

白三叶不同生育期营养成分及其绵羊 瘤胃降解动态研究

刘太宇^{1,2}, 李梦云^{1,2}, 聂芙蓉¹, 郭孝¹, 王付省¹

(1 郑州牧业工程高等专科学校, 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】研究不同生育期白三叶的营养成分含量变化及其瘤胃降解动态。【方法】采集分枝期、抽茎期、开花期和成熟期白三叶样品,测定其营养成分含量,并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研究其瘤胃降解动态。【结果】白三叶中粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、钙(Ca)、磷(P)含量在不同生育期差异显著($P<0.05$),CP、Ca、P 含量随着生育期的推进呈下降趋势, NDF、ADF 含量呈上升趋势,CP 含量呈现“高-低-高-低”的变化趋势。随白三叶生育期的推进,其总氨基酸(TAA)含量呈现“高-低-高-低”的变化趋势,TAA/CP 和总必需氨基酸/非必需氨基酸(TEAA/NEAA)呈现出“低-高-低”的单峰变化趋势;干物质(DM)、CP、NDF 的瘤胃有效降解率呈明显下降趋势($P<0.01$),CP 和 DM 有效降解率接近,NDF 的有效降解率最低。【结论】综合考虑白三叶不同生育期的产量、营养成分及其瘤胃降解动态,建议白三叶在开花期刈割利用。

【关键词】 白三叶;生育期;营养成分;氨基酸;瘤胃降解率

【中图分类号】 S541⁺.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)06-0034-05

Nutrient components and rumen degradability dynamics of White clover at different growth stages

LIU Tai-yu^{1,2}, LI Meng-yun^{1,2}, NIE Fu-rong¹, GUO Xiao¹, WANG Fu-sheng¹

(1 Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Zhengzhou, He'nan 450011, China; 2 Engineering Technology Research Center of Animal Nutrition and Feed, Zhengzhou, He'nan 450011, China)

Abstract: 【Objective】 This paper was engaged in the study on nutrient components and rumen degradation characteristics of white clover at different growth stages. 【Method】 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 ($P<0.05$). As the maturity progressed, CP, Ca and P decreased. CP varied with a regular tall-low-tall-low double apex rhythm, NDF and ADF content increased. TAA varied with a regular tall-low-tall-low double apex rhythm, but the TAA/CP and TEAA/NEAA varied with a regular single low-tall-low apex rhythm. DM, CP and NDF showed a trend of decrease for rumen degradation ($P<0.01$), but CP and DM showed closer degradation rate, NDF was the lowset. 【Conclusion】 Based on nutrient components, rumen degradation characteristics and its output, it's advisable that white clover is utilized at abloom stages.

Key words: white clover; growth stage; nutrient component; amino acid; rumen degradation rate

* [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] 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。

白三叶(*Trifolium repens* L.)又名荷兰翹搖、白车轴草,为豆科三叶草属植物。白三叶原产欧洲,现广泛分布于温带及亚热带高海拔地区,我国黑龙江、吉林、辽宁、新疆、四川、云南、贵州、湖北、江西、江苏、浙江等地均有分布,尤其在长江以南各省有大面积栽培,并已成为人工草地的主栽品种^[1]。白三叶喜温凉湿润气候,生长适宜温度为19~24℃,适应性强,耐热、抗寒、耐阴、耐贫瘠、耐酸碱,对土壤要求不严,只要排水良好,各类土壤皆能生长,尤喜富含钙质及腐殖质的粘质土壤。白三叶具有匍匐茎、繁殖力强、能很快覆盖地面、绿色期长等优点,是优良的观赏草坪和栽培牧草^[2]。许多学者先后从引种栽培^[2]、高产栽培、营养成分^[1]、饲喂技术、转基因及生态适应性^[3]等方面对白三叶进行了研究,但至今尚未见有关其不同生育期营养物质变化动态及瘤胃降解动态的报道。为此,本试验对白三叶不同生育期的营养物质动态变化和营养成分在绵羊瘤胃内的降解动态进行了研究,以期为白三叶适宜收获期的确定及其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,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℃,最高气温39.6℃;1月份平均气温-0.4℃,最低气温-25℃;≥10℃积温为4 800℃;年平均日照时间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,终霜期在翌年的3月下旬。试验地土壤为潮土、褐土,质地中壤或者粘壤,有机质含量12~14 g/kg, pH值7~7.5。

1.2 材料

1.2.1 植物材料及其样品的制备 牧草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白三叶,分别于分枝期、抽茎期、开花期和成熟期,在离地面3 cm处刈割,烘箱中120℃烘10~15 min,然后70℃烘9 h,室温条件下回潮24 h。将回潮后的样品用剪刀剪成3 cm长的小段混匀,粉碎机粉碎后过孔径1 mm的筛,装入棕色广口瓶,密封保存备用。

1.2.2 试验动物及其饲养管理 试验动物为健康状况良好、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,共6只。日粮

供给量为维持需要量的1.3倍,每天每只给予400 g精料补充剂和500 g干草,分2次(8:00和16:00)饲喂,自由饮水。预饲期为15 d。

1.3 白三叶绵羊瘤胃降解率的测定

称取各生育期牧草样品5 g,放入质量恒定的尼龙袋(孔径40 μm,规格8 cm×6 cm)中,标记。取8 cm长半软塑料管,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,将袋子连同塑料管放在自来水龙头下冲洗3~4 min,水清为止。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。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 牧草常规营养成分 按实验室常规分析方法^[4]测定样品中的干物质(DM)、粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、钙(Ca)和磷(P)含量(以质量分数(%)表示)。

1.4.2 牧草氨基酸含量 准确称取粉碎后过孔径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%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,用无离子水定容,过滤。准确量取10 μL样品液于5 mm×50 mm小试管中,真空抽干,加20 μL衍生缓冲液,于混合器上振荡30 s,加20 μL衍生试剂,用封口膜封口,振荡30 s,置60℃烘箱中烘30 min,冷却后加160 mL平衡缓冲液,振荡混合30 s。取振荡后的样品,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(以质量分数(%)表示)。

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 饲料降解率(p)根据Crskov等^[5]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)。各样品的 a 、 b 、 c 根据最小二乘法解出。

待测饲料营养成分(DM、CP、NAF)的有效降解率(p)用下式计算:

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

式中: k 为外流速度,由方程 $k = -0.024 + 0.179 \times$

$(1-e^{-0.278L})$ 求解^[6-7],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分析。

2 结果与分析

2.1 不同生育期白三叶营养成分的动态变化

分别对分枝期、抽茎期、开花期和成熟期白三叶

的营养成分含量进行测定,结果见表 1。由表 1 可以看出,白三叶不同生育期的 CP、NDF、ADF、Ca、P 含量差异显著($P<0.05$),其中 Ca 含量随着生育期的推进呈下降趋势;NDF、ADF 含量则呈上升趋势;CP 和 P 含量呈“高-低-高-低”的变化趋势,在开花期最高,成熟期最低。

表 1 不同生育期白三叶营养成分含量的分析

Table 1 The nutritive contents of White clover at different growth stages				%
营养成分 Nutrient component	分枝期 Shooting stage	抽茎期 Stem elongation stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage
DM	91.01±0.02 d	92.06±0.14 b	91.53±0.05 c	93.63±0.04 a
CP	26.18±0.48 a	22.34±0.46 b	26.66±0.22 a	21.66±0.42 c
NDF	19.03±0.44 d	24.18±0.76 c	25.93±0.07 b	32.28±1.48 a
ADF	19.97±0.30 d	21.89±0.35 c	22.76±0.07 b	32.43±0.52 a
Ca	2.38±0.07 a	1.80±0.07 b	1.63±0.07 b	0.89±0.77 c
P	0.34±0.00 b	0.30±0.00 c	0.39±0.02 a	0.16±0.01 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($P<0.05$)。下表同。
Note: The different superscript capital letters in the same row mean very significant difference ($P<0.01$); the different small letters mean significant difference ($P<0.05$). The same as follows.

2.2 不同生育期白三叶氨基酸的含量变化

由表 2 可以看出,白三叶的总氨基酸(TAA)在分枝期、抽茎期、开花期和成熟期分别为 21.87%,18.81%,22.82%和 16.74%,呈现“高-低-高-低”的变化趋势;白三叶富含天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸和亮氨酸,而含硫氨基酸含量较低。天冬氨酸含量随生育期推进呈“高-低-高”的单峰变化趋势,谷氨酸、

组氨酸和蛋氨酸含量呈逐渐降低的变化趋势,其他大部分必需氨基酸(EAA)和非必需氨基酸(NEAA)含量均随生育期的推进呈“高-低-高-低”的双峰变化趋势。TAA/CP、总必需氨基酸/总氨基酸(TEAA/TAA)和总必需氨基酸/非必需氨基酸(TEAA/NEAA)均随生育期的推进呈“低-高-低”的单峰变化趋势。

表 2 不同生育期白三叶氨基酸含量的分析

Table 2 The contents of AA of White clover at different growth stages									%
氨基酸 AA	分枝期 Shooting stage	抽茎期 Stem elongation stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage	氨基酸 AA	分枝期 Shooting stage	抽茎期 Stem elongation stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage
总氨基酸 TAA	21.87	18.81	22.82	16.74	胱氨酸 Cys	0.10	0.09	0.11	0.02
天冬氨酸 Asp	2.60	2.48	3.00	4.35	异亮氨酸 Ile*	1.14	1.00	1.21	0.74
谷氨酸 Glu	2.72	2.17	2.10	1.64	亮氨酸 Leu*	2.08	1.79	2.00	1.04
丝氨酸 Ser	1.04	0.75	1.12	0.78	苯丙氨酸 Phe*	1.36	1.08	2.05	0.86
精氨酸 Arg*	1.34	1.07	1.30	0.69	组氨酸 His*	0.74	0.60	0.51	0.48
甘氨酸 Gly	1.27	1.1	1.33	0.77	赖氨酸 Lys*	1.39	1.17	1.50	0.82
苏氨酸 Thr*	1.14	0.93	1.15	0.72	酪氨酸 Tyr	0.86	0.66	0.86	0.45
脯氨酸 Pro	1.10	0.96	1.17	1.16	TAA/CP	83.54	84.20	85.60	77.28
丙氨酸 Ala	1.63	1.47	1.67	0.90	TEAA/TAA	48.24	48.57	50.24	39.74
缬氨酸 Val*	1.23	1.38	1.63	1.23	TEAA/NEAA	0.93	0.94	1.01	0.66
蛋氨酸 Met*	0.13	0.11	0.11	0.09					

注: * 表示必需氨基酸。
Note: * denotes EAA.

2.3 不同生育期白三叶营养成分在绵羊瘤胃中的有效降解率

从表 3 可看出,白三叶营养成分在绵羊瘤胃中降解的难易程度有明显差异,随着生育期的推进,各营养成分的快速降解部分含量均呈明显下降趋势

($P<0.01$);慢速降解部分含量各生育期均值表现为 $NDF>CP>DM$;分枝期、开花期、成熟期白三叶的营养成分有效降解率均表现为 $CP>DM>NDF$,而抽茎期表现为 $DM>CP>NDF$;随着生育期的推进,各营养成分的瘤胃有效降解率均呈明显下降趋

势($P<0.01$),在分枝期或抽茎期最高,而在成熟期最低。

表 3 不同生育期白三叶营养成分在绵羊瘤胃中的有效降解率

Table 3 Effective rumen degradability of nutritive contents of White clover at different growth stages					%
指标 Index	分枝期 Shooting stage	抽茎期 Stem elongation stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Ripening stage	
DM	<i>a</i>	37.99±1.05 ABab	39.56±2.10 Aa	32.98±0.75 C	36.31±0.79 Bb
	<i>b</i>	59.51±3.27 Ba	54.78±3.40 Bb	66.25±2.04 A	57.0±4.21 Bab
	<i>c</i>	5.10±0.18 B	6.03±0.60 A	3.72±0.43 C	2.61±0.55 D
	<i>p</i>	75.31±0.49 Aa	76.03±1.37 Aa	69.43±0.01 B	62.46±0.28 C
CP	<i>a</i>	57.97±0.91 A	29.28±0.63 Ba	27.70±1.88 Bb	24.75±0.39 C
	<i>b</i>	32.95±0.01 C	70.15±0.41 Ba	67.04±4.44 Bb	75.16±0.76 A
	<i>c</i>	3.45±0.33 Ca	4.75±0.12 B	5.66±0.68 A	3.78±0.24 Ca
	<i>p</i>	75.50±0.12 A	72.12±0.44 Ba	71.37±2.85 Ba	66.45±1.14 C
NDF	<i>a</i>	0.54±0.01 Ba	2.04±1.48 A	0.40±0.07 Ba	0.21±0.04 Ba
	<i>b</i>	94.20±6.39 b	90.66±4.49 d	98.64±0.06 a	92.01±2.15 c
	<i>c</i>	3.49±0.57 Aa	3.75±0.91 Aa	2.38±0.01 Bb	1.46±0.09 Bc
	<i>p</i>	50.66±0.51 Aa	51.71±4.51 Aa	43.80±0.19 B	30.11±0.62 C

注:*a*. 代表快速降解部分; *b*. 代表慢速降解部分; *c*. 代表 *b* 的降解常数; *p*. 代表有效降解率。
Note:*a*. Indicates the part which degrades quickly; *b*. Means the part which degrades slowly; *c*. Means degradation constant; *p*. Indicates effective rumen degradation rate.

3 讨 论

本研究中,白三叶在发育初期 Ca 含量较高,随着生育期的推进,植株老化,Ca 含量逐渐降低,而 NDF 和 ADF 含量则呈相反的变化趋势;CP 和 P 含量呈“高-低-高-低”的变化趋势,在开花期最高,在成熟期最低。上述结果与严学兵^[8]、裴彩霞等^[9]、黄锋华等^[10]和董宽虎等^[11]的研究结果相似。

白三叶总氨基酸含量总体上随生育期的推进呈下降趋势,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,营养物质在其组织中有一个沉积的过程,且 NH₄ 同化生成氨基酸的关键酶谷氨酰胺合成酶在白三叶种植 50 d 时活性最大^[12],据此可知白三叶草种植 50 d 时其氨基酸含量应最大,但本试验是从分枝期开始测氨基酸含量,从种植至分枝这一阶段营养物质在白三叶草组织中的沉积没有测定,因而白三叶草总氨基酸含量就表现为随生育期的推进呈下降的趋势。Fougere 等^[13]研究表明,天门冬氨酸 谷氨酰胺 丙氨酸、γ-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,白三叶富含天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸和亮氨酸,而含硫氨基酸含量较低。赖氨酸是家畜第一限制性氨基酸,也是评价牧草营养价值最重要的指标之一,白三叶在开花期赖氨酸含量最高,成熟期最低。

饲料中各营养成分在瘤胃中降解的难易程度有明显差异^[14-15],苗树君等^[14]研究表明,不同收获期的玉米,其青贮料营养成分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消化需要保证有效的发酵时间。董宽虎等^[11]研究表明,不同生育期串叶松香草 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。Fougere 等^[13]研究表明,DM 与 OM 的有效降解率变化规律相似。本试验结果与上述结果相似,并发现随着生育期的推进,白三叶各营养成分的有效降解率逐渐降低($P<0.01$),其中粗蛋白质的有效降解率较高,NDF 的有效降解率较低。

4 结 论

1)不同生育期白三叶的 CP、NDF、ADF、Ca、P 含量差异显著($P<0.05$),Ca 含量随着生育期的推进呈下降趋势;NDF、ADF 含量则呈上升趋势;CP 和 P 含量呈“高-低-高-低”的变化趋势,在开花期最高,成熟期最低。

2)分枝期、抽茎期、开花期和成熟期白三叶的 TAA 含量分别是 21.87%,18.81%,22.82% 和 16.74%,呈现“高-低-高-低”的变化趋势;白三叶富含天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸和亮氨酸,而含硫氨基酸含量较低。TAA/CP、TEAA/TAA 和 TEAA/NEAA 均随生育期推进呈“低-高-低”的单峰变化趋势。

3)随着生育期的推进,白三叶营养成分(DM、CP、DNF)在绵羊瘤胃内的有效降解率呈明显下降趋势($P<0.01$),在分枝期或抽茎期最高,而在成熟期最低。

4) 综合考虑不同生育期白三叶的产量营养成分含量及绵羊瘤胃降解动态, 作者建议白三叶在开花期刈割利用。

【参考文献】

[1] 陈志彤, 应朝阳, 林永生 等. 白三叶的栽培技术与利用价值 [J]. 福建农业科技, 2005(6): 45-46
Chen Z T, Ying C Y, Lin Y S, et al. Cultural technique and using value of white clove [J]. Fujian Agricultural Sci and Tech, 2005(6): 45-46. (in Chinese)

[2] 轩春来, 郑智龙. 白三叶生物学特性及栽培技术 [J]. 河南林业科学, 2004, 24(3): 24-25.
Xuan C L, Zheng Z L. Biology characteristic and cultural technique of white clove [J]. Journal of Henan Forestry Science and Technolog, 2004, 24(3): 24-25. (in Chinese)

[3] 赵桂琴, 王锁民, 任继周. 白三叶转基因及其生态适应性研究进展 [J]. 生态学报, 2004, 24(3): 592-596.
Zhao G Q, Wang S M, Ren J Z. Research progress on genetic transformation and ecological adaptability in white clove [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(3): 592-596. (in Chinese)

[4] 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)

[5] Ørskov E R, McDonald L. The estimation of p rotein degradability in t he rumen f rom incubation measurements weighted according to the rate of passage [J]. Journal of Agricultural Science Cambridge, 1979, 92: 799-803.

[6] 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)

[7] 中华人民共和国农业部. 肉羊饲养标准 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 21-31.
People's Republic of China Ministry of Agriculture. Feeding standard of meat sheep [S]. Beijing: Press of Agricultural of China, 2004: 21-31. (in Chinese)

[8] 严学兵. 牦牛对高寒牧区天然草地和人工草地牧草消化性的研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2000.
Yan X B. Digestibility of natural and cultivated grasslands by

yaks in alpine pastoral region [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2000. (in Chinese)

[9] 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 carbonhydrates of herbage [J]. Grassland of China, 2002, 24(1): 32-37. (in Chinese)

[10] 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)

[11] 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)

[12] 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.

[13] 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.

[14] 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 S 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)

[15] 齐智利, 嘎尔迪, 陈慧君 等. 玉米的不同温度和时间烘烤加工处理对泌乳奶牛瘤胃干物质和淀粉降解规律的研究 [J]. 畜牧兽医学报, 2006, 37(7): 667-671.
Qi Z L, Ga E D, Chen H J, et al. Study on in sacco dry matter and starch degradabilities of toasted corns processed with different temperatures and time [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinic, 2006, 37(7): 667-671. (in Chinese)