

文章编号: 1001-1498(2006)05-0580-05

四倍体刺槐不同生长时期和部位的叶片的 饲料营养价值分析

李 云¹, 张国君¹, 路 超¹, 刘书文²

(1. 北京林业大学林木花卉遗传育种教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 甘肃省天水秦州区林业局, 甘肃 天水 741000)

摘要:对廊坊地区饲料型四倍体刺槐不同生长时期及不同部位叶片的粗蛋白质、Ca、P等常规营养成分和不同生长时期叶片的氨基酸组分的分析结果表明:饲料型四倍体刺槐叶片不同生长时期的营养成分中,粗蛋白含量在生长期极显著高于叶片变色期,中性洗涤纤维在7月15日显著低于10月5日;7月15日不同部位叶片的营养成分中,上部叶片的粗蛋白、粗脂肪及P含量均高于下部叶片,而粗纤维、粗灰分及Ca含量则是下部叶片高于上部叶片;不同生长时期叶片均含18种氨基酸,其含量随时间的推移呈下降趋势,且在生长期较苜蓿草粉高或与之相当。

关键词:四倍体刺槐;叶片营养;生长时期;部位

中图分类号: S792.27

文献标识码: A

Analysis of Fodder Nutritive Value in the Leaves Harvested at Different Growing Stages and Parts for Tetraploid *Robinia pseudoacacia*

LI Yun¹, ZHANG Guo-jun¹, LU Chao¹, LIU Shu-wen²

(1. Key Laboratory of Genetics and Breeding of Forest Tree and Ornamental Plant, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Forestry Bureau of Qin Zhou District, Tianshui City, Gansu Province, Tianshui 741000, Gansu, China)

Abstract: The contents of crude protein, calcium, gross phosphorus and other general ingredients at different stages and parts and amino acids at different stages in the leaves of tetraploid *Robinia pseudoacacia* for fodder, from Langfang of Hebei province, were determined. The results indicated that the content of crude protein at growing stages was higher significantly than those at color changing stage in the leaves of tetraploid *Robinia pseudoacacia* for fodder, the content of neutral detergent fiber on July 15 was lower than that on October 5; and the contents of crude protein, ether extract, gross phosphorus in top part were better than those in lower part in the leaves of tetraploid *Robinia pseudoacacia* for fodder, but the contents of crude fiber, crude ash, calcium were in opposition; and there were eighteen amino acids in the leaves of tetraploid *Robinia pseudoacacia* for fodder, moreover, their contents were descending gradually along with the time, and its nutrition was as well as or higher than *Medicago sativa* at growing stages.

Key words: tetraploid *Robinia pseudoacacia*; nutrition of leaves; growing stages; parts

饲料型四倍体刺槐 (*Robinia pseudoacacia* Linn.) 是从韩国引入到我国的刺槐优良无性系。自

1997年北京林业大学将其引入以来,李春燕和刘涛等^[1,2]对其叶片粗蛋白和矿质营养进行了初步分析,

收稿日期: 2006-02-17

基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目 (03EFN216700307)和国家林业局林业科学技术推广项目 (2003-5-2)

作者简介: 李 云 (1963—),男,博士,教授,主要从事林木育种和生物技术的教学和研究。010-62336094, E-mail: yunli@bjfu.edu.cn

肯定了其作为饲料树种的价值。但在实际生产中,何时采摘叶片或刈割植株以及哪个部位的营养价值最佳呢?这是众多学者和生产者最关心的问题之一。但到目前为止,关于四倍体刺槐不同生长时期和不同采摘部位对其叶片营养的影响及氨基酸动态含量方面的研究尚未见报道。

为了科学地评价饲料型四倍体刺槐叶片的营养价值,了解植物不同部位、不同生长时期等对叶片营养成分含量的影响,本文对饲料型四倍体刺槐不同生长时期及不同部位的叶片营养成分和不同生长时期的氨基酸营养进行了分析研究。

1 材料与方 法

1.1 自然概况

试验地设在廊坊地区香河县,39°36′~39°51′N,116°52′~117°11′E,燕山山脉南麓,潮白河冲积平原扇缘向冲积平原过渡的交接地带,土壤以褐土和潮土为主,典型暖温带大陆性气候,年平均气温 11.1℃,总降水量为 905.1 mm,年蒸发量 1 681.9 mm,相对湿度平均为 58%,全年日照时数平均为 2 870 h,年平均无霜期 183 d。

1.2 试验材料

测试的饲料型四倍体刺槐叶片于 2004 年生长旺盛时期 7 月 15 日()、7 月 30 日()、8 月 15 日()和叶片开始变色期 10 月 5 日()采自廊坊试

验基地。试验林为 2002 年 4 月初定植,并于 2003 年和 2004 年 3 月初两次平茬后萌生的林分。在试验林内每次随机取 5 个小区,每个小区 6 株;离地面 10 cm 剪取小区内植株,摘取其叶片混匀,用四分法分别取 500 g 鲜叶,预先干燥处理后得风干样品备用。另在 7 月 30 日随机取 8 个小区,在整个植株的 1/2 处将其截成上下两部分,按上述同样方法制得风干样品备用。

1.3 测定方法^[3-5]

水分:直接干燥法(GB/T 6435-1986);粗蛋白质:凯氏法(GB/T 6432-1994);粗脂肪:索氏抽提法(GB/T 6433-1994);粗纤维:酸碱洗涤法(GB/T 6434-1994);粗灰分:干灰化法(GB/T 6438-1992);酸性洗涤纤维:范氏酸性洗涤纤维(MAFIC-LAB/METH023-2001);中性洗涤纤维:范氏中性洗涤纤维(MAFIC-LAB/METH023-2001);Ca:高锰酸钾滴定法(GB/T 6436-2002);总 P:分光光度法(GB/T 6437-2002);单宁:磷钼酸-钨酸钠(FD)比色法。

2 结果与分析

2.1 饲料型四倍体刺槐叶片的营养成分分析

2.1.1 饲料型四倍体刺槐不同生长时期叶片的营养成分 无论对于精饲料还是粗饲料,营养成分都是体现饲料营养价值的重要指标。饲料型四倍体刺槐不同生长时期叶片的营养成分见表 1。

表 1 不同生长时期饲料型四倍体刺槐叶片的营养成分

时期	干物质	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	粗灰分	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维	Ca	P	单宁
7 月 15 日	876.0	211.3	46.0	160.7	83.1	433.9	291.2	7.1	1.7	19.5
7 月 30 日	878.7	195.9	49.5	144.4	74.6	471.9	315.2	6.7	1.6	16.2
8 月 15 日	881.9	199.0	47.2	152.1	78.2	476.5	319.8	7.5	1.5	11.5
10 月 5 日	910.4	162.4	47.4	155.0	94.5	478.7	329.1	7.4	1.4	10.7

(1) 粗蛋白质 粗蛋白质含量的方差分析表明,不同生长时期之间的差异极显著(见表 2)。多重差异比较的结果(见表 3)表明,(7 月 15 日)、(7 月 30 日)、(8 月 15 日)3 个时期叶片的粗蛋白含量之间无差异,而这 3 个时期均与(10 月 5 日)的粗蛋白含量达到了极显著差异。由此可以看出,在旺盛生长时期的 7 月 15 日、7 月 30 日和 8 月 15 日,其粗蛋白质含量均比较高,且变化幅度不大,在叶片开始变色期(10 月 5 日)的粗蛋白质含量较低,仅为 162.4 g·kg⁻¹;这主要是因为旺盛生长期时,叶片的光合作用较强,从而有利于蛋白质的

合成;而到叶片变色期时,叶片的叶绿素含量减少,光合作用减弱,因此影响其蛋白质的合成。

(2) 纤维 饲料型四倍体刺槐不同生长时期叶片的粗纤维含量方差分析结果(见表 2)不显著。对于反刍动物来说,单用常规营养成分来评价粗饲料的营养价值是远远不够的。这是因为饲料的消化率与纤维类物质关系密切,而粗纤维并不能完全代表所有的纤维类物质。近年来,人们用中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)取代了粗纤维(CF),从而能更好地评价饲料营养价值。

由表 2 中的方差分析可以看出,不同生长时期

之间的中性洗涤纤维差异显著,而酸性洗涤纤维差异不显著。中性洗涤纤维多重比较的结果(见表 3)表明,(10月 5日)显著地高于(7月 15日),而(7月 30日)、(8月 15日)、(10月 5日)之间无显著差异。这是因为在 7月 15日,植株大部分叶片处于生长期,而随着生长时期的推移,到了 7月 30日之后,大部分叶片趋于成熟或衰老,所以其纤维含量逐渐增加。饲草中粗蛋白质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量是反映牧草营养价值高低的重要指标。其中粗蛋白含量高,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量低,营养价值则高。从表 1中可以看出,饲料型四倍体刺槐叶片生长时期越长,其粗蛋白质含量越低,而中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量则越高,尤其是在 10月 5日叶片开始变色期,变化幅度明显。

(3) 粗脂肪 植物的粗脂肪通常被认为是能量的代表,粗脂肪含量越高意味着饲料的能量越高。然而在反刍动物日粮中,一般含 $20 \sim 50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的脂肪,过多的脂肪则会影响瘤胃营养物质的消化作用^[6]。由表 2可以看出,饲料型四倍体刺槐不同生长时期之间叶片的粗脂肪含量的方差分析结果不显著。另由表 1可知,饲料型四倍体刺槐不同生长时期叶片的粗脂肪含量均在 $40 \sim 50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间,符合反刍动物的日粮要求。

(4) 粗灰分、Ca、P 饲料型四倍体刺槐叶片粗灰分的方差分析结果(见表 2)表明,不同生长时期之间达到了极显著水平。经多重比较(见表 3)得知,(10月 5日)显著高于(8月 15日),极显著高于(7月 30日),(7月 15日)、(7月 30日)、(8月 15日)之间粗灰分含量无显著差异。粗灰分的含量与材料所含的矿物质有关。而 Ca 和 P 是家畜矿物营养中两个重要的元素,在家畜的骨骼发育和维护方面有着特别的作用。家畜日粮中 Ca、P 的最佳比值为 2:1,反刍家畜可通过腮腺和唾液分泌再循环重复利用大量的 P,所以反刍家畜可耐受 Ca、P 比达 7:1^[7]。饲料型四倍体刺槐不同生

长时期叶片的 Ca、P 比值处于 4:1 至 5:1 范围内,较适合作为反刍动物的饲料来源。

饲料型四倍体刺槐叶片不同生长时期内 Ca、P 含量均无显著差异(见表 2)。理论上,在树木生长所需的营养元素中,P 属于易在树木体内移动的元素,而 Ca 则属不易移动的元素。因此,叶片随着生长时期的推移,Ca 含量应呈递增趋势,而 P 含量可能变化不定。这是因为,难以移动的营养元素 Ca 被林木地上部分吸收后,分配并被固定于植株叶部,而易于移动的营养元素 P 则随着根系的吸收能力、植株光合作用和养分消耗的变化而变化。该试验 Ca、P 含量变化趋势与理论预测相近,但其变化规律还需进一步深入研究。

(5) 单宁 饲草中单宁含量较高时,会影响动物对蛋白质、纤维素、淀粉以及脂肪的消化,降低食物的营养价值,甚至引起动物中毒。但是少量的单宁却可以对动物消化道起到收敛的作用,具有轻微的止泻作用^[8]。国内外众多学者的研究表明,单宁可使瘤胃内蛋白质的降解率增加,干物质消化率提高^[9-14]。Jackson 和 Barry 等^[15-18]对热带树木、灌木和豆科(Leguminosae)牧草叶片中单宁的含量进行了研究,发现单宁含量不足 $55 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (干质量)的植物可以作为动物饲料;而单宁含量高达 $60 \sim 90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (干质量)的植物,动物一般拒食其叶子。

饲料型四倍体刺槐不同生长时期之间叶片中单宁含量方差分析极显著(见表 2)。多重比较结果(见表 3)进一步表明,(7月 15日)和(7月 30日)均极显著地高于(8月 15日)和(10月 5日),而(7月 15日)和(7月 30日)之间及(8月 15日)和(10月 5日)之间无显著差异。由此不难看出,随着生长时期的推移,叶片逐渐老化,饲料型四倍体刺槐单宁含量从 $19.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 降到 $10.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,表现出从高到低的变化趋势;其含量变化范围为 $10 \sim 20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,均低于上述标准,完全适合作为动物饲料。

表 2 不同生长时期饲料型四倍体刺槐叶片营养成分的方差分析

变异来源	df	粗蛋白	粗纤维	中型洗涤纤维	酸性洗涤纤维	粗脂肪	粗灰分	Ca	P	单宁	F	
											0.05	0.01
区组	4											
时期	3	25.35**	2.65*	4.09*	0.97	0.34	6.32**	0.42	2.84	17.62**	3.49	5.95
误差	12											

注:数据经过了 $\arcsin^{1/2}$ 转换。

表 3 不同生长时期饲料型四倍体刺槐叶片营养成分的多重比较

时期	粗蛋白质 / (g · kg ⁻¹)			中性洗涤纤维 / (g · kg ⁻¹)			粗灰分 / (g · kg ⁻¹)			单宁 / (g · kg ⁻¹)				
	均值	0.05	0.01	时期	均值	0.05	时期	均值	0.05	0.01	时期	均值	0.05	0.01
	211.3	a	A		478.7	a		94.5	a	A		19.5	a	A
	199.0	a	A		476.5	ab		83.1	ab	A B		16.2	a	A
	195.9	a	A		471.9	ab		78.2	b	A B		11.5	b	B
	162.4	b	B		433.9	b		74.6	b	B		10.7	b	B

2.1.2 饲料型四倍体刺槐不同部位叶片的营养成分

饲料型四倍体刺槐同一树冠的树叶,由于冠层部位不同,养分含量也存在差异。对 7 月 30 日不同部位叶片的营养成分含量(见表 4)分析表明,植株上部叶片的粗蛋白含量高于植株下部的叶片,这是植株上部叶片的光合作用较下部叶片强的缘故;P 含量及粗脂肪含量与粗蛋白含量具有相同的变化趋势,说明植株

上部叶片处于各种代谢活动的旺盛期;而粗纤维含量、粗灰分含量和 Ca 含量则呈相反的变化趋势,均是植物下部叶片的含量高于上部叶片,表明植株下部叶片较上部叶片老化;另外经过计算可知,植株上下部叶片的 Ca、P 比例均平衡,上部及下部叶片的 Ca、P 比值分别为 3 和 6,均位于 2 和 7 之间,完全处于动物饲料允许的范围内。

表 4 饲料型四倍体刺槐不同部位叶片营养成分含量

冠层部位	干物质 / (g · kg ⁻¹)	粗蛋白质 / (g · kg ⁻¹)	粗脂肪 / (g · kg ⁻¹)	粗纤维 / (g · kg ⁻¹)	粗灰分 / (g · kg ⁻¹)	Ca / (g · kg ⁻¹)	P / (g · kg ⁻¹)	Ca / P
上部	888.7	233.4	48.3	139.8	71.3	5.8	1.8	3
下部	899.7	203.2	47.6	152.1	83.3	7.7	1.3	6

2.2 饲料型四倍体刺槐叶片氨基酸含量分析

蛋白质是由氨基酸组成的,事实上氨基酸才是必需的营养物质。因此,饲料蛋白质是由哪些氨基酸组成的以及这些氨基酸的比例如何,这是评定饲料蛋白质营养价值的关键。

由图 1 可以看出:饲料型四倍体刺槐叶片 4 个采样时期内均含 18 种氨基酸,且各时期内 18 种氨基酸含量的变化趋势基本一致,4 个采样时期内含

量最高和最低的 3 种氨基酸均是 Glu、Asp、Leu 和 Met、Tyr、Cys;随着采样时间的推移,各种氨基酸含量均呈下降趋势;除 Tyr 外,其他各种氨基酸含量在旺盛生长期的 3 个时期内均高于或等于苜蓿草 (*Medicago sativa* Linn) 粉,在叶片变色期内 Met、Cys、Lys、Val、Phe 和 Tyr 的含量也高于或等于苜蓿草粉,其他几种氨基酸含量较苜蓿草粉的变化幅度也在 10% 以内。

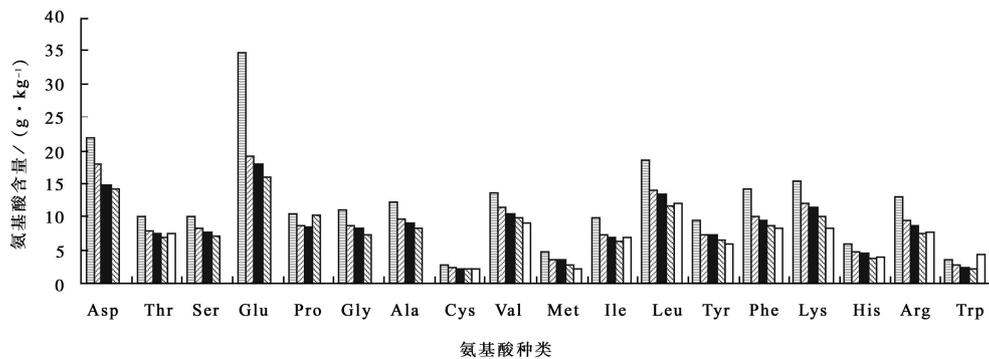


图 1 饲料型四倍体刺槐叶片氨基酸含量

Asp: 天冬氨酸; Thr: 苏氨酸; Ser: 丝氨酸; Glu: 谷氨酸; Pro: 脯氨酸; Gly: 甘氨酸; Ala: 丙氨酸; Cys: 半胱氨酸; Val: 缬氨酸; Met: 蛋氨酸; Ile: 异亮氨酸; Leu: 亮氨酸; Tyr: 酪氨酸; Phe: 苯丙氨酸; Lys: 赖氨酸; His: 组氨酸; Arg: 精氨酸; Trp: 色氨酸

图 1 饲料型四倍体刺槐叶片氨基酸含量

另外,最新的研究结果认为人和动物共有 13 种氨基酸是必需氨基酸,他们是:赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、精氨酸、胱氨酸、酪氨酸、甘氨酸^[19]。经过计

算,饲料性四倍体刺槐叶片 4 个时期的氨基酸总量 (T)分别为 221.7 g · kg⁻¹ (7 月 15 日)、164.7 g · kg⁻¹ (7 月 30 日)、153.6 g · kg⁻¹ (8 月 15 日)和 141.3 g · kg⁻¹ (10 月 5 日),13 种必需氨基酸之和

(E)分别为 $132.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $101.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $95.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $85.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,非必需氨基酸之和 (N)依次为 $89.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $63.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $58.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $55.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;4个时期的 E/T 依次等于 0.60 (7月 15日)、0.61 (7月 30日)、0.62 (8月 15日)和 0.60 (10月 5日),E/N 依次等于 1.47、1.59、1.65和 1.53,均接近 WHO/FAO^[20]提出的 E/T 应为 0.40、E/N 应在 0.6 以上的参考蛋白模式。由此可知,饲料型四倍体刺槐叶片 4个时期内的蛋白质营养均非常丰富。

3 小结

(1) 饲料型四倍体刺槐不同生长时期叶片的营养成分中,粗蛋白、中性洗涤纤维、粗灰分及单宁含量存在显著或极显著的差异,粗纤维、酸性洗涤纤维、粗脂肪、Ca及 P含量无显著差异;且生长时期的粗蛋白含量极显著高于叶片变色期,中性洗涤纤维在 7月 15日显著低于 10月 5日(叶片变色期)。

(2) 饲料型四倍体刺槐 7月 30日不同部位叶片的营养成分中,上部叶片的粗蛋白、粗脂肪及 P含量均高于下部叶片,而粗纤维、粗灰分及 Ca含量则是下部叶片高于上部叶片。总体趋势是上部叶片的营养高于下部叶片。

(3) 饲料型四倍体刺槐不同生长时期的叶片均含 18种氨基酸,且各时期内 18种氨基酸含量的变化趋势基本一致;随生长时期的推移各种氨基酸含量、氨基酸总量及 13种必需氨基酸含量呈下降趋势;除 Trp外,其他各种氨基酸含量在旺盛生长期的 3个时期内均高于或等于苜蓿草粉,且 4个时期的氨基酸含量均接近 WHO/FAO 提出的 E/T 应为 0.40、E/N 应在 0.6 以上的参考蛋白模式。

综上所述,饲料型四倍体刺槐叶片在生长季节的营养价值均较高,因此,饲料型四倍体刺槐采摘叶片或刈割时期在保证充分养根的前提下宜早不宜晚。另外,由植物生理生化知识可知,叶片内营养成分尤其是粗蛋白含量是一个蛋白质合成、积累、消耗动态过程的结果,而这个结果可能主要随着叶龄的变化以及不同叶龄叶片所占比例变化而变化,这还需要今后进一步的深入研究。

参考文献:

[1] 李春燕,王祥森. 林芝地区引种四倍体刺槐叶片营养成分初报 [J]. 中国林副特产, 2005(2): 27~28
[2] 刘涛,李春燕,王莉. 西藏引种四倍体刺槐与普通刺槐营养成分对比分析 [J]. 中国野生植物资源, 2004, 23(2): 46

[3] 农业部畜牧兽医局. 饲料工业标准汇编 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 70~94
[4] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术(第 2版) [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 63~70
[5] 朱燕,夏玉宇. 饲料品质检验 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 169~170
[6] 董世魁,魏小红, Waters A P. 实验室条件下几种青贮饲料的加工与调制 [J]. 青海畜牧兽医杂志, 2000(4): 6~8
[7] 东北农学院. 家畜饲养学 [M]. 北京: 农业出版社, 1979: 39
[8] 郭彦军. 高寒草甸几种牧草和灌木缩合单宁含量动态及其饲用价值 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2000
[9] 牛菊兰,马文生. 红豆草中单宁对过瘤胃蛋白的保护研究 [J]. 草业科学, 1995(6): 60~62
[10] Feng Yu, McNabb W C, Barry TN, *et al* Effect of condensed tannin in cottonseed hulls upon the *in vitro* degradation of cottonseed kernel proteins by rumen microorganisms [J]. J Sic Food Agric, 1995, 69: 223~234
[11] Khazaal KA, Parissi Z, Tsiouvaras C, *et al* Assessment of phenolics-related antinutritive levels using the *in vitro* gas production technique: a comparison between different types of polyvinylpyrrolidone or polyethylene glycol [J]. J Sic Food Agric, 1996, 71: 405~414
[12] Hassan IA G, Elzubeir EA, Tinay AH EI Growth and apparent absorption of minerals in broiler chicks fed diets with low or high tannin contents [J]. Tropical Animal Health and Production, 2003, 35(2): 189~196
[13] Kabasa JD, Opuda-Aisibo J, Thinggaard G The role of bioactive tannins in the postpartum energy retention and productive performance of goats browsed in a natural rangeland [J]. Tropical Animal Health and Production, 2004, 36(6): 567~579
[14] Puchala R, Min B R, Goetsch A L. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats [J]. Journal of Animal Science, 2005, 83(1): 182~186
[15] Robbins C T, Mole S, Hageman A E, *et al* Role of tannins in different plants against ruminants: reduction in dry matter digestion [J]. Ecology, 1987, 68(6): 1606~1615
[16] Makkar H P S, Singh B, Negi S S Relationship of rumen degradability with microbial colonization cell wall constituents and tannin levels in some tree leaf [J]. Anim Prod, 1989, 49: 299~303
[17] Jackson F S, Barry TN, Lascano Carlos, *et al* The extractable and bound condensed tannin content of leaves from tropical tree, shrub and forage legumes [J]. J Sic Food Agric, 1996, 71: 103~110
[18] Gebrehiwot L, Beuselink PR, Roberts CA. Seasonal variations in condensed tannin concentration of three *Louss* species [J]. Agronomy Journal, 2002, 94(5): 1059~1065
[19] 王忠艳. 动物营养与饲料学 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2004: 20
[20] FAO/WHO. Energy and protein requirement Report of Joint [R]. FAO/WHO. Geneva: WHO, 1973: 63