

高油 647 玉米秸秆营养价值随籽粒成熟期的变化规律

闫贵龙^{1,3} 陈绍江² 孟庆翔¹

(1. 中国农业大学 动物科学技术学院,北京 100094; 2. 中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100094;
3. 河北北方学院,河北 张家口 075000)

摘要 以普通玉米品种 CAU80 和饲料专用玉米品种 FC3 为对照,以高油玉米品种 HOC647 为材料,进行化学成分分析和牛的体外消化试验,研究了 HOC647 玉米秸秆的主要营养成分含量、干物质和纤维组分消化率随籽粒成熟期的变化规律。结果表明,随籽粒成熟度的提高,HOC 647 秸秆的水溶性糖、淀粉、粗脂肪含量以及干物质、NDF 消化率都呈线性提高(L; $P < 0.01$):在 1/2 乳线期时分别为 0.82%、1.68%、1.33%、54.07%和 75.79%,3/4 乳线期时分别为 2.93%、2.12%、1.88%、57.11%和 46.36%,4/4 乳线期时分别为 19.21%、5.53%、2.71%、66.78%和 48.38%;而 NDF、ADF 和木质素含量则呈线性下降(L; $P < 0.01$):1/2 乳线期时分别为 75.79%、50.12%和 8.06%,3/4 乳线期时分别为 74.50%、47.14%和 7.77%,4/4 乳线期时分别为 58.72%、34.60%和 4.64%。可见,HOC647 秸秆作为粗饲料在 4/4 乳线期收获,其营养价值高于 1/2 和 3/4 乳线期。在 4/4 乳线期收获的 HOC647 玉米秸秆,其水溶性糖、淀粉和粗脂肪含量极显著高于普通玉米 CAU80 秸秆($P < 0.01$),也显著高于 3/4 乳线期收获的饲料专用玉米 FC3 秸秆($P < 0.05$);相反,其 NDF、ADF 和木质素等细胞壁成分却明显低于 2 个对照($P < 0.01$)。HOC647 秸秆的干物质、NDF 消化率以及产气量均极显著高于对照 CAU80 和 FC3 秸秆($P < 0.01$)。试验结果显示,籽粒成熟后期的 HOC647 玉米秸秆不仅营养物质含量高,而且消化率高,营养价值优于一般玉米秸秆。

关键词 高油玉米秸秆;品种 HOC647;籽粒成熟期;营养价值;活体外瘤胃发酵

中图分类号 S 816.48

文章编号 1007-4333(2005)04-0102-07

文献标识码 A

Nutritional values of high oil corn 647 stalks altered with kernel maturity stage

Yan Guilong^{1,3}, Chen Shaojiang², Meng Qingxiang¹

(1. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;
2. College of Agronomy and Biological Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;
3. Animal Husbandry and Engineering Department, Hebei North College, Zhangjiakou 075000, China)

Abstract Three types of stalks from high oil corn variety 647 (HOC647), conventional corn (CAU80) and specific fodder corn (FC3) were used to study the change of main chemical contents and digestibility of HOC647 stalks with kernel maturity stage and to compare the difference of HOC stalks with other variety stalks based upon the analysis of chemical components and measurement of digestibility and amount of gas production in vitro. The result showed that as corn kernels matured, HOC647 stalks had linear increases (L; $P < 0.01$) in the contents of water soluble carbohydrate (WSC), starch, ether extract (EE), and the digestibilities of DM (DMD) and NDF (NDFD), which were 0.82%, 1.68%, 1.33%, 54.07% and 75.79% respectively at 1/2 milk line (ML); 2.93%, 2.12%, 1.88%, 57.11% and 46.36% respectively at 3/4 ML; 19.21%, 5.53%, 2.71%, 66.78% and 48.38% respectively at 4/4 ML. In contrast, there were linear decreases (L; $P < 0.01$) in the contents of NDF, ADF and lignin which were 75.79%, 50.12% and 8.06% respectively at 1/2 ML; 74.50%, 47.14% and 7.77% respectively at 3/4 ML; 58.72%, 34.60% and 4.64% respectively at 4/4 ML. The nutritional value of HOC647 stalks harvested at 4/4 ML was, therefore, higher than

收稿日期: 2005-02-21

基金项目: 国家杰出青年基金资助项目(30125033); 国家自然科学基金资助项目(30270944)

作者简介: 闫贵龙,教授,博士研究生;孟庆翔,教授,博士生导师,通讯作者,主要从事动物营养与饲料研究。

that at 1/2 ML or 3/4 ML. The content of WSC, starch and EE of HOC647 stalks at 4/4 ML was not only much higher ($P < 0.01$) than that of CAU80 stalks harvested at 4/4 ML, but also higher ($P < 0.05$) than that of FC3 stalks harvested at 3/4 ML, whereas the content of cell wall components including NDF, ADF and lignin of HOC647 stalks was significantly lower ($P < 0.001$) than that of CAU80 and FC3, respectively. The stalks of HOC647 had higher ($P < 0.01$) in vitro DMD and NDFD, and ruminal gas production than those of CAU80 and FC3 stalks. These results suggested that HOC647 stalks at 4/4 ML of kernels are characterized by their high nutrient contents and being more ruminally digestible, and thus seem to be of highly valuable over other corn stalks.

Key words high oil corn stalks; HOC647; kernel maturity stage; nutritional value; in vitro rumen fermentation

高油玉米是含油率在 6% 以上的玉米种类,其含油率超过普通玉米 50% 以上,同时,蛋白质、赖氨酸、蛋氨酸等必需氨基酸、维生素 E、维生素 A 含量也都丰富。因而作为饲料或食品都有很高营养价值。由于以上明显优势,20 世纪 90 年代以来,高油玉米日渐重视,我国已经培育出了含油率达 10% 以上的杂交种,达到世界领先水平^[1]。高油玉米的动物的营养研究主要集中在籽粒,较为广泛和深入^[2-6],而针对秸秆的研究很少,目前国内外只见于青贮秸秆的饲养试验和概略养分分析^[7-10]。我国的高油玉米杂交种不仅籽粒优质,而且秸秆优质,即在籽粒生理成熟时,茎叶仍保持碧绿多汁^[11],是奶牛、肉牛等反刍动物的良好粗饲料。但不同品种的青贮高油玉米秸秆在营养成分和消化率都有较大差异^[12]。因此,针对高油玉米品种的秸秆营养价值的研究会更为客观。高油玉米 647 是新推广的杂交种^[1,13],其秸秆营养价值的研究至今未见报道。本文旨在研究高油 647 玉米秸秆营养价值随籽粒成熟期的变化规律。

1 材料和方法

1.1 秸秆来源与处理

试验材料高油 647 (HOC647)、正对照饲料专用玉米品种 FC3 和负对照普通玉米品种 CAU80 均由中国农业国家玉米改良中心培育而成。3 个品种种植在中国农业大学昌平实验站的专用试验地中,从 2003-09 开始在不同成熟期取样。以玉米成熟时籽粒的乳线 (ML) 由顶部向基部延伸的位置作为判定籽粒成熟度的标志,为 1/2、3/4 和 4/4 乳线期,其中 HOC647 在籽粒 1/2、3/4、4/4 乳线期分别取样,FC3 在青贮适宜收获期 (3/4 乳线期) 取样,CAU80 在完熟期 (4/4 乳线期) 取样。各品种每一成熟期采集地上部分整个植株 10 株。收获秸秆后去穗,用锤片式粉碎机粉碎过 2.3 cm 筛,自然晾干 1 周,待样本风干后,用瑞典生产的旋风式粉碎机

(Perten Laboratory Mill 3100) 粉碎,过 1 mm 筛备用。

1.2 化学成分测定

取风干玉米秸秆样本,按常规方法^[14]测定水分、粗脂肪、粗灰分和钙、磷含量。粗蛋白质含量采用氮素分析仪 (Leco Model FP-528, Leco Co., St. Joseph, MI) 测定。中性洗涤纤维 (NDF)、酸性洗涤纤维 (ADF) 和木质素的分析按 Van Soest 等方法^[15]。水溶性糖 (WSC) 含量的分析过程如下:取风干秸秆样 4 g,加入 100 mL 蒸馏水,40 ℃ 下搅拌 30 min,过滤并定容至 100 mL,取该溶液 5 mL 用蒸馏水稀释至 50 mL,采用蒽酮比色法测定 WSC 含量^[16]。淀粉含量采用 Xiong 等方法^[17],用淀粉葡萄糖苷酶 (amylglucosidase, Sigma Cat. No. A-7255) 水解,利用差减法减去样本直接测定的水溶性糖含量计算出淀粉的含量。

1.3 干物质、NDF 和 ADF 活体外消化率的测定

按 Tilly 与 Terry 的两阶段法^[18],将待测样本在厌氧条件下用含瘤胃液的培养液先行消化 48 h,然后用胃蛋白酶在酸性条件下再消化 48 h。所得残渣烘干 (105 ℃) 称重后,依次测定残渣中 NDF 和 ADF 含量,计算干物质消化率 (DMD)、NDF 消化率 (NDFD) 和 ADF 消化率 (ADFD)。

1.4 活体外瘤胃微生物产气量和发酵参数测定

按 Menke 等方法^[19],在厌氧和 39 ℃ 条件下,将 0.200 0 g 待测样品干物质在特制的 100 mL 玻璃注射器 (德国制造) 中与 30 mL 瘤胃稀释液 (瘤胃液 + 缓冲液 + 矿物盐溶液) 消化,在 120 h 内取样 27 次,记录各时间点的产气量。每个培养设 3 个重复。用模型 $y = B(1 - e^{-c(t - t_{lag})})$ 计算动态消化产气参数。式中, y 为 t 时间点 0.200 0 g 底物 DM 的产气量, mL; B 为 0.200 0 g 底物 DM 理论最大产气量, mL; c 为样本的产气速度, h^{-1} ; t 为活体外培养时间, h; t_{lag} 为产气延滞期, h。

同时进行完全相同的另一批 3 个重复的培养,

待培养至 24 h 时立即测定发酵液 pH,并按 Broderick 等方法^[20]测定氨态氮含量;参照 Eriwin 等的方法^[21]利用气相色谱(Agilent 6890)测定发酵液中挥发性脂肪酸含量(SUPELLOWAXTM-10 毛细管柱, 30 m ×0.32 mm ×0.25 μm)。

1.5 统计分析

采用 SAS 统计软件的广义线性模型(GLM)^[22]对 3 个品种和 HOC647 不同成熟期玉米秸秆主要化学成分含量、活体外干物质与细胞壁组分消化率以及活体外发酵产气量等进行单因子方差分析。

2 试验结果

2.1 高油玉米 647 不同成熟期的秸秆主要化学成分和活体外消化率比较

1) 不同成熟期的玉米秸秆主要化学成分比较。
籽粒成熟期对 HOC647 秸秆的主要化学成分

均有显著($P < 0.05$)的影响(表 1):随籽粒成熟度提高,水溶性糖、淀粉和粗脂肪含量都呈线性显著提高(L; $P < 0.001$),其中水溶性糖增加幅度最为突出,4/4 乳线期的含量达到 19.21%,分别是 1/2、3/4 乳线期的 23.4 倍($P < 0.001$)和 6.6 倍($P < 0.001$);淀粉和粗脂肪含量除 1/2 乳线期与 3/4 乳线期间无显著差异($P > 0.05$)外,其他都有明显差异($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$)。

随籽粒成熟度的提高,NDF、ADF 和木质素等细胞壁组分的含量均直线下降(L; $P < 0.001$)。其中,NDF、ADF 和木质素含量从 1/2 乳线期到 3/4 乳线期仅分别下降 1.70%、5.95%和 3.60%,而从 3/4 乳线期到 4/4 乳线期则分别下降 21.18%、26.60%和 40.28%。与 1/2 乳线期相比,4/4 乳线期的 NDF、ADF 和木质素含量分别下降 22.52%、30.97%和 42.43%。

表 1 不同成熟期高油玉米 647 秸秆的主要化学成分比较

Table 1 Comparison of main chemical components of HOC647 stalks between three maturity stages of kernels

化学成分 w/ %	籽粒成熟期			SEM	P 值	对比 P=	
	1/2 乳线期	3/4 乳线期	4/4 乳线期			L	Q
水溶性糖	0.82 e	2.93 c	19.21 a	0.092	<0.001	<0.001	<0.001
淀粉	1.68 c	2.12 c	5.53 a	0.563	0.006	0.003	0.074
粗脂肪	1.33 c	1.88 bc	2.71 a	0.227	0.014	0.005	0.621
粗蛋白	7.44 a	6.58 b	6.96 ab	0.126	0.039	0.075	0.029
粗灰分	8.66 a	8.02 c	6.24 e	0.039	<0.001	<0.001	<0.001
Ca	0.55 a	0.53 a	0.43 c	0.007	<0.001	<0.001	0.002
P	0.11 c	0.09 e	0.16 a	0.002	<0.001	<0.001	<0.001
NDF	75.79 a	74.50 b	58.72 d	0.265	<0.001	<0.001	<0.001
ADF	50.12 a	47.14 c	34.60 e	0.289	<0.001	<0.001	<0.001
木质素	8.06 a	7.77 a	4.64 c	0.157	<0.001	<0.001	0.003

注:NDF 为中性洗涤纤维;ADF 为酸性洗涤纤维。同一行中不同字母者差异显著($P < 0.05$)。

随籽粒成熟度提高各种指标呈线性规律变化(L)或二次曲线规律变化(Q)。下同。

提高籽粒成熟度对 CP 含量的变化影响不大。除 3/4 乳线期较 1/2 乳线期有显著($P < 0.05$)降低外,其他都无明显变化($P > 0.05$)。粗灰分和钙含量随玉米籽粒成熟度的提高呈直线下降规律地变化(L; $P < 0.03$),而磷含量则增加了。

上述水溶性糖、淀粉、脂肪及细胞壁组分含量随籽粒成熟度提高的变化结果表明,HOC647 秸秆的营养价值在 4/4 乳线期(完熟期)远高于 1/2 乳线期和 3/4 乳线期。

2) 不同成熟期高油玉米秸秆的活体外消化率

比较。

随着籽粒成熟度的提高,干物质消化率(DMD)和 NDF 消化率(NDFD) 2 项指标均直线提高(L; $P < 0.002$),其中,除 NDFD 在 3/4 乳线期和 4/4 乳线期间无显著差异($P > 0.05$)外,其他成熟期间相比都有明显差异($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$)。与 1/2 乳线期相比,4/4 乳线期的 DMD 和 NDFD 分别提高 23.51%和 11.55%。各成熟期的 ADF 消化率(ADFD)间未见显著差异($P > 0.05$)。各成熟期的活体外消化率分析结果表明,HOC647 秸秆在 4/4

乳线期消化率最高(表 2)。这一结果与化学成分的分析结果完全一致。

表 2 不同成熟期高油玉米 647 秸秆的活体外消化率比较

Table 2 Comparison of *in vitro* digestibility of HOC647 stalks between three maturity stages of kernels

指标 w/ %	籽粒成熟期			SEM	P 值	对比 P=	
	1/2 乳线期	3/4 乳线期	4/4 乳线期			L	Q
DMD	54.07 e	57.11 c	66.78 a	0.329	<0.001	<0.001	0.001
NDFD	43.37 c	46.36 ab	48.38 a	0.606	0.003	0.001	0.541
ADFD	42.92 a	42.68 a	45.02 a	1.092	0.321	0.224	0.373

注: DMD:干物质消化率;NDFD:中性洗涤纤维消化率;ADFD:酸性洗涤纤维消化率。下同。

2.2 高油玉米 647 秸秆与对照玉米秸秆主要化学成分和活体外消化率的比较

1) 主要化学成分比较。

HOC647 秸秆与 CAU80 秸秆相比,各项化学成分含量均有显著或极显著差异($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)(表 3):HOC647 秸秆中容易消化的物质(水溶性糖、淀粉和脂肪)含量高,而纤维性物质(NDF、ADF 和木质素)以及灰分、钙含量低。HOC647 秸秆水溶性糖、淀粉和脂肪含量分别是 CAU80 的 15.5 倍(19.21%对 1.24%; $P < 0.001$)、4.0 倍(5.53%对 1.37%; $P < 0.003$)和 1.9 倍(2.71%对 1.45%; $P < 0.001$),而 NDF、ADF 和木质素含量分别低 25.7%(58.72%对 79.03%; $P < 0.001$)、30.3%(34.60%对 49.61%; $P < 0.001$)和 33.0%

(4.64%对 6.93%; $P < 0.001$)。从易消化成分含量来看,HOC647 秸秆不仅优于普通玉米秸秆,而且也优于饲料专用玉米秸秆。其中,HOC647 秸秆的水溶性糖、淀粉和脂肪含量分别比 FC3 高 205.9%(19.21%对 6.28%; $P < 0.001$)、118.6%(5.53%对 2.53%; $P < 0.011$)和 29.0%(2.71%对 2.10%; $P < 0.015$),而 NDF、ADF 和木质素含量平均分别低 15.8%(58.72%对 69.78%; $P < 0.001$)、18.7%(34.60%对 42.55%; $P < 0.001$)和 32.8%(4.64%对 6.90%; $P < 0.001$)。HOC647 秸秆的粗灰分含量既低于($P < 0.001$)CAU80 秸秆,也低于($P < 0.001$)FC3 秸秆,但 HOC647 秸秆的磷含量最高($P < 0.001$),而钙含量低于($P < 0.001$)CAU80,略高于 FC3($P < 0.05$)。

表 3 高油玉米 647 秸秆的主要化学成分与其他 2 种玉米秸秆的比较

Table 3 Comparison of main chemical components of HOC647 stalks with other two types of corn stalks

指标 w/ %	品 种			SEM	P 值	对比 P=	
	HOC647	CAU80	FC3			HOC647 vs. CAU80	HOC647 vs. FC3
水溶性糖	19.21	1.24	6.28	0.071	<0.001	<0.001	<0.001
淀粉	5.53	1.37	2.53	0.574	0.006	0.002	0.010
粗脂肪	2.71	1.45	2.10	0.121	0.001	<0.001	0.012
粗蛋白	6.96	6.42	7.55	0.067	0.003	0.011	0.008
粗灰分	6.24	8.10	8.00	0.048	<0.001	<0.001	<0.001
Ca	0.43	0.65	0.40	0.005	<0.001	<0.001	0.013
P	0.16	0.07	0.12	0.002	<0.001	<0.001	<0.001
NDF	58.72	79.03	69.78	0.192	<0.001	<0.001	<0.001
ADF	34.60	49.61	42.55	0.107	<0.001	<0.001	<0.001
木质素	4.64	6.93	6.90	0.109	<0.001	<0.001	<0.001

4/4 乳线期的 HOC647 秸秆与对照在主要化学成分方面的比较结果表明,在籽粒完全成熟后,HOC647 秸秆的营养价值不仅比普通玉米秸秆高,而且比 3/4 乳线期的饲料专用玉米秸秆还要高。

2) 活体外消化率的比较。

从表 4 可以看出,4/4 乳线期时 HOC647 秸秆的活体外 DMD、NDFD 和 ADFD 分别为 66.78%、48.38%和 45.02%,除 ADFD 与 FC3 差异不显著

表4 高油玉米647玉米秸秆活体外消化率与其他2种玉米秸秆的比较

Table 4 Comparison of *in vitro* digestibility of HOC647 stalks with that of other two types of corn stalks

指标 w/ %	品种			SEM	P 值	对比 P =	
	HOC647	CAU80	FC3			HOC647 vs. CAU80	HOC647 vs. FC3
DMD	66.78	48.42	58.59	0.463	<0.001	<0.001	<0.001
NDFD	48.38	40.38	45.47	0.511	<0.001	<0.001	0.007
ADFD	45.02	37.32	43.13	1.236	0.011	0.005	0.322

($P > 0.05$) 外, DMD 和 NDFD 都高于 ($P < 0.01$) CAU80 秸秆和 FC3 秸秆。其中, 与 CAU80 秸秆相比, HOC647 秸秆的 DMD 高 37.9% (66.78% 对 48.42%; $P < 0.001$), NDFD 高 19.8% (48.38% 对 40.38%; $P < 0.001$), ADFD 高 20.6% (45.02% 对 37.32%; $P < 0.006$)。与 FC3 相比, HOC647 秸秆的 DMD 和 NDFD 分别高 14.0% (66.78% 对 58.59%; $P < 0.001$) 和 6.4% (48.38% 对 45.47%; $P < 0.008$)。

活体外消化率的比较结果分析表明, 籽粒完全成熟后 HOC647 秸秆的营养价值不仅高于普通玉米秸秆, 而且也高于 3/4 乳线期的饲料专用玉米秸秆, 这与化学成分测定结果(表3)完全一致。

3) 活体外产气量和发酵参数比较。

HOC647 秸秆与 CAU80 秸秆和 FC3 秸秆的活体外产气量比较结果列于图1和表5。方差分析结果表明, 3 种类型玉米秸秆在各个时间点的产气量

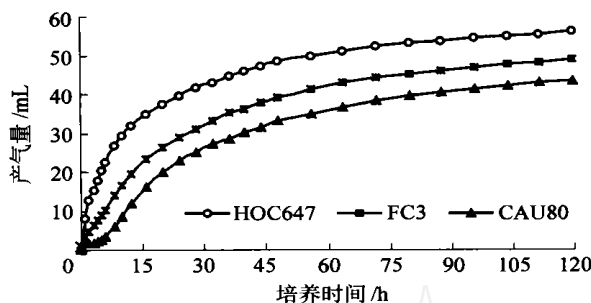


图1 高油玉米647秸秆瘤胃累积产气量与CAU80和FC3秸秆的比较

Fig. 1 Comparison of cumulative gas production of corn stalks of HOC647 with CAU80 and FC3

都有极显著 ($P < 0.001$) 差异。HOC647 秸秆从培养 1 h 起至 120 h 试验结束, 其产气量一直最多; CAU80 秸秆则相反, 一直最少。在培养期间的所有时间点, HOC647 秸秆的产气量不仅显著 ($P < 0.001$) 高于 CAU80 秸秆, 而且也显著 ($P < 0.001$)

表5 高油玉米647秸秆与CAU80及FC3的活体外产气量和瘤胃发酵参数比较

Table 5 Comparison of gas production and *in vitro* fermentation parameters of HOC647 corn stalks with CAU80 and FC3

指标 w/ %	品种			SEM	P 值	对比 P =	
	HOC647	CAU80	FC3			HOC647 vs. CAU80	HOC647 vs. FC3
最大产气量/ mL	51.98	39.83	45.37	0.85	<0.001	<0.001	<0.001
产气速度/ h ⁻¹	0.026	0.024	0.022	0.001	<0.001	0.005	<0.001
产气延滞期/ h	- 8.38	3.33	- 3.07	0.52	<0.001	<0.001	<0.001
氨态氮 NH ₃ -N/ (mg L ⁻¹)	26.94	26.91	31.21	0.96	0.006	0.982	0.005
pH	6.82	6.88	6.85	0.02	0.043	0.016	0.190
挥发性脂肪酸总量/ (mmol L ⁻¹)	47.95	41.45	38.13	8.99	0.719	0.636	0.445
乙酸 ACE 摩尔比/ %	65.95	66.45	68.30	1.21	0.358	0.784	0.206
丙酸 PROP 摩尔比/ %	20.60	19.35	19.53	0.51	0.278	0.161	0.183
异丁酸 ISOB 摩尔/ %	1.15	1.30	0.93	0.17	0.335	0.567	0.380
丁酸 BUTY 摩尔比/ %	10.65	10.80	9.30	1.19	0.585	0.934	0.431
异戊酸 ISOV 摩尔/ %	1.20	1.90	1.47	0.21	0.178	0.082	0.389
戊酸 VAL 摩尔比/ %	0.45	0.30	0.43	0.17	0.794	0.567	0.943

高于FC3秸秆。其中,HOC647秸秆24和48h的产气量分别比CAU80高73.8%(39.8 mL对22.9 mL)和46.4%(48.3 mL对33.0 mL),比FC3秸秆分别高37.7%(39.8 mL对28.9 mL)和23.2%(48.3 mL对39.2 mL)。瘤胃发酵产气量的多少是反映底物被瘤胃微生物利用程度的指标,代表着底物营养价值的高低。因此,由产气量结果可以认为,在3种秸秆中,HOC647营养价值最高,FC3次之,CAU80最低。这一结果也可由产气量动态参数反映出来。HOC647的最大产气量最高,发酵产气速度最快,产气延滞期最短(表5)。

活体外瘤胃发酵参数结果显示,HOC647与CAU80的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量间无显著差异($P > 0.05$),但低于FC3($P < 0.006$),这可能与FC3玉米秸秆具有较高的CP含量有关。就pH、挥发性脂肪酸总量、乙酸、丙酸、异丁酸、丁酸、异戊酸和戊酸摩尔比例等各项指标来说,HOC647无论与CAU80还是与FC3相比,都无显著差异($P > 0.05$),这说明,虽然HOC647秸秆的营养价值高于CAU80和FC3,但并不会引起瘤胃发酵模式的改变。

动态发酵产气量及其参数的分析结果与化学成分分析和活体外消化率测定结果完全一致,表明HOC647籽粒完全成熟后的秸秆营养价值不仅优于普通玉米秸秆,而且也优于3/4乳线期的饲料专用玉米秸秆。

3 讨论

随籽粒成熟度的提高,牧草和作物秸秆的纤维物质含量提高,容易利用的营养成分含量降低,消化能减少^[23]。因此,在生产上,为了制作玉米青贮饲料,通常在3/4乳线期收获,以获得最高的全株玉米生物学产量^[24];而为了获得籽粒的最高产量,就要选择在4/4乳线期(或完熟期)收获^[25],其代价是秸秆的营养价值降低,因此,就应当选育出籽粒成熟时秸秆营养价值仍高的玉米品种。本研究所用的高油玉米HOC647就是具有这种特性的品种。其籽粒成熟后的秸秆营养价值不仅远高于普通玉米CAU80秸秆,而且也高于3/4乳线期收获的饲料专用玉米FC3秸秆,是一种比较理想的饲用型玉米品种。

高油玉米HOC647秸秆主要化学成分含量和消化率随籽粒成熟度提高的变化规律与一般玉米秸秆截然不同,即籽粒成熟度越高,秸秆的营养物质含

量和消化率也越高。造成这种结果可能主要与2个因素有关,一是植株的延缓老化,因为普通玉米秸秆在3/4乳线期时叶片开始变黄,水分减少,而HOC647整个植株到4/4乳线期后仍然碧绿多汁,说明植物光合作用还在继续进行。由于4/4乳线期时营养物质向玉米籽粒转运的过程已经停止,光合作用所形成的过剩营养物质就保留在秸秆中,导致水溶性糖和淀粉等营养成分在秸秆中积累。正是由于这种积累作用,使得其他营养成分的比例相应减少;二是HOC647可能具有产生高含量易消化营养物质和低含量纤维物质的遗传物质,相比之下,虽然FC3玉米秸秆在3/4乳线期时也是碧绿多汁、生命力旺盛,但其营养价值含量远低于处于4/4乳线期的HOC647玉米秸秆。

本试验中,HOC647秸秆与CAU80秸秆的CP含量无显著差异。这一结果与宋同明等报道的高油玉米115秸秆粗蛋白含量(8.46%)比普通玉米秸秆高40%的结果^[11]不一致,其原因可能与玉米品种不同有关。

4 结论

在本试验条件下,随籽粒成熟度的提高,高油玉米HOC647秸秆的水溶性糖、淀粉、粗脂肪含量以及干物质消化率、NDF消化率呈线性规律提高,而NDF、ADF和木质素含量则呈线性规律下降。因此,高油玉米HOC647在4/4乳线期收获,不仅籽粒产量最高,而且秸秆作为粗饲料具有远高于1/2乳线期、3/4乳线期的营养价值。籽粒成熟后的HOC647秸秆,其水溶性糖、淀粉和粗脂肪含量不仅极显著高于普通玉米CAU80秸秆,而且也显著高于3/4乳线期的饲料专用玉米FC3秸秆,相反其NDF、ADF和木质素等细胞壁含量则明显低于普通玉米CAU80和饲料专用玉米FC3秸秆。HOC647秸秆的活体外干物质、NDF消化率以及产气量均极显著高于普通玉米CAU80秸秆和饲料专用玉米FC3秸秆。试验结果表明,籽粒成熟后的高油玉米HOC647秸秆具有营养物质含量高和消化率高的特点,是反刍动物理想的粗饲料和青贮饲料原料。

参 考 文 献

- [1] 陈绍江. 高油玉米发展回顾与展望[J]. 玉米科学, 2001, 9(4): 80-83
- [2] 王鹏文, 王国琴. 高油玉米与普通玉米品质的对比研究

- [J]. 天津农业科学, 2000, 6(4): 16~18
- [3] 刘金银, 王赛玉编译. Larry L. Bitney 等著. 高油玉米种植及用于猪日粮的可行性[J]. 国外畜牧科技, 2000, 27(5): 19~20
- [4] 翟少伟, 齐广海, 刘福柱. 高油玉米在家禽生产中应用的研究进展[J]. 饲料工业, 2002, 23(3): 12~14
- [5] Andrae J G, Duckett S K, Hunt C W, et al. Effects of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality [J]. Journal of Animal Science, 2001, 79(3): 582~588
- [6] Andrae J G, Hunt C W, Duckett S K, et al. Effect of high-oil corn on growth performance, diet digestibility, and energy content of finishing diets fed to beef cattle [J]. Journal of Animal Science, 2000, 78(9): 2257~2262
- [7] 张吉旺, 王空军, 胡昌浩, 等. 高油玉米品种比较试验[J]. 杂粮作物, 2002, 22(5): 265~266
- [8] 隋华, 刘克祥, 张义林, 等. 高油玉米青贮秸秆饲喂试验研究[J]. 天津农林科技, 1999(5): 1~3
- [9] Lacount D W, Drackley J K, Cicela T M, et al. High oil corn as silage or grain for dairy cows during an entire lactation [J]. Journal of Dairy Science, 1995, 78: 1745~1754
- [10] Weiss W P, Wyatt D J. Effect of oil content and kernel processing of corn silage on digestibility and milk production by dairy cows [J]. Journal of Dairy Science, 2000, 83: 351~358
- [11] 宋同明, 苏胜宝, 陈绍江, 等. 高油玉米前途光明[J]. 玉米科学, 1997, 5(3): 73~77
- [12] 赵遵阳. 高油玉米品种与成熟期的互作对青贮发酵品质和生长牛饲喂价值影响的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003
- [13] 盛玉萍, 周琼, 林鉴钊, 等. 高油玉米 115, 647 籽粒解剖学和显微化学研究[J]. 广西农业生物科学, 2002, 21(4): 252~254
- [14] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1993. 19~22, 27~33
- [15] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition [J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74: 3583~3597
- [16] 宁开桂. 实用饲料分析手册[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993. 83~89
- [17] Xiong Y, Bartle S J, Preston R L. Improved enzymatic method to measure processing effects and starch availability in sorghum grain [J]. Journal Animal Science, 1990, 68: 3861~3870
- [18] Tilly J M A, Terry R A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops [J]. J Br Grassland Soc, 1963, 18: 104~111
- [19] Menke K H, Raab L, Salewski A, et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro [J]. J Agric Sci, 1979, 93: 217~222
- [20] Broderick G A, Kang H J. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluids and in vitro media [J]. Journal of Dairy Science, 1980, 63: 64~75
- [21] Eriwin E S, Marco G J, Emery E M. Volatile fatty acid analyses of food and rumen fluid by gas chromatography [J]. Journal of Dairy Science, 1961, 44: 1768~1771
- [22] SAS. 1999. SAS/STAT(r) User's Guide (Release 8.2). SAS Inst Inc, Cary, NC.
- [23] Richard O, Kellems, Church D C. Livestock Feeds and Feeding [M]. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002
- [24] Bal M A, Coors J G, Shaver R D. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production [J]. Journal of Dairy Science, 1997, 80: 2497~2503
- [25] TeKrony D M, Hunter J L. Effect of seed maturation and genotype on seed vigor in maize [J]. Crop Science, 1995, 35: 857~862