

文章编号：1006 - 267X(2000)02 - 0014 - 06

真胃内灌注不同水平的葡萄糖和酪蛋白对高乙酸比例 VFA 增重效率调控的研究

李胜利,冯仰廉,莫放,杨雅芳

(中国农业大学动物科技学院,北京 100094)

摘要：3头带有瘤胃和真胃瘘管的肉牛($375 \pm 25\text{kg}$)饲喂全羊草以满足其维持需要,设计3个对比试验,每一试验均向瘤胃内持续灌注高乙酸摩尔比(75%)的混合VFA。试验一:真胃每天持续灌注100g、250g和400g的葡萄糖;试验二:真胃每天持续灌注200g、300g和400g酪蛋白;试验三:真胃每天持续灌注葡萄糖和酪蛋白的混合物分别为 $250 \pm 200\text{g}$, $250 + 300\text{g}$ 以及 $250 + 400\text{g}$ 。连续7天持续灌注后用农大KB-1型呼吸测热室测定产热和能氮平衡。试验结果表明,试验一、二、三均能明显降低代谢产热率(HP/ME, $P < 0.05$),增加能量沉积效率(Kf值, $P < 0.05$),并促进体脂肪和体蛋白的沉积($P < 0.05$)。试验一和试验二的HP/ME和Kf值十分接近,表明在降低代谢产热率和提高Kf值方面真胃灌注葡萄糖和酪蛋白混合物的效果是一样的。但从体组织沉积的组成来看,灌注酪蛋白肉牛沉积的蛋白质质量比灌注葡萄糖时高68.47%。试验三的HP/ME比试验一下降了4.53个百分点($P < 0.05$),比试验二下降了5.17个百分点($P < 0.05$);Kf值比试验一提高了4.78个百分点,比试验二提高了4.56个百分点,表明真胃灌注葡萄糖和酪蛋白混合物的效果要优于单独灌注其中之一。本试验条件下,在降低HP/ME,增加Kf值方面,真胃单独灌注250g葡萄糖和300g酪蛋白以及250g葡萄糖与200g酪蛋白匹配的效果较好。

关键词：真胃灌注;葡萄糖;酪蛋白;增重效率调控

中图分类号：S 823.9⁺2

文献标识码：A

STUDIES ON INTRA - ABOMASAL INFUSION OF DIFFERENT LEVELS OF GLUCOSE, CASEIN AND THEIR MIXTURE AND HIGHER ACETIC ACID MOLAR PROPORTION VFA SOLUTION TO MANIPULATE ENERGY CONVERSION IN BEEF CATTLE

LI Sheng - li, FENG Yang - lian, MO Fang, YANG Ya - fang

(College of Animal Sciences and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

ABSTRACT: In a 3 comparative feeding experimental design, three steers ($375 \pm 25\text{kg}$) fed a maintenance diet of 100 % Chinese wildrye hay were intra - rumen infused with VFA mixtures that supplied above 0.3 times maintenance feeding level and containing acetic, propionic and butyric acids in the molar proportion of 75, 15 and 10. In experiment 1, three levels of glucose (100, 250 and 400g/day) were continuously infused into the abomasum; In experiment 2, three levels of casein (100, 300 and 400g/day) were continuously infused into the abomasum; In experiment 3, three levels of glucose and casein mixture ($250 + 200$, $250 + 300$ and $250 + 400\text{g}/\text{day}$) were continuously infused into the abomasum. Heat production, energy and nitrogen balance were evaluated in respiration double chamber (BAU KB - 1). The results were showed: the intra - abomasum infusion of glucose, casein and their mixture all significantly decreased HP/

收稿日期：1998 - 08 - 18

基金项目：国家自然基金重点项目(项目代号 39330170)

作者简介：李胜利(1965),男(汉),籍贯新疆库尔勒,主攻方向反刍动物营养,博士,副教授。

ME ($P < 0.05$) , increased Kf ($P < 0.05$) and prompted the body fat and protein deposition ($P < 0.05$) . There were no differences of HP/ ME and Kf between infusion of glucose and casein alone , which demonstrated that intra - abomasum infusion of glucose and casein alone had similar effects on HP/ ME and Kf. But the body protein deposition with infusion of casein was 68. 4 percent higher than that with infusion of glucose. Compared the infusion of glucose and casein mixture with the infusion of glucose or casein alone , HP/ ME decreased by 4. 53 percent units ($P < 0.05$) or 4. 56 percent units ($P < 0.05$) ; Kf increased by 4. 78 percent units ($P < 0.05$) or 5. 17 percent units ($P < 0.05$) . It implied that the results of intra - abomasum infusion of glucose and casein mixture was more superior than intra - abomasum infusion of either of them alone. In this study ,the optimum infusion levels were 250g/ day glucose ,300g/ day casein alone as well as 250g/ day plus 200g/ day glucose casein mixture.

Key word : beef cattle ;glucose and casein infusion ;high acetic acid molar proportion ;manipulation of energy conversion

反刍动物以粗饲料为主或瘤胃发酵产生高比例乙酸时 ,往往造成葡萄糖及生糖前体 (丙酸和生糖氨基酸) 的供应不足 ,可导致乙酸合成长链脂肪过程中供氢体 NADPH 和 FADH₂ 的缺乏 ,而 NADPH 和 FADH₂ 的生成又主要依靠葡萄糖氧化分解的磷酸戊糖途径 ,以致累积的乙酸氧化分解释放能量 ,造成乙酸在合成体脂方面较低利用效率 (Mackea 和 Lobley , 1985; 冯仰廉 , 1995) 。Janes 等 (1985) 研究发现 ,绵羊饲喂干草时小肠中可吸收的葡萄糖量只有 7g/ 天 ,但体内每天必需合成 80~120g 葡萄糖才能满足生理需要。Leng (1970) 发现当分别从瘤胃、真胃和颈动脉灌注葡萄糖时 ,葡萄糖的 Kf 值依次为 54. 5 % ,71. 5 % ,72. 9 % 。因此在以粗饲料为主时 ,通过降低日粮中精饲料淀粉和蛋白质在瘤胃的降解率 ,增加后段消化道可吸收的葡萄糖和氨基酸的数量 ,促使在高比例乙酸条件下的乙酸氧化供能与合成体脂之间的持续分配流动向着后者进行 ,以达到提高 VFA 转化效率的目的。

目前 ,国内外 Oldham (1984) 和 Orskov (1990) 等有关反刍动物真胃灌注葡萄糖和酪蛋白的研究主要是对泌乳动物的乳产量和奶成分的影响 ,但对肉用反刍动物粗饲料 VFA 用于体增重效率的营养调控研究较少。本文旨在维持饲养水平的基础上 ,瘤胃灌注高比例乙酸的混合 VFA ,通过真胃灌注不同水平的葡萄糖和酪蛋白的综合营养调控手段研究 VFA 用于增重效率及体组织沉积的规律 ,为小肠可消化碳水化合物和小肠蛋白质的营养调控提供应用依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物 3 头带有瘤胃和真胃瘘管的成年阉牛 ,年龄 2~2. 5 岁 ,体重 350~400kg 。

1.2 试验日粮 全部由羊草组成 ,其营养价值见表 1 ,满足试验牛的维持需要。

1.3 试验设计

采用对比试验设计 ,共分 3 个试验 ,每个试验均向 3 头为一组的阉牛瘤胃灌注混合 VFA ,其间乙酸、丙酸和丁酸摩尔比为 75:15:10 ,混合 VFA 和羊草基础日粮提供 1. 3 倍的维持需要 ,其中 VFA 提供维持以上的 0. 3 倍维持需要。

试验一 ,真胃灌注三种水平的葡萄糖 (g/ 天) ,分别为 100,250 和 400 ;所含的能量 (MJ/ 天) 分别是 1. 62 、 4. 03 和 6. 44 。

试验二 ,真胃灌注三种水平的酪蛋白 (g/ 天) ,分别为 200,300 和 400 ;所含能量 (MJ/ 天) 分别为 4. 05 、 6. 07 和 8. 10 ;蛋白量 (g/ 天) 分别为 166. 3,249. 4 和 332. 5 。

试验三 ,真胃灌注 250g 葡萄糖分别与三种酪蛋白水平组合 ,即分别为 250g 葡萄糖 +200g 酪蛋白 ,250g 葡萄糖 +300g 酪蛋白以及 250g 葡萄糖 +400g 酪蛋白 ;所含的能量 (MJ/ 天) 分别为 8. 08,10. 1 和 12. 13 ;蛋白量 (g/ 天) 分别为 166. 3,249. 4 和 332. 5 。

由于试验二、三真胃灌注酪蛋白后,试验牛能量摄入比未灌注者高 8MJ / 天。因此,调整试验二、三阉牛的采食量,每天补充 8MJ 总能,并进行测热试验。

1.4 饲养管理

瘤胃 VFA 灌注、真胃葡萄糖和酪蛋白灌注以及测热均在农大 KB - 1 型大型呼吸测热室中进行,连续 7 天灌注后,连续测热和采样各 3 天。试验前两天早晨连续空腹称重,以两天体重的平均值确定维持水平羊草供给量,每天 8:00 和 16:0 饲喂两次。

1.5 瘤胃 VFA、真胃葡萄糖和酪蛋白的灌注方法

瘤胃灌注所用硬质乙烯管内径 3.5mm,外径 5.5mm。通过瘘管盖伸入瘤胃内 50cm,管的胃内端是一膨大的 $60 \times 25\text{mm}^2$ 的带孔聚乙烯管,并用尼龙布罩住所有的小孔,以使灌注液缓慢地释放到瘤胃液液相中,而且避免了因瘤胃蠕动造成食糜堵塞小孔。通过调节蠕动泵转子的转速和耐磨硅胶管径的大小保持恒定的灌注速度,保证 24 小时持续灌注 7000ml 混合的 VFA 稀释液和 7000ml 缓冲液。

真胃灌注用乙烯管内径为 5mm,外径为 7mm,伸入胃内 5~7cm,为避免体重较大的动物卧倒时压住乙烯管,阻断液体的流动,可选择同样孔径的合金管代替乙烯管。将三个水平的酪蛋白溶解在 80 度热水中,加少量 Na_2CO_3 促进酪蛋白溶解。每天 24 小时持续灌注葡萄糖和酪蛋白稀释溶液 4000ml、二者混合液亦为 4000ml。

2 结果与讨论

2.1 真胃灌注三种不同水平的葡萄糖对高乙酸摩尔比 VFA 增重效率的影响

与对照组相比,真胃灌注葡萄糖显著提高 DE 和 ME ($P < 0.05$),各灌注组之间差异不显著 ($P > 0.05$),见表 2。真胃灌注葡萄糖产热明显下降 ($P < 0.05$),灌注 250g 和 400g 的产热显著低于灌注 100g 的产热 ($P < 0.05$),但 250g 和 400g 两组值之间差异不显著 ($P > 0.05$)。真胃灌注葡萄糖显著降低了 HP / ME ($P < 0.05$),灌注 250g 和 400g 两组 HP / ME 差异不显著 ($P > 0.05$),但两组显著高于灌注 100g 组 ($P < 0.05$)。

经回归分析,HP / ME (Y, %) 与灌注葡萄糖水平 (X, g / 天) 呈曲线负相关:

$$Y = 78.860 - 1.708 \ln X \quad (r = -0.941, n = 4)$$

真胃灌注葡萄糖使平均 Kf 值比未灌注者增加了 14.05 个百分点 ($P < 0.01$);灌注 250g 和 400g 的 Kf 值高于灌注 100g 者的 Kf 值 ($P < 0.05$),但 250g 与 400g 灌注组差异不显著 ($P > 0.05$)。经回归分析,真胃灌注葡萄糖 (X, g / 天) 与 Kf (Y, %) 之间呈曲线正相关:

$$Y = 38.474 + 1.912 \ln X \quad (r = 0.916, n = 4)$$

由表 2 可见,真胃灌注葡萄糖量超过 250g 时,则 HP / ME 不再下降,Kf 值不再升高,而 100g 和 250g 葡萄糖只占总代谢能的 2.7% 和 6.5%。虽然葡萄糖在中间代谢过程中也有热损失,但 Kf 值却分别提高了 25% 和 53%,表明进入小肠的大量葡萄糖主要是提供 NADPH,从而提高了乙酸转化为体脂肪的效率。

真胃灌注葡萄糖与不灌注相比,体脂肪沉积量显著增加 ($P < 0.05$),平均日增加达 172.41g。随着真胃葡萄糖灌注量的增加,体蛋白沉积量也随之增加,日灌注 250g 组和 400g 组的体蛋白沉积量极显著高于对照组和 100g 组 ($P < 0.01$),而 400g 组和 250g 组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

瘤胃内灌注高乙酸比例的混合 VFA,由于丙酸比例较低,合成的葡萄糖量也较少,满足不了肥育牛对葡萄糖和 NADPH 的需求,肉牛动用部分体蛋白和饲料蛋白通过糖异生合成葡萄糖,从而造成尿氮排出量的增加和氮沉积量的下降。增加真胃葡萄糖灌注量,不但可以提供 NADPH 以提高乙酸转为体脂肪的效率,而且可以减少机体动用体蛋白分解用于糖异生的量,因而体蛋白沉积量增加。该研究结果与 Mackae 和 Lobely (1986) 的研究结果一致,说明真胃灌注葡萄糖可以降低生糖氨基酸转化为葡萄糖的量,而使体蛋白沉积量增加,提高了蛋白质的转化效率。

2.2 真胃灌注三种不同水平的酪蛋白对高乙酸摩尔比的 VFA 增重效率的影响

表 1 羊草的营养价值

GE(MJ/kg)	ME(MJ/kg)	CP	NDF	ADF	Ca	P
17.1	6.5	7.14	70.12	41.41	0.32	0.20

表2 不同水平的葡萄糖在1.3倍维持需要时对能量平衡及能量转化效率的影响

Table 2. The effects of different infusion levels of glucose at 1.3 feeding level on energy balance and conversion

	葡萄糖真胃灌注量 Abomasal infusion levels of glucose(g/day)			
	100	250	400	0
代谢体重 $BW^{0.75}$ (kg)	083. 98	084. 10	084. 25	083. 46
羊草消化能 GE of hay (MJ / day)	110. 48	109. 42	107. 40	108. 36
灌注 VFA 能 Energy infused VFA (MJ / day)	011. 87	011. 87	011. 87	011. 87
灌注葡萄糖能 Energy infused glucose	001. 62	004. 03	006. 44	
粪能 Fecal energy (MJ / day)	052. 45	052. 20	054. 45	053. 66
尿能 Urinary energy (MJ / day)	004. 89	005. 01	005. 24	004. 04
CH ₄ 能 Methane energy (MJ / day)	006. 48	006. 44	006. 08	005. 81
DE(MJ / day)	071. 52a	073. 12a	071. 26a	066. 57b
ME(MJ / day)	060. 15a	061. 67a	059. 94a	056. 98b
HP(MJ / day)	044. 04a	040. 81b	041. 88b	047. 05c
HP/ ME(%)	073. 12a	066. 17b	069. 84b	082. 60c
NEg(MJ / day)	016. 11a	020. 86b	018. 08b	009. 67c
Kf (%)	043. 18a	052. 85b	049. 74b	034. 54c
体脂肪沉积 Body fat deposition (g / day)	365. 55a	442. 53a	359. 77a	216. 87b
体蛋白沉积 Body protein deposition (g / day)	066. 31a	125. 06b	158. 38b	054. 13a

表3 不同水平的酪蛋白在1.3倍维持需要时对能量平衡及能量转化效率的影响

Table 3. The effects of different infusion levels of casein at 1.3 feeding level on energy balance and conversion

	酪蛋白真胃灌注量 Abomasal infusion levels of casein(g/day)			
	200	300	400	0
代谢体重 $BW^{0.75}$ (kg)	084. 65	084. 77	083. 95	083. 46
羊草消化能 GE of hay (MJ / day)	110. 17	111. 56	109. 78	115. 36
灌注 VFA 能 Energy infused VFA (MJ / day)	011. 87	011. 87	011. 87	011. 87
灌注酪蛋白能 Energy infused casein (MJ / day)	004. 05	006. 07	008. 10	
粪能 Fecal energy (MJ / day)	052. 32	052. 87	053. 20	054. 25
尿能 Urinary energy (MJ / day)	005. 12	005. 56	005. 78	005. 78
CH ₄ 能 Methane energy (MJ / day)	006. 76	006. 84	007. 02	006. 84
DE(MJ / day)	073. 57a	076. 63b	076. 55b	072. 98a
ME(MJ / day)	061. 49a	064. 23b	063. 75b	060. 36a
HP(MJ / day)	043. 12a	044. 36ab	045. 87b	048. 24c
HP/ ME(%)	070. 13a	069. 06a	071. 95a	079. 92b
NEg(MJ / day)	018. 57a	019. 87a	017. 38a	012. 12b
Kf (%)	051. 74a	050. 34a	044. 36b	035. 20c
体脂肪沉积 Body fat deposition (g / day)	357. 27a	361. 78a	297. 37b	267. 94c
体蛋白沉积 Body protein deposition (g / day)	183. 19a	230. 31b	212. 75ab	061. 69c

真胃灌注300g/天和400g/天的酪蛋白的总ME显著高于对照组和200g组($P < 0.05$)，其中300g和400g组之间差异不显著($P > 0.05$)，见表3。真胃灌注酪蛋白与未灌注相比，产热值显著下降($P < 0.05$)，400g组的产热值明显高于200g组($P < 0.05$)，而300g组与200g组和400g组之间差异不显著($P > 0.05$)。真胃灌注酪蛋白与未灌注相比，HP/ME显著降低($P < 0.05$)，但200g, 300g和400g三组之间差异不显著；Kf值极显著增加($P < 0.01$)，其中200g和300g组的Kf值显著高于400g组($P < 0.05$)。与未灌注相比，真胃灌注酪蛋白，体蛋白、体脂肪沉积量极显著地增加($P < 0.01$)，在三个灌注水平之间，灌注200g和300g酪蛋白的体脂肪沉积量显著高于400g的灌注结果($P < 0.05$)；灌注300g酪蛋白的体蛋白沉积量显著高于灌注200g的体蛋白沉积量($P < 0.05$)；但灌注量超过300g/天时，体蛋白、体脂肪沉积量不再增加($P > 0.05$)；

本试验条件下,灌注 300g/天酪蛋白时,体蛋白和体脂肪沉积量最大。

MacRae 等 (1986) 用绵羊饲喂秋季收获的禾本科牧草,真胃灌注 30g/天的酪蛋白,Kf 值提高了 42.5%。李爱科等(1991)用血包被豆粕饲喂采食粗饲料日粮的肉用阉牛,Kf 值提高了 27.6%,与本试验的结果一致。真胃内灌注酪蛋白可以增加小肠可吸收氨基酸的数量和质量(因酪蛋白中含有较高比例的赖氨酸、亮氨酸等必需氨基酸),因而提高了体蛋白质合成;同时,一部分生糖氨基酸经糖异生作用合成葡萄糖,而供给乙酸合成长链脂肪酸时所需的 NADPH,体脂肪沉积量也相应增加。

从真胃灌注葡萄糖和酪蛋白对体组织沉积的总量来看,灌注 250~400g 葡萄糖与灌注 300g、400g 酪蛋白的效果基本相似。但从体组织沉积的组成可以看出,灌注酪蛋白时肥育肉牛相对以沉积蛋白质为主,而灌注葡萄糖则以脂肪沉积为主,前者蛋白质的沉积占体组织沉积总量的 38.14%,而后者只占 22.65%,前者比后者高 15.94 个百分点($P < 0.05$)。真胃灌注葡萄糖和真胃灌注酪蛋白相比,HP、HP/ME 和 Kf 值没有差异($P > 0.05$)。因此,通过真胃灌注葡萄糖和酪蛋白的营养调控方法,可使高乙酸比例的混合 VFA 转化为体增重的效率得到提高。从灌注量分析,真胃灌注 200g 酪蛋白与灌注 250g 葡萄糖在增重方面的效果一致。

2.3 真胃灌注三种不同水平的葡萄糖和酪蛋白混合物对高乙酸比例 VFA 增重效率的影响

真胃灌注葡萄糖和酪蛋白,组和组的 DE 和 ME 显著高于组($P < 0.05$),见表 4,这主要由于组、组粪能以及组的尿能明显低于组和对照组($P < 0.05$),表明当真胃葡萄糖与酪蛋白混合物灌注量达到 650g/天时,肥育阉牛的消化吸收和利用能力降低,部分葡萄糖和酪蛋白从粪中排出,同时尿 N 也增加,致使组的 DE 和 ME 值低于、组。

真胃灌注葡萄糖和酪蛋白与不灌注者相比,HP 和 HP/ME 显著降低($P < 0.05$),组的 HP 显著低于组($P < 0.05$),但 和与组、与组差异不显著($P > 0.05$);、组的 HP/ME 显著低于组($P < 0.05$),但、组之间差异不显著。真胃灌注葡萄糖和酪蛋白,Kf 值明显增加($P < 0.01$),使 Kf 值高达 59.3%,组显著高于组($P < 0.05$),组与组、与组差异不显著($P > 0.05$)。

经回归分析,Kf 值与真胃灌注葡萄糖和酪蛋白量之间存在曲线相关,回归方程为:

$$Kf (\%) = 40.008 + 2.107 \ln X (r = 0.863, n = 4), X \text{ 为真胃灌注葡萄糖和酪蛋白量(g/天)}.$$

真胃灌注葡萄糖和酪蛋白的平均 Kf 值和 NEg 值分别比单独灌注酪蛋白时高 4.56 个百分点(P

表 4 葡萄糖和酪蛋白的不同匹配在 1.3 倍维持需要时对能量平衡及能量转化效率的影响

Table 4. The effects of different infusion levels of glucose and casein mixture at 1.3 feeding level on energy balance and conversion

	真胃灌注葡萄糖 + 酪蛋白 Abomasal infusion levels of glucose and casein(g/day)			
	(250 + 200)	(250 + 300)	(250 + 400)	0(对照)
代谢体重 BW ^{0.75} (kg)	085.89	086.40	085.00	084.45
羊草消化能 GE of hay (MJ / day)	114.42	115.20	113.78	124.41
灌注 VFA 能 Energy infused VFA (MJ / day)	011.87	011.87	011.87	011.87
灌注葡萄糖 + 酪蛋白能 Energy infused glucose + casein (MJ / day)	008.08	010.10	012.13	
粪能 Fecal energy (MJ / day)	54.25a	055.88a	059.83b	081.33b
尿能 Urinary energy (MJ / day)	006.12a	006.74ab	007.55b	005.64a
CH ₄ 能 Methane energy (MJ / day)	007.18	007.98	007.85	007.43
DE(MJ / day)	080.12a	081.49a	076.95b	074.95b
ME(MJ / day)	066.82a	066.77a	062.75b	061.88b
HP(MJ / day)	040.57a	042.45ab	044.76b	048.87c
HP/ME (%)	060.72a	063.58a	071.33b	078.98c
NEg(MJ / day)	026.25a	024.32a	017.99b	013.01c
Kf (%)	059.30a	053.72ab	047.09b	034.88c
体脂肪沉积 Body fat deposition (g / day)	504.68a	457.69a	281.78b	287.21b
体蛋白沉积 Body protein deposition (g / day)	259.50a	257.19a	259.74a	066.00b

<0.05) 和 4.2MJ / 天 ($P < 0.05$) ; 分别比单独灌注葡萄糖时高 4.73 个百分点 ($P < 0.05$) 和 4.50MJ / 天 ($P < 0.05$)。单独灌注葡萄糖和酪蛋白时 , 二者的 K_f 值和 N_Eg 十分接近。真胃灌注葡萄糖和酪蛋白的混合物时 , 体蛋白沉积量占整个体组织沉积量分别比单独灌注葡萄糖和酪蛋白时高 16.15 ($P < 0.05$) 和 1.45 个百分点 ($P > 0.05$)。

3 小结

通过真胃灌注葡萄糖、酪蛋白及二者混合物的营养调控手段 , 显著降低了高乙酸比例条件下的 HP/ ME , 明显提高了 K_f 值和氮的转化效率 , 为生产实践中通过增加后段消化道可消化碳水化合物和蛋白质的营养调控提供了应用依据。

在本试验条件下 , 在降低 HP/ ME 、提高 K_f 值和 RN/ DN 方面 , 以日灌注 250g 葡萄糖、300g 酪蛋白以及 250g 葡萄糖和 200g 酪蛋白的匹配的效果较好。

参考文献

- 李爱科 , 冯仰廉 . 1994. Effect of undergradable nutrients on energy deposition in steers [Z]. Proceedings of the 13th symposium on energy metabolism of farm animals. Spain.
- Garza F J D , Owens F N , Welty S , Summers J . 1992. Effects of postruminal casein on voluntary alfalfa hay intake by steers [R]. Animal Science Research Report , Agricultural Experiment Station , Oklahoma State University. Mp - 136 , 256 ~ 270. 3ref.
- Garza F J D , Owens F N , Welty S . 1991. Effect of post ruminal protein infusion on feed intake and utilization of low quality hay by beef steers [R]. Animal Science Research Report , Agricultural Experiment Station , Oklahoma state University. MP - 134 , 106 ~ 113. 3ref.
- Janes A N , Weekes T E , Armstrong . 1985. Absorption and metabolism of glucose by the mesenteric - drained viscera of sheep fed on dried grass or ground , maize - based diets [J]. Brit.J Nutr., 54:449.
- Leng R A . 1978. The effect on growth of supplying glucose continuously into the duodenum of lambs on low - protein diets [Z]. Proceedings Australian Society of Animal Production , 12:134.
- MacRae J C et al . 1985. The efficiency of utilization of ME and apparent absorption of amino acids in sheep given spring and autumn harvested dried grass [J]. Brit.J Nutr., 54:197 ~ 209.
- Oldham J D . 1981. In Recent Development in Ruminant Nutrition [M]. Haresign , W. & Cole , D. J. A. , Butter Worths.
- Orskov E R , Ryle . 1990. 《Energy Nutrition on Ruminants》.