

# 木薯渣不同补饲方式对饲喂混合粗饲料的本地黄牛增重的影响研究

张吉鹏<sup>1</sup>, 李华伟<sup>1</sup>, 包赛娜<sup>2</sup>, 邵福林<sup>3</sup>, 万文玲<sup>3</sup>

(1. 江西省农业科学院 畜牧兽医研究所 南昌市动物营养调控重点实验室, 江西 南昌 330200; 2. 内蒙古农牧业科学院 动物营养研究所, 内蒙古 呼和浩特 010030; 3. 江西弋阳兴农畜牧业开发有限公司, 江西 弋阳 334400)

**摘要:**为探讨木薯渣(CR)不同补饲方式对本地黄牛生产性能的影响, 选用平均质量(113.5 ± 7.1) kg的本地黄牛12头, 随机分成4个处理, 每个处理3头。处理<sub>1</sub>为仅喂粗饲料(75%稻草 + 25%苜蓿)但不补饲CR的对照组, 处理<sub>2</sub>、处理<sub>3</sub>与处理<sub>4</sub>为在饲喂粗饲料基础上以不同方式按每千克代谢质量30 g给每头本地黄牛补饲CR的试验组。处理<sub>2</sub>在给牛只投给混合粗饲料前3 h一次性补饲CR, 处理<sub>3</sub>在投给混合粗饲料后2 h一次性补饲CR, 处理<sub>4</sub>将处理<sub>2</sub>的CR分3次等量补饲。试验结果为: 处理<sub>2</sub>的平均日采食混合粗饲料(ADR<sub>I</sub>)以及平均日增重(ADG)与不补饲CR的处理<sub>1</sub>组差异不显著( $P > 0.05$ )。处理<sub>2</sub>的ADR<sub>I</sub>与ADG显著增加, 料重比(ADMI/ADG)显著降低( $P < 0.05$ )。处理<sub>3</sub>的ADG较处理<sub>2</sub>组的又有显著增加( $P < 0.05$ ), 而ADMI/ADG降低。本研究表明, CR作为能量添补饲料, 用于本地黄牛补饲时, 可以通过改变补饲方式与增加饲喂次数, 来调控CR的瘤胃降解速率, 使之同稻草与苜蓿混合粗饲料的相似, 并使得能氮能够同步利用, 从而提高动物的生产性能。

**关键词:**木薯渣; 补饲方式; 本地黄牛; 生产性能

**中图分类号:** S823.8<sup>+</sup>14 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 - 2286(2010)03 - 0571 - 06

## Effects of Regimes of Supplementing Cassava Residues on Growth Performance in Local Cattle Fed with Mixed Basal Forage Diet

ZHANG Ji-kun<sup>1</sup>, LI Hua-wei<sup>1</sup>, BAO Sai-na<sup>2</sup>, SHAO Fu-lin<sup>3</sup>, WAN Wen-ling<sup>3</sup>

(1. Nanchang Municipal Key Laboratory of Animal Nutrition Manipulation, Jiangxi Academy of Agricultural Science, Nanchang 330200, China; 2. Animal Nutritional Institute, Inner Mongolian Animal & Agricultural Science Academy, Hohhot 010030, China; 3. Agriculture and Animal Husbandry Promoting Limited Company of Yiyang, Yiyang 334400, China)

**Abstract:** An experiment was carried out to evaluate the effect of feeding regimes of mixed roughages (75% rice straw + 25% alfalfa hay) supplemented with cassava residues (CR) on growth performance in cross-bred cattle. 12 heads of young Local "Yellow" cattle with an average weight of (113.5 ± 7.1) kg were fed with roughages *ad libitum*. The cattle were randomly allocated into 4 groups with different dietary treatments. The cattle of treatment<sub>1</sub> were fed with mixed roughages. To treatment<sub>2</sub>, CR was fed 3 hour before feeding the mixed roughage. To treatment<sub>3</sub>, CR was fed 2 hours after feeding the mixed roughage. To treatment<sub>4</sub>, the CR for treatment<sub>2</sub> was fed with split-feeding three times a day, simulating a steady energy release that matched the slow N release from the alfalfa hay (AH). The results indicated that there were no

收稿日期: 2010 - 03 - 24 修回日期: 2010 - 05 - 12

基金项目: 江西省自然科学基金资助项目(2008GZN0007)

作者简介: 张吉鹏(1964 - ), 男, 研究员, 博士后, 主要从事反刍动物营养研究, E-mail: zjk50481@tom.com.

significant differences between treatment and treatment in average daily roughage intake (ADRI) and in average daily gain (ADG). There were significant increases in ADRI and ADG compared with treatment and treatment respectively, but the ratio of feed to gain (ADMI/ADG) decreased significantly for treatment ( $P < 0.05$ ). The ADG for treatment was the highest among the four treatments ( $P < 0.05$ ), and the ADMI/ADG was the lowest. The rate of rumen degradability of CR compared with that of AH for proper synchronization of energy and protein utilization could be achieved by development of feeding system for CR supplemented diets. Therefore, maximum animal response could also be achieved.

**Key words:** cassva residues; regimes of supplementing; local cattle; growth performance

随着江西发展薯类作物非粮原料燃料乙醇项目的实施,木薯的种植面积与种植范围不断扩大。目前已扩展到以东乡为中心的周边鹰潭、南昌、上饶、抚州等市的 10 多个县(市)。木薯加工后的副产品如木薯渣(cassva residues, CR)可用做反刍动物的饲料<sup>[1-2]</sup>。迄今,在我国木薯作为饲料主要用于单胃动物的配合日粮中,而木薯块根(渣)作为能量饲料替代粮食用于反刍动物基础饲料的补饲还研究得不够。江西近年来牛业发展迅猛,粗饲料无论从量与质上都无法满足。尽管未经处理的稻草营养价值很低,但以未经处理的稻草(rice straw, RS)作为基础粗饲料饲喂牛、羊却极其普遍。开发利用木薯渣(CR)是解决江西反刍动物饲料资源短缺的重要举措之一。饲料与饲养措施均关系到养牛的生产成本,进而影响到生产者的效益。目前,反刍动物饲料间组合效应的研究,有关粗饲料科学搭配与低质基础粗饲料的补饲<sup>[3-4]</sup>、以及营养物质间(如淀粉与纤维或蛋白质)<sup>[5-7]</sup>的报道较多,而补饲方式这种因饲养措施引起的组合效应,国内、外鲜见报道。本研究以稻草为本地黄牛的主要基础粗饲料配以少量苜蓿(A-lfalfa Hay, AH),探讨 CR 补饲方式这种特殊组合效应对本地黄牛增重的影响。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验用稻草(RS)、苜蓿(AH)与木薯渣(CR)均由弋阳兴农畜牧业开发有限公司提供,稻草与苜蓿按设计要求(75%RS+25%AH)混合。CR为木薯块根经机器削皮后加工木薯淀粉后的残渣。

### 1.2 试验时间与地点

本试验于 2009 年 10 月 26 日至 2010 年 1 月 24 日在弋阳兴农畜牧业开发有限公司的养殖基地江西省弋阳县葛溪乡王家村畜牧开发区进行,为期 90 d。

### 1.3 试验动物

选取 12 头体况良好、质量相近的本地黄牛进行本试验,试验牛初始质量为  $(113.5 \pm 7.1)$  kg。

### 1.4 试验设计

试验采用完全随机设计,将试验牛随机分成 4 个处理,每个处理 3 头牛。处理 为不补饲木薯渣(CR)的对照组,处理、处理 与处理 为以不同方式补饲 CR 的试验组。组间初始体重差异不显著( $P > 0.05$ )。对照组仅自由采食基础粗饲料(75%稻草+25%苜蓿),不补饲 CR。处理 在投给基础粗饲料前 3 h 按初始体重均重的每千克代谢质量 30 g(按干物质计)给每头牛一次性补给 CR,即 1 044 g;处理 在投给基础粗饲料后 2 h 补给与处理 等量的 CR。处理 则将处理 的 CR 等量分成 3 次投喂,即每头牛每次给予木薯渣(CR)384 g。试验设计详见表 1。

### 1.5 饲养管理

试验牛分组后转入经彻底冲洗消毒过的试验牛舍,试验牛舍为半开放牛舍。试验牛单栏饲养,各栏环境一致,自由采食和饮水。所有料在喂前要进行称重,次日晨对剩料进行称重。按常规程序和方法进行免疫与饲养管理,分别饲喂相应的试验日粮。试验由专人负责,严格按照试验要求进行管理。

### 1.6 测定指标与方法

1.6.1 化学组分 抽样测定试验用料的干物质(DM)、粗蛋白(CP)、粗灰分(Ash)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)。DM、CP与 Ash按照 AOAC<sup>[8]</sup>的方法测定,NDF与 ADF按照 Van Soest 等<sup>[9]</sup>的方法测定。

1.6.2 瘤胃尼龙袋降解率 试验用粗饲料瘤胃尼龙袋 48 h 降解率,采用卢德勋等<sup>[10]</sup>介绍的方法进行,所用瘻管动物为 3 只安装有永久性瘤胃瘻管的绵羊羯羊,每日 06:00 和 18:00 分 2 次等量饲喂混合精料 150 g,稻草 300 g 与苜蓿 100 g。

表 1 试验设计

Tab 1 Experiment design

组别 Groups	处理 Treatments
处理 Treatment group	对照组 Control group 仅自由采食基础粗饲料 (75% RS + 25% AH), 不补饲 CR。
处理 Treatment group	补饲 CR 试验组 Treatment group supplemented with CR 在晨 07:00 给每头牛一次性补给 CR 1 044 g 后 3 h 即上午 10 h 投喂基础粗饲料, 自由采食
处理 Treatment group	补饲 CR 试验组 Treatment group supplemented with CR 在晨 07:00 投给基础粗饲料 (75% RS + 25% AH) 后 2 h 即 9 h 每头牛一次性补给 CR 1 044 g, 自由采食基础粗饲料
处理 Treatment group	补饲 CR 试验组 Treatment group supplemented with CR 在晨 07:00 投给基础粗饲料 (75% RS + 25% AH) 后 2 h 即 9 h 每头牛分 3 次补给 CR, 每次 348 g, 间隔 4 h, 总计 1 044 g, 基础粗饲料自由采食

CR, 木薯渣; RS, 稻草; AH, 苜蓿干草。CR, cassava residues; RS, rice straw; AH, alfalfa hay

1.6.3 基础粗饲料的替代率 在反刍动物饲养实践中,精饲料与粗饲料间的互作效应表现得最为突出。当以粗饲料尤其是低质粗饲料为基础日粮时,淀粉精料补充量达到较高水平时,粗饲料的采食量和纤维物质消化率均会显著下降。相反,当精料的补充量较低时,可以消除上述负组合效应,甚至提高粗饲料的采食量和消化率。为了定量地描述上述这种饲料间的组合效应,卢德勋<sup>[11]</sup>提出用替代率 (SR) 作为衡量指标,其计算公式为:

$$SR = \frac{\text{对照组粗饲料 DMI} - \text{处理组粗料 DMI}}{\text{处理组精料 DMI} - \text{对照组精料 DMI}} \quad (1)$$

(1) 式中:DMI 代表饲料的干物质采食量 (kg/d)。当  $SR = 0$  时,为零组合效应;当  $SR < 0$  时,为正组合效应;当  $SR > 0$  时,为负组合效应;SR 的绝对值则反映组合效应程度的大小。

1.6.4 生产性能 日采食量:以栏为单位计料,统计日粮采食量,分组计算平均日采食量。日增重:试验开始及结束时均于当日早上逐头空腹称重,分别记为牛只初重与牛只末重,分组计算试验期日增重。饲料转化率:分组计算饲料/增重比。

## 1.7 数据处理和统计分析方法

试验数据采用 SPSS 13.0 统计软件进行单因子方差分析,并用 Duncan's 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 试验用料的化学组分

试验用苜蓿干草、稻草与木薯渣的化学组分与瘤胃 48 h 降解率见表 2。稻草 (RS)、苜蓿干草 (AH) 与木薯渣 (CR) 的化学组分与品种、收获期、木薯块根的加工工艺、土壤肥力以及气候等有关,而收获期是最主要的因素,其次为环境与品种。试验用料的化学组分见表 2。所测定值均在正常范围之内。实测 75% RS + 25% AH 混合粗饲料的 DM、CP、Ash、NDF 与 ADF 分别为 90.2 (90.5)、95.7 (95.5)、113.7 (113.8)、584 (582) 与 383 (384),与计算的加权值 (见括号内) 相似,表明分析用混合粗饲料样品混合均匀度高。但 75% RS + 25% AH 混合粗饲料的实测瘤胃 48 h 降解率为 55.8%,较计算的加权值 52.5 高 6.29%,这是由于 AH 与 RS 混合后,因组合效应提高了 RS 的瘤胃降解率。

### 2.2 稻草与苜蓿干草混合粗饲料补饲木薯渣的替代率

本地黄牛稻草与苜蓿干草混合粗饲料补饲木薯渣 (CR) 的替代率见表 3。从表 3 可以看出,处理

表 2 试验用苜蓿干草、稻草与木薯渣的化学组分与瘤胃 48 h 降解率  
Tab 2 Chemical composition, in situ 48 h degradation of AH, RS, and CR

DM / %	化学组分 / (g · kg <sup>-1</sup> )				瘤胃 48 h 降解率 / % in situ 48 h degradation
	CP	Ash	NDF	ADF	
RS	90.7	53	132	638	45.3
AH	89.7	223	59	412	74.2
75% RS + 25% AH	90.2	95.7	113.7	584	55.8
CR	17.3	75	117	131.7	84.9

RS, 稻草; AH, 苜蓿干草 (风干样); CR, 木薯渣 (鲜样); DM, 干物质; CP, 粗蛋白; NDF, 中性洗涤纤维; ADF, 酸性洗涤纤维。DM, dry matter; CP, crude protein; NDF, neutral detergent; ADF, acid detergent fiber

与处理 的 SR 值均为负值,表明补饲 CR 可以提高混合粗饲料 (75% RS + 25% AH) 的采食量,在采食量上表现为正组合效应。SR 的绝对值自高到低的排序依次为 SR<sub>3</sub>、SR<sub>2</sub>、SR<sub>1</sub>,其中 SR<sub>2</sub> 与 SR<sub>1</sub>、SR<sub>3</sub> 与 SR<sub>2</sub> 差异不显著 (P > 0.05),但 SR<sub>3</sub> 与 SR<sub>1</sub> 差异显著 (P < 0.05),表明同样的补饲量,通过补饲方式的改变,可以进一步提高基础粗饲料在采食量上的组合效应。

表 3 本地黄牛稻草与苜蓿干草混合粗饲料补饲木薯渣的替代率

Tab 3 Substitution rate of mixed forages supplemented with cassava residues of Local cattle

SR <sub>1</sub>	SR <sub>2</sub>	SR <sub>3</sub>	SEM
- 1.0345 <sup>a</sup>	- 1.2192 <sup>ab</sup>	- 1.4406 <sup>b</sup>	0.08143

SR<sub>1</sub>, SR<sub>2</sub> 与 SR<sub>3</sub> 分别为以处理 为对照组,处理 、处理 与处理 所补饲的木薯渣对稻草与苜蓿混合粗饲料的替代率; SEM 为平均标准误。SR<sub>1</sub>, SR<sub>2</sub> and SR<sub>3</sub> are substitution rate of CR in treat , treat and treat respectively for mixed roughages (75% RS + 25% AH) in treat . SEM, Standard Error of the Mean

### 2.3 木薯渣不同补饲方式对本地黄牛生长性能的影响

表 4 木薯渣不同补饲方式对本地黄牛生长性能的影响

Tab 4 Effects of regimes of supplementing cassava residues on growth performance in Local cattle

指标 Index	处理 组 Treatment group	处理 组 Treatment group	处理 组 Treatment group	处理 组 Treatment group	SEM
试验牛 / 头 Trial cattle	3	3	3	3	
初质量 / kg Initial weight	113	112	115	114	5.81
末质量 / kg Final weight	122.5	122.8	133.2	134.5	6.19
ADG / (g · d <sup>-1</sup> )	105 <sup>c</sup>	120 <sup>c</sup>	202 <sup>b</sup>	228 <sup>a</sup>	7.64
ADR I / (g · d <sup>-1</sup> )	1.814 <sup>b</sup>	1.850 <sup>b</sup>	2.118 <sup>a</sup>	2.274 <sup>a</sup>	48.55
ADM I / (g · d <sup>-1</sup> )	1.814 <sup>c</sup>	2.894 <sup>b</sup>	3.162 <sup>a</sup>	3.318 <sup>a</sup>	48.55
ADM I / ADG	17.28 <sup>b</sup>	24.28 <sup>a</sup>	15.72 <sup>b</sup>	14.60 <sup>b</sup>	0.8784

ADG, 平均日增重; ADR I, 平均日采食粗饲料量; ADM I, 平均日采食干物质质量; ADM I / ADG 为平均日采食干物质质量 / 平均日增重, 即日粮干物质转化效率。

ADG, Average Daily Gain; ADR I, Average Daily Roughage Intake; ADM I, Average Dry Matter Intake; ADM I / ADG, Average dry matter intake was divided by average daily gain, i.e. dry matter conversion efficiency of daily ration

2.3.1 木薯渣不同补饲方式对本地黄牛平均日增重的影响 木薯渣不同补饲方式对本地黄牛生长性能的影响见表 4。由表 4 可知,无论何种方式补饲木薯渣 (CR) 均能增加日增重 (ADG),但处理 与处理 的差异不显著 (P > 0.05),其余组间差异显著 (P < 0.05)。ADG 自高到低的排序为处理 (228)、处理 (202)、处理 (120)、处理 (105),括弧中的数字为 ADG,单位为 g/d。

2.3.2 木薯渣不同补饲方式对本地黄牛混合粗饲料采食量的影响 平均日采食混合粗饲料量 (ADR I) 以处理 的最高,为 2.274 g/d,其次为处理 的 2.118 g/d,两组间差异不显著 (P > 0.05),但均显著高于处理 与处理 (P < 0.05)。处理 与处理 的 ADR I 相近,分别为 1.850 g/d 与 1.814 g/d,组间差

异不显著 ( $P > 0.05$ )。

2.3.3 木薯渣不同补饲方式对本地黄牛饲料转化效率的影响 每千克增重所耗的饲料即料重比 (ADMI/ADG) 越高, 也就是日粮干物质的转化效率越低。ADMI/ADG 自低到高的排序为处理 (14.60)、处理 (15.72)、处理 (17.28)、处理 (24.28), 括弧中的数据为料重比。处理 的 ADMI/ADG 最低, 表明其日粮干物质转化效率最高。处理 的日粮干物质转化效率最低, 其料重比最高, 为 24.28, 显著高于其它 3 个处理组 ( $P < 0.05$ ), 也高于张吉鹏<sup>[7]</sup>用粗饲料分级指数 (Grading Index, GI) 所优化的绵羊日粮的料重比。处理、处理 与处理 的料重比组间差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 在张吉鹏<sup>[12]</sup>报道的范围之内, 但均较 GI 最大时 9.8 的料重比高。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 替代率定量描述反刍动物基础粗饲料补饲精料在采食量上组合效应的局限性

在反刍动物饲养实践中, 精饲料与粗饲料间的互作效应 (又称组合效应) 表现得尤为突出。许多研究表明, 粗饲料为基础日粮的反刍动物日粮中, 当淀粉类精料补充量达到较高水平时, 粗饲料的采食量和纤维物质消化率均会显著下降, 表现出负互作效应。相反, 当精料的补充量在一个合理水平时, 可以消除上述负组合效应, 甚至提高粗饲料的采食量和消化率, 表现出正组合效应。为了定量地描述精饲料补饲对基础粗饲料采食量的影响, 我国学者提出了替代率 (SR) 这一指标。由表 3 可以看出, 本研究的 SR 均为负值, 表明本研究中木薯渣 (CR) 的补饲量与补饲方式相对于未补饲的对照组, 在混合粗饲料量 (ADR I) 上均表现出正组合效应。由表 4 可以看出, 处理 的 ADR I 要高于处理 的, 而处理 的又高于处理 的, 其中处理 的 ADR I 与处理 的差异显著 ( $P < 0.05$ )。对这种等量补饲 CR 仅因不同的补饲方式所导致的本地黄牛 ADR I 的正组合效应, 用替代率 (SR) 公式显然无法进行定量描述。这说明替代率 (SR) 这一指标有其局限性, 它只能描述反刍动物基础粗饲料日粮补饲精料时基础粗饲料在采食量上的组合效应。而对等量精料补饲下, 不同补饲方式 (或称营养措施) 对基础粗饲料采食量的组合效应则不能准确地进行定量描述。张吉鹏等<sup>[13]</sup>以木薯干草为基础粗饲料, 探讨木薯渣不同补饲方式对山羊生产性能的影响, 亦得出了类似结论。

#### 3.2 木薯渣的不同补饲对本地黄牛的的生长性能有着重要影响

从实验结果得出: 处理 组的平均日采食混合粗饲料量 (ADR I) 及平均日增重 (ADG) 与处理 不显著 ( $P > 0.05$ ), 也就是说提前 3 h 补饲 CR 对提高本地黄牛粗饲料采食量与日增重的效果不显著。相反, 由于 CR 精料的补饲, 使得处理 的平均日采食干物质质量 (ADM I) 增加, 最终导致处理 的料重比最高, 而日粮干物质转化效率最低。造成这种现象可归因于 CR 与 AH 在瘤胃的能氮释放不同步。经测定 CR、AH 与 RS 的瘤胃 48 h (瞬时) 降解率 (RDR) 分别为 84.9%、74.2% 与 45.3%, 由于 CR 的 RDR 要高于 AH, 使得氮自 AH 中释放并可被瘤胃微生物利用前, 由 CR 提供的能量已释放完毕。这种能氮释放的不同步, 导致本地黄牛粗饲料不能被瘤胃微生物高效利用, 达不到补饲的效果。这可由处理 与处理 的结果得到进一步的验证。处理 的 ADR I 与 ADG 显著增加, 料重比显著降低 ( $P < 0.05$ )。处理 以使能量能稳定地自 CR 中释放, 从而适应氮自粗饲料 AH 中的缓慢释放, 结果其 ADG 较处理 又有显著增加 ( $P < 0.05$ ), 饲料转化效率亦进一步改善。Oduklam<sup>[14]</sup>与张吉鹏等<sup>[13]</sup>亦报道了类似的结果。目前, CR 主要用作肥料, 只有少部分鲜喂, 本试验用料是专人晒制, 故未作经济效益分析。仅从对平均日增重、粗饲料 (75% 的稻草) 采食量的增加与饲料转化效率的分析就可以看出, 补饲方式对本地黄牛的的生长性能所产生的巨大影响。

木薯渣 (CR) 作为能量添补饲料, 用于本地黄牛的补饲时, 可以通过改变补饲方式与增加饲喂次数, 来调控 CR 的瘤胃降解率, 使之与苜蓿干草 (AH) 的相似, 并使得日粮的能氮能够同步利用, 从而提高动物的生产性能。

#### 参考文献:

- [1] Wanapat M, Puramongkon T, Siphuak W. Feeding of cassava hay for lactating dairy cows[J]. Asian - Aus J Anim Sci, 2000, 13(4): 478 - 482

- [2] Wanapat M. Manipulation of cassava cultivation and utilization to improve protein to energy biomass for livestock feeding in the tropics [J]. Asian - Aus J Anim Sci, 2003, 16(4): 463 - 472.
- [3] 张吉鹏. 粗饲料分级指数参数的模型化及粗饲料科学搭配的组合效应研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2004.
- [4] 刘建新. 秸秆基础日粮添补苜蓿体外发酵特性及微生物氮合成的组合效应研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2006: 45 - 49.
- [5] 闫伟杰. 饼粕蛋白与羊草 NDF/玉米淀粉混合料的组合效应研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [6] 段智勇. 反刍动物日粮中淀粉与纤维的组合效应及其机理研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [7] 张显东. 补饲淀粉对反刍动物饲料组合效应的影响及其机理研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2009.
- [8] AOAC. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists, 15th Edition [M]. Washington DC: Association of Official Anal Chem, 1990: 69 - 90.
- [9] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non - starch polysaccharides in relation to animal nutrition [J]. J Dairy Sci, 1991, 74(10): 3583 - 3597.
- [10] 卢德勋, 谢崇文, 朱兴运, 等. 现代反刍动物营养研究方法和特点 [M]. 北京: 农业出版社出版, 1991: 60 - 74.
- [11] 卢德勋. 系统动物营养学导论 [M]. 北京: 中国农业出版社出版, 2004: 289.
- [12] 张吉鹏. 粗饲料分级指数参数的模型化及粗饲料科学搭配的组合效应研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2004.
- [13] 张吉鹏, 包赛娜, 赵辉, 等. 木薯渣不同补饲方式对山羊生产性能的影响研究 [J]. 饲料工业, 2009, 30(21): 31 - 34.
- [14] Odunlami M O. Energy supplementation of forage - and browse - based diets for West African Dwarf goats [D]. Nigeria: Obafemi Awolowo University, 1988.

(上接第 570 页)

- [6] Xu Z R, Hu C H, Xia M S, et al Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers [J]. Poul Sci, 2003, 82(6): 1030 - 1036.
- [7] Jiang H Q, Gong L M, Ma Y X, et al Effect of stachyose supplementation on growth performance, nutrient digestibility and caecal fermentation characteristics in broilers [J]. Br Poult Sci, 2006, 47(4): 516 - 522.
- [8] 蒋红琴, 龚利敏, 贺永惠, 等. 日粮添加水苏糖对肉仔鸡鼠伤寒沙门氏菌感染控制效果的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2007, 43(7): 25 - 27.
- [9] NRC. Nutrient Requirement of Poultry [S]. 9th National Academy Press, Washington, D C USA, 1994.
- [10] Benes A, Marquardt R R, Guenter W, et al Effect of enzyme addition on the performance and gastrointestinal tract size of chicks fed lupin seed and their fractions [J]. Poul Sci, 2002(5), 81: 670 - 678.
- [11] 王子旭. 锌硒互作对肉鸡肠黏膜结构及黏膜免疫相关细胞影响的研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [12] 戚令忠. 组织学 [M]. 2版. 北京: 人民卫生出版社, 1994.
- [13] Johnson I T, Gee J M, Mahoney R R. Effect of dietary supplements of guar gum and cellulose on intestinal cell proliferation, enzyme levels and sugar transport in the rats [J]. Br J Nutr, 1984, 52(3): 477 - 487.
- [14] Kim M. The water - soluble extract of chicory affects rat intestinal morphology similarly to other non - starch polysaccharides [J]. Nutr Res, 2002, 22(11): 1299 - 1307.
- [15] Radechi S V, Ku P K, Bennink M R, et al Effect of dietary copper on intestinal mucosa enzyme activity, morphology and turnover rates in weanling pigs [J]. J Anim Sci, 1992, 70(5): 1424 - 1431.