

碳酸氢铵处理稻草的工艺条件的研究

徐宁迎 刘建新 吴耀明

(浙江农业大学牧医系, 杭州, 310029)

摘要 通过 4×4 (试验一) 及 5×5 (试验二) 两个二因子交叉有重复试验分别研究了碳酸氢铵用量、水分含量、处理温度和处理时间对稻草氨化效果的影响。碳酸氢铵用量、稻草水分含量各为四个水平(5%、8%、12%、15%及20%、35%、50%、65%), 处理温度, 处理时间各为五个水平(0, 10, 20, 30, 40℃及1, 2, 3, 4, 5周)。结果表明, 粗蛋白含量随碳酸氢铵的用量增加而增加, 用量在12%时达最高值(平均为11.2%); 同时, 中性洗涤纤维含量最低(平均为63.1%), 氮回收率适中(42.2%), 干物质消失率最高(50.1%)。当水分含量为35%时, 粗蛋白含量最高(10.5%), 中性洗涤纤维含量适中(65.7%), 氮回收率最高(48.9%)。因此可以认为, 碳酸氢铵的最佳用量为稻草用量的10%左右, 水分含量为稻草用量的35%左右。氨化时间与环境温度有交互作用, 在持续0℃左右的情况下, 塑料袋底存有未溶化的碳酸氢铵, 因而不宜进行氨化处理; 在10℃左右需1个月左右的处理时间, 在20℃左右需要2周左右时间; 在30℃以上只需1周左右时间。从本研究结果可以得出结论, 在适宜的处理条件下, 碳酸氢铵可作为氨化稻草的理想氨源。

关键词 碳酸氢铵 稻草 处理条件 营养价值

稻草系低质粗饲料, 资源广, 饲用价值低。提高稻草的饲用价值有多种处理方法, 其中以氨化处理较为理想。稻草经氨化处理, 可提高秸秆的粗蛋白含量, 改善秸秆的适口性, 提高家畜的采食量和有机物质的消化率, 减少采食时间^[4]。目前的研究多以液氨或尿素为氨源, 所以有必要寻求新的廉价氨源, 从而提出用碳酸氢铵(以下简称碳铵)氨化稻草的问题。影响稻草氨化效果的因素, 除氨源种类外, 还有氨用量、稻草含水量、环境温度和處理时间等因素。本文通过两个试验就氨用量、稻草含水量、环境温度和處理时间对稻草氨化效果的影响作一探索。

1 材料和方法

1.1 碳铵用量和稻草水分含量对稻草氨化效果的影响(试验一)

本试验采用二因子交叉有重复试验设计, 以碳铵用量和水分含量为因子, 各设4个水平。以风干稻草为基础, 碳铵用量为5%、8%、12%和15%, 水分含量为20%、35%、50%和65%(加水量分别为10%、25%、40%和55%), 共有16个水平组合, 每个水平组合设有2个重复, 共有32个样品。取质地良好的风干稻草0.5kg, 切成10cm左右的草段, 每个重复用草段0.5kg。用塑料袋法调制氨化稻草, 调制方法: 将0.5kg切短的稻草放入塑料袋中, 然后根

收稿日期: 1993-04-16

据试验设计用量将碳铵和水分均匀地撒于其上, 拌匀, 密封, 贮存于室内, 氨化时平均室温 25℃, 氨化时间为 2 周。

氨化效果评定: 氨化结束后, 打开塑料袋, 首先进行感官评定。然后放氨, 风干, 粉碎, 以备分析化学成分。分析指标为试样的干物质(DM), 粗蛋白(CP), 灰分(Ash)^[1], 中性洗涤纤维(NDF)^[8], 并根据下述公式计算氮回收率:

$$\text{氮回收率}(\%) = \frac{\text{氨化后 CP 含量} - \text{氨化前 CP 含量}}{\text{施加氨化剂的 CP 量}} \times 100\%$$

利用 4 头装有瘤胃瘘管的湖羊, 采用尼龙袋法^[5]在瘤胃中培养 48 小时, 用来测定各水平组合氨化稻草及原料稻草的干物质消失率。

各项指标均采用二因子交叉有重复的方差分析法检验其主效应及交互作用。对 F 检验差异显著的指标, 用新复极差法进行多重比较, 用非配对 t 测验法比较氨化稻草及原料稻草的各项指标, 并根据主要指标与因子的关系试配了一些二次方程^[2, 3], 用显著的二次方程来寻找因子的最佳处理条件。

1.2 环境温度及处理时间对稻草氨化效果的影响(试验二)

采用二因子交叉有重复的试验设计, 在碳铵用量及水分含量固定的情况下, 研究环境温度与氨化时间对氨化效果的影响。根据试验一的结果, 碳铵添加量确定为 10%, 水分含量确定为 35%, 温度设有 0, 10, 20, 30 和 40℃ 5 个水平, 时间设有 1, 2, 3, 4 和 5 周 5 个水平, 其中 0℃ 组还设有 7 周的时间水平。全部试验共有 26 个水平组合, 每个水平组合设有 2 个重复, 共 52 个样品。每个样品稻草用量为 100g, 用塑料袋法调制氨化稻草, 方法同试验一, 温度用冰箱、烘箱、恒温箱控制。氨化效果评定同试验一。

2 试验结果

2.1 感官评定

试验一: 塑料袋开封时, 所有水平组合都有强烈氨味, 稻草质地变软, 呈黄褐色, 且随碳铵用量增加质地变得更软, 色泽加深。当含水量为 20% 时, 塑料袋底部有未溶化的碳铵, 制得的氨化稻草相对较硬; 含水量 35% 以上时, 均获得色香俱佳的氨化稻草。

试验二: 塑料袋开封时, 所有水平组合都有强烈氨味, 稻草质地变软, 呈黄褐色, 且随温度升高, 时间延长, 稻草质地变软程度增加, 色泽加深。温度为 0℃, 时间为 7 周及温度为 10℃, 时间为 5 周的情况下, 塑料袋底仍留有少量未溶化的碳铵。温度为 0℃ 情况下, 至少得氨化 3 周以上。根据塑料袋碳铵的分解情况来看, 在 0℃ 及 10℃ 的温度条件下稻草的氨化效果欠佳。从感官评定来看, 温度为 30℃ 时, 只需要一周时间就达到了氨化的目的。

2.2 化学成分分析

2.2.1 试验一: 因子各水平的化学成分及干物质消失率见表 1, 原料稻草与氨化稻草之间的化学成分及干物质消失率的显著性 t 检验见表 2。

以下分别对粗蛋白、中性洗涤纤维、氮回收率、干物质消失率加以详细讨论。

① 粗蛋白含量: 原料稻草的粗蛋白含量为 5.8%, 氨化处理后提高到 9.9% (8.0% ~ 12.4%), 增加 70%, 差异显著。氨化稻草的粗蛋白含量开始随碳铵用量增加, 用量在 12% 时达

最高值,再增加时则呈下降趋势。碳铵用量在12%、水分含量为35%时,氨化稻草的粗蛋含量最高($P < 0.05$),其余三个水平间差异不显著。

② 中性洗涤纤维含量:原料稻草的NDF含量为70.9%,氨化处理后平均降到65.1%(见表1),极显著地低于原料稻草($P < 0.01$)。碳铵用量对NDF含量的影响与对粗蛋白含量的影响呈相反趋势。在20%、35%、50%三个水分用量间,NDF含量没有差异;水分含量65%时,NDF含量低于其它三个水平组($P < 0.05$)。经方差分析,碳铵用量对NDF有极显著的影响($P < 0.01$),而水分含量却没有显著影响($P > 0.05$),并发现该二者间有显著的交互作用($P < 0.05$)。

③ 氮回收率:氮回收率在25.5%至65.3%之间,当碳铵用量为5%,水分含量为35%达最高值。碳铵用量和水分含量对氮回收率都有显著的影响($P < 0.01$),但未发现有交互作用,碳铵用量在15%时显著低于前三个水平($P < 0.01$)。

④ 干物质消失率:原料稻草的干物质消失率为42.3%,通过氨化处理显著提高($P < 0.05$),比原料稻草提高了5.8个百分点(表2)。各水平碳铵用量及水分含量的干物质消失率之间没有显著差异($P > 0.05$),也未发现二因素有交互作用存在。

⑤ 碳铵用量及水分含量的适宜范围:根据试验资料中化学成分与主效应的关系拟合了二次项回归方程,以化学成分作因变量,碳铵用量及水分含量分别用X,Y表示作为自变量,以拟合所得的6个方程中,只有下列二个方程达到显著($P < 0.01$):

$$\text{粗蛋白(CP)} = 3.02 + 1.32X - 0.06X^2$$

$$\text{中性洗涤纤维(NDF)} = 76.1 - 2.40X + 0.12X^2$$

对该二方程求导,令其导数为零,可得:

$$CP' = 1.32 - 0.12X = 0, \quad \text{得 } X = 11$$

$$NDF' = -2.49 + 0.24X = 0, \quad \text{得 } X = 10.38$$

根据上式解得的数值表明,从CP和NDF角度来考虑,碳铵用量以10%~12%为宜。

表1 氨化前后稻草的化学成分,氮回收率及干物质消失率(绝干基础%)

	原料稻草	碳铵用量(占风干稻草%)				水分含量(%)			
		5	8	12	15	20	35	50	65
水分	10.7	9.2	9.3	10.0	9.8	8.8 ^b	9.0 ^b	9.9 ^{ab}	10.6 ^a
粗蛋白	5.8	8.4 ^c	9.7 ^{ab}	11.2 ^{ab}	10.2 ^{ab}	9.6 ^b	10.5 ^a	9.9 ^{ab}	9.5 ^b
中性洗涤纤维	70.9	66.4 ^{ab}	64.6 ^{ab}	63.1 ^{ab}	66.3 ^{ab}	65.2 ^{ab}	65.7 ^a	65.6 ^a	63.9 ^b
灰分	16.7	16.7 ^{ab}	17.4 ^{ab}	17.4 ^{ab}	15.9 ^{ab}	16.9 ^{ab}	15.7 ^{ab}	17.5 ^{ab}	17.2 ^{ab}
氮回收率	—	47.7 ^a	45.3 ^a	42.2 ^a	27.5 ^b	36.3 ^b	48.9 ^a	41.3 ^{ab}	36.3 ^b
消失率	42.2	47.0	49.5	50.1	46.0	45.8 ^b	47.4 ^{ab}	50.1 ^a	49.2 ^{ab}

注:同一因子不同小写字母间差异显著($P < 0.05$),不同大写字母间差异极显著($P < 0.01$)。

表2 原料稻草与氨化稻草的化学成分和干物质消失率(绝干基础%)

	原料稻草($X \pm S_x$)	氨化稻草($X \pm S_x$)	t 值	差值	显著水平
粗蛋白	5.8 ± 0.015	9.9 ± 0.237	4.2	-4.1	$P < 0.01$
中性洗涤纤维	70.9 ± 0.135	65.1 ± 0.417	3.42	5.8	$P < 0.01$
灰分	16.7 ± 0.10	16.8 ± 0.276	0.07	-0.1	$P > 0.05$
干物质消失率	42.3 ± 1.351	48.1 ± 0.689	2.08	-5.8	$P < 0.05$

由于水分含量对氨化效果的影响不如碳铵用量, 故无法寻找出显著的二次方程, 根据 CP, NDF, 干物质消失率等指标综合考虑, 水分含量以 35% 左右为宜, 本试验结果与 Schneider 和 Flachowsky(1990)^[6]的结果相接近。

2.2.2 试验二, 因子各水平的化学成分及干物质消失率见表 3, 原料稻草与氨化稻草之间的化学成分及干物质消失率的显著性 t 检验见表 4。

表 3 氨化前后稻草化学成分, 氮回收率及干物质消失率(绝干基础%)

原料稻草	温 度 (℃)					氨化时间 (周)					
	0	10	20	30	40	1	2	3	4	5	
水 分	8.8	7.6	7.3	7.3	7.5	7.6	8.5 ^A	8.0 ^{A^B}	7.2 ^B	7.7 ^{A^B}	6.0 ^C
粗蛋白	6.2	7.9 ^E	8.7 ^D	9.9 ^C	11.2 ^B	11.7 ^A	8.8 ^C	9.6 ^B	10.3 ^A	10.2 ^A	10.5 ^A
中性洗涤纤维	68.5	64.3 ^A	64.0 ^A	64.7 ^A	62.1 ^B	62.1 ^B	64.2 [*]	63.9 [*]	63.4 [*]	62.7 ^b	62.9 ^b
灰 分	16.6	16.7 [*]	16.5 ^b	16.0 ^b	16.8 [*]	16.6 [*]	16.7	16.4	16.4	16.7	16.4
氮回收率	—	15.4 ^E	23.0 ^D	34.9 ^C	46.8 ^B	51.4 ^A	24.0 ^C	31.6 ^B	37.9 ^A	37.5 ^A	40.6 ^A
干物质消失率	51.5	58.3 [*]	52.1 ^b	55.9 ^{ab}	56.5 ^{ab}	57.9 [*]	57.7	55.0	53.9	57.6	56.4
		(55.5~61.2)	(49.0~55.3)	(51.4~60.3)	(52.5~60.5)	(54.3~61.5)	(54.6~60.8)	(51.2~58.7)	(49.7~58.2)	(54.0~61.3)	(52.5~60.3)

注: 同一水平下不同小写字母间差异显著($P < 0.05$), 不同大写字母间差异极显著($P < 0.01$), 括号为 95% 可信值。

表 4 原料稻草与氨化稻草的化学成分和干物质消失率比较(绝干基础%)

	原料稻草($X \pm S_x$)	氨化稻草($X \pm S_x$)	t 值	差值	显著水平
粗 蛋 白	6.2 ± 0.011	9.8 ± 0.228	3.06	-3.6	$P < 0.01$
中性洗涤纤维	68.5 ± 0.613	63.4 ± 0.363	4.21	5.1	$P < 0.05$
灰 分	16.7 ± 0.100	16.5 ± 0.198	0.19	0.2	
干物质消失率	51.5 ± 3.622	56.4 ± 0.7801	0.12	-4.9	

① 粗蛋白含量: 原料稻草的 CP 含量为 6.2%, 氨化处理可极显著提高粗蛋白含量($P < 0.01$), 且环境温度和處理时间对处理效果有显著的交互作用($P < 0.05$), 随着环境温度升高和處理时间延长, 粗蛋白含量增加(除 4 周外)。欲使粗蛋白含量大于 10%, 0°C、10°C 的處理温度偏低, 20°C 时需 2 周以上, 30°C 时只要 1 周时间。

② 中性洗涤纤维含量: 氨化稻草与原料稻草的 NDF 含量分别为 63.4% 与 68.5% ($P < 0.05$), 氨化处理降低了 NDF 含量达 5 个百分点, 经方差分析温度的效应极显著($P < 0.01$), 處理时间的效应显著($P < 0.05$), 二者交互作用不明显($P < 0.05$)。除个别组合外, NDF 含量有随着时间延长及温度升高而下降的趋势。

③ 氮回收率: 由于本试验的碳铵用量及水分含量是固定的, 因而温度和时间对氮回收率的影响及对粗蛋白含量的影响相同, 欲使氮回收率大于 35%, 處理温度和處理时间的影响与粗蛋白含量大于 10% 的情况相同。

④ 干物质消失率: 氨化稻草与原料稻草的干物质消失率分别为 56.4% 与 51.5%。经方差分析, 温度与时间对干物质消失率未发现交互作用。但从表 3 可见, 除 0°C 外, 温度对干物质消失率有正效应。處理时间对干物质消失率也有正效应, 但不如温度的效应明显。

3 讨论

① 用碳铵作氮源处理稻草,可显著提高粗蛋白的含量,提高稻草干物质消失率,显著降低中性洗涤纤维含量。

② 不同碳铵用量、水分含量、处理温度和氨化稻草的处理效果,其中对粗蛋白含量及中性洗涤纤维含量影响较大。碳铵用量的作用大于水分含量的作用,本次试验中二者的交互作用不明显。处理温度的作用大于氨化时间的作用,二者对粗蛋白含量有显著的交互作用。

③ 根据配合曲线的复相关系数(最高的为 $R = 0.75$ 最低的为 $R = 0.24$)可知,氨化处理的效果还受到其它因素的影响。

④ 本试验结果表明,碳铵用量可比常规用量(15%~16%)低一些,即用量为10%~12%时,即可达到较满意的效果,这也是本试验氮回收率高于其他报道的原因之一。仅从这一点计算,就可降低处理成本30%以上。温度与时间对氮回收率有互补作用^[7],温度较低可延长处理时间,如20℃时一般需3周,30℃则只需要1周多时间,在10℃以下就必须延长至5周以上。试验结果表明,温度以不低于20℃为宜。

⑤ 氨化处理没有改变粗灰分含量,各处理水平间粗灰分含量的差异可能是由抽样误差造成的。

上述结果表明,碳酸氢铵处理稻草,成本低廉、效果明显,可作为一种理想的氮源。

参考文献

- 1 北京农业大学主编.家畜饲养学实验指导.北京:农业出版社,1980
- 2 莫惠栋.农业试验统计.上海:上海科学技术出版社,1984
- 3 Brasius G Basics and Graphics. 1988, MC Graw - Hill, SPSS / PC + ., 1988, 285~291
- 4 Han I K and W N Garretl Korean. J. Anim. Sci., 1986, 28:199~236
- 5 Ørskov E R. In Guldeline for Research on Crop Residues. ILCA / FAO Publications, 1985, 126~133
- 6 Schneider M and G Flachowsky. Anim. Feed Sci., and Technology, 1990, 29:251~264
- 7 Sundstol Frik et al. In Straw and Other Fibrous by Products as Feeds(Sundstol. F et al eds), Elseviers, Amsterdam, 1984, 196~247
- 8 Van Soest P J and R H Whine. J. Assoc. Off. Analytical Chem., 1967, 50:50~55

A STUDY ON THE TREATMENT CONDITIONS OF RICE STRAW AMMONIATION WITH AMMONIUM BICARBONATE

Xu Ningying Liu Jianxin Wu Yaoming

(Department of Animal and Veterinary Science, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou)

ABSTRACT

Two two-factor design trials with duplication were conducted to investigate the effects of different dosages of ammonium bicarbonate, moisture content, treatment temperature and duration on ammoniation of rice straw (RS) respectively. The dosage of ammonium bicarbonate and moisture content designed in the 4×4 factorial experiment were 5%, 8%, 12%, 15% and 20%, 35%, 50%, 65% respectively (trial 1); the treatment temperature and duration designed in the 5×5 factorial experiment were 0, 10, 20, 30, 40°C and 1, 2, 3, 4, 5 week, respectively (trial 2).

The crude protein content increased with the increasing dosage of ammonium bicarbonate; and was the highest (11.2%) at 12% ammonium bicarbonate, at which the content of neutral detergent fiber (NDF) was (42.2%) and the dry matter digestibility was the highest (50.1%). At moisture content of 35%, the content of crude protein was the highest (10.5%), the content of NDF was medium (65.7%) and the nitrogen recovery rate (NRR) was the highest (48.9%). Therefore, it is considered that, the optimal dosage of ammonium bicarbonate and the moisture content were as about 10% and 35% of the RS weight, respectively. There was an interaction between the treatment duration and temperature. At 0°C, some solid ammonium bicarbonate was found at the bottom of the plastic bag. Therefore, this temperature was not considered to be suitable for ammonia treatment. It was required one month at the temperature of about 10°C; more than two weeks at 20°C; and less than one week at above 30°C for ideal ammoniation effect.

From the present results, it was concluded that the ammonium bicarbonate may be used as an ideal ammonia source for ammonification of RS at the suitable treatment conditions.

Key words: Ammonium bicarbonate, Rice straw, Treatment condition, Nutritive value