

郑智伟, 曹立明, 郭伟, 等. 不同因素对公猪精液品质和母猪繁殖性能的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (4): 16-23.

ZHENG Z W, CAO L M, GUO W, et al. Factors affecting semen quality of boars and reproductive performance of sows [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (4): 16-23.

不同因素对公猪精液品质和母猪繁殖性能的影响

郑智伟¹, 曹立明², 郭伟², 闫之春^{2*}

(1. 德州市现代生猪养殖技术创新中心, 山东 德州 253000;

2. 山东新希望六和集团有限公司养猪研究院, 山东 青岛 266000)

摘要: 为了探究不同因素对公猪精液品质和母猪繁殖性能的影响, 选取广西某种公猪站 62 头加系杜洛克公猪、74 头长白公猪、221 头大白公猪以及 288 头杜洛克母猪、247 头长白母猪、1 951 头大白母猪为试验群体, 通过混合线性模型与方差分析探究品种、采精月份、采精月龄和采精间隔等因素对采精量、精液密度、精子活力、有效精子数的影响, 并分析情期有效精子输入量、精子活力、配种季节、品种、母猪胎次对母猪受胎率、窝产总仔数的影响。结果: 大白公猪采精量和有效精子数均高于长白公猪与杜洛克公猪 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$), 杜洛克公猪精液密度显著高于长白公猪与大白公猪 ($P<0.05$); 春季精液密度最高, 夏季有效精子数最少, 秋冬季采精量和有效精子数最高 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$); 公猪月龄越小采精量越低且有效精子数越少 ($P<0.01$); 3 个品种公猪采精量及精液密度和精子活力随采精间隔的延长均总体呈升高趋势, 采精间隔为 5 d 时综合性能最佳。情期内有效精子输入量指标显著影响杜洛克母猪的受胎率和窝产总仔数 ($P<0.05$), 精子活力指标显著影响杜洛克、长白、大白母猪受胎率、窝产总仔数和窝产活仔数 ($P<0.05$), 但情期内有效精子输入量的增加不会增加长白母猪与大白母猪的窝产总仔数 ($P>0.05$)。综上, 品种、采精月份、采精月龄和采精间隔均会影响公猪精液质量, 提高情期内有效精子输入量可提高杜洛克母猪受胎率和窝产总仔数, 提升精子活力可提升杜洛克、大白和长白母猪受胎率与窝产总仔数。

关键词: 公猪; 精液质量; 母猪; 分娩率; 产仔数

中图分类号: S828 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-5130(2024)04-0016-08

Factors affecting semen quality of boars and reproductive performance of sows

ZHENG Zhiwei¹, CAO Liming², GUO Wei², YAN Zhichun^{2*}

(1. Dezhou Modern Pig Breeding Technology Innovation Center, Dezhou 253000, China;

2. Institute of Production Technology, Pig Research Institute, New Hope Liuhe Co., Ltd., Qingdao 266000, China)

Abstract: In order to explore the effects of different factors on the semen quality of boars and the reproductive performance of sows, 62 Duroc boars, 74 Landrace boars, 221 Large White boars, 288 Duroc sows, 247 Landrace sows, and 1 951 Large White sows were selected from a boar breeding station in Guangxi as the experimental population. The effects of breed, semen collection month, semen collection age, and semen collection interval on semen volume, semen density, sperm motility, and effective sperm count were determined by mixed linear models and analysis of variance. The effects of the effective sperm input during estrus, sperm motility, mating season, breed, and parity on the conception rate and total litter size of sows were also analyzed. The results were as follow: The semen volume and effective sperm count of Large White boars were higher than those of Landrace and Duroc boars ($P<0.05$ or $P<0.01$), and the semen density of Duroc boars was significantly higher than that of Landrace and Large White boars ($P<0.05$). In terms of time, the semen density was highest in spring and the effective sperm count was lowest in summer, while the semen volume and effective sperm count were highest in autumn and winter ($P<0.05$ or $P<0.01$). In terms of age, the younger the age of the boar, the lower the semen volume and the fewer the effective sperm count collected ($P<0.01$). In terms of interval, the semen volume, semen density, and sperm motility of boars from all three breeds showed an overall increasing trend with longer semen collection intervals, with the best comprehensive performance at a semen collection interval of 5 days. The effective sperm input during estrus significantly affected the conception rate and total litter size of Duroc sows ($P<0.05$), while sperm motility significantly affected the conception rate, total litter size, and live litter size of Duroc, Landrace, and Large White sows ($P<0.05$). However, increasing the effective sperm input during estrus did not increase the total litter size of Landrace and Large White sows ($P>0.05$). In summary, breed, semen collection month, semen collection age, and semen collection interval all affected the quality of boar semen. Increas-

收稿日期: 2023-03-20; 修回日期: 2024-01-23

第一作者: 郑智伟, 男, 硕士

* 通信作者: 闫之春, 博士, 主要从事现代养猪生产与综合企业管理方面的工作, E-mail: zhichunyan@vip.tom.

ing the effective sperm input during estrus only improved the conception rate and total litter size of Duroc sows, while improving sperm motility raise the conception rate and total litter size of Duroc, Large White, and Landrace sows.

Keywords: boar; semen quality; sow; delivery rate; litter size

人工授精技术的应用在减少了公猪存栏量的同时也增加了猪场对优秀公猪的需求, 以及人们对公猪精液品质的关注。公猪精液品质是衡量种公猪种用价值的关键, 其评价指标包括采精量、精子活力、精子畸形率、精液密度及总精子数等, 其受遗传因素和非遗传因素的共同影响。精液品质属于中等遗传力性状^[1], 同时, 营养^[2]、公猪年龄^[3-4]、采精间隔^[5]和环境^[6]等非遗传因素也会影响公猪精液质量。公猪的精液质量取决于诸多因素, 由于其对养猪生产的重要性, 对公猪精液质量的研究已在多个品种及其影响因素中进行, 但关于在温度相对恒定的现代化的猪舍里公猪精液品质参数变异程度报道较少。此外, 具备不同有效精子数和精子活力的精液给母猪输精后, 对母猪繁殖性能的影响大数据集分析也鲜有报道。鉴于此, 本研究以加系杜洛克、长白和大白公猪以及与配的不同品种的母猪为研究对象, 分析品种、采精月份、采精公猪月龄和采精间隔等因素对3种公猪采精量、精液密度、精子活力、总精子数等精液质量的影响, 以及情期有效精子输入量、精子活力、配种季节和与配母猪胎次对3种母猪受胎率和产仔数的影响, 以期为提高公猪的管理水平和精液使用效率及母猪生产成绩提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

研究所用精液数据来自新希望六和在广西的某核心公猪站, 时间从2022年1月至2023年1月, 收集了杜洛克公猪(62头)、长白公猪(74头)和大白公猪(221头)共计357头种公猪4408条精液测定记录(剔除记录中有明显错误和异常的数据)。公猪统一采用单栏饲养, 每日饲喂2次, 每次饲喂1.5 kg公猪日粮, 每日光照时长为14 h。

研究所用母猪生产数据来自新希望在广西的某核心育种场, 时间从2022年1月至2022年10月, 收集了上述357头公猪配种且分娩断奶2486头断奶母猪的3632条配种分娩记录(剔除配种混精的母猪数据以及妊娠期间死亡的生产数据), 其中杜洛克母猪(288头), 长白母猪(247头), 大白母猪(1951头)。母猪采用纯繁模式, 每头母猪每个情期内配种精液来自相同品种的同头公猪。

1.2 公猪精液品质参数和母猪繁殖性能指标

采精方法^[2]: 员工戴采精手套使用手握法采集

公猪精液样本, 并通过2层精液滤纸从精液中滤出凝胶状部分, 电子天平称量精液重量, 按照1 g精液等于1 mL的换算公式来测量精液体积。通过计算机辅助精液分析系统 Magapor Gesipor 3.0 CASA 检测精液密度、精子活力、精子畸形率和有效精子数。有效精子数=精液体积×精液密度×精子活力×(1-精子畸形率)。记录配种母猪品种, 配种胎次, 发情日期, 发情持续时间(首次出现静立反射到最后一次出现静立反射的时间间隔), 计算配种受胎率(流产与配种后35 d时确定妊娠母猪占配种数的比例), 配种分娩率(实际分娩头数占配种母猪总数的比例)以及每头母猪产仔信息, 并将出生体重低于0.8 kg的仔猪定义为弱仔。

1.3 原始数据处理

对精液原始数据进行处理: 取7~33月龄公猪; 剔除采精次数<5的公猪样本; 剔除精子活力<20%、采精量<50 mL、精液密度<0.3×10⁸个/mL、采精间隔为0 d或者大于30 d的精液测定记录。共剔除160条精液测定记录, 获得杜洛克公猪62头695条精液测定记录、长白公猪74头830条精液测定记录和大白公猪221头2883条精液测定记录。

对母猪配种数据进行处理: 剔除非同品种配种和情期内配种精液来自2头及以上公猪的配种记录以及妊娠期间死亡的生产数据。共剔除147条配种记录, 纳入数据中包括杜洛克母猪288头384条配种分娩记录、长白母猪247头321条配种分娩记录和大白母猪1951头2927条配种分娩记录。

1.4 效应划分

首先使用Python语言(<https://www.python.org/>)剔除每个效应条件下各精液性状记录数量较少的测定记录, 剩余的数据根据采精公猪品种(Breed)划分为3个水平, 分别为: 长白猪、大白猪、杜洛克猪。根据精液采集季节(Season)划分为4个水平, 分别为: 春季(3—5月), 夏季(6—8月), 秋季(9—11月)和冬季(12—次年2月)。根据精液采集时公猪生长月龄(Age)划分为4个水平, 分别为: 7~12、13~18、19~24和25~33月龄。根据相邻精液采集时间间隔(Interval)划分为8个水平, 分别为: 1、2、3、4、5、6、7和>7 d。

1.5 统计分析模型

1.5.1 混合线性分析模型

采用 Excel 对数据进行初步整理，剔除异常数据后通过 Python 里的 Statsmodels 科学计算包的 Anova 函数进行多因素方差分析，对影响精液性状的各固定效应进行显著性检验，结果以“平均值±标准差”表示， $P < 0.05$ 表示差异显著。其分析模型如下：

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{Breed}_i + \text{Season}_j + \text{Interval}_k + \text{Age}_l + e_{ijklm},$$

式中： Y_{ijklm} 为第 i 个公猪品种 (Breed)， j 个采精季节 (Season)， k 类型采精间隔 (Interval)， l 月龄 (Age) 的第 m 头公猪的精液品质参数值， μ 是群体均值， e_{ijklm} 为随机残差效应。

1.5.2 母猪产仔数固定效应与随机效应分析模型

对影响每个品种母猪产仔数据的各固定效应与随机效应进行显著性检验。其分析模型如下：

$$Y_{ijklmn} = \mu + \text{Season}_i + \text{Parity}_j + \text{Sperm_Service}_k + \text{Motility}_l + \text{Semen_Volume}_m + e_{ijklmn},$$

式中： Y_{ijklmn} 为第 i 个配种季节 (Season)，第 j 个配种胎次 (Parity)， k 有效精子输入量 (Sperm_Service)， l 精子活力 (Motility)， m 输精量 (Semen_Volume) 的第 n 头母猪的产仔数， μ 是群体均值， e_{ijklmn} 为随机残差效应。

1.5.3 母猪配种分娩率固定效应与随机效应分析模型

对影响每个品种母猪配种分娩率的各固定效应与随机效应进行显著性检验。其分析模型如下：

$$Y_{ijklmn} = \text{Logistic} (\mu + \text{Season}_i + \text{Parity}_j + \text{Sperm_Service}_k + \text{Motility}_l + \text{Semen_Volume}_m + e_{ijklmn}),$$

式中： Y_{ijklmn} 为第 i 个配种季节 (Season)，第 j 个配种胎次 (Parity)， k 有效精子输入量 (Sperm_Service)， l 精子活力 (Motility)， m 输精量 (Semen_Volume) 的第 n 头母猪的分娩结果，若分娩编码为 1，未成功分娩编码为 0， μ 是群体均值， e_{ijklmn} 为随机残差效应。

2 结果

2.1 品种对精液品质参数的影响

由表 1 可知，大白猪采精量显著高于长白猪 ($P < 0.05$)，极显著高于杜洛克猪 ($P < 0.01$)；杜洛克猪精液密度显著高于大白猪和长白猪 ($P < 0.05$)；杜洛克猪和长白猪精子活力显著高于大白猪 ($P < 0.05$)；大白猪有效精子数显著高于长白猪和杜洛克猪 ($P < 0.05$)；不同品种公猪的精子畸形率没有显著差异 ($P > 0.05$)。

表 1 品种对精液质量参数的影响

精液参数	大白猪	杜洛克猪	长白猪
采精量/mL	253.58±103.06 ^{Aa}	182.84±59.95 ^{Cc}	233.89±80.29 ^{ABb}
精液密度/(10 ⁸ ·mL ⁻¹)	3.41±1.44 ^b	4.03±1.56 ^a	3.42±1.43 ^b
精子活力/%	81.97±9.63 ^b	84.02±7.13 ^a	83.64±6.26 ^a
精子畸形率/%	9.30±3.35	9.32±3.86	9.06±2.65
有效精子数/10 ⁸ 个	615.77±281.15 ^a	560.03±257.97 ^b	580.55±237.86 ^b

注：肩标无字母或小写字母相同表示差异不显著 ($P > 0.05$)，不同表示差异显著 ($P < 0.05$)；大写字母不同表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下同。

2.2 不同采精季节、采精月龄、采精间隔对精液品质参数的影响

采精季节对精液质量的影响见表 2，秋季采精量显著高于春季、秋季、冬季；秋季、冬季的精子活力极显著高于春季、夏季 ($P < 0.01$)；春季精液密度显著高于其他季节 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)；冬季精子畸形率极显著低于其他季节 ($P < 0.01$)；夏季有效精子数极显著低于其他季节 ($P < 0.01$)。

由表 3 可知，公猪 25~33 月龄时采精量显著高

于其他月龄 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)；精液密度在公猪 19~24 月龄时显著高于 7~12 月龄 ($P < 0.05$)；精子活力在公猪 13~18 月龄时显著高于公猪 19~24 月龄 ($P < 0.05$) 并极显著高于 7~12 月龄 ($P < 0.01$)；有效精子数在公猪 19~24 月龄和 25~33 月龄时显著高于公猪 7~12 月龄和 13~18 月龄 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)；精子畸形率在公猪 7~12 月龄时显著低于公猪 13~18 月龄和 19~24 月龄 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。

表 2 采精季节对精液质量的影响

精液参数	春	夏	秋	冬
采精量/mL	236.57±93.17 ^{Ab}	220.69±94.82 ^{Bc}	251.83±103.97 ^{Aa}	241.17±88.68 ^{Ab}
精液密度/(10 ⁸ ·mL ⁻¹)	3.87±1.51 ^{Aa}	3.62±1.53 ^{ABb}	3.31±1.48 ^{Bb}	3.48±1.36 ^{ABb}
精子活力/%	79.59±4.35 ^{Bb}	79.17±6.55 ^{Bb}	84.57±10.88 ^{Aa}	84.09±7.80 ^{Aa}
精子畸形率/%	10.06±0.97 ^{Aa}	10.15±3.11 ^{Aa}	9.29±2.29 ^{Aa}	7.78±4.56 ^{Bb}
有效精子数/10 ⁸ 个	616.26±245.64 ^{Aa}	542.71±254.14 ^{Bb}	607.15±291.53 ^{Aa}	623.06±264.57 ^{Aa}

表 3 采精月龄对精液品质的影响

精液参数	7~12月龄	13~18月龄	19~24月龄	25~33月龄
采精量/mL	200.09±73.04 ^{Cd}	268.04±91.90 ^{Bc}	306.17±110.10 ^{Ab}	324.31±114.44 ^{Aa}
精液密度/(10 ⁸ ·mL ⁻¹)	3.45±1.50 ^b	3.57±1.46 ^{ab}	3.65±1.45 ^a	3.39±1.22 ^{ab}
精子活力/%	81.67±10.04 ^{Cc}	84.19±7.59 ^{Aa}	82.52±4.48 ^{Bb}	83.47±6.05 ^{Aa}
精子畸形率/%	8.55±3.98 ^{Bc}	9.67±2.64 ^{ABb}	10.00±0.56 ^{Aa}	10.00±0.00 ^{Aa}
有效精子数/10 ⁸ 个	500.48±234.88 ^{Cc}	677.77±255.72 ^{Bb}	766.21±269.87 ^{Aa}	778.97±271.50 ^{Aa}

由表 4 可知,采精量在采精间隔 4 d、5 d 时显著或极显著高于其他采精间隔 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$); 精液密度在采精间隔 >7 d 时显著高于采精间隔 2~7 d ($P<0.05$) 并极显著高于采精间隔 1 d ($P<0.01$); 精子活力在采精间隔 4~5 d 时显著高于采精间隔 2~3 d、6~7 d ($P<0.05$) 并极显著高于采精间隔 1 d

以及 >7 d ($P<0.01$); 精子畸形率在采精间隔 7 d 时极显著低于其他采精间隔 ($P<0.01$); 有效精子数在采精间隔 4~5 d 和 >7 d 时显著高于采精间隔 3 d、6~7 d ($P<0.05$) 并极显著高于采精间隔 1~2 d ($P<0.01$)。

表 4 采精间隔对公猪精液品质的影响

采精间隔/d	采精量/mL	精液密度/(10 ⁸ ·mL ⁻¹)	精子活力/%	精子畸形率/%	有效精子数/10 ⁸ 个
1	176.73±63.96 ^{BCd}	2.82±1.45 ^{Bc}	80.82±2.68 ^{Bc}	9.49±1.51 ^{Bc}	364.15±215.20 ^{Bc}
2	200.34±82.19 ^{Bc}	3.12±1.38 ^{ABb}	81.96±3.96 ^{ABb}	9.82±1.11 ^{Aa}	472.11±208.6 ^{Bc}
3	230.62±89.28 ^{Bb}	3.13±1.42 ^{ABb}	81.21±9.42 ^{ABb}	9.94±1.56 ^{Aa}	517.03±231.34 ^{ABb}
4	268.94±113.03 ^{Aa}	3.17±1.3 ^{ABb}	85.28±9.18 ^{Aa}	9.83±1.31 ^{Aa}	601.77±244.39 ^{Aa}
5	262.58±103.48 ^{Aa}	3.28±1.33 ^{ABb}	85.93±7.39 ^{Aa}	9.71±3.97 ^{ABb}	644.09±300.67 ^{Aa}
6	233.72±90.62 ^{Bb}	3.24±1.37 ^{ABb}	82.67±10.89 ^{ABb}	9.92±6.15 ^{Aa}	546.96±256.71 ^{ABb}
7	222.14±81.53 ^{Bb}	3.21±1.25 ^{ABb}	83.99±8.81 ^{ABb}	7.16±3.55 ^{Cc}	539.55±246.31 ^{ABb}
>7	240.48±97.85 ^{Ab}	3.95±1.58 ^{Aa}	80.55±6.99 ^{Bc}	9.69±1.76 ^{ABb}	647.02±275.21 ^{Aa}

2.3 不同有效精子输入量与精子活力对母猪繁殖性能的影响

由表 5 和表 6 可知,情期有效精子输入量与精子活力显著影响杜洛克母猪的受胎率、窝产总仔数与窝产活仔数 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$), 其受胎率、窝产总

仔数和窝产活仔数随情期内有效精子输入量或精子活力增加而增加。长白母猪与大白母猪的受胎率和窝产总仔数并未随着情期有效精子输入量的增加而显著增加,但精子活力的增加可显著提升这两种母猪的受胎率与窝产总仔数 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。

表 5 情期有效精子输入量对不同品种母猪繁殖性能的影响

品种	观测指标	情期有效精子输入量/亿			
		25~50	>50~75	>75~100	>100~125
杜洛克	数据条数	47	65	138	134
	受胎率/%	78.25 ^{Bc}	78.57 ^{Bc}	88.46 ^{ABb}	94.59 ^{Aa}
	窝产总仔数	6.33±1.37 ^{Bb}	9.37±2.64 ^{Aa}	9.43±2.86 ^{Aa}	9.47±2.45 ^{Aa}
	窝产活仔数	5.83±1.17 ^{Bb}	8.68±2.49 ^{Aa}	8.68±2.77 ^{Aa}	8.65±2.39 ^{Aa}
长白	数据条数	42	98	94	87
	受胎率/%	85.71	92.05	89.72	90.79
	窝产总仔数	12.57±2.30	13.86±3.6	13.03±3.0	13.26±2.95
	窝产活仔数	11.71±2.69	12.89±3.27	12.19±2.82	12.00±2.81
大白	数据条数	457	516	982	972
	受胎率/%	90	93.51	95.34	95.27
	窝产总仔数	13.77±3.21	13.85±2.97	13.48±3.20	13.43±3.17
	窝产活仔数	12.80±2.76	12.72±2.98	12.40±3.08	12.32±3.14

表 6 精子活力对不同品种母猪繁殖性能的影响

品种	观测指标	精子活力			
		80%~85%	>85%~90%	>90%~95%	>95%~100%
杜洛克	数据条数	118	138	76	52
	受胎率/%	80 ^{Bc}	85.39 ^{ABb}	87.53 ^{ABab}	90.34 ^{Aa}
	窝产总仔数	9.52±2.79 ^b	10.00±2.76 ^a	10.17±2.40 ^a	10.24±2.39 ^a
	窝产活仔数	8.69±2.80 ^b	10.00±2.78 ^a	9.48±2.02 ^a	10.00±2.32 ^a
长白	数据条数	108	135	49	29
	受胎率/%	86.26 ^b	88.04 ^b	91.33 ^a	92.67 ^a
	窝产总仔数	13.28±2.96 ^b	13.32±3.03 ^b	13.43±3.55 ^a	13.45±3.42 ^a
	窝产活仔数	12.18±2.86 ^b	12.22±3.07 ^b	12.34±3.13 ^a	12.37±3.40 ^a
大白	数据条数	968	1167	523	269
	受胎率/%	88.75 ^{Bc}	91.38 ^{ABb}	93.89 ^{Aa}	94.82 ^{Aa}
	窝产总仔数	12.82±4.24 ^{Bc}	13.52±3.14 ^{ABb}	13.80±3.22 ^{Aa}	13.76±3.32 ^{Aa}
	窝产活仔数	11.82±4.05 ^{Bb}	12.44±3.04 ^{Aa}	12.48±3.20 ^{Aa}	12.58±3.32 ^{Aa}

2.5 不同配种季节对不同品种母猪繁殖性能的影响

由表 7 所示, 季节因素显著影响杜洛克、大白、长白母猪的受胎率 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$), 杜洛克和大白母猪秋季受胎率最低, 长白母猪夏季受胎率最低。此外季节显著影响杜洛克、长白母猪和大白母猪

的窝产活仔数 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$), 大白母猪秋季窝产活仔数最低, 杜洛克母猪和长白母猪夏季窝产活仔数最低, 3 个品种母猪在冬季窝产活仔数最高 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。

表 7 配种季节对不同品种母猪繁殖性能的影响

品种	配种记录条数	受胎率/%				窝产活仔数/头			
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
杜洛克	384	86.90 ^{ABb}	82.19 ^{ABb}	78.64 ^{Bc}	92.50 ^{Aa}	8.68±2.70 ^b	8.33±2.77 ^c	9.07±2.26 ^b	9.81±2.30 ^a
长白	321	92.78 ^a	83.58 ^b	86.92 ^b	92.00 ^a	12.20±3.09 ^{Aa}	11.52±2.55 ^{Bb}	12.60±2.91 ^{Aa}	12.74±2.68 ^{Aa}
大白	2 927	95.81 ^a	93.77 ^a	89.32 ^b	93.79 ^a	12.31±3.08 ^{ABb}	12.46±2.88 ^{ABb}	12.14±3.34 ^{Bc}	13.09±2.99 ^{Aa}

2.6 分娩胎次对不同品种母猪繁殖性能的影响

由表8可知,分娩胎次显著影响杜洛克、大白、长白母猪的窝产总仔数、窝产活仔数以及窝产弱仔数($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。大白母猪3胎时窝产活仔数最高,随分娩胎次增加窝产活仔数呈下降趋势。杜洛克母猪在4胎时窝产活仔数最高,随后持续降低。长

白母猪窝产总仔数在2胎时最高,3~4胎时降低,5~7胎次时窝产总仔数又达到13头以上。随着分娩胎次增加,杜洛克、长白、大白母猪的窝产弱仔数呈现增加的趋势,杜洛克母猪在5胎时窝产弱仔数最高,长白母猪在7胎是窝产弱仔数最高,大白母猪在6胎时窝产弱仔数最高。

表8 分娩胎次对不同品种母猪繁殖性能的影响

品种	产仔数/窝	分娩胎次						
		1	2	3	4	5	6	7
杜洛克	总仔数	9.78±2.55 ^{ABb}	8.89±2.3 ^{Bc}	9.23±3.79 ^{ABb}	10.57±2.69 ^{Aa}	10.36±3.64 ^{Aa}	10.27±2.1 ^{Aa}	9.00±2.83 ^{Bc}
	活仔数	8.85±2.68 ^{ABb}	8.48±2.07 ^{ABb}	8.77±3.54 ^{ABb}	9.78±2.39 ^{Aa}	8.91±3.30 ^{ABb}	8.45±1.63 ^{ABb}	7.14±3.48 ^{Bc}
	弱仔数	0.14±0.41 ^{Bc}	0.16±0.44 ^{Bc}	0.17±0.66 ^{Bc}	0.33±0.39 ^{Aa}	0.36±0.72 ^{Aa}	0.27±0.65 ^{ABb}	0.29±0.76 ^{ABb}
长白	总仔数	13.55±2.82 ^{Aa}	13.65±3.18 ^{Aa}	13.25±3.83 ^{Aa}	12.12±2.68 ^{Bc}	13.46±2.08 ^{Aa}	13.15±3.41 ^{ABb}	13.27±3.28 ^{ABb}
	活仔数	12.53±2.56 ^{Aa}	12.74±2.64 ^{Aa}	11.93±3.76 ^{ABb}	11.39±2.51 ^{Bc}	12.12±1.95 ^{ABb}	11.40±4.15 ^{Bc}	12.13±2.90 ^{ABb}
	弱仔数	0.31±0.91 ^{Bc}	0.37±0.80 ^{Bc}	0.30±0.89 ^{Bc}	0.35±0.68 ^{Bc}	0.73±0.75 ^{ABb}	0.75±0.97 ^{ABb}	1.00±0.98 ^{Aa}
大白	总仔数	13.31±3.06 ^{Bc}	13.22±3.13 ^{Bc}	14.09±2.87 ^{Aa}	14.15±3.22 ^{Aa}	13.79±3.45 ^{ABb}	13.72±3.50 ^{ABb}	13.26±3.16 ^{Bc}
	活仔数	12.16±2.94 ^{ABb}	12.34±3.23 ^{ABb}	13.05±2.77 ^{Aa}	13.00±2.93 ^{Aa}	12.57±3.49 ^{ABb}	12.24±3.16 ^{ABb}	11.93±3.01 ^{Bc}
	弱仔数	0.36±0.92 ^{Bd}	0.42±0.89 ^{ABbc}	0.44±0.79 ^{ABbc}	0.57±0.84 ^{ABb}	0.56±0.92 ^{ABb}	0.66±0.91 ^{Aa}	0.50±0.89 ^{ABb}

3 讨论

3.1 影响公猪精液品质参数的因素

精液品质参数是评价精液质量的客观指标,公猪品种、采精季节、采精月龄、采精间隔影响精液品质参数。首先,不同品种公猪具有不同的精液品质参数,没有一个品种的所有精液品质参数都优于其他品种,如长白公猪和大白公猪采精量高于杜洛克公猪,而精液密度低于杜洛克公猪,尽管杜洛克公猪精液密度有优势,但有效精子数最低,本研究结果与Knetchd等^[7]、张笑科等^[8]研究结果相似。不同品种精子活力有差异可能是由于不同品种公猪精子尺寸、细胞膜中脂肪酸的组成、获能能力存在差异。例如大白猪和杜洛克猪精子形状和尺寸上存在差异^[9],在头部宽度方面,杜洛克公猪(2.96 μm)与长白公猪(2.94 μm)精子显著高于大白公猪(2.87 μm),长白公猪总长度和尾巴长度显著低于杜洛克和大白猪,且长白公猪头部宽度与头部长度比值高于其他两种公猪。头部大小和形态的微小差异以及尾巴占精子长度比例会导致精子流体动力学以及运动能力的巨大差异^[10]。因此,在生产过程中应关注长白公猪精液。另外,精液密度与精液体积呈现负相关关系,精液密度与精子畸形率呈现正相关关系^[11],当精液密度较高时,应关注精子畸形率指标,参考该指标合理指定精液稀释倍数,避免单包精液中畸形精子比例过高而影响配种成绩。

季节因素对公猪精液生产力的影响是现代养殖业面临的一个挑战^[12],本研究发现秋季公猪精液体积最高,但是精液密度却是一年中最低,在秋冬期间公猪更多的射精量与副性腺活动的增加有关^[13],此外秋、冬季的精子活力参数显著高于春、夏季,夏季有效精子数全年最低,高温季节猪舍内采用负压纵向通风,整个舍内温度分布不均匀,公猪精子的发生对温度变化敏感^[14],温度会影响精子DNA的状态,尤其在高温季节,精子发生易受热应激影响导致精子活力、正常形态比例、精液浓度和体积及整体生育力下降^[15-16],因此高温季节采取有效降温措施能提高公猪生产力。

月龄是公猪是否淘汰的重要依据。本研究结果发现,公猪在7~33月龄阶段,随着公猪月龄增加公猪的某几项精液品质参数稳步提升,表现在精液体积、有效精子数,而精子活力、精液密度随月龄变化波动不明显。这可能与公猪睾丸和腺体功能更加成熟有关^[17]。本研究发现精子畸形率随月龄增加而增加,可能和前列腺与附睾障碍有关^[5]。排出负面因素干扰可发现,19~24月龄公猪具有最佳生产性能,其具有最高的有效精子数,这与他人^[8,18]的结果一致;虽然25~33月龄的公猪精液密度开始降低,但由于其采精量高于青年公猪,因此精液中有效精子数仍很高,这是由于睾丸发育、睾酮和激素水平依赖公猪月龄变化^[19]。睾丸较大的公猪产生的精液体积和总精

子数会更多, 睾丸的重量和公猪体重呈正相关性^[20], 因此在生产中可适当延长公猪使用时间到 33 个月。

采精间隔是人为控制影响精液品质的重要因素, 本研究发现, 公猪在采精间隔 4~5 d 时具有较优的精液品质。采精间隔过短会显著降低精液体积、精液密度、精子活力以及有效精子数。精子的形成从精原细胞到精子需要 42 d 左右^[21], 长时间频繁采精会使得精子发育不全或异常, 运动能力减退。若采精间隔超过 7 d, 尽管下次采精的精液体积与精液密度会增加, 但是精子活力会显著降低, 精子长时间储存会导致精子活力降低及畸形率升高。这可能是因为精子在附睾中长期储存损害了精子形态^[1]。因此采精间隔控制在 4~5 d 最佳。

3.2 精液品质等效应对母猪繁殖性能的影响

受胎率是衡量母猪繁殖性能的重要指标, 母猪配种结果与精液品质、母猪自身状况密切相关^[22]。不同品种受胎率由高到低依此为大白、长白、杜洛克, 与徐桢等^[23]、吴先华等^[24]的研究结果一致。本研究发现, 精子活力作为一项重要的精液品质度量指标, 显著影响母猪受胎率以及窝产总仔数和窝产活仔数, 这与已有报道的结论相一致^[25-26]。此外本研究还发现, 母猪每个情期的有效精子输入量并不是越高越好, 杜洛克母猪的受胎率与窝产总仔数与母猪情期内有效精子输精量正相关, 但过高的输精量并不能提升长白母猪和大白母猪的受胎率和窝产总仔数, 甚至出现了受胎率和窝产总仔数先增后降的趋势, 陈亚静等^[26]的研究结果也出现同样现象, 较单次配种采用总有效精子数 12 亿常温精液输精, 单次有效精子数 20 亿的情期受胎率与分娩率最佳, 但总产仔数最低。输入有效精子数过多并不有利于受胎率、产仔数的提升, 这可能与母猪情期内排卵数相对固定、子宫容积有限等原因有关。

3.3 环境效应对母猪繁殖性能的影响

本研究发现春、冬、夏、秋季母猪受胎率依次降低。配种季节对母猪繁殖性能的影响主要是因为不同配种季节的环境温度、湿度和光照强度等影响母猪的生理状态和激素水平, 进而影响母猪的繁殖性能。现代化猪舍内照明摆脱了季节影响, 但季节造成养殖环境温度的差异难以避免。高温环境会引起母猪内分泌失调, 卵泡发育迟缓, 导致卵泡中孕酮浓度的降低从而使母猪的受胎率降低^[27], 此外, 高温引起的母猪热应激状态会改变机体的物质能量代谢和胎儿的发育^[28]。本研究结果表明, 夏季配种母猪窝产总仔数显著低于冬季, 窝产弱仔数显著高于春季配种的母猪, 与陈映等^[29]的夏季配种母猪所产的仔猪初生均重和初生窝重均最低的结论一致。因此, 夏季猪舍的

有效降温应引起生产人员的足够重视。研究发现母猪胎次显著影响分娩率与产仔性能, 3 个品种母猪在 5 胎时达到最佳产仔性能, 随后下降, 在 2 胎时窝产总仔数会下降一些, 然后会再上升, 结果与国内外研究报道基本一致^[30-31]。建议在生产实践中, 重视 1 胎母猪断奶后的短期优饲工作, 通过该措施促进母猪体况恢复及发情排卵, 改善 2 胎窝产总仔数下降的问题。另外, 因为随着母猪年龄和胎次的不断增加母猪的繁殖性能也逐渐下降, 种猪场可酌情淘汰 6 胎以上母猪, 并及时补充后备母猪, 使猪群有最佳的胎龄结构。

综上, 本研究分析了公猪品种、采精月份、采精月龄和采精间隔对精液品质的影响。杜洛克母猪受胎率和产仔数与情期内有效精子输入量正相关。长白和大白母猪受胎率和窝产总仔数与精子活力显著相关, 与情期内有效精子输入量无关, 高精子活力的精液胜过高剂量的输精。此外母猪受胎率和窝产活仔数和配种季节有关。

参考文献:

- [1] KNECHT D, JANKOWSKA-MAKOSA A, DUZIŃSKI K. The effect of age, interval collection and season on selected semen parameters and prediction of AI boars productivity [J]. *Livestock Science*, 2017, 201: 13-21.
- [2] WANG C, LI J L, WEI H K, et al. Effects of feeding regimen on weight gain, semen characteristics, libido, and lameness in 170- to 250-kilogram Duroc boars [J]. *Journal of Animal Science*, 2016, 94 (11): 4666-4676.
- [3] CZUBASZEK M, ANDRASZEK K, BANASZEWSKA D. Influence of the age of the individual on the stability of boar sperm genetic material [J]. *Theriogenology*, 2019, 147 (3): 176-182.
- [4] 曹婷婷, 赵云翔, 曹俊新, 等. 采精月份及公猪月龄对不同品种公猪精液品质的影响 [J]. *猪业科学*, 2019 (4): 104-107.
- [5] SCHULZE M, BUDER S, RUDIGER K, et al. Influences on semen traits used for selection of young AI boars [J]. *Animal Reproduction Science*, 2014, 148 (3/4): 164-170.
- [6] 陈宗见, 陈远昆, 甘麦邻, 等. 品种和季节效应对公猪精液品质的影响 [J]. *猪业科学*, 2022 (2): 114-116.
- [7] KNECHT D, SRODOŃ S, DUZIŃSKI K. The influence of boar breed and season on semen parameters [J]. *South African Journal of Animal Science*, 2014, 44 (1): 1-9.
- [8] 张笑科, 廖伟莉, 李瑶, 等. 品种、季节、胎次、采精月龄及采精间隔对猪精液品质的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2022 (10): 3879-3890.
- [9] SARAVIA F, NÚÑEZ-MARTÍNEZ I, MORÁN J M, et al. Differences in boar sperm head shape and dimensions recorded by computer-assisted sperm morphometry are not related to chromatin integrity [J]. *Theriogenology*, 2007, 68 (2): 196-203.
- [10] 赵云翔, 方程, 朱琳, 等. 公猪精液品质和精子形态的品种差

- 异及随年龄变化的规律分析 [J]. 河南农业科学, 2019, 48 (11): 157-162
- [11] 杨锁州, 王文文, 王丹, 等. 不同品种公猪的精液品质及受精能力分析 [J]. 河南农业科学, 2023, 52 (4): 137-142.
- [12] MARTÍN-HIDALGO D, MACÍAS-GARCÍA B, GARCÍA-MARÍN L J, et al. Boar spermatozoa proteomic profile varies in sperm collected during the summer and winter [J]. *Animal Reproduction Science*, 2020, 219: 106513.
- [13] STRZEZEK J, FRASER L, DEMIANOWICZ W, et al. Effect of depletion tests (DT) on the composition of boar semen [J]. *Theriogenology*, 2000, 54 (6): 949-963.
- [14] 汤加勇, 李瑞婷, 赵华, 等. 热应激对雄性哺乳动物精液品质的影响机制及热应激公猪的营养调控 [J]. 中国畜牧杂志, 2021 (2): 34-40.
- [15] AUSEJO R, MARTÍNEZ J M, SOLER - LLORENS P, et al. Seasonal changes of nuclear DNA fragmentation in boar spermatozoa in Spain [J]. *Animals (Basel)*, 2021, 11 (2): 465.
- [16] PEÑA S T Jr, STONE F, GUMMOW B, et al. Susceptibility of boar spermatozoa to heat stress using *in vivo* and *in vitro* experimental models [J]. *Tropical Animal Health and Production*, 2021, 53 (1): 97.
- [17] KAWECKA M, PIETRUSZKA A, JACYNO E, et al. Quality of semen of young boars of the breeds Pietrain and Duroc and their reciprocal crosses [J]. *Archiv Fur Tierzucht*, 2008, 51 (1): 42-54.
- [18] 阳文攀, 曾学俊, 陈梦会, 等. 不同品种、月份、月龄及采精间隔对猪精液品质的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2021 (7): 2467-2474.
- [19] FRASER L, STRZEZEK J, FILIPOWICZ K, et al. Age and seasonal-dependent variations in the biochemical composition of boar semen [J]. *Theriogenology*, 2016, 86 (3): 806-816.
- [20] JACYNO E, KAWECKA M, PIETRUSZKA A, et al. Phenotypic correlations of testes size with semen traits and the productive traits of young boars [J]. *Reproduction in Domestic Animals*, 2015, 50 (6): 926-930.
- [21] 张良. 采取合理的采精频率是延长种公猪利用年限的主要措施 [J]. 草业与畜牧, 2010 (7): 36-37.
- [22] 余道伦, 左瑞华, 葛凯, 等. 高温应激对公猪精液品质及母猪受胎率影响研究 [J]. 九江学院学报 (自然科学版), 2014 (1): 64-66.
- [23] 徐楨, 吕敏勇, 卫恒习, 等. 品种、进群和配种季节、首配日龄对后备母猪繁殖性能的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2019 (11): 3332-3340.
- [24] 吴先华, 韩定角, 于俊勇, 等. 不同配种季节、品种对母猪繁殖性能的影响 [C]. 广西畜牧兽医学会养猪分会 2015 年年会, 南宁, 2015.
- [25] 尤如华, 杨祖云. 输精剂量和输精次数对母猪情期受胎率和产仔数的影响 [J]. 养猪, 2012 (3): 25-26.
- [26] 陈亚静, 付雪林, 刘望宏. 种猪常温精液不同密度对母猪受胎率与产仔数的影响 [J]. 农业与技术, 2020 (22): 136-138.
- [27] BERTOLDO M, HOLYOAKE P K, EVANS G, et al. Follicular progesterone levels decrease during the period of seasonal infertility in sows [J]. *Reproduction in Domestic Animals*, 2011, 46 (3): 489-494.
- [28] BERTOLDO M J, HOLYOAKE P K, EVANS G, et al. Seasonal effects on oocyte developmental competence in sows experiencing pregnancy loss [J]. *Animal Reproduction Science*, 2011, 124 (1/2): 104-111.
- [29] 陈映, 刘彬, 李强, 等. 不同配种季节对母猪及 F1 代母猪繁殖性能的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018 (24): 63-65.
- [30] 张蕾, 孙敬春, 肖锦红, 等. 胎次、年份和季节对大白母猪繁殖性能的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2021 (增刊): 57-59.
- [31] 黄名英, 周光荣, 傅安静, 等. 胎次、月份和妊娠期对长白、大约克和杜洛克母猪产仔数的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2006 (21): 51-53.