

姜发彬,张桂芳,庄 苏,等. 日粮精粗比对奶山羊 PDV 组织、肝脏中糖代谢的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):195-198.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.063

# 日粮精粗比对奶山羊 PDV 组织、肝脏中糖代谢的影响

姜发彬<sup>1</sup>, 张桂芳<sup>1</sup>, 庄 苏<sup>1</sup>, 石 蕊<sup>1</sup>, 贾志新<sup>1</sup>, 沈向真<sup>2</sup>

(1. 南京农业大学动物科技学院, 江苏南京 210095; 2. 南京农业大学动物医学院, 江苏南京 210095)

**摘要:**选择 6 只安装门静脉、肝静脉、股动脉、肠系膜静脉慢性血管痿的健康泌乳中期西农萨能奶山羊作为试验动物,采用 2×2 交叉试验设计,每组 3 只,试验日粮由精饲料、粗饲料组成,比例分别为 4:6(高粗料组, HF)、6:4(高精料组, HC)。结果表明,不同精粗比日粮条件下奶山羊门静脉、肝静脉、股动脉血浆中的葡萄糖浓度变化情况不同,其中 HC 组葡萄糖浓度的变化幅度略大,采食 2 h 达到最低值,4~6 h 达到最大值; HR 组变化较平缓,一般在采食后 2 h 达到最大值;HC 组奶山羊门静脉、肝静脉、股动脉血浆中葡萄糖浓度均有所提高,但与 HR 组相比无显著差异。

**关键词:**日粮;精粗比;奶山羊;糖代谢

**中图分类号:** S827.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0195-03

泌乳期是反刍动物重要的生理阶段,是 1 个高度耗能的过程,动物比平时需要更多的葡萄糖,只有少量葡萄糖是由小肠吸收而来,大多数葡萄糖来自肝脏的糖异生作用<sup>[1]</sup>。研究发现,动物所需的葡萄糖 90% 来自肝脏的糖异生作用<sup>[2]</sup>,最主要的生糖物质是瘤胃微生物发酵产生的丙酸,其余由甘油、氨基酸、乳酸转化而来。除了赖氨酸、亮氨酸外,几乎所有氨基酸都可生成葡萄糖<sup>[3]</sup>。门静脉排流组织(portal-drained viscera, PDV)是葡萄糖的主要代谢场所,其能量代谢占机体全身能量代谢的 24%<sup>[4]</sup>,由消化道吸收的营养物质首先经 PDV 组织代谢,再由门静脉进入肝脏。泌乳期的反刍动物往往通过提高采食量或动用体内贮存来满足泌乳需要。随着机体采食量的提高,机体 PDV 组织大小、吸收能力也相应发生改变,肝脏糖异生也会随之加强。血浆中最重要的激素是胰岛素、胰高血糖素,其中胰高血糖素可刺激肝脏内磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶(PEPCK)基因转录,促进肝脏糖原分解,保证糖的连续合成,胰岛素可明显抑制此过程<sup>[5]</sup>。此外,胰岛素还能有效提高氨基酸在乳腺中的摄取效率,提高乳蛋白含量<sup>[6]</sup>。生长激素、胰岛素样生长因子(IGF-1)对体内蛋白、脂质代谢有重要的调控作用,也影响葡萄糖合成与氧化。目前国内关于糖代谢营养调控的研究较多,有的已深入到代谢葡萄糖层次<sup>[7-8]</sup>,但有关 PDV 组织、肝脏对糖代谢规律的研究较少。本试验在不同精粗比日粮条件下,通过血管痿技术、血流量测定技术,探讨 PDV 组织、肝脏中葡萄糖及相关激素的变化,旨在为研究泌乳期反刍动物的糖代谢规律提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物及日粮组成

收稿日期:2014-10-10

基金项目:国家重点基础研究发展计划(编号:2011CB100802)。

作者简介:姜发彬(1988—),男,福建沙县人,硕士研究生,主要从事反刍动物营养研究。E-mail:793750741@qq.com。

通信作者:庄 苏,博士,副教授,主要从事反刍动物营养研究。E-mail:zhuangsu@njau.edu.cn。

选择 6 只平均体质量为 60~65 kg、平均日产奶量相近的处于泌乳中期的西农萨能奶山羊作为试验动物。试验前分别在奶山羊门静脉、肝静脉、股动脉、肠系膜静脉上安装永久性慢性多血管痿<sup>[9-10]</sup>。手术后动物恢复期为 2 周,待动物恢复正常后进行试验。试验期内每天用 300 IU/mL 肝素钠溶液进行 2 次血管痿护理,确保血管痿通畅。试验动物平均每只每次提供 0.9 kg 干物质日粮,每日饲喂 2 次。试验日粮参照美国 NRC 奶山羊饲养标准并结合我国奶山羊饲养标准配制,日粮成分及营养水平见表 1。

表 1 试验日粮的组成及营养水平(风干基础)

项目	HF (%)	HC (%)
羊草	40.00	26.70
苜蓿干草	20.00	13.30
玉米	22.99	23.24
麸皮	0	20.77
豆粕	15.00	13.66
石粉	0.65	1.43
磷酸氢钙	0.46	0
预混料	0.50	0.50
氯化钠	0.40	0.40
产奶净能(MJ/kg)	5.63	5.83
粗蛋白质	17.22	16.93
脂肪	2.87	3.21
中性洗涤纤维	36.64	34.55
酸性洗涤纤维	24.74	20.35
非纤维性碳水化合物(NFC)	31.76	35.00
钙	0.80	0.90
总磷	0.33	0.38

注:预混料组成:维生素 A 1 600 000 IU/kg,维生素 D 500 000 IU/kg,维生素 E 16 000 mg/kg,Fe 12 500 mg/kg,Cu 1 250 mg/kg,Mn 10 000 mg/kg,Zn 12 500 mg/kg,Co 25 mg/kg,I 50 mg/kg,Se 25 mg/kg,Mo 25 mg/kg。产奶净能为计算值。HF 代表高粗料组,HC 代表高精料组。下表同。

### 1.2 试验设计与饲养管理

采用 2×2 交叉试验设计,随机分为 2 组,每组 3 只。每个试验期 21 d,预试期 18 d,采样期 3 d。奶山羊单笼饲养,自由饮水。每天分别于 08:00、18:00 饲喂、挤奶各 1 次。

1.3 样品采集及测定

1.3.1 样品采集 每个试验期的最后 1 d 用 5 mL 抗凝真空采血管于动物采食前及采食后 2、4、6、8 h 分别从门静脉、肝静脉、股动脉血管采集血液。将采集的血样置于冰盒中冷藏送回实验室,4 000 r/min 4 ℃ 下离心 10 min 制备血浆样,将血浆样置于 -20 ℃ 冰箱中保存备用。

1.3.2 指标测定 所用试剂购自上海科华生物工程股份有限公司。血浆经试剂处理后用全自动生化分析仪(荷兰威图科学公司)测定葡萄糖浓度。采用 Elisa 试剂盒(南京建成生物工程研究所)测定胰岛素与胰高血糖素浓度。采用放射免疫分析药盒(北京北方生物技术研究所)测定生长激素浓度。采用酶联免疫检测试剂盒(北京瑞格博科技发展有限公司)测定 IGF-1 浓度。葡萄糖流量:采样当天从肠系膜瘘管灌注对氨酸马尿酸用于测定门静脉、肝静脉、股动脉血流速度,并根据各血液中葡萄糖浓度计算其在肝脏及内脏组织的代谢情况。计算公式如下:

$$\text{净门静脉表观量} = FP \times (P - A); \tag{1}$$
$$\text{净肝脏释放量} = FP \times (H - P) + FA \times (H - A); \tag{2}$$
$$\text{净内脏(肠+肝脏)产出量} = FH \times (H - A); \tag{3}$$
$$FA = FH - FP. \tag{4}$$

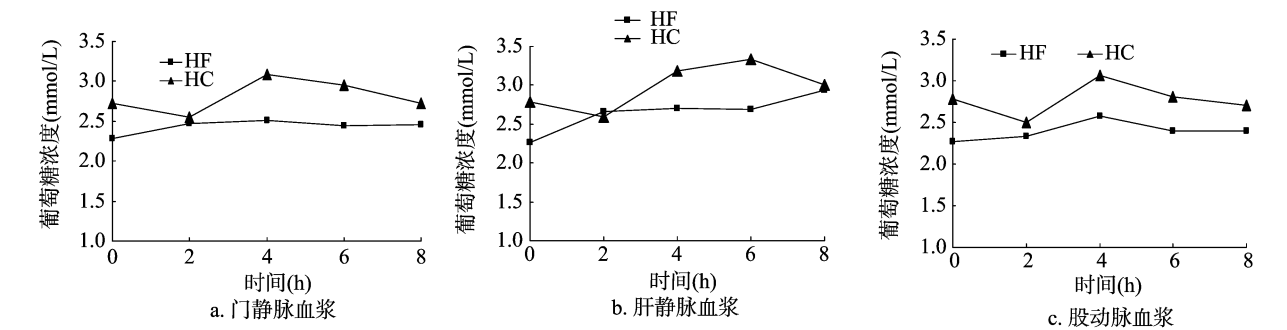


图1 不同精粗比日粮下奶山羊血浆中葡萄糖浓度变化

2.2 不同精粗比日粮对奶山羊血浆中葡萄糖浓度均值、流量均值的影响

由表 2 可见,2 种日粮条件下,奶山羊门静脉、肝静脉、股动脉血浆葡萄糖浓度均值均无显著性差异,但 HC 组数值大于 HF 组。2 种日粮条件下,葡萄糖浓度均值均表现为肝静脉 > 门静脉 > 股动脉。2 种日粮条件下,葡萄糖表观门静脉

式中:FP、FA、FH 分别为平均血(血浆)在门静脉、股动脉、肝静脉的流速(L/min),P、A、H 分别是门静脉、股动脉、肝静脉物质浓度(mmol/L)<sup>[11-12]</sup>。

1.4 数据处理

采用 SPSS 16.0 软件分析数据,结果以“平均值 ± 标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 不同精粗比日粮条件下奶山羊血浆葡萄糖浓度的动态变化

由图 1 可见,动物采食后,HC 日粮组门静脉、肝静脉、股动脉血浆中葡萄糖浓度均呈先降低再升高再降低的趋势,且均在采食后 2 h 达到最低值。HC 日粮组门静脉、股动脉血浆葡萄糖在采食后 4 h 达到最大值,肝静脉约在采食后 6 h 达到最大值。HF 日粮组血浆葡萄糖浓度变化较平稳,门静脉、肝静脉中葡萄糖浓度在采食后 2 h 达到最大或较大值,股动脉中在采食后 4 h 达到最大值。2 种日粮条件下,门静脉、肝静脉血浆葡萄糖浓度的相关性分别为  $y = -471.38x^3 + 3394.9x^2 - 8142.4x + 6505.9, r^2 = 0.8334$ ;  $y = -17.054x^3 + 141.05x^2 - 386.3x + 353.27, r^2 = 0.9315$ 。

流量、净肝脏释放量、净内脏产出量均无显著性差异,以 HF 较高,且均值为正,说明 PDV 组织、肝脏及外周组织均表现为葡萄糖的净吸收。HF 组、HC 组的净肝脏释放量(net hepatic release)、表观门静脉流量(apparent portal vein flux)之差分别是 0.26、0.13 mmol/min,说明 HC 组奶山羊肝脏中异生的葡萄糖更多。

表 2 不同精粗比日粮对奶山羊血浆中葡萄糖浓度及流量均值的影响

试验组	葡萄糖浓度均值 (mmol/L)			葡萄糖流量均值 (mmol/min)		
	门静脉	肝静脉	股动脉	表观门静脉流量	净肝脏释放量	净内脏产出量
HF	2.43 ± 0.24	2.70 ± 0.25	2.40 ± 0.25	0.24 ± 0.08	0.73 ± 0.21	0.85 ± 0.19
HC	2.81 ± 0.21	2.98 ± 0.20	2.78 ± 0.20	0.11 ± 0.08	0.47 ± 0.20	0.64 ± 0.18
P 值	0.24	0.39	0.15	0.27	0.37	0.41

2.3 不同精粗比日粮对奶山羊肝静脉血浆相关激素的影响

由表 3 可见,2 种日粮对奶山羊肝静脉血浆中胰岛素、胰高血糖素、生长激素、胰岛素样生长因子浓度无显著影响,HC 组均高于 HF 组。

3 结论与讨论

反刍动物具有很强的调节血液葡萄糖浓度的能力,能维

持血液葡萄糖相对稳定。孙海洲等报道,随着进入十二指肠淀粉量的增加,绵羊门静脉、颈动脉、肝静脉血糖浓度不断上升,但差异不显著<sup>[13]</sup>。汪水平等发现,饲喂 4 种不同精粗比日粮的奶牛颈静脉血糖浓度无显著性差异<sup>[14]</sup>。本研究表明,2 种精粗比日粮条件下,奶山羊门静脉、肝静脉、股动脉血浆中的葡萄糖含量均未出现显著差异,与以上结果一致。在 2 种日粮条件下,葡萄糖浓度随采食时间的变化趋势不同,这可

表 3 不同精粗比日粮对奶山羊肝静脉血浆激素浓度的影响

试验组	胰岛素浓度 ( IU/mL)	胰高血糖素浓度 ( pg/mL)	生长激素浓度 ( ng /mL)	胰岛素样生长因子浓度 ( ng /mL)
HF	8.57 ±0.89	146.87 ±11.48	1.09 ±0.03	39.91 ±3.82
HC	14.10 ±2.21	193.28 ±22.52	1.15 ±0.07	47.11 ±15.72
P 值	0.10	0.23	0.35	0.21

能与日粮中非结构性碳水化合物含量有关。葡萄糖的表现门静脉净流量值受许多因素影响,如泌乳、日粮精粗比例等。若此值是负的,表示 PDV 组织对葡萄糖的净吸收或净利用量;若是正值,表示 PDV 组织对葡萄糖的净释放量。研究发现,PDV 组织中葡萄糖代谢与丙酸、乙酸、氨基酸代谢存在相关关系<sup>[15]</sup>。牛真胃灌注丙酸时,生长期的牛 PDV 组织利用的葡萄糖量减少<sup>[16]</sup>。本试验表明,在不同精粗比日粮条件下,奶山羊葡萄糖表现门静脉净流量、净肝脏释放量及净内脏产出量并没有显著差异,但 HF 日粮组数值较高。高粗料组生糖氨基酸浓度高于高精料组,会加快 HF 组的糖异生<sup>[17]</sup>。另外,不同精粗比日粮下瘤胃产生的乙酸/丙酸比例不同,导致机体代谢对葡萄糖的需求量不同<sup>[18]</sup>。胰岛素、胰高血糖素是调节血糖浓度最主要的 2 种激素。胰岛素促进葡萄糖、乙酸、氨基酸到达外周组织,从而促进蛋白质、脂质合成。胰高血糖素不仅可以增加肝脏葡萄糖的输出,还可以增加肝脏对氨基酸的摄入,有利于糖异生。葡萄糖、胰岛素水平在某一程度上反映了动物的代谢状况<sup>[19]</sup>。本试验结果表明,HC 日粮组胰岛素、胰高血糖素浓度均高于 HF 日粮组,葡萄糖浓度升高可以刺激胰岛素分泌,胰岛素浓度升高降低了血糖浓度,进一步刺激了胰高血糖素分泌。Ahren 等试验表明,注射胰高血糖素可以提高血浆葡萄糖水平,胰高血糖素也能直接刺激 B 细胞胰岛素的分泌,从而间接通过增加葡萄糖浓度来刺激胰岛素分泌<sup>[20]</sup>。生长激素是调节动物生长发育、三大代谢过程的重要因子,虽然不直接参与糖代谢调节,但它可以改变组织对糖代谢的敏感性<sup>[21]</sup>。高产奶牛由于乳腺的泌乳作用,对能量的需要量可增至原来的 4 倍左右,这种代谢的适应是血浆中关键激素变化与特殊组织对激素应答的结果<sup>[22]</sup>。只有当动物仅摄入维持日粮或机体处于能量负平衡状态下,生长激素才能刺激脂解作用,在正能量平衡条件下,生长激素主要通过减少脂质的合成来减少脂肪的堆积<sup>[23]</sup>。生长激素还可以间接作用于肝脏及外周组织等合成 IGF-1。IGF-1 有诱导细胞分化、促进 DNA 合成及细胞分裂的作用,从而促进蛋白合成。研究发现,生长激素、IGF-1 可能单独通过影响调控乳蛋白合成的关键酶来影响酪蛋白的合成<sup>[24]</sup>。另外,胰岛素不仅可以促进肝脏中 IGF-1 的合成,也能增加肝脏、脂肪组织中生长激素受体蛋白的数量,进而调控生长激素作用的信号通路<sup>[25]</sup>。张桂芳等研究发现,不同精粗比日粮对奶牛生长激素无显著影响<sup>[17]</sup>。文静等研究发现,等能条件下,高精料低质粗料组的生长激素浓度比低精料优质粗料组高,但差异不显著<sup>[26]</sup>。本试验表明,在等能等氮条件下,HC 组中生长激素浓度、IGF-1 水平比 HF 组高,但差异不显著。葡萄糖的代谢受 PEPCK、果糖-1,6-磷酸酶、葡萄糖-6-磷酸酶等几种酶的直接调控。本研究表明,不同精粗比日粮条件下奶山羊门静脉、肝静脉、股动脉血浆中的葡萄糖浓度变化情况不

同,其中 HC 组葡萄糖浓度的变化幅度略大,采食后 2 h 达到最低值,4~6 h 达到最高值。HR 组变化较平缓,一般在采食后 2~4 h 达到最大值。HC 组奶山羊门静脉、肝静脉、股动脉血浆中葡萄糖浓度均值均有所提高,但与 HR 组相比无显著差异。HR 组奶山羊 PDV、肝脏释放的葡萄糖较多。不同精粗比日粮对奶山羊血浆中葡萄糖代谢相关的激素如胰岛素、胰高血糖素、生长激素、IGF-1 浓度有影响。

参考文献:

[1] 卢德勋. 反刍动物葡萄糖营养调控理论体系及其应用[J]. 畜牧与饲料科学,2010,31(6):402-409.

[2] 李红梅. 干奶期不同能量摄食对奶牛糖异生的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2006.

[3] Oba M, Allen M S. Dose-response effects of intraluminal infusion of propionate on feeding behavior of lactating cows in early or mid-lactation[J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(9):2922-2931.

[4] 王俊锋, 刘 美, 徐凤霞, 等. 反刍动物葡萄糖的营养代谢研究进展[J]. 饲料工业, 2004, 25(5):7-10.

[5] 陈承祯. 能量代谢相关因子对奶牛肝糖异生的调控作用[D]. 长春:吉林大学,2007.

[6] Griinari J M, McGuire M, Dwyer D, et al. The role of insulin in the regulation of milk protein synthesis in dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 1997, 80(10):2361-2371.

[7] 卢德勋. 在动物营养学领域应用系统科学的初步探索[J]. 内蒙古畜牧科学, 1997(增刊):1-9.

[8] 孙海洲, 卢德勋, 张海鹰, 等. 不同代谢葡萄糖与代谢蛋白质比例的日粮对生长肥育绵羊葡萄糖营养影响的研究[J]. 动物营养学报, 2001, 13(1):43-48.

[9] 沈向真, 王小静, 任明强, 等. 门、肝、肠系膜静脉和股动脉慢性多血管瘘管的手术安装[J]. 中国比较医学杂志, 2006, 16(4):236-239.

[10] Durand D, Auchart D, Efaiver J, et al. Method for continuous measurement of blood metabolite hepatic balance in conscious preruminant calves[J]. Journal of Dairy Science, 1998, 71(6):1632-1637.

[11] Yen J T, Killefer J. A method for chronically quantifying net absorption of nutrients and gut metabolites into hepatic portal vein in conscious swine [J]. Journal of Animal Science, 1987, 64:923-934.

[12] Huntington G B. Portal blood flow and net absorption of ammonia nitrogen, urea nitrogen and glucose in nonlactating holstein cows [J]. Journal of Dairy Science, 1982, 65(7):1155-1162.

[13] 孙海洲, 卢德勋, 斯 琴. 生长肥育羊葡萄糖营养整体优化规律的研究[J]. 内蒙古畜牧科学, 1999(1):25-29.

[14] 汪水平, 王文娟, 龚月生, 等. 日粮精粗比对泌乳奶牛瘤胃纤维降解酶活性及血液指标的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2007, 35(5):57-62, 68.

范广璞,杨 猛. 复方中草药肉鸡饲料添加剂的药效学研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):198-200.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.064

# 复方中草药肉鸡饲料添加剂的药效学研究

范广璞,杨 猛

(江苏食品药品职业技术学院,江苏淮安 223005)

**摘要:**为了给复方中草药肉鸡饲料添加剂的研制奠定药效学基础,依据单味中草药对肉鸡规模化养殖常见病原菌的抑菌和饲喂效果,结合中医药理理论,配制出 3 剂中草药复方制剂,研究了 3 剂中草药复方制剂的免疫学试验,结果显示配制的 3 剂中草药复方制剂都能够明显提高肉鸡机体的免疫机能。免疫学综合试验结果表明,复方制剂Ⅲ效果最佳,最终确定中草药复方Ⅲ进行饲喂试验。

**关键词:**中草药;饲料添加剂;药效学

**中图分类号:** S816.75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0198-03

随着肉鸡饲养方式从散养型向规模化转变,养殖密度增加 1 倍,发病率会增加 4 倍以上。为保障肉鸡的存活率,饲料添加剂的使用量逐渐增加,在为肉鸡养殖业的健康发展作出巨大贡献的同时,也衍生了不少问题。饲料添加剂含有抗生素类药物,可以提高肉鸡的存活率和产量,但鸡肉中药物残留的提高,直接危害了人类健康<sup>[1-3]</sup>。随着生活水平的提高,人们健康保健意识显著增强,消费者对鸡肉的品质和安全性等方面的要求显著提高,低脂药残少的鸡肉成为消费者的首选。

开发一种既能提高肉鸡存活率和产量,又能改善鸡肉品

质的饲料添加剂迫在眉睫,中草药无毒副作用、无抗药性、无污染、无残留,多为常见药物,价格低廉,优于抗生素,因而成为人们研究开发的首选对象<sup>[4-8]</sup>。本研究在单味中草药对肉鸡养殖常见菌抑菌和饲喂研究的基础上,依据中药配伍的原理,配制 3 剂中草药复方制剂,并对其进行免疫学试验,筛选出药效最好的中草药复方制剂,进行饲喂试验,旨在为研制应用于肉鸡养殖业的复方中草药肉鸡饲料添加剂奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验中草药复方

根据单味中草药的抑菌效果和病原菌种类,结合中医理论,配制出 3 剂中草药复方制剂,分别为制剂Ⅰ、制剂Ⅱ、制剂Ⅲ<sup>[9]</sup>。

### 1.2 试验动物

昆明种小白鼠、家兔、鸡。

收稿日期:2014-04-17

基金项目:江苏省高校科研成果产业化推进项目(编号:JHZD08-47)。

作者简介:范广璞(1968—),江苏淮安人,副教授,主要研究方向为药物微生物技术。E-mail:spxyym80@163.com。

[15] Seal C J, Parker D S, Avery P J. The effect of forage-concentrate diets on ruminant fermentation and metabolism of nutrients by the mesenteric and portal drained viscera in growing steers[J]. British Journal of Nutrition, 1992, 67: 355-370.

[16] Seal C J, Parker D S. Effect of intraluminal propionic acid infusion on metabolism of mesenteric- and portal- drained viscera in growing steers fed a forage diet: I. Volatile fatty acids, glucose, and lactate[J]. Journal of Animal Science, 1994, 72(5): 1325-1334.

[17] 张桂芳,石蕊,姜发彬,等. 不同精粗比日粮对泌乳山羊肝脏氨基酸代谢和产奶性能的影响[J]. 南京农业大学学报, 2013, 36(6): 73-79.

[18] 王中华,李福昌,冯仰廉,等. 不同瘤胃乙、丙酸比例对绵羊丙酸糖异生和葡萄糖周转速度的影响[J]. 动物营养学报, 2000, 12(2): 32-34.

[19] Holtenius P, Olsson G, Emanuelson M, et al. Effects of different energy levels, concentrate/forage ratios and lipid supplementation to the diet on the adaptation of the energy metabolism at calving in dairy cows[J]. Zentralblatt Fur Veterinarmedizin, 1996, 43(7): 427-435.

[20] Ahren B, Nobina A, Schersten B. Insulin and C-peptide secretory

responses to glucagon in man-studies on the dose-response relationships[J]. Acta Medical Scandinavica, 1987, 221(2): 185-190.

[21] 曾礼华,周安国,杨 凤. 动物生长激素与肉畜生产[J]. 动物营养学报, 1999, 11(4): 1-8.

[22] Bell A W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation[J]. Journal of Animal Science, 1995, 73(9): 2804-2819.

[23] Bauman D E, Vernon R G. Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation[J]. Annual Review of Nutrition, 1993, 13: 437-461.

[24] 季 昀,庞学燕,田 青,等. 生长激素和胰岛素样生长因子Ⅰ对奶牛乳蛋白合成关键酶及调节因子 mRNA 表达量的影响[J]. 动物营养学报, 2013, 25(1): 198-207.

[25] Rhoads R P, Kim J W, Leury B J, et al. Insulin increases the abundance of the growth hormone receptor in liver and adipose tissue of periparturient dairy cows[J]. American Society for Nutritional Sciences, 2004, 134(5): 1020-1027.

[26] 文 静,卜登攀,孙 鹏,等. 不同日粮模式对奶牛血液及瘤胃液中主要代谢激素的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2013(9): 10-14.