

## 不同料型和粉碎粒度对肉鸡生产性能、屠宰性能和消化道发育的影响

张亮,杨在宾\*,杨维仁,姜淑贞,张桂国,梁明

山东农业大学动物科技学院, 山东 泰安 271018

**摘要:** 选择健康1日龄AA肉仔鸡雏鸡576只, 随机分成8个处理, 每个处理6个重复, 每个重复12只鸡。研究制粒和粉碎粒度对肉鸡生产性能、屠宰性能和消化道发育的影响。结果表明: 与粉状饲料相比, 颗粒饲料能够显著提高肉鸡的ADFI和ADG ( $P<0.05$ ), 显著降低F/G ( $P<0.05$ ), 改善肉鸡的生产性能; 肉鸡饲喂粉料, 不同粒度对ADFI, ADG和F/G有差异 ( $P<0.05$ ), 而饲喂不同粉碎粒度制成颗粒饲料, 不影响肉鸡的ADFI、ADG和F/G ( $P>0.05$ )。在粉料和颗粒饲料采食量一致的情况下, 颗粒饲料能显著提高日增重, 降低料重比。饲喂粉料和颗粒饲料的肉鸡达到同样出栏体重, 饲养周期至少增加2周以上。与粉料相比, 颗粒饲料显著提高了42日龄时肉鸡的屠宰率、全净膛率、半净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率 ( $P<0.05$ )。无论是粉料还是颗粒饲料, 饲料原料粉碎粒度(378、430、516、590  $\mu\text{m}$ )均没有影响肉鸡各种屠宰性能指标 ( $P>0.05$ ); 饲喂粉状饲料的肉鸡, 腺胃、肌胃、十二指肠、空肠、回肠、小肠和盲肠的相对重量和十二指肠、空肠、回肠、小肠和盲肠的相对长度均显著大于颗粒饲料组 ( $P<0.05$ )。饲喂粉料肉鸡的肌胃相对体重随粉碎粒度的变大而呈线性增大 ( $P<0.05$ )。肉鸡饲喂颗粒饲料能够提高肉鸡生长和产肉性能。饲喂粉料达到同样生产成绩需要延长饲养周期至少2周。对于颗粒饲料, 不同粉碎粒度(378、430、516、590  $\mu\text{m}$ )不影响肉鸡的ADFI, ADG和F/G; 对于粉料, 肉小鸡430  $\mu\text{m}$ 粒度组的ADFI, ADG和F/G最优; 肉大鸡378  $\mu\text{m}$ 和430  $\mu\text{m}$ 组的ADFI, ADG和F/G显著高于其他组。采食粉料肉鸡的促进了消化系统的发育。

**关键词:** 料型; 粒度; 生长; 肉鸡

**中图分类号:** S831.5

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2324(2016)01-0139-08

## Effect of Diet Form and Size on the Growth, Slaughter Performance and Development of Digestive Tract

ZHANG Liang, YANG Zai-bin\*, YANG Wei-ren, JIANG Shu-zen, ZHANG Gui-guo, LIANG Ming

College of Animal Sciences and Technology/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

**Abstract:** 576 1-d-old AA broilers were randomly distributed into 8 treatments (12 birds in a replication, 6 replications in a treatment) to evaluate the effect of pelleting and grinding on the growth, slaughter performance and development of digestive tract. Compared to the mash, pellets could improve ADFI and ADG ( $P<0.05$ ), reduce F/G ( $P<0.05$ ). For the mash, the effect of size on ADFI, ADG and F/G was different ( $P<0.05$ ), while the particle size had no effect on ADFI, ADG, and F/G of broilers fed on pellets ( $P>0.05$ ). When the FI was similar for the mash and pellets, pellets could improve ADG and reduce F/G. If the body weight of broilers fed on mash and pellets was equal, the cultivation period of mash would increase two weeks at least. Compared to the mash, pellets resulted in higher slaughter yield, empty yield, half-empty yield, breast muscle yield, leg muscle yield and abdominal fat ( $P<0.05$ ). The particle size had no effect on the slaughter performance of broilers fed on mash and pellets ( $P>0.05$ ). The mash had higher the relative weight of gizzard, proventriculus, duodenum, jejunum, ileum, intestine and cecum and the relative length of duodenum, jejunum, ileum, intestine and cecum ( $P<0.05$ ). From 378  $\mu\text{m}$  to 590  $\mu\text{m}$ , the relative weight of gizzard was linearly increasing ( $P<0.05$ ), and the effects were significant ( $P<0.05$ ). In summary, pellets resulted in higher growth and slaughter performance. Broilers fed on mash could receive the equal performance compared with fed on pellets, while the cultivation period will be increased by at least two weeks. For the pellets, the particle size had no effect on the ADFI, ADG and F/G. For the mash, the starters of 430  $\mu\text{m}$  had optimization production performance, while the performance of growers fed on 378 and 430  $\mu\text{m}$  were better than the others. The mash would promote the development of digestive tract.

**Keywords:** Feed shape; Size; growth; broiler

制粒是肉鸡饲料最普遍的加工方式, 能够提高动物的采食量, 体增重和饲料转化效率, 改善肉鸡生产性能<sup>[1-6]</sup>。日粮的粉碎粒度对肉鸡的生产性能也有重要影响<sup>[7-11]</sup>。Lott 等发现谷物粉碎较粗会

**收稿日期:** 2013-06-18

**修回日期:** 2013-06-20

**作者简介:** 张亮(1987-),男,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究. E-mail:2008shunqizhiran@163.com

**\*通讯作者:** Author for correspondence. E-mail:yangzb@sdau.edu.cn

降低家禽的生产性能<sup>[12]</sup>，但是早期研究也有报道粗粉碎比细粉碎更能提高动物的生产性能<sup>[13]</sup>。料型是导致这一矛盾现象的重要原因，混淆了粉碎粒度对养分利用率和生产性能的作用<sup>[14]</sup>。料型和粉碎粒度还会影响肉鸡消化道的发育，良好的消化道发育可以提高消化酶的作用，提高饲料的利用率，改善肉鸡的生产性能<sup>[15]</sup>。因此本研究旨在探讨制粒和粉碎粒度对肉鸡生产性能、屠宰性能和消化道发育的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与设计

本试验选择健康1日龄AA肉仔鸡雏鸡576只（公母混养），随机分成8个处理，每个处理6个重复，每个重复12只鸡。试验采用粉料和颗粒饲料两种形态日粮，每种日粮设置4个粉碎粒度梯度：378 μm、430 μm、516 μm和590 μm。

### 1.2 日粮配制

日粮配方组成和营养水平见表 1。

采用锤片式粉碎机，选择 4 种不同粒径的筛片（1.0，1.5，2.0 和 2.5 mm），粉碎大宗原料（玉米，小麦，豆粕）。按照表 1 配制粉料，并测定<sup>[16]</sup>相应的几何平均粒径(Geometric mean diameter, GMD)分别为 378 μm、430 μm、516 μm 和 590 μm，在此基础上，制作颗粒饲料。

制粒系统工艺参数见表 2 和表 3。其中环模孔径为 3.00 mm，压缩比为 1:10，在常规制粒温度（80 ℃）下制粒。温度为紧靠调制器出口处的温度表读数。

表 1 日粮配方及营养成份 (%)

Table 1 Composition and nutrient levels of diet (%)

原料 Ingredients	组成成分 Composition of diets, %	
	肉小鸡 Starters	肉大鸡 Finishers
玉米 Corn	30.04	28.42
小麦 Wheat	30.00	35.00
豆粕 Soybean meal, 46%	20.09	16.37
玉米胚芽粕 Corn germ meal	2.00	2.00
玉米蛋白粉 Corn gluten meal, 60%	4.98	2.28
可溶性干酒糟 DDGS	8.00	10.00
豆油 Soybean oil	0.50	2.00
赖氨酸 Lysine, 70%	0.68	0.51
DL-蛋氨酸 DL-Methionine	0.20	0.14
石粉 Limestone	1.40	1.43
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	1.18	0.95
食盐 Salt	0.31	0.27
预混料 Premix <sup>1</sup>	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Calculated analysis		
ME, (MJ/kg)	12.39	13.23
CP, %	21.00	19.20
钙 Ca (%)	0.94	0.95
磷 P (%)	0.58	0.68

<sup>1</sup>预混料为每千克日粮提供：维生素A, 13500 IU；维生素D3, 3300 IU；维生素E, 36 IU；维生素K3, 4.5 mg；硫胺素, 9.0 mg；核黄素, 8.2 mg；泛酸, 13.5 mg；维生素B6, 4.5 mg；维生素B12, 0.018 mg；烟酸, 54.0 mg；氯化胆碱, 1300 mg；生物素, 0.18 mg；叶酸, 1.5 mg；锰, 108 mg；铁, 100 mg；锌, 88 mg；铜, 9.6 mg；碘, 0.374 mg；硒, 0.224 mg。

<sup>1</sup>Supplied per kilogram of diet: VA, 13,500 IU; VD<sub>3</sub>, 3,300 IU; VE, 36 IU; VK<sub>3</sub>, 4.5 mg; thiamine, 9.0 mg; riboflavin, 8.2 mg; pantothenic acid, 13.5 mg; pyridoxine, 4.5 mg; cobalamin, 0.018 mg; niacin, 54.0 mg; choline chloride, 1,300 mg; biotin, 0.18 mg; folic acid, 1.5 mg; Mn, 108 mg; Fe, 100 mg; Zn, 88 mg; Cu, 9.6 mg; I, 0.374 mg; Se, 0.224 mg.

表 2 制粒系统具体参数

Table 2 The practical parameters of pelleting system

制粒机 Pelletier	生产能力	主电机功率	调制器功率	喂料器功率	环模内径
	Productivity t/h	Electric machine power kw	Modulator power kw	Glassware power kw	Internal diameter mm
SZLH420	3~14	110	5.5	1.5	ø 420

表 3 制粒加工工艺参数  
Table 3 The technological parameters of pelleting process

调制温度 Modulating temperature °C	喂料器频率 Frequency of glassware Hz	蒸汽压力 Steam pressure Mpa	产量 Productivity t/h	蒸汽流量 Steam flow rate t/h
80	28	0.50	8.00	0.28
85	25	0.50	6.50	0.28
90	22	0.50	5.50	0.28

### 1.3 饲养管理

试验在山东农业大学动物营养研究所动物试验站进行。试验分为肉小鸡 (0~21 d) 和肉大鸡 (22~42 d) 两阶段。试验期间 24 h 光照, 自由饮水和采食。每天观察鸡群状态, 并记录死亡和腹泻数。免疫按常规程序进行。

### 1.4 测定指标

1.4.1 生产性能指标 分别于 21 和 42 日龄, 记录采食量和体重, 从而计算 ADG、ADFI 和 F/G。

在 42 d 以后, 粉料处理组继续饲养 2 周, 于 56 d (粉料处理组的平均进食量接近颗粒饲料组 42 d 进食量), 计算采食量 (AFI)、体重 (BW) 和 F/G。

1.4.2 屠宰性能指标 42 d 时进行屠宰试验。分别计算: 屠宰率(%), 半净膛率(%), 全净膛率(%), 腹脂率(%), 腿肌率(%)。

1.4.3 消化道发育指标 腺胃、肌胃、十二指肠、空肠、回肠、盲肠、小肠相对体重指数; 十二指肠、空肠、回肠、盲肠、小肠相对长度指数。

### 1.5 数据分析

数据采用 SAS 8.0 软件进行统计分析, 试验组之间的差异采用 One-way ANOVA 进行方差分析, 用 Duncan's Multiple Range Test 进行多重比较。进行 GLM 线性回归分析, 显著水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 生产性能

不同饲料类型和粉碎粒度对肉鸡生产性能的比较研究见表 4。由表可知: 从 0-21d, 22-42d 和 0-42d 来看, 颗粒饲料的 ADFI, ADG 显著高于粉料, F/G 显著低于粉料组 ( $P < 0.05$ )。

表 4 不同饲料类型和粉碎粒度对肉鸡生产性能的影响  
Table 4 The effect of feed form and particle size on the ADFI, ADG and F/G in broilers

处理 Treatment	粉料 Mash				颗粒 Pellet				SEM	P 值 P-values				
	粒度 Size (μm)	378	430	516	590	378	430	516		590	Mash vs. Pellets	粉料 Mash 线性	Mash 二次	颗粒 Pellets 线性
肉小鸡 Starters 0~21 d														
ADFI	42.61 <sup>b</sup>	50.16 <sup>a</sup>	36.36 <sup>c</sup>	36.07 <sup>c</sup>	61.52	63.03	63.35	62.74	1.04	*	*	*	NS	NS
ADG	25.48 <sup>b</sup>	31.83 <sup>a</sup>	21.28 <sup>c</sup>	20.62 <sup>c</sup>	39.63	40.54	40.84	40.06	0.79	*	*	*	NS	NS
F/G	1.68 <sup>a</sup>	1.58 <sup>b</sup>	1.72 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>	1.55	1.56	1.55	1.57	0.02	*	NS	NS	NS	NS
肉大鸡 Finishers 22~42 d														
ADFI	139.73 <sup>a</sup>	137.10 <sup>a</sup>	126.57 <sup>b</sup>	125.34 <sup>b</sup>	201.03	205.75	204.00	204.03	2.96	*	*	*	NS	NS
ADG	66.55 <sup>a</sup>	65.30 <sup>a</sup>	59.50 <sup>b</sup>	58.20 <sup>b</sup>	99.13	101.45	99.19	102.07	1.69	*	*	*	NS	NS
F/G	2.10	2.10	2.13	2.16	2.04	2.03	2.06	2.00	0.04	*	NS	NS	NS	NS
全程 Whole range 0~42 d														
ADFI	91.17 <sup>b</sup>	93.63 <sup>a</sup>	81.46 <sup>c</sup>	80.70 <sup>c</sup>	131.28	134.39	133.68	133.38	1.66	*	*	*	NS	NS
ADG	46.01 <sup>b</sup>	48.57 <sup>a</sup>	40.39 <sup>c</sup>	39.41 <sup>c</sup>	69.38	71.00	70.02	70.85	0.89	*	*	*	NS	NS
F/G	1.98 <sup>a</sup>	1.93 <sup>b</sup>	2.02 <sup>a</sup>	2.05 <sup>a</sup>	1.89	1.89	1.91	1.88	0.03	*	NS	NS	NS	NS

同行肩标字母不同者差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

<sup>a-b</sup>Means in a row not sharing a common letters are significantly different ( $P < 0.05$ ). The same as follows.

NS: 差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下同。NS: No significance ( $P > 0.05$ ). \* $P < 0.05$ . The same as follows.

肉鸡饲喂粉料：肉小鸡 430 μm 组的 ADFI 和 ADG 显著高于 378、516 和 590 μm 组( $P<0.05$ )，F/G 显著低于 378、516 和 590 μm 组( $P<0.05$ )；肉大鸡 378 μm 和 430 μm 组的 ADFI 和 ADG 显著高于 516 μm 和 590 μm 组( $P<0.05$ )，378、430、516 和 590 μm 组的 F/G 无显著差异( $P>0.05$ )；全程阶段 430 μm 组的 ADFI 和 ADG 显著高于 378、516 和 590 μm 各组( $P<0.05$ )，F/G 显著低于 378、516 和 590 μm 各组( $P<0.05$ )。总体来看，随粉碎粒度(378, 430, 516, 590 μm)的增大，肉小鸡阶段、肉大鸡阶段和全程 ADFI 和 ADG 均呈线性和二次下降( $P<0.05$ )，F/G 没有呈现出线性和二次效应( $P>0.05$ )。

肉鸡饲喂颗粒饲料：不同粒度之间没有出现 ADFI、ADG 和 F/G 显著性差异( $P>0.05$ )。同时，随着粉碎粒度(378, 430, 516, 590 μm)的增大，ADFI、ADG 和 F/G 均没有呈现出线性和二次效应( $P>0.05$ )。

本研究在 42 d 这个试验结束后以后，粉料饲料的 4 个处理继续饲养 2 周，观察延长饲养试验后的生产性能见图 1、2、3。由图可以看出，饲喂粉状饲料的肉鸡，56 日龄时，粉状饲料进食量 (5583.7 g/只) 和饲喂颗粒饲料肉鸡 42 日龄是一致 (5593.6 g/只)，达到进食量基本一致时，与颗粒饲料处理组 (42 d) 相比，粉料处理组的体重仍然低 11.07%，料重比仍然高 9.79%。

综合以上可知，颗粒饲料能够显著提高肉鸡的 ADFI 和 ADG ( $P<0.05$ )，显著降低 F/G ( $P<0.05$ )，即改善肉鸡的生产性能；在粉料与颗粒饲料采食量一致的情况下，颗粒饲料能显著提高日增重，降低料重比。达到同样出栏体重，饲养周期至少增加 2 周以上。对粉料来说，不同粒度对 ADFI，ADG 和 F/G 有差异 ( $P<0.05$ )，而对饲喂不同粉碎粒度制成颗粒饲料，不影响肉鸡的 ADFI、ADG 和 F/G ( $P>0.05$ )。

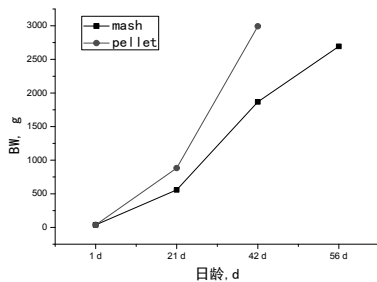


图 1 肉鸡体重 BW 随日龄变化趋势  
Fig.1 The tendency of BW changing with the age

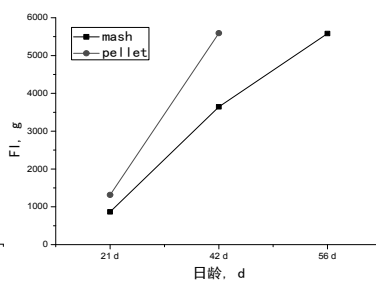


图 2 肉鸡采食量 FI 随日龄变化趋势  
Fig.2 The tendency of FI changing with the age

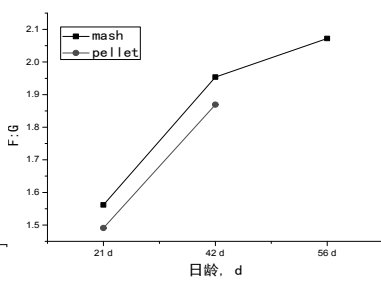


图 3 肉鸡料重比 F/G 随日龄变化趋势  
Fig.3 The tendency of F/G changing with the age

## 2.2 屠宰性能

不同饲料形态和粉碎粒度对 42 d 肉鸡屠宰性能的比较研究见表 5。由表可知：与粉料相比，颗粒饲料显著提高了 42 d 时肉鸡的屠宰率、全净膛率、半净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率 ( $P<0.05$ )。无论是粉料还是颗粒饲料，饲料原料粉碎粒度 (378, 430, 516, 590 μm) 的变化均没有影响肉鸡 42 d 时的屠宰率、全净膛率、半净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率 ( $P>0.05$ )。

表 5 不同饲料类型和粉碎粒度对 42 d 肉鸡屠宰性能的影响

Table 5 The effect of feed type and size on the slaughter performance of 42 d broilers

处理 Treatment	粉料 Mash				颗粒 Pellet				SEM	P 值 P-values				
	378	430	516	590	378	430	516	590		Mash vs. Pellets	粉料 线性	Mash 二次	颗粒 线性	Pellet 二次
屠宰率 Slaughter yield(%)	94.41	94.81	94.52	94.29	96.35	96.04	96.51	96.73	0.26	*	NS	NS	NS	NS
全净膛率 Empty yield(%)	75.16	75.38	75.61	75.02	77.85	77.49	77.5	77.55	0.46	*	NS	NS	NS	NS
半净膛率 Half empty yield(%)	87.22	87.41	87.04	87.56	88.46	89.16	89.39	88.47	0.26	*	NS	NS	NS	NS
胸肌率 Breast muscle yield(%)	22.29	22.63	22.78	22.71	25.28	25.06	24.69	24.98	0.82	*	NS	NS	NS	NS
腿肌率 Leg muscle yield(%)	17.28	17.22	17.07	17.53	19.69	19.55	19.95	19.6	0.28	*	NS	NS	NS	NS
腹脂率 Abdominal fat(%)	1.17	1.22	1.12	1.13	1.53	1.57	1.58	1.61	0.05	*	NS	NS	NS	NS

## 2.3 肉鸡消化道的发育

不同饲料形态和粉碎粒度对42 d肉鸡消化道发育的比较研究见表6。由表可知:粉料组动物的腺胃、肌胃、十二指肠、空肠、回肠、小肠和盲肠的相对重量和十二指肠、空肠、回肠、小肠和盲肠的相对长度均显著大于颗粒饲料组 ( $P<0.05$ )。

无论是颗粒饲料还是粉状饲料,不同物料粉碎粒度(378, 430, 516, 590  $\mu\text{m}$ )没有影响肉仔鸡42 d时的腺胃、十二指肠、空肠、回肠、小肠和盲肠的相对重量指数和十二指肠、空肠、回肠、小肠和盲肠的相对长度指数 ( $P>0.05$ )。但是,饲喂粉状饲料的肉鸡,粉碎粒度提高了肌胃相对体重,并且随粉料粉碎粒度的变粗而线性增大 ( $P<0.05$ )。

由以上分析可见,与饲喂颗粒饲料相比,采食粉料肉鸡的促进了消化系统的发育,这可能就是粉料养分利用率高于颗粒饲料的原因之一。同时粉碎粒度增加可以改变肌胃。

表 6 不同饲料类型和粉碎粒度对 42 d 肉鸡消化道发育的影响

Table 6 The effect of feed type and size on the digestive tract development of 42 d broilers

处理 Treatment	粉料 Mash				颗粒 Pellet				SEM	P 值 P-values				
	378	430	516	590	378	430	516	590		Mash vs. Pellets	粉料 Mash 线性	粉料 Mash 二次	颗粒 Pellet 线性	颗粒 Pellet 二次
粒度 Size ( $\mu\text{m}$ )														
相对重量 Relative empty weights(g/kg body weight)														
腺胃 Proventriculus	4.97	5.02	5.00	4.95	3.76	3.89	3.77	3.81	0.06	*	NS	NS	NS	NS
肌胃 Gizzard	9.91 <sup>d</sup>	11.11 <sup>c</sup>	13.01 <sup>b</sup>	14.55 <sup>a</sup>	8.29	8.36	8.31	8.33	0.11	*	*	NS	NS	NS
十二指肠 Duodenum	2.79	2.82	2.86	2.82	2.53	2.61	2.62	2.58	0.03	*	NS	NS	NS	NS
空肠 Jejunum	14.21	14.02	14.18	14.05	12.43	12.44	12.36	12.49	0.17	*	NS	NS	NS	NS
回肠 Ileum	10.07	10.18	10.40	10.28	8.52	8.33	8.39	8.3	0.13	*	NS	NS	NS	NS
小肠 Small intestine	27.07	27.01	27.44	27.14	23.48	23.37	23.37	23.36	0.33	*	NS	NS	NS	NS
盲肠 Cecum	4.27	4.36	4.18	4.22	3.79	3.83	3.81	3.78	0.06	*	NS	NS	NS	NS
相对长度 Relative length(cm/kg body weight)														
十二指肠 Duodenum	8.38	8.45	8.54	8.47	5.69	5.74	5.73	5.65	0.02	*	NS	NS	NS	NS
空肠 Jejunum	39.96	38.6	39.59	38.75	29.93	30.13	29.99	30.02	0.23	*	NS	NS	NS	NS
回肠 Ileum	34.35	35.12	34.58	34.60	27.16	27.09	27.21	27.24	0.33	*	NS	NS	NS	NS
小肠 Small intestine	82.69	82.17	82.71	81.82	62.78	62.96	62.93	62.91	0.54	*	NS	NS	NS	NS
盲肠 Cecum	8.76	8.89	8.53	8.71	6.40	6.49	6.38	6.31	0.03	*	NS	NS	NS	NS

## 3 讨论

### 3.1 料型和粉碎粒度对肉鸡生产性能的影响

家禽的喙端内有丰富而敏感的物理感受器,肉仔鸡能够区别饲料颗粒的细微差别,适度的颗粒大小有助于提高肉鸡的生产性能<sup>[7]</sup>。颗粒饲料能提高家禽的适口性,方便动物的采食,改善了动物的生产性能<sup>[2-6]</sup>。本研究发现:在肉小鸡(0~21 d)、肉大鸡(22~41 d)和全程(0~42 d)阶段,饲喂

颗粒饲料均显著提高了肉鸡的采食量、日增重,降低了料重比。李清晓报道动物的日增重和采食量之间呈正相关关系<sup>[18]</sup>,所以饲喂颗粒饲料在提高动物采食量的同时,还提高了肉鸡日增重。同时颗粒饲料方便了肉鸡的采食,减少了动物的采食时间和能量消耗<sup>[19]</sup>,这就降低了维持所需能量在饲料有效能量中的比例,增大了能量中用于生产部分的比例,即能量的净效率<sup>[20]</sup>,这有助于饲料转化效率的提高。有研究证明,在肉小鸡阶段,动物体增重和饲料转化率的改善主要来自采食量的提高<sup>[19]</sup>,而不是来源于养分利用率的提高。Huang 和 Yang 表明肉大鸡生产性能的改善,主要得益于养分利用率的提高<sup>[21,22]</sup>。因此,颗粒饲料能够提高肉鸡的 ADFI 和 ADG,降低 F/G。

本研究在 42 d 以后,粉料饲料的 4 个处理继续饲养 2 周,结果发现:至 56 日龄时,粉料进食量(5583.7 g/只)和颗粒饲料 42 日龄基本一致(5593.6 g/只),但是与颗粒饲料处理组(42 d)相比,粉料处理组(56 d)的体重仍然低 11.07%,料重比高 9.79%。这说明在粉料与达到同样出栏体重,饲养周期至少增加 2 周以上,这也可能就是粉状饲料养分利用率较高,而生产性能低的主要原因。

对于粉料而言,本试验发现在肉小鸡阶段,430  $\mu\text{m}$  粒度组的日采食量、日增重和饲料转化率均优于其他各组。此粒度组动物的采食量较高可能与此粒度的粉料更适合肉小鸡的采食要求有关。李清晓报道日增重同采食量同正相关,因此各组日增重的差别主要来自日采食量的不同,采食量较高,其日增重也较高<sup>[18]</sup>。Jurgens 报道,动物采食适宜粒度的饲料,能够减少采食时间和采食过程中所消耗的能量<sup>[23]</sup>,提高了能量的净效率,因而提高了此粒度组的料重比。在肉大鸡阶段,378  $\mu\text{m}$  和 430  $\mu\text{m}$  组的采食量和日增重显著高于 516  $\mu\text{m}$  和 590  $\mu\text{m}$  组,并且有降低料重比的趋势。这可能是因为粒度较大的饲料需要先在肌胃中磨碎至一定粒度,延长了大颗粒饲料在肌胃中停留的时间<sup>[12,24]</sup>,从而降低了动物的采食量<sup>[15]</sup>。由于 516  $\mu\text{m}$  和 590  $\mu\text{m}$  粗粉料组的采食量较低,因而无法满足肉鸡快速生长的营养需要,从而导致肉鸡增重变慢,同时消化器官的运动增加了有效能的损失,增加了维持需要所消耗能量的比例,所以降低了饲料的转化效率<sup>[12]</sup>。由于肉小鸡阶段,各粉碎粒度组之间,动物的 ADFI, ADG 和 F/G 的差异较大,所以从全程来看,肉鸡的生长规律同肉小鸡阶段基本一致。因此,对于粉料,肉小鸡 430  $\mu\text{m}$  粒度组的 ADFI, ADG 和 F/G 最优;肉大鸡 378  $\mu\text{m}$  和 430  $\mu\text{m}$  组的 ADFI, ADG 和 F/G 显著高于其他组,并且有降低料重比的趋势。

颗粒饲料的粉碎粒度主要取决于颗粒饲料在嗦囊里面溶化破碎后的粒度<sup>[25]</sup>,尤其是粉碎粒度差异较大的日粮。有研究报道粉碎粒度较小的玉米日粮(GMD, 1196 vs. 679  $\mu\text{m}$ ; 869 vs. 2897  $\mu\text{m}$ )提高了肉鸡体增重和饲料报酬<sup>[12,26]</sup>。但是也有报道认为不同粉碎粒度的玉米型日粮<sup>[7]</sup>和小麦型日粮均不影响肉鸡的采食量,体增重和饲料报酬<sup>[27]</sup>,这与本研究的结果一致。这可能是因为颗粒饲料的制粒过程掩盖了粉碎粒度之间的差异<sup>[19,27]</sup>。颗粒饲料优势的发挥与颗粒饲料的品质有关<sup>[28]</sup>,好的颗粒质量能减少饲料的粉化,防止动物挑食和饲料的浪费,提高的生产性能<sup>[27,29,30]</sup>。因此,对于颗粒饲料,不同粉碎粒度(378、430、516、590  $\mu\text{m}$ )不影响肉鸡的采食量、日增重和饲料转化率。因此,对于粉料,肉小鸡 430  $\mu\text{m}$  粒度组的 ADFI, ADG 和 F/G 最优;肉大鸡 378  $\mu\text{m}$  和 430  $\mu\text{m}$  组的 ADFI, ADG 和 F/G 显著高于其他组,并且有降低料重比的趋势。

### 3.2 料型和粉碎粒度对肉鸡屠宰性能的影响

肠道是对能量和蛋白质需要量最大的器官,如果能降低肠道的能量消耗,那么就可将更多的营养用于生产<sup>[17]</sup>。颗粒饲料会降低肉鸡肌胃<sup>[25,31]</sup>和小肠<sup>[25]</sup>的相对重量,这与本研究的结论一致。Parsons 报道动物增加用于肌胃的生长和维持能量消耗,就会减少用于胸肌生长的能量<sup>[32]</sup>。本研究中颗粒饲料组的消化道指数小于粉料组,所以提高了动物的屠宰率、全净膛率、半净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率。因此,与粉料相比,颗粒饲料显著提高了 42 日龄时肉鸡的屠宰率、全净膛率、半净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率。不同粉碎粒度(378, 430, 516, 590  $\mu\text{m}$ )没有影响。

### 3.3 料型和粉碎粒度对肉鸡消化道发育的影响

向涛家禽生长发育所需的所有营养物质的消化吸收<sup>[33]</sup>,均在消化道内进行。有研究表明饲料形态和粉碎粒度可以影响家禽消化系统的发育,尤其是肌胃的发育<sup>[25,31,34]</sup>。本研究中颗粒饲料组的消化道指

数小于粉料组,这可能是由颗粒饲料通过消化道的速度过快没能很好的促进消化道的发育造成的<sup>[35]</sup>。

粉料的粉碎粒度可以影响动物消化器官的发育,但是对于颗粒饲料,肌胃的相对重量取决于饲料在嗉囊中破碎后的粒度<sup>[5]</sup>。Taylor 和 Jones 报道饲料粉碎粒度较小会导致肌胃发育不完善,相对重量偏低<sup>[36]</sup>,这可能是由于较小粒度颗粒通过肌胃过快,研磨时间短所致<sup>[15]</sup>,此时肌胃更像是一个运输通道而不是一个研磨器官。较粗饲料颗粒在肌胃中研磨时间较长,会反过来刺激肌胃肌肉的生长<sup>[10]</sup>。本研究发现,粉料组动物肌胃的相对重量随饲料粉碎粒度的增大而增大,这与前人的研究一致<sup>[2,32]</sup>。颗粒饲料组粉碎粒度不影响肌胃的相对重量,这可能是由于制粒加工掩盖了饲料粉碎粒度之间影响的差异<sup>[9]</sup>。本研究还发现不同粉碎粒度对肉鸡腺胃的相对重量,十二指肠、空肠、回肠、小肠和盲肠的相对重量和相对长度的影响无明显差异,这和前人的研究一致<sup>[37]</sup>,这可能是由饲料颗粒会在肌胃中磨碎到同一粒径后才进入后消化道所致<sup>[38]</sup>。综上所述,与饲喂颗粒饲料相比,采食粉料肉鸡的促进了消化系统的发育,这可能就是粉料养分利用率高于颗粒饲料的又一原因。

## 4 结 论

(1) 肉鸡饲喂颗粒饲料能够提高肉鸡生长和产肉性能。饲喂粉料达到同样生产成绩需要延长饲养周期至少 2 周。

(2) 采食粉料肉鸡的促进了消化系统的发育。

(3) 对于颗粒饲料:不同粉碎粒度(378、430、516、590  $\mu\text{m}$ )不影响肉鸡的 ADFI, ADG 和 F/G。对于粉料:肉小鸡 430  $\mu\text{m}$  粒度组的 ADFI, ADG 和 F/G 最优;肉大鸡 378  $\mu\text{m}$  和 430  $\mu\text{m}$  组的 ADFI, ADG 和 F/G 显著高于其他组,并且有降低料重比的趋势。

## 参考文献

- [1] Jensen LS. Influence of pelleting on the nutritional needs of poultry[J]. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 2000,13:35-46
- [2] Nir I, Ptichi I. Feed particle size and hardness: Influence on performance, nutritional, behavioral and metabolic aspects[C]. Utrecht, Netherlands:Proceedings of the 1st World Feed Conference, 2001:157-186
- [3] Behnke KC, Beyer RS. Effect of feed processing on broiler performance[C]. Santiago, Chile: VIII. International Seminar on Poultry Production and Pathology, 2002:1-21
- [4] Jahan MS, Asaduzzaman M, Sarkar AK. Performance of broiler fed on mash, pellet and crumble[J]. Int. J. Poult. Sci, 2006,5(3):265-270
- [5] Amerah AM, Ravindran V, Lentle RG, *et al.* Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters[J]. Poult. Sci, 2007,86:2615-2623
- [6] Cutlip SE, Hott JM, Buchanan NP, *et al.* The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value[J]. J. Appl. Poult. Res, 2008,17:249-261
- [7] Reece FN, Lott BD, Deaton JW. Effects of environmental temperature and corn particle size on response of broilers to pelleted feed[J]. Poult. Sci, 1986,65:636-641
- [8] Nir I, Melcion JP, Picard M. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers[J]. Poult. Sci, 1990,69:2177-2184
- [9] Douglas JH, Sullivan TW, Bond PL, *et al.* Influence of grinding, rolling, and pelleting on the nutritional value of grain sorghums and yellow corn for broilers[J]. Poult. Sci, 1990,69:2150-2156
- [10] Nir I. Effect of particle size on performance. 1. Corn[J]. Poult. Sci, 1994,73:45-49
- [11] 王卫国. 饲料粉碎粒度对营养价值、动物生产性能的影响及粉碎成本的控制[J]. 饲料工业, 1999,20(10):9-13
- [12] Lott BD, Day EJ, Deaton JW, *et al.* The effect of temperature, dietary energy level and corn particle size on broiler performance[J]. Poult. Sci, 1992,71:618-624
- [13] Reece FN, Lott BD, Deaton JW. The effects of feed form, grinding method, energy level, and gender on broiler performance in a moderate (21°C) environment[J]. Poult. Sci, 1985,64:1834-1839
- [14] Zang JJ, Piao XS, Huang DS, *et al.* Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens[J]. Asian-Aust. J. Anim. Sci, 2009,22(1):107-112
- [15] Hetland H, Svihus B, Olaisen V. Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal

- particle size distribution in broiler chickens[J]. *Br. Poult. Sci.*, 2002,43:416-423
- [16] 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 6971-1986饲料粉碎机试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2008:1-10
- [17] 房于明. 家禽营养[M]. 北京:中国农业出版社,2004:4-7
- [18] 李清晓. 豆粕粉碎粒度对肉鸡养分利用率的影响[D]. 南京:南京农业大学,2005:36-37
- [19] Svihus B, Klovstad KH, Perez V, *et al.* Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill[J]. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 2004,117:281-293
- [20] 杨 凤. 动物营养学[M]. 北京:中国农业出版社,1999:222-223
- [21] Huang AHC. Oil bodies and oleosins in seeds[J]. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 1992,43:177-200
- [22] Yang ZB, Yang WR, Jiang SZ, *et al.* Effects of a thermotolerant multienzyme product on nutrient and energy utilization of broilers fed mash or crumbled corn-soybean meal diets[J]. *J. Appl. Poult. Res.*, 2010,19:38-45
- [23] Jurgens MH. Methods of feedstuff preparation. *Animal Feeding and Nutrition*[M]. 7th ed. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publ. Co., 1993:220-225
- [24] Covasa M, Forbes JM. Effect of prior experience and training on diet selection of broiler chicken using wheat[J]. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1996,46:229-242
- [25] Nir I, Hillel R, Pitchi I, *et al.* Effect of particle size on performance 3. Grinding pelleting interaction[J]. *Poult. Sci.*, 1995,74:771-783
- [26] Kilburn J, Edwards HM. The response of broilers to the feeding of mash or pelleted diets containing maize of varying particle sizes[J]. *Br. Poult. Sci.*, 2001,42:484-492
- [27] Carre B, Peron A, Bastlanelli D, *et al.* Effects of food deprivation and particle size of ground wheat on digestibility of food components in broilers fed on a pelleted diet[J]. *Br. Poult. Sci.*, 2005,46:223-230
- [28] Zatari IM, Ferket PR, Scheideler SE. Effect of pellet integrity, calcium lignosulfonate, and dietary energy on the performance of summer-raised broiler chickens[J]. *Poult. Sci.*, 1990:69
- [29] Moritz JS, Wilson KJ, Cramer KR, *et al.* Effect of formulation density, moisture and surfactant on feed manufacturing, pellet quality and broiler performance[J]. *J. Appl. Poult. Res.*, 2002,11:155-163
- [30] Moritz JS, Cramer KR, Wilson KJ, *et al.* Feed manufacture and feeding of rations with graded levels of added moisture formulated to different energy densities[J]. *J. Appl. Poult. Res.*, 2003,12:371-381
- [31] Engberg RM, Hedemann MS, Jensen BB. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens[J]. *Br. Poult. Sci.*, 2002,44:569-579
- [32] Parsons AS, Buchanan NP, Blemings KP, *et al.* Effect of corn particle size and pellet texture on broiler performance in the growing phase[J]. *J. Appl. Poult. Res.*, 2006,15:245-255
- [33] 向 涛. 家禽生理学原理[M]. 北京:北京农业出版社,1986
- [34] Yuben B, Wu Velmurugu Ravindran. Influence of whole wheat inclusion and xylanase supplementation on the performance, digestive tract measurements and carcass characteristics of broiler chicken[J]. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 2004,116:129-139
- [35] Sibbald IR. Passage of feed through the adult rooster[J]. *Poult. Sci.*, 1979,58:446-459
- [36] Taylor RD, Jones GPD. The incorporation of whole grain into pelleted broiler chicken diet. 2. Gastrointestinal and digesta characteristics[J]. *Br. Poult. Sci.*, 2004,45:237-246
- [37] Preston CM, McCracken KJ, Mcallister A. Effect of diet form and enzyme supplementation on growth, efficiency and energy utilization of wheat-based diets for broilers[J]. *Brit. Poult. Sci.*, 2000,41(3):324-331
- [38] Hetland H, Moe RO, Tauson R, *et al.* Effect of including whole oats into pellets on performance and plumage condition in laying hens housed in conventional and furnished cages[J]. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A: Animal Science*, 2004,54(4):206-212