

# 母猪发情和产仔性能与环境温度变化相关性分析

李延森, 沈祥星, 李春梅\*

(南京农业大学动物科技学院, 南京 210095)

**摘要:** 旨在研究 2014 年江苏盐城某猪场全年母猪发情和产仔性能变化与该地区环境温度之间相关性。收集江苏盐城某猪场母猪 2014 年的返情率、7 d 发情率、胎均总仔数、胎均死胎数以及胎均断奶活仔数, 猪场所在地日最高温、日最低温、日最高温均值、日最低温均值、日最高温 $\geq 30$  °C 天数、日最低温 $\leq 10$  °C 天数, 并统计其在全年不同分娩月份平均值及其与环境温度参数之间的相关性。结果表明, 7 月份日最高温均值和日最低温均值, 达到峰值, 分别为 30.3 和 23.0 °C, 日最高温 $\geq 30$  °C 天数达到 19 d; 与全年平均值相比, 10 月份返情率最高( $P < 0.05$ ), 9 月份 7 d 发情率最低, 7 月份胎均总仔数和胎均断奶活仔数最低( $P < 0.05$ ), 7 月份胎均死胎数最高( $P < 0.05$ ); 日最高温均值和日最高温 $\geq 30$  °C 天数都分别与胎均总仔数和胎均断奶存活数呈显著负相关, 与胎均死胎数呈显著正相关, 并且日最高温均值与 7 d 发情率呈显著负相关。综上表明, 母猪发情和产仔性能降低主要发生在夏季, 这可能是由于夏季高温及其持续时间较长, 干扰了母猪生殖分泌以及受精卵和胚胎发育过程造成的。

**关键词:** 温度; 发情率; 返情率; 产仔数; 母猪

中图分类号: S828.9

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2016)06-1133-07

## Correlation Analysis between the Ambient Temperatures and Reproductive Performance of Sows

LI Yan-sen, SHEN Xiang-xing, LI Chun-mei\*

(College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** The present study was conducted to investigate the correlation between environmental temperatures and the parameters of reproductive performance for the entire year of 2014 in Yancheng City of Jiangsu Province. The performance of sows in a large-scale pig farm in Yancheng City of Jiangsu Province was analyzed including the litter size (LS), number of dead fetuses (NDF), number of weaning piglets (NWP), weaning-to-estrus rate within 7 d ( $WER_{7d}$ ), and return-to-estrus rate (RER). The environmental temperature parameters were recorded including the daily highest temperature (DHT), daily lowest temperature (DLT), average values of DHT per month (ADHT), average values of DLT per month (ADLT), total number of days with DHT greater than or equal to 30 °C per month ( $TNDHT_{30}$ ), total number of days with DLT less than or equal to 10 °C per month ( $TNDLT_{10}$ ). The results showed that, the  $TNDHT_{30}$ , ADHT and ADLT parameters all attained the peak values (19 d, 30.3 °C, and 23.0 °C, respectively) in July. Compared to the average levels for the whole year, the values were highest for the RER of October and the NDF of July ( $P < 0.05$ ). In addition, the parameters of the  $WER_{7d}$  of September, LS of July, and NWP of July were decreased to the lowest levels ( $P < 0.05$ ). The correlations between the ADHT and the TNB, NWP, NDF and  $WER_{7d}$  parameters were significant. Furthermore, there were significant correlations between the  $TNDHT_{30}$  and the LS, NWP and NDF parameters. In

收稿日期: 2015-12-23

基金项目: 国家自然科学基金(31272485); 中央高校基本科研业务费专项资金(KJQN201523)

作者简介: 李延森(1985-), 山东临沂人, 博士, 主要从事动物环境生理与营养研究, E-mail: liyansen@njau.edu.cn, Tel: 025-84395971

\* 通信作者: 李春梅, 教授, E-mail: chunmeili@njau.edu.cn

conclusion, the seasonal infertility rate might be attributable to the negative impact of the high ambient temperature and the increased exposure time on the reproductive endocrinology, oosperm growth, and the fetal development in sows during summer.

**Key words:** temperature; estrus rate; return-to-estrus rate; litter size; sow

在现代畜牧业生产中,气候因子(温度、光照、湿度等)仍然是影响畜禽生产的关键生态因子<sup>[1]</sup>。其中,温度直接决定畜禽所处环境是否舒适<sup>[2]</sup>。哺乳母猪最适环境温度为 18~22 °C,空怀孕前母猪为 13~19 °C,妊娠后期母猪最适环境温度为 16~20 °C<sup>[3]</sup>。妊娠早期母猪对高温较为敏感,当环境温度高于 23 °C 时,母猪发情配种成功率将减少<sup>[4]</sup>。当环境温度达到 30 °C 及其以上时,母猪体温增加,卵巢机能受到抑制,发情活动延迟<sup>[5]</sup>。另外,环境高温还可影响母猪受精卵着床、胚胎发育、分娩以及子代生长发育,导致胚胎成活率下降,产仔数减少,死胎增多<sup>[6]</sup>。

全球范围母猪季节性繁殖机能下降普遍存在,并长期困扰畜牧生产者和研究人员。目前,国内研究人员对母猪全年繁殖性能调查研究的省份主要集中在长江以南,包括湖南<sup>[7]</sup>、福建<sup>[8]</sup>、浙江<sup>[4]</sup>、河南<sup>[9]</sup>、江西<sup>[10]</sup>、广东<sup>[11]</sup>。按照全年不同月份、胎次、温度范围对母猪繁殖性能参数进行分类对比,结果表明,母猪繁殖性能在全年不同的月份、胎次和不同温度范围内表现出差异。本试验选择江苏省长江以北某猪场,统计 2014 年全年不同月份温度参数和母猪发情及产仔性能。与以往研究不同的是,本研究在分析母猪繁殖性能随月份变化的同时,选择日最高温作为高温强度指标,选择日最高温 $\geq 30$  °C 天数为高温持续天数与母猪发情和产仔性能参数进行相关性分析,试图进一步明确环境温度强度和高温持续时间对母猪发情和产仔性能的不同影响,从而为更好地开展夏季高温影响母猪生殖内分泌和胚胎发育的分子机制研究,提供问题假设和理论铺垫。

## 1 材料与方法

### 1.1 资料来源

选择位于江苏省长江以北地区的盐城市某集约化种猪场为研究对象,猪场所在地 2014 年 1 月-12 月气象资料来源于气象网(数据来源中国气象局),统计该地区日最高温(Daily highest temperature, DHT)、日最低温(Daily lowest temperature, DLT)、日最高温均值(Average values of DHT per month, ADHT)、日最低温均值(Average values of

DLT per month, ADLT)、日最高温 $\geq 30$  °C 天数(Total number of days with DHT greater than or equal to 30 °C per month, TNDHT<sub>30</sub>)和日最低温 $\leq 10$  °C 天数(Total number of days with DLT less than or equal to 10 °C per month, TNDLT<sub>10</sub>)。根据猪场 2014 年 13 021 窝母猪生产报表,统计每月母猪胎均总仔数(Litter size, LS)、胎均死胎数(Number of dead fetuses, NDF)以及胎均断奶活仔数(Number of weaning piglets, NWP),统计每月配种断奶母猪数、后备母猪数和返情母猪数(返情母猪包括配种后,一个发情周期后又发情母猪,或者配种约 50 d 后未怀孕母猪),计算返情率(Return-to-estrus rate, RER) = (返情母猪数/配种母猪数) × 100%; 7 d 发情率(Weaning-to-estrus rate within 7 d, WER<sub>7d</sub>)即经产母猪断奶后 7 d 内发情母猪数对经产母猪断奶后发情母猪总数所占比例。

### 1.2 饲养管理

猪场为双列式猪舍,主要向周边地区提供杜长大和杜大长三元商品猪苗,基础母猪平均月存栏达 6 300 头。公猪品种为杜洛克,母猪品种为长大和大长二元杂交组合。发情母猪均采用人工授精配种。怀孕母猪采用定位栏饲养,产前 7 d 转入分娩舍,分娩后第 28 天断奶。不同胎次母猪混合饲养。分娩舍和配种舍母猪均饲喂相同配方饲料(水分 $\leq 14.0\%$ ,粗蛋白含量 $\geq 12.0\%$ ,粗纤维 $\leq 8.0$ ,粗灰分 $\leq 6.0$ ,赖氨酸含量 $\geq 0.50\%$ )。妊娠舍母猪均饲喂怀孕料(水分 $\leq 14.0\%$ ,粗蛋白含量 $\geq 13.5\%$ ,粗纤维 $\leq 6.0$ ,粗灰分 $\leq 5.0$ ,赖氨酸含量 $\geq 0.80\%$ )。每天饲喂 2 次,采用自由饮水。分娩舍采用全进全出模式,固定人员饲喂清粪,遵守统一的消毒制度。

### 1.3 数据分析

采用 SPSS 16.0 软件单因子方差分析检验全年和不同月份日最高温均值、日最低温均值、返情率、7 d 发情率、胎均总仔数、胎均死胎数和胎均断奶活仔数之间显著性, Duncan 多重比较法进行比较,所得数值以“平均值 $\pm$ 标准误”表示,以  $P < 0.05$  为差异显著性判断标准。环境温度指标和母猪繁殖性能指标及其指标之间的相关性,采用 Bivariate

Correlations 步骤,进行 Pearson 相关性分析,以  $P < 0.05$  为差异显著性判断标准,  $P < 0.01$  为差异极显著性判断标准。

## 2 结 果

### 2.1 2014 年环境温度变化情况

表 1 所示,2014 年猪场所在地全年环境温度,

日最高温度为  $36.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,日最低温度为  $-7.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,日最高温  $\geq 30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  天数为 39 d,日最低温  $\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  天数为 169 d。7 月份日最高温均值和日最低温均值,达到峰值,分别为  $30.3$  和  $23.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,12 月份日最低温均值为  $-2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,2 月份日最高温均值为  $6.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。7 月份日最高温  $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  天数达到 19 d。

表 1 猪场所在地区环境温度逐月变化情况

Table 1 The monthly changes of ambient temperature parameters in the local area

月份 Month	日最 高温/ $^{\circ}\text{C}$ DHT	日最 低温/ $^{\circ}\text{C}$ DLT	日最高温 $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 天数/d TNDHT <sub>30</sub>	日最低温 $\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 天数/d TNDLT <sub>10</sub>	日最高温 均值/ $^{\circ}\text{C}$ ADHT	日最低温 均值/ $^{\circ}\text{C}$ ADLT
全年 Whole year	36.0	-7	39	169	$19.4 \pm 2.5^{\text{ecd}}$	$10.6 \pm 2.7^{\text{d}}$
1 月 Jan.	16.0	-6	0	31	$8.6 \pm 0.6^{\text{f}}$	$-1.4 \pm 0.6^{\text{f}}$
2 月 Feb.	18.0	-7	0	28	$6.4 \pm 0.9^{\text{f}}$	$-0.6 \pm 0.9^{\text{f}}$
3 月 Mar.	22.0	-1	0	30	$14.3 \pm 0.8^{\text{e}}$	$4.2 \pm 0.7^{\text{e}}$
4 月 Apr.	26.0	3	0	13	$20.3 \pm 0.6^{\text{c}}$	$10.0 \pm 0.6^{\text{d}}$
5 月 May	34.0	8	5	4	$26.6 \pm 0.8^{\text{b}}$	$15.2 \pm 0.7^{\text{c}}$
6 月 Jun.	32.0	16	7	0	$27.5 \pm 0.6^{\text{ab}}$	$19.3 \pm 0.3^{\text{b}}$
7 月 Jul.	36.0	20	19	0	$30.3 \pm 0.6^{\text{a}}$	$23.0 \pm 0.4^{\text{a}}$
8 月 Aug.	35.0	19	8	0	$28.6 \pm 0.5^{\text{ab}}$	$21.8 \pm 0.4^{\text{ab}}$
9 月 Sep.	29.0	16	0	0	$25.7 \pm 0.4^{\text{b}}$	$19.0 \pm 0.3^{\text{b}}$
10 月 Oct.	25.0	6	0	3	$22.3 \pm 0.5^{\text{c}}$	$12.7 \pm 0.5^{\text{cd}}$
11 月 Nov.	19.0	1	0	29	$15.3 \pm 0.4^{\text{de}}$	$6.4 \pm 0.7^{\text{e}}$
12 月 Dec.	7.2	-5	0	31	$7.0 \pm 0.4^{\text{f}}$	$-2.3 \pm 0.4^{\text{f}}$

同列数据上标小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ ),相同小写字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下表同

Different lowercase letters in the same colum means significant difference between treatments ( $P < 0.05$ ), same letter in the same colum means not significant difference between treatments ( $P > 0.05$ ). The same as below

### 2.2 2014 年猪场母猪繁殖性能逐月变化情况

由表 2 可见,猪场全年返情率为  $10.75\%$ 。返情率高于平均值的月份主要集中在 7~11 月份,其中 10 月显著高于全年平均值 ( $P < 0.05$ ); 7 d 发情率全年为  $90.01\%$ ,低于全年平均值的月份集中在 6~9 月份,其中 9 月最低;胎均总产仔数全年平均值为  $11.81$ ,与全年平均值相比,7 月份最低为  $10.90$  ( $P < 0.05$ );胎均死胎数全年为  $0.40$ ,7 月份最高为  $0.49$ 。胎均断奶活仔数全年平均值为  $10.07$ ,最低值主要集中在 5~8 月份,与全年平均值相比,7 月份最低 ( $P < 0.05$ )。

### 2.3 不同月份条件下环境温度与母猪繁殖性能相关分析

为了进一步探讨母猪发情和产仔性能是否受高温强度和高温持续时间影响,分析温度参数与母猪发情和产仔性能之间的相关性。由表 3 可见,在全年不同月份条件下,环境温度与母猪繁殖性能显著相关。其中,日最高温与胎均总仔数和胎均断奶活仔数呈显著负相关,与胎均死胎数呈显著正相关。日最低温、日最高温均值、日最低温均值都分别与 7 d 发情率、胎均总仔数和胎均断奶活仔数呈显著负相关,与胎均死胎数呈显著正相关。日最高温  $\geq 30$

℃天数与胎均总仔数和胎均断奶活仔数呈显著负相关,与胎均死胎数显著正相关。日最低温 $\leq 10$ ℃天数与7 d发情率和胎均总仔数显著正相关,与胎均断奶活仔数显著负相关。

#### 2.4 不同月份条件下繁殖性状间表型相关分析

为了探讨母猪发情和产仔性能之间关系,进一步分析母猪发情参数和产仔性能之间的相关性。由

表4可见,在全年不同月份条件下,繁殖性状间存在相关。其中,返情率与胎均死胎数正相关,与7 d发情率、胎均总仔数和断奶胎均存活数负相关,但都未达到显著水平。7 d发情率与胎均死胎数负相关,与胎均总仔数和胎均断奶活仔数正相关。胎均总仔数与胎均断奶活仔数显著正相关。胎均死胎数与胎均断奶活仔数显著负相关。

表2 不同月份母猪发情和产仔性能变化

Table 2 The monthly changes in the estrus response and the litter performance of sow

月份 Month	返情率/% RER	7 d发情率/% WER <sub>7d</sub>	胎均总仔数 LS	胎均死胎数 NDF	胎均断奶活仔数 NWP
全年 Whole year	10.75±2.24 <sup>bcd</sup>	90.01±2.81 <sup>abc</sup>	11.81±0.22 <sup>bc</sup>	0.40±0.11 <sup>ab</sup>	10.07±0.18 <sup>cde</sup>
1月 Jan.	3.38±2.01 <sup>g</sup>	93.67±3.25 <sup>a</sup>	12.93±0.19 <sup>a</sup>	0.35±0.03 <sup>ab</sup>	10.96±0.15 <sup>ab</sup>
2月 Feb.	5.22±2.06 <sup>fg</sup>	93.98±2.78 <sup>a</sup>	11.99±0.30 <sup>bc</sup>	0.16±0.04 <sup>c</sup>	11.22±0.20 <sup>a</sup>
3月 March	13.49±1.82 <sup>b</sup>	94.84±4.63 <sup>a</sup>	12.24±0.32 <sup>ab</sup>	0.43±0.08 <sup>a</sup>	11.21±0.19 <sup>a</sup>
4月 Apr.	5.41±1.95 <sup>fg</sup>	93.02±5.00 <sup>ab</sup>	11.70±0.20 <sup>bcd</sup>	0.29±0.02 <sup>b</sup>	10.42±0.22 <sup>bc</sup>
5月 May	6.39±2.02 <sup>efg</sup>	92.13±3.98 <sup>ab</sup>	11.73±0.42 <sup>bcd</sup>	0.43±0.14 <sup>a</sup>	9.63±0.31 <sup>ef</sup>
6月 Jun.	9.82±1.34 <sup>cde</sup>	82.98±5.32 <sup>bc</sup>	11.26±0.16 <sup>de</sup>	0.46±0.14 <sup>a</sup>	9.25±0.24 <sup>f</sup>
7月 Jul.	13.79±2.15 <sup>b</sup>	87.56±6.76 <sup>abc</sup>	10.90±0.33 <sup>e</sup>	0.49±0.17 <sup>a</sup>	7.65±0.36 <sup>g</sup>
8月 Aug.	10.76±1.70 <sup>bcd</sup>	83.25±5.15 <sup>bc</sup>	11.66±0.25 <sup>bcd</sup>	0.45±0.09 <sup>a</sup>	9.33±0.22 <sup>f</sup>
9月 Sep.	11.18±2.69 <sup>bcd</sup>	81.08±4.83 <sup>c</sup>	11.92±0.14 <sup>bc</sup>	0.42±0.07 <sup>a</sup>	10.22±0.17 <sup>cd</sup>
10月 Oct.	28.14±5.79 <sup>a</sup>	93.37±2.99 <sup>a</sup>	11.82±0.19 <sup>bc</sup>	0.47±0.03 <sup>a</sup>	10.19±0.19 <sup>cd</sup>
11月 Nov.	12.72±1.90 <sup>bc</sup>	93.32±3.64 <sup>a</sup>	11.60±0.21 <sup>cd</sup>	0.43±0.08 <sup>a</sup>	10.40±0.32 <sup>bc</sup>
12月 Dec.	8.71±1.31 <sup>def</sup>	90.96±4.44 <sup>abc</sup>	11.97±0.30 <sup>bc</sup>	0.39±0.06 <sup>ab</sup>	10.39±0.26 <sup>bc</sup>

表3 环境温度与母猪繁殖性能相关系数

Table 3 Correlation coefficient of characters between the ambient temperature parameters and the reproductive performance of sow

性状 Characters	返情率/% RER	7 d发情率/% WER <sub>7d</sub>	胎均总仔数 LS	胎均死胎数 NDF	胎均断奶活仔数 NWP
日最高温/℃ DHT	0.303	-0.559	-0.619*	0.465*	-0.717**
日最低温/℃ DLT	0.281	-0.818**	-0.706*	0.648*	-0.830**
日最高温均值/℃ ADHT	0.303	-0.652*	-0.696*	0.651*	-0.794**
日最低温均值/℃ ADLT	0.302	-0.732**	-0.725**	0.614*	-0.808**
日最高温 $\geq 30$ ℃天数/d TNDHT <sub>30</sub>	0.071	-0.440	-0.714**	0.468*	-0.934**
日最低温 $\leq 10$ ℃天数/d TNDLT <sub>10</sub>	-0.335	0.707*	0.635*	-0.512	-0.735**

相关系数上标\*表示显著相关( $P < 0.05$ ),相关系数上标\*\*表示极显著相关( $P < 0.01$ )。下表同

Values with superscript asterisk are significantly correlative. \*.  $P < 0.05$ ; \*\*.  $P < 0.01$ . The same as below

表 4 繁殖性状间表型相关系数

Table 4 Correlation coefficient of characters between the reproductive performance of sow

性状 Characters	返情率/% RER	7 d 发情率/% WER <sub>7d</sub>	胎均总仔数 LS	胎均死胎数 NDF	胎均断奶活仔数 NWP
返情率/% RER	1				
7 d 发情率/% WER <sub>7d</sub>	-0.008	1			
胎均总仔数 LS	-0.280	0.443	1		
胎均死胎数 NDF	0.570	-0.414	-0.402	1	
胎均断奶活仔数 NWP	-0.199	0.560	0.812**	-0.611*	1

### 3 讨论

所选猪场位于江苏盐城,北纬 33°43'~34°23',处于亚热带季风气候区,其夏季与热带相似,环境温度较高,冬季明显比热带冷<sup>[12]</sup>。该地区 2014 年全年气温数据显示,7 月份日最高温均值和日最低温均值均达到峰值,日最高温为 36.0 °C,并且达到 30.0 °C 及以上天数共计 19 d。这表明此地区在这一时间段,畜牧养殖业极易遭受高温天气,畜禽容易出现热应激症状,进而影响畜牧生产。

母猪在断奶后黄体迅速溶解退化,卵泡开始发育,第 3~5 天可见外阴开始红肿,此后 2 d 可配种,经产母猪一般断奶后 3~7 d 便可自然发情配种<sup>[13]</sup>。当前规模化生产模式使得母猪长期处于不间断哺育任务中,并且容易遭受各种各样应激,使得母猪 7 d 断奶发情推迟,影响正常生产计划进度。引起母猪断奶后发情延迟因素包括营养不足、饲料霉变、温度、湿度、光照以及疾病等因素。当母猪光照不足或日光照超过 12 h,发情活动也会明显受到抑制<sup>[14]</sup>。据瑞士 12 个种猪场的调查数据显示,高温季节平均断奶发情间隔约 12.7 d,返情率约 9.9%,而其他季节平均断奶发情间隔约 7.9 d,返情率约 5.7%<sup>[15]</sup>。当环境温度达到 30 °C 及其以上时,母猪繁殖内分泌系统失衡,卵巢机能受到抑制,进而影响发情活动<sup>[5]</sup>。另外,高温还可使母猪体内温度升高,并伴随发情周期缩短,发情不明显,胚胎吸收和流产等现象,进而导致返情率升高,受胎率降低<sup>[6]</sup>。本研究结果表明,6~9 月份 7 d 发情率明显下降,返情率 7~11 月份明显升高,并且温度与返情率呈正相关,与 7 d 发情率呈负相关。本猪场在与其同属亚热带季风气候和沿海地区的福建省某猪场研究数据对比发现,母猪返情率明显升高的时间也主要集中在夏季

和秋季期间<sup>[8]</sup>。这说明,夏季环境高温可导致母猪发情延迟和返情率升高,这一结果可能通过影响母猪生殖内分泌水平和子宫内环境造成的。

母猪产仔数与母猪品种、营养水平、环境温度等因素有关,并且这些因素间相互作用。太湖猪是中国乃至世界猪种中繁殖力最强,产仔数量最多优良猪种,初产平均 12 头,经产母猪平均 16 头,这可能与良好的抗应激性,以及稳定的子宫内环境和较低的早期胚胎死亡率有关<sup>[16]</sup>。甜菜碱是一种生物碱,可从天然植物根茎叶中提取,能促进脂肪代谢和蛋白质合成,给夏季澳大利亚妊娠母猪饲料添加甜菜碱可增加母猪窝产仔数<sup>[17]</sup>。另外,饲料添加 L-精氨酸或 N-氨甲酰谷氨酸可提高母猪体循环中部分氨基酸、总氧化氮合酶,降低血浆尿素和氨浓度,提高母猪窝产活仔数<sup>[18]</sup>。母猪在配种前或泌乳期饲喂含多不饱和脂肪酸鱼油也可显著提高窝产仔猪数<sup>[19]</sup>。另外,同纬度地区河南省驻马店正阳县某猪场(北纬 32°~33°)数据表明,母猪胎均产仔数、胎均产活仔数和胎均窝重在 6~11 月份显著降低,在头年 12 月~次年 5 月逐渐恢复至最好水平<sup>[9]</sup>。综上所述,本研究中 7 月份显著下降的胎均产仔数和明显升高的胎均死胎数,可能主要是由于夏季环境高温影响母猪脂肪和蛋白质代谢造成。但这种负面影响可能通过营养干预得到缓解。

夏季高温对雌性繁殖性能的影响主要由环境高温强度和高温持续时间决定。将母猪暴露于 35 °C 环境,分别于第 7 和 35 天采取卵巢分析发现,卵巢胰岛素受体、蛋白激酶、促黄体激素受体、芳香酶、磷酸化蛋白激酶表达显著升高,表明热应激改变胰岛素介导的磷脂酰肌醇 3-激酶信号通路,进而影响卵巢内分泌和卵泡发育<sup>[20]</sup>。环境温度过高可诱使猪体核温度上升<sup>[21]</sup>,上升的体核温度可能直接影响卵

子成熟、胚胎发育和着床。猪卵细胞体外暴露不同高温模式后,以暴露后孤雌囊胚比例为指标,不同高温模式暴露损伤程度由大到小依次为 41℃暴露 42 h 模式>41℃先暴露 21 h 和 39℃继续暴露 21 h 模式>39℃先暴露 21 h 和 41℃继续暴露 21 h 模式<sup>[22]</sup>。体外温度 42℃暴露 20~24 h,可显著减少猪卵母细胞极体比率和孤雌囊胚的比率,而褪黑素不仅可以有效缓解高温诱导的极体和孤雌囊胚比例减少,而且还可以稳定类固醇激素水平,增加谷胱甘肽水平,抑制细胞凋亡<sup>[23]</sup>。母猪配种后暴露环境高温可使母猪受胎率降低,尤其配种后第 8~16 天比较明显<sup>[24]</sup>。另外,夏季高温可降低公猪精液品质<sup>[25]</sup>,并且有分析显示,公猪精液品质的低下与母猪繁殖性能密切相关<sup>[9]</sup>。将雄性小鼠阴囊暴露于 42℃水中,并维持 30 min 后,与雌鼠交配,发现雌鼠受胎率降低,胚胎畸形增加,分娩率下降以及产仔数减少等现象<sup>[26]</sup>。本研究通过分析发现,全年不同月份日均最高温度以及 30℃以上天数分别与母猪产仔性能显著相关,7 d 发情率主要与日均最高温度显著相关。这说明,7 d 发情率主要受日均最高温度影响,而胎均产仔数、死胎以及胎均断奶活仔数同时受高温强度和持续时间影响。这一方面可能是由于夏季过高环境温度通过增加母体体温直接影响了胚胎发育,或热应激诱导公猪精液品质下降间接影响受精卵质量,使产仔数和死胎数变化。另一方面,夏季高温,尤其是 6~9 月份持续时间较长,可干扰母猪机体和卵巢内分泌相关分子通路,并长期持续影响母猪宫内胚胎发育。

## 4 结 论

母猪正常的发情和受孕过程是由体内生理内分泌系统的精确调控实现的。同时后者也是母体与受精卵相互作用的结果。夏季高温强度和持续时间可能通过干扰母猪生理内分泌系统和胚胎发育过程,影响母猪正常发情和受孕。生产中运用营养干预手段不失为一种缓解夏季环境高温导致的母猪繁殖机能下降的有效措施。

## 参考文献(References):

- [1] RENAUDEAU D, COLLIN A, YAHAV S, et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production [J]. *Animal*, 2012, 6(5):707-728.
- [2] CARROLL J A, BURDICK N C, CHASE C C J R, et al. Influence of environmental temperature on the physiological, endocrine, and immune responses in livestock exposed to a provocative immune challenge [J]. *Domest Anim Endocrinol*, 2012, 43(2):146-153.
- [3] 梁才芝. 夏季热应激对种猪繁殖力的影响及控制措施 [J]. *山东畜牧兽医*, 2012, 33(1):23-24.  
LIANG C Z. Effects of heat stress on reproductive performances of swine and the coping strategies during summer [J]. *Shandong Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2012, 33(1):23-24. (in Chinese)
- [4] 程绍明, 楼华梁, 崔绍荣. 母猪发情行为与环境温度的相关性研究 [J]. *中国畜牧杂志*, 2005, 41(10):37-39.  
CHENG S M, LOU H L, CUI S R. Correlations analysis between the estrus behavior and the ambient temperature [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2005, 41(10):37-39. (in Chinese)
- [5] BARB C R, ESTIENNE M J, KRAELING R R, et al. Endocrine changes in sows exposed to elevated ambient temperature during lactation [J]. *Domest Anim Endocrinol*, 1991, 8(1):117-127.
- [6] BODDICKER R L, SEIBERT J T, JOHNSON J S, et al. Gestational heat stress alters offspring body composition indices and metabolic parameters in pigs [J]. *PLoS One*, 2014, 9(11):e110859.
- [7] 郑胜文. 湖南某猪场母猪繁殖性能及其影响因素的调查与分析 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.  
ZHENG S W. Investigation of the reproductive performance and factors associated with it in a swine breeding herd in Hunan [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- [8] 贾娟娟. 在福建省不同胎次、配种及分娩月份对母猪生产性能的影响 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2014.  
JIA J J. The influence of different parities, mating months and birth months on reproductive performance of sows in Fujian province [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2014. (in Chinese)
- [9] 李光轩. 公猪精液品质与母猪繁殖力相关性研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.  
LI G X. The relation research about boar semen quality and sow fertility [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2014. (in Chinese)
- [10] 吴华东, 王本贵. 长大杂种母猪繁殖性能与胎次和温度的关系 [J]. *家畜生态*, 1997, 18(3):19-21.  
WU H D, WANG B G. Relation of the parity and environmental temperature of Landrace-Yorkshire

- sows' reproductive performance[J]. *Ecology of Domestic Animal*, 1997, 18(3):19-21. (in Chinese)
- [11] 陈赞谋, 黄冰. 气候因子对母猪繁殖性能的影响[J]. 家畜生态, 2002, 23(2):7-10.  
CHEN Z M, HUANG B. Studies on the effect of climatic factors on reproductive performance of sows[J]. *Ecology of Domestic Animal*, 2002, 23(2):7-10. (in Chinese)
- [12] 陈力, 吴绍洪, 郭灵辉. 1954-2011年盐城市气温和降水变化特征[J]. 气象与环境科学, 2015, 38(4):33-37.  
CHEN L, WU S H, GUO L H. Variation characteristics of temperature and precipitation in Yancheng from 1954 to 2011[J]. *Meteorological and Environmental Sciences*, 2015, 38(4):33-37. (in Chinese)
- [13] SOEDE N M, LANGENDIJK P, KEMP B. Reproductive cycles in pigs[J]. *Anim Reprod Sci*, 2011, 124(3-4):251-258.
- [14] AUVIGNE V, LENEVEU P, JEHANNIN C, et al. Seasonal infertility in sows: a five year field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod[J]. *Theriogenology*, 2010, 74(1):60-66.
- [15] BOMA M H, BILKEI G. Seasonal infertility in Kenyan pig breeding units[J]. *Onderstepoort J Vet Res*, 2006, 73(3):229-232.
- [16] 储明星, 吴长信. 太湖猪高繁殖力胚胎学机制的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 1999(8):34-36.  
CHU M X, WU C X. The proceeding studies of the embryo mechanism underlying the high productive performance of Taihu sow[J]. *Heilongjiang Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 1999(8):34-36. (in Chinese)
- [17] VAN WETTERE W H, HERDE P, HUGHES P E. Supplementing sow gestation diets with betaine during summer increases litter size of sows with greater numbers of parities[J]. *Anim Reprod Sci*, 2012, 132(1-2):44-49.
- [18] 江雪梅, 吴德, 方正峰, 等. 饲粮添加 L-精氨酸或 N-氨甲酰谷氨酸对经产母猪繁殖性能及血液参数的影响[J]. 动物营养学报, 2011, 23(7):1185-1193.  
JIANG X M, WU D, FANG Z F, et al. Effects of dietary L-arginine or N-carbamylglutamate on reproductive performance and blood parameters of multiparous sows[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(7):1185-1193. (in Chinese)
- [19] SMITS R J, LUXFORD B G, MITCHELL M, et al. Sow litter size is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil[J]. *J Anim Sci*, 2011, 89(9):2731-2738.
- [20] NTEEBA J, SANZ-FERNANDEZ M V, RHOADS R P, et al. Heat stress alters ovarian insulin-mediated phosphatidylinositol-3 kinase and steroidogenic signaling in gilt ovaries[J]. *Biol Reprod*, 2015, 92(6):148.
- [21] LI Y, CAO Y, ZHOU X, et al. Effects of zinc sulfate pretreatment on heat tolerance of Bama miniature pig under high ambient temperature[J]. *J Anim Sci*, 2015, 93(7):3421-3430.
- [22] WRINGHT E C, YANG C X, TUGGLE C K, et al. Heat stress during pig oocyte *in vitro* maturation impacts embryonic development and gene expression[J]. *Anim Indust Rep*, 2012, AS658:R2739.
- [23] LI Y, ZHANG Z, HE C, et al. Melatonin protects porcine oocyte *in vitro* maturation from heat stress[J]. *J Pineal Res*, 2015, 59(3):365-375.
- [24] EINAESSON S, BRANDT Y, LUNDEHEIM N, et al. Stress and its influence on reproduction in pigs: a review[J]. *Acta Vet Scand*, 2008, 50:48.
- [25] LI Y, WANG A, TAYA K, et al. Declining semen quality and steadying seminal plasma ions in heat-stressed boar model[J]. *Reprod Med Biol*, 2015, 14:171-177.
- [26] PAUL C, MURRAY A A, SPEARS N, et al. A single mild, transient scrotal heat stress causes DNA damage, subfertility and impairs formation of blastocysts in mice[J]. *Reproduction*, 2008, 136(1):73-84.

(编辑 程金华)