

# 饲料中添加甜菜碱对仔鹅生长性能及其调控因子的影响

杨雨<sup>1</sup> 阳金金<sup>1</sup> 万雨<sup>1</sup> 张航<sup>1</sup> 杨芷<sup>2\*</sup> 杨海明<sup>1</sup> 王志跃<sup>1,2</sup>

(1.扬州大学动物科学与技术学院,扬州 225009;2.扬州大学农业科技发展研究院,扬州 225009)

**摘要:** 本试验旨在研究饲料中添加不同水平的甜菜碱对仔鹅生长性能、血清生长激素(GH)和胰岛素样生长因子-I(IGF-I)含量、屠宰性能和脏器指数的影响。选取体重相近、健康的1日龄江南白鹅公鹅360只,随机分成5组,每组6个重复,每个重复12只。对照组(A组)饲喂基础饲料,试验组在基础饲料基础上分别添加0.06%(B组)、0.12%(C组)、0.18%(D组)和0.24%(E组)甜菜碱,试验期63d。结果表明:1)42日龄仔鹅体重随着甜菜碱添加水平的增加呈线性上升( $P<0.05$ );C、D、E组63日龄仔鹅体重显著低于A、B组( $P<0.05$ )。43~63日龄仔鹅平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)随着甜菜碱添加水平的增加呈线性下降( $P<0.05$ ),而料重比(F/G)随着甜菜碱添加水平的增加呈线性上升( $P<0.05$ )。2)42日龄仔鹅血清GH和IGF-I含量随着甜菜碱添加水平的增加呈线性上升( $P<0.05$ )。3)63日龄仔鹅的腹脂率和皮脂厚随着甜菜碱添加水平的增加呈线性下降( $P<0.05$ )。4)63日龄仔鹅的肝脏指数随着甜菜碱添加水平的增加呈线性上升( $P<0.05$ )。由此可见,不同生长阶段饲料中添加甜菜碱对仔鹅有不同作用。1~42日龄饲料中添加甜菜碱可显著提高仔鹅生长性能;43~63日龄饲料中添加甜菜碱可显著促进脂肪代谢,改善胴体品质。建议1~42日龄仔鹅饲料中甜菜碱适宜添加水平为0.18%,43~63日龄仔鹅饲料中甜菜碱适宜添加水平为0.12%。

**关键词:** 甜菜碱;仔鹅;生长性能;生长激素;胰岛素样生长因子-I;屠宰性能;脏器指数

中图分类号:S835

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)09-4140-08

甜菜碱(betaine)是一种无毒的氨基酸衍生物,在许多动物、植物和微生物中都大量存在,包括甜菜、小麦、菠菜和水生无脊椎动物等,它不仅具有提高动物生长性能、调节氨基酸代谢及维持机体渗透压等生理功能,而且在脂肪代谢过程中发挥重要作用<sup>[1-2]</sup>。目前,甜菜碱在家禽上的研究集中于缓解肉鸡和肉鸭因环境、饲料因素或生理状态等的变化引起的应激反应<sup>[3]</sup>。田梅等<sup>[4]</sup>研究结果表明,在热应激条件下,肉鸭饲料中添加0.15%的甜菜碱使42日龄体重和采食量分别提高21%和4.64%。Yusuf等<sup>[5]</sup>研究结果表明,在肉仔

鸡饲料中添加0.15%、0.30%的甜菜碱使42日龄体重分别提高10.8%和9.3%。He等<sup>[6]</sup>在处于热应激条件下的肉鸡饲料中添加甜菜碱,结果表明甜菜碱可以部分逆转由热应激带来的负面影响,并且通过调节脂肪代谢改善胴体品质。有研究发现,添加甜菜碱与同型半胱氨酸<sup>[7]</sup>以及生长激素(GH)<sup>[8]</sup>和胰岛素样生长因子-I(IGF-I)<sup>[9]</sup>等一些内分泌激素密切相关。然而,有关甜菜碱用于鹅的研究鲜有报道,最佳使用时间和最佳使用剂量尚无定论。因此,本试验旨在研究饲料中添加甜菜碱对不同时期仔鹅生长性能、血清GH和

收稿日期:2020-03-21

基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-42-II);江苏省自然科学基金青年基金项目(BK20190897);江苏省农业重大新品种创制项目(PZCZ201738);扬州市自然科学基金青年基金项目(YZ2019080)

作者简介:杨雨(1996—),男,江苏高邮人,硕士研究生,从事家禽生产研究。E-mail:786982345@qq.com

\*通信作者:杨芷,助理研究员,E-mail:zhongyang@yzu.edu.cn

IGF- I 含量、屠宰性能和脏器指数的影响,为甜菜碱在鹅生产中的应用提供试验依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验用甜菜碱为昕洋碱 750,购自北京某科技发展有限公司,其外观为白色至浅黄色粉末或微颗粒,流散性好,纯度 $\geq 75\%$ 。

### 1.2 试验设计及饲料

选取同一批出雏、体重相近的 1 日龄江南白鹅公鹅 360 只,用脚号标记,随机分成 5 组,每组 6 个重复,每个重复 12 只鹅。对照组(A 组)饲喂基础饲料,试验组在基础饲料中分别添加 0.06% (B

组)、0.12% (C 组)、0.18% (D 组)和 0.24% (E 组)甜菜碱,试验期 63 d。试验地点为扬州大学现代农业科教示范园区(高邮校区)。饲养时间是 2019 年 9 月至 2019 年 11 月。试验鹅全程舍内网上平养,自由采食和饮水。保持圈内清洁卫生干燥,通风良好。每日观察记录鹅群状况,做好记录。

基础饲料的配制主要参考本教研室多年关于鹅适宜营养需要量的相关研究结果<sup>[10-12]</sup>,以玉米、豆粕为基础原料,配制前测定各种原料代谢能值和粗蛋白质、粗纤维等含量。基础饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)

%

项目 Items	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age	43~63 日龄 43 to 63 days of age
原料 Ingredients			
玉米 Maize	58.0	59.3	59.5
豆粕 Soybean meal	30.2	25.1	23.7
小麦麸 Wheat bran	4.8	4.4	4.7
稻壳 Rice husk	3.4	7.6	8.5
石粉 Limestone	0.8	0.8	0.7
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.4	1.4	1.5
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.1	0.1	0.1
食盐 NaCl	0.3	0.3	0.3
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.0	1.0	1.0
合计 Total	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>			
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.32	11.12	11.06
粗蛋白质 CP	19.04	17.02	16.51
粗纤维 CF	4.54	6.08	6.42
钙 Ca	0.83	0.83	0.82
总磷 TP	0.71	0.69	0.71
蛋氨酸 Met	0.38	0.35	0.34
赖氨酸 Lys	0.97	0.83	0.80

1) 1~21 日龄每千克预混料含 One kilogram of premix contained the following for 1 to 21 days of age: VA 1 200 000 IU, VD 400 000 IU, VE 1 800 IU, VK 150 mg, VB<sub>1</sub> 90 mg, VB<sub>2</sub> 800 mg, VB<sub>6</sub> 320 mg, VB<sub>12</sub> 1.2 mg, 烟酸 nicotinic acid 4.5 g, 泛酸 pantothenic acid 1 100 mg, 叶酸 folic acid 65 mg, 生物素 biotin 5 mg, 胆碱 choline 45 mg, Fe 6 g, Cu 1 g, Mn 9.5 g, Zn 9 g, I 50 mg, Se 30 mg。22~42 日龄和 43~63 日龄每千克预混料含 One kilogram of premix contained the following for 22 to 42 days of age and 43 to 63 days of age: VA 1 200 000 IU, VD 400 000 IU, VE 1 800 IU, VK 150 mg, VB<sub>1</sub> 60 mg, VB<sub>2</sub> 600 mg, VB<sub>6</sub> 200 mg, VB<sub>12</sub> 1 mg, 烟酸 nicotinic acid 3 g, 泛酸 pantothenic acid 900 mg, 叶酸 folic acid 50 mg, 生物素 biotin 4 mg, 胆碱 choline 35 mg, Fe 6 g, Cu 1 g, Mn 9.5 g, Zn 9 g, I 50 mg, Se 30 mg。

2) 代谢能、粗蛋白质、粗纤维为实测值,其余为计算值。ME, CP and CF were measured values, while the others were calculated values.

### 1.3 样品采集与处理

#### 1.3.1 生长性能测定

分别对 21、42 和 63 日龄仔鹅逐只空腹称重(称前禁食 6 h),计算平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。

#### 1.3.2 血清 GH 和 IGF- I 含量测定

试验第 21、42、63 天从各重复选取 1 只接近平均体重的试验鹅,空腹翅静脉采血 5 mL/只,经高速离心机离心后取血清。采用酶联免疫吸附测定(ELISA)试剂盒测定血清中 GH 和 IGF- I 含量,试剂盒购自上海钰博生物科技有限公司。

#### 1.3.3 屠宰性能测定

试验鹅 63 日龄时,从每个重复选取接近该重复平均体重的 2 只试验鹅进行屠宰,测定试验鹅的半净膛重、全净膛重、胸肌重、腿肌重、腹脂重、脂带宽和皮脂厚,计算试验鹅的半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率、腹脂率,测定方法参照《家禽生产学》<sup>[13]</sup>。

#### 1.3.4 脏器指数测定

屠宰放血后解剖取心脏、肝脏(去胆囊)、肌胃

(去内容物)、腺胃、脾脏、法氏囊,分别称重,并计算脏器指数。计算公式如下:

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

### 1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2018 软件整理,利用 SPSS 17.0 统计软件中 one-way ANOVA 进行单因素方差分析,采用 Duncan 氏法进行多重比较, $P < 0.05$  作为差异显著性判断标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 饲料中添加甜菜碱对仔鹅生长性能的影响

由表 2 可知,饲料中添加不同水平甜菜碱对 42 和 63 日龄仔鹅体重有显著影响( $P < 0.05$ ),其中 42 日龄仔鹅体重与甜菜碱添加水平呈显著一次线性关系( $P < 0.05$ ),即 42 日龄仔鹅体重随着甜菜碱添加水平的增加呈上升趋势;63 日龄时,C、D、E 组体重显著低于 A、B 组( $P < 0.05$ )。饲料中添加不同水平甜菜碱对仔鹅 21 日龄体重无显著影响( $P > 0.05$ )。

表 2 饲料中添加甜菜碱对 1~63 日龄仔鹅体重的影响

Table 2 Effects of dietary betaine on body weight of geese at 1 to 63 days of age

g

日龄 Days of age	组别 Groups					SEM	P 值 P-value		
	A	B	C	D	E		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
1	85.42	85.49	85.49	85.56	85.58	0.060	0.932	0.389	0.980
21	893.14	932.80	935.68	946.54	970.74	10.293	0.200	0.023	0.784
42	2 451.74 <sup>b</sup>	2 583.13 <sup>a</sup>	2 609.64 <sup>a</sup>	2 663.45 <sup>a</sup>	2 688.35 <sup>a</sup>	23.748	0.015	0.001	0.281
63	3 930.88 <sup>a</sup>	3 918.07 <sup>a</sup>	3 728.34 <sup>b</sup>	3 698.98 <sup>b</sup>	3 663.74 <sup>b</sup>	31.475	0.004	0.488	0.340

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),相同或无字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same as below.

由表 3 可知,饲料中添加不同水平甜菜碱对 43~63 日龄 ADFI、ADG、F/G 有显著影响( $P < 0.05$ ),且呈显著一次线性关系( $P < 0.05$ ),即 43~63 日龄仔鹅 ADFI、ADG 随着甜菜碱添加水平的增加呈下降趋势,而 F/G 随着甜菜碱添加水平的增加呈上升趋势。不同添加水平甜菜碱对 1~21 日龄和 22~42 日龄仔鹅 ADFI、ADG、F/G 无显著影响( $P > 0.05$ )。

### 2.2 饲料中添加甜菜碱对仔鹅血清 GH 和 IGF- I 含量的影响

由表 4 可知,饲料中添加不同水平甜菜碱对 42 日龄仔鹅血清 GH 和 IGF- I 含量有显著影响( $P < 0.05$ ),且呈显著一次线性关系( $P < 0.05$ ),即 42 日龄仔鹅血清 GH 和 IGF- I 含量随着甜菜碱添加水平的增加呈上升趋势。不同添加水平甜菜碱对 21 和 63 日龄仔鹅血清 GH 和 IGF- I 含量无显著影响( $P > 0.05$ )。

表 3 饲料中添加甜菜碱对 1~63 日龄仔鹅生长性能的影响

Table 3 Effects of dietary betaine on growth performance of geese at 1 to 63 days of age

日龄 Days of age	项目 Items	组别 Groups					SEM	P 值 P-value		
		A	B	C	D	E		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
1~21	平均日采食量 ADFI/g	74.75	77.46	77.44	79.59	80.45	1.018	0.456	0.073	0.860
	平均日增重 ADG/g	38.46	40.35	40.49	41.01	42.16	0.490	0.200	0.023	0.784
	料重比 F/G	1.94	1.92	1.91	1.94	1.91	0.009	0.611	0.496	0.831
22~42	平均日采食量 ADFI/g	226.01	224.57	236.69	232.17	235.77	2.188	0.283	0.085	0.717
	平均日增重 ADG/g	78.32	79.62	78.07	81.76	81.79	1.031	0.684	0.238	0.763
	料重比 F/G	2.90	2.82	3.05	2.85	2.89	0.035	0.299	0.982	0.510
43~63	平均日采食量 ADFI/g	290.76 <sup>a</sup>	287.57 <sup>a</sup>	270.62 <sup>b</sup>	264.52 <sup>b</sup>	261.05 <sup>b</sup>	3.529	0.009	0.001	0.679
	平均日增重 ADG/g	66.33 <sup>a</sup>	62.53 <sup>ab</sup>	54.92 <sup>bc</sup>	49.31 <sup>c</sup>	58.92 <sup>c</sup>	1.636	<0.001	<0.001	0.334
	料重比 F/G	4.40 <sup>c</sup>	4.63 <sup>bc</sup>	4.97 <sup>ab</sup>	5.41 <sup>a</sup>	5.30 <sup>a</sup>	0.103	0.002	<0.001	0.395

表 4 饲料中添加甜菜碱对仔鹅血清 GH 和 IGF- I 含量的影响

Table 4 Effects of dietary betaine on serum contents of GH and IGF- I of geese

日龄 Days of age	项目 Items	组别 Groups					SEM	P 值 P-value		
		A	B	C	D	E		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
21	生长激素 GH	18.22	18.43	20.77	21.24	22.30	0.576	0.083	0.008	0.967
	胰岛素样生长因子- I IGF- I	37.28	37.87	38.65	39.34	42.07	1.051	0.642	0.160	0.647
42	生长激素 GH	16.53 <sup>b</sup>	18.87 <sup>ab</sup>	19.26 <sup>ab</sup>	20.08 <sup>a</sup>	20.72 <sup>a</sup>	0.459	0.032	0.003	0.388
	胰岛素样生长因子- I IGF- I	32.52 <sup>b</sup>	35.54 <sup>ab</sup>	37.26 <sup>ab</sup>	40.83 <sup>a</sup>	41.59 <sup>a</sup>	1.114	0.044	0.003	0.750
63	生长激素 GH	18.64	18.26	17.65	18.28	17.40	0.636	0.978	0.620	0.968
	胰岛素样生长因子- I IGF- I	38.94	37.11	36.84	36.78	37.13	1.204	0.981	0.674	0.677

### 2.3 饲料中添加甜菜碱对 63 日龄仔鹅屠宰性能的影响

由表 5 可知,饲料中添加不同水平甜菜碱对 63 日龄仔鹅的腹脂率和皮脂厚有显著影响 ( $P < 0.05$ ),且呈显著一次线性关系 ( $P < 0.05$ ),即 63 日龄仔鹅的腹脂率和皮脂厚随着甜菜碱添加水平的增加呈下降趋势。不同添加水平甜菜碱对屠宰率、全净膛率、胸肌率、腿肌率和脂带宽无显著影响 ( $P > 0.05$ )。

### 2.4 饲料中添加甜菜碱对 63 日龄仔鹅脏器指数的影响

由表 6 可知,饲料中添加不同水平甜菜碱对 63 日龄仔鹅的肝脏指数有显著影响 ( $P < 0.05$ ),且呈显著一次线性关系 ( $P < 0.05$ ),即 63 日龄仔鹅的肝脏指数随着甜菜碱添加水平的增加呈上升趋势。不同添加水平甜菜碱对 63 日龄仔鹅其他脏器指数无显著影响 ( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 饲料中添加甜菜碱对仔鹅生长性能的影响

甜菜碱可通过刺激动物的味觉和嗅觉来提高采食量,起到诱食作用,促进动物生长<sup>[14]</sup>。甜菜碱还能通过提高激素含量、抗应激能力达到促进动物生长作用<sup>[2]</sup>。Chen 等<sup>[15]</sup>在肉仔鸡饲料中分别添加 0、250、500 和 1 000 mg/kg 甜菜碱,试验结果表明,添加 500 和 1 000 mg/kg 甜菜碱的试验组体重显著高于对照组, F/G 显著低于对照组。陈志辉等<sup>[16]</sup>在肉仔鸡饲料中分别添加 0、400、800 mg/kg 甜菜碱,试验结果表明,添加 800 mg/kg 甜菜碱的试验组肉仔鸡生长性能显著提高。本试验结果表明,在 1~21 日龄仔鹅饲料中添加甜菜碱对 21 日龄体重没有显著影响,但有升高趋势;在 22~42 日龄仔鹅饲料中添加甜菜碱,42 日龄体重随着甜菜碱的添加水平提高呈上升趋势, ADFI、

ADG 虽然有所提高,但与对照组不存在显著差异。原因可能是在 1~21 日龄阶段添加甜菜碱影响了仔鹅体内物质代谢,甜菜碱的促生长作用不明显,当 22~42 日龄阶段适应了之后,甜菜碱的促生长作用明显,仔鹅生长性能得以提高。但在 43~63 日龄阶段,体重、ADFI、ADG 显著降低并且 F/G 显著升高。原因可能是在本试验饲料组成和营养

水平下,在 42~63 日龄阶段时甜菜碱促进脂肪代谢作用明显,降低了脂肪沉积,所以使 ADFI 和 ADG 降低,体重降低。由此可见,甜菜碱对仔鹅生长性能的影响与日龄有关,前期甜菜碱促进动物生长性能,后期甜菜碱通过影响脂肪代谢来调控畜禽脂肪沉积,并可能在一定程度上降低生长性能。

表 5 饲料中添加甜菜碱对 63 日龄仔鹅屠宰性能的影响

Table 5 Effects of dietary betaine on slaughter performance of geese at 63 days of age

项目 Items	组别 Groups					SEM	P 值 P-value		
	A	B	C	D	E		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
屠宰率 Dressing percentage/%	86.69	87.66	86.94	87.27	88.33	0.234	0.190	0.079	0.526
全净膛率 Percentage of eviscerated yield/%	70.84	71.65	71.23	71.58	72.96	0.239	0.058	0.013	0.328
胸肌率 Percentage of breast muscle/%	7.78	7.29	7.41	7.82	7.37	0.120	0.513	0.730	0.706
腿肌率 Percentage of leg muscle/%	13.41	13.90	13.60	14.03	13.08	0.194	0.569	0.703	0.196
腹脂率 Percentage of abdominal fat/%	3.90 <sup>a</sup>	3.94 <sup>a</sup>	3.26 <sup>b</sup>	3.25 <sup>b</sup>	2.89 <sup>b</sup>	0.094	<0.001	<0.001	0.875
皮脂厚 Thickness of sebum/cm	0.76 <sup>a</sup>	0.64 <sup>ab</sup>	0.60 <sup>ab</sup>	0.56 <sup>b</sup>	0.50 <sup>b</sup>	0.026	0.029	0.002	0.532
脂带宽 Fat bandwidth/cm	1.45	1.42	1.37	1.35	1.25	0.038	0.568	0.106	0.734

表 6 饲料中添加甜菜碱对 63 日龄仔鹅脏器指数的影响

Table 6 Effects of dietary betaine on organ indexes of geese at 63 days of age

项目 Items	组别 Groups					SEM	P 值 P-value		
	A	B	C	D	E		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
心脏指数 Heart index	0.64	0.64	0.67	0.62	0.64	0.008	0.271	0.720	0.468
肝脏指数 Liver index	1.97 <sup>b</sup>	2.17 <sup>ab</sup>	2.24 <sup>a</sup>	2.25 <sup>a</sup>	2.16 <sup>ab</sup>	0.033	0.046	0.046	0.022
脾脏指数 Spleen index	0.11	0.11	0.12	0.11	0.10	0.004	0.738	0.505	0.296
肌胃指数 Gizzard index	3.02	3.03	3.16	3.09	3.05	0.036	0.768	0.624	0.341
腺胃指数 Proventriculus index	0.29	0.29	0.32	0.31	0.31	0.004	0.310	0.130	0.624

### 3.2 饲料中添加甜菜碱对仔鹅血清 GH 和 IGF- I 含量的影响

GH 是影响家禽正常生长的主要激素之一,受下丘脑分泌的生长激素释放激素和生长激素抑制素的调节。GH 对肌肉、骨骼、脂肪、脂肪分解和繁殖有直接影响,还通过刺激肝脏分泌 IGF- I 对这些器官产生间接影响<sup>[17]</sup>。Chen 等<sup>[15]</sup>研究结果表明,在肉仔鸡饲料中添加 500 或 1 000 mg/kg 甜菜碱可以刺激 IGF- I 信号通路,从而促进肉鸡生长发育。Lakhani 等<sup>[9]</sup>研究发现,在小母牛饲料中添

加甜菜碱可以显著增加血清 GH 和 IGF- I 含量。本试验结果表明,在饲料中添加甜菜碱可以显著提高 42 日龄仔鹅血清 GH 和 IGF- I 含量。在 21 日龄时,血清 GH 和 IGF- I 含量呈上升趋势但差异不显著,而甜菜碱对 63 日龄血清 GH 和 IGF- I 含量无显著影响,与上述关于生长性能研究结果一致。由此可见,甜菜碱提高仔鹅生长性能与血清中 GH 和 IGF- I 含量增加有关,甜菜碱在前期可以通过提高仔鹅血清 GH 和 IGF- I 含量,促进仔鹅生长。

### 3.3 饲料中添加甜菜碱对63日龄仔鹅屠宰性能的影响

屠宰性能是衡量养殖经济效益的重要指标之一,也是衡量肉用动物生长性能的关键指标<sup>[18]</sup>。甜菜碱能改善胴体和肉品品质。Shakeri等<sup>[19]</sup>研究发现,在肉鸡饲料中添加甜菜碱可以显著提高胸肌肌肉脂肪含量。Chen等<sup>[20]</sup>研究发现,在樱桃谷鸭饲料中添加甜菜碱可以显著提高胸肌肌肉脂肪含量,显著降低皮脂厚和腹脂率。本试验结果表明,在饲料中添加甜菜碱可以显著降低皮脂厚和腹脂率,与Chen等<sup>[20]</sup>研究结果一致。但与上述报道不同的是,在本试验中,饲料中添加甜菜碱对鹅胸肌率和腿肌率无显著影响。原因可能与甜菜碱的添加种类、阶段和试验动物种类不同有关。由此可见,甜菜碱能够显著降低皮脂厚和腹脂率,减少脂肪在体内沉积,改善胴体品质。

### 3.4 饲料中添加甜菜碱对63日龄仔鹅脏器指数的影响

脏器指数是重要的生物学特性指标之一,脏器指数的大小,从一定程度上可反映生长发育的情况<sup>[21]</sup>。本试验结果表明,在饲料中添加甜菜碱提高了仔鹅肝脏指数,且随着饲料甜菜碱添加水平的提高,肝脏指数逐渐增加。这说明甜菜碱能够促进仔鹅肝脏的发育。Su等<sup>[22]</sup>试验结果表明,与对照组相比,饲料中添加甜菜碱的鹅肝脏重量增加。这与本试验结果一致。已有研究表明,甜菜碱是一种较好的甲基供体,可促进肝脏合成肉碱<sup>[23]</sup>,而肉碱含量可以反映脂肪的分解速度<sup>[24]</sup>。由此可见,在饲料中添加甜菜碱能够促进仔鹅肝脏的发育,从而降低仔鹅体脂含量,减少脂肪在体内沉积。

## 4 结 论

本试验结果表明,不同生长阶段添加甜菜碱对仔鹅有不同作用,前期饲料中添加甜菜碱可显著提高仔鹅生长性能和血清GH和IGF-I含量,说明甜菜碱提高仔鹅生长性能与血清中GH和IGF-I含量增加有关;后期饲料中添加甜菜碱可以显著降低仔鹅皮脂厚和腹脂率,且对肝脏指数有一定促进作用,促进脂肪代谢,改善胴体品质。因此,综合以上2个方面,在实际生产中,可视生产需求,选择性添加甜菜碱,建议1~42日龄仔鹅饲料中甜菜碱适宜添加水平为0.18%,43~63日龄

仔鹅饲料中甜菜碱适宜添加水平为0.12%。

### 参考文献:

- [1] PARK J H, KIM I H. The effects of betaine supplementation in diets containing different levels of crude protein and methionine on the growth performance, blood components, total tract nutrient digestibility, excreta noxious gas emission, and meat quality of the broiler chickens [J]. *Poultry Science*, 2019, 98(12): 6808-6815.
- [2] 侯玉洁,徐俊,张建刚,等.甜菜碱的营养生理功能及其在畜禽生产中的应用[J].*中国饲料*,2012(18): 34-37,41.
- [3] 杨文武,王璐,臧建军.甜菜碱的抗氧化作用及其在畜禽生产中的应用研究进展[J/OL].*中国畜牧杂志*,2020;1-7.(2019-12-19)[2020-03-17].<https://doi.org/10.19556/j.0258-7033.20190904-03>.
- [4] 田梅,张蕾,房灿,等.甜菜碱日粮对热应激条件下肉鸭生长性能、血液指标及盲肠脂肪酸含量的影响[J].*中国饲料*,2019(16):16.
- [5] YUSUF M S, EL NABTITI A A, HASSAN M A, et al. Supplementary outcomes of betaine on economic and productive performance, some biochemical parameters, and lipoprotein lipase gene expression in finishing male broilers [J]. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 2018, 6(2): 213-218.
- [6] HE S J, ZHAO S J, DAI S F, et al. Effects of dietary betaine on growth performance, fat deposition and serum lipids in broilers subjected to chronic heat stress [J]. *Animal Science Journal*, 2015, 86(10): 897-903.
- [7] MACLEAN K N, JIANG H, PHINNEY W N, et al. Taurine alleviates repression of betaine-homocysteine S-methyltransferase and significantly improves the efficacy of long-term betaine treatment in a mouse model of cystathionine  $\beta$ -synthase-deficient homocystinuria [J]. *The FASEB Journal*, 2019, 33(5): 6339-6353.
- [8] HUANG Q, XU Z, HAN X, et al. Effect of betaine on growth hormone pulsatile secretion and serum metabolites in finishing pigs [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2007, 91(3/4): 85-90.
- [9] LAKHANI P, KUMAR P, ALHUSSIEN M N, et al. Effect of betaine supplementation on growth performance, nutrient intake and expression of IGF-1 in Karan Fries heifers during thermal stress [J]. *Theriogenology*, 2020, 142: 433-440.

- [10] 施寿荣.5~10 周龄扬州鹅能量和蛋白质需要量的研究[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2007.
- [11] WANG Z Y, SHI S R, ZHOU Q Y, et al. Response of growing goslings to dietary methionine from 28 to 70 days of age[J]. *British Poultry Science*, 2010, 51(1): 118-121.
- [12] 张亚俊.纤维水平对仔鹅生产性能、消化道发育及养分利用的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2008.
- [13] 杨宁.家禽生产学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2010:286-288.
- [14] 杨雪,孙丽莎,皮宇,等.甜菜碱的营养生理功能及其在畜禽生产中的应用[J].*中国饲料*,2013(7):5-7.
- [15] CHEN R, ZHUANG S, CHEN Y P, et al. Betaine improves the growth performance and muscle growth of partridge shank broiler chickens via altering myogenic gene expression and insulin-like growth factor-1 signaling pathway[J]. *Poultry Science*, 2018, 97(12): 4297-4305.
- [16] 陈志辉,牟韶阳,段晓雪,等.甜菜碱对肉仔鸡生产性能和免疫功能的影响[J].*中国饲料*,2017(2):25-28.
- [17] JAWAD H S A, LOKMAN I H, ZUKI A B Z, et al. Partial ablation of uropygial gland effects on growth hormone concentration and digestive system histometrical aspect of Akar Putra chicken[J]. *Poultry Science*, 2016, 96(4): 966-973.
- [18] LI Y P, WANG Z Y, YANG H M, et al. Effects of dietary fiber on growth performance, slaughter performance, serum biochemical parameters, and nutrient utilization in geese[J]. *Poultry Science*, 2017, 96(5): 1250-1256.
- [19] SHAKERI M, COTTRELL J J, WILKINSON S J, et al. Betaine and antioxidants improve growth performance, breast muscle development and ameliorate thermoregulatory responses to cyclic heat exposure in broiler chickens[J]. *Animal*, 2018, 8(10): 162.
- [20] CHEN R, WEN C, CHENG Y F, et al. Effects of dietary supplementation with betaine on muscle growth, muscle amino acid contents and meat quality in Cherry Valley ducks[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2019, 103(4): 1050-1059.
- [21] 杨芷.基于组学技术研究仔鹅饲料中添加甜菜碱替代蛋氨酸和缓解其中毒的影响机制[D].博士学位论文.扬州:扬州大学,2018.
- [22] SU S Y, DODSON M V, LI X B, et al. The effects of dietary betaine supplementation on fatty liver performance, serum parameters, histological changes, methylation status and the mRNA expression level of *Spot14 $\alpha$*  in Landes goose fatty liver[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2009, 154(3): 308-314.
- [23] KATHIRVEL E, MORGAN K, NANDGIRI G, et al. Betaine improves nonalcoholic fatty liver and associated hepatic insulin resistance: a potential mechanism for hepatoprotection by betaine[J]. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 2010, 299(5): G1068-G1077.
- [24] 李伟,王恬.甜菜碱对脂肪代谢的调控机制研究进展[J].*饲料研究*,2011(4):17-19.

## Effects of Dietary Betaine on Growth Performance and Its Regulating Factors of Geese

YANG Yu<sup>1</sup> YANG Jingjing<sup>1</sup> WAN Yu<sup>1</sup> ZHANG Hang<sup>1</sup> YANG Zhi<sup>2\*</sup>  
YANG Haiming<sup>1</sup> WANG Zhiyue<sup>1,2</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Institutes of Agricultural Science and Technology Development, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of dietary betaine on growth performance, serum contents of growth hormone (GH) and insulin-like growth factor- I (IGF- I), slaughter performance and organ indexes of geese. A total of 360 one-day-old healthy male *Jiangnan* geese with similar body weight were randomly divided into 5 groups with 6 replicates per group and 12 geese per replicate. Geese in the control group (group A) were fed a basal diet, and geese in experimental groups were fed the basal diets supplemented with 0.06% (group B), 0.12% (group C), 0.18% (group D) and 0.24% betaine (group E), respectively. The experiment lasted for 28 days. The results showed as follows: 1) the body weight increased linearly with the rise of betaine at 42 days of age ( $P<0.05$ ); the body weight in groups C, D and E was significantly lower than that in groups A and B ( $P<0.05$ ). The average daily feed intake (ADFI), average daily gain (ADG) decreased linearly with the increase of betaine, however, the feed/gain (F/G) increased linearly with the rise of betaine at 43 to 63 days of age ( $P<0.05$ ). 2) The serum contents of GH and IGF- I increased linearly with the rise of betaine at 42 days of age ( $P<0.05$ ). 3) The percentage of abdominal fat and thickness of the sebum of geese decreased linearly with the increase of betaine at 63 days of age ( $P<0.05$ ). 4) The liver index of geese increased linearly with the rise of betaine at 63 days of age ( $P<0.05$ ). It is concluded that the diets supplemented with betaine in different periods have different effects on geese. At 1 to 42 days of age, diets supplemented with betaine can significantly increase growth performance. At 43 to 63 days of age, diets supplemented with betaine can significantly promote fat metabolism, which in turn contributes to improving carcass quality. It is suggested that the optimal betaine level in geese should be 0.18% at 1 to 42 days of age, and 0.12% at 43 to 63 days of age. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(9):4140-4147]

**Key words:** betaine; geese; growth performance; GH; IGF- I; slaughter performance; organ indexes

\* Corresponding author, assistant professor, E-mail: zhiyang@yzu.edu.cn