

过瘤胃蛋氨酸对奶牛产奶量、乳成分 以及血液氨基酸的影响

韩兆玉¹, 周岩民¹, 王根林^{1*}, 王恬¹, 刘永刚²

(1. 南京农业大学动物科技学院, 江苏 南京 210095; 2. 安迪苏亚太私人有限公司, 新加坡市 179803, 新加坡)

摘要: 选用 16 头泌乳中期荷斯坦奶牛按拉丁方设计进行试验, 研究饲料中补充 0、8、12 和 16 g · d⁻¹ 过瘤胃蛋氨酸对奶牛产奶量、乳成分以及血液氨基酸含量的影响。结果表明, 与对照组相比, 补饲过瘤胃蛋氨酸能够提高奶牛乳蛋白、乳脂率和酪蛋白水平。补饲过瘤胃蛋氨酸对产奶量较高 (>22 kg · d⁻¹) 的奶牛有增加产奶量的趋势, 对产奶量低的奶牛没有积极作用, 能提高高产奶牛乳蛋白和乳脂肪量。选用 9 头泌乳中期荷斯坦奶牛, 在补饲过瘤胃蛋氨酸和普通蛋氨酸前后连续采血 44 h, 探索蛋氨酸的吸收变化曲线, 发现奶牛补饲过瘤胃蛋氨酸后 12 ~ 16 h 达到吸收高峰, 过瘤胃蛋氨酸能显著提高奶牛血清蛋氨酸水平, 而补饲普通蛋氨酸则无明显影响。补饲过瘤胃蛋氨酸和普通蛋氨酸对血清总氨基酸水平均无显著影响。

关键词: 过瘤胃蛋氨酸; 奶牛; 产奶量; 乳品质

中图分类号: S816.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-2030 (2006) 03-0054-05

Effect of supplementing rumen protected methionine on milk composition and serum amine acids of dairy cow

HAN Zhao-yu¹, ZHOU Yan-min¹, WANG Gen-lin^{1*}, WANG Tian¹, LIU Yong-gang²

(1. College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;
2. Adisseo Asia Pacific P/L, Singapore City 179803, Singapore)

Abstract: 16 Holstein dairy cows in their midlactation were selected for a 4 × 4 Latin-square design study, to investigate influence of a rumen protected methionine (Met) source at dosage of 0, 8, 12 and 16 g · d⁻¹, on Met absorption, milk yield, milk protein and fat. The results showed that the supplementation rumen-protected methionine increased milk protein and fat and casein. The supplementation rumen-protected methionine increased milk yield for cows that yielding exceeded 22 kg · d⁻¹, and no response for cows with lower yields. The quantity of milk protein and fat were improved by rumen-protected methionine in high yielding cows. 9 Holstein dairy cows in their midlactation were taken samples for 44 h before and after supplementing methionine. The result found that the addition of rumen protected methionine led to a sharp increase in the level of serum Met with a peak from 12 to 16 h following the intake. The supplementation rumen-protected methionine increased the level of serum Met, it was significant, while the addition of DL-Met did not achieve such response. The supplementation rumen-protected methionine and DL-Met had no significant effect on serum total amino acids.

Key words: rumen protected methionine; dairy cow; milk yield; milk composition

奶牛的产奶量和乳品品质受饲料中蛋白质和氨基酸含量等因素的影响, 奶牛对饲料中常规的蛋白质和氨基酸的利用效率一般较低, 进入奶牛小肠的未降解蛋白质和氨基酸不足是制约奶牛高产和影响乳品品质的主要因素^[1]。为提高奶牛对蛋白质的利用效率, 常采用增加过瘤胃蛋白的量, 但过瘤胃蛋白的增加往往会引起瘤胃中菌体蛋白的合成量减少。研究表明, 常规日粮的蛋氨酸和赖氨酸是奶牛产奶的主要限制性氨基酸^[2-3]。为获得最大微生物蛋白和乳蛋白产量, 以玉米为基础的奶牛日粮, 蛋氨酸应占小肠代谢蛋白 (MP) 的 2.2% ~ 2.5%^[4]。奶牛瘤胃微生物合成的蛋氨酸数量相对较少, 每 100 g 蛋白仅合成 (2.5 ± 0.6) g 氨基酸^[5]。反刍动物对饲料中的蛋氨酸利用率只有 40% ~ 80%^[6], 并且植物性饲

收稿日期: 2005-10-10

基金项目: 国际合作项目 (060600122); 农业结构调整重大技术研究专项 (2003-09-01B)

作者简介: 韩兆玉 (1967-), 副教授, 在职博士, 主要从事动物生产方面的研究。* 通讯作者, E-mail: glwang@njau.edu.cn。

料中多缺乏蛋氨酸，因此，到达小肠的蛋氨酸量较少，限制了奶牛生产潜力的发挥和牛奶质量的提高。大量研究表明，给泌乳前期的奶牛饲喂过瘤胃蛋氨酸，能够提高奶牛产奶量^[3,7-9]，但有关其对奶牛泌乳后期产奶量的影响研究较少。本试验给泌乳中后期的奶牛补饲不同水平的过瘤胃蛋氨酸，研究其对奶牛产奶量和乳成分以及血液氨基酸的影响，为过瘤胃蛋氨酸在奶牛生产中的合理应用提供试验依据。

1 材料与方 法

1.1 过瘤胃蛋氨酸对奶牛产奶量及乳成分影响试验

1.1.1 试验奶牛的选择 选用16头2~3岁第一胎健康的中国荷斯坦母牛，平均泌乳时间为139.5 d。根据年龄、产奶量、泌乳期相近的原则，进行配对，随机分为对照组、试验Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组，共4组，每组4头，其中2头奶牛产奶量稍高（每天22 kg以上），另2头则略低。试验地点为泰州卫岗奶牛场，奶牛在相同的条件下饲养。过瘤胃蛋氨酸由安迪苏（Adisseo）公司生产，含DL-蛋氨酸75%。

1.1.2 试验日粮 精料补充料配方采用原奶牛场配方，日粮精饲料组成（质量分数，%）：玉米42.5、麸皮15.0、棉仁粕10.0、豆粕10.0、花生粕8.0、大麦8.0、石粉1.5、磷酸氢钙3.0、食盐1.0、预混料1.0。

1.1.3 试验设计 试验采用拉丁方设计（表1），经7 d预试，记录奶牛产奶量以及健康状况。预试结束后开始正式试验，分4个阶段进行。第1阶段对对照组（CK）饲喂奶牛场常规使用的精料补充料（未添加过瘤胃蛋氨酸），试验Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组分别在早晨第1次喂料时补饲8、12和16 g·d⁻¹过瘤胃蛋氨酸，试验期21 d；第2阶段对对照组补饲8 g·d⁻¹过瘤胃蛋氨酸，试验Ⅰ组和Ⅱ组分别补饲12和16 g·d⁻¹过瘤胃蛋氨酸，试验Ⅲ组则饲喂空白对照饲料（未添加过瘤胃蛋氨酸），每个阶段开始前均经过7 d预试，试验期仍为21 d；试验第3阶段和第4阶段的处理与前两次相同。

表1 试验设计

Table 1 Experiment design

组别 Group	阶段1 Phage 1				阶段2 Phage 2				阶段3 Phage 3				阶段4 Phage 4			
	CK	I	II	III	CK	I	II	III	CK	I	II	III	CK	I	II	III
CK	+					+					+					+
I		+					+					+	+			
II			+					+	+					+		
III				+	+					+					+	

1.1.4 饲养管理 奶牛饲养方式为双列对尾栓系式饲养，水槽自由饮水。过瘤胃蛋氨酸加入奶牛精料补充料中在早晨一次喂给。人工饲喂，日饲喂3次，挤奶3次（8:00、14:30和21:00），每天上午和下午喂料结束后散放到运动场。整个试验期青饲料供应随季节有所变化。

1.1.5 奶样测定 试验奶牛采用管道式挤奶器挤奶，记录每天每头的产奶量。每隔2天于中午在每头奶牛挤奶结束后，将牛奶搅拌均匀，用牛奶取样器吸取中间牛奶，每次每头牛取奶样4个，每次200 mL，用乳成分自动分析仪测定乳脂率、乳蛋白。每周测定1次牛奶中酪蛋白含量，用UNIC7200型分光光度计测定。

1.2 过瘤胃蛋氨酸对奶牛血清蛋氨酸以及总氨基酸含量的影响试验

1.2.1 试验牛选择 选用9头2~3岁第一胎健康的中国荷斯坦母牛，平均泌乳时间为130 d，根据年龄、产奶量、泌乳期相近的原则，进行配对，随机分为3组，每组3头，分别为对照组、试验Ⅰ和Ⅱ组，在相同的条件下饲养。

1.2.2 试验设计 对照组饲喂基础日粮，试验组添加蛋氨酸量均为每头50 g，试验Ⅰ组补饲51.02 g普通蛋氨酸（DL-蛋氨酸含量98%），试验Ⅱ组奶牛补饲67 g过瘤胃蛋氨酸（蛋氨酸含量75%），均加入每日第1次饲喂的精料补充料中。

1.2.3 血样采集 尾静脉采血，每次采血10 mL。补饲蛋氨酸前一天每头采3次血，每次间隔4 h；补饲后每隔4 h采血样1次，共采血样9次。血样中添加抗凝剂（肝素钠），分离血清，测定血清蛋氨酸、赖氨酸等氨基酸以及总氨基酸含量。

1.2.4 氨基酸测定 血清中蛋氨酸、赖氨酸和总氨基酸含量采用日立 835-50 型氨基酸自动分析仪测定。

1.3 统计分析

试验数据经 Excel 2000 整理后, 采用 SPSS 11.5 软件, 对 4 个浓度进行单因子方差分析, 并用 Duncan's 法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 过瘤胃蛋氨酸对奶牛产奶量及乳成分的影响

由表 2 可见, 与对照组相比, 补饲 $8 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 过瘤胃蛋氨酸组 (I) 仅在第 4 阶段产奶量明显高于对照组。补饲 $12 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 过瘤胃蛋氨酸组 (II) 在试验第 1 和第 4 阶段产奶量高于对照组。补饲 $16 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 过瘤胃蛋氨酸组 (III) 在试验第 1、2 和全程产奶量比对照组有所提高。全程平均产奶量各试验组与对照组相比差异均不显著。

表 2 过瘤胃蛋氨酸对奶牛产奶量及乳成分的影响

Table 2 The effects of supplementation rumen-protected methionine on milk yield and milk composition

过瘤胃蛋氨酸添加量/ $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ Rumen-protected methionine	试验阶段 Phage	产奶量/ $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ Milk yield	乳脂率/% Milk fat	乳蛋白/% Milk protein	酪蛋白/% Casein
0	1	23.27 ± 3.4^a	3.36 ± 0.4^a	3.27 ± 0.3	2.08 ± 0.3
	2	22.38 ± 2.3^a	3.55 ± 0.4	3.49 ± 0.2	1.80 ± 0.3^a
	3	23.05 ± 2.2^a	3.78 ± 0.4^a	3.42 ± 0.2^a	2.09 ± 0.3
	4	19.53 ± 2.7^a	4.18 ± 0.4^a	3.94 ± 0.1	1.93 ± 0.3^a
	平均 Mean	22.06 ± 2.7	3.72 ± 0.4	3.53 ± 0.3	1.96 ± 0.3^a
8	1	21.3 ± 3.4^b	3.41 ± 0.4^a	3.28 ± 0.2	2.10 ± 0.3
	2	21.41 ± 2.2^a	3.77 ± 0.6	3.47 ± 0.3	2.07 ± 0.3^{ab}
	3	22.07 ± 2.5^{ab}	4.47 ± 0.4^b	3.78 ± 0.2^b	2.13 ± 0.3
	4	22.28 ± 2.8^b	4.30 ± 0.5^{ab}	3.94 ± 0.1	2.65 ± 0.4^b
	平均 Mean	21.79 ± 2.7	3.99 ± 0.5	3.62 ± 0.3	2.23 ± 0.3^{ab}
12	1	24.2 ± 2.6^{ac}	3.45 ± 0.3^{ab}	3.32 ± 0.2	2.24 ± 0.3
	2	21.49 ± 2.7^a	3.20 ± 0.3	3.44 ± 0.2	1.92 ± 0.2^a
	3	20.65 ± 2.4^b	3.78 ± 0.3^a	3.73 ± 0.4^b	2.03 ± 0.3
	4	21.10 ± 2.5^b	4.48 ± 0.4^b	4.03 ± 0.1	2.32 ± 0.3^{ab}
	平均 Mean	21.86 ± 2.6	3.73 ± 0.4	3.63 ± 0.4	2.12 ± 0.3^{ab}
16	1	25.76 ± 2.4^c	3.69 ± 0.4^b	3.33 ± 0.2	2.16 ± 0.3
	2	24.55 ± 2.3^b	3.2 ± 0.3	3.43 ± 0.2	2.23 ± 0.3^b
	3	21.23 ± 2.5^b	4.06 ± 0.4^b	3.66 ± 0.2^{ab}	2.45 ± 0.4
	4	18.83 ± 2.1^a	4.47 ± 0.4^b	3.93 ± 0.1	2.61 ± 0.3^b
	平均 Mean	22.59 ± 2.3	3.86 ± 0.4	3.59 ± 0.2	2.37 ± 0.4^b

注: 不同组间同一阶段数据后上标字母不同表示组间差异显著 ($P < 0.05$)。The different superscript letters between groups mean significant difference at 0.05 levels in the same phage.

补饲过瘤胃蛋氨酸在第 3 阶段均明显提高乳蛋白水平。整个试验期, 与对照组相比, 补饲 $8 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 过瘤胃蛋氨酸组乳蛋白率提高 2.55%, $12 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 处理组乳蛋白提高 2.83%, $16 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 处理组的乳蛋白提高 1.7%, 但差异不显著。

过瘤胃蛋氨酸有提高乳脂率的作用。补饲 8、12 和 $16 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 过瘤胃蛋氨酸组分别显著提高第 3 阶段、第 4 阶段和第 1、第 3 和第 4 阶段乳脂率。整个试验期, 补饲 $8 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 过瘤胃蛋氨酸乳脂率提高 7.26%, $16 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 处理乳脂率提高 3.76% ($P > 0.05$)。

过瘤胃蛋氨酸能够提高牛奶中酪蛋白的水平。在整个试验期, 补饲 $8 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 过瘤胃蛋氨酸组酪蛋白提高 13.77% ($P > 0.05$), $12 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 处理组酪蛋白提高 8.16% ($P > 0.05$), $16 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 处理组酪蛋白提高 20.92% ($P < 0.05$)。

2.2 过瘤胃蛋氨酸对奶牛平均血清氨基酸浓度的影响

由表 3 可见, 补饲过瘤胃蛋氨酸 36 h 内, 平均血清蛋氨酸浓度极显著地提高 ($P < 0.01$), 对其他

氨基酸影响不明显 ($P > 0.05$)；补饲普通蛋氨酸明显提高血清中 Arg、Tyr、Val、Phe、Ile 和 Leu 含量 ($P < 0.05$)，而血清蛋氨酸含量没有明显变化。与普通蛋氨酸相比，过瘤胃蛋氨酸能明显提高血清蛋氨酸水平 ($P < 0.05$)，对其他氨基酸的影响不明显 ($P > 0.05$)。补喂过瘤胃蛋氨酸和普通蛋氨酸均能提高血清总氨基酸水平 ($P > 0.05$)。

表3 补饲过瘤胃蛋氨酸后 36 h 内对奶牛平均血清氨基酸浓度的影响

Table 3 The effects of supplement rumen-protected methionine on serum amino acids $\mu\text{mol} \cdot \text{mL}^{-1}$

氨基酸 Amino acids	对照组 Control	DL-蛋氨酸组 DL-Met	过瘤胃蛋氨酸组 Rumen-protected Met
天冬氨酸 Asp	20.18 ± 6.65	22.12 ± 6.25	21.21 ± 4.47
谷氨酸 Glu	72.54 ± 27.89	91.96 ± 22.03	72.54 ± 12.52
丝氨酸 Ser	78.26 ± 16.14	89.48 ± 23.13	84.67 ± 11.35
组氨酸 His	78.13 ± 31.23	84.89 ± 22.79	68.54 ± 10.22
甘氨酸 Gly	304.73 ± 61.61	361.69 ± 84.05	341.99 ± 46.99
苏氨酸 Thr	69.36 ± 16.13	86.61 ± 24.36	81.31 ± 14.5
精氨酸 Arg	127.86 ± 26.58 ^a	168.2 ± 41.92 ^b	136.57 ± 27.1 ^{ab}
丙氨酸 Ala	220.52 ± 35.98	262.49 ± 58.95	231.46 ± 30.3
酪氨酸 Tyr	63.32 ± 14.27 ^a	81.95 ± 20.08 ^b	69.00 ± 10.04 ^{ab}
半胱氨酸 Cys	213.47 ± 68.74	239.23 ± 68.64	224.58 ± 40.73
缬氨酸 Val	313.47 ± 55.72 ^a	390.44 ± 84.74 ^b	348.80 ± 45.34 ^{ab}
蛋氨酸 Met	23.80 ± 5.72 ^{aa}	31.14 ± 9.78 ^a	54.03 ± 35.21 ^{Bb}
苯丙氨酸 Phe	55.32 ± 12.97 ^a	72.78 ± 16.53 ^b	67.37 ± 9.24 ^{ab}
异亮氨酸 Ile	138.06 ± 49.7 ^a	185.74 ± 46.89 ^b	170.29 ± 21.95 ^{ab}
亮氨酸 Leu	177.90 ± 36.2 ^a	241.73 ± 80.93 ^b	219.56 ± 57.11 ^{ab}
赖氨酸 Lys	68.17 ± 16.13	91.09 ± 31.13	71.56 ± 16.23
总氨基酸 Total amino acid	2 068.40 ± 245.6	2 501.50 ± 378.6	2 261.40 ± 199.1

注：每行不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。The different superscript capital and small letters between groups mean significant difference at 0.05 and 0.01 levels.

由图 1 可见，补饲过瘤胃蛋氨酸 4 h 后血清蛋氨酸含量开始增加，12 h 时最高，随后逐渐下降，28 h 后与普通蛋氨酸和未补饲蛋氨酸组含量基本接近。补饲普通蛋氨酸组血清中的蛋氨酸含量变化较小。

3 讨论

蛋氨酸和赖氨酸是奶牛产奶的主要限制性氨基酸，一般认为，蛋氨酸或赖氨酸对奶牛乳蛋白含量的影响比对其产奶量更敏感^[4]。本试验结果表明，补饲过瘤胃蛋氨酸有提高奶牛产奶量的趋势，可能是补饲过瘤胃蛋氨酸，增加了小肠蛋氨酸的供应量，为奶牛产奶和乳蛋白合成提供充足的蛋氨酸，促进了奶牛生产性能的发挥。Noftsgger 等^[7] 研究报道，泌乳早期奶牛饲喂低含量过瘤胃蛋白补饲蛋氨酸日粮，产奶量能显著提高；Overton 等^[8] 在奶牛泌乳的 22 ~ 204 d 补喂 20 g · d⁻¹ 瘤胃保护性蛋氨酸，产奶量明显提高，均与本次试验结果相一致。Misciatlli 等^[10] 研究发现，泌乳前中期奶牛补饲 12 g · d⁻¹ 瘤胃保护性蛋氨酸或 24 g · d⁻¹ 赖氨酸，均能显著提高乳蛋白和乳脂率水平，认为与饲料中过瘤胃蛋白的赖氨酸和蛋氨酸以及过瘤胃氨基酸的补饲量有关。本试验发现，8 g · d⁻¹ 和 12 g · d⁻¹ 过瘤胃蛋氨酸对中后期奶牛产奶量无影响，仅补饲 16 g · d⁻¹ 过瘤胃蛋氨酸能提高奶牛产奶量，说明过瘤胃蛋氨酸补饲效果与补饲量以及奶牛补饲时间有关。刘晓牧等^[11] 等认为奶牛补饲过瘤胃蛋氨酸的最佳时间是奶牛在分娩前 2 ~ 3 周到泌乳的 150 d 左右，补喂 20 ~ 35 g · d⁻¹ 蛋氨酸羟基类似物产奶效果最佳。

补喂过瘤胃蛋氨酸提高乳脂率，可能与蛋氨酸影响乳腺中短链和中链脂肪酸合成有关^[12]，也有研究认为，蛋氨酸是合成胆碱的甲基供体，而胆碱是合成乳脂的限制性营养物质；蛋氨酸和赖氨酸是酪蛋白合成的限制性氨基酸，补饲过瘤胃蛋氨酸能增加氨基酸在小肠的吸收，促进酪蛋白的合成。Donkin

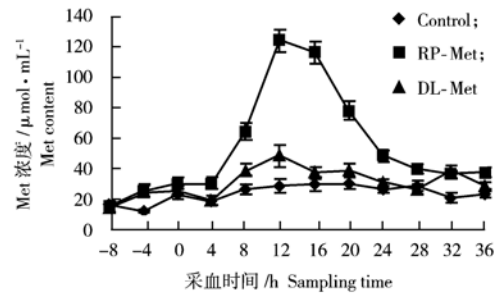


图 1 血清蛋氨酸的变化

Fig. 1 The change of serum Met

等^[13]也报道过瘤胃蛋氨酸能提高牛奶中酪蛋白的含量。

本研究表明(表 3 和图 1), 补饲过瘤胃蛋氨酸后 4 h 血清中蛋氨酸含量开始增加, 到 12 h 左右达到高峰, 随后开始下降, 28 h 左右与补饲前相近; 补饲普通蛋氨酸后 4 h 左右血清蛋氨酸开始上升, 但上升幅度较小, 28 h 左右与对照组相近, 说明过瘤胃蛋氨酸通过瘤胃时受到保护, 而普通蛋氨酸在瘤胃中被迅速分解。Overton 等^[8]也发现补喂瘤胃保护性蛋氨酸能增加血清蛋氨酸浓度, 降低血清赖氨酸浓度; Soder 等^[14]发现泌乳中期奶牛补饲过瘤胃蛋氨酸, 仅血清蛋氨酸显著提高, 其他氨基酸变化不明显, 与本试验结果相似。Blum 等^[15]报道饲喂过瘤胃蛋氨酸能够提高奶牛血清蛋氨酸和支链氨基酸(Val + Ile + Leu)水平, 本次试验也发现过瘤胃蛋氨酸能提高支链氨基酸水平, 但差异不显著。补饲普通蛋氨酸, 不能显著提高血清蛋氨酸水平, 能够显著提高 Arg、Tyr、Val、Phe、Ile 和 Leu 含量, 可能是普通蛋氨酸没有经过保护, 在瘤胃中被大量降解, 到达小肠的蛋氨酸量较少, 所以血清蛋氨酸水平略有升高, 而蛋氨酸分解后可能提供了瘤胃微生物合成 Arg、Tyr、Val、Phe、Ile 和 Leu 所需要的原料, 因此血清 Arg、Tyr、Val、Phe、Ile 和 Leu 水平升高。补饲过瘤胃蛋氨酸和普通蛋氨酸均不能显著提高血清总氨基酸的水平, 这可能是血液中总氨基酸一般处于相对稳定的原因。奶牛补饲过瘤胃蛋氨酸 + 玉米青贮或补喂过瘤胃蛋氨酸 + 干草, 血清蛋氨酸明显提高, 但血清总氨基酸水平变化不明显^[10], 与本试验的结果相似。

参考文献:

- [1] 孔凡德, 刘建新, 吴跃明. 瘤胃保护性氨基酸及其对奶牛生产性能的影响 [J]. 中国奶牛, 2001(1): 30 - 32
- [2] Nichols J R, Schingoethe D J, Maiga H A, et al. Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows [J]. J Dairy Sci, 1998, 81: 482 - 491
- [3] Xu S, Harrison J H, Chalupa W, et al. The effect of ruminal bypass lysine and methionine on milk yield and composition of lactating cows [J]. J Dairy Sci, 1998, 81: 1062 - 1077
- [4] Jimmy H. 奶牛营养需要 [M]. 7 版. 孟庆翔, 译. 北京: 中国农业大学出版社, 2001
- [5] Storm E. The nutritive value of rumen micro-organisms in ruminants. I. Large scale isolation and chemical composition of rumen micro-organisms [J]. Br J Nutr, 1983, 50: 463 - 470
- [6] Lobley C G, Connell A, Buchan V, et al. Administration of testosterone to wether lambs: effects on protein and energy metabolism and growth hormone status [J]. J Endocrinol, 1987, 115: 439
- [7] Nofstger S, St-pierre N R. Supplementation of methionine and selection of highly digestible rumen undegradable protein to improve nitrogen efficiency for milk production [J]. J Dairy Sci, 2003, 86: 958 - 969
- [8] Overton T R, Emmert L S, Clark J H. Effects of source of carbohydrate and protein and rumen-protected methionine on performance of cows [J]. J Dairy Sci, 1998, 81: 221 - 228
- [9] Rulquin H, Delaby L. Effects of the energy balance of dairy cows on lactational responses to rumen-protected methionine [J]. J Dairy Sci, 1997, 80: 2513 - 2522
- [10] Misciattelli L, Kristensen V F, Vestergaard M, et al. Milk production, nutrient utilization, and endocrine responses to increased post-ruminal lysine and methionine supply in dairy cows [J]. J Dairy Sci, 2003, 86: 275 - 286
- [11] 刘晓牧, 王中华, 李福昌, 等. 奶牛过瘤胃氨基酸的研究进展 [J]. 饲料工业, 2000, 21(4): 16 - 17
- [12] Pisulewski P M, Rulquin H, Peyraud J L, et al. Lactational and systemic responses of dairy cows to post-ruminal infusions of increasing amounts of methionine [J]. J Dairy Sci, 1996, 79: 1781 - 1791
- [13] Donkin S S, Varga G A, Sweeney T F, et al. Rumen-protected methionine and lysine: effects on animal performance, milk protein yield and physiological measures [J]. J Dairy Sci, 1989, 72: 1484 - 1489
- [14] Soder K J, Holden L A. Lymphocyte proliferation response of lactating dairy cows fed varying concentrations of rumen-protected methionine [J]. J Dairy Sci, 1999, 82: 1935 - 1942
- [15] Blum J W, Bruckmaier R M, Jans F. Rumin-protected methionine fed to dairy cows: bioavailability and effects on plasma amino acid pattern and plasma metabolite and insulin concentrations [J]. J Dairy Sci, 1999, 82: 1991 - 1998

责任编辑: 周广礼