

# 体外产气法和尼龙袋法评价 5 种全株玉米青贮的饲用价值

张元庆 靳光 王栋才 李博 徐芳 程景 张丹丹

(山西省农业科学院畜牧兽医研究所,太原 030032)

**摘要:** 本试验旨在通过体外产气法和尼龙袋法对 5 种全株玉米青贮的饲用价值进行评价。选取 5 种全株玉米青贮(分别由大丰 26 号、晋单 65 号、登海 679 号、潞研 10 号、屯玉 168 号青贮玉米制作),测定其常规营养成分含量;体外产气法测定不同发酵时间的产气量,计算产气参数;尼龙袋法测定不同时间的干物质(DM)降解率,计算降解参数。结果显示:晋单 65 号的酸性洗涤纤维(ADF)含量最低,5 种全株玉米青贮的粗蛋白质(CP)含量保持在 5.46%~7.27%。晋单 65 号、登海 679 号、屯玉 168 号的粗脂肪(EE)含量显著高于大丰 26 号、潞研 10 号( $P<0.05$ )。晋单 65 号的 72 h 产气量最高,为 86.70 mL,且其产气速度显著高于登海 679 号和屯玉 168 号( $P<0.05$ ),发酵 72 h 的 DM 降解率显著高于其他 4 个品种( $P<0.05$ )。综上,由晋单 65 号青贮玉米制作的全株玉米青贮营养成分含量较高,且更容易发酵,易于消化。

**关键词:** 体外产气法;尼龙袋法;全株玉米青贮;饲用价值

**中图分类号:** S816

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2019)12-5682-06

玉米是畜牧生产中被广泛利用的一种饲料,提高玉米的利用率是当前饲料研究的重要部分。青贮是提高玉米秸秆利用率的一个重要手段。国家粮改饲政策的实施,大力发展全株玉米青贮,推广规模化养殖,为玉米饲料的利用研究提供了一个方向。

体外产气法和尼龙袋法是 2 种评定全株玉米青贮饲用价值的方法<sup>[1]</sup>。体外产气法通过模拟瘤胃的发酵环境,比较各种饲料在体外瘤胃液的消化作用下所产生气体[二氧化碳( $\text{CO}_2$ )和甲烷( $\text{CH}_4$ )]以及体外干物质(DM)降解率的差异,此方法操作步骤简便,可同时测定大量样本。饲料中可发酵的有机物含量越多,产气量越高。但是产气量不能直接衡量不同饲料降解程度,还需结合 DM、中性洗涤纤维(NDF)等的降解率来评价<sup>[2]</sup>。尼龙袋法是评价饲料在瘤胃中降解效率的

一种方法,通过比较饲料在反刍动物瘤胃内的降解速度和程度,来评价饲料的营养价值。此种方法所需样本量少,减少人力物力,且测定结果准确<sup>[3]</sup>,但是对大量样本进行评价时,会受到时间及动物数量的限制。体外产气法结合尼龙袋法可以测定饲料的降解程度,对其饲养价值进行合理评价。本试验采用体外产气法和尼龙袋法对 5 种山西朔州地区高产青贮玉米制作的全株玉米青贮的饲用价值进行评价,以期在全株玉米青贮的推广利用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

2017 年 9 月 7 日选择 5 种产量高的青贮玉米(大丰 26 号、晋单 65 号、登海 679 号、潞研 10 号、屯玉 168 号),切短至 2 cm,制作桶装全株玉米青

收稿日期:2019-06-18

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201503134);农牧交错带牛羊牧繁农育关键技术集成示范项目(16190050);国家重点研发计划(2018YFD0501703);牛高产低排营养调控山西省科技创新培育团队建设(201605D131043);山西省现代农业产业技术体系(2017-05)  
作者简介:张元庆(1979—),女,山西平遥人,研究员,博士,研究方向为反刍动物营养与饲料科学。E-mail: yuanqing\_zhang@163.com

贮。2 个月后开桶,按照四分法取样,65 ℃烘干后粉碎,过 40 目筛,制成试样。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 体外产气试验

人工瘤胃缓冲溶液的配制<sup>[4]</sup>:蒸馏水 400 mL+微量元素溶液 A 液 0.1 mL+缓冲溶液 B 液 200 mL+常量元素溶液 C 液 200 mL+刃天青 1 mL+还原剂溶液 40 mL。还原剂在混合过滤瘤胃液之前配制添加即可。加入刃天青溶液后混合液变为红色,通入无氧 CO<sub>2</sub> 并预热至 39 ℃,混合溶液颜色变淡或无色。

人工瘤胃培养液的配制:将采集的晋南阉牛瘤胃液过滤后与人工瘤胃缓冲溶液按照 1:2 的比例混合制成人工瘤胃培养液,同时通无氧 CO<sub>2</sub> 直至溶液退为无色。

称取试样 0.22 g 送至培养管的前端,以空白管作为对照,加入 30 mL 人工瘤胃培养液后,在水浴恒温振荡器中反应,记录不同时间的产气量(0、1、2、3、4、6、8、10、12、16、20、24、28、32、36、40、48、54、60、72 h)。体外发酵 72 h 后,将培养管中发酵液排至 50 mL 离心管中,离心(4 ℃,5 400 r/min 离心 15 min),取上清液,测定 pH 后-80 ℃冷藏测定氨态氮含量。

### 1.2.2 尼龙袋试验

称取 2 g(精确到 0.000 1 g)左右试样装入尼龙袋(12 cm×6 cm,50 μm 孔径)中,每个样品每个时间点设置 3 个重复,然后放入装有永久性瘤胃瘻管的晋南阉牛的瘤胃中,依次在发酵时间为 4、8、16、24、36、48、72 h 将尼龙袋取出,冰水冷却终止反应,用自来水冲洗尼龙袋直至水澄清,然后于 65 ℃烘箱中烘干至恒重,取样品残渣测定 DM 含量,计算 DM 降解率。

## 1.3 常规营养成分含量测定

采用 GB/T 6435—2006<sup>[5]</sup> 中方法测定试样的水分含量后计算 DM 含量,分别采用 GB/T 6432—2018<sup>[6]</sup>、GB/T 6433—2006<sup>[7]</sup>、GB/T 20806—2006<sup>[8]</sup>、NY/T 1459—2007<sup>[9]</sup>、GB/T 6438—2007<sup>[10]</sup> 中方法测定试样的粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、NDF、酸性洗涤纤维(ADF)、粗灰分(Ash)含量。

## 1.4 参数模拟

采用体外发酵模型计算产气参数,计算公式<sup>[11]</sup>如下:

$$GP = b[1 - e^{-c(t-Lag)}]$$

式中:GP 为  $t$  时间点的 0.2 g 底物的产气量(mL); $b$  为 0.2 g 底物的理论最大产气量(mL); $c$  为产气速度( $h^{-1}$ ); $t$  为体外培养时间(h);Lag 为产气延滞时间(h)。

DM 降解率和降解参数的计算公式<sup>[12]</sup>如下:

$$P(t) = a + b \times (1 - e^{-ct});$$

$$ED = a + (b \times c) / (c + k).$$

式中: $P(t)$  为  $t$  时间点 DM 降解率(%); $a$  为快速降解部分(%); $b$  为慢速降部分(%); $t$  为饲料在瘤胃中留滞时间(h); $c$  为慢速降解部分的降解速率(%/h);ED 为 DM 有效降解率(%); $k$  为待测饲料的瘤胃流通速率(%/h), $k = 0.0253 h^{-1}$ <sup>[13]</sup>。

## 1.5 数据处理与分析

试验数据用 Excel 2016 进行整理,SPSS 21.0 进行单因素方差分析,Duncan 氏法进行多重比较。 $P < 0.05$  表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 5 种全株玉米青贮的常规营养成分含量

5 种全株玉米青贮的常规营养成分含量见表 1。5 种全株玉米青贮的 DM 含量在 91.99%~93.54%,登海 679 号的 DM 含量显著高于其他品种( $P < 0.05$ ),其余由高到底依次为晋单 65 号、大丰 26 号、屯玉 168 号、潞研 10 号。潞研 10 号的 NDF、ADF 含量最高,晋单 65 号的 NDF、ADF 含量最低。5 种全株玉米青贮的 CP 含量在 5.46%~7.27%,大丰 26 号的 CP 含量显著高于晋单 65 和登海 679( $P < 0.05$ )。晋单 65 号、登海 679 号、屯玉 168 号的 EE 含量分别为 5.46%、5.29%、5.56%,显著高于大丰 26 号、潞研 10 号(分别为 4.78%和 4.52%)( $P < 0.05$ )。

### 2.2 体外产气法测定的 5 种全株玉米青贮的产气量和产气参数

图 1 为 5 种全株玉米青贮的体外发酵动态产气曲线,可以发现发酵过程主要分为 2 个阶段,前期的产气速度较快,后期速度减慢直至达到平台期。从 0~24 h 产气量上升很快,24~54 h 产气速率降低,54~72 h 产气量基本趋于平缓。在 72 h 内 5 种全株玉米青贮的产气量呈递增的趋势。发酵时间为 1~6 h 时,屯玉 168 号的产气量最高,大丰 26 号的产气量居第 2。发酵时间达到 6 h 之后,

晋单 65 号的产气量最高,大丰 26 号的产气量在 5 种全株玉米青贮中最低。

表 1 5 种全株玉米青贮的常规营养成分含量(风干基础)

Table 1 Common nutrient component contents of 5 kinds of whole plant corn silage (air-dry basis) %

项目 Items	大丰 26 号 <i>Dafeng</i> 26	晋单 65 号 <i>Jindan</i> 65	登海 679 号 <i>Denghai</i> 679	潞研 10 号 <i>Luyan</i> 10	屯玉 168 号 <i>Tunyu</i> 168
干物质 DM	92.64±0.07 <sup>bc</sup>	92.96±0.06 <sup>b</sup>	93.54±0.04 <sup>a</sup>	91.99±0.21 <sup>d</sup>	92.33±0.17 <sup>c</sup>
中性洗涤纤维 NDF	31.86±1.77 <sup>ab</sup>	21.89±2.09 <sup>c</sup>	29.52±0.45 <sup>b</sup>	37.12±2.34 <sup>a</sup>	33.27±4.77 <sup>ab</sup>
酸性洗涤纤维 ADF	14.96±0.41 <sup>a</sup>	9.33±1.02 <sup>b</sup>	13.61±0.45 <sup>a</sup>	17.51±2.52 <sup>a</sup>	16.03±1.81 <sup>a</sup>
粗蛋白质 CP	7.27±0.01 <sup>a</sup>	6.67±0.27 <sup>b</sup>	5.46±0.06 <sup>c</sup>	6.97±0.03 <sup>ab</sup>	6.94±0.21 <sup>ab</sup>
粗脂肪 EE	4.78±0.11 <sup>b</sup>	5.46±0.05 <sup>a</sup>	5.29±0.03 <sup>a</sup>	4.52±0.42 <sup>b</sup>	5.56±0.03 <sup>a</sup>
粗灰分 Ash	3.52±0.04 <sup>b</sup>	2.69±0.00 <sup>c</sup>	2.99±0.00 <sup>d</sup>	3.32±0.03 <sup>c</sup>	3.74±0.05 <sup>a</sup>

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ),相同或无字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ). The same as below.

—◆— 登海679号 *Denghai* 679    —■— 晋单65号 *Jindan* 65  
—▲— 潞研10号 *Luyan* 10    —×— 大丰26号 *Dafeng* 26  
—\*— 屯玉168号 *Tunyu* 168

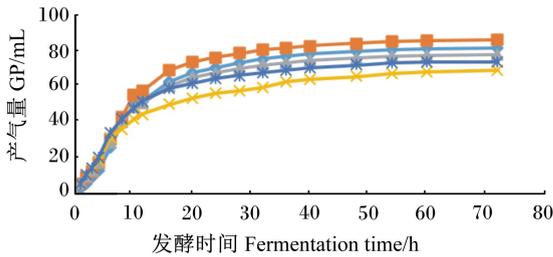


图 1 5 种全株玉米青贮的体外发酵动态产气量

Fig.1 Dynamic gas production of 5 kinds of whole plant corn silage after *in vitro* fermentation

含量最高,显著高于大丰 26 号、晋单 65 号、登海 679 号 ( $P<0.05$ )。5 种全株玉米青贮的体外发酵液 pH 在 6.64~7.19。晋单 65 号的 72 h 产气量最高(86.70 mL),随后由高到低依次为登海 679 号、潞研 10 号、屯玉 168 号、大丰 26 号,72 h 产气量分别为 82.33、78.38、74.57 和 69.95 mL。通过体外发酵模型预测的理论最大产气量略小于实际产气量,但差值不大。晋单 65 号的理论最大产气量显著高于其他 4 个品种 ( $P<0.05$ )。晋单 65 号的产气速度显著高于登海 679 号和屯玉 168 号 ( $P<0.05$ ),与大丰 26 号和潞研 10 号差异不显著 ( $P>0.05$ )。登海 679 号的产气延滞时间最长,屯玉 168 号的产气延滞时间最短,各品种间差异显著 ( $P<0.05$ )。

由表 2 可知,潞研 10 号 72 h 发酵液的氨态氮

表 2 5 种全株玉米青贮的体外 72 h 产气量和产气参数

Table 2 *In vitro* 72 h gas production and gas production parameters of 5 kinds of whole plant corn silage

项目 Items	大丰 26 号 <i>Dafeng</i> 26	晋单 65 号 <i>Jindan</i> 65	登海 679 号 <i>Denghai</i> 679	潞研 10 号 <i>Luyan</i> 10	屯玉 168 号 <i>Tunyu</i> 168
氨态氮 $\text{NH}_3\text{-N}/(\text{mg}/\text{dL})$	12.40±0.60 <sup>cd</sup>	12.89±0.60 <sup>bc</sup>	10.81±0.33 <sup>d</sup>	16.24±1.94 <sup>a</sup>	14.63±0.37 <sup>ab</sup>
pH	6.73±0.07 <sup>c</sup>	7.08±0.01 <sup>b</sup>	7.11±0.05 <sup>ab</sup>	7.19±0.11 <sup>a</sup>	6.64±0.05 <sup>c</sup>
72 h 产气量 72 h GP/mL	72.23±3.30 <sup>d</sup>	86.70±1.23 <sup>a</sup>	82.33±0.62 <sup>b</sup>	78.38±2.70 <sup>c</sup>	74.57±0.68 <sup>d</sup>
理论最大产气量 Theoretical maximum gas production/mL	70.33±2.39 <sup>c</sup>	86.07±1.07 <sup>a</sup>	81.56±0.75 <sup>b</sup>	77.59±2.72 <sup>c</sup>	73.95±0.92 <sup>d</sup>
产气速度 Gas production rate/ $\text{h}^{-1}$	0.098±0.007 <sup>ab</sup>	0.101±0.002 <sup>a</sup>	0.095±0.001 <sup>b</sup>	0.096±0.002 <sup>ab</sup>	0.089±0.002 <sup>c</sup>
产气延滞时间 Lag time of gas production/h	0.486±0.051 <sup>d</sup>	0.963±0.025 <sup>b</sup>	1.246±0.032 <sup>a</sup>	0.617±0.037 <sup>c</sup>	0.066±0.009 <sup>c</sup>

### 2.3 尼龙袋法测定的 5 种全株玉米青贮的 DM 降解率及降解参数

由表 3 可知,是尼龙袋法测定 5 种全株玉米青贮的不同时间体内 DM 降解率,随着发酵时间递增,5 种全株玉米青贮的 DM 降解率递增。发酵时间为 4 h 时,晋单 65 号的 DM 降解率最高,且在整

个发酵阶段,晋单 65 号的 DM 降解率一直处于最高,当发酵时间达到 72 h 时,晋单 65 号的 DM 降解率(76.01%)显著高于其他 4 个品种( $P<0.05$ )。根据模型计算降解参数,发现晋单 65 的 DM 快速降解部分、慢速降解部分、慢速降解部分的降解速率和有效降解率最高。

表 3 5 种全株玉米青贮的 DM 降解率及降解参数

Table 3 DM degradation rate and degradation parameters of 5 kinds of whole plant corn silage

项目 Items	大丰 26 号 <i>Dafeng</i> 26	晋单 65 号 <i>Jindan</i> 65	登海 679 号 <i>Denghai</i> 679	潞研 10 号 <i>Luyan</i> 10	屯玉 168 号 <i>Tunyu</i> 168
DM 降解率 DM degradation rate/%					
4 h	14.40±0.82 <sup>b</sup>	19.05±0.98 <sup>a</sup>	12.83±2.04 <sup>b</sup>	12.79±3.44 <sup>b</sup>	16.42±1.45 <sup>ab</sup>
8 h	21.88±0.57 <sup>c</sup>	38.66±1.30 <sup>a</sup>	15.57±1.50 <sup>d</sup>	16.51±1.36 <sup>d</sup>	28.25±2.07 <sup>b</sup>
16 h	36.01±2.77 <sup>b</sup>	41.97±1.62 <sup>a</sup>	25.27±1.34 <sup>d</sup>	26.04±2.69 <sup>d</sup>	30.88±1.36 <sup>c</sup>
24 h	39.81±1.06 <sup>b</sup>	50.79±1.81 <sup>a</sup>	28.47±2.19 <sup>c</sup>	28.38±6.41 <sup>c</sup>	32.67±1.38 <sup>c</sup>
36 h	41.54±0.63 <sup>b</sup>	52.04±2.28 <sup>a</sup>	41.54±2.21 <sup>b</sup>	37.06±1.94 <sup>c</sup>	40.03±1.85 <sup>bc</sup>
48 h	51.96±2.37 <sup>b</sup>	61.19±2.51 <sup>a</sup>	46.18±1.10 <sup>c</sup>	45.25±1.95 <sup>c</sup>	51.65±4.20 <sup>b</sup>
72 h	62.34±3.75 <sup>c</sup>	76.66±2.82 <sup>a</sup>	68.04±0.76 <sup>b</sup>	62.04±1.68 <sup>c</sup>	61.88±1.94 <sup>c</sup>
DM 降解参数 DM degradation parameters					
快速降解部分 Rapidly degraded fraction/%	18.65	23.48	16.59	15.92	18.23
慢速降解部分 Slowly degraded fraction/%	19.63	25.14	17.39	16.66	19.17
慢速降解部分的降解速率 Regradation rate of slowly degraded fraction/(%/h)	8.86	18.88	5.01	5.00	12.78
有效降解率 ED/%	38.33	48.66	34.07	32.67	37.44

## 3 讨论

### 3.1 5 种全株玉米青贮的常规营养成分含量

全株玉米青贮的常规营养成分含量是决定其饲喂价值的关键因子之一。DM 含量是衡量青贮品质的重要指标,也关系到全株玉米青贮在奶牛饲料中的添加比例<sup>[14]</sup>。5 种全株玉米青贮的 DM 含量在 91.99%~93.54%,大小依次为登海 679 号、晋单 65 号、大丰 26 号、屯玉 168 号、潞研 10 号。淀粉和 NDF 是瘤胃内产生挥发性脂肪酸(VFA)的主要底物,而 VFA 可以为动物提供 70%~80% 的能量,结构性碳水化合物含量高的饲料是反刍动物的主要能量来源<sup>[3]</sup>。本试验中不同品种全株玉米青贮的 NDF(21.89%~37.12%)、ADF(9.33%~17.51%)含量与刘月等<sup>[14]</sup>测定结果(ADF 含量均高于 20%)略有差异。不同品种全

株玉米青贮的 NDF、ADF 含量有差异,与 Sewanson 等<sup>[15]</sup>和 Terler 等<sup>[16]</sup>研究结果相同。有研究表明,CP 含量高、ADF 含量低的全株玉米青贮是肉牛粗饲料的理想来源<sup>[17]</sup>。CP 的可降解部分可为瘤胃微生物的繁殖提供足够的氮源,剩余不可发酵的部分在小肠中被消化、吸收利用。5 种全株玉米青贮的 CP 含量在 5.46%~7.27%,低于刘月等<sup>[14]</sup>的测定结果(8.26%~9.24%),可能是因为品种差异,也有可能是因为采样时植株所处的生长期不同。

### 3.2 体外产气法测定 5 种全株玉米青贮的消化性能

体外产气法是目前常用来评价反刍动物饲料饲用价值的技术之一<sup>[18]</sup>。通过研究饲料不同发酵时间的产气量来分析饲料的消化性能。5 种全株玉米青贮的产气量随着发酵时间的延长均呈递增

的趋势,在24 h之前迅速增加,在24~48 h增速放缓,在48~72 h时变化较小。由此可知,不同的发酵时间会对全株玉米青贮的发酵特性产生影响。5种全株玉米青贮的72 h产气量均保持在72.23~86.70 mL,各个时间点晋单65号的产气量均为最高。发酵时间达72 h时,晋单65号的产气量达到最高(86.70 mL),说明晋单65号含有较高的可发酵碳水化合物和易发酵成分。李袁飞等<sup>[19]</sup>研究表明,NDF/CP会影响发酵停滞期和发酵速度,NDF为不易发酵成分,CP为易发酵成分,当NDF/CP过高时,发酵速度较慢。本试验中大丰26号、晋单65号、登海679号、潞研10号、屯玉68号NDF/CP分别为4.38、3.28、5.41、5.33、4.79,以晋单65号NDF/CP最低,产气速度最快,同李袁飞等<sup>[19]</sup>研究结果相同。潞研10号体外发酵72 h后发酵液的氨态氮含量最高,可能是潞研10号的蛋白质代谢较多,也可能与潞研10号CP含量高有关。一般适合微生物生长的pH在6.6~7.0<sup>[20]</sup>,本试验中,5种全株玉米青贮体外发酵72 h的发酵液pH均处于6.64~7.19,可能是发酵时间72 h已达到发酵的最长时间,各种代谢物积累较多,致pH略高。

### 3.3 尼龙袋法测定5种全株玉米青贮的消化性能

瘤胃DM降解率的高低会受到反刍动物干物质采食量(DMI)的影响,当DMI高时,相应的DM降解率也会增加,促进动物生长,提高生产性能。本试验采用的原位尼龙袋法减少了因品种差异造成的饲料在瘤胃中滞留时间的不同,通过尼龙袋法测定的5种全株玉米青贮的体内DM降解率,5种全株玉米青贮的DM降解率随着滞留时间的延长呈递增趋势,说明饲料在瘤胃中的滞留时间越长其DM降解率会越高,可以在生产中考虑改进饲料工艺提高饲料在瘤胃中的滞留时间来提高全株玉米青贮的消化率。晋单65号的DM降解率一直处于最高,表明晋单65号相较于其他4个品种来说更容易消化。登海679号在前期DM降解率较低,随着时间的增长,DM降解率逐渐增加,在72 h时于5个品种中居第2位,可能与登海679号的营养成分组成有关,其CP、NDF和ADF含量相对较低,所以在前期降解较慢,后期降解程度逐渐增加。晋单65号的体外产气法测定的产气速度与尼龙袋法测定的DM降解率均为最高,说明晋单65号的可消化营养成分含量较高。

## 4 结论

晋单65号的常规营养成分中CP、EE含量适宜,72 h最大产气量也为最高,且通过尼龙袋法测定的72 h体内DM降解率最高,说明晋单65号可消化营养成分含量高,容易发酵,易于消化。

## 参考文献:

- [1] 毛建红,富丽霞,周艳,等.体外法与半体内法评价不同酶菌制剂处理后玉米秸秆主要成分降解率的比较试验[J].饲料工业,2017,38(24):40-46.
- [2] 涂远璐,汤海江,樊磊,等.体外产气法评价菊花粕、葡萄籽粕、杏鲍菇菌渣、豆腐渣的饲用价值[J].动物营养学报,2019,31(3):1376-1384.
- [3] 张微,莫放.原位尼龙袋技术在评价饲料营养价值中的应用与建议方案[J].动物营养学报,2019,31(1):1-14.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 6435—2006 饲料中水分和其他挥发性物质含量的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [5] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.GB/T 6432—2018 饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 6433—2006 饲料中粗脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 20806—2006 饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [8] 中华人民共和国农业部.NY/T 1459—2007 饲料中酸性洗涤纤维的测定[S].北京:农业出版社,2008.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 6438—2007 饲料中粗灰分的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [10] 慕平,张恩和,方永丰,等.体外产气法对3种玉米秸秆饲用价值评价研究初探[J].草地学报,2011,19(6):983-987.
- [11] 周玲,王波,谢龙,等.体外产气法评定6种草料的营养价值[J].饲料工业,2017,38(5):21-24.
- [12] 达勒措.尼龙袋法与体外产气法评定饲料养分降解率的研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2017.
- [13] 马君军.吉林省肉牛4种饲料养分浓度、瘤胃降解和体外发酵特性及其相关性研究[D].硕士学位论文.

- 兰州:甘肃农业大学,2018.
- [14] 刘月,周振明,王国良,等.不同玉米品种全株青贮品质及营养价值的比较分析[J].中国畜牧兽医,2018,45(11):3043-3050.
- [15] SEWANSON K C, CARLSON Z E, RUCH M C, et al. Influence of forage source and forage inclusion level on growth performance, feeding behavior, and carcass characteristics in finishing steers[J]. Journal of Animal Science, 2017, 95(3):1325-1334.
- [16] TERLER G, GRUBER L, KNUS W F. Effect of variety and harvest date on nutritive value and ruminal degradability of ensiled maize ears[J]. Archives of Animal Nutrition, 2017, 71(5):333-346.
- [17] 魏晨,刘桂芬,游伟,等.6种反刍动物常用粗饲料在肉牛瘤胃中的降解规律比较[J].动物营养学报,2019,31(4):1666-1675.
- [18] 郝建祥.体外发酵法评定反刍动物饲料营养价值研究[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2011.
- [19] 李袁飞,郝建祥,马艳艳,等.体外瘤胃发酵法评定不同类型饲料的营养价值[J].动物营养学报,2013,25(10):2403-2413.
- [20] 李文娟,王世琴,姜成钢,等.体外法评定南方4种经济作物副产品及3种暖季型牧草的营养价值研究[J].畜牧与兽医,2017,49(4):33-39.

## Evaluation on Feeding Values of 5 Kinds of Whole Plant Corn Silage by *in Vitro* Gas Production and Nylon Bag Methods

ZHANG Yuanqing JIN Guang WANG Dongcai LI Bo XU Fang CHENG Jing ZHANG Dandan  
(Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan 030032, China)

**Abstract:** In this experiment, the feeding values of 5 kinds of whole plant corn silage were evaluated by *in vitro* gas production and nylon bag methods. Five kinds of whole plant corn silage made from *Dafeng* 26, *Jindan* 65, *Denghai* 679, *Luyan* 10 and *Tunyu* 168 silage corn, respectively, were collected to measure the common nutrient component contents. The gas production at different fermentation time was measured by *in vitro* gas production method, and the gas production parameters were calculated. The dry matter degradation rate was measured by nylon bag method, and the degradation parameters were calculated. The results showed as follows: the acid detergent fiber content of *Jindan* 65 was the lowest, and the range of crude protein content of 5 kinds of whole plant corn silage was 5.46% to 7.27%. The ether extract content of *Jindan* 65, *Denghai* 679, *Tunyu* 168 was significantly higher than that of *Dafeng* 26 and *Luyan* 10 ( $P < 0.05$ ). *Jindan* 65 had the highest 72 h gas production of 86.70 mL, and the gas production rate of *Jindan* 65 was significantly higher than that of *Denghai* 679 and *Tunyu* 168 ( $P < 0.05$ ). The dry matter degradation rate after 72 h fermentation of *Jindan* 65 was significantly higher than that of other 4 varieties ( $P < 0.05$ ). In conclusion, whole plant corn silage made of *Jindan* 65 silage corn has higher nutrient component contents and is easier to be fermented and digested. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(12):5682-5687]

**Key words:** *in vitro* gas production method; nylon bag method; whole plant corn silage; feeding value