

DOI:10.11686/cyxb2025141

http://cyxb.magtech.com.cn

姚东旭, 王彩忠, 郑琛. 猫尾草对幼龄肉兔生长性能、屠宰性能及肉品质的影响. 草业学报, 2026, 35(3): 185—194.

YAO Dong-xu, WANG Cai-zhong, ZHENG Chen. Effects of timothy grass on growth rate, slaughter performance, and meat quality in young meat rabbits. Acta Prataculturae Sinica, 2026, 35(3): 185—194.

## 猫尾草对幼龄肉兔生长性能、屠宰性能及肉品质的影响

姚东旭<sup>1</sup>, 王彩忠<sup>2</sup>, 郑琛<sup>1\*</sup>

(1. 甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省定西市岷县绿草种植农民专业合作社, 甘肃 岷县 748400)

**摘要:**旨在探究猫尾草在伊拉肉兔颗粒饲料中的适宜配比及其对肉兔生长性能、屠宰性能、器官指数、消化道发育和肉品质的影响。试验采用单因素设计, 选用 35 日龄伊拉肉兔 180 只, 分为对照组和试验 I 至 V 组, 分别饲喂含 0%、10%、20%、30%、40% 和 50% 猫尾草的颗粒型配合饲料, 预试期 6 d, 正试期 54 d。结果显示, 饲喂含有 10% 猫尾草的颗粒料时肉兔 90 日龄体重和 41~90 日龄平均日增重分别为 2.86 kg 和 20.99 g·d<sup>-1</sup>, 显著高于除对照组外的其他组 ( $P < 0.05$ ); 肝脏重为 112.69 g, 肝脏指数为 3.55%, 显著促进了肝脏发育 ( $P < 0.05$ )。在肉品质方面, 饲喂含有 10% 猫尾草的颗粒料时, 45 min 红绿度 ( $a_{45\text{min}}$ ) 为 22.33, 45 min 黄蓝度 ( $b_{45\text{min}}$ ) 为 15.95, 显著高于除 20% 添加量外的其他试验组 ( $P < 0.05$ )。此外, 随着猫尾草含量的增加, 空肠指数 (1.49%~1.78%)、结肠指数 (0.75%~0.84%)、盲肠长度指数 (7.94%~8.56%)、结肠长度指数 (7.95%~8.58%) 和蛔突长度指数 (2.86%~3.26%) 显著线性上升 ( $P < 0.05$ )。本研究表明, 饲喂含有 10% 猫尾草的颗粒料可以显著提高肉兔生产性能, 促进肝脏发育并改善红绿度和黄蓝度; 而当添加超过 20% 的猫尾草时则会导致生长性能下降, 抑制肝肾发育, 虽能提升盲肠长度指数和肌肉保水性, 但产肉量下降。

**关键词:**猫尾草; 生长性能; 屠宰性能; 肉品质

## Effects of timothy grass on growth rate, slaughter performance, and meat quality in young meat rabbits

YAO Dong-xu<sup>1</sup>, WANG Cai-zhong<sup>2</sup>, ZHENG Chen<sup>1\*</sup>

1. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Minxian Green Grass Planting Farmer Professional Cooperative, Dingxi City, Gansu Province, Minxian 748400, China

**Abstract:** This study aimed to investigate the optimal inclusion level of timothy grass (*Phleum pratense*) in pelleted feed for Ira meat rabbits and evaluate its effects on growth performance, slaughter characteristics, organ indices, gastrointestinal tract development, and meat quality. The trial was a one-way design, 180 thirty-five-day-old rabbits were allocated to a control group and five experimental groups (I–V), receiving pelleted diets containing 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% timothy grass, respectively. The trial comprised a 6-day adaptation period followed by a 54-day formal trial period. Results indicated that rabbits fed the 10% timothy grass diet exhibited superior performance: final body weight (2.86 kg) and average daily gain (20.99 g·d<sup>-1</sup>) were significantly higher compared to other groups except the control group ( $P < 0.05$ ). Hepatic development was significantly enhanced in this group, with liver weight reaching 112.69 g and hepatic index 3.55% ( $P < 0.05$ ). Regarding meat quality

收稿日期: 2025-04-18; 改回日期: 2025-05-16

基金项目: 肉兔不同生长阶段下的全价猫尾草饲料开发项目 (GSAU-JSFW-2023-202) 资助。

作者简介: 姚东旭 (1997—), 男, 甘肃通渭人, 在读硕士。E-mail: m18894220449@163.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: zhenge@gsau.edu.cn

parameters, the 10% inclusion group demonstrated significantly elevated redness-greenness coordinate ( $a^*$  value, 22.33) and yellow-blue coordinate ( $b^*$  value, 15.95) values at 45 minutes postmortem compared to other test groups except for the 20% addition amount ( $P < 0.05$ ). Linear increases were observed in jejunal index (1.49%–1.78%), colonic index (0.75%–0.84%), cecal length index (7.94%–8.56%), colonic length index (7.95%–8.58%), and vermiform appendix length index (2.86%–3.26%) with progressive timothy grass supplementation ( $P < 0.05$ ). The findings demonstrate that 10% timothy grass inclusion is optimal to enhance growth rate; and promotes hepatic development and improves meat color attributes (redness and yellowness). However, timothy grass inclusion beyond 20% adversely affected growth parameters, suppressed hepatorenal development, and reduced meat yield, despite improving cecal length index and water-holding capacity.

**Key words:** timothy grass; growth performance; slaughter performance; meat quality

猫尾草(*Phleum pratense*)是一种多年生禾本科牧草,多生于温带、寒温带和近北极气候区,主要分布在寒冷湿润地区,原产于欧亚大陆,由新英格兰的早期移民带入美国<sup>[1]</sup>。现主要分布在加拿大东部、日本北海道地区、澳大利亚北部、美国、俄罗斯、西欧和北欧。中国的猫尾草为引进栽培种,主要种植于东北、华北、西北地区。猫尾草是一种优良的长纤维牧草,其营养价值和适口性较好,适合用作反刍动物的粗饲料<sup>[2]</sup>。并且,猫尾草还是一种高质量的单胃草食动物饲料,能够满足不同单胃草食动物的营养需求,同时促进其健康和表现<sup>[3]</sup>。此外,如果以猫尾草为主的长纤维牧草饲喂赛马,可以防止赛马发生肠阻塞等泌尿系统疾病;还有利于保持赛马体型,改善呼吸系统,对提高赛马耐力也具有作用<sup>[4]</sup>。除此之外,单胃草食动物对猫尾草的干物质消化率较高,并且还有助于维持动物肌肉与组织的修复和生长,还有促进肠道蠕动、防止便秘等作用<sup>[5-7]</sup>。

近年来,随着猫尾草逐渐被人们应用于饲养宠物马匹等动物,猫尾草在伊拉肉兔养殖中的开发利用也广受关注。因此,为了减少猫尾草的浪费,结合伊拉肉兔饲料资源开发与利用的深入研究,对于缓解伊拉肉兔饲料短缺和持续健康发展也具有重要意义<sup>[8]</sup>。并且在蛋白质饲料资源和环境两方面存在缺陷的情况下,低蛋白质饲料已经成为人们关注的焦点,对肉兔低蛋白饲料的研究也是至关重要的。兔子属于草食动物,具有特殊的消化生理特点,粗饲料是其重要的营养来源,在肉兔饲料中,粗饲料的比例可达50%<sup>[9]</sup>,并且肉兔适应高纤维饲料摄入,供应充足的饲料纤维可以预防肉兔腹泻。但饲料中纤维过高或过低对肉兔生产均有不良影响。饲料中纤维过高会直接影响肉兔对其他营养物质的吸收,最终导致能量摄入不足,降低生长,特别是对于肉兔生产会造成严重的经济损失。饲料中纤维过低时会导致兔子病死率增加。而且,国内针对猫尾草的研究主要围绕引种栽培,而猫尾草对伊拉肉兔生长性能和屠宰性能的影响研究鲜见报道。为了科学评价饲料中添加不同比例的猫尾草对伊拉肉兔生产性能、屠宰性能及肉品质的影响,本试验以35日龄伊拉肉兔为研究对象,以探究猫尾草在伊拉肉兔颗粒饲料中的适宜配比。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及地点

猫尾草来自甘肃省定西市岷县绿草种植农民专业合作社,收割后自然晾干,切碎后备用。试验动物为35日龄伊拉肉兔,由和政县绿园综合养殖农民专业合作社提供。试验于2024年9月23日至2024年11月23日,在甘肃农业大学动物实训中心进行。

### 1.2 试验设计及饲养管理

采用单因素试验设计,选用健康的35日龄伊拉肉兔180只,分为对照组和试验I至V组,分别饲喂含0%、10%、20%、30%、40%和50%猫尾草的颗粒型配合饲料,每组分5个重复,每个重复6只试验兔(公母各1/2)。试验前对兔舍和兔笼彻底清理和消毒。预试期6d,正试期54d。每日定时饲喂2次,自由采食、自由饮水、机械通风和人工光照。猫尾草营养价值略低于苜蓿草(*Medicago sativa*),本次试验主要研究肉兔饲料中猫尾草替代苜蓿

草的可能性,因而使用等量猫尾草替代了苜蓿草,导致各处理饲粮营养水平略有不同,但将蛋能比尽可能地控制在相近水平。各组饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 饲粮组成及营养水平

Table 1 Dietary composition and nutrient levels

项目 Items	猫尾草添加量 Timothy grass inclusion level					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
原料 Ingredients						
苜蓿草 Alfalfa meal (%)	50.00	40.00	30.00	20.00	10.00	0.00
猫尾草 <i>P. pratense</i> (%)	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00
玉米 Corn (%)	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36
豆粕 Soybean meal (%)	17.70	17.70	17.70	17.70	17.70	17.70
麦麸 Wheat bran (%)	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94
糖蜜 Molasses (%)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
预混料 Premix (%)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
合计 Total (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels						
消化能 Digestible energy (DE, MJ·kg <sup>-1</sup> )	11.29	11.23	11.16	11.10	11.03	10.97
粗蛋白质 Crude protein (CP, %)	17.28	16.81	16.33	15.86	15.39	14.92
粗脂肪 Ether extract (EE, %)	2.26	2.29	2.31	2.34	2.37	2.40
粗纤维 Crude fiber (CF, %)	16.54	17.05	17.56	18.07	18.59	19.10
粗灰分 Crude ash (Ash, %)	6.76	6.41	6.06	5.71	5.36	5.01
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (NDF, %)	24.04	26.49	28.94	31.39	33.84	36.29
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber (ADF, %)	19.15	19.47	19.79	20.11	20.43	20.75
赖氨酸 Lysine (Lys, %)	0.95	0.92	0.88	0.85	0.82	0.79
蛋氨酸+胱氨酸 Methionine+cystine (Met+Cys, %)	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56
钙 Calcium (Ca, %)	1.13	1.01	0.90	0.79	0.67	0.56
磷 Phosphorus (P, %)	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40

注: 预混料为每 kg 饲粮提供维生素 A 100000 IU, 维生素 D<sub>3</sub> 6000 IU, 维生素 E 300 IU, 维生素 B<sub>1</sub> 50 mg, 维生素 B<sub>2</sub> 90 mg, 维生素 B<sub>6</sub> 40 mg, 维生素 B<sub>12</sub> 0.4 mg, 烟酸 750 mg, 泛酸 220 mg, 叶酸 7 mg, 胆碱 3.5 mg, 赖氨酸 12 g, 蛋氨酸 15 g, 铁 1000 mg, 铜 60 mg, 锰 250 mg, 锌 600 mg, 碘 2 mg, 钙 60 g, 总磷 20 g, 饲料级氯化钠 70 g。消化能为计算值,其余为实测值。

Note: The premix provides the following nutrients per kilogram of feed: VA 100000 IU, VD<sub>3</sub> 6000 IU, VE 300 IU, VB<sub>1</sub> 50 mg, VB<sub>2</sub> 90 mg, VB<sub>6</sub> 40 mg, VB<sub>12</sub> 0.4 mg, niacin 750 mg, pantothenic acid 220 mg, folic acid 7 mg, choline 3.5 mg, lysine 12 g, methionine 15 g, iron 1000 mg, copper 60 mg, manganese 250 mg, zinc 600 mg, iodine 2 mg, calcium 60 g, total phosphorus 20 g, feed-grade sodium chloride 70 g. Nutrient levels: Digestible energy is a calculated value; all other parameters are measured values.

### 1.3 指标测定

**1.3.1 生长性能测定** 试验正试期开始和结束时对试验兔进行空腹称重,获得初始体重和终末体重。试验期间,记录各组的饲粮采食量和余料量,计算平均日增重、平均日采食量及料重比。计算公式如下:

$$\text{平均日增重 (g}\cdot\text{d}^{-1}) = \frac{\text{终末体重 (g)} - \text{初始体重 (g)}}{\text{试验天数 (d)}}$$

$$\text{平均日采食量 (g}\cdot\text{d}^{-1}) = \frac{\text{试验兔总采食量 (g)}}{\text{试验天数 (d)}}$$

$$\text{料重比} = \frac{\text{平均日采食量}(\text{g}\cdot\text{d}^{-1})}{\text{平均日增重}(\text{g}\cdot\text{d}^{-1})} \times 100$$

**1.3.2 屠宰性能测定** 试验结束前1d每组随机选择10只接近平均体重的试验兔(公母各1/2),20:00开始禁食,试验结束当天8:00对试验兔进行空腹称重,即宰前活重。之后敲击后脑致晕,放血,剥皮,在腕关节处去除前肢及在跗关节处去除后肢,移走肠道及内容物和泌尿生殖器官后在第1颈椎处去头,去除气管、食管,并保留肝脏(摘去胆囊)、肾脏及肾周脂肪后称重,即半净膛重;去心脏、肝脏、肾脏及肾周脂肪后称重,即全净膛重。计算半净膛率和全净膛率。每组随机选择5只试验兔进行剔骨,称量净肉重,计算净肉率。计算公式如下:

$$\text{半净膛率}(\%) = \frac{\text{半净膛重}(\text{g})}{\text{宰前活重}(\text{g})} \times 100$$

$$\text{全净膛率}(\%) = \frac{\text{全净膛重}(\text{g})}{\text{宰前活重}(\text{g})} \times 100$$

$$\text{净肉率}(\%) = \frac{\text{净肉重}(\text{g})}{\text{宰前活重}(\text{g})} \times 100$$

**1.3.3 器官指数测定** 试验兔屠宰后分别对心脏、肝脏、脾脏、肺脏和肾脏进行称重,计算实质器官指数。分别测量十二指肠、空肠、回肠、盲肠、结肠和直肠的长度及重量,并对胃进行称重,计算消化器官的重量指数及长度指数。计算公式如下:

$$\text{实质器官指数}(\%) = \frac{\text{实质器官重}(\text{g})}{\text{宰前活重}(\text{g})} \times 100$$

$$\text{消化器官重量指数}(\%) = \frac{\text{消化器官重}(\text{g})}{\text{宰前活重}(\text{g})} \times 100$$

$$\text{消化器官长度指数}(\%) = \frac{\text{消化器官长度}(\text{cm})}{\text{消化器官总长度}(\text{cm})} \times 100$$

**1.3.4 肉品质测定** 试验兔屠宰后取左后腿肉样,参照《畜禽肉质的测定》(NY/T 1333-2007)<sup>[10]</sup>测定兔肉屠宰后的45 min pH(pH<sub>45 min</sub>)、24 h pH(pH<sub>24 h</sub>)、45 min 亮度(L\*<sub>45 min</sub>)、24 h 亮度(L\*<sub>24 h</sub>)、45 min 红绿度(a\*<sub>45 min</sub>)、24 h 红绿度(a\*<sub>24 h</sub>)、45 min 黄蓝度(b\*<sub>45 min</sub>)、24 h 黄蓝度(b\*<sub>24 h</sub>)以及滴水损失、嫩度和蒸煮损失。

## 1.4 数据统计分析

采用Excel 2019整理试验数据,使用SPSS 26.0软件单因素方差分析(one-way ANOVA)进行多项式的线性、二次和三次检验,采用一般线性模型进行两因子方差分析,当分析结果存在显著差异时采用Duncan氏法进行多重比较。试验结果以 $P < 0.05$ 为差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 猫尾草对肉兔生长性能的影响

由表2可知,当饲喂含有10%猫尾草的颗粒型配合饲料时,60~90日龄以及41~90日龄的平均日增重显著高于除含量为0%组的其他各组,当饲喂含有10%猫尾草的颗粒型配合饲料时平均日采食量与对照组相近,但当猫尾草含量高于30%时,60~90日龄以及41~90日龄的平均日采食量显著低于对照组( $P < 0.05$ ),处理和时间对肉兔的平均日采食量产生了显著的交互作用。此外,随着猫尾草含量的增加,41~90日龄的平均日增重和平均日采食量呈线性下降趋势( $P < 0.05$ )。41~90d的料重比呈先降后升再降的三次趋势( $P < 0.05$ )。当猫尾草含量为10%时的90d体重显著高于其他试验组( $P < 0.05$ )。

### 2.2 猫尾草对肉兔屠宰性能的影响

由表3可知,当饲喂含有10%猫尾草的颗粒型配合饲料时,半净膛重、全净膛重显著高于除对照组外的其他各试验组( $P < 0.05$ ),猫尾草含量对净肉重、半净膛率、全净膛率和净肉率没有造成显著影响( $P > 0.05$ )。此外,随着猫尾草含量的增加,半净膛重、全净膛重、净肉重和半净膛率呈线性下降趋势( $P < 0.05$ )。

表 2 猫尾草对肉兔生长性能的影响

Table 2 Effects of timothy grass meal on growth performance of rabbits

项目 Items	阶段 Stage (d)	猫尾草添加量 Timothy grass inclusion level						标准误 Standard error of the mean	P 值 P-value					
		0%	10%	20%	30%	40%	50%		L	Q	C	$P_{age}$	$P_{treatment}$	$P_{age} \times P_{treatment}$
平均日增重 Average daily gain ( $g \cdot d^{-1}$ )	41~60	18.55a	23.88a	21.62a	18.71a	21.30a	19.29a	0.81	0.681	0.359	0.180			
	60~90	26.85ab	30.55a	22.89bc	19.28c	21.86bc	22.12bc	0.69	0.001	0.040	0.073			
	41~90	19.30ab	20.99a	18.29bc	15.56c	17.68bc	17.17bc	0.39	0.002	0.300	0.064	<0.001	<0.001	0.088
平均日采食量 Average daily feed intake ( $g \cdot d^{-1}$ )	41~60	98.85a	100.18a	88.45bc	85.90c	97.28a	93.12ab	1.04	0.051	0.004	0.956			
	60~90	145.54a	149.40a	129.40bc	126.76c	139.21ab	124.90c	1.58	<0.001	0.236	0.657			
	41~90	122.20a	124.79a	108.92bc	106.33c	118.25ab	109.01bc	1.37	0.001	0.084	0.824	<0.001	0.002	0.049
料重比 Material to weight ratio	41~60	12.38a	7.98a	7.93a	21.48a	12.27a	10.82a	2.18	0.707	0.588	0.166			
	60~90	5.89a	5.75a	6.78a	10.97a	6.87a	6.60a	0.70	0.438	0.137	0.287			
	41~90	6.84a	6.22a	6.24a	7.73a	7.48a	6.74a	0.22	0.363	0.679	0.033	0.032	0.172	0.867
体重 Weight (kg)	41	1.54a	1.57a	1.53a	1.59a	1.52a	1.50a	0.12	0.326	0.173	0.796			
	60	1.90b	2.06a	1.92b	1.92b	1.90b	1.84b	0.19	0.055	0.136	0.220			
	90	2.71ab	2.86a	2.61bc	2.50c	2.56c	2.51c	0.25	<0.001	0.612	0.039			

注：同行数据无标注或标注相同小写字母表示不同含量之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )，不同小写字母表示不同含量之间差异显著 ( $P < 0.05$ )。L、Q、C 分别表示线性、二次和三次曲线的显著性。下同。

Note: Peer data without labeling or labeling the same lowercase letters indicate that there is no significant difference between different contents ( $P > 0.05$ ), and different lowercase letters in the same row indicate significant difference among different contents ( $P < 0.05$ ). L, Q and C represent the significance of linear, quadratic and cubic curves, respectively. The same below.

表 3 猫尾草对肉兔屠宰性能的影响

Table 3 Effects of timothy grass meal on carcass characteristics of rabbits

项目 Items	猫尾草添加量 Timothy grass inclusion level						标准误 Stan- dard error of the mean	P 值 P-value		
	0%	10%	20%	30%	40%	50%		L	Q	C
半净膛重 Half-eviscerated weight (g)	1630.02ab	1738.65a	1444.84d	1565.56bc	1583.06bc	1491.25cd	19.68	0.003	0.502	0.869
全净膛重 Fully-eviscerated weight (g)	1509.90ab	1606.40a	1342.50d	1455.70bc	1481.40bc	1388.40cd	18.39	0.008	0.544	0.715
净肉重 Net meat weight (g)	1101.60a	1045.60a	919.00a	1001.00a	1001.40a	865.40a	26.00	0.018	0.841	0.138
半净膛率 Percentage of half-eviscerated (%)	55.23a	54.74a	52.59a	52.68a	53.52a	53.10a	0.31	0.021	0.067	0.796
全净膛率 Percentage of fully-eviscerated (%)	51.17a	50.57a	48.86a	48.97a	50.08a	49.45a	0.31	0.110	0.104	0.568
净肉率 Net meat percentage (%)	38.08a	33.21a	33.84a	34.56a	34.34a	31.92a	0.71	0.069	0.569	0.076

### 2.3 猫尾草对肉兔实质器官指数的影响

由表 4 可知，饲料中猫尾草含量对肉兔心脏、脾脏、肺脏、肾脏的重量及器官指数均不存在显著影响 ( $P > 0.05$ )，但当饲喂含有 10% 猫尾草的颗粒型配合饲料时肝脏的重量及器官指数显著高于除对照组外的其他各组 ( $P < 0.001$ )。此外，随着猫尾草含量的增加，肝脏和肝脏指数呈线性下降趋势 ( $P < 0.05$ )。

### 2.4 猫尾草对肉兔消化道器官指数的影响

由表 5 可知，饲料中猫尾草含量对肉兔十二指肠、空肠、回肠、盲肠、结肠、直肠、胃和幽门均无显著影响 ( $P > 0.05$ )。此外，随着猫尾草含量的增加，空肠和结肠重占宰前活重比例呈线性上升趋势 ( $P < 0.05$ )，而十二指肠重占宰前活重比例呈先升后降再升的三次趋势 ( $P < 0.05$ )。

表4 猫尾草对肉兔器官重以及器官指数的影响

Table 4 Effects of timothy grass on organ weight and organ index in meat rabbits

项目 Items	猫尾草添加量 Timothy grass inclusion level						标准误 Standard error of the mean	P值 P-value		
	0%	10%	20%	30%	40%	50%		L	Q	C
心脏重 Heart weight (g)	11.03a	9.97a	9.47a	11.27a	10.72a	10.13a	0.26	0.936	0.714	0.055
肝脏重 Liver weight (g)	100.52ab	112.69a	85.10c	90.91bc	83.93c	85.45c	1.95	<0.001	0.381	0.038
脾脏重 Spleen weight (g)	2.50a	2.02a	1.91a	2.22a	1.71a	2.07a	0.08	0.104	0.148	0.641
肺脏重 Lung weight (g)	17.54a	16.17a	14.75a	15.16a	15.39a	14.46a	0.36	0.020	0.275	0.325
肾脏重 Kidney weight (g)	19.60a	19.56a	17.24a	18.95a	17.72a	17.41a	0.35	0.038	0.696	0.659
心脏指数 Percentage of cardiac (%)	0.37a	0.31a	0.34a	0.38a	0.36a	0.36a	0.01	0.479	0.664	0.060
肝脏指数 Percentage of liver (%)	3.40ab	3.55a	3.10bc	3.07bc	2.84c	3.03bc	0.05	<0.001	0.242	0.018
脾脏指数 Percentage of spleen (%)	0.08a	0.06a	0.07a	0.07a	0.05a	0.07a	0.00	0.132	0.053	0.714
肺脏指数 Percentage of lung (%)	0.59a	0.51a	0.54a	0.51a	0.52a	0.52a	0.01	0.101	0.196	0.322
肾脏指数 Percentage of kidney (%)	0.66a	0.62a	0.63a	0.64a	0.60a	0.62a	0.01	0.266	0.592	0.679

表5 猫尾草对肉兔胃肠道重占宰前活重比例的影响

Table 5 Effects of timothy grass on gastrointestinal tract weight as a proportion of pre-slaughter live weight in meat rabbits (%)

项目 Items	猫尾草添加量 Timothy grass inclusion level						标准误 Standard error of the mean	P值 P-value		
	0%	10%	20%	30%	40%	50%		L	Q	C
十二指肠 Duodenum	0.38	0.45	0.35	0.38	0.32	0.46	0.02	0.869	0.176	0.045
空肠 Jejunum	1.49	1.63	1.74	1.78	1.73	1.75	0.04	0.037	0.140	0.735
回肠 Ileum	0.16	0.19	0.20	0.21	0.19	0.20	0.01	0.077	0.138	0.345
盲肠 Caecum	1.82	2.06	1.89	1.93	1.70	1.70	0.04	0.065	0.126	0.200
结肠 Colon	0.79	0.75	0.83	0.86	0.87	0.84	0.01	0.038	0.456	0.136
直肠 Rectum	0.57	0.58	0.57	0.57	0.60	0.68	0.02	0.068	0.158	0.441
胃 Stomach	1.64	1.57	1.60	1.73	1.57	1.71	0.03	0.395	0.653	0.882
蚓突 Appendix	0.49	0.46	0.44	0.46	0.46	0.44	0.01	0.276	0.697	0.377

## 2.5 猫尾草对肉兔消化道长度的影响

由表6可知,饲料中猫尾草含量对肉兔十二指肠、空肠、回肠、盲肠、结肠和蚓突长度无显著影响( $P>0.05$ ),与对照组相比,当猫尾草含量为10%、20%和30%时可以显著降低直肠长度( $P<0.05$ )。此外,随着猫尾草含量的增加,盲肠、结肠和蚓突的长度比例呈线性上升趋势( $P<0.05$ ),而空肠长度占肠道总长度比例呈先升后降的二次趋势( $P<0.05$ ),而直肠长度占肠道总长度比例呈先降后升的二次趋势( $P<0.05$ ),十二指肠长度占肠道总长度比例呈先升后降再升的三次趋势( $P<0.05$ )。

## 2.6 猫尾草对肉兔肉品质的影响

由表7可知,饲料中猫尾草含量对宰后pH<sub>45 min</sub>、蒸煮损失和嫩度无显著影响( $P>0.05$ )。当饲料中含有20%的猫尾草时宰后L\*<sub>45 min</sub>显著高于其他组( $P<0.05$ )。当饲料中含有10%的猫尾草时a\*<sub>45 min</sub>显著高于除含量为0%和20%外的其他组( $P<0.05$ )。当饲料中含有10%的猫尾草时L\*<sub>24 h</sub>显著低于对照组以及含有30%和50%猫尾草的组别( $P<0.05$ )。当饲料中含有30%的猫尾草时a\*<sub>24 h</sub>显著低于对照组( $P<0.05$ )。当饲料中的猫尾草含量 $\geq 40\%$ 时滴水损失显著低于其他组( $P<0.05$ )。此外,随着猫尾草含量的增加,宰后pH<sub>45 min</sub>和滴水损失呈线性下降趋势( $P<0.05$ ),L\*<sub>45 min</sub>和b\*<sub>45 min</sub>呈先升后降的二次趋势,分别在猫尾草含量为20%和10%时达到峰值,a\*<sub>45 min</sub>呈先升后降再升的三次趋势,a\*<sub>24 h</sub>和b\*<sub>24 h</sub>呈先降后升的二次趋势,均在猫尾草含量为30%时达到谷值。

表 6 猫尾草对肉兔各肠道长度的影响

Table 6 Effects of timothy grass on intestinal segment lengths in meat rabbits

项目 Items	猫尾草添加量 Timothy grass inclusion level						标准误 Standard error of the mean	P 值 P-value		
	0%	10%	20%	30%	40%	50%		L	Q	C
绝对长度 Absolute length										
十二指肠 Duodenum (cm)	52.80a	58.35a	42.90a	42.45a	34.20a	54.80a	2.58	0.215	0.063	0.029
空肠 Jejunum (cm)	247.20a	257.50a	242.90a	245.50a	241.50a	221.50a	4.07	0.038	0.229	0.838
回肠 Ileum (cm)	30.25a	27.00a	25.45a	26.75a	24.40a	25.15a	0.61	0.010	0.206	0.518
盲肠 Caecum (cm)	40.15a	41.60a	36.55a	39.80a	38.30a	40.20a	0.43	0.433	0.069	0.429
结肠 Colon (cm)	40.20a	40.55a	38.95a	40.35a	42.10a	40.20a	0.43	0.494	0.824	0.248
直肠 Rectum (cm)	81.55a	65.27bc	59.90c	65.10bc	68.30abc	73.80ab	1.87	0.200	0.001	0.583
蚓突 Appendix (cm)	14.51a	15.10a	13.90a	14.75a	15.10a	14.85a	0.24	0.617	0.718	0.834
长度比例 Length ratio										
十二指肠占比 Percentage of duodenum (%)	10.47a	11.39a	9.42a	9.00a	7.44a	11.60a	0.53	0.536	0.130	0.045
空肠占比 Percentage of jejunum (%)	48.73a	50.22a	52.65a	51.58a	51.84a	47.17a	0.59	0.729	0.003	0.425
回肠占比 Percentage of ileum (%)	5.96a	5.34a	5.55a	5.65a	5.29a	5.35a	0.13	0.246	0.695	0.464
盲肠占比 Percentage of caecum (%)	7.94a	8.13a	7.99a	8.42a	8.27a	8.56a	0.09	0.032	0.815	0.882
结肠占比 Percentage of colon (%)	7.95a	8.00a	8.53a	8.52a	9.08a	8.58a	0.12	0.008	0.300	0.238
直肠占比 Percentage of rectum (%)	16.09a	13.98bc	12.83c	13.73bc	14.82abc	15.58ab	0.31	0.888	0.001	0.213
蚓突占比 Percentage of appendix (%)	2.86a	2.94a	3.04a	3.10a	3.26a	3.17a	0.05	0.009	0.535	0.532

表 7 猫尾草对肉兔肉品质的影响

Table 7 Effects of timothy grass meal on meat quality parameters of rabbits

项目 Items	猫尾草添加量 Timothy grass inclusion level						标准误 Standard error of the mean	P 值 P-value		
	0%	10%	20%	30%	40%	50%		L	Q	C
pH <sub>45 min</sub>	6.54a	6.54a	6.46a	6.43a	6.39a	6.40a	0.03	0.027	0.689	0.644
pH <sub>24 h</sub>	7.29b	7.45b	8.38a	6.71b	7.46b	7.54b	0.13	0.870	0.669	0.043
L* <sub>45 min</sub>	10.70c	18.60b	21.63a	18.17b	17.20b	17.47b	0.54	<0.001	<0.001	<0.001
a* <sub>45 min</sub>	20.20a	22.33a	21.00a	16.93b	14.03c	15.10bc	0.52	<0.001	0.136	<0.001
b* <sub>45 min</sub>	12.45bc	15.95a	14.40ab	11.65cd	9.70d	10.35cd	0.42	<0.001	0.032	<0.001
L* <sub>24 h</sub>	24.30a	19.10b	21.40ab	24.90a	21.47ab	25.50a	0.61	0.152	0.069	0.186
a* <sub>24 h</sub>	18.10a	16.33ab	13.70bc	13.07c	15.10abc	17.20a	0.47	0.319	<0.001	0.638
b* <sub>24 h</sub>	13.80a	12.17ab	11.23bc	9.67c	11.83abc	13.03ab	0.33	0.303	<0.001	0.631
滴水损失 Drip loss (%)	15.44a	12.46b	11.64b	7.61c	4.67d	4.39d	0.67	<0.001	0.575	0.285
嫩度 Tenderness (N)	42.70a	41.71a	45.67a	43.08a	43.08a	47.35a	0.87	0.171	0.594	0.404
蒸煮损失 Cooking loss (%)	29.62a	27.87a	25.48a	31.86a	31.26a	30.42a	1.33	0.463	0.702	0.313

### 3 讨论

#### 3.1 猫尾草对肉兔生长性能的影响

生长性能可以反映家畜迅速发育和适应环境变化的能力,揭示动物在不同环境和饲养条件下的健康状况。本试验结果表明,当饲粮中含有 10% 的猫尾草时肉兔各个阶段的平均日增重均达到峰值,同时料重比低于其他组。粗纤维在维持家兔肠道健康方面有不可替代的作用,适量的纤维摄入可通过调节肠道菌群平衡,增强盲肠发

酵能力,并且猫尾草可能通过纤维的物理刺激作用增强肠道蠕动,促进纤维发酵,进而提升生长性能<sup>[11]</sup>。然而,不同的纤维来源和含量会对消化功能产生不同作用<sup>[12]</sup>,并且幼龄动物的消化功能发育尚且不完善,这也是本次试验肉兔饲料中猫尾草含量高于20%时生长性能显著下降的原因。并且纤维含量的升高可能抑制采食量并降低营养利用率,进而影响增重效率<sup>[13]</sup>。

### 3.2 猫尾草对肉兔屠宰性能的影响

在畜牧养殖中,屠宰性能作为动物生长发育的最终体现,是衡量饲料饲喂效果的关键指标。本试验结果显示,随着猫尾草含量的增加,半净膛重、全净膛重、净肉重以及半净膛率呈显著线性下降趋势,其中又以含有10%猫尾草时的半净膛重和全净膛重最高,显著高于其他组,表明含有10%猫尾草的颗粒饲料可有效提升肉兔的屠宰性能。用猫尾草等比例替代苜蓿草,随着猫尾草含量的增加,饲料中的消化能含量逐渐降低,消化能水平的变化可以显著影响动物的生长性能,从而影响屠宰性能<sup>[14]</sup>。然而,饲料中蛋白质含量的变化会影响胴体的组成比例,蛋白质含量的降低会使蛋白质在肉中的沉积效率降低,从而导致屠宰性能的下降<sup>[15]</sup>,本试验中,用猫尾草等比例替代苜蓿草,猫尾草蛋白含量低于苜蓿草,因此猫尾草添加量过高时,会导致屠宰性能下降。

### 3.3 猫尾草对肉兔实质器官指数的影响

内脏器官的重量和器官指数在一定程度上反映了动物机体的机能状况,能够从免疫功能、营养吸收、繁殖性能、肉质和整体健康等多个方面反映饲料和饲养效果的科学性和合理性<sup>[16]</sup>。肝脏是解毒和物质代谢的核心器官,黄酮类化合物有改善肝脏脂质代谢、抗氧化、调节肝脏酶活性和激素水平等的作用,这些作用共同促进了肝脏的健康和功能<sup>[17]</sup>,本试验中,随着猫尾草含量的增加,肝脏、肺脏、肾脏和肝脏指数呈显著线性下降趋势,其中以试验I组的肝脏重量及指数最高,显著高于其他组,猫尾草中含有黄酮类化合物<sup>[18]</sup>,可能诱导肝脏代偿性增生,此外,肝脏是动物体消化系统中最大的消化腺,随着动物采食量的提高和体重的增加,肝脏也会随之快速生长,达到与体重相适应的比例,才能承担起生物转化和新陈代谢的作用<sup>[19]</sup>。其他实质器官指数在各组间无显著差异,表明猫尾草在推荐添加比例内对肉兔的器官发育无负面影响。

### 3.4 猫尾草对肉兔消化器官重量及长度指数的影响

肠道是营养物质消化吸收的主要部位,出生时发育已经较为完善,其重量和长度的改变影响营养物质的消化吸收<sup>[20]</sup>。营养物质影响肠道发育更多的是由饲料原料引起,同时受饲料的组成、营养水平以及抗营养因子等多重影响<sup>[21]</sup>。本试验中,随着猫尾草含量的增加,盲肠长度呈显著线性上升趋势,表明猫尾草纤维可能通过促进盲肠发酵增强纤维降解效率,盲肠是肉兔消化纤维的主要场所,其容积扩大可容纳更多微生物群落,从而提高纤维素酶和半纤维素酶的活性。此外,日粮纤维含量增加使动物的小肠、盲肠、结肠等消化器官的容积增大,从而对消化器官上皮细胞的水解和吸收功能产生影响<sup>[22]</sup>,兔子的盲肠和结肠占据消化道总体积的40%~60%,主要负责纤维素等复杂碳水化合物的微生物发酵,随着饲料中纤维含量的增高,可能需要更加强大的结肠来帮助消化,从而导致结肠重量及长度的变化,在本试验中,随着猫尾草含量的增加,结肠重量及长度和蚓突长度呈线性上升趋势,其中又以含有40%的猫尾草最高,表明饲料中含有40%的猫尾草可能通过促进结肠代偿性发育来适应纤维含量变化的同时促进蚓突发育。

### 3.5 猫尾草对肉兔肉品质的影响

肉品质可通过肉色、pH、滴水损失、嫩度等指标来反映其优劣。肌肉pH与肉质特性、贮藏稳定性、营养价值和饲养管理等密切相关<sup>[23]</sup>,肉色与肌肉中的营养成分含量有关<sup>[24]</sup>,滴水损失反映肉品在储存过程中保持水分的能力<sup>[25]</sup>。由于较高的生长性能能够促进肌纤维发育,提升肌肉中肌红蛋白含量,从而导致红绿度( $a^*$ )升高<sup>[26]</sup>,所以在本试验中,随着猫尾草含量的增加,兔肉红绿度( $a^*$ )呈先升后降再升的三次趋势,当含有10%的猫尾草时,达到最大值,随后显著降低,并且含有10%的猫尾草时半净膛重等指标也显著高于其他各组。然而猫尾草作为高纤维饲料,可能通过促进肠道健康间接影响肌肉水分分布,在猫尾草含量较低时促进肌肉保水性,随着猫尾草含量的增加,消化负担加重,导致肌肉代谢紊乱,从而影响肌肉和水分分布,并且较高蛋白质水平下肌肉中多不饱和脂肪酸含量较少,多不饱和脂肪酸可通过促进肌肉脂质氧化破坏肌细胞膜的结构功能,导致细胞内液外渗,增加

滴水损失<sup>[27]</sup>,并且猫尾草蛋白含量低于苜蓿草,随着添加比例升高,饲料蛋白含量下降,从而导致肌肉滴水损失下降,因此随着猫尾草添加量的增加,滴水损失呈显著线性下降趋势。

#### 4 结论

猫尾草含量对肉兔的生产性能具有显著的剂量依赖性效应,颗粒料中含有10%的猫尾草可以显著提高终末体重和平均日增重,降低料重比,同时促进肝脏发育,而且肌肉的红绿度和黄蓝度也有所提升;而当猫尾草含量超过20%时则会导致生长性能下降,并且抑制肝肾发育,虽能提升盲肠长度指数和肌肉保水性,但产肉量下降。

#### 参考文献 References:

- [1] Du W H. Research advance in nutritive value, cultivation and utilization of timothy. *Grassland and Turf*, 2003(4): 7–11.  
杜文华. 猫尾草营养价值及栽培利用研究进展. *草原与草坪*, 2003(4): 7–11.
- [2] Sekine J, Hai J, Oura R, *et al.* Effect of kinds of forage on feed intake and time spent for eating and rumination of Japanese black cows. *Nihon Chikusan Gakkaiho*, 1998, 69(9): 865–869.
- [3] Ragnarsson S, Lindberg J E. Nutritional value of timothy haylage in Icelandic horses. *Livestock Science*, 2008, 113(2/3): 202–208.
- [4] Bao Y Q, Chen J X. Introducing a high-quality forage grass for horse racing—Minshan timothy grass. *Scientific Breeding*, 2020(2): 57–59.  
包永全, 陈金霞. 介绍一种赛马专用优质牧草——岷山猫尾草. *科学种养*, 2020(2): 57–59.
- [5] Patel D. Digestibility of Fiberezy® and timothy haylage and behavioural observations and voluntary feed intake of FiberEzy® and rye clover hay in Thoroughbred horses. Palmerston North: Massey University, 2014.
- [6] Dorsch S C, Brewster-Barnes T, Hannan A M, *et al.* Effects of alfalfa hay cubes versus timothy hay cubes on measures of whole-body protein metabolism in mature horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 2017, 52(4): 77–78.
- [7] Cuddeford D, Woodhead A, Muirhead R. A comparison between the nutritive value of short-cutting cycle, high temperature-dried alfalfa and timothy hay for horses. *Equine Veterinary Journal*, 1992, 24(2): 84–89.
- [8] Zhang Y Q, He M, Ren K L, *et al.* Research progress in development of rabbit feed resources and nutritional requirements in 2022. *Chinese Journal of Rabbit Farming*, 2023(2): 17–24, 29.  
张元庆, 何敏, 任克良, 等. 2022年家兔饲料资源开发和营养需求的研究进展. *中国养兔*, 2023(2): 17–24, 29.
- [9] Sun M, Xu X, Wang C, *et al.* Environmental burdens of the comprehensive utilization of straw: Wheat straw utilization from a life-cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 259(1): 120702.
- [10] Agricultural industry standard of the People's Republic of China. Determination of livestock and poultry meat quality: NY/T 1333–2007. Beijing: Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, 2007.  
中华人民共和国农业行业标准. 畜禽肉质的测定: NY/T 1333–2007. 北京: 中华人民共和国农业部, 2007.
- [11] Huang X R, Fu L P. The role of crude fiber in the nutrition of domestic rabbits. *Chinese Journal of Rabbit Farming*, 2024(3): 44–45, 48.  
黄雪如, 付丽萍. 粗纤维在家兔营养中的作用. *中国养兔杂志*, 2024(3): 44–45, 48.
- [12] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(10): 3583–3597.
- [13] Gidenne T, Garreau H, Drouilhet L, *et al.* Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Animal Feed Science and Technology*, 2017, 225(1): 109–122.
- [14] Birolo M, Trocino A, Tazzoli M, *et al.* Effect of feed restriction and feeding plans on performance, slaughter traits and body composition of growing rabbits. *World Rabbit Science*, 2017, 25(2): 113.
- [15] Aquilani C, Sirtori F, Franci O, *et al.* Effects of different protein levels on the nitrogen balance, performance and slaughtering traits of Cinta Senese growing pigs. *Animals*, 2019, 9(12): 1021.
- [16] Yang D, Liu S L, Zhang J, *et al.* Effects of two compound Chinese herbal medicine additives on growth performance, slaughter performance, internal organs and digestive tract indexes, meat quality and serum indexes of mutton sheep. *Feed Industry*, 2024, 45(21): 110–117.  
杨东, 刘树林, 张娟, 等. 两种复方中草药添加剂对肉羊生长性能、屠宰性能、内脏器官和消化道指数、肉品质及血清学指标的影响. *饲料工业*, 2024, 45(21): 110–117.

- [17] Dai H, Lv Z, Huang Z, *et al.* Dietary hawthorn-leaves flavonoids improves ovarian function and liver lipid metabolism in aged breeder hens. *Poultry Science*, 2021, 100(12): 101499.
- [18] Guo Y S, Liu Y Y, Mei D H, *et al.* Effects of processing methods on the chemical composition and content of *Phleum pratense*. *Pratacultural Science*, 2025, 42(2): 494–503.  
郭永莎, 刘玉叶, 梅大海, 等. 加工方式对猫尾草化学成分及其含量的影响. *草业科学*, 2025, 42(2): 494–503.
- [19] Xu G S, Diao Q Y, Ji S K, *et al.* Effects of different feeding levels on growth performance, slaughter performance and organ indexes of mutton sheep. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(5): 953–960.  
许贵善, 刁其玉, 纪守坤, 等. 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. *动物营养学报*, 2012, 24(5): 953–960.
- [20] Qi M L, Chai J M, Wang B, *et al.* Effects of nutritional restriction on growth performance and visceral organ development of early-weaned *Hu* lambs. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(2): 444–454.  
祁敏丽, 柴建民, 王波, 等. 饲粮营养限制对早期断奶湖羊羔羊生长性能以及内脏器官发育的影响. *动物营养学报*, 2016, 28(2): 444–454.
- [21] Li D F, Nelssen J L, Reddy P G, *et al.* Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. *Journal of Animal Science*, 1991, 69(8): 3299.
- [22] Jiang X, Li Y, Xu Z R. The effects of dietary fiber on digestive functions of young monogastric animals. *China Feed*, 2005, 16(9): 26–28.  
江霞, 李彦, 许梓荣. 日粮纤维及其对幼龄单胃动物消化功能的影响. *中国饲料*, 2005, 16(9): 26–28.
- [23] Liao H L, Guo Z Q, Mao C Q, *et al.* Effects of *Fagopyrum dibotrys* straw powder on growth performance, slaughter performance and meat quality of weaned meat rabbits. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2024, 36(10): 6656–6664.  
廖海浪, 郭志强, 毛常清, 等. 金荞麦秸秆粉对断奶肉兔生长性能、屠宰性能和肉品质的影响. *动物营养学报*, 2024, 36(10): 6656–6664.
- [24] Cullere M, Zotte A D, Tasoniero G, *et al.* Effect of diet and packaging system on the microbial status, pH, color and sensory traits of rabbit meat evaluated during chilled storage. *Meat Science*, 2018, 141(1): 36–43.
- [25] Wan X B, Wang D, Xiong Q, *et al.* Elucidating a molecular mechanism that the deterioration of porcine meat quality responds to increased cortisol based on transcriptome sequencing. *Scientific Reports*, 2016, 6(1): 36589.
- [26] Feng Q J, Wen J, Xu Y L, *et al.* Research progress on regulatory factors of muscle fiber characteristics and its effect on meat quality of livestock. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2025, 52(3): 1057–1069.  
冯谦洁, 文璟, 许艳丽, 等. 家畜肌纤维特性的调控因素及其对肉品质的影响研究进展. *中国畜牧兽医*, 2025, 52(3): 1057–1069.
- [27] Li X J, Wang L H, Gong X W, *et al.* Effects of dietary crude protein level on growth performance, slaughter performance and meat quality of meat strain Langya chickens with different sexes during fattening period. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2025, 37(2): 973–986.  
李雪静, 王利华, 龚相维, 等. 饲粮粗蛋白质水平对育肥期不同性别肉用品系琅琊鸡生长性能、屠宰性能和肉品质的影响. *动物营养学报*, 2025, 37(2): 973–986.