

哺乳母猪自动饲喂机电控制系统的优化设计及试验

熊本海¹, 杨亮¹, 曹沛², 潘晓花¹, 王明利²

(1. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 动物营养学国家重点实验室, 北京 100193;

2. 河南南商农牧科技有限公司, 郑州 453500)

摘要: 随着中国规模化、集约化种猪场数字化智能饲喂需求的快速增加, 为解决哺乳母猪少吃多餐且随哺乳日龄变化采食量动态增加的饲喂控制需求, 该研究以哺乳母猪为试验对象, 将机电系统、无线网络技术、Android技术、SQLite数据库、电子数据交换与哺乳母猪的营养供给模型集成起来, 设计了一种哺乳母猪自动饲喂控制智能系统。研究结果表明, 组成一个哺乳母猪智能系统的主要部件包括供料线、缓冲料仓、料位控制筒、料位调控杆、下料控制线管、螺旋输送机、中央控制箱、下料触发器、料槽及下料管道等, 而且通过在系统的微处理器内存预设的采食量模型与雨刷电机精确旋转的电子控制技术相结合, 实现了对预设饲喂量的准确投料; 还通过储料仓的料位控制机构及设置的人工观察孔, 可控制缓冲料仓的合理贮料量, 尤其对泌乳早期(0~10 d)母猪的存贮料量最佳为大约10 d单头母猪的理论采食量, 以保持日粮的新鲜度及减少结块; 预设的采食量的动态投料控制量基本符合哺乳母猪实际采食变化规律, 且实际采食量的变化轨迹收敛于对数曲线。基于智能自动饲喂系统中采食量模型计算出不同泌乳日期的预测采食量, 按4次/d的饲喂频率及变化的投料比例(30%, 25%, 25%及20%)进行定时与定量投喂, 与人工饲喂对比, 能显著促进哺乳仔猪采食量的增加($P<0.05$), 以及极显著提高哺乳仔猪的平均体质量日增加量($P<0.01$)。此外, 考虑安装、清理料槽及母猪采食的方便性, 建议母猪饲喂器的触发器安装高度大约为10 cm。总之, 该文设计的哺乳母猪电子自动饲喂系统无需传感器及电子标识技术的应用, 适合在中国中、小型的种猪繁育场的哺乳舍推广应用, 且系统设备及相应的软件系统的部署方便。进一步指出, 母猪自动饲喂器除需要验证哺乳母猪的采食特性及哺乳的仔猪的断奶性能外, 在未来还需要观察母猪的返情率甚至断奶商品猪的成活率等指标, 从整个母猪的利用年限评价智能饲喂设备的优劣。

关键词: 饲喂; 控制系统; 智能系统; 哺乳母猪; 储料仓; 触发器

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2014.20.004

中图分类号: S225

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2014)-20-0028-06

熊本海, 杨亮, 曹沛, 等. 哺乳母猪自动饲喂机电控制系统的优化设计及试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(20): 28—33.

Xiong Benhai, Yang Liang, Cao Pei, et al. Optimal design and test of electromechanical control system of automatic feeder for nursing sow[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(20): 28—33. (in Chinese with English abstract)

0 引言

怀孕母猪分娩后, 从生理上立即转入哺乳阶段, 妊娠母猪变为哺乳母猪。大量的研究发现, 最大化哺乳母猪采食量, 可增加下一胎次的产仔率^[1], 缩短从断奶至发情的间隔, 增加仔猪初生体质量, 减少妊娠期饲料成本及延长母猪利用年限^[1-2]。哺乳母猪的饲喂方法主要有手工饲喂、半自动饲喂、自由采食及智能化饲喂。人工饲喂不能达到完全的定时及变量饲喂, 尤其对于不了解母猪采食行为的新

员工, 往往造成母猪的采食量上不去, 断奶仔猪的体质量下降, 严重影响母猪的生产力水平^[3]。半自动饲喂方式, 因个体体质量、体况及抚养的小猪数量的不一致, 大部分情形下母猪采食量不足, 个别情形也出现采食量过剩, 大部分母猪较难达到理想饲喂状态。自由采食的饲喂模式, 较难保证母猪在整个哺乳期的采食量变化, 特别是调控哺乳前期采食量的逐渐递增, 导致实际的采食量往往偏离理想的采食量。而智能化饲喂可根据母猪的个体体况, 包括体质量、哺乳日粮的养分浓度及哺乳的小猪数量, 按哺乳母猪的营养需要量模型^[4-5]及日粮的主要养分(消化能、代谢能或净能)浓度, 计算随日龄变化的干物质或日粮的采食量, 通过中央控制器与自动饲喂装置的协同工作, 实现对哺乳母猪的精细化、定时及定量饲喂, 尽可能动态满足母猪的养分需要量, 实现采食量的最大化。在国外, 围绕妊娠

收稿日期: 2014-06-16 修订日期: 2014-10-10

基金项目: “十二五”国家“863”计划重大研究课题(2012AA101905); 国家科技支撑计划课题(2014BAD08B05)

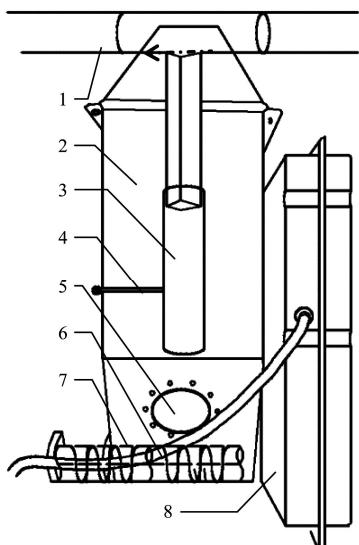
作者简介: 熊本海, 男, 湖北红安人, 研究员, 博士生导师, 长期从事饲料动物营养及畜牧业信息技术研究。北京 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 100193。Email: bhxiong@iascaas.net.cn

母猪的电子饲喂站的开发很多, 其应用获得了巨大的成功, 包括荷兰的 Velos 设备^[6-7], 美国的 Osborne 设备^[8-10], 法国的 Elistar 设备等^[11]。国产的九川母猪饲喂站^[12], 也基本解决了妊娠母猪的精细饲喂的技术需求。近年来, 有关哺乳母猪的自动饲喂设备的研究与应用也取得较快的发展, 典型的有加拿大的 Gestal 哺乳母猪饲喂管理系统^[13], 国产润农哺乳母猪饲喂与管理系统^[14]。上述研究的系统或多或少促进了母猪生产力的改善, 缓解了对劳动力的需求, 提高了种猪养殖的效益。本研究则从哺乳母猪的营养需要量及采食行为生理特点出发, 消化、吸收国内外同类型产品的优缺点, 开发新一代哺乳母猪智能自动饲喂系统, 以期为中国中、小型的种猪繁育场的哺乳舍推广应用提供依据。

本研究设计了一种哺乳母猪自动饲喂器, 主要采用电子控制、触发器与雨刷电机的协同技术, 辅助以桌面计算机及移动智能终端及无线网络控制技术, 满足了哺乳母猪定量、定时的饲喂需求, 实现了采食量最大化, 剩料最小化, 并通过饲喂中试试验, 获得了设备的主要技术参数。

1 哺乳母猪自动饲喂机电控制系统

哺乳母猪自动饲喂机电控制系统主要由供料线、缓冲料仓、料位控制筒及手动柄、观察口、下料控制线管、螺旋输送机及中央控制箱组成, 如图 1 所示。



1. 供料线 2. 缓冲料仓 3. 料位控制筒 4. 料位调控杆 5. 观察孔
6. 下料控制线管 7. 螺旋输送机 8. 中央控制箱
1. Feed supply line 2. Buffer feed bin 3. Feed level control tube 4. Feed level control hand shank 5. Viewing port 6. Feeding control line tube
7. Screw conveyer 8. Center control box

图 1 哺乳母猪自动饲喂机电控制系統结构简图

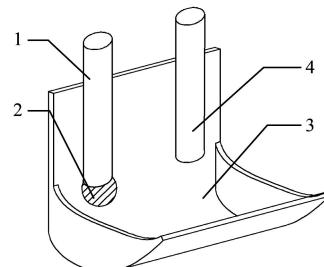
Fig.1 Sketch map of electromechanical control system of automatic feeder for nursing sow

其中, 料位控制装置主要控制由料线管道进入

储料仓的饲料量。以满足一头母猪 10 d 左右的饲喂量为依据设计储料仓容积。在泌乳早期即前 10 d, 母猪的采食量较低, 呈逐步增加的趋势, 如果储料仓太满, 将会造成饲料存贮时间较长, 致使饲料的新鲜度降低甚至可能结块。因此, 专门设计料位控制机构。料位控制杆位置越低, 储料就越少, 反之越多。中央控制箱是整个饲喂系统的灵魂, 控制下料的时间与饲喂数量或比例, 包括自动饲喂微处理器 (micro control unit, MCU) 软、硬件^[15]以及液晶显示屏、数字输入按钮、内存及电子数据交换 EDI (electronic data interchange) 接口。通过无线网络, 接受饲喂技术员对 MCU 内存的数据修改、保存与传输。此外, 控制箱内部包含雨刷电机^[16], 其动力输出轴与螺旋输送机垂直连接。

2 料槽喂料机构

喂料装置结构简图如图 2 所示, 其主要通过下料管与下料控制线管与图 1 所示供料及电子控制系统连接起来。不同个体母猪每天预设的饲喂量按 4 次饲喂设置, 而且每次饲喂量可以不同, 一般分配比例为 30%, 25%, 25%, 20%。每次控制的最少下料量大约为 100 g, 为雨刷电机旋转一圈的下料量。在中央控制器检测到规定的投料时间点, 一般首先按预定量的 1/2 左右下料, 猪只采食完后, 只有拱到触发器, 就启动电机系统再次下料, 供料量为 100 g, 依次执行, 但总量不超过当次的设定量。如果未采食完本次规定的比例或数量, 中央控制系统会自动将本次的不足部分追加到下一次的预设量或比例上, 但与前面已经发生的采食累计总量或比例是固定的。



1. 下料控制线管 2. 触发器 3. 料槽 4. 下料管
1. Feeding control line tube 2. Trigger 3. Feed containing groove
4. Feed flowing tube

图 2 进口门结构简图

Fig.2 Sketch map of entry door

3 哺乳母猪饲喂参数与数据采集系统

饲喂控制通过中央控制器接受来自计算机软件系统的数据进行交换控制。计算机软件系统用来管理每头哺乳母猪的个体信息及饲喂参数, 主要是个性化预设每头母猪采食量、饲喂时间及饲喂量, 同

时在线记录每头每次的实际采食量。上述数据的预设、采集、管理与分析的功能既可通过桌面软件系统实现，也可以通过智能手机作为移动终端进行控制，尤其是饲养员可通过移动终端现场微调每头猪的实际饲喂参数，体现个体差异性及灵活性。本研

究利用 .Net 的 C# 语言^[17]，以及基于 Android 技术、SQL Lite 数据库^[18]及移动终端即智能手机，分别开发了预设采食量及记录实际采食量的桌面及移动的控制模块（图 3），该软件可满足不同环境条件下的操作需求。



a. 桌面计算机投料控制

a. Feeding control interface from PC

b. 移动终端控制界面

b. Feeding control interface from mobile handset

图 3 桌面计算机及移动终端的饲喂控制界面

Fig.3 Feeding control interfaces from PC and mobile handset

4 饲喂试验及结果

4.1 采食量及曲线比较

试验组采用智能设备饲喂方式，饲喂周期 30 d，选用了初产和经产母猪共 30 头，其平均窝产仔数为 9.03 头。母猪产房为半开放式，受外界环境因素影响较大，舍内日平均气温在 32~33℃，最高温度达到 36℃，最低气温在 25~27℃。对照组采用人工饲喂方式，随机选取 30 头体况、胎次相近的哺乳母猪，饲喂周期 30 d。每天分别记录 2 种饲喂方式下母猪的平均采食量，获得图 4 所示的采食量曲线。其中，智能饲喂方式预设的采食量综合参考了中国猪饲养标准^[19]及 NRC^[5]建议的猪的营养需要量中有关哺乳母猪的日粮浓度与采食量的相关模型而制定的。

从图 4 可以发现，采用人工喂料的母猪在整个周期的采食量几乎都低于智能系统饲喂，但在哺乳的最后一周，对照组的采食量也增至最大水平，与设备饲喂的采食量水平基本一致。在整个试验期间，人工喂料也采用逐渐增料的方式，直至最大量 (6 kg)，但采用设备饲喂的母猪采食情况良好，其最大采食量达到了 7.4 kg。整个周期采用人工喂料的日平均采食量为 3.8 kg，而智能饲喂系统为 4.58 kg，高出人工喂料的 20.5%。

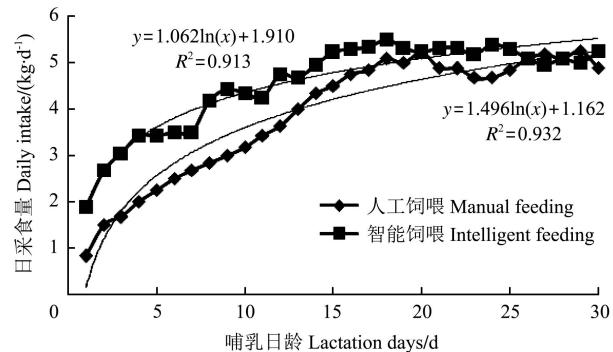


图 4 人工饲喂及智能化饲喂的母猪采食量比较

Fig.4 Comparison of sow diet intakes of both manual feeding and intelligent machine feeding

试验数据表明，智能化 4 次/d 的饲喂制度基本达到预期的研究目标。但从图 4 可知，2 种饲喂方式下，采食量总体呈现逐渐增加的趋势，在局部上出现较大波动，可能与猪舍的环境温度较高有关。尽管如此，对采食量数据进行模拟，均收敛于对数曲线（智能饲喂： $y = 1.062\ln(x) + 1.910$, $R^2=0.913$ ；人工饲喂： $y = 1.496\ln(x) + 1.162$, $R^2=0.932$ ，其中 y 为日采食量，kg； x 为哺乳天数，d），表明用对数模型基本反映哺乳母猪的采食量规律。事实上，还可以采用 Gomperz 函数或 Wood 模型^[20]模拟采食量曲线，本文不做展开分析。

4.2 饲喂效果比较

采用传统饲喂方式饲养 3 批产床母猪, 即对照组 1、对照组 2 及对照组 3(见表 1), 涉及 68 个分娩胎次, 分别为 36、12 及 20 胎次, 哺乳的仔猪头数共 531 头。采用本研究获得的智能饲喂

设备饲养的哺乳母猪涉及 30 胎次、271 头仔猪, 即试验组(表 1), 试验组开始前寄养其他舍的小猪 15 头, 实际哺乳的仔猪头数为 286 头。试验组与对照组哺乳母猪的繁殖性能及断奶性能指标列在表 1 中。

表 1 智能饲喂与传统人工饲喂的繁殖与断奶性能比较

Table 1 Breeding and weaning feature' comparison between intelligent feeding and traditional manual feeding

	项目 Items	试验组 Test	对照组 1 Ctrl. 1	对照组 2 Ctrl. 2	对照组 3 Ctrl. 3
繁殖性能 Breeding features	分娩胎数 Farrowing parity	30	36	12	20
	初生活仔 Number of live piglets	271	290	83	158
	初生总质量 Total mass of birth/kg	357.1	389	113.3	217.81
	初生平均体质量 Average body mass/kg	1.32	1.34	1.37	1.38
断奶性能 Weaning Features	断奶日龄 Weaned days/d	26.1	28.5	28.6	28.7
	断奶仔猪数 Number of weaned piglets	279	272	78	155
	断奶总质量 Total weaned mass/kg	2105	2021	592	1163
	平均断奶质量 Average weaned mass/kg	7.54	7.43	7.59	7.50
	断奶率 Weaning percentage/%	97	94	94	98
每头平均体质量增加 Average total gained body mass/kg		6.23a	6.09b	6.23a	6.12b
每头平均日增质量 Average daily gained body mass of one pig/g		238.7a	213.7b	217.8b	213.2b
校正到 28 d 总的体质量增量 Average total gained body mass modified to 28 d/g		6 684a	5 983c	6 099c	5 971c

注: 同行上标具有不同小写字母(如 a、b、c), 相邻的表示差异显著($P<0.05$), 隔邻的表示差异极显著($P<0.01$), 下同。

Note: Those with different subscript (such as a vs. b; b vs. c) in a row means significant difference and with significant difference with separated subscript (such as a vs. c), same as below.

表 1 统计数据分析表明, 试验组仔猪的初生平均体质量比 3 个对照组略轻, 但差异不显著。而通过约 28 d 的饲喂后, 试验组每头平均体质量增加尽管与对照组 2 差异不显著, 但显著高于对照组 1 及对照组 3 ($P<0.05$)。试验组与对照组 2 差异不显著, 可能与对照组 2 本身的出生体质量平均略高试验组 50 g, 而且试验组在 26 d 即早 2 d 就断奶了有直接关系。如果按每头平均日增体质量分析, 则试验组均显著高于 3 个对照组 ($P<0.05$); 如果将每头平均体质量的增加量校正到 28 d 的增加量, 试验组更是显著高于对照组 ($P<0.01$)。以上数据说明, 使用哺乳母猪智能饲喂系统, 能显著提高仔猪平均断奶体质量, 对商品猪的饲喂带来明显的好处^[21]。因为仔猪断奶的体质量决定了今后饲喂的商品性能, 影响到出栏质量。

4.3 触发器安装高度对采食量的影响试验

为验证触发器的安装是否影响母猪的采食, 为此选择了 10 台智能自动饲喂器, 按触发器触头离料槽底部的距离分别为 6、8.5 和 12 cm 设置 3 个试验组, 分别饲喂的母猪头数为 2、4 及 4 头, 哺乳母猪的体质量误差为 ± 2 kg, 分娩的日期相同, 哺乳的仔猪头数均为 10 头, 分别记录从泌乳第 11~20 天连续 10 d 的采食量。采食量结果与分析见表 2。

表 2 不同的触发器安装高度对采食量的影响

Table 2 Effects of different installing heights of trigger on feed intake

试验组 Test group	触发器安装高度 Installing height of trigger/cm	饲养头数 Number of feeding	平均的 10 d 采食量 Average total intake during 10 days/kg
试验组 1 Test group 1	6	2	34.97a
试验组 2 Test group 2	8.5	4	35.12a
试验组 3 Test group 3	12	4	35.23a

表 2 表明, 触发器的安装高度, 对母猪的采食量没有显著影响($P>0.05$)。考虑到安装、清理料槽与母猪采食的便利, 建议触发器安装高一点, 大约 10 cm 为宜。

5 结 论

1) 设计了一种妊娠母猪的精确自动饲喂控制设备。通过储料仓中料位手动控制机构, 可控制哺乳早期的储料量不宜过多, 以保持料的新鲜度并减少结块。通过 4 个饲喂时间区段及饲喂比例的控制喂料, 能明显促进哺乳母猪采食量的增加。

2) 与传统人工饲喂的采食量对比研究发现, 智能饲喂的母猪在不同泌乳日期的采食量均高于人工饲喂的采食量, 而且采食的变化规律与系统推荐的采食模型基本一致, 表明系统推荐的采食量预

设模型可行，且模型较好收敛于对数曲线。

3) 对妊娠母猪繁殖与断奶性能的试验结果表明，智能自动饲喂显著增加校正到 28 d 哺乳日期的仔猪体质量的增加量。尽管如此，智能哺乳饲喂设备的饲喂效果还需更大数量的母猪试验结果进行广泛的验证，在未来还需要观察母猪的返情率甚至断奶商品猪的成活率等指标，从整个母猪的利用年限即生命周期内评价智能饲喂设备的优劣。

4) 母猪饲喂器触发器的不同安装高度对采食量不构成影响。考虑到安装、料槽清理及母猪采食的便利，建议触发器安装高度控制在 10 cm 为宜。

[参 考 文 献]

- [1] Goodband B, De Rouchey J, Tokach M, et al. Strategies for feeding weaned pigs[C]// Proc London Swine Conf, London, ON, Canada. 2006: 75—85.
- [2] Clowes E J, Aherne F X, Foxcroft G R, et al. Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function[J]. Journal of Animal Science, 2003, 81(3): 753—764.
- [3] 徐言明. 提高母猪繁殖力的综合措施[J]. 当代畜牧, 2013, 10: 28—30.
Xu Yanming. The comprehensive measures of improve sow fertility[J]. Modern Animal Husbandry, 2013, 10: 28—30. (in Chinese with English abstract)
- [4] 谢仕彦, 郑春田, 姜建阳, 等. 猪营养需要[M]. (第十次修订版). 北京: 中国农业大学出版社, 1998.
- [5] National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Swine[M]. Washington D C 20418 USA: The National Academies Press, 2012: 208—238.
- [6] Nedap. Velos Electronic Sow Feeding[EB/OL]. 2013-07-30[2014-5-10].http://www.esf2013.com/pdf/Velos_ESF_brochure_EN.pdf.
- [7] National Hog Farmer. Loose Sow Housing Gets Top Billing[EB/OL]. 2011-01-19[2014-05-15].<http://nationalhogfarmer.com/genetics-reproduction/sow-gilt/loose-sow-housing-gets-top-billing-0115>.
- [8] Korthals R L, Rodney L. Tactical animal management[J]. Resource, 2003, 10(7): 9—10.
- [9] Pigtek. Maximize Feed Efficiency, Gain Management Flexibility[EB/OL]. 2013-07-30[2014-05-15].http://choretimelog.com/products.php?product_id=494.
- [10] Mundigo. TEAM® Electronic Sow Feeding[EB/OL]. 2013-04-09[2014-05-15].<http://mundigo.com.au/wp-content/uploads/2013/04/130409-1-Mundigo-Flyer-TEAM-ESF.pdf>.
- [11] Pigtek. Maximize Feed Efficiency, Gain Management Flexibility[EB/OL]. 2013-07-30[2014-05-16].
http://choretimelog.com/products.php?product_id=494.
- [12] 杨亮, 熊本海, 曹沛, 等. 妊娠母猪自动饲喂机电控制系统的优化设计与实现[J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 66—71.
Yang Liang, Xiong Benhai, Cao Pei, et al. Design and experiment of electromechanical control system of automatic feeder for gestation sow[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(21): 66—71. (in Chinese with English abstract)
- [13] JYGA Technologies. Computerized Feeding System for Farrowing sows. 1994-2014[2014-5-15].
<http://jygatech.com/?lang=en>.
- [14] 润农科技.中国畜牧业博览会——润农哺乳母猪饲喂器 荣耀首发 [EB/OL]. 2014-05-18[2015-05-15].
<http://www.rntech.com.cn/news/20140605.html>.
- [15] 孙书鹰, 陈志佳, 寇超. 新一代嵌入式微处理器 STM32F103 开发与应用[J]. 微计算机应用, 2010, 31(12): 59—63.
Sun Shuying, Chen Zhijia, Kou Chao. The developing and application of the new generation of embedded MPU-STM32F103[J]. Microcomputer Applications, 2010, 31(12): 59—63. (in Chinese with English abstract)
- [16] 陈敏, 邓颖. LPC2141 的无刷直流电机控制系统设计[J]. 单片机及嵌入式系统应用, 2010, 1(1): 32—36.
Chen Min, Deng Ying. Brushless DC motor control system based on LPC2141[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2010, 1(1): 32—36. (in Chinese with English abstract)
- [17] 里克特. Microsoft.NET 框架程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [18] 吴亚峰, 苏亚光. Android 应用案例开发大全[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011.
- [19] 中华人民共和国农业部. 猪饲养标准(NY/T 65-2004)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [20] WOOD P D P. Algebraic model of the lactation curve in cattle[J]. Nature, 1967, 216: 164—165.
- [21] 王恬. 2009~2010 年度中国猪营养研究进展[J]. 饲料工业, 2011, 32(15): 1—9.
Wang Tian. China pig nutrition research progress from 2009 to 2010[J]. Feed Industry, 2011, 32(15): 1—9. (in Chinese with English abstract)

Optimal design and test of electromechanical control system of automatic feeder for nursing sow

Xiong Benhai¹, Yang Liang¹, Cao Pei², Pan Xiaohua¹, Wang Mingli²

(1. State Key Laboratory of Animal Nutrition; Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Henan NanShang Sci. & Tech. co., LTD, Zhengzhou 453500, China)

Abstract: With the rapid development of large-scale and intensive breeding pig farms in China, the demand for digital intelligent feeding equipment has been increased. In order to realize precise feeding, and to meet the requirements of small intake with more times and dynamically adjusting feed intake based on lactation days, one automatic electro-mechanical feeding control systems of lactating sows was designed in this study. In the system, the electro-mechanical systems, wireless network technology, mobile Structured Query Language Lite network database, and electronic data interchange were integrated with feed intake prediction models of lactating sow nutrient requirements. This intelligent feeding system included main parts of feed supply line, buffer feed bin, feed level control tube, feed level control hand shank, feed level viewing port, feeding control line tube, screw conveyer, center control integrated box, laying-off trigger, feed containing groove and feed flowing tube. The system integrated predetermined ration intake prediction models of nursing sows into microprocessor memory, and combined wiper motor's precise electronic control technology to realize the precise control of diet feeding. Results showed that the total residual of daily feed for each sow was less than 50 g. In the system, the level indicator and artificial observation hole in storage silo were used to keep feed fresh and to reduce arch, and the advised feed storage was 10 times as much as the predicted daily feed intake for sows in early lactation; Besides, the predefined dynamic feeding system could meet the requirement of feed intake by the 28 days lactating sows, and the feed intake curve was converged to the logarithm curve. A 28-d feeding experiment was conducted with a total of 531 piglets divided into 1 test group and 3 control groups. Each group had farrowing parities of 30, 36, 12, and 20 respectively. The piglets were fed with the pre-set feed amount calculated by the feed intake prediction models in system for 4 times per day with ratio in feed of 30%, 25%, 25% and 20%, The results demonstrated that the piglets in test group had more feed intake ($P<0.05$) and higher average daily gain ($P<0.01$) compared with other 3 control groups. Taking the convenience of installation, trough clearing and feed ingestion into consideration, the install height of the laying-off trigger was suggested to be about 10 cm beyond the bottom of feed trough. This height is very convenient to install the feeding equipment and to connect with the related software systems. In conclusion, the designed electronic automatic feeding system of lactation sows adopts electro-mechanical integrate system and can work without sensors and electronic identification system such as Radio Frequency Identification Device. It is easy to operate and maintain, and feasible for use in common breeding sow farms. Additonally, it takes lower cost compared with expensive import devices as USA Osborne, France Elistar and the Netherlands Velos sow feeding devices, and thus is suitable for small and medium sow breeding farms. However, more studies are needed to verify the sows' feed intake characteristic and weaning piglets' performances, and to evaluate the performance of the proposed intelligent feeding system based on indicators such as estrus returning rate and survival rate of commercial pigs in life cycle of pigs.

Key words: feeding; control systems; intelligent systems; lactation sow; storage silo; laying-off trigger