

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0189

张亚格,李茂,周汉林,胡琳,李韦,徐铁山.3个品种柱花草的营养成分和产气特征.草业科学,2017,34(1):165-172.

Zhang Y G, Li M, Zhou H L, Hu L, Li W, Xu T S. Influence of variety and growth period on the nutrient content and *in vitro* gas production characteristics of *Stylosanthes*. Pratacultural Science, 2017, 34(1): 165-172.

3 个品种柱花草的营养成分和产气特征

张亚格^{1,2}, 李茂², 周汉林², 胡琳^{1,2}, 李韦^{1,2}, 徐铁山²

(1.海南大学农学院,海南 海口 570100; 2.中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所,海南 儋州 571737)

摘要:为了研究品种和生育期对柱花草饲用价值的影响,本研究测定了热研2号(*Stylosanthes guianensis* cv. Reyan No. 2)、20号(*S. guianensis* cv. Reyan No. 20)和21号(*S. guianensis* cv. Reyan No. 21)3个品种柱花草不同生育期的营养成分含量,采用体外产气法评价了3个品种柱花草体外发酵特征。结果表明,虽然在营养成分方面热研2号柱花草粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)含量显著高于20号和21号($P < 0.05$),但3个品种的体外产气情况却较为接近,只有热研21号柱花草体外干物质消化率(IVDMD)和微生物蛋白(MCP)含量较低。不同生育期柱花草营养成分中CP、酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)含量以及饲料相对值(RFV)随生育期呈现出较明显的规律性,CP含量先升高后降低,3个品种均是在初花期达到最高;ADF、NDF含量不断升高,RFV值不断降低。柱花草CP含量较高,纤维含量较低,是家畜生产所需的优质牧草。推荐营养期为利用柱花草饲喂动物的最佳时期。

关键词:柱花草;营养成分;体外产气;生育期

中图分类号:S816.15 文献标志码:A 文章编号:1001-0629(2017)1-0165-08*

Influence of variety and growth period on the nutrient content and *in vitro* gas production characteristics of *Stylosanthes*

Zhang Ya-ge^{1,2}, Li Mao², Zhou Han-lin², Hu Lin^{1,2}, Li Wei^{1,2}, Xu Tie-shan²

(1.College of Agriculture, Hainan University, Haikou 570100, China;

2.Tropical Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou 571737, China;)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the influence of variety and growth period on the nutrient content of *Stylosanthes guianensis* cv. Reyan No. 2, *S. guianensis* cv. Reyan No. 20, and *S. guianensis* cv. Reyan No. 21, and the *in vitro* gas production characteristics. The results showed that *S. guianensis* cv. Reyan No. 2 had higher content of crude protein(CP)and crude fat(EE) than did *S. guianensis* cv. Reyan No. 20 and *S. guianensis* cv. Reyan No. 21 in terms of nutrients, but the *in vitro* gas production of the three varieties was similar, except for *S. guianensis* cv. Reyan No. 21, which had lower *in vitro* dry matter digestibility(IVDMD) and microbial protein content(MCP). Content of some nutrients in *Stylosanthes*, such as crude protein, acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF), and relative feed value(RFV), presented obvious regularity following the growth periods. The content of CP initially increased, subsequently decreased, and reached a maximum in the initial flowering stage. The content of ADF and NDF increased with growth, and RFV grad-

* 收稿日期:2016-04-14 接受日期:2016-08-30

基金项目:海南省重大科技项目(ZDKJ2016017);国家重点基础研究发展计划课题(2014CB138706);中国热带农业科学院基本科研业务费(1630032015044)

第一作者:张亚格(1992-),女,山西永济人,在读硕士生,主要从事热带牧草研究。E-mail:zhangyage1992@163.com

通信作者:周汉林(1971-),男,湖北浠水人,研究员,硕士,主要从事热带畜禽营养与饲料资源开发研究。E-mail:zhouhanlin8@163.com

ually decreased. It was concluded that *Stylosanthes* have a high content of CP and low fibre content, and are high-quality forage for domestic animals. It was also concluded that the vegetative stage was the proper growth period for animal feed.

Key words: *Stylosanthes*; nutrient composition; *in vitro* gas production; growth periods

Corresponding author: Zhou Han-lin E-mail:zhouhanlin8@163.com

柱花草(*Stylosanthes guianensis*)是我国热带、亚热带地区重要的放牧和刈割兼用型豆科牧草^[1],具有营养丰富、适口性好等特点,是我国南方地区家畜优良的粗饲料来源。柱花草自1962年首次由国外引进后,在我国南方地区得到广泛种植,目前已审定品种12个^[2],其中热研2号柱花草是1991年由我国热带农业科学院热带作物品种资源研究所热带牧草研究中心选育出来的优良品种,也是现今我国南方地区种植面积最广、应用最为广泛的品种,而热研20号和21号柱花草是2011年选育的抗炭疽病新品种^[3-4]。目前对柱花草的研究主要集中在育种和栽培方面,而在营养价值动态变化及其体外发酵特征方面的研究较少,赵钢等^[5]研究了3个品种柱花草的营养价值动态变化,发现粗蛋白(CP)、无氮浸出物(NFE)含量随着柱花草的生长逐渐下降,粗纤维(CF)含量在营养后期升高;对热研5号柱花草营养价值动态变化进行研究结果发现,随着生育期的延长,其CP的含量降低,CF的含量升高,营养成分含量呈现阶段性下降趋势,并推荐最佳利用期为4—6月营养生长初期^[6]。本研究测定热研2号、20号和21号3种柱花草不同生育期的常规营养成分含量,并采用体外产气法对柱花草体外消化进行研究,以期为柱花草在家畜生产中的合理利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用柱花草品种为热研2号、20号、21号,于2015年8月至2016年1月期间采集于中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所热带牧草试验基地。随机采集的材料剪碎后混合,通过110℃杀青30min后在65℃烘48h,粉碎后过0.45mm筛制成样品,均分为3个重复备测。

1.2 体外产气试验

体外产气技术采用Zhao和Lebzien^[7]的培养液的配制方法和试验方法。

缓冲液I:23.5g Na₂HPO₄·12H₂O、12.5g

NaHCO₃和11.5g NH₄HCO₃溶于400mL蒸馏水中;缓冲液II:23.5g NaCl、28.5g KCl、6.0g MgCl₂·6H₂O、2.63g CaCl₂·2H₂O溶于1000mL蒸馏水中;混合培养液:取400mL缓冲液I和50mL缓冲液II混合,然后加入蒸馏水使这种混合的缓冲液定容至500mL。缓冲液I和混合培养液现用现配。

选择3头年龄和体重相近的成年海南黑山羊,安装永久性瘤胃瘘管,在上午饲喂前抽取瘤胃液,经4层纱布过滤,量取312.5mL过滤后的瘤胃液置于预先加入了1000mL蒸馏水并在38℃水浴预热真空容器中,然后加入250mL预先配制好并在38℃水浴中预热的混合培养液,并持续通入CO₂约10min。称取柱花草干样0.2g,倒入提前称好重量的尼龙袋(3cm×5cm)中绑紧后放入注射器前端。取30mL瘤胃液—缓冲液的混合液加到每一个注射器中,排净空气,使其保持真空状态,并封闭注射器口,记录活塞的位置,并在38℃的水浴摇床中培养。本试验设计在发酵开始后2、4、6、8、10、18、24、30、36、48、72h读取这11个时间点的产气量,产气量为相应时间点的活塞的位置读数减去其初始位置读数和空白产气量。

1.3 测定指标及方法

制成的柱花草样品分析干物质(DM,%)、有机物(OM,%)、粗蛋白(CP,%)、粗脂肪(EE,%)、中性洗涤纤维(NDF,%)和酸性洗涤纤维(ADF,%)。其中DM、OM、CP、EE、NDF、ADF的分析参照张丽英^[8]的方法。体外产气试验结束后采集人工瘤胃液,分析其氨氮(NH₃-N)含量及微生物蛋白(MCP)含量,NH₃-N含量测定采用凯氏定氮法^[9],MCP含量测定采用三氯醋酸(TCA)沉淀蛋白法^[10-11]。

1.4 相关计算公式

体外干物质消化率(IVDMD)=(样本质量—残渣质量)/样本质量×100%;

饲料相对值(RFV)=DMI×DDM/1.29;

DMI=120/NDF;

DDM=88.9-0.779ADF。

式中:DMI(dry matter intake)为粗饲料干物质的随意

采食量,单位为占体重的百分比;DDM(digestible dry matter)为可消化的干物质,单位为占干物质的百分比^[12]。

1.5 体外发酵参数计算

体外发酵参数采用模型 $GP = a + b(1 - e^{-ct})$ 计算^[13],将样品各时间点的产气量代入此模型,根据非线性最小二乘法原理,求出 a 、 b 、 c 值,其中, a 为快速发酵部分的产气量, b 为慢速发酵部分的产气量, c 为 b 的速度常数即产气速率, $a + b$ 为潜在产气量, GP 为 t 时的产气量。

1.6 数据统计与分析

采用 Excel 2003 对数据进行整理,并采用 SAS 9.3 软件包进行统计分析,用平均值和标准误差表示测定结果,用 Duncan 法对各测定数据进行多重比较和交互作用分析。

2 结果与分析

2.1 品种和生育期对柱花草营养成分的影响

不同品种对柱花草 CP、EE、ADF、OM 有显著影响($P < 0.05$),3 个品种各营养成分之间存在一定的差异,热研 2 号柱花草 CP 含量最高,显著高于 20 号和 21 号($P < 0.05$)(表 1),热研 20 号柱花草 CP 含量最低,显著低于 20 号和 21 号;3 个品种 EE 含量差异均达到显著水平,其中热研 2 号柱花草 EE 含量最高,而 21 号含量最低;热研 2 号柱花草 ADF 含量显著低于 20 号,但与热研 21 号柱花草差异不显著($P > 0.05$);热研 21 号柱花草的 OM 值显著低于 2 号和 20 号;3 个品种柱花草 DM、NDF 和 RFV 值差异均不显著($P > 0.05$)。

不同生育期对柱花草 CP、ADF、NDF 和 RFV 有显著影响($P < 0.05$),柱花草不同时期各营养成分变化规律不同,不同时期 DM、EE、OM 含量无显著变化($P > 0.05$);柱花草 CP 含量整体呈现先升高后降低的趋势,初花期达到最高,结实期降到最低,其中初花期 CP 含量显著高于营养期和结实期($P < 0.05$);柱花草 ADF 及 NDF 含量随生长期的延长呈现升高的趋势,二者均是在结实期达到最高且与其它各时期差异显著;柱花草 RFV 值随生育期呈现下降趋势,且各时期之间差异均达到显著水平。从交互作用结果来看,品种和生育期之间仅有 ADF、NDF 和 RFV 值存在显著交互作用。

2.2 品种和生育期对柱花草体外发酵特征的影响

体外发酵试验结果表明(表 2),3 个品种柱花草各体外产气参数和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量之间均无显著差异($P > 0.05$),对 IVDMD 和 MCP 影响显著($P < 0.05$);热研 21 号柱花草 IVDMD 值显著低于另外两个品种($P < 0.05$);热研 21 号柱花草 MCP 含量显著低于热研 2 号柱花草,但与热研 20 号柱花草之间差异不显著。不同生育时期柱花草 a 值和 c 值无显著变化, b 值和 $a + b$ 值随生长发育时期呈现先升高后降低的趋势,其中初花期 b 值显著高于营养期和结实期,而初花期 $a + b$ 值则显著高于其它各时期;不同时期柱花草 IVDMD 值呈现下降趋势,营养期 IVDMD 值显著高于结实期; $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量以初花期最低,但不同时期柱花草 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量差异不显著;柱花草营养期 MCP 含量显著高于结实期,MCP 含量随生长发育时期呈现降低的趋势。交互作用结果显示,柱花草品种和时期之间均无交互作用。

3 讨论

3.1 品种和生育期对柱花草营养成分的影响

作为热带和亚热带地区常用的豆科牧草,3 个品种的柱花草平均 CP 含量都在 12% 以上,这与 Muanmba 等^[14] 研究结果相近,且与热带禾本科牧草相比,柱花草的 CP 含量明显高于常用的热带禾本科牧草如王草(*Pennisetum purpureum* × *P. typhoideum*)、坚尼草(*Panicum maximum*) 等,NDF 含量也显著低于禾本科牧草^[15],因而柱花草可以作为畜牧生产中的优质牧草。热研 2 号柱花草作为生产实践中经长期选择后的品种,CP 和 EE 含量显著高于另外热研 20 号和 21 号,ADF 含量显著低于热研 20 号柱花草,OM 含量显著高于热研 21 号柱花草,可以说在 3 个品种中营养价值最优,这也是热研 2 号柱花草长期应用于生产实践并被大量种植的首要原因。热研 20 号和 21 号柱花草作为新品种的优势主要在于其抗炭疽病的特性,在营养成分方面虽略低于热研 2 号柱花草,但其 RFV 值之间差异均不显著,也就保证其在生产中对动物的影响不会很大,此外 3 个品种柱花草的开花时间不尽相同,可以弥补单个品种在收获季节上的局限性。

柱花草 CP 含量随生育期呈现先升高后降低的趋势,初花期 CP 含量达到最高值,ADF、NDF 含量随生

表 1 品种和生育期对柱花草营养成分的影响
Table 1 Influence of varieties and growing periods on the nutrients of *Stylosanthes*

品种 Variety	生育期 Growing period	干物质 DM/%	粗蛋白 CP/%	粗脂肪 EE/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	中性洗涤纤维 NDF/%	有机物 OM/%	饲料相对值 RFV
热研 2 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 2	营养期 vegetative stage	32.46±0.50	14.18±0.17	3.50±0.17	32.52±0.72	49.93±2.49	94.58±0.09	118.62±5.86
	初花期 initial flowering stage	30.40±0.55	15.73±0.32	2.80±0.55	37.64±0.70	50.87±1.51	94.36±0.04	109.00±2.29
	盛花期 full flowering stage	26.59±0.43	15.11±0.15	3.37±0.19	40.55±0.16	53.44±2.98	94.14±0.09	99.96±5.33
	结实期 seeding stage	36.01±0.72	13.94±1.02	3.81±0.68	40.99±0.99	54.62±2.45	94.63±0.10	97.11±3.11
热研 20 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 20	营养期 vegetative stage	29.47±0.78	12.11±0.06	2.44±0.74	33.87±1.17	50.87±3.13	93.93±0.02	114.62±7.56
	初花期 initial flowering stage	29.90±0.93	13.19±0.20	2.54±0.15	39.31±1.35	48.12±3.55	94.34±0.17	113.06±8.35
	盛花期 full flowering stage	29.09±0.84	12.46±0.33	2.98±0.20	42.15±2.75	54.55±1.63	94.01±0.05	95.75±6.41
	结实期 seeding stage	37.28±0.55	11.23±1.08	3.41±0.14	45.51±1.98	64.02±2.18	95.06±0.14	77.78±4.89
热研 21 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 21	营养期 vegetative stage	29.88±0.28	13.03±0.90	1.86±0.17	27.74±1.99	48.96±2.64	93.19±0.32	128.03±5.82
	初花期 initial flowering stage	27.85±0.17	14.34±0.34	2.44±0.16	41.65±2.13	52.19±3.75	93.41±0.04	101.10±10.10
	盛花期 full flowering stage	27.58±0.40	12.80±0.28	2.19±0.08	39.87±1.72	55.18±4.93	93.84±0.13	97.96±7.79
	结实期 seeding stage	30.66±0.69	12.14±0.83	2.59±0.36	44.88±1.56	58.09±3.37	94.04±0.20	86.57±5.28
主效因子 Main effector								
品种 Variety	热研 2 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 2	31.37±3.59	14.74±0.88a	3.36±0.55a	37.92±3.58b	52.22±2.86	94.43±0.22a	106.17±9.56
	热研 20 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 20	31.44±3.60	12.25±0.89c	2.82±0.46b	40.21±4.75a	54.39±6.69	94.33±0.48a	100.30±16.71
	热研 21 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 21	28.99±1.42	13.08±1.00b	2.27±0.35c	38.53±6.96ab	53.61±4.78	93.62±0.39b	103.42±17.12
	营养期 vegetative stage	30.60±1.49	13.10±1.01b	2.60±0.82	31.38±3.04c	49.92±2.53c	93.90±0.63	120.42±8.18a
生育期 Growing period	初花期 initial flowering stage	29.38±1.29	14.42±1.13a	2.59±0.34	39.53±2.18b	50.39±3.24c	94.04±0.48	107.72±8.48b
	盛花期 full flowering stage	27.75±1.21	13.45±1.27ab	2.75±0.57	40.86±1.91b	54.39±3.09b	93.99±0.16	97.89±5.99c
	结实期 seeding stage	34.65±3.10	12.44±1.47b	3.27±0.70	43.79±2.52a	58.91±4.74a	94.58±0.46	87.15±9.26d
	品种 variety	N	**	**	**	N	**	N
P	生育期 growing period	N	**	N	**	**	N	**
	品种×生育期 varieties×growing period	N	N	N	*	*	N	*

注: 同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$); * 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$, "N" 表示 $P > 0.05$, 下同。

Note: In the same column, values with the same letter superscripts letters indicate no significant difference at the 0.05 level, whereas those with different small superscripts letters indicate significant difference at the 0.05 level. * * mean $P < 0.05$, ** mean $P < 0.01$, "N" mean $P > 0.05$, respectively. The same below.

表 2 品种和生育期对柱花草体外发酵参数及相关指标的影响
Table 2 The influence of varieties and growing periods on in vitro gas production parameters and related indexes of *Stylosanthes guianensis*

品种 Variety	生育期 Growing period	a/ mL	b/ mL	a+b/ mL	c/ mL · h ⁻¹	IVDMD/ %	NH ₃ -N/ mg · dL ⁻¹	MCP/ mg · mL ⁻¹
热研 2 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 2	营养期 vegetative stage	-0.15±4.77	27.99±6.56	27.84±1.79	0.04±0.02	72.61±3.24	49.46±6.77	1.80±0.45
	初花期 initial flowering stage	-2.23±0.75	36.97±2.44	34.73±1.69	0.04±0.00	67.18±0.67	38.03±0.97	1.40±1.10
	盛花期 full flowering stage	0.21±1.73	21.24±14.02	21.45±12.29	0.04±0.01	73.99±4.95	42.35±8.83	1.51±1.10
	结实期 seeding stage	-2.37±2.13	34.40±1.96	32.03±3.65	0.05±0.01	71.23±3.81	38.27±2.28	0.54±0.07
热研 20 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 20	营养期 vegetative stage	-2.50±2.10	34.71±1.76	32.21±2.12	0.05±0.00	73.82±5.21	42.64±2.37	1.30±0.55
	初花期 initial flowering stage	-0.63±1.70	36.73±1.84	36.09±3.39	0.04±0.01	72.61±5.16	34.13±0.08	0.90±0.38
	盛花期 full flowering stage	-0.98±1.37	34.31±2.08	33.33±2.93	0.05±0.00	70.29±4.09	36.96±2.47	1.21±0.12
	结实期 seeding stage	0.23±1.68	27.04±5.05	27.27±3.57	0.03±0.02	69.04±2.68	38.57±5.21	0.65±0.22
热研 21 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 21	营养期 vegetative stage	-2.41±2.96	26.14±17.07	23.74±14.13	0.05±0.01	70.58±2.12	44.03±0.22	0.87±0.22
	初花期 initial flowering stage	-3.58±0.93	40.48±3.14	36.90±2.87	0.05±0.00	71.20±6.25	39.02±4.01	0.81±0.07
	盛花期 full flowering stage	-4.17±0.20	36.68±0.71	32.51±0.51	0.04±0.00	65.79±2.52	41.11±5.04	0.82±0.26
	结实期 seeding stage	-1.77±1.96	24.96±5.70	23.20±7.06	0.07±0.03	61.70±3.59	48.55±7.71	0.67±0.06
主效因子 Main effector								
品种 Variety	热研 2 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 2	-1.14±1.73	29.68±1.45	28.82±3.18	0.04±0.01	71.79±1.62a	42.06±6.88	1.38±0.84a
	热研 20 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 20	-0.97±0.89	33.20±1.17	32.23±0.28	0.04±0.01	71.44±1.63a	38.58±4.29	1.05±0.40ab
	热研 21 号柱花草 <i>S. guianensis</i> cv. Reyan No. 21	-2.98±0.44	32.07±5.19	29.09±4.76	0.05±0.01	67.32±2.92b	43.10±5.95	0.79±0.16b
	营养期 vegetative stage	-1.69±3.21	29.61±9.98b	27.93±8.08b	0.05±0.01	72.34±3.54a	44.98±4.38	1.38±0.55a
生育期 growing period	初花期 initial flowering stage	-2.14±1.74	38.20±2.87a	36.06±2.62a	0.04±0.01	70.72±4.91ab	37.34±3.25	1.04±0.64ab
	盛花期 full flowering stage	-1.65±2.25	30.74±10.11ab	29.10±8.54b	0.04±0.01	70.02±4.95ab	40.54±5.97	1.18±0.62ab
	结实期 seeding stage	-1.31±2.05	28.80±5.82b	27.50±5.80b	0.05±0.02	67.32±5.23b	42.24±7.27	0.63±0.12b
	品种 variety	N	N	N	N	*	N	*
P	生育期 growing period	N	*	*	N	*	N	N
	品种 × 生育期 varieties × growing period	N	N	N	N	N	N	N

注: 表头 a, b, a+b 和 c 为体外发酵参数, IVDMD 和 MCP 分别为体外干物质消化率和微生物蛋白。
Note: a, b, a+b and c in head of form mean in vitro fermentation parameters. IVDMD and MCP indicate *in vitro* dry matter digestibility and microbial protein, respectively.

育期推进而不断升高,RFV值变化规律与纤维含量变化规律恰好相反,随着生育期推进不断降低。营养期到初花期CP含量升高的原因可能是,柱花草在此阶段叶片生长迅速,叶子的总面积增大使得光合作用加强,从而促进了氨基酸的合成^[16]。植物的营养物质主要集中在叶片,茎秆主要起到支撑的作用,随着生育期的延长,柱花草茎不断伸长,木质素和结构性碳水化合物含量不断增加,因而CP含量降低,纤维含量也不断增大^[17]。植物中ADF、NDF等纤维含量的升高,适口性的变差和家畜采食量、消化率的降低,动物机体对蛋白质、脂肪等营养成分的吸收利用也会因此产生影响^[18],因此柱花草在营养期和初花期之间收获才能保证给家畜提供优质的营养供给。研究白三叶(*Trifolium repens*)不同生育期营养成分及其绵羊瘤胃降解动态结果表明,不同生育期白三叶的NDF、ADF含量呈上升趋势,CP含量在开花期最高,成熟期最低^[19],该结果与本研究结果相似。

3.2 品种和生育期对柱花草体外发酵特征的影响

体外产气法是一种简便、经济、快速且可进行大量样品检测饲料营养价值的评定方法,自Menke等^[20]首次试验成功后,已经被广泛应用于饲料的营养价值评定^[21-22]。本研究中不同品种柱花草体外产气参数之间无显著差异,周汉林等^[23]应用体外产气法研究了10个品种柱花草的饲用价值,结果发现柱花草各品种产气特性较为相似,这与本研究结果一致。不同品种柱花草之间体外消化率和微生物蛋白产量情况略有差异,热研21号柱花草体外消化率显著低于2号和20号,MCP产量显著低于热研2号柱花草,但3个品种的氨氮含量差异不显著,瘤胃液NH₃-N水平反映了蛋白质在瘤胃内的降解特性及微生物对NH₃-N的利用情况^[24],本研究结果说明,3个品种柱花草分别产生了3种不同状态的瘤胃微生物菌群平衡,使得微生物对蛋白质的利用效率产生

差异,其中热研21号柱花草微生物蛋白合成效率最低,其次为热研20号和2号柱花草,而2号和20号之间差异不显著。

不同时期柱花草体外产气参数结果显示,初花期慢速发酵部分的产气量和潜在产气量为4个时期中最高,产气量主要取决于饲料底物发酵和挥发性脂肪酸的产量及其摩尔比例^[25],饲料底物发酵主要是碳水化合物的发酵^[26],其次是蛋白质和脂肪,而产气量的多少不仅仅由这3种营养成分的含量决定,也与营养成分的结构有很大关系^[27],初花期潜在产气量高说明该时期柱花草的碳水化合物、蛋白质和脂肪等养分含量和质量达到了一个最佳发酵组合。体外干物质降解率体现了饲料在发酵体系中被微生物的降解程度,不同时期柱花草体外消化率为营养期最高,结实期最低,且呈现下降趋势,纤维含量随生育期不断升高,纤维含量的升高是影响消化率的首要因素。NH₃-N是饲料中蛋白质降解和瘤胃微生物合成蛋白的中间产物,其含量受饲料中蛋白含量、微生物合成效率等多种影响,而微生物蛋白的合成量不仅受到NH₃-N含量的影响,也与饲料中有机物发酵产生的能量有关^[28],因而微生物蛋白含量随生育期的延长而不断降低的原因可能与其纤维含量的升高有关。

4 结论

柱花草CP含量较高,NDF、ADF含量较低,是家畜生产所需的优质牧草。虽然在营养成分方面热研2号柱花草CP、EE含量显著高于20号和21号,但3个品种的体外产气情况却较为接近,只有热研21号柱花草IVDMD和MCP含量较低。

营养成分中CP、ADF、NDF含量以及RFV值随生育期呈现较为明显的规律性,营养期柱花草的ADF、NDF含量低,RFV值、IVDMD和MCP含量高,推荐营养期为利用柱花草饲喂动物的最佳时期。

参考文献 References:

- [1] 丁西朋,张龙,罗小燕,严琳玲,刘国道,白昌军.柱花草DUS测试标准品种DNA指纹图谱构建.草业科学,2015,32(12):2047-2056.
Ding X P,Zhang L,Luo X Y,Yan L L,Liu G D,Bai C J.Construction of DNA fingerprinting of *Stylosanthes* standard cultivars for DUS testing.Pratacultural Science,2015,32(12):2047-2056.(in Chinese)
- [2] 白昌军,刘国道.柱花草良种繁育技术与管理.南京:江苏凤凰科学技术出版社,2014.
Bai C J,Liu G D.Technology and Management of Improved Variety Breeding for *Stylosanthes*.Nanjing:Phoenix Science Press.

- (in Chinese)
- [3] 白昌军,刘国道,陈志权,严琳玲,姚庆群.热研20号太空柱花草选育研究报告.热带作物学报,2011,32(1):33-41.
Bai C J, Liu G D, Chen Z Q, Yan L L, Yao Q Q. The selecting and breeding of *Stylosanthes guianensis* cv. Reyan No. 20 induced by space flight. Chinese Journal of Tropical Crops, 2011, 32(1): 33-41. (in Chinese)
- [4] 尹晓畅.柱花草品种(系)评价及部分性状与分子标记的关联分析.海口:海南大学硕士学位论文,2014.
Yin X C. Assessment and association analysis of part of traits with molecular markers in *Stylosanthes* varieties. Master Thesis. Haikou: Hainan University, 2014. (in Chinese)
- [5] 赵钢,陈嘉辉,余晓华,石秀兰.不同品种柱花草营养价值的动态变化.仲恺农业工程学院学报,2012,25(3):15-18.
Zhao G, Chen J H, Yu X H, Shi X L. Dynamic changes of nutrition values in different varieties of *Stylosanthes guianensis*. Journal of Zhongkai University of Agriculture and Engineering, 2012, 25(3): 15-18. (in Chinese)
- [6] 白昌军,刘国道.热研5号柱花草营养价值动态评价.热带农业科学,2002,22(2):11-16,23.
Bai C J, Liu G D. Dynamic evaluation of nutrition value of *Stylosanthes guianensis* cv. Reyan No. 5. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2002, 22(2): 11-16, 23. (in Chinese)
- [7] Zhao G Y, Lebzien P. Development of an *in vitro* incubation technique for the estimation of the utilizable crude protein (uCP) in feeds for cattle. Archives of Animal Nutrition, 2000, 53(3): 293-302.
- [8] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术.北京:中国农业大学出版社,2003:66-71.
Zhang L Y. Analysis and Quality Control Technologies of Feeds. Beijing: China Agricultural University Press, 2003: 66-71. (in Chinese)
- [9] 闫峻,王文杰,高玉鹏,潘振亮,穆淑琴.自动凯氏定氮仪快速测定青贮饲料中的氨态氮.粮食与饲料工业,2009(4):47-48.
Yan J, Wang W J, Gao Y P, Pan Z L, Mu S Q. Rapid determination of $\text{NH}_3\text{-N}$ in silage using auto-kjeldahl's apparatus. Cereal & Feed Industry, 2009(4): 47-48. (in Chinese)
- [10] Cotta M A, Rusell J R. Effect peptide and amino acids on efficiency of rumen bacterial synthesis in continuous culture. Journal of Dairy Science, 1982, 65: 226-234.
- [11] Broderick G A, Craig W M. Metabolism of peptides and amino acids during *in vitro* protein degradation by mixed rumen organisms. Journal of Dairy Science, 1989, 72: 2540-2548.
- [12] Rohweder D A, Barnes R F, Jorgensen N. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. Journal of Animal Science, 1978, 47: 747-759.
- [13] Ørskov E R, Mc Donald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science, 1979, 92(2): 499-503.
- [14] Muamba I T, Ignatius V N, Mangeye H K, Hornick J L. Nutritive value of *Adenodolichos rhomboideus* leaves compared with *Leucaena leucocephala* and *Stylosanthes guianensis* forages in indigenous goats in Lubumbashi (DR Congo). Biotechnology Agronomy Society & Environment, 2014, 18(2): 165-173.
- [15] 李茂,字学娟,侯冠斌,周汉林.体外产气法评价5种热带禾本科牧草营养价值.草地学报,2013,21(5):1028-1032.
Li M, Zi X J, Hou G Y, Zhou H L. Nutritional evaluation of five gramineous forages. Acta Agrestia Sinica, 2013, 21(5): 1028-1032. (in Chinese)
- [16] 余苗,钟荣珍,周道玮,高凤仙.不同生育期虎尾草的体外发酵产气特性.草业科学,2014,31(5):956-964.
Yu M, Zhong R Z, Zhou D W, Gao F X. Research on *in vitro* fermentation characteristics of *Chloris virgata* at different growth stages. Pratacultural Science, 2014, 31(5): 956-964. (in Chinese)
- [17] 张桂杰,王红梅,罗海玲,张英俊,王海,朱虹,孟慧.应用体外产气与体外消化法评定不同生育期豆科牧草营养价值.动物营养学报,2011,23(3):387-394.
Zhang G J, Wang H M, Luo H L, Zhang Y J, Wang H, Zhu H, Meng H. Evaluation of nutritional values of leguminous forages in different growing periods by *in vitro* gas production and *in vitro* digestion techniques. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2011, 23(3): 387-394. (in Chinese)
- [18] 李建臻,徐刚,杨苗,曹雨辰,刘昌林,刘水,杜龙基.微贮稻秸营养价值及饲喂肉羊效果研究.中国草食动物科学,2016,36(1):61-63.

- [19] 刘太宇,李梦云,聂芙蓉,郭孝,王付省.白三叶不同生育期营养成分及其绵羊瘤胃降解动态研究.西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(6):34-38.
Liu T Y, Li M Y, Nie F R, Guo X, Wang F S. Nutrient components and rumen degradability dynamics of white clover at different growth stages. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 2009, 37(6): 34-38. (in Chinese)
- [20] Menke K H, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. Journal of Agricultural Science, 1979, 93(1): 217-222.
- [21] Mauricio R M, Mould F L, Dhanoa M S, Owen E, Channa K S, Theodorou M K. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feed stuff evaluation. Animal Feed Science & Technology, 1999, 79(4): 321-330.
- [22] Vázquez-Armijo J F, Martínez-Tinajero J J, López D, Salem A F Z M, Rojo R. *In vitro* gas production and dry matter degradability of diets consumed by goats with or without copper and zinc supplementation. Biological Trace Element Research, 2011, 144(1-3): 580-587.
- [23] 周汉林,李茂,白昌军,字学娟,徐铁山.应用体外产气法研究柱花草的饲用价值.热带作物学报,2010,31(10):1696-1701.
Zhou H L, Li M, Bai C J, Zi X J, Xu T S. Study on feeding value of *Stylosanthes* spp. by *in vitro* gas production method. Chinese Journal of Tropical Crops, 2010, 31(10): 1696-1701. (in Chinese)
- [24] 王洪荣,秦韬,王超.青蒿素对山羊瘤胃发酵和微生物氮素微循环的影响.中国农业科学,2014,47(24):4904-4914.
Wang H R, Qin T, Wang C. Effects of artemisinin on the rumen fermentation and microbial nitrogen recycling rate in goats. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(24): 4904-4914. (in Chinese)
- [25] Davies Z S, Mason D, Brooks A E, Griffith G W, Merry R J, Theodorou M K. An automated system for measuring gas production from forages inoculated with rumen fluid and its use in determining the effect of enzymes on grass silage. Animal Feed Science & Technology, 2000, 83(3): 205-221.
- [26] 王芳,徐元君,牛俊丽,赵勐,张养东,张开展,卜登攀.体外产气法评价反刍动物饲料营养价值的研究.中国畜牧兽医,2016,43(1):76-83.
Wang F, Xu Y J, Niu J L, Zhao M, Zhang Y D, Zhang K Z, Bu D P. Nutrient value evaluation of different type feeds by *in vitro* gas production method. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2016, 43(1): 76-83. (in Chinese)
- [27] Zhang S J, Chaudhry A S, Ramdani D, Osman A, Guo X F, Edwards G R, Cheng L. Chemical composition and *in vitro* fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China. Journal of Integrative Agriculture, 2016, 15(1): 175-182.
- [28] 张吉鹏,李龙瑞,吴文旋,邹庆华.稻草补饲苜蓿对山羊瘤胃发酵的组合效应.草业科学,2014,31(2):313-320.
Zhang J K, Li L R, Wu W X, Zou Q H. Research progress on the application of *in vitro* gas production technology on animal nutrition. Pratacultural Science, 2014, 31(2): 313-320. (in Chinese)

(责任编辑 张瑾)

本刊如有印装质量问题,请将原杂志寄回编辑部,由本部负责调换。