

陶志云, 徐文娟, 穆金泉, 等. 金定鸭睾丸生长发育规律的初步研究 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (8): 1-6.

TAO Z Y, XU W J, MU J Q, et al. Preliminary study on the growth and development of Jinding duck testes [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (8): 1-6.

## 金定鸭睾丸生长发育规律的初步研究

陶志云<sup>1</sup>, 徐文娟<sup>1</sup>, 穆金泉<sup>2</sup>, 朱春红<sup>1</sup>, 宋卫涛<sup>1</sup>, 刘宏祥<sup>1</sup>,  
章双杰<sup>1</sup>, 王志成<sup>1</sup>, 李慧芳<sup>1\*</sup>

(1. 江苏省家禽科学研究所, 江苏 扬州 225125;

2. 飞飞鸡生态珍禽养殖农民专业合作社, 新疆 伊犁 835000)

**摘要:** 旨在探明金定鸭睾丸生长发育规律和性成熟特点。利用形态学和组织学方法, 测量 2~58 周龄金定鸭睾丸总重、体积、单位面积间质细胞数及曲精小管面积, 利用 ELISA 法检测 2、6、10、16、24、43 和 58 周龄血清睾酮含量, 并与睾丸发育相关指标进行关联分析。结果: 金定鸭睾丸发育具有明显的时间性变化, 睾丸总重、睾丸体积、睾丸指数以及睾酮含量在 2~43 周龄呈不断增加趋势, 58 周龄显著下降 ( $P<0.05$ ); 曲精小管面积在 2~26 周龄不断增加, 26~58 周龄逐渐下降, 单位面积间质细胞数与曲精小管面积趋势相反; 相关性分析表明, 金定鸭体重、睾丸总重、睾丸体积、睾酮含量及曲精小管面积两两间均呈显著 ( $P<0.05$ ) 或极显著 ( $P<0.01$ ) 正相关, 单位面积间质细胞数与体重、睾丸总重、睾酮含量、曲精小管面积、睾丸体积间均呈极显著 ( $P<0.01$ ) 负相关。本研究初步探明金定鸭睾丸的发育规律, 为其睾丸发育的机制和功能研究提供了参考。

**关键词:** 金定鸭; 睾丸; 发育规律

**中图分类号:** S834 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-5130(2025)08-0001-06

## Preliminary study on the growth and development of Jinding duck testes

TAO Zhiyun<sup>1</sup>, XU Wenjuan<sup>1</sup>, MU Jinquan<sup>2</sup>, ZHU Chunhong<sup>1</sup>, SONG Weitao<sup>1</sup>, LIU Hongxiang<sup>1</sup>,  
ZHANG Shuangjie<sup>1</sup>, WANG Zhicheng<sup>1</sup>, LI Huifang<sup>1\*</sup>

(1. Jiangsu Institute of Poultry Science, Yangzhou 225125, China;

2. Feifei Chicken Ecologically-Reared Bird Breeding Farmers' Professional Breeding Cooperative,  
Yili 835000, China)

**Abstract:** This study aimed to explore the growth and development patterns and sexual maturity characteristics of Jinding duck testes. The testicular weight, testicular volume, number of interstitial cells per unit area, and area of seminiferous tubules of Jinding ducks aged 2 to 58 weeks were measured using morphological and histological methods. At the same time, ELISA was used to detect the serum testosterone levels of the ducks at 2, 6, 10, 16, 24, 43 and 58 weeks of age, and the correlation analysis was conducted with indicators related to testicular development in the ducks. The results showed that the testicular development of the Jinding ducks exhibited significant age-related changes, manifested as an increasing trend in testicular weight, volume, index, and testosterone content from 2 to 43 weeks of age, while their testosterone content decreased at 58 weeks of age ( $P<0.05$ ). The area of seminiferous tubules increased continuously from 2 to 26 weeks of age, and gradually decreased from 26 to 58 weeks of age. The change trend of the number of interstitial cells per unit area was opposite to that of seminiferous tubule area. The correlation analysis showed that the body weight, testicular weight, testicular volume, testosterone content, and seminiferous tubule area of the Jinding ducks were significantly ( $P<0.05$ ) or extremely significantly ( $P<0.01$ ) positively correlated with each other. The number of interstitial cells per unit area was significantly ( $P<0.01$ ) negatively correlated with body weight, testicular weight, testosterone content, seminiferous tubule area, and testicular volume. This was a preliminary study on the developmental patterns of Jinding duck testes at different years of age, which laid a theoretical foundation for research on the mechanisms and functions of testicular

收稿日期: 2024-07-19; 修回日期: 2025-05-30

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFD1300100); 扬州市自然科学基金项目 (YZ2023167); 江苏省现代农业 (水禽) 产业技术体系项目 (JATS [2023] 365); 国家家养动物种质资源库项目 (2024)

第一作者: 陶志云, 女, 博士, 副研究员

\* 通信作者: 李慧芳, 研究员, 主要从事家禽遗传育种与家禽资源保护研究, E-mail: lhxf\_002@aliyun.com.cn.

development in ducks.

**Keywords:** Jinding duck; testicles; developmental pattern

睾丸是雄性哺乳动物的生殖器官,其基本功能是产生精子和分泌雄激素<sup>[1]</sup>。在牛<sup>[2]</sup>、羊<sup>[3]</sup>和猪<sup>[4]</sup>等家畜中的研究均发现睾丸大小与精液品质密切相关,是公畜遗传改良的一个重要指标<sup>[5]</sup>。同样,家禽的睾丸大小也与繁殖力高度相关,繁殖力差常与睾丸较小有关<sup>[6]</sup>。伊犁鹅中,精液活力高的组其睾丸重也高于精液活力低的组<sup>[7]</sup>。本实验室在“苏邮1号”成年公鸭的睾丸发育与精液品质相关性分析中发现,苏邮1号公鸭的睾丸总重与精液量呈极显著正相关<sup>[8]</sup>,说明公鸭睾丸大小也可作为评价其生殖能力的一个重要指标。

目前,对于公鸭睾丸的发育性研究较少。何宗亮等<sup>[9]</sup>和姚远等<sup>[10]</sup>分析了连城白鸭从初生到480日龄的睾丸发育状况,并比较了连城白鸭和绍兴白鸭性成熟时睾丸大小及重量,结果表明,两品种鸭的性成熟时间虽不同,但性成熟期的睾丸总重相似。中国鸭品种资源丰富,不同品种鸭的性成熟时间存在差异,提示不同品种鸭的睾丸发育存在差异。因此,在生产育种中,需要针对各自品种摸清睾丸发育规律,探清适宜配种时间,指导配种,提高育种效率。

金定鸭已被列入国家家禽品种志和国家级畜禽遗传资源保护名录,具有耐粗饲、抗病力强、生产性能优良的特点,但金定鸭的睾丸发育相关研究鲜见报道。因此,本文以金定鸭公鸭为研究对象,探讨其睾丸的发育规律,明确金定鸭睾丸精子生成的时期,为后续通过分子育种手段提高其精液质量和繁殖能力奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与样品采集

金定鸭公鸭由江苏高邮鸭发展集团有限公司提供,共计200只。所有鸭统一按照蛋鸭饲养管理要求饲养,饲料统一购自于新希望集团有限公司(江苏邵伯),12周龄前平养,12周龄后上笼单个饲养,单个笼子尺寸为长64 cm,宽34 cm,高38 cm。试验从2周龄开始至58周龄结束,前28周每2周1次(2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28周龄),28周龄后15周1次(43和58周龄),每个时间点均随机选择10只鸭称量体重(称量前1天傍晚6:00断料不断水),抗凝血管采集血液,屠宰后采集睾丸组织并称量,游标卡尺测量睾丸

的长径、短径及厚度,计算睾丸指数<sup>[11]</sup>和睾丸体积<sup>[12]</sup>。取一侧睾丸整个置入4%多聚甲醛中固定,待用于石蜡切片。

### 1.2 睾丸组织切片制作

每个时间点各取5个样本进行睾丸组织切片的制作,睾丸样本经4%多聚甲醛固定,固定状态良好后,对组织进行修剪、脱水、包埋、切片、染色、封片等,正置白光拍照显微镜(Nikon, Japan)拍照,Image-Pro Plus 6.0分析软件测量曲精小管面积,每个个体拍摄5张图片,每张图片测量5个曲精小管,同时对每张切片的间质细胞进行计数,统计每平方米间质细胞数量(单位面积间质细胞数)。

### 1.3 血清睾酮含量测定

所有采集的抗凝血在离心机中1 000 r/min离心10 min,吸取上层血清,-80℃保存。本试验选择2、6、10、16、24、43、58周龄鸭的血清进行了睾酮测定。采用Elabscience® QuicKey Pro鸡睾酮ELISA试剂盒(E-OSEL-Ch0003)测定睾酮含量,具体方法参照说明书进行,其检测范围为0.31~20 ng/mL,灵敏度0.13 ng/mL。

### 1.4 数据统计与分析

所有试验数据用SPSS 20.0软件进行单因素方差分析及双因素相关性分析。数据以“平均值±标准差”表示, $P<0.05$ 表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 金定鸭体重和睾丸总重发育性变化

由表1可见,金定鸭的早期体重增长迅速,从2周龄的200 g左右快速增加到10周龄的1 300 g左右,相互间差异显著( $P<0.05$ );10周龄后体重增加缓慢,20~43周龄体重基本在1 400~1 500 g,58周龄时体重略减。睾丸总重在2~16周龄增长均较为缓慢,16周龄开始快速增加,16~43周龄睾丸总重不断增加,58周龄睾丸总重下降。睾丸指数在2~16周龄较低,16~28周龄增加迅速,43周龄的睾丸指数最大,约为55.35 g/kg。睾丸体积与睾丸总重的变化趋势一致,从2周龄的17.15 mm<sup>2</sup>左右缓慢增加到16周龄的608.58 mm<sup>2</sup>左右,再快速增加到43周龄的41 133.31 mm<sup>2</sup>左右,最后下降至58周龄的15 046.97 mm<sup>2</sup>左右。

表 1 金定鸭不同发育时期体重和睾丸发育变化 (n=10)

周龄	体重/g	睾丸总重/g	睾丸指数/(g·kg <sup>-1</sup> )	睾丸体积/mm <sup>3</sup>
2	198.20±22.31 <sup>i</sup>	0.029±0.005 <sup>d</sup>	0.15±0.02 <sup>d</sup>	17.15±5.01 <sup>d</sup>
4	505.04±29.55 <sup>h</sup>	0.081±0.030 <sup>d</sup>	0.16±0.05 <sup>d</sup>	40.26±15.47 <sup>d</sup>
6	790.89±76.28 <sup>g</sup>	0.211±0.063 <sup>d</sup>	0.28±0.09 <sup>d</sup>	94.93±29.56 <sup>d</sup>
8	1 078.53±119.74 <sup>f</sup>	0.698±0.370 <sup>d</sup>	0.63±0.29 <sup>d</sup>	324.03±164.74 <sup>d</sup>
10	1 308.11±100.96 <sup>ede</sup>	0.750±0.283 <sup>d</sup>	0.58±0.22 <sup>d</sup>	401.35±197.98 <sup>d</sup>
12	1 377.66±103.80 <sup>abced</sup>	0.982±0.348 <sup>d</sup>	0.72±0.24 <sup>d</sup>	439.38±150.58 <sup>d</sup>
14	1 352.86±131.91 <sup>bced</sup>	1.192±0.551 <sup>d</sup>	0.89±0.44 <sup>d</sup>	518.34±303.87 <sup>d</sup>
16	1 358.17±114.42 <sup>abced</sup>	1.290±0.393 <sup>d</sup>	0.94±0.26 <sup>d</sup>	608.58±141.51 <sup>d</sup>
18	1 246.36±132.19 <sup>de</sup>	4.792±1.843 <sup>c</sup>	3.77±2.90 <sup>a</sup>	1 484.02±901.92 <sup>d</sup>
20	1 500.87±180.05 <sup>ab</sup>	10.982±3.897 <sup>bc</sup>	7.54±6.26 <sup>c</sup>	7 923.76±6 453.34 <sup>cd</sup>
22	1 414.33±85.38 <sup>abcd</sup>	28.380±13.044 <sup>bc</sup>	18.98±5.81 <sup>bc</sup>	12 114.12±9 239.82 <sup>bc</sup>
24	1 543.36±97.37 <sup>a</sup>	38.577±19.318 <sup>bc</sup>	21.35±11.46 <sup>bc</sup>	14 606.77±9 937.68 <sup>bc</sup>
26	1 533.7±118.79 <sup>ab</sup>	44.188±24.435 <sup>bc</sup>	26.84±11.43 <sup>b</sup>	20 528.15±10 828.46 <sup>b</sup>
28	1 448.00±116.90 <sup>abc</sup>	55.418±26.941 <sup>b</sup>	38.37±9.68 <sup>b</sup>	29 452.75±9 742.72 <sup>b</sup>
43	1 458.00±164.48 <sup>abc</sup>	81.325±25.423 <sup>a</sup>	55.35±8.04 <sup>a</sup>	41 133.31±10 630.52 <sup>a</sup>
58	1 380.14±131.58 <sup>abced</sup>	38.610±21.815 <sup>bc</sup>	28.39±7.42 <sup>b</sup>	15 046.97±5 758.56 <sup>bc</sup>

注：同列数据相比，肩标不同小写字母表示差异显著 (P<0.05)。下同。

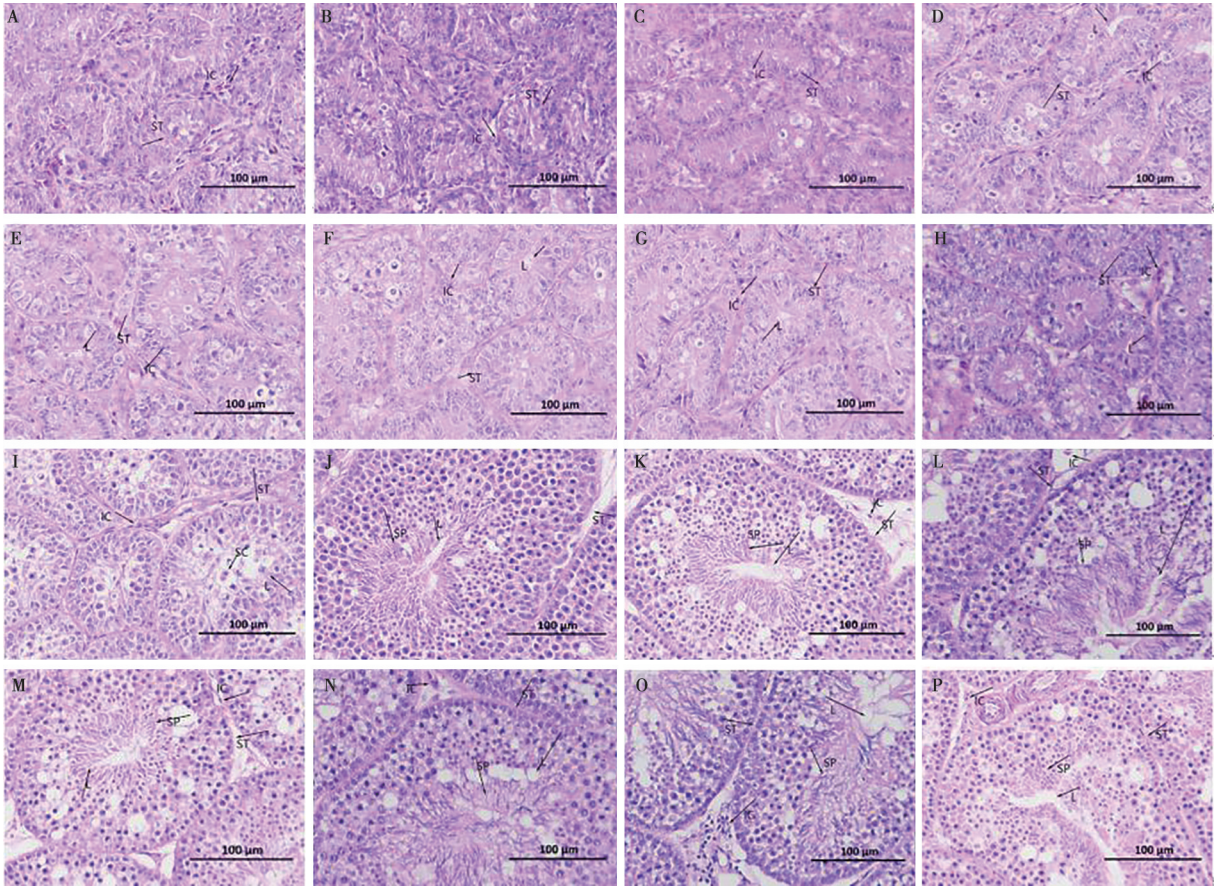
## 2.2 金定鸭不同发育时期睾丸组织学变化

由表 2 可见，随着睾丸的发育，2~26 周龄的睾丸单位面积间质细胞数呈下降的趋势，随后 26~58 周龄的睾丸单位面积间质细胞数又逐渐增加；曲精小管面积的变化趋势与睾丸单位面积间质细胞数变化趋势相反。从图 1 可见，在 2~6 周龄（图 1A~1C），

睾丸内曲精小管面积较小，未见管腔，曲精小管与曲精小管间含有大量的间质细胞；在 8 周龄时（图 1D），曲精小管内开始出现管腔；18 周龄时，可见管腔内有大量圆形精子细胞（图 1I），但仅能见到极少的精子；20 周龄时，可见管腔内充满大量细长的精子（图 1J）；58 周龄时，管腔内精液明显减少（图 1P）。

表 2 金定鸭不同发育时期睾丸组织学变化 (n=5)

周龄	间质细胞数/mm <sup>2</sup>	曲精小管面积/μm <sup>2</sup>	有无管腔	有无精子
2	1 272.04±126.59 <sup>a</sup>	3 422.99±236.57 <sup>c</sup>	无	无
4	1 427.33±357.14 <sup>a</sup>	5 091.33±1 788.74 <sup>c</sup>	无	无
6	1 462.25±418.14 <sup>a</sup>	5 448.99±118.00 <sup>c</sup>	无	无
8	1 534.45±556.57 <sup>a</sup>	7 048.09±960.48 <sup>c</sup>	有	无
10	658.51±258.25 <sup>bc</sup>	8 939.83±1 979.74 <sup>c</sup>	有	无
12	584.65±342.88 <sup>bcd</sup>	9 373.18±4 306.68 <sup>c</sup>	有	无
14	787.24±293.40 <sup>b</sup>	10 020.89±2 626.80 <sup>c</sup>	有	无
16	945.67±594.28 <sup>b</sup>	12 124.17±15 310.54 <sup>c</sup>	有	无
18	297.53±85.64 <sup>cde</sup>	22 626.50±7 434.06 <sup>c</sup>	有	有，量极少
20	206.092±75.84 <sup>de</sup>	32 158.20±23 307.20 <sup>bc</sup>	有	有
22	317.70±147.79 <sup>ede</sup>	61 229.05±16 591.29 <sup>ab</sup>	有	有
24	144.82±53.33 <sup>de</sup>	80 934.93±13 871.91 <sup>a</sup>	有	有
26	129.44±21.38 <sup>e</sup>	96 890.67±14 610.08 <sup>a</sup>	有	有
28	230.64±95.64 <sup>de</sup>	60 810.41±31 368.03 <sup>ab</sup>	有	有
43	254.57±116.33 <sup>de</sup>	68 167.73±4 563.04 <sup>ab</sup>	有	有
58	333.38±248.43 <sup>cde</sup>	70 941.62±35 585.02 <sup>ab</sup>	有	有，量少



A~P. 分别为 2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、43、58 周龄；IC. 间质细胞（曲精小管之间的深染细胞）；ST. 曲精小管（圆形或椭圆形的管状腔体）；L. 管腔（曲精小管内的空腔）；SC. 精子细胞（紧密排列的圆形细胞）；SP. 精子（向管腔迁移的长形细胞）。

图 1 金定鸭不同发育时期睾丸组织切片观察

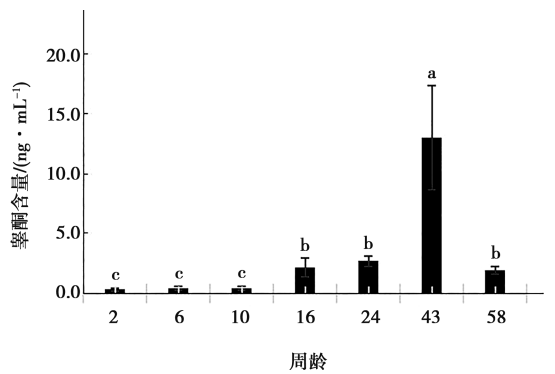
### 2.3 金定鸭不同发育时期血清睾酮含量变化

由图 2 可见，不同发育时期血清睾酮含量变化趋势明显，2~43 周龄睾酮含量不断增加，43 周龄时显著高于其他周龄 ( $P < 0.05$ )，58 周龄时睾酮含量降低。2、6、10 周龄鸭的睾酮含量很低，仅有 0.4 ng/mL 左右；在 16 周龄时，睾酮含量显著增加，达到 2.2 ng/mL 左右；24~43 周龄，睾酮含量又显著增加，达到 13.2 ng/mL 左右；58 周龄时的睾酮含量显著低于 43 周龄的睾酮含量，与 16 和 24 周龄的睾酮含量差异不显著。

### 2.4 金定鸭睾丸发育指标相关性分析

由表 3 可见，金定鸭体重、睾丸总重、睾酮含量、睾丸体积及曲精小管面积两两间均呈显著或极显著正相关，单位面积间质细胞数与体重、睾丸总重、睾酮含量、曲精小管面积、睾丸体积间均呈极显著负

相关。



不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 2 金定鸭不同发育时期血清睾酮含量变化

表3 金定鸭睾丸生长发育指标的相关性分析

项目	体重	睾丸总重	睾酮含量	单位面积 间质细胞数	曲精小管面积	睾丸体积
体重		0.488**	0.432**	-0.719**	0.631**	0.480**
睾丸总重			0.738**	-0.619**	0.758**	0.672**
睾酮含量				-0.423**	0.536*	0.491**
单位面积间质细胞数					-0.77**	-0.546**
曲精小管面积						0.638**
睾丸体积						

注：\*表示显著相关 ( $P<0.05$ )，\*\*表示极显著相关 ( $P<0.01$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 鸭的睾丸发育性变化

沈元新等<sup>[13]</sup>对绍兴麻鸭 0~140 日龄和 300 日龄的睾丸发育研究发现, 1~28 日龄睾丸的发育非常缓慢 (0.035~0.060 g), 基本不增长, 28~84 日龄 (0.060~2.9 g) 处于缓慢增长阶段, 84~112 日龄处于快速增长期 (2.9~32.6 g), 112~300 日龄 (32.6~42.45 g) 缓慢增长。姚远等<sup>[10]</sup>对 1~300 日龄连城白鸭睾丸的发育研究表明, 1~45 日龄睾丸较小, 增长不明显, 45~75 日龄处于缓慢增长阶段, 75~180 日龄处于快速增长期, 180~240 日龄仍处于缓慢增长状态, 270 日龄达到峰值。何宗亮等<sup>[9]</sup>对 100~480 日龄连城白鸭睾丸生长发育规律的研究表明, 100~180 日龄的睾丸呈快速增长阶段 (1.65~43.90 g), 180~480 日龄睾丸增长缓慢 (43.90~56.15 g), 相对应的睾丸指数在 100~200 日龄逐渐增加, 200~480 日龄基本保持不变。陈荣等<sup>[14]</sup>研究发现, 樱桃谷鸭睾丸在 75~165 日龄呈快速增长状态, 165 日龄时睾丸总重达到 75 g 左右。本研究结果表明, 金定鸭睾丸在 4 周龄前基本不增长, 4~16 周龄呈缓慢增长阶段, 16~43 周龄呈快速增长阶段, 58 周龄睾丸总重显著低于 43 周龄睾丸总重。金定鸭睾丸体积变化与睾丸总重变化一致。由于金定鸭在 2~16 周龄体重增长较快, 呈不断增加的趋势, 而此时睾丸发育较慢, 所以睾丸指数在 16 周龄前较小; 在 16~43 周龄, 由于体重发育增长缓慢, 而睾丸总重快速增加, 所以睾丸指数快速增加, 但 58 周龄时睾丸总重下降, 相应的睾丸指数也下降。以上结果表明, 不同品种鸭睾丸发育总体趋势基本相同, 但发育关键时间不同, 而且相同品种不同批次试验特定时期的睾丸总重存在差异, 说明鸭的睾丸发育与品种、营养水平及饲养环境等有关, 提示, 可以通过增加营养, 优化饲养环境等条件改善睾丸的发育状况, 提高精子质量。另外, 要阐明不同品种鸭睾丸发育的关键节点及差异, 仍需进行大

量的比较研究。

#### 3.2 鸭的睾丸发育形态学变化

睾丸的内部结构包括睾丸被膜、生精小管 (曲精小管) 和睾丸间质组织等, 其中曲精小管是精子产生的场所, 与精子质量关系密切。绍兴麻鸭的曲精小管在孵化当天几乎为一实心管子, 在 14 日龄时有半数个体的曲精小管出现腔隙, 28 日龄时, 全部个体的曲精小管出现腔隙, 发育成为一条中空的管子, 56~70 日龄部分个体曲精小管管腔内开始出现精子, 84~98 日龄多数曲精小管内均含有大量精子, 98 日龄时管腔直径达到 228.34  $\mu\text{m}$ , 在 112~300 日龄的管腔发育差异不明显<sup>[13]</sup>。而连城白鸭的曲精小管在 0~15 日龄为无管腔状态, 30 日龄开始出现管腔, 90 日龄开始出现精子, 其管腔直径从 45 日龄开始到 270 日龄一直处于不断增大状态, 在 270 日龄时达到 360  $\mu\text{m}$ <sup>[8]</sup>。本研究中, 金定鸭在 8 周龄 (56 日龄) 时观察到管腔出现, 18 周龄 (126 日龄) 出现少量精子, 20 周龄时有 20% 的鸭管腔中充满大量精子, 在 24 周龄时 80% 的鸭管腔中充满大量精子, 提示 20~24 周龄是金定鸭睾丸精子快速发育和产生的时期, 24 周龄的金定公鸭适宜配种。值得注意的是, 本文中所述的精子出现时间是通过组织切片后观察生精小管中是否有细长精子和对鸭屠宰后输精管中的液体进行采样后涂片并在显微镜下直观观察有无游动的成熟精子而得出。由于成熟雄性动物生精小管上皮更新周期是动态变化的, 每个生精小管可能是处于不同阶段, 即使成熟动物睾丸, 有的管腔也不会出现精子。因此, 金定鸭的精子开始时间可能比观察到的时间要略早。曲精小管的面积在 16 周龄以后迅速增加, 26 周龄 (182 日龄) 在所检测的 16 个时间点中最大, 约为 96 890.67  $\mu\text{m}^2$  (此时直径约为 351.23  $\mu\text{m}$ )。以上结果说明, 金定鸭和绍兴麻鸭、连城白鸭的曲精小管发育存在差异, 金定鸭精子出现的时间明显晚于绍兴麻鸭和连城麻鸭, 金定麻鸭的最大曲精小管直径与连城白鸭的曲精小管直径相似, 远远大于绍兴麻鸭的

曲精小管直径。以上结果说明, 曲精小管直径大小是否与精子数量和精子质量相关尚不清楚, 需要进行更多的研究予以揭示。

睾丸间质细胞位于睾丸的间质室内, 具有分泌黄体生成素和睾酮的作用, 可促进精子发生和生殖器官发育<sup>[15-16]</sup>。在连城白鸭中的研究表明, 60 日龄前的睾丸间质组织多, 60~300 日龄的间质细胞少<sup>[9]</sup>。本研究为了探讨鸭睾丸间质细胞与睾丸发育的关系, 对间质细胞的数量进行了计数, 结果表明, 2~8 周龄金定鸭睾丸单位面积间质细胞数差异不大, 8 周龄后随着金定鸭日龄的增加, 睾丸间质细胞数量快速下降, 26 周龄时的单位面积间质细胞数最低, 26~58 周龄单位面积间质细胞数又缓慢增加, 呈现出与曲精小管面积变化相反的趋势。相关性分析也表明, 单位面积间质细胞数与曲精小管面积呈极显著负相关。这一结果与在连城白鸭中的研究结果一致。这可能是因为, 间质细胞存在于睾丸曲精小管之间, 在睾丸发育早期, 单个曲精小管面积小, 数量多, 曲精小管之间的空隙较大, 单位面积内可见的睾丸间质细胞较多, 而随着鸭的生长, 这些睾丸间质细胞分泌的睾酮作用于曲精小管, 促进曲精小管面积的不断增加, 曲精小管之间的间隙不断缩小, 单位面积可见的睾丸间质细胞数量变少。

### 3.3 鸭的血清睾酮含量发育性变化

睾酮是最主要的雄性激素, 是促进生殖器发育和维持生殖功能的重要激素<sup>[17]</sup>。血清睾酮含量高低可以反映雄性生殖功能<sup>[18]</sup>。在鸡上的研究表明, 12 周龄以前的珍珠鸡血清睾酮水平基本维持在 100 pg/mL 以下, 14 周龄时显著上升至 374 pg/mL, 之后呈现下降再上升的反复趋势<sup>[19]</sup>。将睾酮注射到鸡卵的卵黄囊中可以调节公雏鸡的早期发育<sup>[20]</sup>。本研究结果表明, 金定鸭的血清睾酮含量 2~10 周龄变化不显著, 10 周龄后开始显著增加, 到 43 周龄时睾酮含量最高, 达到了 13.18 ng/mL, 后又下降, 在 58 周龄时的睾酮含量与 16 和 24 周龄时的睾酮水平相当。该结果说明, 睾酮在金定鸭睾丸发育过程中发挥了重要作用。

本研究对金定鸭睾丸生长发育指标的相关性分析表明, 金定鸭体重、睾丸总重、睾酮含量、睾丸体积及曲精小管面积两两间均呈显著或极显著正相关, 单位面积间质细胞数与体重、睾丸总重、睾酮含量、曲精小管面积、睾丸体积间均呈极显著负相关。以上结果说明, 金定鸭睾丸发育在不同日龄变化显著, 且在睾丸生长发育过程中伴随着睾酮含量的增加。该研究为鸭睾丸发育机制研究提供了参考。

### 参考文献:

- [1] ALMEIDA F F L, LEAL M C, FRANÇ A L R. Testis morphometry, duration of spermatogenesis, and spermatogenic efficiency in the wild boar (*Sus scrofa scrofa*) [J]. *Biol Reprod*, 2006, 75(5): 792-799.
- [2] VAN MELIS M H, ELER J P, ROSA G J M, et al. Additive genetic relationships between scrotal circumference, heifer pregnancy, and stayability in Nellore cattle [J]. *J Anim Sci*, 2010, 88 (12): 3809-3813.
- [3] MUKASA-MUGERWA E, EZAZ Z. Relationship of testicular growth and size to age, body weight and onset of puberty in Menz ram lambs [J]. *Theriogenology*, 1992, 38 (5): 979-988.
- [4] HUANG Y T, JOHNSON R K. Effect of selection for size of testes in boars on *Semen* and testis traits [J]. *J Anim Sci*, 1996, 74 (4): 750-760.
- [5] 孙武, 马世科, 孙永刚, 等. 睾丸发育过程概述及生殖生物学研究意义 [J]. *青海畜牧兽医杂志*, 2022, 52 (3): 40-43.
- [6] POWLEY J. Good fertility starts with good testes development [J]. *World Poultry*, 2008, 24 (9): 16-17.
- [7] 吴盈萍, 丁雅文, 李海英, 等. 高、低精子活力伊犁鹅精液品质、繁殖性能及睾丸发育的比较研究 [J]. *中国畜牧杂志*, 2022, 58 (12): 189-192.
- [8] 薛敏开, 宋卫涛, 朱春红, 等. “苏邮 1 号”成年公鸭睾丸发育与精液品质的相关性分析 [J]. *中国家禽*, 2017, 39 (14): 68-70.
- [9] 何宗亮, 郗正林, 张振岚, 等. 连城白鸭睾丸生长发育规律的初步研究 [J]. *水禽世界*, 2014 (3): 38-40.
- [10] 姚远, 匡伟, 郗正林, 等. 连城白鸭睾丸胚后生长发育的初步研究 [J]. *中国家禽*, 2018, 40 (2): 50-54.
- [11] 金龙金, 张军明, 董杰影. 醋酸铅对雄性小鼠生殖功能的毒性作用 [J]. *生殖医学杂志*, 2003, 12 (5): 288-291.
- [12] 杨志林, 柯志聪, 李守林, 等. 中国 0~14 岁男童睾丸体积的超声测量研究 [J]. *中华男科学杂志*, 2020, 26 (12): 1083-1086.
- [13] 沈元新, 童莲芳. 绍兴麻鸭睾丸发育形态学的研究 [J]. *浙江农业大学学报*, 1991, 17 (3): 283-289.
- [14] 陈荣, 雷明明, 何宗亮, 等. 樱桃谷种公鸭睾丸发育和生殖轴基因表达 [J]. *江苏农业学报*, 2021, 37 (2): 405-411.
- [15] 袁菲, 孙杰. 胎儿型睾丸间质细胞的发育研究进展 [J]. *中华小儿外科杂志*, 2023, 44 (2): 178-182.
- [16] BHATTACHARYA I, DEY S. Emerging concepts on Leydig cell development in fetal and adult testis [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 13: 1086276.
- [17] CHU X Y, JAVED A, ASHRAF M F, et al. Primary culture and endocrine functional analysis of Leydig cells in ducks (*Anas platyrhynchos*) [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1195618.
- [18] 赵健, 桂士良, 崔腾腾, 等. 睾酮的生理作用及临床应用进展 [J]. *中国性科学*, 2020 (1): 20-24.
- [19] 小川博, 桑山岳人. 珍珠鸡成长期间的精子形成阶段及血中睾酮的变化 [J]. *国外特种经济动植物*, 1990 (4): 27-29.
- [20] BABACANOĞLU ÇAKIR E. *In ovo* injection of testosterone to yolk sac modulates early post hatching development and physiology of male chick in broilers [J]. *Poult Sci*, 2024, 103 (3): 103389.