

不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛育肥性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响

赵洋洋¹ 韩永胜² 李伟² 王晓玲³ 李建国¹ 高艳霞¹ 曹玉凤^{1*} 李秋凤^{1*}

(1.河北农业大学动物科技学院,保定 071001;2.黑龙江省畜牧研究所,齐齐哈尔 161000;

3.黑龙江奥耐尔牧业有限公司,齐齐哈尔 161000)

摘要: 本试验旨在研究不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛生长性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响。选取体重(197.07±11.11) kg 和体况相近的荷斯坦奶公牛 90 头,随机分为 3 组,每组 30 头,各组间平均体重差异不显著($P>0.05$)。试验分 3 个体重阶段(200~300 kg、300~400 kg、400~500 kg)进行。在每个体重阶段,Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组分别饲喂低、中和高蛋白质水平饲料。在同一体重阶段各组饲料能量水平相同,精粗比均为 90:10。试验期 193 d。结果显示:1) 试验各组各体重阶段及全期平均日增重(ADG)、干物质采食量(DMI)、可消化干物质采食量(DDMI)、DDMI/ADG 和 DMI/ADG 均差异不显著($P>0.05$)。2) 200~300 kg 体重阶段,Ⅰ组中性洗涤纤维(NDF)的表观消化率显著高于Ⅲ组($P<0.05$);300~400 kg 体重阶段,Ⅲ组粗蛋白质(CP)的表观消化率比Ⅰ组提高了 4.27%($P<0.05$),Ⅰ组的 NDF 表观消化率比Ⅱ、Ⅲ组分别提高了 16.06%和 10.42%($P<0.05$)。3) 200~300 kg 体重阶段,Ⅲ组 CP 消化量极显著高于Ⅰ组($P<0.01$);300~400 kg 体重阶段,各组间 CP 消化量差异极显著($P<0.01$),Ⅰ组 NDF 消化量显著高于Ⅱ、Ⅲ组($P<0.05$);400~500 kg 体重阶段及全期,各组间 CP 消化量差异极显著($P<0.01$)。4) 各体重阶段,血清生长激素(GH)含量随饲料蛋白质水平的升高有所增加,但各组间差异不显著($P>0.05$);200~300 kg 体重阶段,Ⅲ组血清甲状腺素(T_4)含量显著高于Ⅰ组($P<0.05$);300~400 kg 体重阶段,Ⅲ组血清葡萄糖(GLU)含量显著高于Ⅰ组($P<0.05$),Ⅱ、Ⅲ组血清谷草转氨酶(AST)活性比Ⅰ组分别提高了 8.63%和 10.98%($P<0.05$)。综合分析各项指标得出,在本试验条件下,6~12 月龄不同体重阶段奶公牛的饲料蛋白质水平建议值(干物质基础)如下:200~300 kg 体重阶段,饲料蛋白质水平为 15.00%;300~400 kg 体重阶段,饲料蛋白质水平为 15.00%;400~500 kg 体重阶段,饲料蛋白质水平为 14.00%。

关键词: 高精料饲料;蛋白质水平;奶公牛;育肥性能;养分表观消化率;血清生化指标

中图分类号:S823

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2019)07-3123-12

近年来,消费者对高品质牛肉的需求量越来越多。2016 年我国的牛肉产量为 717.0 万 t,而消

费量高达 767.3 万 t。加之近年来我国肉牛散户养殖的退出和母牛数量的减少,牛源危机愈演愈烈,

收稿日期:2019-01-10

基金项目:国家肉牛牦牛产业技术体系建设项目(CARS-37);公益性行业(农业)科研专项(201503134);河北省现代产业技术体系肉牛创新团队(HBCT2018130202)

作者简介:赵洋洋(1994—),男,四川绵阳人,硕士研究生,研究方向为反刍动物营养与饲料科学。E-mail: 743805968@qq.com

* 通信作者:曹玉凤,教授,硕士生导师,E-mail: cyf278@126.com;李秋凤,教授,硕士生导师,E-mail: lqf582@126.com

牛肉供不应求局面将持续^[1-2]。荷斯坦奶公犊具有增重快、饲料转化效率高和瘦肉率高等优点,逐渐受到人们的关注。同时,奶公犊资源丰富^[3],奶公犊育肥将成为弥补我国牛肉缺口的有效途径之一。

Muir 等^[4]研究发现,与放牧相比,用高精料饲料(70%精料,30%牧草青贮)饲喂安格斯阉牛能获得较高的平均日增重(ADG, 1.79 kg vs. 1.26 kg)。Sarturi 等^[5]报道,用高精料饲料(85%精料,15%玉米青贮)饲喂杂交阉牛,ADG 能达到 1.69 kg。同时,De Souza 等^[6]也报道,与饲喂含低水平瘤胃非降解蛋白质(RUP)的高精料饲料(80%精料)相比,含高水平 RUP 的高精料饲料(80%精料)能够显著增加肉用母犊牛的 ADG,降低了料重比。Sami 等^[7]研究发现,西门塔尔犊牛的 ADG 和 DMI 不受饲料蛋白质水平(12.4%、14.0%)的显著影响,但会增加粗蛋白质(CP)的摄入量。此外,夏传齐^[8]报道,生长期荷斯坦奶公牛的 ADG 以及饲料转化效率随饲料蛋白质水平(10.21%、12.35%、14.24%)的升高而增加。然而,基于高精料饲料的不同蛋白质水平对 6~12 月龄荷斯坦奶公牛直线育肥的研究未见报道。因此,本试验基于高精料饲料研究不同蛋白质水平对奶

公牛生长性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响,为奶公牛直线育肥不同阶段适宜的饲料蛋白质水平提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

本试验于 2017 年 12 月至 2018 年 7 月在黑龙江省齐齐哈尔市奥耐尔牧业有限公司进行。

1.2 试验动物

选择 90 头 6 月龄左右、体重在 197 kg 左右健康且体况接近的荷斯坦奶公牛为试验动物。

1.3 试验设计及分组

试验采用单因素完全随机区组设计,将 90 头荷斯坦奶公牛随机分为 3 组,每组 30 头,每组的平均体重和体况无显著差异($P>0.05$)。试验以 100 kg 体重为间隔划分为 3 个体重阶段(200~300 kg、300~400 kg、400~500 kg,体重阶段的划分为大致范围,实际操作中上下略有浮动)。在每个体重阶段,Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组分别饲喂低、中和高蛋白质水平的高精料饲料。在同一体重阶段各组饲料能量水平相同,精粗比均为 90:10。试验期 193 d。不同体重阶段 3 组试验牛的高精料饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 高精料饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of high concentrate diets (DM basis)

%

项目 Items	200~300 kg			300~400 kg			400~500 kg		
	Ⅰ组 Group I	Ⅱ组 Group II	Ⅲ组 Group III	Ⅰ组 Group I	Ⅱ组 Group II	Ⅲ组 Group III	Ⅰ组 Group I	Ⅱ组 Group II	Ⅲ组 Group III
原料 Ingredients									
蒸汽压片玉米 Steam-flaked corn	55.00	55.00	55.00	60.00	60.00	60.00	65.00	65.00	65.00
玉米 Corn	3.20	1.70		3.50	2.00		3.50	2.00	
麸皮 Bran	0.80	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
豆粕 Soybean meal	8.20	12.00	16.20	8.00	12.00	15.60	7.00	11.11	14.70
干酒糟及其可溶物 DDGS	10.30	8.81	6.70	7.00	5.16	3.70	4.00	2.60	3.00
胚芽粕 Germ meal	8.81	8.00	7.61	6.66	6.00	5.86	5.81	4.60	2.61
糖蜜 Syrup	0.35	0.35	0.35	0.40	0.40	0.40	0.35	0.35	0.35
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.45	0.50	0.55	0.45	0.50	0.55	0.45	0.50	0.54
石粉 Limestone	0.95	0.90	0.85	1.05	1.00	0.95	0.95	0.90	0.86
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
小苏打 NaHCO ₃	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
预混料 Premix ¹⁾	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
脱霉剂 Mould inhibitor	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
羊草 Guinea grass	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

续表 1

项目 Items	200~300 kg			300~400 kg			400~500 kg		
	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III
营养水平 Nutrient levels ²⁾									
综合净能 NE _{mf} /(MJ/kg)	7.05	7.05	7.05	7.10	7.10	7.10	7.16	7.16	7.16
粗蛋白质 CP	14.05	15.00	16.04	13.03	14.01	15.00	12.01	13.01	14.00
钙 Ca	0.61	0.61	0.61	0.65	0.65	0.65	0.61	0.61	0.61
磷 P	0.44	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	0.38	0.38	0.38
中性洗涤纤维 NDF	22.33	21.70	21.02	20.71	20.02	19.61	19.52	18.80	18.39
酸性洗涤纤维 ADF	9.41	9.32	9.23	8.77	8.67	8.66	8.28	8.17	8.12

¹⁾ 预混料为每千克饲料干物质提供 The premix provided the following per kg dry matter of diets: VA 4 000 IU, VD₃ 500 IU, VE 40 IU, Fe 30 mg, Cu 10 mg, Mn 40 mg, Zn 40 mg, Co 0.1 mg, I 0.4 mg, Se 0.3 mg。

²⁾ 饲料的综合净能为各原料的综合净能^[9]分别乘以各自在饲料中所占的比例,再相加求和,其余营养水平为实测值。NE_{mf} was a calculated value, which was the sum of NE_{mf}^[9] of ingredients multiplied by their percentages in the diets, while the other nutrient levels were measured values.

1.4 饲养管理

3 组奶公牛的饲养管理条件一致。试验牛分群圈养,每圈 10 头,每组 3 圈,自由活动。每天在 07:00 和 14:00 各饲喂 1 次,各组羊草直接饲喂,除蒸汽压片玉米外,其他精料原料制粒后,再和蒸汽压片玉米混合后饲喂。自由采食和饮水,水质保持清洁。试验开始前对牛舍进行彻底清理和消毒,并对试验牛进行驱虫、疫苗注射等。每天打扫食槽、牛舍,保持牛舍的干燥与卫生。每 15 d 对牛舍进行 1 次消毒。

1.5 样品采集

1.5.1 饲料采集

在试验的每个阶段均采集饲料样品,并用四分法分装保存,用于测定样品中的常规营养成分含量。

1.5.2 粪样采集

每个体重阶段结束前,从每个试验组中随机选取 5 头牛,连续 3 d 在 08:00、10:00、14:00 及 16:00 直肠采粪,每头牛每天收集 600 g 粪样,混匀后均分成 2 份,其中一份粪样按每 100 g 加入 20 mL 浓度为 4.5 mol/L 的 H₂SO₄ 处理,于 -20 ℃ 保存,用于测定 CP 含量。另一份不加酸放入自封样品袋中用于测定其他常规养分含量。采集的粪样最终放入烘箱中 65 ℃ 烘 48 h,室温回潮 24 h。加酸粪样直接过 40 目筛,不加酸粪样的 1/2 过 40 目筛,另 1/2 过 10 目筛,分别放于封口袋中保存。

1.5.3 血样的采集

每个体重阶段试验结束前,每个试验组随机

选取 5 头牛,早晨空腹颈静脉采血 25 mL,37 ℃ 水浴 30 min,然后 1 240×g 离心 15 min,将上层血清分别分装于 0.5 mL 的离心管中,保存于 -20 ℃ 冰箱中,用于测定生化指标。

1.6 指标测定

1.6.1 育肥性能的测定

预试期、正试期每个体重阶段开始及结束时,试验牛均在早晨空腹进行称重,计算出试验牛各体重阶段的 ADG。正试期内每隔 15 d,连续 3 d 测定各组试验牛的干物质采食量(DMI),最后利用 ADG、DMI 和可消化干物质采食量(DDMI)分别计算出 DMI/ADG 和 DDMI/ADG。

1.6.2 养分表观消化率和消化量的测定

饲料和粪样中干物质(DM)含量参照国家标准 GB/T 6435—2014^[10]采用烘干恒重法测定水分含量后计算得出;钙(Ca)含量参照国家标准 GB/T 6436—2002^[11]采用高锰酸钾法测定;磷(P)含量参照国家标准 GB/T 6437—2002^[12]采用钼黄分光光度法测定;粗脂肪(EE)含量参照国家标准 GB/T 6433—2006^[13]采用索氏提取法测定;CP 含量参照国家标准 GB/T 6432—1994^[14]采用凯氏定氮法,并使用半自动凯氏定氮仪(Kjeltec 8400,丹麦 FOSS 公司)测定;中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量参照国家标准 GB/T 20806—2006^[15]及农业行业标准 NY/T 1459—2007^[16]采用范氏法,并使用全自动纤维仪(ANKOM A2000i,美国 ANKOM 科技公司)测定。

以盐酸不溶灰分(AIA)作为指示剂,依据

GB/T 23742—2009《饲料中盐酸不溶灰分的测定》测定 AIA 含量。采用内源指示剂方法计算养分表观消化率:

$$\text{某养分表观消化率}(\%) = [(a/c - b/d) / (a/c)] \times 100.$$

式中: a 为饲料中该养分的含量(%); b 为粪中该养分的含量(%); c 为饲料中 AIA 的含量(%); d 为粪中 AIA 的含量(%).

养分消化量的计算参考韦如葵等^[17]的方法, 具体公式如下:

$$\text{某养分消化量}(\text{kg}) = \text{该养分采食量}(\text{kg}) \times \text{该养分表观消化率}(\%).$$

1.6.3 血清生化指标测定

血清中尿素氮(UN)、总胆固醇(TC)、生长激素(GH)、甲状腺素(T_4)、谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)含量使用酶联免疫吸附试验(ELISA)试剂盒(中生北控生物科技有限公司), 在酶标仪(Power Wave XS2, 香港基因有限公司)上测定。血清中葡萄糖(GLU)含量采用半自动生

化仪(Microlab-300, 荷兰威图公司), 并按照中生北控生物公司所提供试剂盒说明书测定。

1.7 数据统计处理

试验数据采用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析, 并采用 Duncan 氏法进行组间多重比较。试验结果用平均值和均值标准误(SEM)表示, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶牛育肥性能的影响

由表 2 可知, 试验各体重阶段及全期 ADG、DMI、DDMI、DMI/ADG 和 DDMI/ADG 差异不显著($P > 0.05$)。从 DDMI/ADG 看, 200~300 kg 体重阶段以 II 组最低, 在其他体重阶段和试验全期均以 III 组最低。试验各组随着体重增加 ADG 均逐渐降低, 而 DMI、DDMI、DMI/ADG 和 DDMI/ADG 则逐渐提高。

表 2 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶牛育肥性能的影响

Table 2 Effects of high concentrate diets with different protein levels on fattening performance of Holstein bulls

体重阶段 Weight stages	项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
		I	II	III		
200~300 kg	初重 Initial weight/kg	197.30	197.12	196.78	3.185	0.986
	末重 Final weight/kg	304.48	307.60	307.64	4.961	0.766
	平均日增重 ADG/kg	2.06	2.12	2.13	0.064	0.476
	干物质采食量 DMI/kg	5.71	5.80	5.81	0.351	0.949
	可消化干物质采食量 DDMI/kg	4.96	5.04	5.09	0.306	0.906
	可消化干物质采食量/平均日增重 DDMI/ADG	2.41	2.38	2.39	0.145	0.979
	干物质采食量/平均日增重 DMI/ADG	2.77	2.74	2.73	0.166	0.964
300~400 kg	初重 Initial weight/kg	304.48	307.60	307.64	4.961	0.766
	末重 Final weight/kg	399.48	403.20	406.44	5.881	0.499
	平均日增重 ADG/kg	1.48	1.49	1.54	0.053	0.492
	干物质采食量 DMI/kg	7.17	7.26	7.39	0.150	0.377
	可消化干物质采食量 DDMI/kg	5.90	5.95	6.14	0.124	0.199
	可消化干物质采食量/平均日增重 DDMI/ADG	4.00	3.99	3.97	0.081	0.952
	干物质采食量/平均日增重 DMI/ADG	4.84	4.88	4.80	0.099	0.764
400~500 kg	初重 Initial weight/kg	399.48	403.20	406.44	5.881	0.499
	末重 Final weight/kg	500.36	503.36	512.72	8.435	0.317
	平均日增重 ADG/kg	1.31	1.30	1.38	0.071	0.474
	干物质采食量 DMI/kg	7.61	7.91	7.95	0.391	0.659
	可消化干物质采食量 DDMI/kg	6.77	7.04	7.15	0.349	0.572
	可消化干物质采食量/平均日增重 DDMI/ADG	5.18	5.42	5.17	0.121	0.149
	干物质采食量/平均日增重 DMI/ADG	5.81	6.08	5.76	0.293	0.536

续表 2

体重阶段 Weight stages	项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
		I	II	III		
全期 Whole period	初重 Initial weight/kg	197.30	197.12	196.78	3.185	0.986
	末重 Final weight/kg	500.36	503.36	512.72	8.435	0.317
	平均日增重 ADG/kg	1.57	1.59	1.64	0.037	0.179
	干物质采食量 DMI/kg	6.83	6.99	7.05	0.210	0.578
	可消化干物质采食量 DDMI/kg	5.87	6.01	6.13	0.181	0.437
	可消化干物质采食量/平均日增重 DDMI/ADG	3.74	3.78	3.73	0.114	0.919
	干物质采食量/平均日增重 DMI/ADG	4.36	4.40	4.31	0.053	0.280

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$), 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 ($P < 0.05$), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ($P < 0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$). The same as below.

2.2 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛养分表观消化率的影响

由表 3 可知, 200~300 kg 体重阶段, I 组 NDF 表观消化率比 III 组提高了 8.07% ($P < 0.05$); 试验各组 DM、CP、EE、ADF、Ca 和 P 的表观消化率差异不显著 ($P > 0.05$)。300~400 kg 体重阶段, 与 I 组相比, III 组的 CP 表观消化率提高了 4.27% ($P < 0.05$); I 组的 NDF 表观消化率比 II、III 组分别提高了 16.06% 和 10.42% ($P < 0.05$); 饲料蛋白

质水平对 DM、EE、ADF、Ca 和 P 的表观消化率无显著影响 ($P > 0.05$)。400~500 kg 体重阶段, 试验各组 DM、CP、EE、NDF、ADF、Ca 和 P 的表观消化率无显著差异 ($P > 0.05$)。试验全期, I 组的 NDF 的表观消化率比 II、III 组分别提高了 6.14% 和 6.00% ($P < 0.05$); 饲料蛋白质水平对 DM、CP、EE、ADF、Ca 和 P 的表观消化率无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 3 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛养分表观消化率的影响

Table 3 Effects of high concentrate diets with different protein levels on nutrient apparent digestibility of Holstein bulls

体重阶段 Weight stages	项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
		I	II	III		
200~300 kg	干物质 DM	86.86	86.84	87.67	0.946	0.618
	粗蛋白质 CP	84.83	85.91	86.22	1.206	0.506
	粗脂肪 EE	91.86	91.24	91.59	1.428	0.912
	中性洗涤纤维 NDF	69.93 ^a	67.67 ^{ab}	64.71 ^b	1.632	0.019
	酸性洗涤纤维 ADF	69.21	66.47	64.19	2.151	0.144
	钙 Ca	69.06	69.59	69.89	2.407	0.941
	磷 P	80.30	77.33	81.44	2.462	0.277
300~400 kg	干物质 DM	82.26	81.90	83.03	0.652	0.287
	粗蛋白质 CP	79.22 ^b	79.83 ^{ab}	82.60 ^a	1.382	0.037
	粗脂肪 EE	90.44	88.38	91.03	1.309	0.111
	中性洗涤纤维 NDF	56.67 ^a	48.83 ^b	51.32 ^b	2.119	0.026
	酸性洗涤纤维 ADF	54.19	47.52	48.94	3.240	0.177
	钙 Ca	59.68	60.61	61.36	2.663	0.826
	磷 P	76.94	73.11	75.23	2.254	0.284

续表 3

体重阶段 Weight stages	项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
		I	II	III		
400~500 kg	干物质 DM	88.95	89.03	89.86	0.883	0.484
	粗蛋白质 CP	87.16	86.74	87.65	0.933	0.631
	粗脂肪 EE	93.75	92.79	92.56	1.030	0.496
	中性洗涤纤维 NDF	70.51	69.20	69.92	2.694	0.891
	酸性洗涤纤维 ADF	69.00	67.80	68.84	2.658	0.890
	钙 Ca	65.02	66.15	66.81	1.984	0.677
	磷 P	74.61	68.10	72.72	3.745	0.255
	干物质 DM	86.02	85.93	86.85	0.538	0.221
	粗蛋白质 CP	83.73	84.16	85.49	1.050	0.292
全期 Whole period	粗脂肪 EE	92.18	90.80	91.73	0.710	0.184
	中性洗涤纤维 NDF	65.70 ^a	61.90 ^b	61.98 ^b	1.400	0.038
	酸性洗涤纤维 ADF	64.13	61.08	61.90	1.633	0.233
	钙 Ca	64.59	65.45	66.02	1.249	0.548
	磷 P	77.28	72.85	76.46	1.952	0.105

2.3 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛养分消化量的影响

由表 4 可知,200~300 kg 体重阶段,试验 III 组 CP 消化量极显著高于 I 组 ($P<0.01$); 试验各组 DM、EE、NDF、ADF、Ca 和 P 消化量差异不显著 ($P>0.05$)。300~400 kg 体重阶段,CP 消化量随饲料蛋白质水平的升高而增加,且 3 组间呈极显著差异 ($P<0.01$); I 组 NDF 消化量比 II、III 组分别增加了 18.46% 和 13.05% ($P<0.05$); DM、EE、

ADF、Ca 和 P 消化量不受饲料蛋白质水平的显著影响 ($P>0.05$)。400~500 kg 体重阶段,3 组间 CP 消化量差异极显著 ($P<0.01$),而其余各养分消化量差异不显著 ($P>0.05$)。试验全期,III 组 CP 消化量最大,分别比 I、II 组增加了 17.60% 和 10.13% ($P<0.01$); 同时,III 组 NDF 消化量显著低于 I 组 ($P<0.05$),而 DM、EE、ADF、Ca 和 P 消化量组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 4 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛养分消化量的影响

Table 4 Effects of high concentrate diets with different protein levels on nutrient digestion of Holstein bulls g/d

体重阶段 Weight stages	项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
		I	II	III		
200~300 kg	干物质 DM	4 955.60	5 036.70	5 091.40	305.57	0.906
	粗蛋白质 CP	679.99 ^{Bb}	747.41 ^{ABab}	803.16 ^{Aa}	29.138	0.006
	粗脂肪 EE	188.15	184.16	173.40	11.084	0.439
	中性洗涤纤维 NDF	890.90	851.69	789.94	51.481	0.222
	酸性洗涤纤维 ADF	371.56	359.30	344.10	21.810	0.493
	钙 Ca	24.03	24.62	24.76	1.487	0.877
	磷 P	20.16	20.18	21.28	1.246	0.613
	干物质 DM	5 896.60	5 949.80	6 139.90	123.76	0.199
	粗蛋白质 CP	739.93 ^C	812.50 ^B	899.43 ^A	24.712	0.002
300~400 kg	粗脂肪 EE	256.08	243.98	243.01	5.025	0.072
	中性洗涤纤维 NDF	841.29 ^a	710.18 ^b	744.20 ^b	37.013	0.029
	酸性洗涤纤维 ADF	340.67	299.31	313.40	18.348	0.152
	钙 Ca	27.81	28.62	29.49	2.688	0.827
	磷 P	22.61	21.78	22.81	0.461	0.136

续表 4

体重阶段 Weight stages	项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
		I	II	III		
400~500 kg	干物质 DM	6 773.00	7 041.70	7 148.20	349.090	0.572
	粗蛋白质 CP	813.91 ^C	924.58 ^B	944.98 ^A	22.863	0.003
	粗脂肪 EE	246.99	240.72	240.77	12.004	0.839
	中性洗涤纤维 NDF	1 048.01	1 028.97	1 022.86	51.111	0.879
	酸性洗涤纤维 ADF	435.03	438.12	444.66	21.842	0.905
	钙 Ca	30.20	31.92	32.42	1.578	0.396
	磷 P	21.59	20.47	21.98	1.057	0.390
	干物质 DM	5 874.60	6 007.70	6 125.00	181.33	0.437
全期 Whole period	粗蛋白质 CP	755.72 ^C	806.99 ^B	888.74 ^A	12.946	0.001
	粗脂肪 EE	231.04	221.55	216.72	6.755	0.179
	中性洗涤纤维 NDF	935.51 ^a	872.88 ^{ab}	859.79 ^b	26.918	0.030
	酸性洗涤纤维 ADF	386.28	369.40	370.90	11.350	0.328
	钙 Ca	27.50	28.52	29.02	0.857	0.268
	磷 P	21.64	21.05	22.29	0.653	0.245

2.4 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛血清生化指标的影响

由表 5 可知,200~300 kg 体重阶段,Ⅲ组血清 T₄ 含量显著高于 I 组 ($P<0.05$);各组血清 GLU、UN、TC、GH、AST 和 ALT 含量均无显著差异 ($P>0.05$)。300~400 kg 体重阶段,Ⅲ组血清 GLU 含量较 I 组提高了 16.82% ($P<0.05$);Ⅱ、Ⅲ组血清 AST 含量较 I 组分别提高了 8.63% 和 10.98% ($P<$

0.05);随着饲料蛋白质水平的升高,血清 UN 含量有所降低,血清 GH 与 T₄ 含量略微增加,但 3 者组间皆无显著差异 ($P>0.05$);饲料蛋白质水平对血清 TC 和 ALT 含量无显著影响 ($P>0.05$)。400~500 kg 体重阶段,饲料蛋白质水平对血清 GLU、UN、TC、GH、T₄、AST 和 ALT 含量均无显著影响 ($P>0.05$)。

表 5 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛血清生化指标的影响

Table 5 Effects of high concentrate diets with different protein levels on serum biochemical indices of Holstein bulls

项目 Items	体重阶段 Weight stages	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
		I	II	III		
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	200~300 kg	5.15	5.20	5.83	0.478	0.329
	300~400 kg	4.22 ^b	4.32 ^{ab}	4.93 ^a	0.286	0.027
	400~500 kg	3.13	3.08	3.11	0.398	0.994
	平均 Average	4.17	4.20	4.63	0.951	0.868
尿素氮 UN/(mmol/L)	200~300 kg	11.40	11.34	11.85	0.532	0.594
	300~400 kg	10.65	10.18	9.77	0.536	0.307
	400~500 kg	10.73	11.00	10.48	0.777	0.803
	平均 Average	10.93	10.84	10.70	0.604	0.932
总胆固醇 TC/(nmol/L)	200~300 kg	10.16	9.84	9.86	0.391	0.655
	300~400 kg	10.39	10.87	10.68	0.520	0.667
	400~500 kg	12.79	13.04	12.42	0.640	0.630
	平均 Average	11.12	11.25	10.98	1.202	0.976
谷丙转氨酶 ALT/(ng/mL)	200~300 kg	8.52	8.82	7.79	0.614	0.264
	300~400 kg	8.93	9.59	7.96	0.720	0.116
	400~500 kg	10.11	10.65	9.78	1.207	0.771
	平均 Average	9.19	9.69	8.51	0.781	0.379

续表 5

项目 Items	体重阶段 Weight stages	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
		I	II	III		
谷草转氨酶 AST/(ng/mL)	200~300 kg	8.43	8.49	8.33	0.184	0.698
	300~400 kg	7.65 ^b	8.31 ^a	8.49 ^a	0.257	0.037
	400~500 kg	7.65	7.60	7.81	0.393	0.861
	平均 Average	7.91	8.13	8.21	0.349	0.688
生长激素 GH/(μ g/L)	200~300 kg	22.23	24.08	24.89	1.178	0.122
	300~400 kg	14.45	14.60	14.84	0.863	0.899
	400~500 kg	14.78	14.79	14.94	0.784	0.972
	平均 Average	17.15	17.82	18.23	0.949	0.553
甲状腺素 T ₄ /(μ g/L)	200~300 kg	76.99 ^b	81.81 ^{ab}	82.69 ^a	2.065	0.033
	300~400 kg	82.70	83.97	84.45	2.145	0.711
	400~500 kg	100.30	99.71	102.56	1.901	0.332
	平均 Average	86.66	88.50	89.90	1.941	0.318

3 讨论

3.1 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛育肥性能的影响

对于犊牛及育成牛来说,蛋白质营养对尤为重要,在不同的生长育肥阶段,饲料蛋白质水平的适宜与否将影响其采食量、生长速率及饲料转化效率。

本试验中,200~300 kg 体重阶段,Ⅲ组 ADG、DMI 与Ⅱ组几乎无差异,而Ⅱ组 DDMI/ADG 最低,说明此阶段Ⅱ组饲料蛋白质水平已经能够满足生长需要,进一步提高饲料蛋白质水平不能有效地促进奶公牛的生长,反而可能会降低饲料转化效率及生长速率。Gleghorn 等^[18]研究也证实,给杂交育肥阉牛饲喂不同蛋白质水平(11.5%、13.0%、14.5%)的谷物饲料时,当饲料蛋白质水平超过 13%时,ADG 反而降低。

刘爽^[19]通过研究饲料能量、蛋白质水平对架子牛生产性能的影响发现,N 组(蛋白质水平为 17.00%) ADG 最高,但 I 组(蛋白质水平为 14.99%)、M 组(蛋白质水平为 15.99%)和 N 组(蛋白质水平为 17.00%)的 ADG 差异不显著。上述报道与本试验结果一致,本试验后 2 个体重阶段及全期,奶公牛 ADG、DMI 随饲料蛋白质水平的升高而有所增加,但差异不显著。同时,试验各组的 DMI/ADG 和 DDMI/ADG 差异也皆不显著,但均以Ⅲ组最低,说明在这些阶段内,Ⅲ组的饲料转化效率最高,说明在满足饲料能量需求的前提

下,适当提高饲料蛋白质水平在一定程度上能够促进动物生长,在后 2 个体重阶段高蛋白质能量比饲料更适合荷斯坦奶公牛育肥。然而, Van Dung 等^[20]在通过提高精料中蛋白质水平及精料水平改善育肥牛育肥性能的研究中发现,随着蛋白质水平由 10% 提高到 19%,试验牛的 ADG 呈显著性增加,这与本试验结果不太一致。不同试验结果的差异可能与试验牛的品种、育肥阶段、环境和饲料蛋白质水平不同有关,其机理尚需进一步探讨。

3.2 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛养分消化利用的影响

饲料养分消化量和表观消化率能够反映营养物质成在动物机体内消化利用的状态。Yuangklang 等^[21]、Chantiratikul 等^[22]研究发现,ADF 和 EE 的表观消化率不受饲料蛋白质水平的显著影响。王定发等^[23]报道,随着饲料蛋白质水平的升高,各养分表观消化率无显著变化。这些结果均与本试验研究结果相一致,即 EE、ADF、Ca 和 P 的消化量及表观消化率不受饲料蛋白质水平的显著影响。然而,本试验中 Ca、P 的表观消化率略高于上述文献报道值,可能是试验饲料中蒸汽压片玉米比例较高,促进了瘤胃微生物生长,从而使瘤胃中植酸酶的量及活性增加,导致奶公牛对高精料饲料中植酸磷的消化吸收增加,这与陈涛^[24]的研究结果一致。同时,Ca、P 在机体内的相互作用受相同的途径调控^[25]。因此,Ca 的表观消化率也随奶公牛消化代谢的增强而提高。除此之

外,还可能与本试验中试验饲料的适宜钙磷比例和维生素 D 含量促进了饲料中钙、磷的吸收有关。

Ghorbani 等^[26]研究发现,CP 表观消化率随饲料中蛋白质水平(19.5%、21.4%和 23.4%)的升高而显著提高。同时,王春昕等^[27]也报道,随饲料蛋白质水平的升高,CP 的表观消化率显著增加。上述研究结果与本试验结果一致,在 300~400 kg 体重阶段,Ⅲ组 CP 的表观消化率显著高于 I 组,且Ⅲ组 CP 的消化量极显著高于 I、II 组,说明提高饲料蛋白质水平促进了奶公牛对 CP 的消化利用。而在 200~300 kg 体重阶段,试验各组间 CP 表观消化率无显著差异,且Ⅲ组 CP 的消化量比 I 组极显著高出 18.11%,但与 II、III 组差异不显著。这可能是本阶段中饲料蛋白质水平已经能够满足奶公牛的需要,继续提高蛋白质水平可能会造成蛋白质的浪费。在试验其余体重阶段及全期,Ⅲ组 CP 表观消化率最大,但组间差异不显著,而Ⅲ组 CP 消化量极显著高于 I、II 组,说明在这些阶段高蛋白质水平饲料能够促进 CP 的消化吸收。但也有研究结果与本试验结果不一致,尹福泉等^[28]认为,CP 的表观消化率随着饲料蛋白质水平的升高呈现出下降趋势。这可能是由于饲料的组成结构差异所导致,本试验中所用试验饲料的精料比例较大,饲料过瘤胃速度加快,过瘤胃蛋白质的含量增多,增加了后肠道对蛋白质的吸收利用,这也可能是造成了Ⅲ组 CP 的消化量极显著高于 I 组的原因。

本试验中,在 200~300 kg 体重阶段,I 组 NDF 的表观消化率显著高于Ⅲ组;在 300~400 kg 体重阶段及全期,I 组 NDF 的表观消化率显著高于 II、III 组。这与 Colmenero 等^[29]研究结论相似,随着饲料蛋白质水平从 13.5% 提高到 15.0% 时,NDF 的表观消化率显著升高,但当蛋白质水平继续增加(15.0%、16.5%、17.9%),NDF 的表观消化率反而降低。这可能是由于随着饲料蛋白质水平的增加,瘤胃可降解蛋白质的水平相对增加,纤维分解菌的活性降低,瘤胃外流速度加快,导致 NDF 的表观消化率下降。Javaid 等^[30]的研究证实,随着饲料中瘤胃可降解蛋白质水平的增加,NDF 表观消化率呈线性降低。除此之外,精料 DMI 的增加也有可能导致 NDF 表观消化率的降低。Ba 等^[31]的研究结果也证实了这一点。但是,本试验中 400~500 kg 体重阶段饲料蛋白质水平对 NDF

的表观消化率没有显著影响,这可能是本阶段饲料蛋白质水平对瘤胃 pH 及纤维分解菌活性无显著影响所致,详细机制有待进一步研究。

3.3 不同蛋白质水平高精料饲料对荷斯坦奶公牛血清生化指标的影响

血清生化指标的变化反映着动物机体健康、营养水平以及机体代谢状态。 T_4 与 GH 能够协同促进动物的生长发育,还能够促进动物体产热以及营养物质的合成与分解。本试验中,在 200~300 kg 体重阶段,Ⅲ组血清 T_4 含量显著高于 I 组,II、III 组之间差异不显著,血清 GH 含量随蛋白质水平的升高有所增加;试验其余阶段及全期,与 I 组相比,Ⅲ组血清 T_4 和 GH 含量有所增加,但差异不显著。这与李春芳等^[32]的研究结果相似,这可能是由于提高饲料蛋白质水平增加了机体内蛋白质的合成代谢,从而增加了体内 GH 和 T_4 的合成与分泌,进而促进了奶公牛生长与体重增加。

GLU 是动物机体代谢、生长及发育所需的主要能源。反刍动物机体内 GLU 的来源主要分为 2 条途径,首先是通过糖异生途径产生,约占 85%;其次是通过消化道吸收,约占 15%^[33]。本研究表明,在 200~300 kg 体重阶段,血清 GLU 含量随饲料蛋白质水平的升高而略微上升;而在 300~400 kg 体重阶段,II、III 组血清 GLU 含量显著高于 I 组,但 II、III 组之间差异不显著。前者,可能是因为随着饲料蛋白质水平的升高,机体将多余的蛋白质分解为氨基酸,最后由氨基酸转化成了 GLU,导致血清中 GLU 含量有所升高。而后者,可能是由于 I 组饲料蛋白质水平不能满足试验牛的生长需求,所以血清中 GLU 含量稍低于 II、III 组,这与李晓蒙^[34]得出的低能量低蛋白质饲料组荷斯坦奶公牛血清中 GLU 含量低于高能量高蛋白质饲料组的结果相一致。

ALT 和 AST 与动物蛋白质代谢、肝脏功能密切相关,动物机体蛋白质代谢水平增加或者肝脏功能受损都会导致血液中二者的活性或含量升高^[35-36]。本试验中,在 300~400 kg 体重阶段,II、III 组血清 AST 含量显著高于 I 组,以 III 组含量最高且 II、III 组之间差异不显著,而其余体重阶段及全期的血清 AST 含量各组之间差异不显著,但均在正常生理范围内。同时,本试验中饲料蛋白质水平对血清中 ALT 含量无显著影响,这与刘爽^[19]、李妍等^[37]的研究结论相似。这说明本试验

所设定的饲料蛋白质水平在奶公牛正常的承受范围之内,没有因为饲料蛋白质水平过高而对肝脏造成损伤,而是提高了奶公牛合成蛋白质的能力,促进了奶公牛的生长。并且,本试验中各体重阶段血清 UN、TC 含量随饲料蛋白质水平变化无显著差异,这在一定程度上也从侧面应证了这一点,说明本试验中各组各体重阶段的饲料能量蛋白质比适宜,减少了氮的损失,提高了饲料氮的利用。

4 结论

在本试验条件下,提高饲料蛋白质水平促进了饲料中蛋白质的消化吸收,改善了奶公牛的育肥性能。综合各项指标,在本试验条件下,对6~12月龄奶公牛直线育肥时,各体重阶段饲料蛋白质水平建议值(DM基础)如下:200~300 kg 体重阶段,饲料蛋白质水平为 15.00%;300~400 kg 体重阶段,饲料蛋白质水平为 15.00%;400~500 kg 体重阶段,饲料蛋白质水平为 14.00%。

参考文献:

- [1] 赵翠卿.我国养牛业发展现状及前景展望[J].北方牧业,2013(18):14,17.
- [2] 赵晓川,王嘉博,亓美玉.奶公犊生产业的发展现状[J].饲料广角,2013(24):40-43.
- [3] 李秋凤,杜柳柳,曹玉凤,等.中国荷斯坦奶公牛肉用研究进展[J].畜牧与兽医,2017,49(8):138-141.
- [4] MUIR P D, SMITH N B, WALLACE G J, et al. The effect of short-term grain feeding on live weight gain and beef quality[J]. New Zealand Journal of Agricultural Research, 1998, 41(4): 517-526.
- [5] SARTURI J O, ERICKSON G E, KLOPFENSTEIN T J, et al. Effect of sulfur content in wet or dry distillers grains fed at several inclusions on cattle growth performance, ruminal parameters, and hydrogen sulfide[J]. Journal of Animal Science, 2013, 91(10): 4849-4860.
- [6] DE SOUZA DUARTE M, PAULINO P V R, DE CAMPOS VALADARES FILHO S, et al. Performance and meat quality traits of beef heifers fed with two levels of concentrate and ruminally undegradable protein[J]. Tropical Animal Health and Production, 2011, 43(4): 877-886.
- [7] SAMI A S, SCHUSTER M, SCHWARZ F J. Performance, carcass characteristics and chemical composition of beef affected by lupine seed, rapeseed meal and soybean meal[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2010, 94(4): 465-473.
- [8] 夏传齐.营养水平对荷斯坦奶公牛生长性能、血液生化指标、瘤胃发酵、屠宰性能及肉品质的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2018.
- [9] 中华人民共和国农业部.NY/T 815—2004 肉牛饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2004.
- [10] 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—2014 饲料中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 6436—2002 饲料中钙的测定[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 6437—2002 饲料中总磷的测定 分光光度法[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [13] 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.
- [14] 国家技术监督局.GB/T 6432—1994 饲料中粗蛋白测定[S].北京:中国标准出版社,1994.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 韦如葵,赖志强,黄新肖.利用可消化干物质评定牧草饲用价值[J].广西畜牧兽医,1995,11(3):7-9.
- [18] GLEGHORN J F, ELAM N A, GALYEAN M L, et al. Effects of crude protein concentration and degradability on performance, carcass characteristics, and serum urea nitrogen concentrations in finishing beef steers[J]. Journal of Animal Science, 2004, 82(9): 2705-2717.
- [19] 刘爽.日粮能量、蛋白水平对架子牛生产性能和血液指标的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2016.
- [20] VAN DUNG D, BA N X, VAN N H, et al. Practice on improving fattening local cattle production in Vietnam by increasing crude protein level in concentrate and concentrate level[J]. Tropical Animal Health and Production, 2013, 45(7): 1619-1626.
- [21] YUANGKLANG C, VASUPEN K, WONGSUTHAVAS S, et al. Effect of protein level on nutrient digestibility and nitrogen utilization in beef cattle[J]. Journal of Animal and Veterinary Advances, 2010, 9(12):

- 1776-1779.
- [22] CHANTIRATIKUL A, CHUMPAWADEE S, KANCHANAMAYOON W, et al. Effect of dietary protein on nutrient digestibility and nitrogen metabolism in Thai-indigenous heifers [J]. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2009, 8(2): 297-300.
- [23] 王定发, 周璐丽, 李茂, 等. 日粮营养水平对海南黑山羊肥育羔羊日粮养分表观消化率的影响[J]. *家畜生态学报*, 2013, 34(6): 26-29.
- [24] 陈涛. 蒸汽压片玉米对奶牛生产性能和氮磷排放的影响[D]. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [25] 冯仰廉. 反刍动物营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 453.
- [26] GHORBANI B, GHOORCHI T, AMANLOU H, et al. Effects of using monensin and different levels of crude protein on milk production, blood metabolites and digestion of dairy cows [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2010, 24(1): 65-72.
- [27] 王春昕, 赵云辉, 赵卓, 等. 日粮粗蛋白质水平对苏博美利奴羊生长性能、消化代谢及血清生化指标的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2016, 43(1): 108-113.
- [28] 尹福泉, 嘎尔迪. 围产前期不同蛋白质水平日粮对奶牛生产性能的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2008(11): 22-24.
- [29] COLMENERO J J O, BRODERICK G A. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89(5): 1704-1712.
- [30] JAVAID A, NISA M, SARWAR M, et al. Ruminant characteristics, blood pH, blood urea nitrogen and nitrogen balance in Nili-ravi Buffalo (*Bubalus bubalis*) bulls fed diets containing various levels of ruminally degradable protein [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2008, 21(1): 51-58.
- [31] BAN X, VAN N H, NGOAN L D, et al. Effects of amount of concentrate supplement on forage intake, diet digestibility and live weight gain in yellow cattle in Vietnam [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2008, 21(12): 1736-1744.
- [32] 李春芳, 李秋风, 李建国, 等. 不同能量蛋白水平对淘汰荷斯坦奶牛生产性能和血液生化指标的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2013, 45(4): 37-40.
- [33] 周玉香, 吕玉玲, 王洁, 等. 血液生化指标在动物生产与营养调控研究中的应用概况[J]. *畜牧与饲料科学*, 2012, 33(5): 72-74.
- [34] 李晓蒙. 日粮能量和蛋白质水平对荷斯坦奶牛直线育肥性能及肉品质的影响[D]. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学, 2015.
- [35] 张树苗, 张林源, 梁兵宽, 等. 麋鹿血清肝功能相关酶的测定与分析[J]. *动物医学展*, 2013, 34(5): 71-76.
- [36] 康蓉. 不同日粮模式对泌乳中期奶牛生产性能、血液生化指标及泌乳相关激素的影响[D]. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
- [37] 李妍, 李晓蒙, 李秋风, 等. 不同营养水平日粮对奶牛直线育肥性能的影响[J]. *草业学报*, 2016, 25(1): 273-279.

Effects of High Concentrate Diets with Different Protein Levels on Fattening Performance, Nutrient Apparent Digestibility and Serum Biochemical Indices of Holstein Bulls

ZHAO Yangyang¹ HAN Yongsheng² LI Wei² WANG Xiaoling³ LI Jianguo¹
GAO Yanxia¹ CAO Yufeng^{1*} LI Qiufeng^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2. Heilongjiang Institute of Animal Husbandry, Qiqihaer 161000, China; 3. Heilongjiang Honneur Animal Husbandry Co., Ltd., Qiqihaer 161000, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to study effects of high concentrate diets with different protein levels on fattening performance, nutrient apparent digestibility and serum biochemical indices of Holstein bulls. Ninety Holstein bulls with the body weight of (197.07±11.11) kg and similar body condition were randomly

* Corresponding authors: CAO Yufeng, professor, E-mail: cyf278@126.com; LI Qiufeng, professor, E-mail: lqf582@126.com

divided into three groups with 30 calves in each group, and there was no significant difference in average body weight among three groups ($P>0.05$). The trial was carried out in three body weight stages (200 to 300 kg, 300 to 400 kg and 400 to 500 kg). Each test stage included groups I, II and III, whose were fed low, medium and high protein level diets, respectively. In the same stage of body weight, the energy level of diets in three groups was the same, and the ratio of concentrate to roughage was 90:10. The whole trial period lasted for 193 d. The results showed as follows: 1) the average daily gain (ADG), dry matter intake (DMI), digestible dry matter intake (DDMI), DMI/ADG and DDMI/ADG in each body weight stage and whole period of the experiment were not significantly different ($P>0.05$). 2) In the stage of 200 to 300 kg body weight, the apparent digestibility of neutral detergent fiber (NDF) in group I was significantly higher than that in group III ($P<0.05$); in the stage of 300 to 400 kg body weight, the apparent digestibility of crude protein (CP) in group III was 4.27% higher than that in group I ($P<0.05$), and the apparent digestibility of NDF in group I was 16.06% and 10.42% higher than that in groups II and III ($P<0.05$), respectively. 3) In the stage of 200 to 300 kg body weight, the CP digestion of group III was extremely significantly higher than that of group I ($P<0.01$); in the stage of 300 to 400 kg body weight, there was an extremely significant difference in CP digestion among groups ($P<0.01$), and the NDF digestion in group I was significantly higher than that in groups II and III ($P<0.05$); the digestion of CP in the stage of 400 to 500 kg body weight and whole period was extremely significantly different among groups ($P<0.01$). 4) The content of serum growth hormone (GH) in each body weight stage was increased with the increase of dietary protein level, but there was no significant difference among groups ($P>0.05$). In the stage of 200 to 300 kg body weight, serum thyroxine (T_4) content in group III was significantly higher than that in group I ($P<0.05$). In the stage of 300 to 400 kg body weight, the content of serum glucose (GLU) in group III was significantly higher than that in group I ($P<0.05$), and the serum aspartate aminotransferase (AST) activity in groups II and III was 8.63% and 10.98% higher than that in group I ($P<0.05$), respectively. Comprehensive analysis of various indicators, under the conditions of this experiment, the recommended values of dietary protein levels (dry matter basis) for 6 to 12 months old Holstein bulls in different body weight stages as follows: in the stage of 200 to 300 kg body weight, the appropriate protein level is 15.00%; in the stage of 300 to 400 kg body weight, the appropriate protein level is 15.00%; in the stage of 400 to 500 kg body weight, the appropriate protein level is 14.00%. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(7):3123-3134]

Key words: high concentrate diet; protein level; Holstein bulls; fattening performance; nutrient apparent digestibility; serum biochemical indices