

不同生育期串叶松香草和聚合草氨基酸瘤胃降解特性研究

刘太宇^{1,2}, 李梦云¹, 郑立², 乔宏兴²

(1 河南省高校动物营养与饲料工程技术研究中心, 河南 郑州 450011; 2 郑州牧业工程高等专科学校 畜牧工程系, 河南 郑州 450011)

【摘要】【目的】研究不同生育期串叶松香草和聚合草氨基酸的瘤胃降解特性, 为牧草适宜收获期的确定及其资源利用提供依据。【方法】以6头装有永久瘤胃瘘管的小尾寒羊为试验动物, 用尼龙袋法测定不同生育期串叶松香草和聚合草在绵羊瘤胃降解前后氨基酸含量的变化, 研究氨基酸的瘤胃降解特性。【结果】(1)随生育期的推进, 串叶松香草和聚合草中氨基酸含量均呈降低趋势, 串叶松香草总氨基酸/粗蛋白呈现“高一低—高一低”的双峰变化, 聚合草总氨基酸/粗蛋白呈现“低—高一低”的单峰变化; 2种牧草均富含天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、缬氨酸和亮氨酸, 而含硫氨基酸的含量均较低, 但氨基酸含量随不同生育期的变化规律不尽相同。(2)在开花期, 2种牧草大部分氨基酸在瘤胃中不易降解, 表明2种开花期牧草的氨基酸在瘤胃中有比较好的抗降解能力, 尤其以脯氨酸和丙氨酸的抗降解能力较强($P < 0.05$)。(3)在除开花期以外的其他生育期, 2种牧草的氨基酸在瘤胃中均较易降解; 各生育期牧草赖氨酸和精氨酸在瘤胃中均较易降解($P < 0.05$)。【结论】串叶松香草和聚合草的粗蛋白和氨基酸含量受品种和生育期的影响较大; 2种牧草不同生育期赖氨酸和精氨酸在瘤胃中均较易降解, 而开花期脯氨酸和丙氨酸在瘤胃中的抗降解能力较强。

【关键词】 生育期; 串叶松香草; 聚合草; 氨基酸含量; 瘤胃降解

【中图分类号】 S816.501.5

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)01-0036-07

Study on the changes of amino acid profiles rumen degradation for cluster leaf rosinweed and comfrey at different growth stages

LIU Tai-yu^{1,2}, LI Meng-yun¹, ZHENG Li², QIAO Hong-xing²

(1 Engineering Technology Research Center of Animal Nutrition and Feed, Zhengzhou, Henan 450011, China;

2 Department of Animal Husbandry, Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Zhengzhou, Henan 450011, China)

Abstract: 【Objective】 This research was engaged in the study on the change of amino acid profiles rumen degradation for cluster leaf rosinweed and comfrey at different growth stages. 【Method】 Six sheep fitted with permanent ruminal cannulas were used to determine the degradation characteristics of amino acid (AA) ruminal incubation by nylon-bag technique for 2 forage grasses at different growth stages. 【Result】 The result showed that: 1) the contents of amino acid reduced gradually with the growth of 2 kinds of forages. The TAA/CP of cluster leaf rosinweed showed two-peak (high—low—high—low) dynamic pattern. The TAA/CP of comfrey showed singer-peak (low—high—low) dynamic pattern. Two kinds of grasses were rich in aspartic acid, glutamic acid, alanine, valine and leucine, while the content of sulfur amino acids lower. But the amino acid changed at different growth stages with different rules. 2) Most amino acids of the Two kinds of grasses in the flowering were not easily degradable in the rumen, showing that amino acids in the rumen of grass flowering had good resistance to degradation for 2 kinds of grasses, especially

* [收稿日期] 2010-05-31

[基金项目] 农业科技成果转化基金项目(2009GB2D000229); 河南省重大科技攻关计划项目(092101110100); 郑州牧专博士科研启动基金项目(2008DSR006)

[作者简介] 刘太宇(1962—), 男, 河南淮阳人, 教授, 博士, 主要从事牛羊生产学研究。E-mail: liuty2008@126.com

[通信作者] 李梦云(1970—), 女, 湖北监利人, 副教授, 博士, 主要从事动物营养与饲料科学研究。

proline and alanine degradation in the rumen of strong resistance($P<0.05$). 3) In 4 growth periods amino acids were more prone to degradation in the rumen except flowering, while the lysine and arginine were more easily degradable in the rumen grass for 2 kinds of grasses ($P<0.05$).【Conclution】Two kinds of forage crude protein and amino acids affected by the great variety and growth stage. Lysine and arginine at different growth stages were easier to degradate in the rumen. Proline and alanine had strong anti-degradation in the rumen in flowering period.

Key words: growth stage; cluster leaf rosinweed; comfrey; amino acid content; rumen degradability

牧草是反刍动物的主要粗饲料,评定其营养价值对畜牧业生产具有十分重要的指导意义。在反刍动物新蛋白体系中,常以小肠可吸收蛋白为核心来评价饲料的营养价值。小肠可吸收蛋白来源于微生物蛋白、饲料未降解蛋白和内源蛋白。小肠可吸收蛋白质(氨基酸)营养调控的主要目标是提高进入小肠的氨基酸数量,改进其平衡,而进入小肠的氨基酸数量取决于瘤胃降解率及其牧草的氨基酸含量,因而测定饲料蛋白质和氨基酸在瘤胃中的降解情况十分必要,这也是评价饲料蛋白质营养价值的实质所在。

目前,关于牧草营养成分在瘤胃中降解情况的研究,主要集中在粗蛋白和干物质等常规养分方面^[1],也有一些对于某一种牧草不同生育期常规养分在瘤胃中降解情况的分析报道^[2],而关于不同生育期不同品质牧草氨基酸瘤胃降解情况的研究还未见报道。为此,本试验以黄河滩区不同生育期的串叶松香草和聚合草为研究对象,对其在瘤胃中降解前后氨基酸含量及氨基酸组成的变化规律进行了初步探讨,旨在为牧草适宜收获期的确定及牧草资源的充分利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物与饲养管理

试验于 2006-09-01—2008-01-20 在河南省高校动物营养与饲料工程技术研究中心试验场进行。选择 6 只状况良好、体质量相近((30 ± 5) kg)的装有永久性瘤胃瘘管的小尾寒羊,随机分成 3 组,每组 2 只。试羊日粮供给量为 1.3 倍维持需要量,每只每天给予 400 g 精料补充料和 500 g 干草,每天 8:00 和 16:00 分 2 次饲喂,自由饮水。

1.2 牧草样品来源与制备

在黄河滩区选择串叶松香草和聚合草,分别在 4 个生育期离地面 3 cm 刈割,在烘箱中 120 ℃烘 10~15 min,然后在 70 ℃烘 9 h,于室温条件下回潮 24 h,用剪刀剪短至 3 cm,剪碎后混合,用粉碎机粉碎后过 1 mm 筛,装入棕色广口瓶密封保存备用。

1.3 试验方法

称取 5 g 左右样品,放入孔径约 50 μm 的尼龙袋(12 cm $\times$ 8 cm)中,边用涤纶线双线缝合,散边用烙铁烙烫密封,标号。将尼龙袋挂于半软塑料管上,每根半软塑料管上挂 4 个尼龙袋,用尼龙绳扎好。每只试羊于早晨饲喂后 2 h,放 4 根半软塑料管于瘤胃内,管的另一端挂在瘘管盖上,分别在瘤胃培养 0、6 和 16 h 后取出(每个时间点 3 个重复),将尼龙袋用清水冲洗至冲洗液完全澄清(0 h 是样品直接放在清水中冲洗至冲洗液完全澄清),然后放入 65~70 ℃烘箱中烘干 48 h,称质量,粉碎后过 1 mm 筛,保存用于各样品粗蛋白和氨基酸含量的测定。

1.4 测试指标与方法

1.4.1 牧草粗蛋白(CP)含量的测定 按实验室常规分析方法^[3]分析各样品的粗蛋白含量。

1.4.2 牧草氨基酸含量的测定 准确称取粉碎过 0.38 mm(40 目)筛的样品 200~500 mg,置于酸水解管中,加入 10 mL 6 mol/L 的盐酸溶液(含体积分数 0.5% 巯基乙酸)进行水解,冷冻后抽真空,再充入氮气,封口,将试管放入 110 ℃烘箱中水解 22~24 h,冷却后过滤到 50 mL 容量瓶中,并用无离子水稀释至刻度,过滤。准确取 10 μL 样品液于 5 mm $\times$ 50 mm 小试管中,真空抽干,加入 20 μL 衍生缓冲液,于混合器上振荡 30 s,加入 20 μL 衍生试剂,用封口膜封口,振荡 30 s,放入 60 ℃烘箱烘 30 min,冷却后加入 160 mL 平衡缓冲液,振荡混合 30 s。然后用氨基酸自动分析仪(日立 L-8800,日本)检测牧草中 17 种氨基酸的含量。

1.5 数据处理

用 SPSS 10.0 软件对试验数据进行统计处理,试验数据用“平均数 $\pm$ 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 不同生育期串叶松香草和聚合草营养成分及氨基酸含量的变化

由表 1 可以看出,至成熟期,串叶松香草和聚合

草中的各种氨基酸含量基本均随生育期的推进呈降低趋势;串叶松香草总氨基酸/粗蛋白呈“高一低一高一低”双峰变化,聚合草总氨基酸/粗蛋白呈“低一高一低”单峰变化。

氨基酸分析结果表明,2 种牧草均富含天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、缬氨酸和亮氨酸,而含硫氨基酸含量较低;各氨基酸含量随不同生育期的变化规律

不尽相同,串叶松香草中丙氨酸和组氨酸含量随生育期的推进呈逐渐降低趋势,胱氨酸含量呈现“高一低一高”的变化趋势,其他氨基酸含量均呈现“高一低一高一低”的双峰变化;聚合草中天冬氨酸含量随生育期的推进呈逐渐降低趋势,赖氨酸和胱氨酸含量呈现“高一低一高”的变化趋势,其他氨基酸含量均呈现“高一低一高一低”双峰变化。

表 1 不同生育期串叶松香草和聚合草的氨基酸含量

Table 1 Contents of CP and AA of cluster leaf rosinweed and comfrey in different growth periods %								
项目 Item	串叶松香草 Fluster leaf rosinweed					聚合草 Comfrey		
	叶丛期 Leafy stage	抽苔期 Stemelongation stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Mature stage	莲座期 Leafy stage	抽苔期 Stemelonged stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Mature stage
粗蛋白 CP	24.49	19.16	17.85	17.67	29.91	17.01	19.30	13.68
总氨基酸 TAA	22.51	15.57	16.45	13.93	24.47	14.03	15.57	10.57
天冬氨酸 Asp	2.45	1.70	1.80	2.32	2.60	2.33	1.70	1.16
谷氨酸 Glu	3.01	1.96	2.15	1.66	3.19	1.69	1.96	1.81
丝氨酸 Ser	1.00	0.69	0.72	0.65	1.15	0.67	0.69	0.48
精氨酸* Arg	1.31	0.82	0.85	0.68	1.59	0.68	0.82	0.53
甘氨酸 Gly	1.31	0.95	1.00	0.73	1.52	0.74	0.95	0.57
苏氨酸* Thr	1.22	0.84	0.88	0.63	1.25	0.65	0.84	0.48
脯氨酸 Pro	1.41	0.89	0.93	0.88	1.25	0.88	0.89	0.57
丙氨酸 Ala	1.61	1.32	1.23	0.75	1.90	0.75	1.32	0.62
缬氨酸* Val	1.61	1.18	1.31	1.06	1.73	1.07	1.18	0.91
蛋氨酸* Met	0.24	0.13	0.17	0.10	0.20	0.12	0.13	0.06
胱氨酸 Cys	0.11	0.02	0.04	0.06	0.06	0.03	0.02	0.05
异亮氨酸* Ile	1.12	0.86	0.92	0.69	1.39	0.69	0.86	0.53
亮氨酸* Leu	1.98	1.54	1.64	1.12	2.37	1.12	1.54	0.90
苯丙氨酸* Phe	1.30	0.79	1.00	0.76	1.45	0.76	0.79	0.58
组氨酸* His	0.80	0.73	0.58	0.52	0.74	0.53	0.73	0.38
赖氨酸* Lys	1.20	0.53	0.56	0.82	1.18	0.82	0.53	0.57
酪氨酸 Tyr	0.83	0.62	0.67	0.50	0.90	0.50	0.62	0.37
TAA/CP	91.92	81.26	92.16	78.83	81.81	82.48	80.67	77.27

注:* 表示必需氨基酸。以下同。

Note:* Denotes EAA. The same as follows.

2.2 不同生育期串叶松香草氨基酸的瘤胃降解规律

不同生育期串叶松香草氨基酸在瘤胃中的降解情况如表 2 所示。由表 2 可见,不同生育期串叶松香草各种氨基酸在瘤胃中的降解情况并不相同。开花期牧草在瘤胃中降解后,胱氨酸含量保持不变,天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、苏氨酸、脯氨酸、丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸含量呈上升趋势,其中脯氨酸和丙氨酸在瘤胃中降解后含

量呈显著上升趋势($P<0.05$),其他氨基酸含量则呈下降趋势。在叶丛期、抽苔期和成熟期,串叶松香草各种氨基酸在瘤胃中降解后含量均呈下降趋势,除酪氨酸含量在成熟期瘤胃降解前后未达到显著水平($P>0.05$)外,其他氨基酸含量在瘤胃降解前后均达显著水平($P<0.05$)。4 个生育期中,只有精氨酸和赖氨酸含量在瘤胃降解后均呈显著下降趋势($P<0.05$)。

表 2 不同生育期串叶松香瘤胃降解前后氨基酸组成的变化

Table 2 AA profiles of residues after 0,6 and 16 h ruminal incubation for cluster leaf rosinweed in different growth periods %					
氨基酸 Amino acid	瘤胃降解时间/h Incubation time	叶丛期 Leafy stage	抽苔期 Stemelongation stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage
天冬氨酸 Asp	0	1.57±0.06 a	1.03±0.18 a	1.43±0.07 a	1.25±0.16 a
	6	1.55±0.07 a	0.88±0.04 b	1.40±0.05 a	1.18±0.02 b
	16	1.36±0.02 b	0.83±0.06 b	1.45±0.01 a	1.21±0.03 b

续表 2 Continued table 2					
氨基酸 Amino acid	瘤胃降解时间/h Incubation time	叶丛期 Leafy stage	抽苔期 Stemelongationstage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage
谷氨酸 Glu	0	1.74±0.06 a	1.22±0.23 a	1.64±0.08 a	1.36±0.16 a
	6	1.71±0.07 a	1.04±0.05 b	1.61±0.06 a	1.27±0.03 b
	16	1.51±0.04 b	0.96±0.08 b	1.73±0.01 a	1.23±0.01 b
丝氨酸 Ser	0	0.69±0.02 a	0.44±0.01 a	0.60±0.03 a	0.55±0.16 a
	6	0.65±0.06 ab	0.40±0.02 ab	0.60±0.03 a	0.52±0.01 ab
	16	0.59±0.01 b	0.38±0.02 b	0.58±0.00 a	0.49±0.01 b
精氨酸* Arg	0	0.89±0.03 a	0.60±0.10 a	0.79±0.02 a	0.66±0.16 a
	6	0.85±0.04 a	0.51±0.02 b	0.78±0.03 a	0.64±0.01 ab
	16	0.75±0.02 b	0.47±0.03 b	0.68±0.01 b	0.59±0.01 b
甘氨酸 Gly	0	0.82±0.02 a	0.59±0.10 a	0.79±0.03 a	0.74±0.16 a
	6	0.80±0.03 a	0.51±0.03 b	0.78±0.03 a	0.69±0.01 ab
	16	0.70±0.02 b	0.48±0.03 b	0.80±0.01 a	0.65±0.01 b
苏氨酸* Thr	0	0.74±0.02 a	0.53±0.06 a	0.68±0.03 a	0.59±0.16 a
	6	0.73±0.03 a	0.44±0.01 B	0.66±0.02 a	0.56±0.01 b
	16	0.64±0.01 b	0.42±0.03 a	0.70±0.01 a	0.53±0.01 b
脯氨酸 Pro	0	0.69±0.02 a	0.50±0.08 a	0.69±0.02 ab	0.59±0.16 a
	6	0.68±0.03 a	0.43±0.02 b	0.66±0.02 a	0.57±0.01 b
	16	0.61±0.02 b	0.41±0.03 b	0.74±0.01 b	0.56±0.01 b
丙氨酸 Ala	0	0.90±0.02 a	0.64±0.11 a	0.85±0.04 a	0.70±0.16 a
	6	0.88±0.03 a	0.55±0.02 b	0.83±0.02 a	0.66±0.01 b
	16	0.80±0.02 b	0.52±0.03 b	0.98±0.01 b	0.63±0.02 b
缬氨酸* Val	0	0.89±0.02 a	0.70±0.12 a	1.05±0.04 a	0.94±0.16 a
	6	0.88±0.04 a	0.62±0.03 ab	1.03±0.02 a	0.89±0.01 ab
	16	0.80±0.03 a	0.57±0.02 b	1.06±0.01 a	0.85±0.00 b
蛋氨酸* Met	0	0.23±0.01 a	0.12±0.04 a	0.18±0.01 a	0.14±0.16 a
	6	0.20±0.05 a	0.09±0.01 ab	0.18±0.01 a	0.13±0.01 b
	16	0.10±0.00 b	0.07±0.01 b	0.14±0.00 b	0.11±0.01 b
胱氨酸 Cys	0	0.16±0.08 a	0.02±0.00 a	0.03±0.01 a	0.08±0.16 a
	6	0.08±0.03 ab	0.01±0.00 b	0.03±0.00 a	0.05±0.00 b
	16	0.04±0.04 b	0.01±0.00 b	0.03±0.00 a	0.05±0.00 b
异亮氨酸* Ile	0	0.75±0.02 a	0.56±0.09 a	0.74±0.04 a	0.62±0.16 a
	6	0.73±0.03 a	0.48±0.02 b	0.74±0.02 a	0.59±0.01 ab
	16	0.64±0.01 b	0.44±0.03 b	0.75±0.00 a	0.56±0.01 b
亮氨酸* Leu	0	1.41±0.04 a	1.00±0.17 a	1.30±0.04 a	1.07±0.16 a
	6	1.38±0.06 a	0.86±0.04 b	1.26±0.03 a	1.05±0.02 b
	16	1.20±0.03 b	0.80±0.06 b	1.32±0.00 a	0.97±0.01 b
苯丙氨酸* Phe	0	0.90±0.03 a	0.57±0.05 a	0.75±0.03 a	0.66±0.16 a
	6	0.88±0.04 a	0.48±0.01 B	0.73±0.02 a	0.65±0.01 b
	16	0.79±0.02 b	0.46±0.02 b	0.80±0.02 a	0.65±0.02 b
组氨酸* His	0	0.46±0.04 a	0.42±0.14 a	0.55±0.01 a	0.49±0.16 a
	6	0.48±0.06 a	0.37±0.04 a	0.53±0.05 a	0.47±0.01 a
	16	0.36±0.01 b	0.33±0.11 a	0.46±0.02 a	0.34±0.01 b
赖氨酸* Lys	0	0.81±0.04 a	0.46±0.03 a	0.68±0.04 a	0.71±0.16 a
	6	0.76±0.04 ab	0.39±0.02 b	0.71±0.05 a	0.66±0.05 ab
	16	0.73±0.01 b	0.37±0.03 b	0.45±0.01 b	0.59±0.01 b
酪氨酸 Tyr	0	0.59±0.02 ab	0.41±0.06 a	0.53±0.02 a	0.49±0.16 a
	6	0.60±0.07 a	0.36±0.02 b	0.51±0.04 a	0.47±0.09 a
	16	0.53±0.03 b	0.33±0.03 b	0.54±0.01 a	0.41±0.01 a
总氨基酸 TAA	0	14.25±0.47 a	9.79±1.59 a	13.30±0.66 a	11.61±0.16 a
	6	13.83±0.74 a	8.42±0.44 b	13.00±0.49 a	11.03±0.19 ab
	16	12.15±0.30 b	7.84±0.60 b	13.19±0.08 a	10.40±0.16 b

注:每种氨基酸同列上标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note:The different superscript small letters in the same column mean very significant within each AA ($P<0.05$). The same as follows.

2.3 不同生育期聚合草氨基酸的瘤胃降解规律

不同生育期聚合草氨基酸在瘤胃中的降解情况

如表 3 所示。由表 3 可知,聚合草各种氨基酸在不同生育期的降解情况不同。开花期聚合草在瘤胃中

降解后,天冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸、甘氨酸、苏氨酸、脯氨酸、丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸的含量均呈上升趋势,其中脯氨酸和丙氨酸瘤胃降解前后含量上升趋势显著($P<0.05$),其他如精氨酸、蛋氨酸、组氨酸、赖氨酸的含量呈下降趋势,胱氨酸含量在瘤胃降解前后保持不变。4个生育期中,聚合草中的精氨酸和赖氨酸含量在瘤

胃中降解后均呈显著下降趋势($P<0.05$)。莲座期、抽苔期和成熟期聚合草在瘤胃中降解后,所有氨基酸含量均呈下降趋势,其中天冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸、精氨酸、甘氨酸、苏氨酸、脯氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸含量在降解前后均达到显著差异($P<0.05$),而其他氨基酸降解前后的差异不显著($P>0.05$)。

表 3 不同生育期聚合草瘤胃降解前后氨基酸的变化

Table 3 AA profiles of residues after 0,6 and 16 h ruminal incubation for comfrey in different growth periods %					
氨基酸 Amino acid	瘤胃降解时间/h Incubation time	莲座期 Leafy stage	抽苔期 Stemelongationstage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage
天冬氨酸 Asp	0	1.58±0.11 a	1.03±0.02 a	1.34±0.05 a	0.92±0.03 a
	6	1.58±0.09 ab	0.89±0.02 b	1.31±0.04 a	0.88±0.04 b
	16	1.43±0.01 b	0.83±0.01 b	1.45±0.01 a	0.84±0.01 b
谷氨酸 Glu	0	2.03±0.10 a	1.22±0.04 a	1.54±0.08 a	1.04±0.05 a
	6	1.87±0.11 b	1.04±0.01 b	1.51±0.06 a	1.00±0.01 b
	16	1.73±0.01 b	0.97±0.02 b	1.73±0.01 a	0.88±0.02 b
丝氨酸 Ser	0	0.77±0.06 a	0.44±0.03 a	0.56±0.02 a	0.43±0.03 a
	6	0.71±0.05 ab	0.41±0.02 b	0.56±0.02 a	0.41±0.02 b
	16	0.65±0.01 b	0.38±0.00 b	0.58±0.00 a	0.39±0.00 b
精氨酸* Arg	0	1.09±0.05 a	0.60±0.01 a	0.74±0.01 a	0.48±0.01 a
	6	1.01±0.06 b	0.51±0.02 b	0.74±0.01 a	0.48±0.03 b
	16	0.95±0.06 b	0.47±0.00 b	0.68±0.01 b	0.45±0.00 b
甘氨酸 Gly	0	0.96±0.06 a	0.59±0.02 a	0.74±0.01 a	0.53±0.02 a
	6	0.89±0.05 ab	0.51±0.02 ab	0.73±0.03 a	0.53±0.02 ab
	16	0.82±0.01 b	0.48±0.00 b	0.80±0.01 a	0.50±0.00 b
苏氨酸* Thr	0	0.83±0.06 a	0.53±0.01 a	0.64±0.01 a	0.44±0.01 a
	6	0.78±0.04 ab	0.45±0.02 ab	0.62±0.01 a	0.43±0.02 ab
	16	0.70±0.01 b	0.42±0.00 b	0.70±0.01 a	0.41±0.00 b
脯氨酸 Pro	0	0.82±0.05 a	0.50±0.01 a	0.65±0.02 ab	0.46±0.01 a
	6	0.77±0.04 ab	0.43±0.01 ab	0.62±0.02 a	0.46±0.02 ab
	16	0.70±0.01 b	0.41±0.00 b	0.74±0.01 b	0.43±0.00 b
丙氨酸 Ala	0	1.02±0.07 a	0.64±0.01 a	0.80±0.04 a	0.54±0.01 a
	6	0.95±0.05 ab	0.55±0.01 a	0.78±0.02 a	0.53±0.02 a
	16	0.88±0.00 b	0.52±0.02 a	0.98±0.01 b	0.49±0.03 a
缬氨酸* Val	0	1.09±0.07 a	0.70±0.00 a	0.98±0.04 a	0.71±0.00 a
	6	1.04±0.05 ab	0.62±0.03 ab	0.97±0.02 a	0.71±0.04 ab
	16	0.95±0.02 b	0.57±0.01 b	1.06±0.01 a	0.64±0.02 b
蛋氨酸* Met	0	0.30±0.00 a	0.12±0.00 a	0.17±0.01 a	0.08±0.00 a
	6	0.29±0.01 a	0.09±0.01 a	0.17±0.01 a	0.08±0.01 a
	16	0.24±0.02 b	0.07±0.00 a	0.14±0.00 b	0.07±0.00 a
胱氨酸 Cys	0	0.07±0.00 a	0.02±0.00 a	0.03±0.01 a	0.04±0.00 a
	6	0.05±0.00 b	0.01±0.01 a	0.03±0.00 a	0.03±0.01 a
	16	0.05±0.00 b	0.01±0.00 a	0.03±0.00 a	0.04±0.00 a
异亮氨酸* Ile	0	0.95±0.06 a	0.56±0.01 a	0.71±0.03 a	0.47±0.01 a
	6	0.88±0.05 b	0.48±0.02 b	0.69±0.02 a	0.46±0.02 b
	16	0.78±0.01 c	0.44±0.03 b	0.74±0.01 a	0.42±0.04 b
亮氨酸* Leu	0	1.62±0.11 a	1.01±0.01 a	1.22±0.02 a	0.83±0.01 a
	6	1.52±0.09 a	0.86±0.03 b	1.18±0.03 a	0.83±0.03 a
	16	1.33±0.01 b	0.80±0.00 b	1.32±0.01 a	0.77±0.00 a
苯丙氨酸* Phe	0	1.00±0.06 a	0.57±0.02 a	0.71±0.03 a	0.55±0.02 a
	6	0.90±0.07 ab	0.48±0.03 b	0.68±0.02 a	0.53±0.04 a
	16	0.81±0.00 b	0.46±0.00 b	0.80±0.02 a	0.45±0.00 b
组氨酸* His	0	0.54±0.02 a	0.42±0.02 a	0.52±0.01 a	0.31±0.02 a
	6	0.52±0.03 a	0.37±0.03 b	0.50±0.02 a	0.32±0.04 a
	16	0.51±0.02 a	0.33±0.00 C	0.46±0.02 a	0.35±0.00 a

续表 3 Continued talbe 3					
氨基酸 Amino acid	瘤胃降解时间/h Incubation time	莲座期 Leafy stage	抽苔期 Stemelongationstage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage
赖氨酸 * Lys	0	0.82±0.04 a	0.47±0.01 a	0.64±0.01 a	0.53±0.01 a
	6	0.77±0.05 b	0.39±0.02 a	0.67±0.01 a	0.50±0.02 a
	16	0.72±0.01 b	0.37±0.02 b	0.45±0.01 b	0.40±0.05 b
酪氨酸 Tyr	0	0.69±0.04 a	0.41±0.00 a	0.50±0.01 a	0.34±0.00 a
	6	0.64±0.04 ab	0.36±0.02 b	0.48±0.01 a	0.33±0.02 b
	16	0.57±0.03 b	0.33±0.02 b	0.54±0.01 a	0.30±0.02 b
总氨基酸 TAA	0	16.16±1.05 a	9.82±0.20 a	12.47±0.60 a	8.68±0.22 a
	6	15.15±0.89 b	8.44±0.40 b	12.23±0.40 a	8.49±0.43 b
	16	13.81±0.20 b	7.86±0.06 b	13.19±0.09 a	7.83±0.07 b

3 讨 论

目前,关于不同生育期牧草粗蛋白和氨基酸含量动态规律的研究较少。Mayland 等^[4]比较了 4 种高羊茅氨基酸含量在不同季节的变化,发现春季收获高羊茅的蛋氨酸含量显著高于秋季,而其他氨基酸无显著变化。裴彩霞等^[5]测定了分枝期、现蕾期、初花期、盛花期和结实期苜蓿的粗蛋白含量,发现随着生育期的推进,其粗蛋白含量逐渐下降,但该研究并未测定氨基酸的含量。本试验研究了 2 种禾本科牧草叶丛(莲座)期、抽苔期、开花期和成熟期粗蛋白和氨基酸含量的动态变化规律,发现 2 种禾本科牧草总氨基酸含量总体上随生育期的推进几乎呈直线下降。这种变化趋势与其生长特性密切相关,随着植物的生长发育,营养物质在植物组织中有一个沉积的过程,且谷氨酰胺合成酶是 NH₄ 同化生成氨基酸过程中的关键酶,谷氨酰胺合成酶升高,表明营养物质特别是氨基酸的合成作用增强。Gordon 等^[6]研究表明,白三叶种植 50 d 时的谷氨酰胺合成酶达到最大值,说明白三叶种植 50 d 时氨基酸含量最高,以后逐渐下降。刘浩荣等^[7]在油菜上的试验表明,游离氨基酸含量在苗期到抽薹期逐渐升高,抽薹期以后明显下降。

目前,关于饲料氨基酸瘤胃降解的动态规律研究,主要集中在精料和粗饲料上,且研究结果不尽相同。李建国等^[8]用尼龙袋法测定了大豆粕、花生粕、棉籽粕、菜籽粕和酒糟 5 种常用蛋白质饲料蛋白质和氨基酸在绵羊瘤胃内的动态降解率,结果发现,花生粕的粗蛋白和总氨基酸的动态降解率最高,但他们没有测定单个游离氨基酸的降解情况。Castro 等^[9]研究了豆粕氨基酸在瘤胃中的动态降解规律,发现在瘤胃培养 16 h 后,Lys、His 降解率最高,而 Met 和支链氨基酸(Val、Ile,和 Leu)的降解率最低,说明这 4 种氨基酸在瘤胃中有较好的抗降解能力。

孙国君等^[10]研究了青贮玉米等粗饲料在瘤胃降解 24 h 后氨基酸含量的变化,发现残渣中的氨基酸组成与原样相比均发生了变化,而其中的 Met、Phe 和 Lys 含量高于原样,其他 AA 含量较原样有所降低。刁其玉等^[11]用尼龙袋法测定了鱼精、菜籽粕、棉仁粕等饲料氨基酸的瘤胃降解情况,发现经瘤胃培养后,饲料中的 3 种支链氨基酸和 Phe 占总氨基酸的比例呈增加趋势,而其他氨基酸基本保持原样中的比例。造成氨基酸在瘤胃降解前后差异不一致的原因可能在于 AA 的降解特性因饲料原料不同而有差异^[12]。

目前,关于不同生育期牧草瘤胃降解前后氨基酸组成差异的研究还比较少。刘大林等^[13]研究了豆科与禾本科牧草常规养分在山羊瘤胃内降解率的动态变化规律。黄煌兴^[14]研究了不同品种狼尾草属牧草干物质、粗蛋白、中性洗涤纤维等常规养分的人工瘤胃降解特性。乔良等^[15]用尼龙袋法研究了奶牛常用饲料蛋白质在瘤胃内的动态降解规律及其有效降解率,发现苜蓿草与苜蓿草块的 CP 有效降解率均高于玉米秸秆、羊草和无芒雀麦等其他粗饲料。但上述研究均没有测定这些牧草氨基酸在瘤胃内的降解规律。本试验结果表明,氨基酸在瘤胃中的降解程度与牧草的种类及生育期有关。

4 结 论

1)串叶松香草和聚合草中的氨基酸含量随其生育期的推进总体呈现出降低趋势,串叶松香草总氨基酸/粗蛋白呈“高一低一高一低”双峰变化,聚合草总氨基酸/粗蛋白呈“低一高一低”单峰变化。2 种牧草均富含天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、缬氨酸和亮氨酸,而含硫氨基酸含量较低,但氨基酸含量随不同生育期的变化规律不尽相同,这表明牧草的粗蛋白和氨基酸含量受品种和生育期的影响较大。

2)在开花期,串叶松香草和聚合草的大部分氨

基酸在瘤胃中不易降解,这表明 2 种开花期牧草的氨基酸有比较好的抗降解能力,尤其以脯氨酸和丙氨酸的抗降解能力较强($P<0.05$)。

3)除开花期以外,2 种牧草其他 3 个生育期的氨基酸在瘤胃中均比较容易降解,而在 4 个生育期中,赖氨酸和精氨酸在瘤胃中均比较容易降解($P<0.05$)。

参考文献

- [1] 张永根,王志博,宋 平,等.用粪液法与尼龙袋法测定牧草有机物和蛋白质降解率的比较研究[J].东北农业大学学报,2005,36(6):750-755.
Zhang Y G,Wang Z B,Song P,et al. Comparative study on nylon bag technique and fecal fluid method for determining organic matter and protein digestion[J]. Journal of Northeast Agricultural University,2005,36(6):750-755. (in Chinese)
- [2] 董宽虎,郝春艳,王 康.串叶松香草不同生育期营养物质及瘤胃降解动态[J].中国草地学报,2007,29(16):92-97.
Dong K H,Hao C Y,Wang K. Trends of nutrient components and rumen degradability of perfoliate rosinweed(*Silphium perfoliatum*) at different growth stages[J]. Chinese Journal of Grassland,2007,29(16):92-97. (in Chinese)
- [3] 杨 胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:北京农业大学出版社,1996.
Yang S. The technology of analysis and quality test of feed[M]. Beijing:Press of Agricultural University of Beijing,1996. (in Chinese)
- [4] Mayland H F,Martin S A,Lee J,et al. Malate,citrate,and amino acids in tall fescue cultivars;Relationship to animal preference[J]. Agronomy,2000,92:206-210.
- [5] 裴彩霞,董宽虎,范 华.不同干燥方法对苜蓿营养成分及其降解率的影响[J].四川草原,2005,112(3):5-7.
Pei C X,Dong K H,Fan H. Effect of drying methods on nutrition and its the rumen degradability of alfalfa[J]. Journal of Sichuan Grassland,2005,112(3):5-7. (in Chinese)
- [6] Gordon A J,James C L. Enzymes of carbohydrate and amino acid metabolism in developing and mature nodules of white clover[J]. J Exp Bot,1997,48:895-903.
- [7] 刘浩荣,宋海星,刘代平,等.油菜茎叶可溶性糖与游离氨基酸含量的动态变化[J].西北农业学报,2007,16(1):123-126.
Liu H R,Song H X,Liu D P,et al. Dynamics changes of soluble sugar and free amino acid contents in stem and leaf of different

- oilseed rape varieties [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2007,16(1):123-126. (in Chinese)
- [8] 李建国,赵洪涛,王静华,等.不同蛋白质饲料在绵羊瘤胃中蛋白质和氨基酸降解率的研究[J].河北农业大学学报,2004,27(3):89-92.
Li J G,Zhao H T,Wang J H,et al. The study on protein and amino acids degradability of different protein meal in rumen of sheep[J]. Journal of Agricultural University of Hebei,2004,27(3):89-92. (in Chinese)
- [9] Castro S I,Phillip L E,Lapierre H,et al. Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in treated soybean meal products[J]. J Dairy Sci,2007,90:810-822.
- [10] 孙国君,潘晓亮,祁风华,等.粗饲料氨基酸在瘤胃内降解规律研究[J].中国饲料,2003(15):11-12.
Sun G J,Pan X L,Qi F H,et al. The study on protein degradability of main feeds in rumen[J]. China Feed,2003(15):11-12. (in Chinese)
- [11] 刁其玉,冯仰廉.蛋白质饲料经瘤胃培养和小肠酶降解后的氨基酸模型[J].中国畜牧杂志,2002,38(3):5-7.
Diao Q Y,Feng Y L. The amino acid profile of protein feed-stuffs before and after ruminal incubation and subsequent degradation by intestinal enzymes[J]. Chinese Journal of Animal Science,2002,38(3):5-7. (in Chinese)
- [12] Crooker B A,Clark J H,Shanks R D,et al. Effects of ruminal exposure on the amino acid profile of feeds[J]. Can J Anim Sci,1987,67:1143.
- [13] 刘大林,赵国琦,孙龙生,等.豆科与禾本科牧草在山羊瘤胃内降解率的动态变化规律[J].中国草食动物,2001,3(3):12-15.
Liu D L,Zhao G Q,Sun L S,et al. The kinetic rules of rumen degradability of leguminous plants and grass in goats[J]. China Herbivores,2001,3(3):12-15. (in Chinese)
- [14] 黄煌兴.狼尾草属牧草营养价值及其人工瘤胃降解特性研究[D].福建福州:福建农林大学,2007.
Huang H X. Study on the nutrient of *Pennisetum rich* and the trend of ruminal degradation *in vitro* [D]. Fuzhou,Fujian:Fujian Agriculture and Forestry University,2007. (in Chinese)
- [15] 乔 良,郝俊玺,闫素梅,等.奶牛主要饲料原料蛋白质瘤胃降解率的研究[J].中国奶牛,2008(6):18-21.
Qiao L,Hao J X,Yan S M,et al. The study on protein degradability of main feeds in rumen of dairy cows[J]. China Dairy Cattle,2008(6):18-21. (in Chinese)