第17卷第2期　　西北农业大学学报　　Vol.17, No.2
1989年6月　　Acta Univ.Septentrionali Occident.Agric.　　Jun.1989

甲醛保护尿素对氮素利用的影响

姚军虎[1]　金公亮　刘晓辉[2]

（畜牧系）

摘　　要

经人工瘤胃试验测知，2%甲醛保护尿素（$UF_{2.0}$）时非氨氮转化率（85.3%），近似于豆饼的相应值（85.6%）。毒性试验中，在混合精料粗蛋白浓度为18.66和11.35%的情况下，每百kg体重分别采食47.85和58.93g尿素时导致奶山羊中毒，而青年秦川母牛每百kg体重采食含101.90g尿素的$UF_{2.0}$时未出现任何不良后果。青年秦川母牛每日采食含115.45g尿素的$UF_{2.0}$时，日增重由508.97提高到659.62g。因此认为，$UF_{2.0}$是反刍家畜安全而有效的蛋白质代用料。

关键词：尿素；甲醛；氮素转化率；蛋白质代用料

尿素是反刍动物氮素饲料的重要来源，有着巨大的经济效益。囿于瘤胃微生物脲酶的高活性，限制了尿素的大量利用，甚至导致中毒[1]。通过一定的理化处理，以及合理配比能量饲料和其它养分，可降低尿素的毒性，并提高尿素的利用率。

甲醛作为反刍动物廉价而有效的天然蛋白质保护剂已被广泛应用，但在保护尿素方面研究颇少，而且所得结果也不尽相同[2-5]。本研究通过人工瘤胃技术，对不同量甲醛保护尿素的效果进行试验。得出了一种较为理想的处理组合，并通过饲养试验对其饲用价值做了验证。

1　材料与方法

1.1　实验室工作

UF（甲醛保护尿素饲料）的制备：每100g尿素加入0，1.0，1.5，2.0，2.5g甲醛。先用36%甲醛溶液在120℃下溶解定量尿素4S，于150℃下将75%玉米粉与保护尿素继续糊化2h，相应得到UF_0，$UF_{1.0}$，$UF_{1.5}$，$UF_{2.0}$和$UF_{2.5}$。

本文1987年10月8日收到。

（1）现在陕西省农科院情报所工作。（2）现在天津市畜牧局工作。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

人工瘤胃技术：早饲前通过瘤胃瘘管收集4头奶山羊的瘤胃内容物，在保温条件下，立即用300目尼龙袋过滤，分别得到过滤瘤胃液（SRL）和固体瘤胃内容物(SRC)。开始培养时，每一发酵瓶（500ml棕色广口瓶）内置100ml SRL和25gSRC，同时每瓶中加入4.32g与动物实际采食相似的试验日粮。日粮和SRC分别装入两个300目的尼龙袋（15×10cm）内，使与培养液充分接触。培养过程中，通过恒温水箱维持恒温（38.5±0.5°C），并借助CO_2气保持发酵体系内的高度厌氧环境。培养至3,6,9和12h，分别准确取混合充分的培养液18ml，并滴加预热好的人工唾液18ml，以维持恒定的培养液体积和每小时0.06的液体稀释率。向采集的培养液中加入饱和$HgCl_2$溶液（1滴／5ml）以终止发酵，保存并测定其氨氮及总氮含量。

通过加权分析法求得各种氮素饲料的氮素转化率，并用方差分析法对其进行显著性检验。

1.2 饲养试验

根据实验室中测得的氮素转化率，经筛选认为$UF_{2.0}$是一种较为理想的处理组合，为此通过饲养试验对其毒性和增重效果进行测定。

①未保护尿素的毒性试验。在混合精料粗蛋白质（CP）浓度不同的情况下，分两期进行试验，每期逐渐加大奶山羊的尿素饲喂量，直至出现拒食。用作毒性试验的羊日饲两次，将定量尿素与定量精料（400g／d）加少量水混合后饲给，每餐记录精料和尿素的采食量。干草和青贮玉米自由采食，饮水不限。

②$UF_{2.0}$安全性及适口性试验。按74.62%玉米粉+24.88%尿素+0.50%甲醛的比例，先将定量的36%甲醛液在铁锅内加热（80°C，维持5s），再加入尿素至完全溶化（155°C，保持5s），然后在不断搅拌的同时逐渐加入玉米粉，使呈糊状（105～120°C，保持15s），冷却、风干、粉碎、保存、待用。

在乾县秦川牛场选8头体况相近的青年秦川母牛（300kg），随机分为两组。混合精料日给1.5kg，去棒玉米青贮和铡短麦草自由采食，每日拴系饲喂两次，饮水不限，并保证有充分的自由活动时间。对照组按场原定日粮饲养。试验组逐渐加大$UF_{2.0}$喂量：第一期（7天）$UF_{2.0}$占精料13.35%，第二期（10天）26.67%，第三期（10天）88.33%。观察记载试验牛的行为变化，并抽样称测粗料采食量，于各期末对试验牛连续两天称重。

③$UF_{2.0}$的增重试验。在楼观台种牛场选6头体重为225～295kg青年秦川母牛，随机分两组。每日饲喂两次，混合精料日给量为1.75kg，自由采食麦秸，饮水不限。对照组按原场日粮饲养；试验组逐渐加大$UF_{2.0}$比例：预试期（7天）$UF_{2.0}$占精料11.43%，过渡期（14天）22.86%，正试期（52天）28.57%。分别于各期末连续两天对试牛进行称重。

2 结果与分析

2.1 未处理尿素饲料、豆饼（SBM）及各种UF的氨氮转化率

由表1可见当日粮（BD—U_0～U_4）中未处理尿素含量，由0增至4.63%时，培养

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 不同氮素饲料的氨氮和非氨氮转化率

日粮名称	日粮CP(%)	日粮中尿素含量(%)	培养液中氨氮浓度(mg/100ml)[1] 0	3	6	9	12	加权平均	f_{NH_3N} (%)	培养液中非氨氮浓度(mg/100ml)[1] 0	3	6	9	12	加权平均	f_{NAN} (%)
BD-S[2]	11.5	-	18.6	24.3	25.6	19.5	17.1	21.8	-	106.6	88.5	76.6	60.9	56.2	76.9	-
SBM	16.0	-	21.6	30.5	32.8	24.2	21.2	27.2	14.4[d]	149.1	145.0	121.5	107.8	83.0	122.6	85.6[a]
UF_{0}	16.1	1.8	24.4	38.3	53.1	48.8	43.4	43.4	57.0[a,b]	118.2	110.1	90.2	76.0	60.6	91.4	24.8[a]
$UE_{1.0}$	16.0	1.6	21.6	34.8	44.2	39.0	33.3	36.4	46.9[b,c]	149.1	146.2	122.6	104.1	81.7	122.1	64.9[b]
$UF_{1.5}$	16.0	1.6	21.6	35.7	42.3	39.1	33.8	35.4	42.8[c]	149.1	147.4	124.7	107.4	84.6	124.1	70.3[a,b]
$UF_{2.0}$	16.0	1.6	21.6	35.4	46.0	38.2	34.9	37.0	49.3[b,c]	149.1	151.2	126.1	115.9	87.6	127.9	85.3[a]
$UF_{2.5}$	16.0	1.6	21.6	34.1	44.2	39.1	30.4	35.9	44.7[c]	149.1	150.0	126.4	110.2	88.9	126.4	79.9[a,b]
$BD-U_0$[3]	9.0	-	20.7	27.4	27.9	22.2	18.8	24.3	-	135.7		93.4		68.3	97.7	-
U_1	10.5	0.6	20.7	31.8	31.7	28.7	25.8	28.9	64.7[a]	135.7		94.1		68.6	98.1	5.8[d]
U_2	12.4	1.2	20.7	37.2	41.4	32.1	29.8	34.0	63.7[a]	135.7		95.6		67.3	98.6	5.8[d]
U_3	15.5	2.3	20.7	52.1	49.4	44.1	36.7	43.6	65.9[a]	135.7		97.9		66.1	99.4	5.9[d]
U_4	22.0	4.6	20.7	82.4	76.6	60.6	52.1	64.0	68.0[a]	135.7		100.2		70.6	101.4	6.8[d]

注：1) 不同培养时数的氨氮或非氨氮浓度为4—6次重复测定之均值。

2) 30.0%玉米粉+4.0%+豆饼4.0%麸皮+24.0%干草粉+38.0%青贮玉米。

3) 76.64%BD-S+23.36%玉米淀粉。

其它日粮均是在相应2)，3)基础上补加待测饲料以达到所期cp水平。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

液中氨氮（NH_3N）浓度直线上升，12 h 加权平均NH_3N浓度（y）与日粮中尿素含量（X）间的回归关系是：

$$\hat{y}\ (mg/100ml) = 24.0 + 199.0X\ (g/12h)\quad r = 1.00\quad (P<0.001)$$

整个发酵期内，培养液中NH_3N浓度（除基础日粮BD－S外），SBM日粮最低，而UF_0日粮最高，其它经甲醛加热保护的尿素日粮居中，说明甲醛加热保护尿素可降低NH_3N释放率。

方差分析表明，未处理尿素饲料的NH_3N转化率（f_{NH_3N}）不受日粮中尿素含量和日粮CP水平的影响（$P>0.05$），并显著高于（$P<0.01$）各种经甲醛保护的UF和SBM，但与UF_0间无显著差别（$P>0.05$）。SBM的f_{NH_3N}显著（$P<0.01$）低于各种尿素饲料。与未处理尿素饲料相比，甲醛虽可降低饲料中尿素的f_{NH_3N}，但在本试验范围内，甲醛应用量与尿素的f_{NH_3N}间无明显的相关性（$P>0.05$）。

2.2　未处理尿素饲料、SBM及各种UF的非氨氮转化率

随着培养时间的延长，培养液中非氨氮（NAN）浓度逐渐下降（表1）。因为在给料量（60mg干物质／ml流出液）较少时，培养液中微生物的生长繁殖受液体排空作用的影响很大，同时培养时的条件以及发酵终产物的累积等也影响微生物的衍生。

方差分析表明，未处理尿素饲料和UF_0的NAN转化率（f_{NAN}）均极显著（$P<0.01$）低于SBM和所有经甲醛保护的尿素饲料。SBM和$UF_{2.0}$的f_{NAN}显著高于$UF_{1.0}$，UF_0高于未处理尿素饲料（$P<0.05$），同时$UF_{1.5}$，$UF_{2.0}$及$UF_{2.5}$的f_{NAN}均可达到SBM的水平（$P>0.05$）。

2.3　尿素的毒性

在精料CP为18.66%的情况下，当奶山羊采食16g尿素时，到第8天其采食速度明显减慢，此时尿素的最大进食量为47.85g／100kg体重，但羊的精神状态尚好。

当精料CP降至11.35%时，3头奶山羊均可正常采食16g／d尿素10天，当尿素给量增至20g／d时，3头羊陆续从第6天开始出现中毒症状：拒食、精神沉郁。此时尿素的进食量为58.93g／100kg体重。

2.4　$UF_{2.0}$的最大喂量

第三期4头牛每天可采食等价于305.71g尿素的$UF_{2.0}$，分别占精料或日粮干物质的21.1%或7.87%。或尿素提供日粮总氮的79.14%，可折算为每百kg体重可采食101.9g尿素。在这种高尿素采食量水平下，不仅牛的采食速度无影响，而且对体重也无任何负作用（末重与始重之比：对照组98.98±1.78%，试验组103.64±1.83%，$P>0.05$）。

2.5　$UF_{2.0}$对秦川牛的增重效果

在正试期精料中添加28.57%$UF_{2.0}$后，可将日粮CP浓度由6.39%提高到12.06%，这时每日每头净食115.45g尿素，尿素可提供日粮总氮的48.60%。结果日增重由508.97g提高到659.62g（$P<0.10$），并显著提高了期末与期初体重之比（对照组109.28±0.64%，试验组112.32±1.17%，$P<0.05$）（见表2）。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 $UF_{2.0}$对秦川母牛的增重效果

组别	牛号	试验前月龄	体重（kg）				正试期增重（g/d）
			试验前	预试期末	过渡期末	正试期末	
试验组	16	18	283.5	292.0	301.3	334.5	638.5
	28	16	258.8	271.8	281.8	317.5	686.5
	19	16	237.3	240.3	256.0	290.0	653.9
	平均	16.7	259.9	268.0	279.7	314.0	$659.6^{a}\pm24.6$
对照组	20	16	295.0	315.3	327.8	360.5	628.9
	18	17	252.0	262.8	279.5	305.0	490.4
	214	16	225.0	233.0	242.8	264.0	407.7
	平均	16.3	257.3	270.4	283.4	309.8	$509.0^{b}\pm111.8$

3 讨论

虽然在体外试验中甲醛处理尿素降低了尿素的分解速度[4-6]，并提高了微生物蛋白合成量和奶牛产奶量[6]，但Kaushal等（1983）的体内体外试验均未发现甲醛处理尿素降低尿素分解速度的作用[3]，Anderson等[2]及Lall等[7]的氮指平衡试验也未能证明甲醛处理尿素的优越性，甚至产生负氮平衡；然而须指出在这几位研究者的试验中，甲醛的应用量很大，过渡保护尿素，同时Lall等的试验中主要能源是糖蜜，其结果反而人为加大了能氮释放之差距，故招致负氮平衡现象。本实验中，甲醛加热保护尿素可显著（$P<0.05$）降低f_{NH_3N}（UF_0与甲醛组相比），但f_{NH_3N}不随甲醛应用量升高而降低，这与Lall等[4]及Makkar等[5]的结果相悖；同时，本实验中甲醛加热保护尿素，可显著（$P<0.01$）提高f_{NAN}，此结果与Makkar等[5]及Setala等[6]的结果一致，$UF_{2.0}$的f_{NAN}最大，这一结果与Setala等[6]的结果（1.5～3.0%甲醛）相吻合。

尿素的中毒剂量受众多因素的影响，故至今尚无公认的剂量指标。Chalupa等[8]报道每百kg体重采食45～65g尿素时引起动物中毒，本试验测定的奶山羊尿素中毒剂量（47.85～58.93g／100kg体重）与此值相吻合，同时表明降低原日粮cp浓度可提高尿素的中毒剂量。$UF_{2.0}$的安全性试验表明，当青年秦川母牛每百kg体重采食101.9g等价尿素的$UF_{2.0}$时，供试牛仍无异常表现，说明这种处理方法大大降低了尿素的毒性。

4 结论

综合考虑本实验中测得的各种FU的氮素转化率，饲养试验时$UF_{2.0}$的适口性和安全性以及秦川母牛的增重效益，认为2%甲醛加热保护尿素（$UF_{2.0}$）是一种较理想的反刍动物蛋白质代用饲料，建议可在饲养实践中采用。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参 考 文 献

1 Heiemer L G, Bartley E E. *J Dairy Sci*, 1971, 54, 25-51
2 Anderson G C, McLaren G A. *J Anim Sci*, 1959, 18, 134-140
3 Kaushal J R, Swan H. *JA Anim Res*, 1983, 17(1), 25-51
4 LLall D, Lohan O P. *J Anim Sci*, 1982b, 52, 142-146
5 Makkar H P S, Lall D. *J Agri Sci*, Camb 1981, 97, 477-479
6 Setala J, Syrjala—Qvist L. *J Agric Sci Soc*, Finl 1982, 54, 15—67
7 LLall D, Makkar H P S. *Anim Prod*, 1983, 36, 309-311
8 Chalupa W, *J Dairy Sci*, 1968, 27, 207

EFFECTS OF FORMALDEHYDE PROTECTED UREA ON NITROGEN UTILIZATION

Yao Junhu　Jin Gongliang　Liu Xiaohui

(*Department of Animal Science*)

Adstract

It was estimated that, using artificial rumen technique, the non-ammonia-nitrogen translative coefficient of 2% formaldehyde protected urea ($UF_{2.0}$) was 85.3%, approximating to that of soybean meal, 85.6%. The toxic experiment found that daily intake of 47.85 and 58.93 grams(g) untreated urea per 100 kg of body weight (BW) resulted in toxicity with 18.66 and 11.35% of crude protein in the concentrates of milk goats, respectively. No adverse effects were noted when the young Qinchuan female cattle took in 101.90 g of equivalent urea in $UF_{2.0}$ per 100Kg BW. The daily weight gain of young Qinchuanl female cattle increased from 508.97 to 659.62 g when 115.45 g equival enturea in $UF_{2.0}$ was supplemented to the diet It was suggested from these results that $UF_{2.0}$ was a hopeful kind of safe and effective protein replacer for ruminants.

Key words: urea; formaldehyde; protein replacer; ruminants.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net