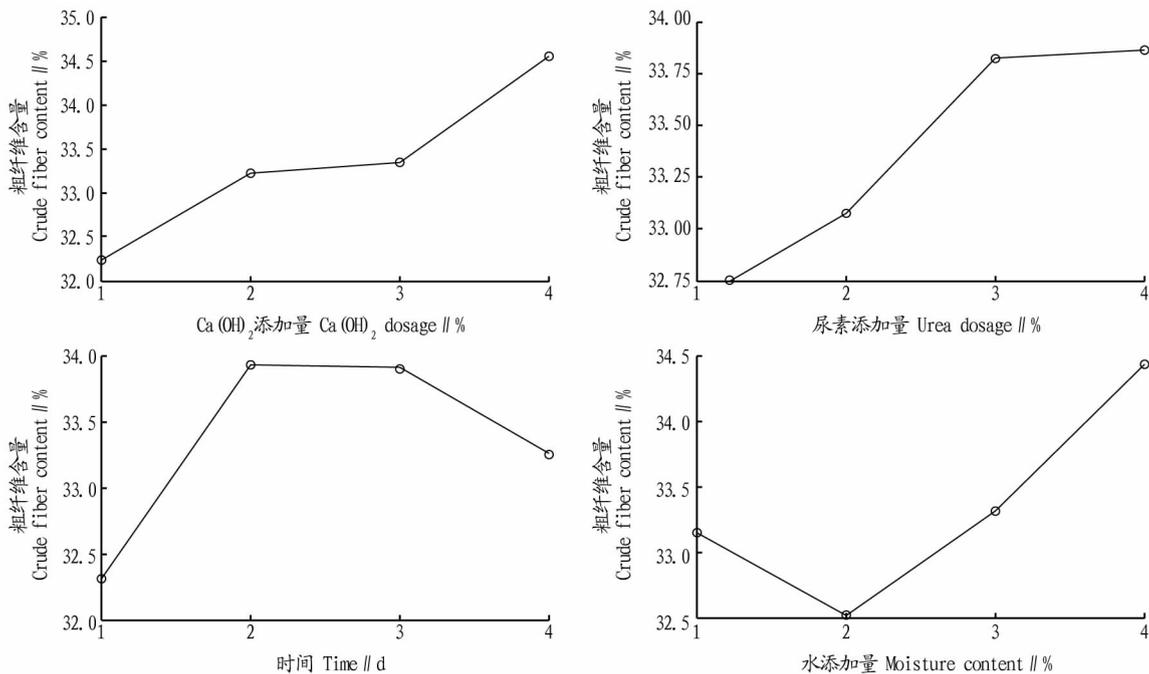


图2 粗纤维含量的估算边际均值

Fig.2 The estimated marginal mean of crude fiber content

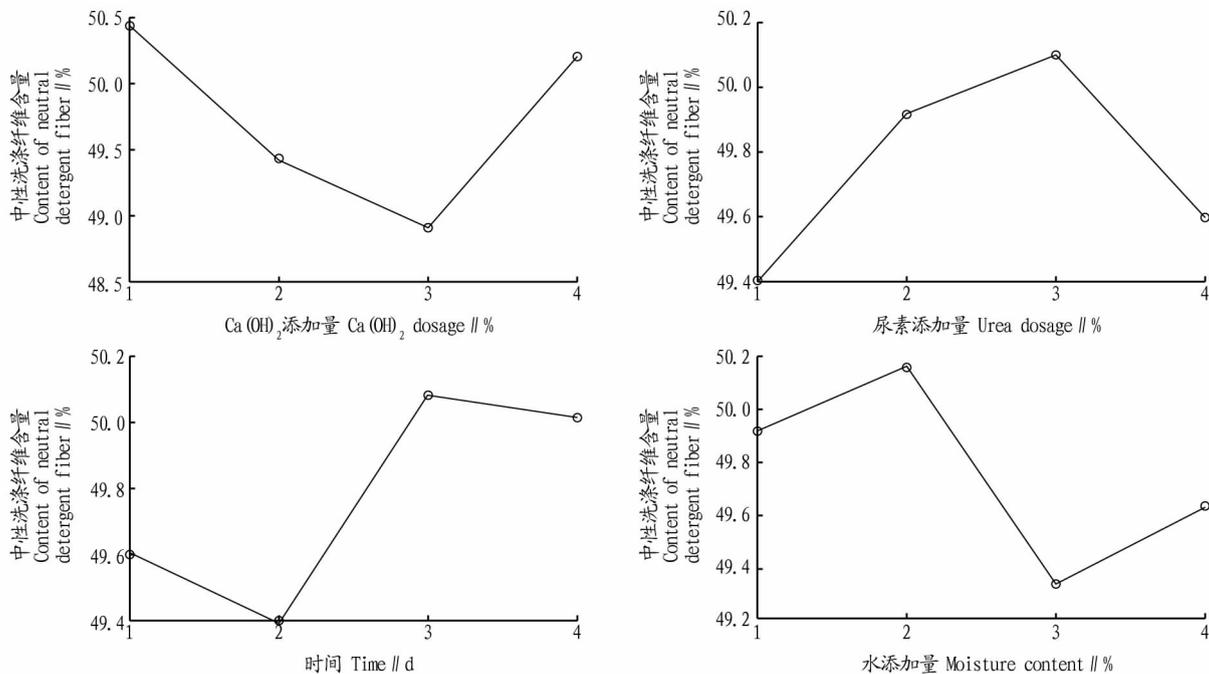


图3 中性洗涤纤维含量的估算边际均值

Fig.3 The estimated marginal mean of neutral detergent fiber content

秆中蛋白质含量显著提高。利用尿素氨化秸秆是一个简单而有效的技术。由于秸秆上含有尿酶,在加入尿素后呈碱性,尿素被分解为氨,氨与秸秆中的水结合生成氨水,氨水电离出铵离子和氢氧根离子,从而达到氨化处理的效果,且使用方便、安全。虽然尿素处理农作物秸秆是一种既廉价又安全的提高其营养价值的方法,但只有一部分氮在秸秆中被保留下来,大多数尿素氮以 NH_3 的形式被挥发掉,因此利用复合化学法处理秸秆可以大大降低氮的浪费。斯日古楞等^[3]

研究发现添加尿素 1%、2%、3%、4% 处理的蛋白质增加率分别为 9.8%、40.6%、49.8%、78.5%,氨化效率分别为 26%、64%、35%和 64%。黄金华等^[4]认为尿素氨化能显著提高玉米秸秆的蛋白质含量。在各期试验中处理组秸秆的粗蛋白质(CP)含量的提高幅度较大,主要是因为氨化处理秸秆时添加尿素而使其粗蛋白含量提高。这与该试验结果相一致,在 4 个因素中尿素对粗蛋白具有显著影响。该试验结果表明,秸秆复合处理的最佳条件如下: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 8%、尿素 8%、

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^[5-6],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^[7]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^[8]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^[9]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^[10]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^[11]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^[12]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秆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] 曾雯婷, 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。