

# 串叶松香草不同生育期营养成分及其 绵羊瘤胃降解动态研究

聂芙蓉<sup>1,2</sup>, 刘太宇<sup>1,2</sup>, 李梦云<sup>1,2</sup>, 李超平<sup>1</sup>, 郭孝<sup>1</sup>

(1 郑州牧业工程高等专科学校 畜牧工程系, 河南 郑州 450011; 2 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)

**【摘要】**【目的】研究不同生育期串叶松香草的营养成分变化及其瘤胃降解动态, 为其适宜收获期的选择提供参考。【方法】测定串叶松香草在叶丛期、抽苔期、开花期和成熟期的营养成分含量, 同时选择装有永久性瘤胃瘘管的小尾寒羊与杜泊羊杂交一代羊 6 只, 测定各生育期常规营养的瘤胃降解动态。【结果】不同生育期串叶松香草中粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、钙(Ca)、磷(P)含量差异显著( $P < 0.05$ ), 其中 CP 含量随生育期的推进呈下降趋势, NDF、ADF 含量呈“高-低-高-低”的变化趋势, Ca、P 含量在抽苔期最高, 成熟期最低; 随生育期的推进, 串叶松香草总氨基酸(TAA)含量、TAA/CP 和总必需氨基酸/非必需氨基酸(TEAA/NEAA)均呈“高一低一高一低”的双峰变化趋势; 干物质 DM、CP 和 NDF 的瘤胃有效降解率, 均随串叶松香草生育期的推进呈明显下降趋势( $P < 0.01$ ), 其中 CP 和 DM 的有效降解率相当(71%~86%), NDF 的有效降解率最低(51%~66%)。【结论】综合考虑串叶松香草不同生育期的营养成分、瘤胃降解动态及产量, 建议在抽苔期至开花期刈割利用为宜。

**【关键词】** 串叶松香草; 生育期; 营养成分; 氨基酸; 瘤胃降解率

**【中图分类号】** S548; S816.11

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2009)05-0069-05

## Trend of nutrient components and rumen degradability of cluster leaf rosinweed at different growth stages

NIE Fu-rong<sup>1,2</sup>, LIU Tai-yu<sup>1,2</sup>, LI Meng-yun<sup>1,2</sup>, LI Chao-ping<sup>1</sup>, GUO Xiao<sup>1</sup>

(1 Animal Science Department, Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Zhengzhou, Henan 450011, China;

2 Engineering Technology Research Center of Animal Nutrition and Feed, Henan University, Zhengzhou, Henan 450011, China)

**Abstract:** 【Objective】 This paper was engaged in the study on the trend of nutrient components and rumen degradation characteristics of cluster leaf rosinweed at different growth stages. 【Method】 This paper studied the dynamic pattern of nutrient components (amino acids) of cluster leaf rosinweed at different growth periods. Six sheep fitted with permanent ruminal cannulas were used to determine the degradation profiles of nutrient components at different growth periods in the rumen by nylon-bag technique. 【Result】 The results showed that significant differences existed in CP, NDF, ADF, Ca and P content at different growth stages ( $P < 0.05$ ). With the maturity, CP content decreased, NDF and ADF varied with the trend of high-low-high-low, TAA, TAA/CP and TEAA/NEAA with the double apex trend of high-low-high-low with the growth stages progressing. Rumen degradability of nutrient components took on evident down-trend with the maturity ( $P < 0.01$ ). CP and DM were consistent but NDF was the lowest. 【Conclusion】 Given nutrient components, rumen degradation characteristics and output, it's advisable that cluster leaf rosinweed be utilized between stem elongation to flowering stage.

\* [收稿日期] 2008-08-12

[基金项目] 河南省科技成果转化项目(082201120001); 河南省重点科技攻关项目(072102130010)

[作者简介] 聂芙蓉(1973-), 女, 河南扶沟人, 讲师, 硕士, 主要从事动物营养与饲料研究。E-mail: zzc2008@126.com

[通信作者] 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

**Key words:** cluster leaf rosinweed; growth stage; nutrient component; amino acid; rumen degradability

串叶松香草(*Silphium perfoliatum* L.)属菊科多年生草本植物,原产于北美,主要分布在美国东部、中西部和南部山区。1950年,前苏联开始将其作为饲草进行引进研究;我国1979年从朝鲜引进该草种<sup>[1]</sup>。近年来,除西藏以外,串叶松香草在我国其他省区均有种植,而以东北、华北、华中地区生长最好。串叶松香草适应性较强,在我国北方可以安全越冬,在长江流域可以顺利越夏。有研究表明,串叶松香草适应性广,具有抗寒、耐热、耐涝、耐盐碱、抗病虫等特点,品质好、易栽培,是一种优质高产饲用植物,也是优良的水土保持植物<sup>[2]</sup>。许多学者先后从串叶松香草的引种栽培<sup>[3]</sup>、开花结实习性<sup>[4]</sup>、种子萌发及苗期抗旱性<sup>[5]</sup>、植株的组织培养<sup>[6]</sup>及核型分析<sup>[7]</sup>、不同生育期常规营养成分变化及瘤胃降解动态<sup>[8]</sup>、饲喂效果<sup>[9]</sup>、叶蛋白提取和食品利用<sup>[2]</sup>等方面对其进行了研究,但目前对其不同生育期营养成分(CP、NDF、Ca、P、AA)的变化及瘤胃降解动态的研究尚比较少。为此,本试验对串叶松香草不同生育期的营养物质含量及营养成分在绵羊瘤胃内的降解动态进行了研究,以期对串叶松香草适宜收获期的确定及牧草资源的合理利用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验地设在郑州牧业工程高等专科学校牧草试验田,该地地理位置为35°12′~35°17′N和113°03′~113°06′E,海拔60 m;年平均气温14.4℃;7月份平均气温27.4℃,7月份最高气温39.6℃,1月份平均气温-0.4℃,1月份最低气温-25℃,≥10℃积温4 800℃;年平均日照2 400 h;年均降水量640 mm,且主要集中在7~9月;无霜期210 d,初霜期在11月中旬,终霜期在第2年的3月下旬。土壤为潮土、褐土,质地中壤或粘壤,有机质含量12~14 g/kg,pH 7~7.5。

### 1.2 材 料

1.2.1 植物材料及其样品的制备 供试植物为郑州牧业工程高等专科学校牧草试验田生长多年的串叶松香草,分别于叶丛期、抽苔期、开花期和成熟期,在离地面3 cm处刈割,置烘箱中于120℃烘10~15 min,然后于70℃烘9 h,室温条件下回潮24 h,用剪刀剪短至3 cm后混合,粉碎机粉碎后过1 mm筛,装入棕色广口瓶中密封保存备用。

1.2.2 试验动物及其饲养管理 选择健康状况良好、年龄和体质量相近的装有永久性瘤胃瘘管的小尾寒羊与杜泊羊杂交一代羊6只。日粮供给量为1.3倍维持需要的饲喂量,每只每天饲喂400 g精料补充料和500 g干草。饲喂于每天8:00和16:00分2次进行,自由饮水,预饲期为15 d。

### 1.3 串叶松香草绵羊瘤胃降解率试验

称取各生育期牧草样品5 g,放入已知恒定质量的尼龙袋(孔径40 μm,规格8 cm×6 cm)中,标记,取长8 cm的半软塑料管,在上面打2个孔,捆绑2个尼龙袋作为平行样。将捆有尼龙袋的塑料管,于早晨饲喂后2 h投入瘤胃,管的另一端用尼龙绳固定在瘘管上,每只羊瘤胃内放入7根塑料管,分别于放入后6,12,16,24,36,48和72 h取出,取出的袋子连同塑料管放在自来水龙头下冲洗3~4 min,至水清时为止。然后放入70℃烘箱中烘48 h,取出后放入干燥器中冷却30 min,称其质量并记录。

### 1.4 测定指标及其方法

1.4.1 常规营养成分 按实验室常规分析方法<sup>[10]</sup>测定各样品中的干物质(DM)、粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、钙(Ca)和磷(P)含量。

1.4.2 氨基酸含量 准确称取粉碎并过0.36 mm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%的巯基乙酸)进行水解,冷冻后抽真空,再充入氮气,封口,将试管放入110℃的烘箱中水解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×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℃烘箱中烘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 数据计算与统计分析

1.5.1 待测饲料有效降解率的计算 饲料有效降解率( $p$ )可根据C<sub>r</sub>skov等<sup>[11]</sup>提出的公式计算:

$$dp = a + b(1 - e^{-ct})$$

式中: $dp$ 为 $t$ 时刻的降解率, $a$ 为快速降解部分, $b$ 为慢速降解部分, $c$ 为 $b$ 的降解常数, $t$ 为饲料在瘤胃中停留的时间(h)。其中 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 值可采用最小二

乘法计算。

待测饲料中各营养成分(DM、CP、NAF)的有效降解率可由下式计算:

$$p/\% = a + (b \times c) / (c + k)$$

式中: $p$ 为DM、CP或NAF的有效降解率; $k$ 为外流速度,由方程 $k = -0.024 + 0.179 \times (1 - e^{-0.278L})$ 计算确定<sup>[12]</sup>,其中 $L$ 为饲养水平。

1.5.2 数据处理 利用 SAS 8.2 软件对试验数据进行统计处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 串叶松香草不同生育期营养成分的动态变化

由表 1 可以看出,串叶松香草不同生育期的 CP、NDF、ADF、Ca、P 含量差异显著( $P < 0.05$ ),其中 CP 含量随生育期的推进而下降,NDF 和 ADF 含量呈“高一低一高一低”的变化趋势,Ca、P 含量先升后降,以成熟期最低。

表 1 串叶松香草不同生育期营养成分的比较

Table 1 Nutritive contents of cluster leaf rosinweed at different growth stages mg/g

营养成分 Nutrient component	叶丛期 Leafy stage	抽苔期 Stem elongation stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage
DM	917.9±0.6 a	906.9±0.3 a	929.6±0.4 a	914.6±0.3 a
CP	224.9±4.8 a	191.6±0.9 b	164.4±3.1 d	175.8±1.5 c
NDF	305.4±2.9 b	276.4±5.2 c	321.1±8.5 a	283.1±3.0 c
ADF	248.5±2.7 d	182.1±1.7 c	285.7±1.9 a	250.5±2.3 b
Ca	24.5±0.2 c	26.1±0.8 b	27.9±0.9 a	13.4±0.7 d
P	4.4±0.1 b	6.1±0.1 a	3.3±0.1 c	1.6±0.1 d

注:同行数据后标不同大写字母者表示差异极显著( $P < 0.01$ ),标不同小写字母者表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

Note: The different superscript capital letters in the same column mean very significant difference ( $P < 0.01$ ); the different small letters mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same as follows.

### 2.2 串叶松香草不同生育期氨基酸含量的变化

由表 2 可以看出,串叶松香草叶丛期、抽苔期、开花期和成熟期的总氨基酸(TAA)含量分别为 225.1,155.7,164.5 和 139.3 mg/g,呈现出“高一低一高一低”的变化趋势;17 种氨基酸中,丙氨酸和

组氨酸含量随生育期的推进而逐渐降低,天冬氨酸、赖氨酸和胱氨酸含量呈现“高一低一高”的变化趋势,其他氨基酸及 TAA/CP 和总必需氨基酸/非必需氨基酸(TEAA/NEAA)均呈现出“高一低一高一低”的双峰变化趋势。

表 2 串叶松香草不同生育期氨基酸含量的变化

Table 2 AA content of cluster leaf rosinweed at different growth stages mg/g

营养成分 Nutrient component	叶丛期 Leafy stage	抽苔期 Stem elongation stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage
总氨基酸 TAA	225.1	155.7	164.5	139.3
天冬氨酸 Asp	24.5	17.0	18.0	23.2
谷氨酸 Glu	30.1	19.6	21.5	16.6
丝氨酸 Ser	10.0	6.9	7.2	6.5
精氨酸 Arg *	13.1	8.2	8.5	6.8
甘氨酸 Gly	13.1	9.5	10.0	7.3
苏氨酸 Thr *	12.2	8.4	8.8	6.3
脯氨酸 Pro	14.1	8.9	9.3	8.8
丙氨酸 Ala	16.1	13.2	12.3	7.5
缬氨酸 Val *	16.1	11.8	13.1	10.6
蛋氨酸 Met *	2.4	1.3	1.7	1.0
胱氨酸 Cys	1.1	0.2	0.4	0.6
异亮氨酸 Ile *	11.2	8.6	9.2	6.9
亮氨酸 Leu *	19.8	15.4	16.4	11.2
苯丙氨酸 Phe *	13.0	7.9	10.0	7.6
组氨酸 His *	8.0	7.3	5.8	5.2
赖氨酸 Lys *	12.0	5.3	5.6	8.2
酪氨酸 Tyr	8.3	6.2	6.7	5.0
总氨基酸/粗蛋白 TAA/CP	91.92	81.26	92.16	78.83
总必需氨基酸/总氨基酸 TEAA/TAA	47.89	47.66	48.09	45.77
总必需氨基酸/非必需氨基酸 TEAA/NEAA	0.92	0.91	0.93	0.84

注:标 \* 者为必需氨基酸。Note: \* denotes EAA.

### 2.3 串叶松香草不同生育期营养成分绵羊瘤胃有效降解率的比较

从表 3 可以看出,随着生育期的推进,串叶松香草营养成分 DM、CP、NDF 的瘤胃有效降解率呈明显下降趋势( $P < 0.01$ )。叶丛期 DM 的瘤胃降解率与抽苔期差异显著( $P < 0.05$ ),而在开花期与成熟期差异不显著( $P > 0.05$ );叶丛期 CP 的瘤胃降解率

极显著地高于其他生育时期( $P < 0.01$ );叶丛期与抽苔期及开花期与成熟期相比,NDF 瘤胃降解率的差异均不显著( $P > 0.05$ ),但叶丛期、抽苔期与开花期、成熟期相比,NDF 瘤胃降解率的差异均达极显著水平( $P < 0.01$ )。总体来看,DM 和 CP 的瘤胃有效降解率相当,分别为 72%~85%和 71%~86%;NDF 最低,为 51%~66%。

表 3 不同生育期串叶松香草营养成分绵羊瘤胃有效降解率的比较

Table 3 Rumen effective degradability of nutrient content of cluster leaf rosinweed at different growth stages %

生育期 Growth stage	指标 Index	叶丛期 Leafy stage	抽苔期 Stem elongation stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage
DM	a	39.82±1.29 Aa	40.40±0.86 Aa	28.08±0.09 B	30.15±0.20 C
	b	58.05±2.02 Ca	56.82±1.47 Ca	70.41±2.53 A	63.34±0.54 B
	c	10.17±1.32 A	7.55±0.89 Ba	5.60±0.13 Bb	6.19±2.09 Bab
	p	84.51±1.60 Aa	80.88±0.53 Ab	73.79±1.93 Bc	72.11±4.28 Bc
CP	a	35.52±0.18 C	36.32±0.08 A	35.85±0.02 B	17.13±0.19 D
	b	64.33±0.03 Ba	62.50±0.33 BCb	60.80±2.30 Cc	82.98±0.54 A
	c	10.49±0.03 A	5.26±0.33 Ba	5.81±2.41 Ba	5.89±0.40 Ba
	p	85.44±0.19 A	75.98±0.61 Ba	74.90±4.46 Bab	71.91±1.10 Bb
NDF	a	8.52±0.15 A	6.47±0.01 B	2.74±0.46 C	0.75±0.02 D
	b	87.36±1.68 B	81.93±0.42 Ca	92.70±1.46 A	83.52±3.21 Ca
	c	5.66±0.28 ABb	7.14±0.03 Aa	3.96±0.40 Bc	4.95±1.96 Bbc
	p	65.41±0.07 Aa	64.00±0.19 Aa	55.21±1.02 Bb	51.41±6.07 Bb

## 3 讨 论

在串叶松香草发育初期,其 CP 和 Ca 含量较高,随着生育期的延长,植株逐渐老化,CP 含量降低,NDF、ADF 含量则呈相反的变化趋势,这与董宽虎等<sup>[8]</sup>、裴彩霞等<sup>[13]</sup>及黄锋华等<sup>[14]</sup>的研究结果基本一致。

目前,关于牧草氨基酸含量随生育期动态变化的研究较少。廖云华等<sup>[15]</sup>测定了串叶松香草叶丛期和抽苔期 17 种氨基酸的含量,发现叶丛期的 TAA(18.92%)大于抽苔期(17.82%),其中除叶丛期的赖氨酸和胱氨酸含量显著高于抽苔期外,其他氨基酸含量较为相近,但他并未测定串叶松香草开花期和成熟期的氨基酸含量。本试验研究了串叶松香草叶丛期、抽苔期、开花期和成熟期 4 个生育期 CP 和氨基酸含量随生育期的动态变化规律,发现总氨基酸含量总体上随生育期的推进呈下降趋势。Fougere 等<sup>[16]</sup>研究表明,天门冬氨酸、谷氨酰胺、丙氨酸、 $\gamma$ -氨基丁酸和脯氨酸是紫花苜蓿植株中含量较多的氨基酸。本试验结果也表明,串叶松香草富含天冬氨酸、谷氨酸、亮氨酸、丙氨酸和缬氨酸,而含硫氨基酸含量较低。赖氨酸是家畜第一限制性氨基酸,也是评价牧草最重要的指标之一,串叶松香草在叶丛期时的赖氨酸含量最高,随后随生长发育而下

降,但在成熟期又略有上升。

饲草中各营养成分在瘤胃中降解的难易程度有明显差异。苗树君等<sup>[17]</sup>研究表明,各收获期玉米青贮饲料在瘤胃中的有效降解率均以 CP 较高,NDF 和 ADF 较低,说明纤维性物质在瘤胃内的消化需要保证有效的发酵时间。董宽虎等<sup>[8]</sup>研究表明,串叶松香草不同生育期 NDF 和 ADF 的有效降解率明显低于 CP、DM 和 OM,ADF 的有效降解率明显低于 NDF,且 DM 的有效降解率与 OM 有效降解率的变化规律相似,这与本试验结果一致。

## 4 结 论

1)串叶松香草不同生育期 CP、NDF、ADF、Ca、P 含量差异显著( $P < 0.05$ ),CP 含量随生育期的推进而降低,NDF 和 ADF 含量随生长发育的进行呈“高一低一高一低”的变化趋势,Ca、P 含量先升后降,于成熟期达到最低。

2)串叶松香草的 TAA 在叶丛期、抽苔期、开花期和成熟期分别为 225.1,155.7,164.5 和 139.3 mg/g,呈“高一低一高一低”的变化趋势;17 种氨基酸中,丙氨酸和组氨酸随生育期的推进而逐渐降低,天冬氨酸、赖氨酸和胱氨酸含量随生育期的推进呈现出“高一低一高”的变化趋势,其他氨基酸和 TAA/CP 及 TEAA/NEAA 均随生育期的推进呈

现出“高一低一高一低”的双峰变化趋势。

3) 随着生育期的推进, 串叶松香草营养成分的瘤胃有效降解率呈明显下降趋势 ( $P < 0.01$ ), CP 和 DM 的瘤胃有效降解率接近, NDF 最低。

4) 综合牧草不同生育期的营养成分含量、瘤胃降解动态及牧草产量, 认为串叶松香草在抽苔期至开花期刈割利用为佳。

## [参考文献]

- [1] 陈宝书, 张景雨, 温尚文. 串叶松香草生育特性和生产性能的研究 [J]. 草业科学, 1990(6): 60-63.  
Chen B S, Zhang J Y, Wen S W. studies on growth and development characteristics growth performance of *Silphium perfoliatum* L. [J]. Pratacultural Science, 1990(6): 60-63. (in Chinese)
- [2] 李凤玲, 李明, 郭孝. 串叶松香草营养价值及应用研究进展 [J]. 家畜生态学报, 2006, 27(6): 213-216.  
Li F L, Li M, Guo X. Studies on nutrition value and applied progress of cupplant (*Silphium perfolium* L.) [J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici, 2006, 27(6): 213-216. (in Chinese)
- [3] 刘生龙, 王成信, 王祺. 优良饲用植物串叶松香草引种试验 [J]. 草业科学, 1995(2): 29-31.  
Liu S L, Wang C X, Wang Q. Study on introduction of *Silphium perfoliatum* L. as superior forage plant [J]. Pratacultural Science, 1995(2): 29-31. (in Chinese)
- [4] 张洪涛, 阎磊. 串叶松香草开花结实习性的观察 [J]. 中国草地, 1987(1): 67-69.  
Zhang H T, Yan L. Observation of flowering and grain-setting characteristics for *Silphium perfoliatum* L. [J]. Grassland of China, 1987(1): 67-69. (in Chinese)
- [5] 强莉. 串叶松香草、普那菊苣、鲁梅克斯 K-1 种子萌发及苗期抗旱性研究 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2003.  
Qiang L. A Study on the drought-resistance of germination and seedling for *Silphium Perfoliatum* L., *Cichorium Intybus* L. cv *Puna* and *Rumex* K-1 [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2003. (in Chinese)
- [6] 张林, 黄爱仙, 卢崇恩. 串叶松香草多倍体植株的组织培养 [J]. 植物生理学通讯, 1989(6): 53.  
Zhang L, Huang A X, Lu C E. Induction of polyploids on *Silphium perfoliatum* L. in tissue culture [J]. Plant Physiology Communications, 1989(6): 53. (in Chinese)
- [7] 张林, 卢崇恩, 赵文恩. 串叶松香草核型分析 [J]. 中国草原, 1986(4): 44-45.  
Zhang L, Lu C E, Zhao W E. Analysis of the chromosome volume of *Silphium Perfoliatum* L. [J]. Plain of China, 1986(4): 44-45. (in Chinese)
- [8] 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(6): 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(6): 92-97. (in Chinese)
- [9] 韩永芬, 赵明坤, 李小芳. 串叶松香草饲喂牛羊等的适口性及饲喂方法试验 [J]. 贵州大学学报: 农业与生物科学版, 2002, 21(5): 332-338.  
Han Y F, Zhao M K, Li X F. The experiments of palatability and feeding method of *Silphium perfoliatum* for cattle & sheep [J]. Journal of Guizhou University: Agriculture and Biological Science, 2002, 21(5): 332-338. (in Chinese)
- [10] 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)
- [11] Ørskov E R, McDonald L. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage [J]. Journal of Agricultural Science Cambridge, 1979, 92: 799-803.
- [12] 冯仰廉, 莫放. 反刍动物蛋白质营养的新体系 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1994: 65-83.  
Feng Y L, Mo F. The new system of protein nutrition for ruminants [M]. Beijing: Press of Agricultural Technology of China, 1994: 65-83. (in Chinese)
- [13] 裴彩霞, 董宽虎, 范华. 不同刈割期和干燥方法对牧草营养成分含量的影响 [J]. 中国草地, 2002, 24(1): 32-37.  
Pei C X, Dong K H, Fan H. Effect of different harvest time and drying methods on nutrient as water soluble carbohydrates of herbage [J]. Grassland of China, 2002, 24(1): 32-37. (in Chinese)
- [14] 黄锋华, 董宽虎. 白羊草灌丛草地优势种牧草营养物质及瘤胃降解动态研究 [J]. 中国草地学报, 2006, 28(6): 18-22.  
Huang F H, Dong K H. Study on nutrients of dominant species of forage and dynamics of the rumen degradability in old world *bluestem shrub rangeland* [J]. Chinese Journal of Grassland, 2006, 28(6): 18-22. (in Chinese)
- [15] 廖云华, 朱小彤. 串叶松香草的饲用价值 [J]. 贵州农业科学, 1994(6): 49-51.  
Liao Y H, Zhu X T. Feeding value of *Silphium perfoliatum* [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 1994(6): 49-51. (in Chinese)
- [16] Fougere F, Rudulier D L, Streeter J G. Effects of salt stress on Amino acid, organic acid, and carbohydrate composition of roots, bacteroids, and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa* L.) [J]. American Society of Plant Biologists, 1991, 96: 1228-1236.
- [17] 苗树君, 曲永利, 杨柳, 等. 不同收获期玉米青贮营养成分在奶牛瘤胃内降解率的研究 [J]. 动物营养学报, 2007, 19(2): 172-176.  
Miao SH J, Qu Y L, Yang L, et al. Study on the rumen degradabilities of nutritional composition of corn silage harvested at different stages for dairy cattle [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2007, 19(2): 172-176. (in Chinese)