

# 碳酸氢铵高温氨化稻草技术的研究\*

周学成 郭佩玉 韩鲁佳  
(华南农业大学) (中国农业大学)

**摘要** 该文利用碳酸氢铵作氮源在高温氨化炉内对稻草进行了正交氨化试验研究。研究结果不仅证明了高温氨化可以显著地提高稻草的营养价值,而且找出了温度和时间这两个主要因素对氨化效果的影响规律以及二者间的相互关系,确定了较优的处理组合 $90 \times 15$  h。另外,通过氨化后稻草的自然风干试验及常温氨化对比试验,分别对高温氨化效果的稳定性与优越性进行了探讨。

**关键词** 高温氨化 碳酸氢铵 稻草 氨化技术

农作物秸秆的氨化处理是用液氨、尿素、氨水或碳酸氢铵等含氮化学制品作氮源,借助于一定的工程措施,对秸秆进行化学物理处理,以有效地提高其饲用价值的一种非常规饲料利用技术。碳酸氢铵价格低廉且易贮运,用作氮源不仅可以降低氨化成本,而且有利于提高氨化生产的安全性和可靠性。国内曾有人进行过碳酸氢铵堆垛法处理稻草的研究<sup>[1]</sup>,而在氨化炉内利用碳酸氢铵高温处理秸秆的技术则缺少较为系统、深入的研究。为此,本文选取稻草为秸秆原料,以碳酸氢铵作氮源,在自制的小型氨化炉内对高温氨化工艺、氨化效果进行了较为系统的试验研究。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 材料

1) 试验材料的调制处理 先用四分法从稻草原料中选取一定量具有代表性的样品,并将其剪碎成2~3 cm,装入氨化样瓶称重;然后分别按秸秆风干重量的10%和40%的剂量,加入相应的碳酸氢铵和水,并立即密封。

2) 装置 试验中所用的小型氨化炉由恒温烘箱改制而成,额定功率1.6 kW,控温范围40~150℃,温度波动不超过1℃。氨化样瓶是经过严格密封性检验的透明玻璃容器,最高使用温度可达280℃,能够满足氨化小环境的要求。

3) 氮源 试验中采用的氮源是由山西省晋城市化肥厂生产的碳酸氢铵,经检测其含N量为16.93%。

### 1.2 方法

收稿日期: 1998-01-12

\* 本课题已获“1997年农业部科技进步一等奖”

周学成, 讲师, 广州市天河五山 华南农业大学工程技术学院, 510642

该试验研究主要包括三部分: 氨化温度和处理时间对氨化效果的影响试验, 氨化后稻草的自然风干试验和常温氨化对比试验。

营养指标的检测: 氨化稻草粗蛋白含量的测定采用的是凯氏定氮法; 干物质消失率和有机物质消失率测定采用的是瘤胃尼龙袋法。

## 2 结果与分析

### 2.1 氨化温度和处理时间对稻草氨化效果的影响

为探讨氨化温度和时间对氨化效果的影响, 选取粗蛋白含量、干物质消失率和有机物质消失率作为稻草营养价值的评价指标, 在秸秆风干重10% 氮剂量、40% 加水量的条件下, 拟定50、70、90 三个温度水平和10 h、15 h、20 h 三个时间水平, 利用 $L_9(3^4)$  正交表安排了正交试验。试验结果见图1、图2, 图中粗蛋白含量、干物质消失率、有机物质消失率都是经过含水率换算之后的干基值; 各样品指标都进行了3次重复, 所用数值均为3次的平均值; 指标测定是在氨化稻草自然风干1周后进行的。

#### 2.1.1 对粗蛋白含量的影响

试验结果表明, 高温氨化处理显著地提高了稻草的粗蛋白含量。不同的处理条件下, 氨化稻草的粗蛋白含量分别是未处理前的1.59~2.23倍, 平均提高了96.3%。

图1所示的试验结果显示了氨化温度、处理时间对氨化稻草粗蛋白含量的影响, 其中“10 h、15 h、20 h”分别表示处理时间取10 h、15 h 和20 h 的条件下粗蛋白含量随 $T$  变化的关系曲线, ORS 表示未处理的稻草原料。由图可见, 氨化稻草的粗蛋白含量随着温度的升高而增加, 而且三个温度水平作用效果的差异十分明显, 说明温度对氨化稻草的粗蛋白含量有显著的影响。70 比50 时平均提高了19.1%, 而90 比70 时平均提高了20%。图1还显示出, 20 h 与15 h 两条曲线的间距明显小于15 h 与10 h 两条粗蛋白含量曲线的间距, 而且随着温度的升高这一点愈加明显。这种情况反映了处理时间对粗蛋白含量的作用规律。随着时间的延长, 氨化稻草的粗蛋白含量会有所增加, 但增加的幅度越来越小; 而且氨化温度越高, 延长处理时间的作用越小。极差和方差分析的结果进一步表明, 温度和时间对氨化稻草的粗蛋白含量都有显著影响, 而且温度的效应( $P < 0.005$ ) 要大于时间的效应( $P < 0.01$ )。

#### 2.1.2 对干物质消失率及有机物质消失率的影响

氨化温度和处理时间对氨化稻草干物质消失率及有机物质消失率的影响, 如图2所示。图中的试验数据表明, 碳酸氢铵炉法氨化条件下所有的 $T-t$  处理组合均能够有效地提高稻草的干物质和有机物质消失率。最佳试验条件下(90, 15 h), 氨化稻草的干物质消失率和有机物质消失率分别比未氨化稻草净提高了18.2% 和18.7%, 相对提高了36.7% 和

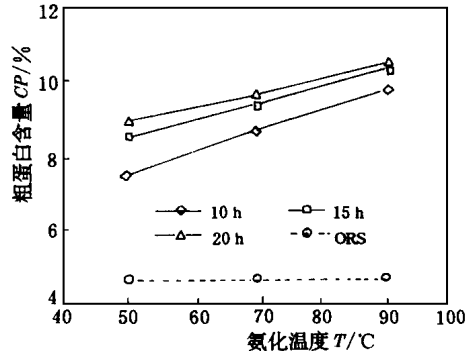


图1 氨化温度和时间对氨化稻草粗蛋白含量的影响

Fig 1 Effects of temperature and time on CP of ammoniated rice straw

37.1%。方差分析的结果表明, 温度对氨化稻草的干物质消失率和有机物质消失率都有显著影响 ( $P < 0.05$ )。氨化温度越高, 氨化稻草的干物质和有机物质消失率提高得越多。但时间对氨化稻草的干物质消失率和有机物质消失率的作用效果都不显著 ( $P > 0.05$ )。温度水平较低 (50 ) 时, 延长处理时间对氨化稻草的干物质消失率和有机物质消失率有正效应。超过一定界限 (如70、90 ), 延长处理时间则有可能对氨化稻草的干物质消失率和有机物质消失率产生负效应。这种现象表明了温度和时间之间存在着交互作用。

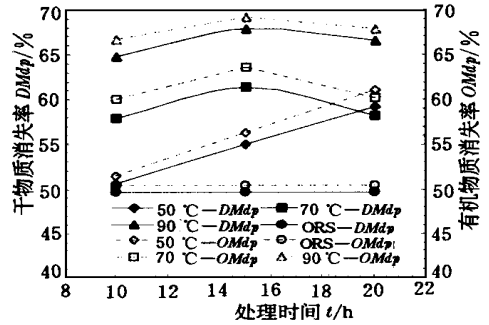


图2 氨化温度和处理时间对氨化稻草干物质消失率及有机物质消失率的影响

Fig 2 Effects of temperature and time

on DM dp and OM dp of ammoniated rice straw

从图2可以看出, 随着处理时间的增加, 50 时氨化稻草的干物质消失率和有机物质消失率的变化规律明显不同于70 和90 的情况。在处理时间由10 h 延长到20 h 的过程中, 50 时氨化稻草的干物质消失率及有机物质消失率几乎呈直线上升; 而70 和90 的氨化稻草则在15 h 以后呈明显的下降趋势。类似的现象在苏联专家M. Schneider 和 G Flachowsky 以液氨为氮源高温氨化麦秸的研究中也出现过<sup>[2]</sup>, 两位专家解释说这是因为美拉德反应 (Maillard Reactions) 在55~ 60 附近存在一个门限值的缘故; 他们进一步指出, 延长处理时间的效果从正向负转变的临界温度约为55 。

### 2.1.3 指标间的相关关系

从以上的分析中, 不难发现各指标间存在着较为明显的互变关系。为此, 本文对氨化稻草的粗蛋白含量、干物质消失率、有机物质消失率两两之间的关系, 进行了相关分析。结果表明, 氨化稻草的粗蛋白含量变化与其干物质消失率和有机物质消失率的变化之间存在着很强的正相关关系 ( $r = 0.947 > r_{0.99}$ )。随着粗蛋白含量的增加, 氨化稻草的干物质消失率 和有机物质消失率也呈现增加的趋势。

氨化稻草的干物质消失率和有机物质消失率的变化之间正相关关系则更为明显, 相关系数  $r$  达0.997, 明显大于  $r_{0.99} = 0.798$ 。

### 2.2 自然风干对稻草氨化效果的影响

通过氨化后稻草的自然风干试验, 找出了氨化稻草的粗蛋白含量和含水率随风干时间的变化关系如图3所示。图中粗蛋白含量为干基值;  $t$  为“0”表示开封后立即检测; 试验条件: 氨化温度70 , 处理时间10 h。

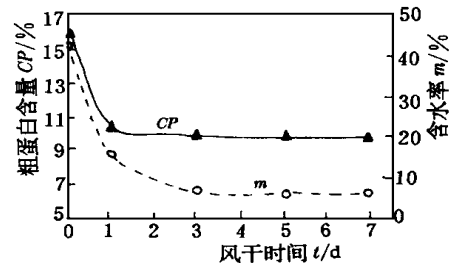


图3 氨化稻草的粗蛋白含量随风干时间而变化的关系曲线

Fig 3 Variation of CP of ammoniated rice straw with air-drying time

从图3中可以看出, 氨化稻草开封后, 其粗蛋白含量 迅速减少, 经过24 h 便降低了

44.4%。此后,随着风干时间的延长,粗蛋白含量的下降趋势逐渐减小,并趋于平缓,第7天比第5天只下降了0.4%。

由图3还可以发现,氨化稻草的粗蛋白含量与其含水率之间存在着很明显的正相关关系,含水率越高粗蛋白含量越大。相关分析结果表明,其相关系数  $r$  达0.98。

### 2.3 高温与常温氨化效果的对比分析

为了进一步探讨高温氨化效果的特点,笔者利用同样的氨源、同样的剂量、同样的秸秆和调制方法,设计安排了一个常温条件下氨化对比试验。试验方案与结果见表1。

表1 常温氨化对比试验

Tab. 1 The contrast test of ammoniation at normal atmospheric temperature

密封时间 $t$	不密封	10小时	20小时	30小时	7天	14天
粗蛋白含量 $CP/\%$	5.69	5.67	5.92	5.94	6.36	6.86
含水率 $m/\%$	7.89	7.89	7.87	7.89	7.90	7.91

注:平均室温  $T_0=15$ ; 指标检测也是在秸秆开封一周后进行的。

从表1中不难看出,常温条件下用碳酸氢铵氨化秸秆,其粗蛋白含量的提高相当缓慢,密封时间从10 h 延长到30 h 的过程中,氨化稻草的粗蛋白含量平均仅提高了1.16% (相对提高了24.8%)。这和前面的高温氨化结果,在10~20 h 内粗蛋白含量平均提高了4.51% (相对提高了96.3%) 相比,其差距是不言而喻的。显然,离开高温的作用,延长处理时间对提高氨化稻草的粗蛋白含量、改善秸秆的营养价值是十分有限的。

## 3 结 论

1) 碳酸氢铵高温氨化可以有效地提高稻草的饲用价值,具有常温条件下无可比拟的氨化效果。试验条件下,高温氨化的所有处理组合均能显著地提高稻草的粗蛋白含量、干物质消失率和有机物质消失率;与未氨化稻草相比,三个指标平均分别提高了96.3%、21.2%、22.6%。试验范围内较优的处理组合为(90、15 h),此时氨化稻草的粗蛋白含量、干物质消失率及有机物质消失率分别比未氨化稻草提高了119.2%、36.9%和37.1%。

2) 氨化温度和处理时间对氨化效果有着重要的影响。随着温度的升高,氨化稻草的粗蛋白含量、干物质消失率和有机物质消失率均有显著的增加。随着处理时间的延长,氨化稻草的粗蛋白含量在逐渐增加,而增幅是递减的;总体上,处理时间对氨化稻草的干物质消失率和有机物质消失率的作用效果并不显著( $P > 0.05$ )。对所有三个指标,温度的效应总是大于时间;二者之间存在一定的交互作用。三个指标两两之间存在着很强的正相关关系( $r = 0.947$ )。

3) 氨化后的秸秆的粗蛋白含量与其含水率之间存在着很强的正相关关系( $r = 0.98$ ),需自然风干一段时间(1周左右),才能获得稳定的氨化效果。

## 参 考 文 献

- 1 刘建新等 碳酸氢铵处理稻草技术的研究 中国饲料,1991(增刊): 87~ 92

- 2 Schneider M and Flachowsky G. Studies on ammonia treatment of wheat straw: effect of level of ammonia, moisture content, treatment time and temperature on straw composition and degradation in the rumen of sheep. *Anim Feed Sci Tech*, 1990, 29: 251~ 264

## **Ammoniation Technology of Rice Straw by Ammonium Hydrogen Carbonate at Elevated Temperature**

Zhou Xuecheng

Guo Peiyu Han Lujia

*(South China Agricultural University, Guangzhou) (China Agricultural University)*

**Abstract** The orthogonal experiment for ammoniating rice straw at elevated temperature was arranged in a small ammoniation oven with ammonium hydrogen carbonate as ammoniating agent. The results not only show that ammoniation at elevated temperature can greatly improve the nutritive value of rice straw, but also give the effect of the two key factors of temperature and time on ammoniation results, and the interaction of them, and the optimized factors-group 90 °C × 15 h. In addition, based on the test of natural air-drying for ammoniated rice straw, and the contrast test of ammoniation at normal atmospheric temperature, the stability and superiority of ammoniation effect at elevated temperature were respectively investigated.

**Key words** ammoniation at elevated temperature, ammonium hydrogen carbonate, rice straw, ammoniation technology