

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0433

鲁院院,田刚,余冰,罗玉衡,周树峰,陈代文,陈航.晒干大黑山薏苡全株在生长肉兔上的营养价值评定.草业科学,2017,34(5):1100-1106.

Lu Y Y, Tian G, Yu B, Luo Y H, Zhou S F, Chen D W, Chen H. Nutritive value of sun-cured whole plant of Coix 'Daheishan' for growing rabbits. Pratacultural Science, 2017, 34(5): 1100-1106.



## 晒干大黑山薏苡全株在生长肉兔上的营养价值评定

鲁院院<sup>1</sup>, 田刚<sup>1</sup>, 余冰<sup>1</sup>, 罗玉衡<sup>1</sup>, 周树峰<sup>2</sup>, 陈代文<sup>1</sup>, 陈航<sup>1</sup>

(1.四川农业大学动物营养研究所 动物抗病营养教育部重点实验室,四川 成都 611130;

2.四川农业大学玉米研究所,四川 成都 611130)

**摘要:**为拓展家兔的粗饲料来源,本研究评定了由四川农业大学玉米研究所选育的大黑山薏苡(*Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan)全株(晒干)对生长肉兔营养价值的影响。在分析化学组成的基础上,将24只42日龄遗传背景相同、体重相近(1107.00±98.42)g的健康法国伊拉商品兔随机分为两组(每组12只),单笼饲养在粪尿分开的金属网笼(60 cm×60 cm×45 cm)中,分别饲喂基础饲料(100%)和试验饲粮(85%基础饲料+15%大黑山薏苡全株),进行体内消化试验,试验期11 d(预试期7 d,收集期4 d)。结果显示,大黑山薏苡全株的干物质(dry matter, DM)含量为88.46%。以DM计,总能(gross energy, GE)、粗蛋白质(crude protein, CP)、粗纤维(crude fiber, CF)、中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)、酸性洗涤木质素(acid detergent lignin, ADL)、无氮浸出物(nitrogen free extract, NFE)、粗脂肪(ether extract, EE)、粗灰分(crude ash, Ash)、钙(calcium, Ca)和总磷(total phosphorus, TP)含量分别为16.94 MJ·kg<sup>-1</sup>、13.46%、29.58%、62.57%、42.05%、7.01%、31.20%、1.02%、13.19%、1.21%和0.20%,精氨酸(arginine, Arg)、组氨酸(histidine, His)、异亮氨酸(isoleucine, Ile)、亮氨酸(leucine, Leu)、蛋氨酸(DL-Methionine, Met)、赖氨酸(lysine, Lys)、苯丙氨酸(phenylalanine, Phe)、苏氨酸(L-Threonine, Thr)和缬氨酸(valine, Val)含量分别为0.47%、0.15%、0.37%、0.74%、0.14%、0.41%、0.46%、0.45%和0.49%。对于生长肉兔,大黑山薏苡全株的DM、GE、CP、CF、NDF、ADF、ADL、EE、Ash、Ca和TP全肠表观消化率分别为31.67%、30.02%、60.09%、4.55%、10.26%、0.80%、29.21%、54.68%、38.17%、58.84%和6.25%,消化能(digestible energy, DE)为5.69 MJ·kg<sup>-1</sup> DM; Arg、His、Ile、Leu、Met、Lys、Phe、Thr和Val全肠表观消化率分别为89.98%、87.16%、82.54%、84.31%、72.40%、83.77%、83.63%、75.81%和83.84%。综上所述,晒干大黑山薏苡全株的营养物质尤其是粗蛋白质和钙含量较高,纤维组分构成较合理,且其营养物质尤其是氨基酸在生长肉兔上的消化率较高。因此,从化学组成和营养物质消化利用角度看,大黑山薏苡全株可作为粗饲料用于家兔生产。

**关键词:**晒干;薏苡;生长肉兔;营养价值;表观消化率;粗饲料;饲料开发

中图分类号:S816.15;S829.105

文献标志码:A

文章编号:1001-0629(2017)05-1100-07\*

### Nutritive value of sun-cured whole plant of Coix 'Daheishan' for growing rabbits

Lu Yuan-yuan<sup>1</sup>, Tian Gang<sup>1</sup>, Yu Bing<sup>1</sup>, Luo Yu-heng<sup>1</sup>,  
Zhou Shu-feng<sup>2</sup>, Chen Dai-wen<sup>1</sup>, Chen Hang<sup>1</sup>

(1.Key Laboratory for Animal Disease-Resistance Nutrition of Ministry of Education,  
Animal Nutrition Institute, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;

2.Maize Research Institute of Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** In order to develop a roughage source for rabbits, the nutritive value of sun-cured whole plants of Da-

\* 收稿日期:2016-08-23 接受日期:2016-12-23

基金项目:四川省科技支撑项目(2016NZ0002);四川农业大学“双支计划”项目

第一作者:鲁院院(1992-),女,陕西榆林人,在读硕士生,主要从事饲料开发与高效利用研究。E-mail:952520324@qq.com

通信作者:田刚(1974-),男(土家族),重庆黔江人,副教授,硕导,博士,主要从事家兔营养与饲料高效利用研究。E-mail:tgang2008@126.com

heishan (*Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan) was determined. The plant was bred by the Maize Research Institute of Sichuan Agricultural University. Twenty-four healthy, 42-day-old French IRA rabbits with the same genetic background and similar weight ( $1\ 107.00 \pm 98.42$ ) g were randomly assigned to two groups (12 each per group). All rabbits were housed individually in single wire metabolism cages that allowed separation of faeces and urine. The rabbits were fed two diets: basal (100% basal diet) and test (85% basal diet plus 15% whole plant of Daheishan). The experimental duration was for 11 d (7 d of adaptation period, and 4 d of collection period). After the study period, *in vivo* digestion test was performed. The results showed that the dry matter (DM) content of whole plants of Daheishan was 88.46%. The contents of gross energy (GE), crude protein (CP), crude fibre (CF), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), acid detergent lignin (ADL), nitrogen free extract (NFE), ether extract (EE), crude ash (Ash), calcium (Ca), and total phosphorus (TP) of the DM were  $16.94\ \text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 13.46%, 29.58%, 62.57%, 42.05%, 7.01%, 31.20%, 1.02%, 13.19%, 1.21%, and 0.20%, respectively. The Arg, His, Ile, Leu, Met, Lys, Phe, Thr, and Val contents were 0.47%, 0.15%, 0.37%, 0.74%, 0.14%, 0.41%, 0.46%, 0.45%, and 0.49%, respectively. For growing rabbits, the total tract apparent digestibilities of DM, GE, CP, CF, NDF, ADF, ADL, EE, Ash, Ca, and total P of whole plant of Daheishan were 31.67%, 30.02%, 60.09%, 4.55%, 10.26%, 0.80%, 29.21%, 54.68%, 38.17%, 58.84%, and 6.25%, respectively. DE was  $5.69\ \text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}\ \text{DM}$ . In addition, the total tract apparent digestibilities of Arg, His, Ile, Leu, Met, Lys, Phe, Thr, and Val were 89.98%, 87.16%, 82.54%, 84.31%, 72.40%, 83.77%, 83.63%, 75.81%, and 83.84%, respectively. These results indicated that sun-cured whole plants of Daheishan had particularly higher crude protein and calcium contents than other contents. Fibre composition was reasonably high, and thus, this plant had a high nutrient digestibility in growing rabbits; Daheishan also had high amino acid content. Therefore, from the perspective of chemical composition and digestibility of nutrients, the whole plant of Daheishan can be used as roughage in rabbit production.

**Key words:** sun cured; *Coix lacryma*; growing rabbits; nutritional value; apparent digestibility; roughage forage; feed development

**Corresponding author:** Tian Gang E-mail:tgang2008@126.com

家兔是一种小型单胃草食性后肠发酵哺乳动物,其独特的消化道结构和消化生理对饲料组成有特殊要求,尤其是纤维的含量和质量<sup>[1-4]</sup>。研究表明,如果家兔摄入纤维组分不合理的饲料,会造成消化功能紊乱,导致发病,甚至死亡<sup>[1-3,5-6]</sup>。目前,家兔饲料中的纤维主要由苜蓿(*Medicago sativa*)提供。我国是家兔的生产和消费大国<sup>[7]</sup>,对苜蓿的需求量极大,但我国苜蓿的产量有限且价格昂贵,需大量进口<sup>[8]</sup>。而且,目前苜蓿产业的发展也存在许多问题,急需改革<sup>[9]</sup>。因此,现今着力于寻求廉价的苜蓿替代品,以满足家兔营养和饲料配制要求,进而降低家兔养殖成本,缓解养殖业压力。

薏苡(*Coix lacryma*)是一种禾本科植物,又称薏米、草珠子、川谷、六谷子、药玉米等<sup>[10]</sup>。在我国薏苡种植历史悠久,至少有 6 000~10 000 年的栽培驯化历史,且分布广泛<sup>[10-11]</sup>。除大面积的原生地外<sup>[12]</sup>,我国每年薏苡种植面积达 0.93 万  $\text{hm}^2$ <sup>[13]</sup>。大黑山薏苡(*Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan)是四川农业大学

玉米研究所从野生薏苡(*Coix agrestis*)中选育而成的一种多年生新型饲用作物,具有饲用品质优、产量高、抗逆性强等特点。历史上,薏苡作为我国及东南亚许多国家的用于传统保健和药用植物<sup>[10]</sup>。薏苡种仁具有很高的食用和药用价值,被誉为“世界禾木科植物之王”、“生命健康之本”,日本将其列为防癌食品<sup>[14]</sup>。薏苡茎叶提取物具有抗氧化<sup>[15]</sup>及清热利湿、健脾杀虫等功效<sup>[16]</sup>。此外,也有关于薏苡用作畜禽饲料的少量报道<sup>[10,17]</sup>。根据四川农业大学动物营养研究所家兔饲料高效开发与利用课题组初步观察发现,鲜绿大黑山薏苡全株适口性好,牛、羊、兔等草食动物喜食。然而,除一篇关于薏苡茎化学组成的报道外<sup>[18]</sup>,目前尚无关于薏苡全株的营养价值尤其是能量和营养物质消化率的报道。

因此,本研究以晒干大黑山薏苡全株为试验材料,在测定其能量、常规养分、纤维组分和氨基酸含量的基础上,通过体内消化试验,考察其被生长肉兔消化利用的情况,旨在丰富家兔饲料原料数据库提供基础资料。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验设计

消化试验采用单因子试验设计,用替代法测定能量和营养物质全肠表观消化率。24只42日龄遗传背景相同、体重相近(1 107.00±98.42)g的健康法国伊拉商品兔,随机分为两组,每组12只动物,单笼饲养在粪尿分开的金属网笼(60 cm×60 cm×45 cm)中,两组饲喂不同的饲料。对照组饲喂100%的基础饲料;

试验组饲喂85%的基础饲料+15%的大黑山薏苡全株。

基础饲料参照 de Blas 和 Wiseman<sup>[2]</sup> 推荐的生长兔营养需要进行配制,其组成及营养水平见表1。

大黑山薏苡为四川农业大学玉米研究所选育的一种新型饲草,采集于四川农业大学玉米育种云南西双版纳基地(100°45'43" E, 21°57'22" N),为花期前收获植株。植株采集后,自然晒干,粉碎后保存备用。饲料均制成直径2.5 mm的颗粒料。

表1 基础饲料配方及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (dry-matter basis)

原料 Ingredient	含量 Content	营养水平 Nutritional level	含量 <sup>§</sup> Content
苜蓿草 Lucerne meal	18.40%	消化能 Digestible energy(DE)/MJ·kg <sup>-1</sup>	11.48
玉米 Maize	19.20%	粗蛋白质 Crude protein(CP)/%	15.64
大豆粕 Soybean meal	11.00%	粗纤维 Crude fiber(CF)/%	16.77
小麦麸 Wheat bran	28.10%	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber(NDF)/%	32.35
统糠 Rice mill feed	18.60%	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber(ADF)/%	20.12
大豆油 Soybean oil	1.00%	酸性洗涤木质素 Acid detergent lignin(ADL)/%	5.47
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.80%	总蛋氨酸 DL-Methionine(Met)/%	0.19
石粉 Lime stone	1.50%	总赖氨酸 Lysine(Lys)/%	0.86
食盐 NaCl	0.40%	钙 Ca/%	1.50
预混料* Premix	1.00%	总磷 Total Phosphorus(TP)/%	0.57
合计 Total	100.00%		

注: \* 预混料为每千克饲料提供: Fe 30 mg, Cu 6 mg, Zn 35 mg, Mn 8 mg, Se 0.05 mg, Co 0.3 mg, I 0.4 mg, VA 6 000 IU, VD 900 IU, VE 15 IU, VK<sub>3</sub> 1 mg, 生物素 100 μg, 胆碱 100 mg, 烟酸 35 mg, 吡哆醇 0.5 mg, 核黄素 3 mg, VB<sub>12</sub> 9 μg, 泛酸 8 mg。 § 表示实测值。

Note: \* indicate premix provided the following per kilogram of the diet: Fe 30 mg, Cu 6 mg, Zn 35 mg, Mn 8 mg, Se 0.05 mg, Co 0.3 mg, I 0.4 mg, VA 6 000 IU, VD 900 IU, VE 15 IU, VK<sub>3</sub> 1 mg, biotin 100 μg, choline 100 mg, niacin 35 mg, pyridoxine 0.5 mg, riboflavin 3 mg, VB<sub>12</sub> 9 μg, pantothenic acid 8 mg. § indicate actual determine values.

### 1.2 饲养管理

消化试验参照 Perez 等<sup>[19]</sup> 的方法在四川农业大学动物营养研究所科研基地进行。试验期共11 d,其中适应期7 d,收集期4 d。试验前5 d用甲醛和高锰酸钾(体积比为2:1)熏蒸消毒兔舍。适应期开始各组饲喂对应的饲料,日喂两次(09:00和18:00),自由采食和饮水,并仔细观察动物的采食和健康情况。收集期每天准确称重各动物的饲料量,并结算余料和损失料;次日08:00开始收集各动物的全部粪样并称重,连续收集4 d。舍内温度(15.20±1.05)℃,相对湿度(66.87%±4.27%),自然光照和通风。

### 1.3 测定指标及方法

**1.3.1 样品采集与化学成分分析** 鲜粪除去兔毛后,喷洒10%盐酸固氮,-18℃封装保存;试验结束时,将各动物4 d的粪样混匀、称重,65℃烘干、称重,-18℃封装保存备用。

大黑山薏苡全株、基础饲料、试验饲料和烘干粪样均按张丽英<sup>[20]</sup> 的方法进行采样和化学成分分析。所有样品均粉碎后过0.425 mm筛,用四分法取样。GE、DM、CP、CF、NDF、ADF、ADL、EE、Ash、Ca、TP及氨基酸(amino acid, AA)等含量测定在四川农业大学动物营养研究所实验室完成。

**1.3.2 计算公式** 大黑山薏苡全株全肠表观消化率按下列公式<sup>[21]</sup>计算:

$$DNC_{TI} = DNC_{TD} - (1 - SR_C) \times \frac{DNC_{BD}}{SR_C};$$

$$SR_C = SR / \left[ \frac{(1 - SR)DM_{BD}}{DM_{TI}} + SR \right].$$

式中: DNC<sub>TI</sub>、DNC<sub>TD</sub>和 DNC<sub>BD</sub>分别表示待测原料、试验饲料和基础饲料中的可消化营养物质含量; SR<sub>C</sub>表示校正后的替代比例; SR表示校正前的替代比例; DM<sub>BD</sub>和 DM<sub>TI</sub>分别表示基础饲料和待测原料的干物

质含量。

### 1.4 数据分析

数据用 Excel 2013 整理,大黑山薏苡全株的 GE 和营养物质表观消化率用平均值±标准误(SE)表示。SE 由下列公式<sup>[20]</sup>计算:

$$SE = \frac{1}{SR} \sqrt{\frac{V_{(TD)}}{n_{(TD)}} + \frac{(1-SR)(1-SR)V_{(BD)}}{n_{(BD)}}}$$

式中:SR 表示矫正前的替代比例,  $V_{(TD)}$  和  $V_{(BD)}$  分别表示试验饲料组和基础饲料组的总方差;  $n_{(TD)}$  和  $n_{(BD)}$  分别表示试验饲料组和基础饲料组中的有效试验动物数(即用于计算数据的实际动物数),本试验中计算能量和常规养分消化率时  $n = 8$ , 计算氨基酸消化率时

$n = 4$ (即由计算能量和常规养分消化率的 8 个样品,按增重、采食量和排粪量相近原则两两混合而得)。

## 2 结果

### 2.1 大黑山薏苡全株的营养物质及氨基酸含量

大黑山薏苡全株的粗蛋白质、粗纤维及钙的含量相对较高,且各种氨基酸的含量较为适宜。除此之外,大黑山薏苡总磷的含量相对较低(0.20%)(表 2)。

### 2.2 大黑山薏苡全株的主要营养物质表观消化率和消化能值

大黑山薏苡全株的消化能为  $5.69 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ (表 3)。生长肉兔对大黑山薏苡全株中除粗纤维、酸性洗

表 2 大黑山薏苡全株总能、主要营养物质和氨基酸含量(干物质基础)

Table 2 Gross energy, major nutrients and amino acid content in whole plant of Daheishan (dry-matter basis)

项目 Item	含量 Content	必需氨基酸		非必需氨基酸	
		Essential amino acid		Non-essential amino acid	
		名称 Name	含量 Content/%	名称 Name	含量 Content/%
干物质 DM/%	88.46	精氨酸 Arg	0.47	丙氨酸 Ala	0.57
总能 GE/MJ · kg <sup>-1</sup>	16.94	组氨酸 His	0.15	天冬氨酸 Asp	1.04
粗蛋白质 CP/%	13.46	异亮氨酸 Ile	0.37	谷氨酸 Glu	1.13
粗纤维 CF/%	29.58	亮氨酸 Leu	0.74	甘氨酸 Gly	0.55
中性洗涤纤维 NDF/%	62.57	蛋氨酸 Met	0.14	脯氨酸 Pro	0.45
酸性洗涤纤维 ADF/%	42.05	赖氨酸 Lys	0.41	丝氨酸 Ser	0.45
酸性洗涤木质素 ADL/%	7.01	苯丙氨酸 Phe	0.46	酪氨酸 Tyr	0.30
无氮浸出物 NFE/%	31.20	苏氨酸 Thr	0.45		
粗脂肪 EE/%	1.02	缬氨酸 Val	0.49		
粗灰分 Ash/%	13.19				
钙 Ca/%	1.21				
总磷 TP/%	0.20				

表 3 大黑山薏苡全株能量、主要营养物质和氨基酸表观消化率(干物质基础)

Table 3 Apparent digestibility of major nutrients, energy, and amino acid content in whole plant of Daheishan (dry-matter basis)

项目 Item	含量 Content	必需氨基酸		非必需氨基酸	
		Essential amino acid		Non-essential amino acid	
		名称 Name	含量 Content/%	名称 Name	含量 Content/%
干物质 DM/%	31.67±3.20	精氨酸 Arg	89.98±4.09	丙氨酸 Ala	82.81±7.26
总能 GE/%	30.02±22.11	组氨酸 His	87.16±5.69	天冬氨酸 Asp	84.20±5.48
消化能 DE/MJ · kg <sup>-1</sup>	5.69±1.38	异亮氨酸 Ile	82.54±7.33	谷氨酸 Glu	88.81±4.08
粗蛋白质 CP/%	60.09±7.23	亮氨酸 Leu	84.31±6.13	甘氨酸 Gly	79.91±5.85
粗纤维 CF/%	4.55±14.99	蛋氨酸 Met	72.40±20.71	脯氨酸 Pro	79.51±8.45
中性洗涤纤维 NDF/%	10.26±14.55	赖氨酸 Lys	83.77±6.00	丝氨酸 Ser	83.04±5.50
酸性洗涤纤维 ADF/%	0.80±12.96	苯丙氨酸 Phe	83.63±6.61	酪氨酸 Tyr	84.06±4.78
酸性洗涤木质素 ADL/%	29.21±16.65	苏氨酸 Thr	75.81±8.61		
粗脂肪 EE/%	54.68±8.25	缬氨酸 Val	83.84±6.24		
粗灰分 Ash/%	38.17±5.59				
钙 Ca/%	58.84±9.40				
总磷 TP/%	6.25±12.43				

漆纤维、无氮浸出物和总磷的表观消化率较低外,其它营养物质的全肠表观消化率相对较高。

生长兔对大黑山薏苡全株中氨基酸的消化率多数在 80% 以上,其中对蛋氨酸和苏氨酸的消化率相对其它氨基酸的消化率较低,精氨酸的表观消化率最高(表 3)。

### 3 讨论

#### 3.1 大黑山薏苡全株的营养成分含量

禾本科植物与豆科植物相比较,其粗蛋白质含量较低,粗纤维含量较高。薏苡是一种食药兼用的禾本科植物,其茎秆可以用于饲喂动物。本研究中大黑山薏苡全株为花前期收获,具有较高的纤维含量(表 2)且其纤维组分构成较为合理。此外,大黑山薏苡全株中粗蛋白质和钙含量(13.46% 和 1.21%)相当可观,略低于豆科植物紫花苜蓿<sup>[22]</sup>(CP 15.3% 和 Ca 1.5%)。并均高于稻草(*Oryza sativa*)<sup>[23]</sup>、谷草(*Setaria italica*)和羊草(*Leymus chinensis*)<sup>[24]</sup>及多花黑麦草(*Loium multiflorum*)<sup>[25]</sup>中的营养物质含量。本研究测定的大黑山薏苡全株中营养物质的含量,除干物质外,其它营养物质含量均高于时维静等<sup>[17]</sup>测定的薏苡植株的结果。这可能与植物的品种<sup>[26]</sup>、产地<sup>[27-28]</sup>及收获期<sup>[29-30]</sup>等因素有关。因此,本研究中大黑山薏苡全株的营养物质含量略低于豆科牧草,但是高于几种常用的禾本科牧草。可见,其营养物质组成水平较高,且纤维水平较为合理,适宜作为家兔的饲料来源之一。

#### 3.2 大黑山薏苡全株的消化能及主要营养物质的全肠表观消化率

牧草的消化率可以反映出饲料中的营养物质能被动物利用的效果,间接反映出牧草的营养价值。本研究结果显示,大黑山薏苡全株的消化能为 5.69 MJ·kg<sup>-1</sup>,能量表观消化率为 30.02%。与郭东新等<sup>[29]</sup>测定的羊草的消化能(5.96 MJ·kg<sup>-1</sup>)基本一致,低于李海利等<sup>[24]</sup>测定的谷草和羊草的消化能(8.79 和 7.86 MJ·kg<sup>-1</sup>)和能量消化率(57.18% 和 47.38%),也低于多花黑麦草表观消化能(7.21 MJ·kg<sup>-1</sup>)和能量消化率(33.45%)<sup>[25]</sup>。说明大黑山薏苡全株本身给家兔提供的能量较低,但是由于家兔的后肠段较发达,可以充分利用纤维,进而间接地为机体提供足够的能量,而本研究测定大黑山薏苡全株中粗纤维含量较高(29.58%)。

不同种类的牧草中同种营养物质的消化率截然不同,而且当中纤维含量较高时,其它营养物质的消化率会降低<sup>[2]</sup>。本研究中生长肉兔对大黑山薏苡全株中粗蛋白质的表观消化率(60.09%)均不同程度的低于紫花苜蓿<sup>[31]</sup>。但是远高于多花黑麦草<sup>[25]</sup>(44.18%)、谷草(30.07%)和羊草(29.33%)<sup>[24]</sup>中的粗蛋白质表观消化率。可见,大黑山薏苡全株与其它几种常用的禾本科牧草相比较,其粗蛋白质组成更适宜家兔利用。此外,本研究中生长肉兔对大黑山薏苡全株中粗纤维和酸性洗涤纤维的消化率较低,远低于部分禾本科植物<sup>[25]</sup>。出现该种情况可能有两种原因:1)与家兔具有特殊的肠道生理结构有关,粗纤维快速通过肠道,对粗纤维的消化利用较低,主要用于调节和维持肠道健康<sup>[32]</sup>。2)与原料本身的纤维组分组成有关。本研究中酸性洗涤纤维的表观消化率偏低,有研究<sup>[5]</sup>表明,植物的纤维组分的组成会影响动物对纤维各组分的利用率,所以酸性洗涤纤维的消化率偏低可能与原料本身的木质素及半纤维素等纤维组分的组成有关。本研究中酸性洗涤木质素的表观消化率(29.21%)高于谷草(5.99%)和羊草(5.16%),且高于酸性洗涤木质素的表观消化率的理论值(-18%~25%)<sup>[32]</sup>。由于木质素基本不能被动物所利用,有研究<sup>[32]</sup>认为该种情况获得的酸性洗涤木质素的表观消化率值并不是被家兔消化利用,而可能是由于木质素被溶解的结果,具体原因仍需进一步研究。此外,本研究中生长肉兔对大黑山薏苡全株中总磷的表观消化率(6.25%)远低于羊草<sup>[24]</sup>中磷的表观消化率(43.33%)。但是与杨桂芹等<sup>[23]</sup>研究的肉兔对稻草(0.51%)和豆秸(-68.15%)中磷的表观消化率有类似结果。有研究<sup>[33]</sup>认为出现该种情况可能与磷的摄入量低有关,但是具体原因仍需探究。而生长肉兔对传统饲料的氨基酸消化率一般在 64%~80%<sup>[33-36]</sup>。本研究中生长肉兔对大黑山薏苡全株中的氨基酸消化率均在 80% 左右,接近生长兔对豆科牧草紫花苜蓿中氨基酸的消化率<sup>[29]</sup>。说明家兔可以较好的利用大黑山薏苡全株中的各营养成分,可以作为饲喂家兔的一种原材料。

### 4 结论

晒干大黑山薏苡全株的营养成分组成较为合理,且家兔对其各营养成分的利用较好,可以作为家兔的一种潜在的优质粗饲料。

## 参考文献 References:

- [1] Cheeke P R. Rabbit feeding and nutrition. *Rabbit Feeding & Nutrition*, 1987, 81(5-7): xiii-xiv.
- [2] de Blas C, Wiseman J. *The Nutrition of the Rabbit*, 2nd ed. Wallingford UK: Center for Agriculture and Bioscience International Publishing, 2010: 66-78.
- [3] McNitt J I, Lukefahr S D, Cheeke P R, Patton N M. *Rabbit Production*, 9th ed. Wallingford UK: Center for Agriculture and Bioscience International Publishing, 2013.
- [4] Rees Davies R, Rees Davies J A E. Rabbit gastrointestinal physiology. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice*, 2003, 6(1): 139-153.
- [5] Gidenne T. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: Respective role of low-digested and digestible fibre. *Live-stock Production Science*, 2003, 81(2-3): 105-117.
- [6] Irlbeck N A. How to feed the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science*, 2001, 79(Suppl.): E343-E346.
- [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Items; Meet, rabbit. (2016-08-03)[2016-08-10]. <http://www.fao.org/faostat/zh/?data/QL/visualize>.
- [8] 中国的苜蓿种业. (2015-10-30)[2016-08-10]. [http://www.caaa.cn/update/topic/2015/10/gilrd/20151030\\_112816.pdf](http://www.caaa.cn/update/topic/2015/10/gilrd/20151030_112816.pdf).
- [9] 孙启忠, 玉柱, 徐春城. 我国苜蓿产业亟待振兴. *草业科学*, 2012, 29(2): 314-319.  
Sun Q Z, Yu Z, Xu C C. Urgency of further developing alfalfa industry in China. *Pratacultural Science*, 2012, 29(2): 314-319. (in Chinese)
- [10] 赵晓明. 薏苡. 北京: 中国林业出版社, 2000: 59-62.
- [11] 杨丽娟, 张继武, 梁晓艳. 中国薏苡种质资源研究进展. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2015(5): 66-68.
- [12] 陈成斌, 梁云涛, 徐志健, 陆宇明, 曾华忠, 赖群珍, 梁世春, 罗毓喜. 广西薏苡种质资源考察报告. *西南农业学报*, 2008, 21(3): 792-797.  
Chen C B, Liang Y T, Xu Z J, Lu Y M, Zeng H Z, Lai Q Z, Liang S C, Luo Y X. Investigation report on job's tears (*Coix lacryma-jobi* L.) germplasm resources in Guangxi. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2008, 21(3): 792-797. (in Chinese)
- [13] 陈成斌. 广西薏苡资源的保护、收集、整理与利用. *南方农业学报*, 2003(3): 10-13.  
Chen C B. Protection and utilization of job's tears resources in Guangxi. *Guangxi Agricultural Science*, 2003(3): 10-13. (in Chinese)
- [14] 杨星勇. 禾谷类保健滋补之王——薏苡. *中国野生植物*, 1992(2): 34-35.
- [15] 黄莹, 程世嘉, 李芸达, 马忠丽, 韩光顺, 李兆叠, 黄锁义. 广西壮药薏苡叶甲醇提取物抗氧化活性研究. *实用药物与临床*, 2015(1): 63-65.  
Huang Y, Cheng S J, Li Y D, Ma Z L, Han G S, Li Z D, Huang S Y. Antioxidation activities of methanol extracts from Guangxi's Zhuang medicine coix leaves. *Practical Pharmacy & Clinical Remedies*, 2015(1): 63-65. (in Chinese)
- [16] 朱晓莹, 林瑶, 黄锁义, 黄凯敏, 商渊婷, 黎春杏. 薏苡茎叶提取物的体外抗肿瘤活性研究. *时珍国医国药*, 2014, 25(4): 782-783.  
Zhu X Y, Lin Y, Huang S Y, Huang K M, Shang Y T, Li C X. Experimental study on the antitumor effects of extracts from stalks and leaves of *Coix in vitro*. *Lishizhen Medicine & Materia Medica Research*, 2014, 25(4): 782-783. (in Chinese)
- [17] 时维静, 郑艺梅, 蔡华珍, 高金香, 吴世景. 薏苡饲料开发试验. *饲料研究*, 1994(7): 6-7.
- [18] 史柳芝, 史恒芝, 谭冰, 严焕宁, 黄锁义. 薏苡茎化学成分预试验研究. *微量元素与健康研究*, 2013(6): 24-26.  
Shi L Y, Shi H Z, Tan B, Yan H N, Huang S Y. The *Coix* leaves chemical composition of the pre-test. *Food Research & Development*, 2013(6): 24-26. (in Chinese)
- [19] Perez J M, Lebas F, Gidenne T, Maertens L, Xiccato G, Parigi-Bini R, Dalle Zotte A, Cossu M E, Carazzolo A, Villamide M J, Carabaño R, Fraga M J, Ramos M A, Cervera C, Blas E, Fernández-Carmona J, Falcao E, Cunha L, Bengala Freire. European reference method for in-vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Science*, 1995(3): 41-43.
- [20] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术. 第3版. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 82-93.
- [21] Villamide M J, Maertens L, Cervera C, Perez J M, Xiccato G. A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. *World Rabbit Science*, 2001(9): 19-26.
- [22] Villamide M J, Maertens L, de Blas C. Feed evaluation, in: de Blas C, Wiseman J. (eds). *Nutrition of the Rabbit*, 2nd ed. Walling-

- ford UK:Center for Agriculture and Bioscience International,2010:151-161.
- [23] 杨桂芹,郭东新,李闯,孙亮,田河,李建涛.稻草和豆秸在肉兔上的表观消化能和营养物质表观消化率的评定.动物营养学报,2013,25(11):2689-2695.  
Yang G Q,Guo D X,Li C,Sun L,Tian H,Li J T.Evaluation of apparent digestible energy and nutrient apparent digestibility in rice straw and soybean straw of meat rabbits.Chinese Journal of Animal Nutrition,2013,25(11):2689-2695.(in Chinese)
- [24] 李海利,周松涛,巩耀进,崔秋佳,谷子林.谷草和羊草对生长獭兔的营养价值评定.中国饲料,2014(23):34-37.  
Li H L,Zhou S T,Gong Y J,Cui Q J,Gu Z L.Nutritional values of millet straw and Chinese wildrye for growing rex rabbit.China Feed,2014(23):34-37.(in Chinese)
- [25] 宋中齐,干友民,田刚,金华,薄正熙,王秋爽,符佩斌,王永.多花黑麦草在生长肉兔上的营养价值评定.草业学报,2014,23(5):352-358.  
Song Z Q,Gan Y M,Tian G,Jin H,Bo Z X,Wang Q S,Fu P B,Wang Y.Nutritional values of Italian ryegrass for growing rabbits.Acta Prataculturae Sinica,2014,23(5):352-358.(in Chinese)
- [26] 徐丽君,杨桂霞,陈宝瑞,辛晓平,乌恩其,青格勒,朱树声.不同苜蓿(品)种营养价值的比较.草业科学,2013,30(4):566-570.  
Xu L J,Yang G X,Chen B R,Xin X P,Wuenqi,Qinggele,Zhu S S.Comprehensive evaluation of nutritional values of different alfalfa species and varieties.Pratacultural Science,2013,30(4):566-570.(in Chinese)
- [27] 高金香,吴世景,周宗运,时维静,郑艺梅,蔡华珍.苕苻饲料资源开发和利用的研究——栽培试验及营养分析.安徽农业技术师范学院学报,1994,8(1):66-68.  
Gao J X,Wu S J,Zhou Z Y,Shi W J,Zhen Y M,Cai H Z.A study on the exploitation and utilization of *Coix laclyma-jobi* L.—An experiment on its cultivation and the analysis of its nutrition.Journal of Anhui Agrotechnical Teachers College,1994,8(1):66-68.(in Chinese)
- [28] 周青平,颜红波,梁国玲,贾志锋,刘文辉,田莉华,陈有军,陈仕勇.不同燕麦品种饲草和籽粒生产性能分析.草业学报,2015,24(10):120-130.  
Zhou Q P,Yan H B,Liang G L,Jia Z F,Liu W H,Tian L H,Chen Y J,Chen S Y.Analysis of the forage and grain productivity of oat cultivars.Pratacultural Science,2015,24(10):120-130.(in Chinese)
- [29] 郭东新,杨桂芹,马佳,张瑜.苜蓿草和羊草在生长兔中的表观消化能和主要养分消化率的评定.沈阳农业大学学报,2011,42(6):709-713.  
Guo D X,Yang G Q,Ma J,Zhang Y.Assessment on apparent digestible energy and digestibility of main nutrient in *Medicago sativa* L. and *Leymus chinensis* for growing rabbits.Journal of Shenyang Agricultural University,2011,42(6):709-713.(in Chinese)
- [30] 闫贵龙,田树飞,穆秀明,曹春梅,王瑞兵,陈哲凯.摘穗和收获时间对甜玉米秸秆主要营养成分的影响.草业科学,2015,32(8):1323-1328.  
Yan G L,Tian S F,Mu X M,Cao C M,Wang R B,Chen Z K.Influence of ear stripping and stalk harvesting time on main nutrient components of sweet corn stalks.Pratacultural Science,2015,32(8):1323-1328.(in Chinese)
- [31] Garcia J,Perez-Alba L,Alvarez C,Rocha R,Ramos M,de Blas J C.Prediction of the nutritive value of lucerne hay in diets for growing rabbits.Animal Feed Science Technology,1995,54:33-44.
- [32] Gidenne T,Carabaño R,García J,de Blas C.Fibre digestion.in:de Blas C,Wiseman J.(eds).Nutrition of the Rabbit,2nd ed. Wallingford UK:Center for Agriculture and Bioscience International,2010:73-78.
- [33] Drlton J E,Fontenot J P.Effect of dietary organic phosphorus on magnesium metabolism in sheep.Journal of Animal Science,1967,26(6):1409-1414.
- [34] Taboada E,Mendez J,Mateos G G,de Blas J C.The response of highly productive rabbits to dietary lysine content.Livestock Production Science,1994,40:329-337.
- [35] Taboada E,Mendez J,de Blas C.The response of highly productive rabbits to dietary sulphur amino acid content for reproduction and growth.Reproduction,Nutrition and Development,1996,36:191-203.
- [36] de Blas C,Taboada E,Nicodemus N,Campos R,Piquer J,Mendez J.Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content.Animal Feed Science Technology,1998,70:151-160.

(责任编辑 武艳培)