

# 运输空间容量对断奶仔猪行为和生产性能的影响

周道雷, 赵亚军\*, 李保明\*, 施正香

(中国农业大学 农业部设施农业生物环境工程重点开放实验室, 农业建筑与生物环境工程系, 北京 100083)

**摘要:** 为了解运输对断奶仔猪行为与生产性能的影响, 针对北京至邯郸的实际仔猪运输, 设计两种运输空间容量 (0.09 m<sup>2</sup>/头和 0.15 m<sup>2</sup>/头), 对运输过程断奶仔猪的躺卧、站立行为进行观察, 并对运输前后仔猪体重和体表受损程度进行测定, 其结果表明: (1) 在试验运输条件下, 运输温度与仔猪躺卧行为呈明显的负相关 (Pearson Correlation Test,  $R = -0.324$ ,  $P < 0.01$ ); (2) 两种运输空间容量下, 仔猪站立行为 (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P > 0.05$ ) 及运输过程中仔猪的活动激烈程度无显著差异 (Chi-square Test,  $P > 0.05$ ), 但仔猪的躺卧行为有显著差异 (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P < 0.05$ ); (3) 不同运输时间持续段上, 仔猪的站立和躺卧行为所占比例 (Friedman Test,  $P < 0.001$ ) 和仔猪的活动激烈程度有显著差异 (Chi-square Test,  $P < 0.01$ ); (4) 两种运输空间容量下, 仔猪体表受损程度 (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P > 0.05$ ) 和仔猪体重变化无显著差异 ( $t$  Test,  $P > 0.05$ )。这些结果提示, 将运输空间容量降低到仔猪躺卧时所需的空间容量, 对断奶仔猪的躺卧行为有一定的影响, 但对仔猪的站立行为、体表受损及体重变化无显著影响。其原因可能是仔猪躺卧的面积并不是仔猪运输空间的最低阈值, 这需要进一步研究证实。

**关键词:** 仔猪; 运输; 空间容量; 行为; 动物福利

中图分类号: S858.28; S811.8 文献标识码: A 文章编号: 0254–5853 (2006) 03–0261–08

## Effect of Transport Space Allowance on Piglets' Behaviour and Performance

ZHOU Dao-lei, ZHAO Ya-jun\*, LI Bao-ming\*, SHI Zheng-xiang

(Key Lab of Agricultural Bio-environment Engineering of Ministry of Agriculture, and Department of Agricultural Structure & Bioenvironmental Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In order to investigate piglet welfare and the effect of transport on piglets, a transport experiment was designed on the road from Beijing to Handan. The piglets' behaviour and performance was measured and the transport temperature, transport space allowance and transport duration were considered in this experiment. Data processing showed: (1) Significant negative correlation between transport temperature and the percent of pigs' lying behaviour in this experiment (Pearson Correlation Test,  $R = -0.324$ ,  $P < 0.01$ ); (2) No significant difference between two transport space allowances on the piglets' standing (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P > 0.05$ ) and active (Chi-square Test,  $P > 0.05$ ) behaviours, but a significant difference between transport space allowances on the piglets' lying behaviour (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P < 0.05$ ); (3) A significant effect of transport duration on piglets' standing, lying (Friedman Test,  $P < 0.001$ ) and active (Chi-square Test,  $P < 0.01$ ) behaviour; (4) No significant difference between two transport space allowances on pig skin damage (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P > 0.05$ ) or weight change ( $t$  Test,  $P > 0.05$ ). The results indicate that under certain transport conditions the piglets' behavior may be affected by transport duration, but not by transport space allowance in this experiment. It is possible that pigs' sternum area is not the lowest limit of transport space allowance.

**Key words:** Piglet; Transport; Space allowance; Behaviour; Animal welfare

\* 收稿日期: 2005–12–14; 接受日期: 2006–03–24

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关计划项目 (2004BA514A07–02); 教育部高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助项目; 教育部重点项目 (03018) 规模化猪场清洁生产新工艺及配套设备研究; 北京市教育委员会共建项目建设计划资助 (XK100190550)

\* 通讯作者 (Corresponding authors): 李保明, E-mail: libm@cau.edu.cn; 赵亚军, E-mail: yajunzhao1@263.net; 100083 北京市海淀区

清华东路 17 号中国农业大学东区 67 信箱

第一作者简介: 周道雷 (1977–), 男, 博士生。

运输在整个畜禽活动链条中,所占时间比例虽然很短暂,但是对畜禽生产、交易及最终食品安全都会产生不可忽视的影响,因而是一个极为重要的关键环节。例如 Alexander et al (1980) 提出的多点式生产 (multi-site production) 养猪模式,更使断奶仔猪的运输成为养猪业的重要环节之一。运输过程所提供的环境是否能够保证动物存活和健康,是否最大限度地维持其生产性能或者商品价值,是否导致强烈的动物应激,以及是否对动物福利状况产生影响等,这些问题均是近几年来国际畜禽环境、动物行为与福利等研究领域所关注的热点之一 (Armstrong & Pajor, 2001)。

国外在生猪运输方面的研究,主要集中于肥猪宰前运输对猪的行为、生理指标(如皮质醇激素和促肾上腺皮质激素水平)、动物福利和猪肉品质等方面的影响(Lambooy & Engel, 1991; Geers et al 1994; Bradshaw et al, 1996; Warriss, 1998; Pérez et al, 2002) 而对仔猪的运输过程研究相对较少。Perre-mans et al (1998, 2001) 采用实验室模拟方法来研究运输颠簸程度和加减速对仔猪血液激素水平和心率的影响,指出仔猪运输时应避免频繁加减速和尽量减少路途颠簸。运输过程中,猪还常因运输过程中的混合群、拥挤和生活环境变化等原因而发生较为激烈的争斗,从而导致猪体表受到损伤,直接影响着生猪的身体状况、行为表现和福利状况等(van Putten & Lambboij, 1982; Geers et al, 1994)。有学者在对 5484 头肥猪宰前运输的体表损伤观察结果表明,运输过程中有 63% 猪体表受到损伤,其中有 10% 猪体表受到中等或严重的损伤(Warriss et al, 1998); 但必须注意到影响生猪运输的因素有很多,如运输环境因素(如温度、相对湿度、风速和空气质量等)、运输密度(空间容量)、运输持续时间、运输途中颠簸程度和驾驶员操作水平等(Hails, 1978; Hall & Bradshaw, 1998; Lambboij, 2000)。

圈养动物,无论实验室动物还是畜禽动物,其环境丰富度(environment enrichment)的影响,会导致动物生理应激和心理应激。心理应激是指动物情绪沮丧、挫折和焦虑等(Matthews & Ladewig, 1994; Mason et al, 2001; Mendl, 2001; Cui & Bao, 2004; Harding et al, 2004; Sherwin et al, 2004),这个方面的研究始于 1950 年 Konrad Lorenz (1973 年度

诺贝尔生理或医学奖获得者)提出的动机学说(psychohydraulic model of motivation) (Hogan, 1997; Vestergaard et al, 1999)。空间容量(space allowance)是指动物运输活动的空间,是衡量环境丰富度的重要指标之一,其侧重点强调动物在圈养环境中对休息及活动空间的需求(Zang et al, 2005)。畜禽环境的研究表明,环境设置所提供的动物运输活动范围,若小于某一空间容量而不能满足猪对空间占有量的需求,则限制运输行为的正常展现或表达,并引发异常行为(Turner et al, 2000); 如果空间容量超过一定范围,则对个体的行为和生长性能无影响(Beattie et al, 1996)。同样,在生猪运输过程中,运输空间容量是否也会影响生猪个体正常行为的表现和福利呢? 1992 年,欧盟畜禽运输工作组提出仔猪(体重 < 25 kg)的运输面积(即运输空间容量)不应低于  $0.15 \text{ m}^2/\text{头}$  (EC Working Group on Transport of Farm Animals, 1992),但国内对仔猪的运输要求还未做详细规定,欧盟的指标是否适合国内情况,也还没有开展相关的研究。

鉴于国内对仔猪运输及其动物行为福利影响的研究尚无报道,本文通过对运输过程中仔猪的行为表现进行观察,探讨车厢内温度、运输空间容量和运输持续时间对仔猪行为和福利的影响,并对运输前后仔猪的生产性能进行比较探讨,以期为今后仔猪运输过程的研究和相关规定的制订提供一定的参考。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验动物

试验动物来自北京某种猪场。该种猪场的分娩母猪的饲养方式为分娩栏饲养,仔猪 28 日龄断奶,断奶后把母猪转走,仔猪留在原猪圈内饲养 1 周后,转到新的培育仔猪栏原窝饲养。本次运输试验的 80 头断奶仔猪(大白),为 40 日龄左右,体重为  $(12.3 \pm 1.73) \text{ kg}$ 。

### 1.2 运输车辆、路程及厢内温湿度

仔猪运输车为封闭车厢,用木板(高 30 cm)将车厢地面  $2.0 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$  等分成 4 个小空间,每个空间为  $2.0 \text{ m} \times 1.1 \text{ m}$ ,地面垫草。运输车装配自动的加热设备,车厢侧面有排风扇可进行空气调节。考虑到运输路程,本次运输试验未配备饮水和

供料系统。运输车在装仔猪之前彻底消毒、干燥。

运输路程为北京某猪场至河北邯郸某猪场，具体路线为北京猪场—北京外环线—京珠高速公路—邯郸猪场，全程约 510 km。运输路面平整，且绝大部分在京珠高速公路上进行。运输过程中要求驾驶员禁止突然急刹车和缓慢加减速，以减少车辆运输过程中颠簸等因素对仔猪的影响。运输车从 2003 年 12 月 1 日 09:47 出发，16:51 到达邯郸猪场，途中历时近 7 h。

合适的运输环境是保证仔猪运输安全的重要手段，整个运输过程中车厢内温度维持在  $(19.8 \pm 2.8)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为  $(38 \pm 6)\%$ ；而车厢外的温度为  $(3.1 \pm 0.6)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为  $(84 \pm 4)\%$ ，车厢内温度和相对湿度基本满足仔猪的运输要求 (National Pork Board, 2003)。

### 1.3 试验设计

Petherick & Baxter (1981) 给出了猪完全侧卧和卧卧时所需躺卧面积的公式，即完全侧卧所需躺卧面积为  $A = 0.047 \times W^{0.66}$ ；卧卧所需躺卧面积为  $A = 0.019 \times W^{0.66}$ 。其中  $A$  为所需躺卧面积 ( $\text{m}^2$ )， $W$  为猪的体重 ( $\text{kg}$ )。考虑到运输时，猪所占面积相对较小，本次试验猪的体重约为 12.3 kg，根据仔猪卧卧所需面积公式计算得到每头仔猪所需运输面积 (即空间容量) 约为  $0.10 \text{ m}^2/\text{头}$ ，本次运输试验的两种运输空间容量分别设计为 0.09 和  $0.15 \text{ m}^2/\text{头}$ ，即将 80 头断奶仔猪随机分成 4 组，其中两组各 15 头，另外两组各 25 头，用于研究不同空间容量对仔猪行为的影响。

### 1.4 试验仪器和方法

在运输车厢内，距地高 0.75 m 处和车厢外布置温湿度传感器 (RS-11) 测量车厢内外温湿度；在车厢内安装基于 TMS320DSC21 的嵌入式网络摄像机，以观察并记录仔猪的行为表现。

本次研究的行为定义由站立 (包括仔猪运动)、躺卧、其他动作 (摄像头范围之外的猪，定义为其他动作，本文不做分析) 组成，记录仔猪站立和躺卧的头数，并计算两种行为所占比例用以分析仔猪行为状态。采用仔猪活跃指数 (activity index) 来分析仔猪在运输过程中的群体活动激烈程度，分为 5 级：5 = 极其激烈，定义为大部分猪到处乱窜，并伴随咬、斗攻击；4 = 很激烈，定义为个别仔猪爬上其他仔猪体身上，个别仔猪发生攻击；3 = 激烈，定义为多数仔猪活动，偶有身体接触；2 = 活

动，定义为少数仔猪处于自由走动状态；1 = 非活动，定义为仔猪基本处于躺卧或站立不动状态。

运输结束后，观察仔猪体表受损情况，以了解仔猪在运输过程中的受损情况。仔猪体表受损程度分为 5 级：5 = 极其严重，定义为仔猪皮肤出现很多伤痕 ( $\geq 10$  条) 或有流血；4 = 很严重，定义为仔猪皮肤出现很多伤痕 ( $\geq 10$  条)，但未流血；3 = 严重，定义为仅仔猪腹部、背部等皮肤出现多数伤痕 ( $\geq 5$  条且  $\leq 9$  条)；2 = 轻微受损，定义为仔猪皮肤出现少量伤痕 ( $\geq 2$  条且  $\leq 4$  条)；1 = 基本无损伤，定义为仔猪皮肤完好无损或只有一条伤痕。

随机选择 25 头组内 10 头仔猪和 15 头组内 8 头仔猪作为对象，分别在运输前、运输结束、运输后 1、3 和 7 d 进行体重测量，以运输前仔猪的体重为基准计算出仔猪的体重变化情况，用以分析试验条件下运输空间容量对仔猪生产性能的影响。

### 1.5 统计分析

从开始运输起到结束，每 5 min 定时扫描观察一次仔猪的行为活动情况，以每小时作为分析采样区间，统计其平均值，分析仔猪随运输时间变化的关系。采用 SPSS10.0 (SPSS Inc., 1989—2001) 统计软件包进行数据处理：①采用 Pearson Correlation Test 分析运输温度与仔猪躺卧行为的相关性，并利用快速聚类分析 (K-Means Cluster) 对运输温度进行聚类分析，利用非参数检验 (Nonparametric Test) 中的 Kruskal-Wallis  $H$  Test 分析温度对仔猪躺卧行为的影响，以 Mann-Whitney  $U$  Test 分析两两温度对仔猪躺卧行为的影响；②采用非参数检验中的 Mann-Whitney  $U$  Test 分析运输过程中两种运输空间容量对仔猪站立、躺卧比例的影响；采用非参数检验中的 Chi-square Test 分析运输空间容量对仔猪活跃指数的影响；③采用非参数检验中的多个相关样本检验 (K Related Samples Test) 中的 Friedman Test 分析运输时间对仔猪站立和躺卧比例的影响，采用两个相关样本检验 (Two Related Sample Test) 中的 Wilcoxon Test 分析两两运输持续段之间的仔猪站立和躺卧比例的变化，采用非参数检验中的 Chi-square Test 分析运输时间对仔猪活跃指数的影响；④采用非参数检验中的 Mann-Whitney  $U$  Test 分析运输空间容量对仔猪体表受损程度的影响；⑤采用独立样本  $t$  检验 (Independent-Samples  $t$  Test) 分析运输空间容量对仔猪体重变化的影响。

## 2 结果与分析

### 2.1 运输温度与仔猪的躺卧行为

运输期间,仔猪的躺卧行为与运输车厢内温度的关系如图 1 所示,仔猪的躺卧行为和站立行为分别与运输车厢内温度呈负相关和正相关 (Pearson Correlation Test,  $R = -0.324, P < 0.01$ ;  $R = 0.423, P < 0.001$ )。通过快速聚类分析 (K-Means Cluster) 将运输过程中的车厢内温度可分成 3 个温度段,其

温度分别为  $(24.3 \pm 1.4)$ 、 $(20.7 \pm 0.8)$ 、 $(17.2 \pm 1.4)^\circ\text{C}$ 。车厢内不同温度对仔猪躺卧行为的影响如表 1 所示。试验结果表明,虽然  $24.3^\circ\text{C}$  下的仔猪躺卧比率偏低,但不同运输温度条件下,仔猪躺卧行为无显著差异 (Kruskal-Wallis  $H$  Test,  $P = 0.075$ ); 而仔猪站立行为有显著差异 (Kruskal-Wallis  $H$  Test,  $P = 0.033$ ),  $24.3^\circ\text{C}$  下的仔猪站立比例要高于其他两种温度下的仔猪站立比例。

### 2.2 运输过程中仔猪的行为表现

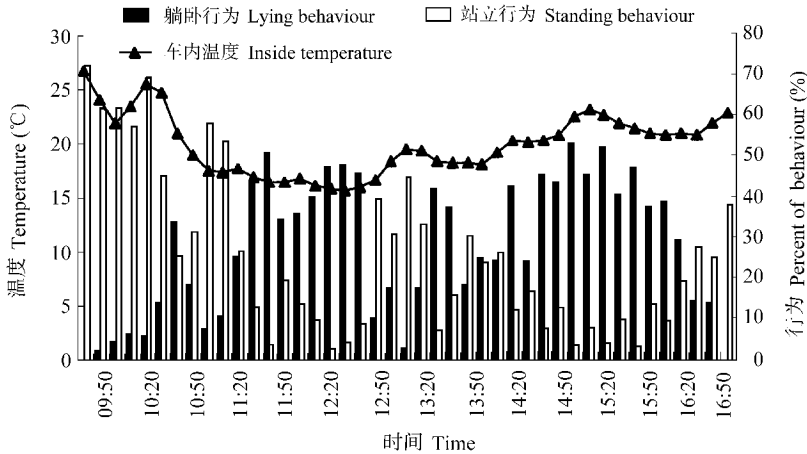


图 1 运输过程中车内温度和仔猪行为情况

Fig. 1 Interior vehicle temperature and pigs' behaviour during transportation

表 1 运输温度与仔猪行为的关系

Tab. 1 Relation of interior vehicle temperature and pigs' behaviour during transportation

运输温度 Temperature ( $^\circ\text{C}$ )	躺卧比例 Percent of pigs lying (%)	Kruskal-Wallis $H$ Test			站立比例 Percent of pigs standing (%)	Kruskal-Wallis $H$ Test		
		Chi-Square	$df$	$P$		Chi-Square	$df$	$P$
$24.3 \pm 1.4$	$18.36 \pm 5.79^a$				$45.29 \pm 5.72^a$			
$20.7 \pm 0.8$	$29.88 \pm 2.79$	5.178	2	0.075	$20.55 \pm 2.79^b$	6.811	2	0.033
$17.2 \pm 1.4$	$31.03 \pm 2.43^b$				$21.81 \pm 2.83^b$			

表中同列数据上标的相异字母表示运输温度之间的仔猪行为差异显著。

Different superscripts within the same column show significant differences in behaviour between the vehicle temperature (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P < 0.05$ ).

2.2.1 运输空间容量对仔猪的行为和活动激烈程度的影响 在整个运输过程中,在两种运输空间容量下的仔猪站立行为之间无显著差异 (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P > 0.05$ )。仔猪活动激烈程度之间也无显著差异 (Chi-square Test,  $P > 0.05$ ), 但仔猪躺卧行为之间有显著差异 (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P < 0.05$ ) (表 2)。

在运输开始第 1 h 内,两种运输空间容量的仔猪的站立行为之间有显著差异 (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P < 0.001$ ); 其余运输时间持续段上,仔猪

的站立行为无显著差异 (图 2)。在运输的第 3、5、6 h 时间段上,两种容量仔猪的躺卧行为之间存在显著差异 (Mann-Whitney  $U$  Test,  $P < 0.05$ ), 而其他运输时间段上,两种容量的仔猪躺卧行为之间无显著差异 (图 3)。在不同运输持续时间段上,两种容量仔猪活动激烈程度之间亦无显著差异 (Chi-square Test,  $P > 0.05$ ) (图 4)。

2.2.2 运输时间对仔猪行为和活动激烈程度的影响 整个运输从 2003 年 12 月 1 日 09:47 出发,到晚上 16:51 到达邯郸猪场,中间运输持续近 7 h。整

表 2 在不同运输空间容量下，仔猪的行为和活跃指数（平均值 ± 标准误）

Tab. 2 The piglets' behaviour and activity index under two transport space allowances (Mean ± SE)

运输空间容量 (m <sup>2</sup> /头) Space allowance (m <sup>2</sup> /ind.)	站立 Standing (%)	躺卧 Lying (%)	活跃指数 Active Index
0.09	22.52 ± 1.95	23.95 ± 1.65 <sup>a</sup>	1.88 ± 0.11
0.15	28.06 ± 2.67	33.04 ± 2.21 <sup>b</sup>	1.67 ± 0.10

表中同列数据上标的相异字母表示运输空间容量对仔猪行为和活跃指数的影响有差异显著。

Different superscripts within the same column show significant differences in the same behaviour and activity index between the space allowance (Mann-Whitney *U* Test,  $P < 0.05$ ).

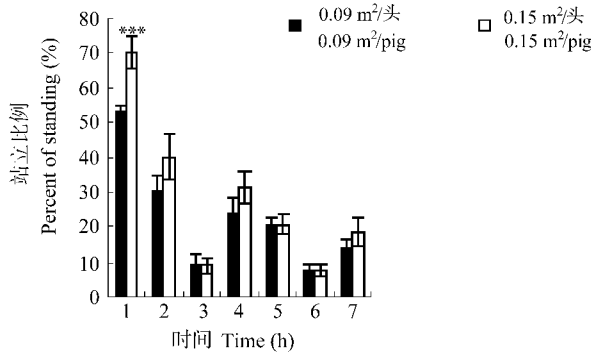


图 2 不同时间段上两种运输空间容量对仔猪站立行为的影响

Fig. 1 Effect of space allowance on piglets' standing in different transport periods

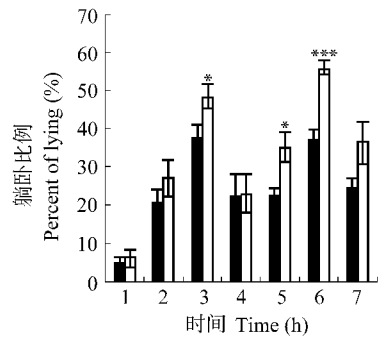


图 3 不同时间段上两种运输空间容量对仔猪躺卧行为的影响

Fig. 3 Effect of space allowance on piglets' lying in different transport periods

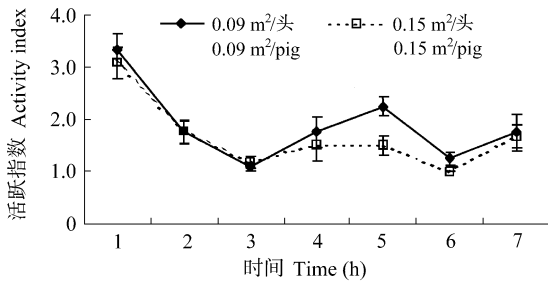


图 4 不同时间段上两种运输空间容量对仔猪活跃指数的影响

Fig. 1 Effect of space allowance on the piglets' activity index in different transport periods

个运输过程中，在两种容量下，运输持续时间之间的仔猪站立和躺卧行为所占比例有极显著差异 (Friedman Test,  $P < 0.0001$ ) (表 3)。同样，运输持续时间之间的仔猪活动激烈程度也有极显著差异 (Chi-square Test,  $P < 0.01$ ) (表 3)。

由表 3 可以看出，在两种容量条件下，相邻运输时间段上的仔猪的站立和躺卧行为比例变化显著 (除 0.09 m<sup>2</sup>/头的第 4、5 h 之间的躺卧行为和站立行为，0.09 m<sup>2</sup>/头的第 4、5 h 之间的躺卧行为及 0.09 m<sup>2</sup>/头的第 6、7 h 之间的站立行为外)，表明在运输过程中仔猪的行为表现出较为激烈的变化。仔猪在运输 1h 内，0.09 m<sup>2</sup>/头和 0.15 m<sup>2</sup>/头仔猪

的站立行为所占比例分别为 53% 和 70%；运输后第 3 h 仅为 9% 和 9%；运输后第 4 h 又分别达到 54% 和 58%，然后再次逐渐减少到 17% 和 11%；在运输第 7 h 又逐渐增加到 24% 和 21%。从两种容量下仔猪站立行为所占比例的峰值来看，其站立行为发生率总体上随运输时间的增加逐渐下降，而躺卧行为发生率总体上随运输时间增加而增加。

由表 3 还可看出，在相邻运输时间段上，在第 1 h 之内 0.09 m<sup>2</sup>/头和 0.15 m<sup>2</sup>/头仔猪活动剧烈程度分别达到 3.3 和 3.1；第 3 h 时，剧烈程度分别为 1.1 和 1.2；第 5 h 时，分别达到 2.3 和 1.5，随后逐渐降低到 1.3 和 1.0；在第 7 h 时，又分别为 1.8 和 1.7。剩余 6 h 的运输过程中，相邻时间段内的 0.09 m<sup>2</sup>/头和 0.15 m<sup>2</sup>/头仔猪活动激烈程度变化无显著差异。

### 2.3 运输空间容量对仔猪体表受损程度的影响

虽然 0.09 m<sup>2</sup>/头的运输空间容量试验组中的仔猪体表受损程度略高于 0.15 m<sup>2</sup>/头的运输空间容量试验组，但这两种运输空间容量下仔猪体表受损程度之间无显著差异 (Mann-Whitney *U* Test,  $P > 0.05$ ) (表 4)。

### 2.4 运输空间容量对仔猪体重变化的影响

经过 7 h 运输后，仔猪的体重损失达到 3.6%

—4.1%；在运输后 3 d，仔猪可基本恢复到运输前的体重，但这两种容量的仔猪体重变化之间无显著差异 ( $t$  Test,  $P > 0.05$ ) (表 5)

表 3 不同运输持续时间段上，仔猪的行为和活跃指数 (平均值  $\pm$  标准误)

Tab. 3 The piglets' behaviour and activity index under different transport periods (Mean  $\pm$  SE)

运输持续时间 Transport period (h)	0.09 m <sup>2</sup> /头			0.15 m <sup>2</sup> /头		
	站立比例 Time standing (%)	躺卧比例 Time lying (%)	活跃指数 Activity index	站立比例 Time standing (%)	躺卧比例 Time lying (%)	活跃指数 Activity index
1	53.00 $\pm$ 1.57 <sup>a</sup>	5.00 $\pm$ 1.40 <sup>a</sup>	3.33 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>	70.00 $\pm$ 4.55 <sup>a</sup>	6.17 $\pm$ 2.24 <sup>a</sup>	3.08 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>
2	29.67 $\pm$ 4.76 <sup>b</sup>	20.00 $\pm$ 3.94 <sup>b</sup>	1.75 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup>	39.92 $\pm$ 6.76 <sup>b</sup>	26.75 $\pm$ 4.64 <sup>b</sup>	1.75 $\pm$ 0.22 <sup>b</sup>
3	9.00 $\pm$ 2.92 <sup>c</sup>	37.33 $\pm$ 2.67 <sup>c</sup>	1.08 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	9.08 $\pm$ 2.05 <sup>c</sup>	48.25 $\pm$ 3.17 <sup>c</sup>	1.17 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>
4	23.67 $\pm$ 4.61 <sup>d</sup>	22.33 $\pm$ 5.56 <sup>d</sup>	1.75 $\pm$ 0.30 <sup>b</sup>	31.00 $\pm$ 4.54 <sup>d</sup>	22.83 $\pm$ 4.81 <sup>d</sup>	1.50 $\pm$ 0.29 <sup>b</sup>
5	21.00 $\pm$ 1.64 <sup>d</sup>	22.00 $\pm$ 2.28 <sup>d</sup>	2.25 $\pm$ 0.18 <sup>b</sup>	20.58 $\pm$ 3.01 <sup>e</sup>	35.00 $\pm$ 4.04 <sup>d</sup>	1.50 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>
6	7.33 $\pm$ 1.96 <sup>e</sup>	37.00 $\pm$ 2.70 <sup>e</sup>	1.25 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	7.42 $\pm$ 1.51 <sup>f</sup>	56.08 $\pm$ 1.74 <sup>e</sup>	1.00 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
7	14.00 $\pm$ 2.34 <sup>f</sup>	24.00 $\pm$ 2.95 <sup>f</sup>	1.75 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>	18.42 $\pm$ 3.86 <sup>f</sup>	36.17 $\pm$ 5.54 <sup>f</sup>	1.67 $\pm$ 0.22 <sup>b</sup>
Friedman Test <i>df</i>	6	6		6	6	
Chi-Square	40.577****	35.899****		52.891****	46.608****	
Chi-Square Test <i>df</i>			6			6
Chi-Square			21.253**			19.900**

\*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*\*  $P < 0.0001$  [对 7 个持续时间段的行为比例进行 Friedman Test, 对 7 个持续时间段的活跃指数进行 Chi-square Test; 表中同列数据上标的相异字母表示相邻持续时间之间的行为和活跃指数的差异显著。

Friedman Test for percentage of behaviours in seven transport periods, Chi-square Test for activity index in seven transport periods; Different superscripts within the same column show significant differences in the same behaviour and activity index between adjacent transport periods (Wilcoxon Test  $P < 0.05$ ).

表 4 两种运输空间容量下仔猪体表受损程度 (平均值  $\pm$  标准误)

Tab. 4 Pigletskin damage score under two transport space allowances (Mean  $\pm$  SE)

运输空间容量 (m <sup>2</sup> /头)	0.09	0.15
Space allowance (m <sup>2</sup> /ind.)		
体表受损程度 Skin damage score%	1.88 $\pm$ 0.18	1.73 $\pm$ 0.23

表 5 运输空间容量对仔猪体重变化的影响 (平均值  $\pm$  标准差)

Tab. 5 Piglet weight loss under two transport space allowances (Mean  $\pm$  SD)

运输空间容量 (m <sup>2</sup> /头)	体重变化 Weight change (kg)				体重变化率 Weight change rate (%)			
	运输结束 After transport	1 d	3 d	7 d	运输结束 After transport	1 d	3 d	7 d
0.09	-0.50 $\pm$ 0.09	-0.23 $\pm$ 0.08	-0.01 $\pm$ 0.10	0.63 $\pm$ 0.14	-4.1	-2.0	-0.1	5.2
0.15	-0.45 $\pm$ 0.08	-0.20 $\pm$ 0.08	0.04 $\pm$ 0.09	0.78 $\pm$ 0.22	-3.6	-1.7	0.4	6.3

## 3 讨论

### 3.1 温度对仔猪的影响

在整个运输过程中，车内温度变化与仔猪站立和躺卧行为呈显著相关 (图 1); 温度水平显著 (离散) 变化对仔猪站立行为变化有显著效应 (表 1), 这表明即使车内温度变化处于适宜温度范围内, 但是不同水平的温度对仔猪活动也会产生一定的影响, 当然这不排除仔猪自身节律的微小影响, 所有这些都将是今后我们进一步研究的课题。比如, 通

过更加严格的试验设计, 恒定运输温度, 并采用无损取样测定猪粪尿中的糖皮质激素 (皮质醇、皮质酮等) 水平来判断仔猪是否处于冷热应激状态中。

### 3.2 运输空间容量和运输时间对仔猪行为、福利和体重的影响

本次试验中, 两种运输空间容量下的仔猪躺卧行为之间存在差异, 但站立行为、身体损伤之和体重变化之间无显著差异。这可能是本次试验中两种运输空间容量的差异较小, 不足以导致仔猪行为的差异; 也可能是设定的 0.09 m<sup>2</sup>/头运输空间容量是

根据断奶仔猪趴卧所需面积，而仔猪趴卧面积可能要大于或等于运输空间容量的最低阈值。当然，这还需以后进一步研究才能证实。

运输过程中猪活跃激烈程度在一定程度上可反映出猪的运输福利问题 (Lambooij et al, 1995; Broom, 2000)。运输过程中，特别是猪群混合运输，猪群容易因生活环境改变而导致异常活跃，相互攻击行为时有发生，造成猪体表损伤，最终会影响猪的生产性能。Bradshaw et al (1996) 对肥猪混合群运输的研究发现，在 1.5 h 之内运输猪活跃指数为 3.2。本次试验同样发现，不管运输空间容量如何，运输 1 h 之内，仔猪的活跃指数高达 3.1 以上 (图 4)，基本与 Bradshaw et al (1996) 对肥猪的研究结果相似。本次试验还发现，随着运输时间逐渐增加，猪活跃激烈程度成波浪式变化 (图 4)，在 3h 时达到较低，这可能是仔猪经过相互争斗后的一种疲劳表现，出现了短暂的安静状态；而后，仔猪的活动激烈程度又逐渐增加，这可能是由于到了采食时间，饥饿刺激导致仔猪活跃激烈程度。

猪体表的损伤程度，也是猪运输福利问题的重要指标之一 (Lambooij et al, 1995)，也可作为反映运输过程中猪争斗激烈程度高低的指标。对肥猪而言，运输引起的体表损伤将会导致胴体质量变差 (Warriss et al, 1998)；对于仔猪而言，体表损伤会使仔猪更易感染病菌；更为严重的是，由于仔猪耳朵或尾巴出血会引起其他仔猪的围攻，从而导致被攻击仔猪严重受损，甚至死亡。本次试验中，试验设定的两种运输空间容量对仔猪体表受损程度的影响无显著性差异 (表 4)，且运输结束后，仔猪体表损伤程度相对较低，表明此次运输过程中仔猪的相

互攻击行为的激烈程度较低。

运输的体重损失是运输过程中常见的问题之一。McGlone et al (1993) 的研究表明，即使是健康猪，经过 4 h 运输，其体重也会损失 5% 左右；Berry & Lewis (2001) 的模拟运输试验同样表明，17 日龄的早期断奶仔猪经 6—12 h 运输，其体重损失达到 5.8%—9.1%；本次试验结果也表明，40 日龄的仔猪经 7 h 的运输，0.15 m<sup>2</sup>/头的体重损失为 3.6%，而 0.09 m<sup>2</sup>/头的为 4.1% (表 5)，与前人的试验结果基本一致。

运输体重恢复作为仔猪正常健康生产的重要标志之一。本次试验表明，经过 3 d，仔猪基本能恢复到运输前的体重 (表 5)，这一结果与 Berry & Lewis (2001) 对断奶仔猪的研究结果 (需 4 d 恢复) 基本相同。

### 3.3 结论与建议

在国际上，畜禽环境研究领域不仅关注动物在各种人工环境中存活与健康问题，而且也正积极探讨行为的正常表达及福利的可操作性标准。欧盟在有关条例中建议仔猪运输中的运输空间容量为 0.15 m<sup>2</sup>/头 (亦即运输密度为 6.60 头/m<sup>2</sup>)，这个标准是否符合我国的实践要求呢？我们对此做了有益地尝试。本次试验结果表明，在确保运输过程中车内温湿度和路程运输时间的条件下，适当地降低运输面积亦即运输空间容量，即从 0.15 m<sup>2</sup>/头降低到 0.09 m<sup>2</sup>/头 (相应的运输密度从 6.60 头/m<sup>2</sup> 提高到 11.4 头/m<sup>2</sup>)，虽然会对运输过程中仔猪的躺卧行为产生一定的影响，但对仔猪的站立行为、仔猪体表受损情况和体重损失并无显著影响。当然，这项工作要付诸实践尚需进一步探讨。

### 参考文献：

- Alexander TJL, Thornton K, Boom G, Lysons RJ, Gush AF. 1980. Medicated early weaning to obtain pigs free from pathogens endemic in the herd of origin [J]. *Vet Rec*, **106** (6): 114—119.
- Armstrong JD, Pajor EA. 2001. Changes in animal welfare need to maintain social sustainability [A]. In: Stowell RR, Bucklin R, Botcher RW. *Livestock Environment VI: Proceeding of the Sixth International Symposium* [M]. St. Joseph, Michigan: American Society for Agricultural Engineers, 1—14.
- Beattie VE, Walker N, Sneddon IA. 1996. An investigation of the effect of environmental enrichment and space allowance on the behaviour and production of growing pigs [J]. *Appl Anim Behav Sci*, **48** (3—4): 151—158.
- Berry RJ, Lewis NJ. 2001. The effect of duration and temperature of simulated transport on the performance of early-weaned piglets [J]. *Can J Anim Sci*, **81** (2): 199—204.
- Bradshaw RH, Parrott RF, Goode JA, Lloyd DM, Rodway RG, Broom DM. 1996. Behavioural and hormonal responses of pigs during transport: Effect of mixing and duration of journey [J]. *Anim Sci*, **62** (3): 547—554.
- Broom DM. 2000. Welfare assessment and welfare problem areas during handling and transport [A]. In: Grandin T. *Livestock Handling and Transport*. 2nd ed [M]. Wallingford, UK: CAB International, 43—61.
- Cui WG, Bao J. 2004. Animal behavioral stereotypy and animal welfare [J]. *Anim Sci Abroad*, **31** (6): 3—5. [崔卫国, 包军. 2004. 动物的行为规避与动物福利. *中国畜牧兽医*, **31** (6): 3—5.]
- EC Working Group on Transport of Farm Animals. 1992. Report of the Scientific Veterinary Commission on Animal Welfare Section, VI/3404/92 [R]. Brussels: Commission of the European Communities.
- Geers R, Bleus E, Van Schie T, Ville H, Gerard H, Janssens S, Nackaerts G, Decuyper E, Jourquin J. 1994. Transport of pigs different with respect to the Halothane gene: Stress assessment [J]. *J Anim Sci*, **72** (10): 2552—2558.

- Hails MH. 1978. Transport stress in animals : A review [ J ]. *Anim Regul Studies* , **1** ( 4 ): 289 - 343 .
- Hall S , Bradshaw RH. 1998. Welfare aspects of transport by road of sheep and pigs [ J ]. *J Appl Anim Welf Sci* , **1** ( 3 ): 235 - 254 .
- Harding EJ , Paul ES , Mendl M. 2004. Animal behaviour : Cognitive bias and affective state [ J ]. *Nature* , **427** ( 6972 ): 312 .
- Hogan JA. 1997. Energy models of motivation : A reconsideration [ J ]. *Appl Anim Behav Sci* , **53** ( 1 - 2 ): 89 - 105 .
- Lambooij E , Geverink NA , Broom DM , Bradshaw RH. 1995. Pig welfare : Quantifying pigs' welfare using behavioural parameters [ J ]. *Meat Focus Int* , **4** ( 11 ): 453 - 456 .
- Lambooij E. 2000. Transport of pigs [ A ]. In : Grandin T . *Livestock Handling and Transport*. 2nd ed [ M ]. Wallingford , UK : CAB International , 275 - 296 .
- Lambooy E , Engel B. 1991. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance : Some aspects of loading density and ventilation [ J ]. *Livest Prod Sci* , **28** ( 2 ): 163 - 174 .
- Mason GJ , Cooper JJ , Clarebrough C. 2001. Frustrations of fur-farmed mink [ J ]. *Nature* , **410** ( 6824 ): 35 - 36 .
- Matthews LR , Ladewig J. 1994. Environmental requirements of pigs measured by behavioural demand functions [ J ]. *Anim Behav* , **47** ( 3 ): 713 - 719 .
- McGlone JJ , Salak JL , Lumpkin EA , Nicholson RI , Gibson M , Norman RL. 1993. Shipping stress and social status effects on pig performance , plasma cortisol , natural killer cell activity , and leukocyte numbers [ J ]. *J Anim Sci* , **71** ( 4 ): 888 - 896 .
- Mendl M. 2001. Animal husbandry : Assessing the welfare state [ J ]. *Nature* , **410** ( 6824 ): 31 - 32 .
- National Pork Board ( NPB ). 2003. *Swine Care Handbook* [ M ]. Des Moines , IA , USA : NPB .
- Pérez MP , Palacio J , Santolaria MP , Acena MC , Chacon G , Gascon M , Calvo JH , Zaragoza P , Beltran JA , Garcia-Belenguer S. 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs [ J ]. *Meat Sci* , **61** ( 4 ): 425 - 433 .
- Perremans R , Randall JM , Rombouts G , Decuyper E , Geers R. 2001. Effect of whole-body vibration in the vertical axis on cortisol and adrenocorticotrophic hormone levels in piglets [ J ]. *J Anim Sci* , **79** ( 4 ): 975 - 981 .
- Perremans S , Randall JM , Allegaert L , Stiles MA , Rombouts G , Geers R. 1998. Influence of vertical vibration on heart rate of pigs [ J ]. *J Anim Sci* , **76** ( 2 ): 416 - 420 .
- Petherick JC , Baxter SH. 1981. Modelling the static spatial requirements of livestock [ A ]. In : MacCormack JAD. *Proceedings of the CIGR Section II Seminar on Modelling , Design and Evaluation of Agricultural Buildings* [ C ]. Bucksburn , Aberdeen , UK : Scottish Farm Buildings Investigation Unit , 75 - 82 .
- Sherwin CM , Olsson IAS. 2004. Housing conditions affect self-administration of anxiolytic by laboratory mice [ J ]. *Anim Welf* , **13** ( 1 ): 33 - 38 .
- Turner SP , Ewen M , Rooke JA , Edwards SA. 2000. The effect of space allowance on performance , aggression and immune competence of growing pigs housed on straw deep-litter at different group sizes [ J ]. *Livest Prod Sci* , **66** ( 1 ): 47 - 55 .
- van Putten G , Lambooij E. 1982. The international transport of pigs [ A ]. In : *Proceedings 2nd European Conference on the Protection of Farm Animals* [ C ]. Strasburg , 92 - 103 .
- Vestergaard KS , Damm BI , Abbott UK , Bildsøe M. 1999. Regulation of dustbathing in feathered and featherless domestic chicks : The Lorenzian model revisited [ J ]. *Anim Behav* , **58** ( 5 ): 1017 - 1025 .
- Warriss PD , Brown SN , Barton Gade P , Santos C , Nanni Costa L , Lambooij E , Geers R. 1998. An analysis of data relating to pig carcass quality and indices of stress collected in the European Union [ J ]. *Meat Sci* , **49** ( 2 ): 137 - 144 .
- Warriss PD. 1998. The welfare of slaughter pigs during transport [ J ]. *Anim Welf* , **7** ( 4 ): 365 - 381 .
- Zang Q , Zhao YJ , Li BM , Shi ZX , Han J. 2005. Behavioral differences of the Chinese little fat-tailed sheep in three growth phases in the loose housing system in summer [ J ]. *Zool Res* , **26** ( 3 ): 279 - 286 .
- [ 臧 强 , 赵亚军 , 李保明 , 施正香 , 韩 晶 . 2005 . 夏季舍饲散养环境下不同发育期小尾寒羊的行为差异 . 动物学研究 , **26** ( 3 ): 279 - 286 . ]

## 本期封面照片介绍——菲菊头蝠

菲菊头蝠 (*Rhinolophus pusillus*) 属于小蝙蝠亚目 (Microchiroptera) 菊头蝠科 (Rhinolophidae) 菊头蝠属 (*Rhinolophus*)。体形较小, 非冬眠状态下为 5.5—6.5 g; 冬眠时由于体内脂肪的累积, 体重可达 9 g 左右。头体长 32—39 mm, 前臂长 38—41 mm。头部马蹄形叶中央裂口基部具两颗小乳突, 鞍状叶较窄, 基部较顶部略宽。毛色呈棕褐, 毛基部灰白色。在我国主要分布于华中, 华南及西南等地区。在国外, 见于印度、尼泊尔、泰国、缅甸、老挝、马来群岛、明达威群岛等地。

罗 峰

(华中师范大学 生命科学学院, 湖北 武汉 430079)

在本期第 235 页发表的论文“三种共栖蝙蝠的回声定位信号特征及其夏季食性的比较”中, 有该种的回声定位信号特征及其夏季食性的研究结果。研究结果表明: 菲菊头蝠回声定位叫声属于长恒频调频型 (FM-CF-FM), 具有较高的主频率, 为  $(110.78 \pm 1.65)$  kHz, 有利于探测细小的食物类型。与共栖的高颅鼠耳蝠和黑髯墓蝠在声音和食物组成等方面出现了明显分化。

编辑部