

羰氨缩合尿素的营养价值评价

李兴伟¹ 薛白^{1*} 王之盛¹ 徐世晓² 王基恒² 李占锋¹

(1. 四川农业大学动物营养研究所, 雅安 625001; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810000)

摘要: 本研究旨在评价羰氨缩合尿素(carbonyl-amino urea, CAU)对反刍家畜的营养价值。首先用体外法评定CAU的释氮速度,然后以安装有永久性瘤胃瘘管的3头藏羊作为试验动物,采用3×3拉丁方试验设计,评定CAU对藏羊瘤胃液pH、氨氮(NH₃-N)和微生物蛋白(MCP)以及血清生化指标的影响。体外试验中,CAU饲料组8h以前各时间点的NH₃-N浓度均低于磷酸脲(UP)饲料组,高于豆粕(SBM)饲料组,8h NH₃-N浓度达到最大值(42.76 mg/dL),此时低于UP组11.27%,高于SBM组44.08%(*P*<0.01);体内试验,在24h内,3个饲料组瘤胃pH都是先降低后升高,食后6h,均降到最低,且CAU组与UP组无显著差异(*P*>0.05);14h后,每个时间点各组间均无显著差异(*P*>0.05);CAU组的瘤胃液pH在8h之后高于UP组和SBM组,直到24h时才与UP组持平,低于SBM组;CAU组瘤胃液NH₃-N浓度在2h时,低于UP组(*P*<0.01),高于SBM组(*P*<0.05),在8h时,SBM组与UP组瘤胃液NH₃-N浓度降到最低,此时,CAU组高于SBM组;24h内CAU组藏羊瘤胃液MCP平均为17.25 mg/dL,高于UP组3.01%,高于SBM组30.45%;各组间藏羊血清中白蛋白、总蛋白、尿素氮、谷丙转氨酶、谷草转氨酶活性均无显著差异(*P*>0.05)。结果提示,饲料中添加CAU,可使NH₃-N的释放速度减缓,保证瘤胃内环境的稳定,促进MCP合成,提高尿素氮利用水平,且不会增加藏羊的肝脏负担。

关键词: 藏羊; 羰氨缩合尿素; 营养价值; 瘤胃发酵; 血清生化指标

中图分类号: S826; S816.15

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)07-1239-08

近年来由于蛋白质饲料价格上涨,反刍动物养殖成本也在逐年升高,而利用尿素等非蛋白含氮化合物(NPN)替代反刍动物饲料中的蛋白质饲料原料对缓解这一状况效果明显^[1]。但尿素在瘤胃微生物脲酶的作用下水解快,氮的释放速度往往超过瘤胃微生物的利用速度,造成相当数量的氮进入血液。当血液氨浓度超过肝脏的解毒能力时,就会引起动物机体氨中毒。因此,实际生产中尿素的应用在很大程度上受到限制。农业废弃物如蔗渣、玉米秸秆、玉米芯、花生及燕麦壳聚戊糖含量丰富,水解加热时聚戊糖形成羰基,羰基与尿素反应形成缓释性氮源^[2],从而改善含尿素饲料的适口性,减缓尿素释氮速度,降低瘤胃内游离氨

的浓度,防止氨中毒的发生。Higgins等^[3]利用紫花苜蓿、玉米和酰胺溶液(尿素、缩二脲及甲酰胺)在催化剂作用下产生多糖类的酰胺化合物,施用于反刍动物,提高了非蛋白含氮化合物的利用效率;梁致远等^[2]用玉米芯作基质,添加尿素,在硫酸溶液作催化剂情况下,96%尿素与羰基结合,这类化合物可以在瘤胃内平缓的释放氨氮(NH₃-N),减少反刍动物氨中毒。本试验是在前人研究的基础上结合以往纤维质类材料制作缓释尿素的经验,化学合成了1种新型的缓释尿素产品——羰氨缩合尿素(carbonyl-amino urea, CAU),拟首先利用体外培养技术研究CAU释放NH₃-N的速度,而后进一步利用藏羊为动物模型,分别采用豆粕

收稿日期: 2011-01-03

基金项目: 教育部“春晖计划”——玉米芯等作物生产废弃物饲料的开发(Z2007-1-61001)及现代农业(肉牛)产业技术体系专项(mcytx-38)经费资助

作者简介: 李兴伟(1986—),男,山东济宁人,硕士研究生,从事反刍动物营养和饲料的研究。E-mail: lixingwei5211@163.com

* 通讯作者: 薛白,教授,博士生导师。E-mail: xuebai68@163.com

(SBM)、磷酸脲(UP)和CAU配制3种等能等氮饲料,综合评价CAU的营养价值,为CAU在反刍动物饲养中的有效利用提供理论依据。

1 材料与试验方法

1.1 试验动物与试验设计

1.1.1 CAU释氮速度的评定(体外法)

用体外培养技术,通过与UP和SBM的释氮速度进行比较,评定CAU的释氮速度。本试验设置2个对照组和1个试验组,每组各设6个重复,对照组为SBM组和UP组,试验组为CAU组,按照所加各试剂等能等氮的原则,分别称取SBM、UP和CAU(200 ± 1.0) mg、(102.7 ± 1.0) mg和(150.6 ± 1.0) mg放入100 mL的注射器中,并向UP组和CAU组中加入淀粉(190.3 ± 1.0) mg平衡能量。采集瘤胃液,按Menke等^[4]方法进行体外发酵试验。分别在体外培养1、2、4、6、8、10、14、18、24 h后终止发酵,测定培养液中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度。瘤胃液采自3头体况良好、体重相近[(25.00 ± 2.00) kg],安装有永久性瘤胃瘘管的藏羊。

1.1.2 动物试验(体内法)

本试验主要用于评定CAU对藏羊瘤胃发酵和血清生化指标的影响。选择3头体况良好、体重相近[(25.00 ± 2.00) kg],安装有永久性瘤胃瘘管藏羊作为试验动物。采用 3×3 拉丁方试验设计,通过比较CAU饲料、SBM饲料和UP饲料对藏羊瘤胃发酵和血清生化指标的影响,综合评价CAU的营养价值。试验分3期进行,每期预试期11 d,正试期2 d,全期共39 d。在体内试验正试期的第1天,于08:00在动物颈静脉采集10 mL血液样品。在正试期的第2天,分别于08:00(食前1 h)、10:00(食后1 h)、11:00(食后2 h)、13:00(食后4 h)、15:00(食后6 h)、17:00(食后8 h)、19:00(食后10 h)、23:00(食后14 h)和第2天03:00(食后18 h)、09:00(进食后24 h),用瘤胃液抽虑装置通过瘘管采集瘤胃液约100 mL,注入离心管,用以测定瘤胃液中pH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和微生物蛋白(MCP)。

1.2 试验材料

自主研发的CAU。CAU的营养成分见表1。

表1 羰基缩合尿素的营养成分(风干基础)

Table 1 The nutrients of carbonyl-amino urea (air-dry basis)

项目 Items	粗蛋白质 CP	粗脂肪 EE	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	磷 P
羰基缩合尿素 CAU	51.45	0.60	25.17	17.65	2.71

1.3 试验饲料与饲养管理

试验饲料配制参照我国肉羊饲养标准(2004)。试验分3个组,SBM组饲喂SBM饲料,UP组饲喂UP(粗蛋白质含量为75.41%)饲料,CAU组饲喂CAU饲料。试验饲料组成及营养水平见表2。试验动物单圈饲养,每日09:00饲喂1次(先喂精料,后喂粗料),自由饮水。

1.4 试验指标的测定及样品的处理和分

1.4.1 血清生化指标的测定

血液样品在4 000 r/min下离心10 min,分离血清,分装于EP管中,于-20℃的冰箱中保存备用。采用日本岛津全自动生化分析仪对血清中尿素氮(BUN)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、谷草转氨酶(GOT)和谷丙转氨酶(GPT)进行测定,试剂

盒购自成都迈克试剂有限公司。

1.4.2 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度的测定

取10 mL瘤胃液在4 000 r/min下离心10 min,量取0.5 mL上清液,保存在1.5 mL的EP管内,然后放于-20℃冰箱内冷冻保存。采用冯宗慈等^[5]的改进法,用分光光度法测定上清液中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度。

1.4.3 pH的测定

在各时间点发酵终止后,用Sartorius PB-20型pH计测定瘤胃液不同时间点的pH。测定前,pH计先用与待测培养液pH接近的缓冲液(pH=6.86)进行定位,然后再用pH为4.00的缓冲液调整斜率,反复调整后,用于样品测定。

表 2 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	豆粕饲料 SBM diet	磷酸脲饲料 UP diet	羰氨缩合尿素饲料 CAU diet
原料 Ingredients			
燕麦草 <i>Arrhenatherum elatius</i>	60.00	60.00	60.00
玉米 Corn	23.00	27.00	24.00
小麦麸 Wheat bran	6.05	3.50	5.35
豆粕 SBM	10.00	7.05	7.50
磷酸脲 UP		1.50	
羰氨缓释尿素 CAU			2.20
碳酸钙 CaCO ₃	0.15	0.15	0.15
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40
预混料 Premix ¹⁾	0.40	0.40	0.40
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾			
粗蛋白质 CP	11.75	11.52	11.76
消化能 DE/(MJ/kg)	11.18	11.02	10.88
中性洗涤纤维 NDF	30.60	29.77	30.77
酸性洗涤纤维 ADF	16.10	15.75	16.30
钙 Ca	0.24	0.22	0.22
磷 P	0.27	0.39	0.30

¹⁾ 每千克预混料含有 One kg of premix contains: VA 170 000 IU, VD 50 000 IU, VE 500 IU, VB₁₂ 30 mg, 烟酸 nicotinic acid 340 mg, Fe 1 020 mg, Cu 250 mg, Zn 1 020 mg, Mn 680 mg, I 1 020 mg, Se 8.4 mg, Co 3.2 mg, Ca 156 g, P 28 g.

²⁾ 营养水平均为计算值。Nutrient levels are calculated values.

1.4.4 MCP 的测定

取瘤胃液 8 mL, 4 °C 20 000 r/min 离心 20 min, 去上清液。采用 Zinn 等^[6] 的嘌呤法, 以酵母 RNA 作为标准品, 使用紫外分光光度计在 260 nm 波长下测定各样品的 MCP 含量。

1.5 数据统计处理

采用 Excel 软件整理数据, 用 SPSS 18.0 统计软件中的 GLM 模型进行方差分析, 均值的多重比较采用 Duncan 氏法进行。

2 结果

2.1 体外培养技术评定 CAU 释氮速度

由表 3 可知, 在 1~24 h 内, CAU 组和 UP 组的 NH₃-N 浓度变化规律都为先升后降, 而 SBM 组则呈缓慢上升趋势。CAU 组在 8 h 以前各时间点的 NH₃-N 浓度均低于 UP 组, 高于 SBM 组; 8 h NH₃-N 浓度达到最大值(42.76 mg/dL), 此时低于 UP 组 11.27% ($P < 0.01$), 高于 SBM 组

44.08% ($P < 0.01$); 8 h 之后高于 UP 组和 SBM 组, 直到 24 h 与 UP 组持平, 低于 SBM 组 ($P < 0.01$)。而 UP 组在 2 h 便达到最大值(54.44 mg/dL), SBM 组则在 24 h 出现最大值(45.28 mg/dL)。另外, CAU 组的 NH₃-N 浓度从 2~24 h 时间段内保持稳定, 在 33.91~42.76 mg/dL 范围内波动, 而其他 2 组的波动范围都大于此。

2.2 CAU 对藏羊瘤胃液 pH 的影响

由表 4 可知, 在 24 h 时间内, 3 组瘤胃液 pH 变化规律相近, 饲喂前瘤胃 pH 最高, 采食后 pH 逐渐下降, 并且都在食后 6 h pH 达到最低值, 且差异不显著 ($P > 0.05$), 而后又逐渐上升。CAU 组、UP 组、SBM 组的 pH 变化范围分别是 6.18~6.89、6.19~6.94、6.11~6.92。

2.3 CAU 对藏羊瘤胃液 NH₃-N 浓度的影响

由表 5 可以看出, 在 24 h 内, 3 组瘤胃液 NH₃-N 浓度变化规律相近, 都呈“高-低-高”的变化

趋势,并且都在进食后 2 h 达到最大值。在 2 h 时,CAU 组瘤胃液 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度低于 UP 组 ($P < 0.01$),高于 SBM 组 ($P < 0.05$)。CAU 组、UP 组和 SBM 组 3 个组的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度变化范围分别是: 10.84 ~ 16.60 mg/dL、10.64 ~ 19.26 mg/dL 和 10.92 ~ 14.56 mg/dL。

表 3 各处理不同时间点的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度Table 3 The change of $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration in each treatment with extension of time mg/dL

时间 Time/h	豆粕 SBM	磷酸脲 UP	羧氨缩合尿素 CAU
0	11.58 ± 0.27	11.57 ± 0.21	11.60 ± 0.14
1	13.48 ± 0.31 ^{Cc}	41.40 ± 0.60 ^{Aa}	24.39 ± 0.71 ^{Bb}
2	16.11 ± 0.75 ^{Cc}	54.44 ± 0.17 ^{Aa}	33.91 ± 0.64 ^{Bb}
4	17.21 ± 0.33 ^{Cc}	51.25 ± 0.56 ^{Aa}	38.12 ± 0.73 ^{Bb}
6	21.08 ± 0.37 ^{Cc}	49.56 ± 0.55 ^{Aa}	40.93 ± 0.44 ^{Bb}
8	23.91 ± 0.63 ^{Cc}	47.58 ± 0.21 ^{Aa}	42.76 ± 0.57 ^{Bb}
10	27.21 ± 0.31 ^{Cc}	41.84 ± 0.46 ^{Bb}	42.55 ± 0.53 ^{Aa}
14	29.52 ± 0.72 ^{Cc}	37.71 ± 0.37 ^{Bb}	41.58 ± 0.62 ^{Aa}
18	38.51 ± 0.18 ^{Bb}	35.16 ± 0.47 ^{Aa}	39.24 ± 0.36 ^{Cc}
24	45.28 ± 0.56 ^{Aa}	34.92 ± 0.52 ^{Bb}	34.59 ± 0.17 ^{Bb}

同行数据肩标不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$),不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$),未标注或标注相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。下表同。

In the same row, values with different capital letter superscripts differ significantly ($P < 0.01$), with different small letter superscripts differ significantly ($P < 0.05$), with same or no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$). The same as below.

表 4 羧氨缩合尿素对藏羊瘤胃液 pH 的影响

Table 4 Effects of CAU on ruminal fluid pH in Tibetan sheep

时间 Time /h	豆粕饲料 SBM diet	磷酸脲饲料 UP diet	羧氨缩合尿素饲料 CAU diet
0	6.85 ± 0.05	6.94 ± 0.05	6.89 ± 0.06
1	6.61 ± 0.04 ^b	6.75 ± 0.05 ^a	6.71 ± 0.04 ^b
2	6.39 ± 0.04	6.56 ± 0.05	6.51 ± 0.10
4	6.14 ± 0.04 ^b	6.33 ± 0.04 ^{ab}	6.33 ± 0.07 ^a
6	6.11 ± 0.04	6.19 ± 0.05	6.18 ± 0.06
8	6.28 ± 0.31 ^b	6.36 ± 0.26 ^a	6.27 ± 0.36 ^b
10	6.48 ± 0.31 ^b	6.57 ± 0.92 ^a	6.45 ± 0.27 ^b
14	6.59 ± 0.04	6.69 ± 0.08	6.62 ± 0.14
18	6.74 ± 0.13	6.82 ± 0.06	6.80 ± 0.03
24	6.92 ± 0.02	6.89 ± 0.08	6.84 ± 0.12

2.4 CAU 对藏羊瘤胃液 MCP 含量的影响

由表 6 可知,在采食后 1 ~ 2 h,CAU 组与 UP 组的 MCP 含量均显著高于 SBM 组 ($P < 0.01$);在采食后 10 h,CAU 组藏羊瘤胃液 MCP 的含量达到最大值,此时比 UP 组和 SBM 组分别高 4.39% ($P > 0.05$) 和 27.24% ($P < 0.01$);综合来看,24 h 内 CAU 组藏羊瘤胃液 MCP 的含量平均为

17.25 mg/dL,高于 UP 组 3.01%,高于 SBM 组 30.45%。

2.5 CAU 对藏羊血清生化指标的影响

由表 7 可以看出,各组间藏羊血清中 ALB、TP、BUN 的含量,GOT 和 GPT 活性均无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 5 羰氨缩合尿素对藏羊瘤胃液 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度的影响Table 5 Effects of CAU on ruminal fluid $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration in Tibetan sheep mg/dL

时间 Time /h	豆粕饲料 SBM diet	磷酸脲饲料 UP diet	羰氨缩合尿素饲料 CAU diet
0	10.92 ± 0.41 ^b	10.64 ± 0.37 ^b	11.62 ± 0.23 ^a
1	13.66 ± 0.25	14.63 ± 0.85	14.11 ± 0.35
2	14.56 ± 0.53 ^{Bc}	19.26 ± 0.67 ^{Aa}	16.60 ± 1.06 ^{Bb}
4	13.25 ± 0.68 ^{Bb}	15.34 ± 0.71 ^{Aa}	14.55 ± 0.39 ^{Bb}
6	12.15 ± 0.28 ^{Bb}	14.18 ± 0.77 ^{Aa}	13.57 ± 0.43 ^{Aa}
8	11.44 ± 0.16 ^{Bb}	12.99 ± 0.13 ^{Aa}	12.91 ± 0.19 ^{Aa}
10	11.65 ± 0.15	13.14 ± 0.12	11.66 ± 1.43
14	12.79 ± 0.42 ^{Bb}	13.81 ± 0.18 ^{Aa}	11.60 ± 0.10 ^{Cc}
18	13.38 ± 0.14 ^{Aa}	13.78 ± 0.48 ^{Aa}	12.01 ± 0.15 ^{Bb}
24	10.92 ± 0.69 ^b	12.77 ± 0.81 ^a	10.84 ± 0.87 ^b

表 6 羰氨缩合尿素对藏羊瘤胃液 MCP 含量的影响

Table 6 Effects of CAU on ruminal fluid MCP concentration in Tibetan sheep mg/dL

时间 Time/h	豆粕饲料 SBM diet	磷酸脲饲料 UP diet	羰氨缩合尿素饲料 CAU diet
0	9.34 ± 0.42	9.61 ± 0.25	9.58 ± 0.32
1	9.39 ± 0.47 ^{Bb}	14.83 ± 0.84 ^{Aa}	14.09 ± 0.65 ^{Aa}
2	9.53 ± 0.21 ^{Bb}	15.94 ± 0.12 ^{Aa}	15.75 ± 0.24 ^{Aa}
4	10.40 ± 0.35 ^{Bb}	16.99 ± 0.36 ^{Aa}	17.26 ± 0.31 ^{Aa}
6	13.08 ± 0.63 ^{Bb}	17.70 ± 0.33 ^{Aa}	18.42 ± 0.38 ^{Aa}
8	15.54 ± 0.24 ^{Bb}	19.75 ± 0.59 ^{Aa}	19.85 ± 0.17 ^{Aa}
10	17.77 ± 0.66 ^{Bb}	21.66 ± 0.60 ^{Aa}	22.61 ± 0.44 ^{Aa}
14	16.25 ± 0.14 ^{Bb}	16.69 ± 0.18 ^{Bb}	17.95 ± 0.45 ^{Aa}
18	14.30 ± 0.17 ^{Bb}	14.59 ± 0.45 ^{Bb}	16.51 ± 0.24 ^{Aa}
24	9.14 ± 0.87 ^{Bb}	9.36 ± 0.84 ^{Aa}	10.45 ± 0.52 ^{Aa}

表 7 羰氨缩合尿素对藏羊血清生化指标的影响

Table 7 Effects of CAU on serum biochemical indices in Tibetan sheep

项目 Items	豆粕饲料 SBM diet	磷酸脲饲料 UP diet	羰氨缩合尿素饲料 CAU diet
白蛋白 ALB/(g/L)	28.23 ± 0.35	28.53 ± 0.31	28.77 ± 0.31
总蛋白 TP/(g/L)	66.87 ± 0.89	65.23 ± 1.21	66.60 ± 1.84
血液尿素氮 BUN/(mmol/L)	3.41 ± 0.27	3.71 ± 0.23	3.52 ± 0.12
谷丙转氨酶 GPT/(IU/L)	38.63 ± 1.59	41.13 ± 1.66	39.40 ± 1.15
谷草转氨酶 GOT/(IU/L)	138.86 ± 3.84	142.27 ± 3.16	138.93 ± 4.38

3 讨论

3.1 体外法评定 CAU 的释氮速度

$\text{NH}_3\text{-N}$ 是饲料蛋白质和内外源尿素分解的终产物,又是微生物合成蛋白质的原料。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的浓度直接影响 MCP 的产量^[7]。由表 3 可以看出,CAU 组在 8 h 以前各时间点的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均低于 UP 组,高于 SBM 组;24 h 与 UP 组持平,低于 SBM 组,且 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度在 2~24 h 时的变化范

围更小,说明与 UP 组和 SBM 组相比,CAU 组释氮速度更为平稳。李静等^[8]研究表明,尿素及其衍生物饲料级缩二脲在体外短期人工瘤胃模拟培养 4 h,尿素与饲料级缩二脲 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均呈逐渐升高趋势,尿素与饲料级缩二脲 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度在 0.5~4 h 时的变化范围分别为 20.91~91.12 mg/dL 和 21.76~56.56 mg/dL,并指出饲料级缩二脲释氮程度与速度显著小于尿素,而本研究 CAU 组氨氮浓度在前 4 h 的变化范围为 11.60~38.12 mg/dL,

释氨程度与速度小于饲料级缩二脲及尿素。由此可以看出,羰氨缩合尿素释氨速度大幅度降低,可长时间平缓的为瘤胃微生物生长提供氮源。

3.2 CAU对藏羊瘤胃液pH的影响

瘤胃pH是反映瘤胃发酵水平最基本、最重要的指标之一,对维持瘤胃内环境相对恒定起到主导作用^[9]。瘤胃pH直接受唾液分泌、挥发性脂肪酸(VFA)及其他有机酸生成、吸收和排出等因素的影响^[10],其波动的根本原因取决于饲料结构和营养水平^[11]。李静等^[8]以尿素和饲料级缩二脲饲料喂西门塔尔牛,饲料级缩二脲饲料的瘤胃pH在6.57~6.91范围内波动,而本研究3组饲料对藏羊瘤胃pH的影响规律十分相似,均在采食后开始下降,6h降到最低,然后又逐渐升高。UP组和CAU组仅在2、4及6h高于SBM组,CAU组、UP组及SBM组的pH变化范围分别是6.18~6.89、6.19~6.94、6.11~6.92,均在瘤胃正常pH范围(5.5~7.5)内。

3.3 CAU对藏羊瘤胃液NH₃-N浓度的影响

Hart等^[12]报道反刍动物体内瘤胃微生物生长的适宜NH₃-N浓度范围为6.3~27.5mg/dL,本研究中各组瘤胃NH₃-N浓度都在此范围内。本试验3个组NH₃-N浓度变化趋势与前人研究一致^[13-14],在24h时间内,各组瘤胃液NH₃-N浓度在2h达到最大值后,UP组和SBM组均在8h时降到最低,而CAU组则在14h降到最低;2~14h范围内,CAU组的NH₃-N浓度波动范围小于UP组,高于SBM组,表明CAU组释氨速度较之UP组适中且平稳,与体外培养的结果一致。李静等^[8]用体内法研究饲料级缩二脲的有效性,结果发现尿素组与饲料级缩二脲组NH₃-N浓度变化趋势一致,2组的NH₃-N浓度变化范围分别为8.63~34.63mg/dL和9.67~23.17mg/dL,并指出饲料级缩二脲较尿素更有利于氨利用效率的提高和安全性的提升,本研究CAU组NH₃-N浓度波动范围明显低于尿素与饲料级缩二脲,结合体外法可知CAU作为一种饲料级非蛋白含氮化合物,其氨利用效率更高,安全性更可靠。

3.4 CAU对藏羊瘤胃液MCP合成的影响

瘤胃微生物是反刍动物蛋白质营养的重要组成部分,可为畜主提供所需要蛋白质的40%~60%^[15]。反刍动物瘤胃微生物生长率是影响机体营养代谢状况和生产水平发挥的重要因素。本试

验研究中,在前10hCAU组的瘤胃液MCP含量增长速度高于其他2组,3组均在10h达到最大值,且10h之后CAU组的浓度降低速度低于其他2组;从整体来看,在24h内CAU组藏羊瘤胃液MCP含量平均为17.25mg/dL,高于其他2组。结合各组NH₃-N浓度变化范围与MCP含量可以看出,CAU组和SBM组MCP含量在2h内与UP组无显著差异($P>0.05$),可以得出,UP组释氨过快,过量的氨并未被充分利用合成MCP;而CAU组MCP的含量可长时间保持较高浓度。总体上,CAU组的MCP含量也高于UP组,说明CAU组释氨速度缓慢,可长时间为瘤胃微生物合成MCP提供氮源。

3.5 CAU对藏羊血清生化指标的的影响

血清TP和ALB在一定程度上代表了饲料中蛋白质的营养水平及动物对蛋白质的消化吸收程度^[16]。血清ALB由肝脏合成,除起到维持血浆渗透压,提供机体蛋白质来源和提供能量外,还是营养物质的载体。本试验中各试验组的血清TP与ALB含量均无显著差异($P>0.05$),说明在饲料中添加CAU,藏羊对蛋白质的消化吸收,以及肝脏对蛋白质的合成未受不良影响。

尿素是哺乳动物体内蛋白质和氨基酸等含氮物质代谢的终产物,瘤胃内氨的浓度与BUN含量呈高度正相关,BUN浓度高低在一定程度上可以反映饲料氮的利用效率^[17]。瘤胃内氨的浓度、瘤胃MCP的合成和体内氨基酸的分解都会影响BUN的浓度。在饲料中添加非蛋白含氮化合物,会提高瘤胃液的氨浓度,进而提高BUN的浓度。如果MCP的合成受阻,也会使瘤胃内的氨浓度升高,进而造成BUN的浓度升高^[18]。本试验中,各处理间BUN浓度无显著差异($P>0.05$),表明各处理氮代谢均处于正常水平。

GOT和GPT是动物体内2种与蛋白质代谢相关的重要酶。在瘤胃微生物利用氨合成MCP的过程中,GPT催化氨基与碳架结合生成氨基酸,GOT是体内联合脱氨基作用的关键酶,使天门冬氨酸及 α -酮戊二酸转换氨基生成谷氨酸和草酰乙酸。血液中氨浓度过高时,会增加肝脏的负担,使2种酶的活性升高。CAU组的藏羊血清GPT与GOT均略低于UP组。本试验各处理GOT和GPT均处在藏羊正常生理范围内,这与前面瘤胃液NH₃-N浓度处在正常范围内,不会引起大量

$\text{NH}_3\text{-N}$ 进入血液相一致。

试验结果显示, 饲料中添加 CAU 与添加 SBM 和 UP 比较, 藏羊血清中 BUN、ALB、TP、GOT、GPT 均没有显著差异 ($P > 0.05$), 均在正常生理范围内, 进一步证实饲料中添加 CAU 是可行的。

4 结 论

- ① CAU 在瘤胃内的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 释放速度减缓。
- ② CAU 可以保证瘤胃内环境的相对稳定。
- ③ CAU 可长时间平缓的为瘤胃微生物提供氮源, 促进瘤胃内 MCP 的合成。
- ④ 饲料中添加 CAU, 可以提高藏羊对尿素氮的利用水平, 且不会增加藏羊的肝脏负担。

参考文献:

- [1] CHIZZOTTI F H M, PEREIRA O G, TEDESCHI L O, et al. Effects of dietary non-protein nitrogen on performance, digestibility, ruminal characteristics and microbial efficiency in crossbred steers [J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(5): 1173 - 1181.
- [2] 梁致远. 纤维质材料的加氮作用研究——热分解和羰氨缩合[D]. 硕士学位论文. 台北: 国立台湾大学农业化学研究所, 1991.
- [3] HIGGINS J F, MCDONALD D R, HANSON M A, et al. Agriculturally useful, slow nitrogen-releasing products [J]. *Chemical Abstract*, 1973, 78: 509 - 551.
- [4] MENKE K H, RAAB L, SALEWSKI A, et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro* [J]. *Journal of Agricultural Science*, 1979, 93: 217 - 222.
- [5] 冯宗慈, 高民. 通过比色法测定瘤胃液氨态氮含量方法的改进 [J]. *内蒙古农业科学*, 1993(4): 40 - 41.
- [6] ZINN R A, OWENS F N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis [J]. *Canadian Journal of Animal Science*, 1986, 66: 157 - 166.
- [7] LENG R A, NOLAN J V. Nitrogen metabolism in the rumen [J]. *Journal of Dairy Science*, 1984, 67(5): 1072 - 1089.
- [8] 李静, 张晓明, 莫放, 等. 饲料级缩二脲作为反刍动物非蛋白氮饲料的安全性与有效性系列研究(2) [J]. *饲料研究*, 2007, 12: 54 - 57.
- [9] 胡红莲, 卢德勋, 刘大程, 等. 日粮不同 NFC/NDF 比对奶山羊瘤胃 pH、挥发性脂肪酸及乳酸含量的影响 [J]. *动物营养学报*, 2010, 22(3): 595 - 601.
- [10] 杨舒黎, 王加启, 胡志勇, 等. 日粮添加豆油和胡麻油对肉牛瘤胃发酵及主要微生物数量的影响 [J]. *中国农业科学*, 2007, 40(10): 2316 - 2322.
- [11] NOCEK J E. Feeding sequence and strategy effects on ruminal environment and production performance in first lactation cows [J]. *Journal of Dairy science*, 1992, 73(5): 3100 - 3108.
- [12] HART S P. Associative effects of sorghum silage and sorghum gram diets [J]. *Journal of Animal Science*, 1987, 64(6): 1779 - 1789.
- [13] 谭正英, 邵要伟, 颜卉, 等. 不同尿素产品对奶牛采食和瘤胃发酵的影响 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2008, 9: 52 - 53.
- [14] 辛杭书, 任丽萍, 孙长勉, 等. 包被尿素与蒸汽压片玉米组合对活体外瘤胃氨氮释放和发酵参数的影响 [J]. *中国农业大学学报*, 2007, 12(3): 41 - 45.
- [15] CHURCH D C. The ruminant animal digestive physiology and nutrition [M]. Englewood: Waveland Press, 1988: 108 - 116.
- [16] 周勤飞, 王永才, 王金勇, 等. 能量水平对生长猪生产性能、养分消化率和血清生化指标的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2010, 46(23): 44 - 47.
- [17] KENNEDY P M, MILLIGAN L P. The degradation and utilization of endogenous urea in the gastrointestinal tract of ruminants [J]. *Canadian Journal of Animal Science*, 1980, 60: 205 - 221.
- [18] 李建国, 李英, 曹玉, 等. 蛋白质补充料替代日粮中棉籽饼对肉牛生产性能和血液生化指标的影响 [J]. *动物营养学报*, 2001, 13(4): 50 - 53.

Evaluation of the Nutritive Value of Carbonyl-amino Urea

LI Xingwei¹ XUE Bai^{1*} WANG Zhisheng¹ XU Shixiao² WANG Jiheng² LI Zhanfeng¹

(1. Animal Nutrition Institute, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China;

2. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the nutritive value of carbonyl-amino urea for ruminants. The slow release characteristic of carbonyl-amino urea was evaluated *in vitro* with the change of ammonia N concentration. After that, an experiment with a 3 × 3 Latin Square design was carried out to study the effect of carbonyl-amino urea (CAU) on ruminal fluid pH, ammonia N concentration, microbial protein production and blood indices in Tibetan sheep. The results *in vitro* showed that: ammonia N concentration in CAU group was significantly lower than that in urea phosphate (UP) group and greater than that in soybean meal (SBM) group before 8 h, and it reached the maximum value of 42.76 mg/dL at the 8th h in artificial rumen fermentation, which was 11.27% lower than that in UP group and 44.08% higher than that in SBM group. The results *in vivo* showed that: ruminal fluid pH in all groups increased firstly, then decreased; it reached the minimum value at the 6th h after feeding and there was no difference ($P > 0.05$) between SBM and CAU groups at the 6th h; after 14 h, there were no significant differences among the three groups. The ammonia N concentration in CAU group was lower than that in UP group, and there was no difference between SBM and CAU groups at the 2nd h after feeding ($P > 0.05$); at the 8th h, ammonia N concentrations in SBM and UP groups reached the minimum values, and there were no differences at other times. The average concentration of microbial crude protein was 17.25 mg/dL, which was 3.01% higher than that in UP group and 30.45% higher than that in SBM group. Serum biochemical indices, such as BUN, TP, ALB, GOT and GPT, were all in normal physiological range and there were no significant differences among the three groups ($P > 0.05$). Collectively, the CAU supplementation could control the release speed of ammonia nitrogen and improve the fermentation in rumen, and promote microbial protein production by improving the BUN availability for rumen microorganisms. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2011, 23(7): 1239-1246]

Key words: Tibetan sheep; carbonyl-amino urea; nutritional value; ruminal fermentation; serum biochemical indices

* Corresponding author, professor, E-mail: xuebai68@163.com

(编辑 赵天章)