

不同 NFC/NDF 水平饲粮对肉公犊牛生长性能和屠宰性能的影响

李岚捷^{1,2} 王安思³ 廉红霞³ 付彤³ 王之宝⁴ 刁其玉² 屠焰² 成述儒^{1*}

(1. 甘肃农业大学 动物科学技术学院,兰州 730070;

2. 中国农业科学院 饲料研究所/农业部饲料生物技术重点实验室,北京 100081;

3. 河南农业大学 牧医工程学院,郑州 450002;

4. 泌阳县夏南牛研究推广中心,河南 驻马店 463720)

摘要 为研究非纤维性碳水化合物/中性洗涤纤维(NFC/NDF)水平对夏杂公犊牛生长性能、屠宰性能和肉品质的影响,选取2~3月龄健康、平均体重为(94.38±0.25)kg的夏杂断奶公犊60头,随机分为4组,每组15头。分别饲喂粗蛋白质水平相近,NFC/NDF为1.35(A组)、1.23(B组)、0.94(C组)和0.80(D组)的4种全混合饲粮。试验期105d,其中预试期15d,正试期90d。每天记录每头犊牛的采食量,在试验开始和结束时分别测定每头犊牛的体重、体尺;试验结束时每组随机选取6头犊牛进行屠宰试验,测定屠宰性能、器官鲜重和肉品质。结果表明:1)饲粮NFC/NDF水平对犊牛平均日增重和体斜长的增长率有显著影响($P<0.05$),A组高于其他各组;2)犊牛采食A组饲粮后胴体重达到111.40kg,显著高于C组和D组($P<0.05$),但对屠宰率和净肉率均无显著影响($P>0.05$);3)采食A组饲粮的犊牛肝脏和脾脏分别为3.25和0.70kg,显著高于其他3组($P<0.05$),且脾脏指数有随饲粮NFC/NDF水平降低而降低的趋势,对其他器官重量及指数均无显著影响($P>0.05$)。综上所述,NFC/NDF为1.35组的饲粮可提高犊牛生长性能,更能满足3~6月龄肉公犊牛生长需要。

关键词 肉犊牛; 非纤维性碳水化合物/中性洗涤纤维; 生长性能; 屠宰性能; 肉品质

中图分类号 S823.5 **文章编号** 1007-4333(2017)12-0101-09 **文献标志码** A

Effects of diets with different NFC/NDF levels on the growth performance and slaughter performance of meat calves

LI Lanjie^{1,2}, WANG Ansi³, LIAN Hongxia³, FU Tong³, WANG Zhibao⁴,
DIAO Qiyu², TU Yan², CHENG Shuru^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Feed Research Institute/Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

3. College of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

4. Xianan Cattle Research and Extension Center of Biyang County, Zhumadian 463720, China)

Abstract This study aimed to investigate the effects of diets with non-fiber carbohydrate (NFC)/neutral detergent fiber (NDF) levels on the growth performance, slaughter performance and meat quality of male calves. Sixty 2-3 month-old healthy weaned male calves were randomly divided into four groups with fifteen calves in each group, and were fed with four different NFC/NDF ratio diets: 1.35 (A group), 1.23 (B group), 0.94 (C group), 0.80 (D group), respectively. The experiments lasted for 105 d, with 15 d of adaptation period and 90 d of formal period. Feed intake of each calf was recorded every day, body weight and body measurements were measured. A total of 6 calves were randomly selected from each group and were slaughtered to determine slaughter performance, meat quality and organ fresh weight. The

收稿日期: 2016-11-14

基金项目: 公益性行业科技项目(201303143); 河南省科技开放合作项目(152106000029); 河南省现代农业产业技术体系建设专项资金(Z-2013-08-01)

第一作者: 李岚捷, 硕士研究生, E-mail: 3034368036@qq.com

通讯作者: 成述儒, 博士, 副教授, 主要从事遗传育种与繁殖专业研究, E-mail: chengsr@gsau.edu.cn

results showed that: 1) Average daily gain and body length growth rate of calves in A group were greater than those in other groups ($P < 0.05$); 2) The calves feeding A group diet body weight is 111.40 kg is significantly higher than group C and group D ($P < 0.05$), but no difference was observed in the slaughter rate and pure meat percentage ($P > 0.05$); 3) Weight of liver and spleen were 3.25 and 0.70 kg in A group diet, which were significantly higher than those in rest three groups ($P < 0.05$). Meanwhile, the spleen index displayed decreasing tendency with the decreasing of the dietary NFC/NDF level and there were no significant effects on the weight and index of other organs ($P > 0.05$). In conclusion, the growth performance of calves was improved when the ratio of NFC to NDF is 1.35, which could meet the nutrient requirement of male calves aged from 3 to 6 months old.

Keywords meat calves; non-fiber carbohydrate/neutral detergent fiber; growth properties; slaughter performance; meat quality

碳水化合物是机体生长发育重要的能量来源,主要划分为非纤维性碳水化合物(NFC)和纤维性碳水化合物(FC)。NFC主要存在于细胞内,包括糖和淀粉等易消化物质;FC是构成细胞壁的主要成分;NDF主要由纤维素、半纤维素和木质素组成,最能代表饲料中的纤维成分,较NFC难于发酵^[1-2]。饲料中过高的NFC水平易使瘤胃pH降低,出现酸中毒的现象,对机体造成危害;NDF有利于瘤胃的发育,但过高使得饲料营养水平降低,阻碍机体生长发育。有研究发现,3~6月龄犊牛瘤胃未完全发育,微生物菌群未完全建立^[3],所以适宜的NFC/NDF水平对3~6月龄犊牛及后期的饲养管理极其重要。

饲料中NFC/NDF水平不仅对饲料所含养分有影响,而且影响饲料的适口性,进而对机体的生长发育、屠宰性能和肉品质产生影响。赵彦光等^[4]的研究表明补饲不同精料水平可在一定程度上改善云南半细毛羊的屠宰性能和肉品质。但也有不同观点认为,饲料精粗比对犊牛屠宰性能无影响^[5],张立涛^[6]研究发现饲料NFC/NDF水平对25~50 kg绵羊的生长性能无影响。肉牛因要求其快速增重,饲料中往往精料比较高,饲料配制上与奶牛、绒毛羊、肉羊都有一定的差异。目前有关3~6月龄肉犊牛适宜NFC/NDF水平的报道较少,本试验将从NFC/NDF对3~6月龄夏杂断奶公犊牛生长性能、屠宰性能和肉品质三方面进行研究,旨在为肉用犊牛的营养需要提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 时间及地点

2015年10月—2016年4月在河南农业大学许昌试验基地进行。

1.2 材料

采用单因素试验设计。选用60头2~3月龄夏

杂断奶公犊牛,平均体重(94.38 ± 0.25) kg,随机分成4组,每组15头。根据犊牛体重和营养需要特点,参照中国《肉牛饲养标准》(2004)体重150 kg、日增重1.0 kg/d犊牛营养需要量,配制粗蛋白质(CP)含量高17%,NFC/NDF水平分别为1.35(A)、1.23(B)、0.94(C)、0.80(D)的4种全混合饲料(TMR)。试验期105 d,其中预试期15 d,正试期90 d。饲料营养水平(干物基础)见表1。

1.3 饲养管理

犊牛进场后清晨空腹称重,佩戴耳标和进行驱虫处理,再置于犊牛岛(4.5 m × 1.5 m)内单栏饲养。给每头犊牛提供水槽、食槽,每周清粪和消毒各一次。采食量按体重的3.3%干物质供给全混合饲料,每天晨饲前收集每头牛的剩料量,计算每日采食量。

1.4 样品收集及测定

1.4.1 饲料采集

每天采集新鲜料样及每头牛剩料, -20 °C保存,用于干物质(DM)、有机物(OM)、粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、钙(Ca)、磷(P)和总能(GE)的测定。

1.4.2 生长性能

试验正式开始和结束晨饲前对犊牛逐一称重、测量体高、体斜长、胸围、腿围,并计算平均日增重(ADG)、干物质采食量(DMI)、饲料转化率(F/G)及体高、体斜长、胸围和腿围增长率。测量方法如下:

体高:为髻甲最高点到地面的垂直距离(cm)。

体斜长:肩胛骨前缘至同侧坐骨结节后缘间的距离(cm)。

胸围:肩胛骨后缘处体躯的水平周径,其松紧度以能插入食指和中指自由滑动为准(cm)。

腿围:从右侧后膝前缘突起,经胫骨间至左侧后膝突起的水平半周(cm)。

表 1 试验牛饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (dry matter basis)

指标 Index	组别 Group			
	A	B	C	D
原料				
$w(\text{玉米})/\%$	43.62	48.00	39.06	30.03
$w(\text{麸皮})/\%$	15.00	0.00	0.00	0.00
$w(\text{豆粕})/\%$	2.90	4.30	3.38	2.57
$w(\text{干酒糟及其可溶物})/\%$	15.00	15.00	15.00	15.00
$w(\text{细石粉})/\%$	0.20	0.61	0.42	0.21
$w(\text{磷酸氢钙})/\%$	1.78	0.59	0.64	0.69
$w(\text{预混料})/\%^{①}$	1.00	1.00	1.00	1.00
$w(\text{食盐})/\%$	0.50	0.50	0.50	0.50
$w(\text{苜蓿})/\%$	20.00	25.00	30.00	35.00
$w(\text{羊草})/\%$	0.00	5.00	10.00	15.00
合计	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 ^②				
$w(\text{干物质})/\% \text{ DM}$	91.80	90.50	91.24	91.58
$w(\text{粗蛋白质})/\% \text{ CP}$	16.34	16.42	16.44	16.38
$w(\text{粗脂肪})/\% \text{ EE}$	3.71	3.54	4.09	3.82
$w(\text{粗灰分})/\% \text{ Ash}$	7.57	7.93	7.11	7.44
$w(\text{中性洗涤纤维})/\% \text{ NDF}$	34.43	37.14	42.78	45.33
$w(\text{酸性洗涤纤维})/\% \text{ ADF}$	15.34	18.33	22.54	25.44
$w(\text{钙})/\% \text{ Ca}$	1.05	1.08	1.10	1.14
$w(\text{总磷})/\% \text{ TP}$	0.45	0.45	0.41	0.47
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.20	10.87	10.37	9.79
非纤维性碳水化合物/中性洗涤纤维 NFC/NDF	1.35	1.23	0.94	0.80

注：①预混料为每千克精料提供：VA 15 000 IU, VD 5 000 IU, VE 50 mg, Fe 90 mg, Cu 12.5 mg, Mn 60 mg, Zn 100 mg, Se 0.3 mg, I 1.0 mg, Co 0.5 mg。②表中营养成分数据为实测值，其中甲烷能采用 SF₆ 示踪法^[7]测定，代谢能=总能-粪能-尿能-甲烷能。

Note: ①The premix provides the following per kg of the concentrate: VA 15 000 IU, VD 5 000 IU, VE 50 mg, Fe 90 mg, Cu 12.5 mg, Mn 60 mg, Zn 100 mg, Se 0.3 mg, I 1.0 mg, Co 0.5 mg。②Dietary nutritional levels are measured. Methane energy (ME) is measured using SF₆ tracer method^[7], ME=GE- FE- UE-CH₄E.

1.4.3 屠宰试验

在试验结束时，每组随机选取 6 头犍牛进行屠宰，屠宰前一天起禁食、禁水 16 h 以上。屠宰时称量宰前活重、胴体重；分离心、肝、脾、肾并称量鲜重。取背最长肌 500 g 于自封袋中，用于测定肌肉 pH 值及肉品质(色泽、剪切力、系水力和蒸煮损失)^[8]。

1) 肌肉色泽 沿与肌纤维垂直的方向切取厚度不低于 2.0 cm 的肉块，将肉样平放在红色塑料板或托盘上，新切面朝上，之后置于 -1.5~7.0 °C 环境中避光静置 25~30 min。将色差计(日本 KONICA MINOLTA 公司生产, CR-400)的镜头垂直置于肉

面上，镜口紧扣肉面(不能漏光)，应避免肌内脂肪和肌内结缔组织。测定并分别记录肉样的亮度值(L*)、红度值(a*)、黄度值(b*)。

2) 剪切力 切取 2.54 cm 厚约 150 g 左右的肉样，水浴加热至肉块中心温度 72~75 °C(校准后的 pH 计直接插入肉块中)，自然冷却或低温至一定温度后，沿肌纤维方向取 6 个以上直径 1.27 cm 的肉柱，再用剪切仪(沃-布剪切仪：美国 G-R 公司, salter235)沿肌纤维方向切断肉柱，记录剪切力值。

3) 系水力(WHC) 取 10 g 左右的样品记为 W₁，用定性滤纸将肉样包裹好，放入 50 mL 的离心

管中,在 4.0 °C 转速 9 000 r/min 下离心(冷冻离心机:德国 Biofuge 公司生产, D-37520) 10 min,取出样品,剥去滤纸,再次称重记为 W_2 。

$$\text{系水力} = ((W_1 - W_2) / W_1) \times 100\%$$

4) pH 便携式 pH 计(Testo-206-pH2)测定。

5) 蒸煮损失 切取 2.54 cm 厚约 150 g 左右的肉样质量记为 M_1 ,水浴加热至肉块中心温度 72~75 °C(检测方法同上),自然冷却或低温至一定温度后称重记为 M_2 。

$$\text{蒸煮损失} = ((M_1 - M_2) / M_1) \times 100\%$$

1.5 数据统计分析

试验数据用 SAS 8.1 软件中的 ANOVA 过程进行单因子方差分析和显著性检验,差异显著时用

Duncan 氏法进行多重比较检验。 $P < 0.05$ 为差异显著, $0.05 \leq P < 0.10$ 为有显著差异的趋势。

2 结果与分析

2.1 犊牛生长性能

饲料 NFC/NDF 水平对犊牛生长性能的影响见表 2,初始重和末重组间差异不显著($P > 0.05$); A 组 ADG 显著高于其他 3 组($P < 0.05$)但 B、C 和 D 组差异不显著($P > 0.05$);随着 NFC/NDF 水平的降低, F/G 逐渐升高但差异不显著($P > 0.05$);体斜长增长率 A 组和 B 组较 D 组显著高出 21.73% 和 21.76% ($P < 0.05$),与 C 组差异皆不显著($P > 0.05$),其他体尺指标均无显著差异($P > 0.05$)。

表 2 NFC/NDF 水平饲料对公犊牛生长性能的影响 ($n=15$)

Table 2 Influence of diets with NFC/NDF levels on the growth performance of male calves ($n=15$)

指标 Index	组别 Group			
	A	B	C	D
初重/kg Initial body weight	95.04±21.86	93.82±17.73	94.29±20.02	93.23±20.09
末重/kg Final body weight	190.88±27.41	177.77±24.32	173.79±29.95	171.27±30.48
平均日增重/kg ADG	1.14±0.18 a	1.00±0.13 b	0.95±0.16 b	0.93±0.17 b
干物质采食量/kg DMI	4.10±0.62	3.81±0.74	3.80±0.85	3.85±0.84
饲料转化率 F/G	3.66±0.71	3.82±0.55	4.02±0.60	4.15±0.52
体高 Wither height				
初/cm Initial	89.85±7.37	88.15±3.58	88.42±4.74	88.31±6.01
末/cm Final	104.19±6.91	103.5±4.65	103.04±4.4	101.35±5.27
增长率/% Growth rate	16.11±2.34	17.41±2.42	16.66±4.03	14.90±3.06
体斜长 Body length				
初/cm Initial	91.00±8.27	92.46±4.96	93.42±6.22	92.46±6.16
末/cm Final	114.31±7.06	116.38±5.75	112.96±6.4	111.12±6.72
增长率/% Growth rate	26.05±7.42 a	26.04±6.22 a	21.09±5.23 ab	20.39±6.99 b
胸围 Heart girth				
初/cm Initial	106.69±9.30	105.46±8.18	104.08±7.20	104.08±7.40
末/cm Final	131.69±6.85	128.92±7.59	127.33±7.74	126.69±9.12
增长率/% Growth rate	23.84±6.02	22.45±4.27	22.48±4.62	21.78±4.28
腿围 Thigh				
初/cm Initial	64.54±7.50	63.15±2.85	62.92±5.50	63.08±3.01
末/cm Final	82.31±6.52	81.69±5.82	80.62±6.56	80.62±6.56
增长率/% Growth rate	28.44±11.80	29.29±5.68	27.96±8.05	27.74±7.47

注:同行无字母或数据肩标相同字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

Note: In the same row, values with no letter or the same letters mean no significant differences ($P > 0.05$), while with different small letters mean significant differences ($P < 0.05$). The same below.

2.2 犊牛屠宰性能

饲粮 NFC/NDF 水平对犊牛屠宰性能的影响见表 3, A 组空体重显著高于 B、C 和 D 组 ($P < 0.05$), 胴体重 A 组显著高于 C 和 D 组 ($P < 0.05$), 与 B 组差异不显著 ($P > 0.05$); 蹄重 A 组与 C 组差

异显著 ($P < 0.05$), 与 B 组和 D 组差异不显著 ($P > 0.05$), 头+皮的质量组间差异不显著 ($P > 0.05$); A 组净肉率比 B、C 和 D 组分别高出 6.3%、6.8% 和 7.4%, 屠宰率分别高出 1.2%、4.0% 和 5.2%, 但组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 NFC/NDF 水平饲粮对公犊牛屠宰性能的影响 ($n=6$)

Table 3 Influence of diets with NFC/NDF levels on the slaughter performance of male calves ($n=6$)

指标 Index	组别 Group			
	A	B	C	D
空体重/kg Empty body weight	190.08±17.34 a	168.27±10.04 b	168.27±14.68 b	157.13±13.43 b
胴体重/kg Carcass weight	111.41±12.11 a	99.16±7.00 ab	96.18±11.81 b	90.34±12.41 b
蹄重/kg Hoof weight	7.89±0.71 a	7.26±0.55 ab	6.80±0.44 b	7.08±0.96 ab
头+皮重/kg Head+Fur weight	25.19 ±1.68	22.82±2.48	23.86±2.20	22.02±2.14
净肉率/% Pure meat percentage	37.60 ±5.24	35.23±2.79	35.06±3.64	34.81±4.19
屠宰率/% Dressing percentage	54.28 ±4.68	53.62±1.46	52.11±2.21	51.45±3.83

2.3 犊牛器官鲜重及器官指数

饲粮 NFC/NDF 水平对犊牛器官鲜重及器官指数的影响见表 4, 除肝脏和脾脏质量 A 组显著高于 B、C 和 D 组外 ($P < 0.05$), 其它器官质量组间差

异均不显著, 但 A 组均高于其他 3 组 ($P > 0.05$); 各器官占空体重的比重各组间差异不显著 ($P > 0.05$), 其中脾脏指数具有 A 组高于其他 3 组的趋势 ($P = 0.076$), 分别高 15.79%、21.05% 和 28.95%。

表 4 NFC/NDF 水平饲粮对公犊牛器官质量的影响 ($n=6$)

Table 4 Influence of diets with NFC/NDF levels on organ's weight of male calves ($n=6$)

指标 Index	组别 Group			
	A	B	C	D
心脏重/kg Heart weight	0.99±0.07	0.77±0.36	0.81±0.08	0.81±0.10
肝脏重/kg Liver weight	3.25±0.19 a	2.77±0.21 b	2.79±0.40 b	2.54±0.41 b
脾脏重/kg Spleen weight	0.71±0.18 a	0.54±0.13 b	0.46±0.09 b	0.63±0.43 b
肾脏重/kg Kidney weight	0.62±0.10	0.56±0.07	0.54±0.06	0.54±0.06
胰腺重/kg Pancreas weight	0.18±0.05	0.15±0.05	0.16±0.03	0.12±0.03
心脏重/空体重/% Heart weight/Empty body weight	0.52±0.03	0.45±0.21	0.48±0.04	0.51±0.04
肝脏重/空体重 Liver weight/Empty body weight	1.72±0.13	1.65±0.11	1.66±0.19	1.62±0.28
脾脏重/空体重 Spleen weight/Empty body weight	0.37±0.09	0.32±0.07	0.27±0.04	0.41±0.31
肾脏重/空体重 Kidney weight/Body weight	0.33±0.05	0.33±0.04	0.32±0.01	0.35±0.03
胰腺重/空体重 Pancreas weight/Body weight	0.10±0.02	0.09±0.03	0.09±0.02	0.08±0.02

2.4 犊牛肉品质

饲粮 NFC/NDF 水平对犊牛肉品质的影响见

表 5, 肉品质的各项指标在各组间差异均不显著 ($P > 0.05$), 且基本随饲粮 NFC/NDF 水平的降低而降低。

表5 NFC/NDF水平饲粮对公犊牛肉品质的影响($n=6$)Table 5 Influence of diets with NFC/NDF levels on the meat quality of male calves ($n=6$)

指标 Index	组别 Group			
	A	B	C	D
pH 值 pH Value	6.35±0.34	6.50±0.47	6.43±0.39	6.30±0.22
亮度 L^* Luminance	43.85±3.22	43.65±3.40	42.17±4.05	43.14±2.10
红度 a^* Redness	22.64±6.62	20.11±3.56	20.18±4.78	20.22±3.47
黄度 b^* Yellowness	5.96±3.71	5.92±4.29	5.16±3.99	5.36±4.09
系水力/% Water holding capacity	25.84±5.16	23.25±8.24	24.92±7.12	24.40±7.89
剪切力/kg Shear force	7.49±1.80	7.71±2.26	7.70±1.77	6.84±1.23
蒸煮损失/% Cooking loss	33.32±3.95	33.55±6.84	33.26±3.31	35.28±3.32

3 讨论

3.1 NFC/NDF水平对肉犊牛生长性能的影响

ADG是评价机体生长发育的重要指标,整个试验期间ADG受饲粮NFC/NDF水平的影响显著。饲喂NFC/NDF为1.35饲粮的犊牛,增重速度较快,达到1.14 kg/d,而饲喂NFC/NDF为1.23、0.94和0.80组饲粮的犊牛,则增重稍低,在1.00~0.93 kg/d之间,与吴秋钰等^[9]对肉牛的研究结果一致。NFC主要由糖和淀粉等易发酵物质组成,含NFC较高的饲粮易于消化,可为瘤胃提供更多的易发酵物质,糖和淀粉在瘤胃中发酵产生了较多的丙酸。丙酸对幼龄反刍动物瘤胃黏膜组织发育具有积极作用,促进瘤胃发育,同时丙酸被反刍动物瘤胃壁吸收后进入血液,通过甘油三酯/脂肪酸循环和葡萄糖/脂肪酸循环提高了肌肉和脂肪的生成,促进了机体的生长发育^[10-12]。同时,NFC含量较高的饲粮,适口性相对较好,动物喜采食,因而犊牛采食量相应较高;本试验中,随着NFC/NDF水平从1.23降至0.80,犊牛采食量也逐渐升高,可能是由于随饲粮营养水平的降低,犊牛需采食更多饲粮来满足自身营养需要。禹爱兵等^[13]发现,饲粮NFC/NDF水平对3~6月龄断奶犊牛的生长性能无显著影响,但随NFC/NDF水平的降低犊牛生长速度稍有减慢,NFC/NDF为1.46的组各项指标都优于0.67的组,这也体现了高NFC含量的饲粮更能满足此阶段犊牛的生长需要。一些研究表明饲粮中过高的NFC水平会导致瘤胃pH降低而造成酸中毒,但本试验中犊牛仅仅3~6月龄,与成年牛相比胃肠道发

育不完善,微生物区系未完全建立,尽管食入了高NFC水平的饲粮,但犊牛对所食入的饲粮并未完全发酵降解,进入肠道进行了消化吸收,所以未出现酸中毒的症状。这也验证了幼龄反刍动物在饲粮精粗比适应范围上与成年动物的差别。

体尺是对机体生长发育状况的反映。本试验中NFC/NDF为1.35的饲粮更有利于犊牛骨骼的生长发育,显著影响了体斜长的增长率。饲粮NFC水平可能会影响血液中骨细胞前体物质如多能干细胞、免疫细胞、破骨细胞附近的间叶细胞的数量,也可能直接影响了造血细胞的数量,从而对造血干细胞形成的因子产生影响^[14],最终造成骨骼发育的差异。本研究发现犊牛腿围的增长率为27.74%~29.29%,高于同阶段体高、体斜长和胸围的增长率,说明该生理阶段的肉犊牛生长发育的重点是四肢。

3.2 NFC/NDF水平饲粮对肉犊牛屠宰性能的影响

动物产肉性能主要受环境、遗传因素、饲粮营养水平等因素的影响,科学合理的饲养管理对机体生长发育和产肉性能都有影响^[15]。本研究中饲粮NFC/NDF水平对犊牛宰前活重和胴体重有显著影响,但对净肉率和屠宰率无影响,数值上1.35组最高。Haddad等^[16-17]也发表了相似的研究结果,估计是NFC/NDF为1.35组的饲粮营养价值高,促进了犊牛生长,并且增加了肌肉和内脏器官及其周围沉积的脂肪,使活重提高,相应得提高了胴体重;同时,本试验中各组犊牛器官质量组间存在着差异,屠宰率受到了宰前活重和内脏器官质量的直接影响^[18]。闫秋良^[19]对4月龄断奶羔羊的研究表明,精粗比为80:20组的宰前活重、胴体重都比60:40

组显著提高 17.0%、20.1%，屠宰率提高了 2.7%，与本研究结果一致，说明适宜的高精料饲料可以提高机体的产肉性能。

3.3 NFC/NDF 水平饲料对肉犍牛组织器官发育的影响

器官质量和指数是机体生长发育的评定指标，器官质量反映其功能，器官指数反映其营养水平^[20]。饲料 NFC/NDF 为 1.35 组的犍牛肝脏质量最高，肝脏是体内以代谢功能为主的器官，在体内扮演着重要的角色。肝脏代谢活动的强弱受其代谢底物的影响^[21]，饲料中 NFC/NDF 水平越高，养分供给量提高，肝脏的代谢活动可能会越强，使其质量增加。脾脏是最大的淋巴器官，其生长发育与机体的生长发育有关^[22]，脾脏指数反映了机体的免疫功能。脾脏质量及指数同样受到饲料 NFC/NDF 水平的影响，采食 1.35 组饲料的犍牛脾脏质量显著高于采食其它饲料组，虽然脾脏指数各组间无显著差异，但有随营养水平降低而降低的趋势，可能是因为高营养水平饲料在一定程度上增强了脾脏的免疫功能，增加了机体的抗病能力^[23-24]，从而使机体的生长发育加快，这与犍牛生长性能指标的数据相对应。综上所述，采食高营养水平饲料可以提高机体免疫力，更有利于机体健康。

3.4 NFC/NDF 水平饲料对肉犍牛肉品质的影响

屠宰后，肌肉糖酵解是影响肌肉 pH 发生变化的重要因素，糖酵解意味着乳酸产量的增加，从而改变肌肉 pH^[25-26]。本试验中饲喂 NFC/NDF 水平逐渐降低(从 1.35 降至 0.80)的 4 种饲料，屠宰后犍牛肌肉的 pH 值在 6.30~6.50 之间，均在正常范围内且组间差异不显著，结合其他肉品质指标可以认为，犍牛肌肉品质未受到饲料 NFC 水平的影响，估计是由于屠宰后立刻对 pH 进行测定，并未让肌肉进行过多的糖酵解产酸过程，所以其 pH 组间差异不显著。饲养管理情况会对肉色产生影响^[27]，本试验中随饲料 NFC/NDF 水平的降低肌肉的亮度和红度 NFC/NDF 为 0.94 组最低，黄度 1.23 组最低，1.35 组各项指标均最高但与其他 3 组间无差异，说明饲料 NFC/NDF 水平尚未对肌肉的色泽产生影响。

嫩度主要由肌纤维的类型、结缔组织含量、肌浆蛋白含量以及化学结构所决定的^[28]。肉中脂肪的含量和肌纤维直径影响肌肉嫩度^[29]。系水率、剪切力和蒸煮损失是对肉嫩度的评价指标，本试验中饲

料 NFC/NDF 水平对其均无显著的影响，但呈现出随饲料中 NFC/NDF 水平的降低(由 1.35 降至 0.80)而升高的趋势，与陈代文等^[30]对育肥猪的研究结果一致。程光民等^[31]研究发现高精料组黑山羊的肉品质高于低精料组，则与本研究结果不一致。可能是因为试验动物品种的不同和生长阶段的不同有关造成了结果的差异。因此通过各种指标的综合分析，可以得出饲料 NFC/NDF 水平对肉品质并无影响的结论。

4 结论

在本研究条件下，采食 NFC/NDF 为 1.35 饲料的犍牛获得了最高 ADG 和较快的体斜长增长，且其脾脏质量和脾脏指数有所提高，而净肉率、屠宰率、其他各器官指数和肉品质指标不受到饲料 NFC/NDF 水平的影响。因此，NFC/NDF 为 1.35 的饲料不但可以提高 3~6 月龄犍牛的生长性能，有利于机体健康，同时对各组肉品质也无影响，更适合此阶段犍牛。

参考文献 References

- [1] NY/T 815-2004. 肉牛饲养标准[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2004
NY/T 815-2004. Beef cattle feeding standard[S]. Beijing: The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, 2004 (in Chinese)
- [2] Cao Y C, Gao Y, Xu M, Liu N N, Zhao X H, Liu C J, Liu Y, Yao J H. Effect of ADL to aNDF ratio and ryegrass particle length on chewing, ruminal fermentation, and in situ, degradability in goats[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2013, 186(1/2): 112-119
- [3] 刁其玉. 犍牛早期断奶新招[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006
Diao Q Y. *Calves Early Weaning New Recruit* [M]. Beijing: China's Agricultural Science and Technology Press, 2006 (in Chinese)
- [4] 赵彦光, 洪琼花, 谢萍, 胡清泉, 刘绍娜, 洪荣, 彭德林. 精料营养对云南半细毛羊屠宰性能及肉品质的影响[J]. *草业学报*, 2014, 23(2): 277-286
Zhao Y G, Hong Q H, Xie P, Hu Q Q, Liu S N, Hong R, Peng D L. Effects of diet nutritional on slaughter performances and meat quality of Yunnan semi-wool sheep[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(2): 277-286 (in Chinese)
- [5] 杨宏波, 刘红, 朱隆基, 陈银岳, 陈志远, 赵国琦. 不同 NDF 水平全价颗粒饲料对断奶公犍牛屠宰性能和组织器官发育的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2015, 20(2): 124-130

- Yang H B, Liu H, Zhu L J, Chen Y Y, Chen Z Y, Zhao G Q. Effects of the complete diet pellets with different NDF levels on slaughter traits and tissues and organs development of the weaned bull calves [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2015, 20(2): 124-130 (in Chinese)
- [6] 张立涛, 王金文, 李艳玲, 张立霞, 屠焰, 崔旭奎, 孟宪锋, 刁其玉. 35~50 kg 黑头杜泊羊×小尾寒羊 F1 代杂交羊饲料中适宜 NFC/NDF 比例研究[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(21): 4620-4632
- Zhang L T, Wang J W, Li Y L, Zhang L X, Tu Y, Cui X K, Meng X F, Diao Q Y. Research on proper dietary NFC/NDF ratio for 35-50 kg Dorper×Small Tail Han crossbred lambs [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(21): 4620-4632 (in Chinese)
- [7] 董红敏, 李玉娥, 林而达, 杨其长. 六氟化硫(SF₆)示踪法测定反刍动物甲烷排放的技术[J]. *中国农业气象*, 1996(4): 44-46
- Dong H M, Li Y E, Lin E D, Yang Q C. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using SF₆ tracer technique[J]. *Agricultural Meteorology*, 1996(4): 44-46 (in Chinese)
- [8] NY/T 2793-2015. 肉的食用品质客观评价方法[S]. 中华人民共和国农业部, 2015, 8, 1
- NY/T 2793-2015. The edible quality objective evaluation method of meat [S]. *The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China*, 2015, 8, 1 (in Chinese)
- [9] 吴秋珏, 徐廷生, 王玉琴, 黄定洲, 徐哲, 李秋菊, 袁小兵, 何要闯, 刘韬. 不同中性洗涤纤维与无氮浸出物比例饲料对肉牛增重及营养成分消化率的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2009, 41(11): 33-36
- Wu Q Y, Xu Y S, Wang Y Q, Huang D Z, Xu Z, Li Q J, Yuan X B, He Y C, Liu T. Different neutral detergent fiber and nitrogen free extract proportion fodder for beef weight and digestive rate of nutrients [J]. *Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2009, 41(11): 33-36 (in Chinese)
- [10] Castells L, Bach A, Araujo G, Montoro C, Terré M. Effect of different forage sources on performance and feeding behavior of Holstein calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 2012, 95(1): 286-293
- [11] 计成. 动物营养学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 3
- Ji C. *Animal Nutrition* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2008: 3 (in Chinese)
- [12] 邹思湘. 动物生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 8
- Zhou S X. *Animal Biochemistry* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005: 8 (in Chinese)
- [13] 禹爱兵, 王留香, 庄涛, 张建刚, 赵国琦. 不同 NDF/NFC 饲料对 3~6 月龄后备犊牛生长发育及营养物质消化代谢的影响[J]. *饲料工业*, 2012, 33(24): 44-48
- Yu A B, Wang L X, Zhuang T, Zhang J G, Zhao G Q. Different NDF/NFC fodder for 3-6 months backup calf growth and nutrient digestibility[J]. *Feed Industry*, 2012, 33(24): 44-48 (in Chinese)
- [14] Dibner J J, Richards J D, Kitchell M L, Quiroz M A, 刘芳, 王瑛. 影响鸡早期骨骼发育的因素[J]. *中国家禽*, 2010, 32(12): 47-50
- Dibner J J, Richards J D, Kitchell M L, Quiroz M A, Liu F, Wang Y. The factors influencing early chicken bone[J]. *China Poultry*, 2010, 32(12): 47-50 (in Chinese)
- [15] 徐平. 羔羊早期断奶应用研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008
- Xu P. Study on application of early weaning for lamb [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2008 (in Chinese)
- [16] Haddad S G, Husein M Q. Effect of dietary energy density on growth performance and slaughtering characteristics of fattening Awassi lambs [J]. *Livestock Production Science*, 2004, 87(2/3): 171-177
- [17] Haddad S G, Haddad S G. Effect of dietary forage: Concentrate ratio on growth performance and carcass characteristics of growing Baladi kids [J]. *Small Ruminant Research*, 2005, 57(1): 43-49
- [18] Dhanada J S. *Evaluation of Crossbred Goat and Sheep Production in the Tropics* [M]. London: Longman Group Ltd, 2001
- [19] 闫秋良, 金海国, 赵云辉, 马惠海. 不同精粗比全混合饲料对育肥羔羊屠宰性能及肉品质的影响[J]. *吉林农业科学*, 2010, 35(6): 43-45
- Yan Q L, Jin H G, Zhao Y H, Ma H H. Effects of different diet combinations on slaughter performance and meat quality of crossbred F1 from south africa mutton Merino×Northeast fine wool sheep [J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2010, 35(6): 43-45 (in Chinese)
- [20] 许贵善, 刁其玉, 纪守坤, 邓凯东, 姜成钢, 屠焰, 刘洁, 赵一广, 马涛, 楼灿. 不同饲喂水平对肉用绵羊生长性能、屠宰性能及器官指数的影响[J]. *动物营养学报*, 2012, 24(5): 953-960
- Xu G S, Diao Q Y, Ji S K, Deng K D, Jiang C G, Tu Y, Liu J, Zhao Y G, Ma T, Lou C. Effects of different feeding levels on growth performance, slaughter performance and organ indexes of mutton seep [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(5): 953-960 (in Chinese)
- [21] Baldwin R L, Mcleod K R, Klotz J L, Heitmann R N. Ruminal development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant [J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(1): E55-E65
- [22] Haye S N, Kornegay E T, Mahan D C. Antibody response and serum protein and immunoglobulin concentrations in pigs from sows fed different protein sequences during gestation and lactation [J]. *Journal of Animal Science*, 1981, 53(5): 1262-1268
- [23] 黄春玲, 黄瑞华, 孙钦伟, 李延森, 吴宝江, 邢军, 杨晓静, 陈军, 赵茹茜. 母猪极端低蛋白质饲料对仔猪脾脏生长发育及相关基因表达的影响[J]. *江苏农业学报*, 2011, 27(2): 313-319
- Huang C L, Huang R H, Sun Q W, Li Y S, Wu B J, Xin J, Yang X J, Chen J, Zhao Q R. Effect of extremely low protein diet to gilts on spleen growth and splenic expression of immunity-

- related genes of their offspring [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2011, 27(2): 313-319 (in Chinese)
- [24] Donovan S M. The Role of lactoferrin in gastrointestinal and immune development and function: A preclinical perspective [J]. *Journal of Pediatrics*, 2016, 173(S): S16-S28
- [25] Choe J H, Kim B C. Association of blood glucose, blood lactate, serum cortisol levels, muscle metabolites, muscle fiber type composition, and pork quality traits [J]. *Meat Science*, 2014, 97(2): 137-142
- [26] Bendall J R, Swatland H J. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality [J]. *Meat Science*, 1988, 24(2): 85-126
- [27] Wu W, Yu Q Q, Fu Y, Tian X J, Jia F, Li X M, Dai R T. Towards muscle-specific meat color stability of Chinese Luxi yellow cattle: A proteomic insight into post-mortem storage [J]. *Journal of Proteomics*, 2015, 147: 108-118
- [28] Joo S T, Kim G D, Hwang Y H, Ryu Y C. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics [J]. *Meat Science*, 2013, 95(4): 828-836
- [29] Liang R R, Zhu H, Mao Y W, Zhang Y M, Zhu L X, Cornforth D, Wang R H, Meng X Y, Luo X. Tenderness and sensory attributes of the longissimus lumborum muscles with different quality grades from Chinese fattened yellow crossbred steers [J]. *Meat Science*, 2015: 112
- [30] 陈代文, 张克英, 胡祖禹, 刘宗慧, 杨飞云, 刘作华. 营养水平及性别对生长育肥猪肉肉质性状发育规律的影响 [J]. *四川农业大学学报*, 2002, 20(1): 7-11
- Chen D W, Zhang K Y, Hu Z Y, Liu Z H, Yang F Y, Liu Z H. Influences of nutritional levels and sex on the development of pig meat traits [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2002, 20(1): 7-11 (in Chinese)
- [31] 程光民, 徐相亭, 刘洪波, 温华梅, 王宝亮, 刘珊珊. 不同精粗比饲粮对黑山羊屠宰性能和肉质品质的影响 [J]. *畜牧与兽医*, 2016, 48(1): 60-63
- Chen G M, Xu X T, Liu H B, Wen H M, Wang B L, Liu S S. Effects of daily rations on the slaughter performance and the meat quality in black goat [J]. *Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2016, 48(1): 60-63 (in Chinese)

责任编辑：杨爱东