



# GUANGDONG JOURNAL OF ANIMAL AND VETERINARY SCIENCE

Established in March 1976(Bimonthly)

FEB.2017 Volume 42, Number 2 (Total No.192)

---

## Main Content

Effects of muscle glycogen metabolism regulation on pork quality.....	Ma Xianyong, Hu you jun, et al(1)
Research progress on the culture of porcine oocytes maturation in vitro.....	Zhou Rong, Shi junsong, et al(5)
Analysis on the demand of forage in herbivore animal production and its impact on the adjustment of crops farming plan.....	Huang Lin, Wang Gang, et al(8)
Research progress of nutrition and feed of quality meat-type chickens in 2015 .....	.....
.....	Jiang Shouqun, Gou Zongyong, et al(17)
A new macrolide antibiotic <i>Tildipirosin</i> for animals .....	Zhang Guijun, Wu Zhiling, et al(22)
Impacts and Nutritional Solution of Mycotoxins on Halth of Pigs .....	.....
.....	Gao Kaiguo, Wen Xiaolu,et al(26)
Monitoring and analysis of avian influenza virus nucleic acid before and after the close of the live poultry wholesale market in Jiangmen .....	Chen Xiudeng, Lu Qiaofen, et al(30)
Comparison immunity effects betuen inactivated vaccine and attenuated vaccine for PRRSV.....	Liu Qingyuan(32)
Diagnosis and Treatment of Porcine pseudorabies in finishing pigs .....	Su Jianchi(35)
Effect of FOS on growth performance and apparent digestibility in Piglets.....	Zeng Huisi, Cui Zhengang, et al(37)
IEffects of ferrous glycine complex on hematologic indexes in weaned piglets....	Yuan Guiming, Gao Biao, et al(41)
Analysis on the effect of hybridization between Guangdong small-ear spotted pig and Duroc .....	.....
.....	Zhang Jie, Li Baohong, et al(45)
Research progress on mycoplasma pneumonia vaccine .....	Wei Feng, Zhang Wentong, et al(46)
Diagnosis and treatment of canine soft tissue sarcoma .....	Ye Jingyue,Chen Shurong, et al(50)

Sponsored by: Guangdong Association of Animal Husbandry  
and Veterinary Medicine, Institute of Animal  
Health,Guangdong Academy of Agricultural  
Sciences.

Published by: Editor Office Guangdong Journal of Animal  
and Veterinary Science.

Chief Editor: JIANG Zongyong

Vice Chief Editor:LIN Weijun

Editor Add:135 Xianlie Dong Lu,Guangzhou P.R.China

Post Code:510500

Tel:(020)38319957 38319211

Fax:(020)38319211

E-mail:gdxmsykj@163.com

## 肌肉糖原代谢调控对猪肉品质的影响

马现永, 胡友军, 王丽, 杨雪芬, 高开国, 田志梅, 崔艺燕, 邓盾

(广东省农业科学院动物科学研究所, 农业部华南动物营养与饲料重点实验室, 国家畜禽育种重点实验室, 广东省动物育种与营养公共实验室, 广东省畜禽育种与营养重点实验室, 广东 广州 510640)

**摘要:** 肌肉糖原酵解潜能对肌肉品质有比较重要的影响, 国内外学者对此做了大量的研究工作, 本文从糖酵解潜能与肌肉品质的关系、影响糖原代谢的因素及通过糖酵解途径提高肌肉品质等方面进行综述, 为探讨糖原代谢规律及未来实现优质风味猪肉的选育与营养调控提供重要理论依据。同时也为人类运动生理学及糖原代谢相关疾病的理论研究具有借鉴意义。

**关键词:** 肌肉品质; 糖原酵解; 代谢调控

**中国分类号:** S852.23 **文献标识码:** A **文章编码:** 1005-8567(2017)02-0001-04

## Effects of Muscle Glycogen Metabolism Regulation on Pork Quality

Ma Xianyong, Hu Youjun, Wang Li, Yang Xuefen, Gao Kaiguo,  
Tian Zhimei, Cui Yiyan, Deng Dun

(Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences; The Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science (South China) of Ministry of Agriculture; State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding; Guangdong Public Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangdong Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition Guangzhou 510640)

**Abstract:** The effect of muscle glycogen on pork quality is important, and the domestic and foreign researchers have finished a lot of research work. This paper reviews the relationship between the potential of the muscle and the pork quality, the factors affecting glycogen metabolism, and improving the pork quality, and provides an important theoretical basis for the study of the regularity of glycogen metabolism and the future development of quality pork, as well as the reference for the theory research of human physiological and glycogen metabolism related diseases.

**Key words:** pork quality; glycogen; metabolism regulation

猪肉肉质一直是生猪产业研究的热点, 肉质性状受到多种因素的影响, 各种性状之间也存在一定的相关性。研究表明, 肌肉糖原酵解潜能(Glycolytic potential, GP)是衡量活体肌糖原含量或者屠宰后肌肉中可转化为乳酸的所有糖类化合物含量高低的指标。由于GP强烈影响猪肉终pH值, 从而也影响肉色和系水力, 所以它也是肉质指标之一。因此研究糖原代谢变化对肉质的影响具有十分重要的意义。

### 1 糖酵解潜能与肉质

糖酵解潜能(GP)是指动物活体或在屠宰后肌肉中可转化为乳酸的底物(如肌糖原、葡萄糖-6-磷酸和葡萄糖)及乳酸的总量, 其中6-磷酸葡萄糖、葡萄糖以及乳酸是糖原合成的中间产物或糖原的分解产物, 糖原在其中起着核心的作用, 所以了解糖原的合成和分解代谢是了解GP的必要内容。

Hamilton等<sup>[1]</sup>研究发现GP与肉色L\*、b\*值呈显著正相关, 表明GP可导致背最长肌肉色苍白(高L\*值)、泛黄(高b\*值)。降低肌肉中糖

收稿日期: 2017-01-18

基金项目: 广东省自然科学基金重点项目(2014A030311010), 现代农业产业技术体系(CARS-36), 省重点实验室支持建设专项(2012A061100005), 广东省现代农业产业技术体系创新团队(2016LM1080)。

作者简介: 马现永, 研究员, 主要从事动物营养与饲料科学研究, E-mail: 407986619@qq.com

酵解潜能及游离葡萄糖含量能提高肉品质, 但是提高糖酵解潜能及游离葡萄糖含量则增加肌肉  $L^*$  值, 和滴水损失, 降低肌肉 pH 值, 而糖原含量与这些肉质性状没有显著的相关性。Andrew Mills 等 (2008) 研究表明, 肌糖原仅占肌肉重量的 1% 到 2%, 但家畜宰后肌糖原合成代谢变化很大程度上决定着肉的品质。说明, 进行肉品质分析, 一定要综合考虑肌糖原合成分解状况。

### 1.1 糖酵解潜能影响肌肉 pH 值

pH 是最重要的肉质性状, 肉色、保水力、熟肉率等诸多性状都直接或间接地决定于 pH 的高低。终端 pH 越低、糖酵解潜力越高, 则肉色越苍白, 保水力越差<sup>[2]</sup>。猪宰时乳酸含量高, pH 值初始下降速度快, 肉温度偏高、肉色偏白。pH 值的下降速度决定了 PSE 肉 (pH 值接近 5.0) 和 DFD 肉的形成, 下降的程度也会影响肉的嫩度、系水力、颜色、蒸煮损失等。作为衡量肌肉组织中能量储备物的关键指标, 糖酵解潜能 (GP) 和总糖原含量都是由肌肉组织中的可利用糖原和乳酸含量经线性合并而来。所有的糖原代谢物含量和肌肉的终端 pH 值之间都具有极显著的负相关系数 ( $P < 0.01$ ), 和贮存过程中 pH 值的降低水平之间都表现出极显著 ( $P < 0.01$ ) 或显著 ( $P < 0.05$ ) 的正相关。另外, 肌肉的光反射值和屠宰后 45 分钟的乳酸含量之间表现出达显著水平的负相关 ( $r = -0.659, P < 0.05$ )。

### 1.2 糖酵解潜能影响肌肉肉色

糖酵解潜能不仅影响猪肉 pH, 还影响肌肉肉色。Moeller 等 (2003) 报道了背最长肌糖酵解潜能与  $L^*$  值、 $b^*$  值呈极显著正相关, 表明糖酵解潜能增加可导致背最长肌肉色苍白 (高  $L^*$  值)、泛黄 (高  $b^*$  值)。乳酸也与  $L^*$  值、 $b^*$  值和总色素含量显著相关。乳酸和糖酵解潜能与  $L^*$  值、总色素含量的相关系数差异明显。糖原与肉色评分、 $b^*$  值、总色素含量显著相关, 糖原含量增加可导致肉色变深。肌肉中乳酸的堆积, 使得组织蛋白酶对蛋白质的水解强度增加, 大量的肌肉细胞崩解, 肉质渗出, 猪肉纤维变得苍白、柔软, 此时就形成白肌肉, 即 PSE 肉。Hamilton 等 (2002) 报道糖酵解潜能影响最终 pH 值, 但不影响肉色, 这可能与猪品种及饲养方式有关。

### 1.3 肌糖原影响肌肉的嫩度

影响嫩度的因素有肌纤维状态、结缔组织中胶原蛋白种类及其交联程度、肌内脂肪和肌肉中蛋白降解酶等。在肉的熟化过程中, 肌纤维蛋白 (desmin、talin、vinculin、connectin、

filamin、nebulin 等) 的降解程度不仅影响系水力, 而且影响肉质嫩度<sup>[3]</sup>。钙激活蛋白和组织蛋白酶、钙蛋白酶抑制蛋白 (calpastatin) 参与了肌纤维蛋白的降解过程<sup>[3-4]</sup>, 而宰后肉中 pH 值变化程度和速度可影响钙激活蛋白酶活性, 继而影响肌纤维蛋白 (desmin、talin) 的降解数量和肉的嫩度<sup>[4]</sup>。研究表明, 高糖酵解潜能降低了肉的 pH 值, 但会一定程度改善肉的嫩度, 降低了剪切力<sup>[5]</sup>。而当肌肉中糖储备量降低时, 肉的 pH 值保持较高水平, 钙激活蛋白活性降低, 而钙蛋白酶抑制蛋白活性增加, 表明肉中蛋白降解较少, 肉质嫩度较低<sup>[6]</sup>。由此可见, 糖酵解潜能水平大小对肉质嫩度具有重要作用。

## 2 影响糖原代谢的因素

### 2.1 肌纤维类型

猪的 I 型和 IIa 型肌纤维有高的氧化能力, 但是, 多数 IIb 型肌纤维的氧化能力较低 (Essen-Gustavsson 和 Lindholm, 1984)。Estrade 等 (1993) 研究表明, 在含有酸猪肉突变基因 (RN-) 的猪只肌肉组织中, 糖原颗粒主要聚集在含 IIb 型肌纤维的肌肉中。在 IIb 型肌纤维内, 主要通过糖原的厌氧代谢释放能量, 随着糖酵解的发生, 乳酸的含量会持续增加<sup>[5]</sup>。Ferguson 等<sup>[7]</sup> 基于对牛和绵羊的研究结果提出高比例 IIb 型肌纤维将导致更大的 pH 值下降。当肌肉中酵解型肌纤维 IIb 型比例大时, 肌肉中 ATPase 活性与糖原含量高, 屠宰后肌肉 pH 值下降快, 并且容易产生 PSE 肉。除了以上的因素外, 肌纤维类型也会影响糖酵解潜能。一般说来, IIb 型肌纤维中具有高活性的 ATPase 和高含量的糖原, 当肌肉中 IIb 型肌纤维所占的比例较高时, 会使肌肉 pH 值下降较快, 甚至产生 PSE 肉。最终的 pH 值与肌肉的氧化力以及慢速氧化型纤维的比例成正相关。对猪生长速度和瘦肉率的长期选择, 使得家猪与野猪相比具有更高比例的酵解型肌纤维, 而就肉质而言, 氧化型肌纤维无论是在肌肉的颜色、所含脂质的含量等方面都会使肉质更加优良。

### 2.2 应激因素

猪在应激条件下, 血液中肌酸激酶 (CK)、磷酸肌酸激酶 (CPK)、醛缩酶 (ALD) 等酶含量增高、活性增强, 促肾上腺皮质激素 (ACTH) 含量增高, 使得糖原转化为乳酸过程中的催化酶增加、活性增强, 使得更多的糖原转化为乳酸, 导致肌肉品质下降。Napper 等<sup>[8]</sup> 研究表明, 冷应激降低了糖酵解潜能, 促进 pH 值升高, 导致 DFD 肉。刘

圈炜<sup>[9]</sup>研究表明, 高温增加生长猪 II 型肌纤维的数目, 减少 I 型肌纤维的数目, 也增加了生长猪糖酵解的潜能, 肉色变差。赵海云等<sup>[11]</sup>研究表明, 高温应激显著提高生长猪血液中的血糖含量, 夏季的高温使得胴体温度不易下降, 较高的温度也有利于组织蛋白酶活动。由于氟烷基基因的作用, 生猪肉细胞含有过量的肌糖原, 可以源源不断的生成乳酸, 使得组织蛋白酶在长时间的酸性环境下不断破坏肌细胞, 使得猪肉出水越来越严重。但是当家畜在宰前长时间进行消耗性运动、承受压力, 则肌糖原被消耗掉。家畜宰后由于肌糖原过少, 形成不了足够的乳酸, pH 值下降不多, 其数值在 6 以上, 组织蛋白酶对蛋白质的水解不够强, 将形成暗色、坚硬、干燥的肉质, 英文称为 DFD 肉。

### 2.3 营养因素

Rosenvold 等<sup>[11]</sup>研究发现, 在宰前 24 h 禁食且无运输刺激下, 日粮营养差异对肌肉糖原含量影响较大。营养因素对糖酵解潜能的影响主要是通过影响 PRKAG3 的表达量来实现的<sup>[12]</sup>, 而 PRKAG3 基因表达量与瘦肉率、眼肌面积、a 值、b 值和滴水损失呈正相关。

### 2.4 遗传因素

1985 年法国科学家 Monin 和 Sellier<sup>[13]</sup>第一次发现控制肌糖原含量高低的基因 (Rendement Napole Gene, 简称为 RN), 导致肌肉内肌糖原含量高的等位基因 RN 是显性的, 而导致肌肉内肌糖原含量正常的等位基因 RN 是隐性的, 亲代任何一方有 RN 等位基因都表现出肌肉高肌糖原。而酸化肉是由于 RN 基因导致某些猪肌肉内肌糖原含量过高, 源源不断的为乳酸的形成提供原料而造成 (Alarcón-Rojo 等, 2008)。Estrade 等<sup>[14]</sup>研究表明 RN 猪与正常猪相比, 其背最长肌中糖原分支酶活性显著较高, 糖原合成酶活性倾向较高, 肌肉中柠檬酸合成酶活性以及线粒体呼吸作用稍微较高, 磷酸化酶和脱支酶活性在 2 种基因型之间没有显著差异。RN 猪肌肉高糖原含量就起源于糖原代谢的合成代谢酶与分解代谢酶之间的不平衡。Li 等<sup>[15]</sup>研究发现, 携带有 RN 基因的猪肉之更加苍白, 糖酵解潜能更高。莱克多巴胺可降低肌肉糖酵解潜能。Ma 等<sup>[16]</sup>研究表明, PHKG1 基因突变导致肌肉中糖原含量升高, 肉质下降。说明遗传因素对糖酵解潜能具有重要影响。

### 3 通过调控糖酵解途径改肉品质

在糖原合成过程中, 糖原蛋白 (glycogenin) 在糖原合成的起始过程中具有重要作用。糖原合

酶 (glycogen synthase)、糖原前体合酶 (proglycogen synthase, 糖蛋白合成为糖原前体的关键酶)、分支酶 (branching enzyme) 和大分子糖原合酶 (macroglycogen synthase) 等酶参与了糖蛋白先合成为糖原前体而后再转变大分子糖原的过程 (杨航等, 2009)。在糖原分解过程中, 由于肌肉组织中不含葡萄糖-6-磷酸酶, 肌糖原分解后不能直接转变为血糖, 产生的 G-6-P 在氧充足的条件下被有氧化彻底分解, 在无氧的条件下经酵解生成乳酸, 后者经血循环运到肝脏进行糖异生, 再合成葡萄糖或糖原。因此, 对糖原分解代谢途径进行不同的调控, 会影响肌肉的品质。无氧代谢途径增强, 乳酸增多, 导致 pH 值下降, 造成肉品质下降。因此抑制或降低糖酵解途径可提高肉品质。

### 3.1 育种

在一个法国大白猪育种项目中, 使用了糖酵解潜能 (GP) 作为一个生物学标记来提高肉质。经过六各世代的连续选择后, 活体 GP 和屠宰后 GP 都得到了一定程度的提高, 并且也使得一些部位的肌肉的 pH 值有所改进, 虽然这种改进不能在机体内所有肌肉上都得到体现, 但至少证明存在将对糖原代谢物的研究成果运用于实际猪育种的可能性 (Larzul 等, 1999; Le Roy 等, 1998)。Fontanesi 等 (2003) 研究表明, 糖原合成代谢过程中的关键基因 PPKAG3 的多态性与肉色相关 ( $P \leq 0.001$ ), PGAM2 和 PKM2 与滴水损失及糖原含量有显著的相关性 ( $P=0.01$ ), 表明, 这几个基因可作为筛选肌肉中糖原代谢状态的候选基因, 通过分子育种方法提高肌肉品质。此外, 对酸肉基因的敲除, 也是一种比较有效的提高肉品质的方法。

### 3.2 营养调控

Zhang 等<sup>[17]</sup>研究表明, 在肥育猪日粮中添加白藜芦醇 300 或 600 mg/gk, 显著提高肌肉 pH 值和肉色 a 值, 肌球蛋白含量, 同时也降低 L 值, 糖酵解潜能、乳酸脱氢酶活性及其基因表达, 但是对糖原含量的影响差异不显著, 说明, 肌肉中糖酵解潜能对肉质的影响比糖原含量对肉质的影响更重要。Li 等<sup>[15]</sup>也表明, 加入莱克多巴胺在增加瘦肉率的同时, 也降低了糖酵解潜能。Zhang 等 (2014) 研究表明, 肉鸡在运输应激条件下, 肌肉中的糖原含量降低, 乳酸含量升高, 肌肉 pH 值降低, 添加 1200 mg/kg 一水肌酸, 肌肉的糖酵解潜能降低, 糖原降低的程度减少, 乳酸含量及滴水损失降低。Bee 等 (2006) 研究表明, 饲

喂高碳水化合物日粮与低碳水化合物日粮相比, 肌肉中的糖酵解潜能提高。Apple 等 (2005) 研究表明在短期运输应激的肥育猪日粮中添加镁, 能延缓肌肉中的糖原酵解, 延缓肌肉 pH 值降低。Rosenvold 等<sup>[11]</sup> 研究表明, 饲喂高水平可消化的碳水化合物能够有效降低屠宰后 24h 的 pH 值, 从而有效避免 DFD 肉 (dark, 灰暗、firm, 僵硬、dry, 干燥) 的产生。Leheska 等 (2002) 通过实验也得出童颜的结论。所以在屠宰前在饲料中适量的添加碳水化合物, 对宰前猪的能量控制, 可以有效的调节肌肉内的糖原含量, 从而提高猪肉品质。P13K/PKB 和 MAPK 对 GLP-1 在骨骼肌细胞中介导的糖原合成起着重要作用, PKC 可能参与 GLP-1 介导的糖原合成, 但不是起主要作用。因此听过营养途径调控 P13K/PKB、MAPK、PKC 等能够调控糖原代谢<sup>[18]</sup>。

#### 4 降低应激因素

Hambrecht (2005) 等研究表明, 肥育猪屠宰前长途运输与短途运输相比, 显著增加了肌肉中糖酵解潜能和乳酸浓度, 均降低了肌肉红色, 增加了 L 值, 糖酵解型肌肉则变成 PSE 肉的趋势, 氧化型肌肉则变成 DFD 肉的趋势。屠宰前的应激、热应激等因素有助于提供肉质, 减少糖原酵解。为了维持应激时机体外周血液中血糖的高浓度, 一些激素如糖皮质激素、肾上腺素、甲状腺素等共同作用动员脂肪, 促进脂肪的分解, 使血中 FFA 浓度升高 (Rai 等, 2001)。氧化酶活性减弱, 而 II 型纤维中糖酵解酶活性明显增加, 认为这种酶活性的改变可能是 I 型纤维比例减少的结果<sup>[19]</sup>。此外降低促进机体糖原合成铬可增强胰岛素靶组织对胰岛素的敏感性, 抑制脂肪组织内的脂动员, 降低血浆 FFA 浓度, 即抑制了脂蛋白脂肪酶 (LPL) 的活性, 使血浆甘油三酯 LPL-3FFA+ 甘油的过程抑制。由于体内 FFA 水平降低, 避免肌肉内 LCACoA 水平升高而导致的 DAG 增多, 阻止了 PKC 激活, 使 PKC 无法抑制糖原合成酶的活性, 而使糖原合成增加。

#### 参考文献:

- [1] HAMILTON DN, MILLER KD, ELLIS M, et al. Relationships between longissimus glycolytic potential and swine growth performance, carcass traits, and pork quality[J]. *J Anim Sci*, 2003, 81(9):2206-2212.
- [2] 段艳宇, 周利华, 袁飞等. 猪肌肉糖原酵解潜能及其组分与肉质、脂肪沉积和血液性状的相关性 [J]. *江西农业大学学报*, 2010, 32(6):1224-1229.
- [3] BERTOL TM, ELLIS M, RITTER MJ et al. Variation in glycolytic potential and fresh pork quality traits along the Longissimus Dorsi of slaughter weight pigs[J]. *Journal of Muscle Foods*, 2006, 17:237-247.
- [4] DEVINE CE, ELLERY S, AVERILL S. Response of different types of Ox muscle to electrical stimulation[J]. *Meat Science*, 1984, 10:35-51.
- [5] ESSEN-GUSTAVSSON B, JENSEN-WAERN M, JONASSON R et al. Effect of exercise on proglycogen and macroglycogen content in skeletal muscles of pigs with the Rendement Napole mutation[J]. *American Journal of Veterinary Research*, 2005, 66(7):1197-1201.
- [6] 杨明升, 刘红林, 王林云. 导致猪肉系水力下降的主要因素及防控措施, *畜牧与兽医* [J], 2002, 34(7):22-26.
- [7] FERGUSON DM, DALY BL, GARDNER GE et al. Effect of glycogen concentration and form on the response to electrical stimulation and rate of postmortem glycolysis in ovine muscle[J]. *Meat Science*, 2008, 78:202-210.
- [8] NAPPER S, DADGAR S, ARSENAULT RJ et al. Induction of tissue- and stressor-specific kinomic responses in chickens exposed to hot and cold stresses[J]. *Poultry Science*. 2015, 94(6):1333-1345.
- [9] 刘圈炜. 持续高温对生长猪肌纤维类型及养分利用的影响研究 [D]. 华南农业大学博士学位论文. 2009.
- [10] 赵海云. 猪用抗热应激营养调控剂缓解高温对猪不良影响的应用效果研究 [J]. *湖北畜牧兽医*, 2014, 35(1):8-11.
- [11] ROSENVOLD K, PETERSENH N, LERKES K, et al. Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs[J]. *JAnim Sci*, 2001, 79(2):382-391.
- [12] 李梦云, 余冰, 张克英, 等. 营养水平对 PRKA03 基因表达量及对肉质影响的研究 [J]. *畜牧兽医学报*, 2008, (8):1056-1061.
- [13] ESTRADE M, AYOUB S, TALMANT A, et al. Enzyme activities of glycogen metabolism and mitochondrial characteristics in muscles of RN- carrier pigs (*Sus scrofa domestica*) [J]. *Comp Biochem Physiol Biochem Mol Biol*, 1994, 108(3):295-301.
- [14] Monin G, Sellier P. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: the case of the Hampshire breed[J]. *Meat Sci*, 1985, 13:49-63.
- [15] LI H, GARIÉPY C, JIN Y et al. Effects of ractopamine administration and castration method on muscle fiber characteristics and sensory quality of the longissimus muscle in two Piétrain pig genotypes[J]. *Meat Sci*. 2015, 102:27-34.
- [16] MA J, YANG J, ZHOU L et al. A splice mutation in the PHKG1 gene causes high glycogen content and low meat quality in pig skeletal muscle[J]. *PLoS Genet*. 2014, 10(10):e1004710.
- [17] ZHANG C, LUO J, YU B et al. Dietary resveratrol supplementation improves meat quality of finishing pigs through changing muscle fiber characteristics and antioxidative status. *Meat Sci*. 2015, 102:15-21.
- [18] Luque M A, Gonzalez N, Mfirquez L et al. Glucagon-like peptide-1 (GLP-1) and glucose metabolism in human myocytes[J]. *Journal of Endocrinology*, 2002, 173:465-473.
- [19] OBERBACH A, BOSSENZ Y, LEHMANN S et al. Altered fiber distribution and fiber-specific glycolytic and oxidative enzyme activity in skeletal muscle of patients with type 2 diabetes[J]. *Diabetes Care*, 2006, 29: 895-900.

# 猪卵母细胞体外成熟培养的研究进展

周荣<sup>1</sup>, 石俊松<sup>1</sup>, 王青来<sup>1</sup>, 蔡更元<sup>1,2</sup>, 吴珍芳<sup>1,2\*</sup>

(1. 广东温氏食品集团股份有限公司国家生猪种业工程技术研究中心, 广东 新兴 527439;

2. 华南农业大学动物科学学院, 广东 广州 510642)

**摘要:** 猪卵母细胞体外成熟作为一种很重要的胚胎生物技术, 具有重要的理论和实际意义。本文综述了猪卵母细胞体外成熟培养的发展历程、体外培养影响因素以及优化策略, 为猪卵母细胞成熟培养提供参考依据。

**关键词:** 猪; 卵母细胞; 体外成熟; 培养

**中国分类号:** S814.8      **文献标识码:** A      **文章编码:** 1005-8567(2017)02-0005-03

卵母细胞体外成熟受众多因素的调控, 调控机制比较复杂, 对其进行研究不论对于卵成熟机理的理论还是胚胎实际生产, 都具有重要的意义。随着胚胎移植、冷冻精液技术、克隆转基因技术的发展, 卵母细胞需求量越来越大。由于利用猪的超数排卵技术所获得的卵母细胞或者胚胎数量是极其有限的, 并不能满足大量优质卵母细胞的需求, 而且操作复杂、成本较高, 所以体外成熟技术就显得尤为重要。猪卵母细胞体外成熟是指从屠宰场直接采集废弃卵巢, 取出未成熟的卵母细胞后, 在体外模拟体内成熟环境来达到成熟的目的。由于猪卵母细胞含有相对大量的脂肪滴, 对温度比较敏感, 体外操作难度相对更大<sup>[1]</sup>。目前体外成熟培养的卵母细胞存在的主要问题有: 体外受精后的原核形成率较低; 多精受精率偏高; 和体内生产的胚胎相比, 体外成熟卵的体外受精胚胎发育到囊胚的比率低下。针对这些问题, 各研究学者对猪卵母细胞的成熟进行了不断地研究, 希望不断提高体外成熟卵母细胞的质量。

## 1 猪卵母细胞体外成熟培养研究的历史与现状

早在1989年<sup>[2]</sup>, Mottioli等用IVM/IVF方法获得了体外受精的猪, 自此以后, 卵母细胞体外成熟培养取得了很大的研究进展。2000年, Onishi等<sup>[3]</sup>利用体外成熟卵母细胞获得了国际首例克隆猪。2005年, 张运海等利用体外成熟卵母细胞获得了国内首例克隆猪, 随后许多实验室

都利用体外成熟卵母细胞获得了体细胞克隆猪。猪卵母细胞成熟作为上游环节, 各个研究学者对卵母细胞的成熟进行了多方面的研究<sup>[4]</sup>。目前已经形成了商品化的M199体外成熟基础培养液, 各个实验室针对自身实验室添加不同激素, 不同生长因子或者其他小分子物质等到达最佳的体外培养条件。

## 2 影响猪卵母细胞体外成熟培养的相关因素

### 2.1 卵巢相关因素

**2.1.1 卵巢来源** 由于猪卵巢采集方便、经济廉价, 成为体外猪卵母细胞成熟研究的主要来源。但是由于猪种不同、饲养环境与营养水平的差异等, 造成卵母细胞的质量和体外成熟培养的条件和效果也不尽相同。Hyun<sup>[5]</sup>等报道健康的经产猪卵巢比初情期前的母猪卵巢的卵母细胞好, 而老龄或病残母猪的卵母细胞, 则体外成熟培养效果较差。与卵泡大小有关<sup>[6]</sup>, 卵泡太小, 其中的卵母细胞可能还不具备以后发育所需的关键因子; 卵泡过大, 里面的卵母细胞已严重退化。所以一般取直径为2~7 mm的为宜, 其质量较好, 卵丘细胞形态好的较多, 整体大小比较均匀, 核成熟率较高。相对来讲, 4~7 mm卵泡的质量又要好于2~4 mm的卵泡的质量<sup>[7]</sup>, 可能是与卵母细胞成熟过程中卵丘扩展程度、卵丘扩展相关基因表达激活情况、卵胞质内容胱甘肽含量和线粒体拷贝数有关。黄德宝等<sup>[8]</sup>研究表明要想获得较多数量的A级卵母细胞, 建议采集重量在

收稿日期: 2017-02-16

基金项目: 猪规模化高效体细胞克隆扩繁技术研发与应用(2016B020233006); 高效种猪体细胞克隆扩繁技术研究与应用示范(2016A020210074)

作者简介: 周荣, 1983年生, 女, 汉族, 硕士学位, 研究方向为: 种猪体细胞克隆与转基因育种研究。E-mail: 326068732@qq.com.

通讯作者: 吴珍芳, 1970年生, 男, 汉族, 华南农业大学动物科学学院教授、博士生导师。E-mail: wzfemail@163.com

2.000 ~ 4.000 g 的卵巢。

**2.1.2 卵巢的保存温度及采集季节** 一般而言, 卵巢回收时间越短越好, 也就是越新鲜越好, 但由于屠宰场一般距离实验室较远, 需要先保存起来再运输回实验室。有研究发现<sup>[9]</sup>, 母猪卵巢离体 6 h 内运回实验室都不会有显著影响, 但保存温度过高或过低都有很大的影响。目前有关猪采集卵巢所用生理盐水温度的报道有很多, 各实验室所采用温度的高低也不尽相同。从 20℃ 至 39℃, 几乎每一个温度都曾被一些实验室所采用, 可结合自身实验室的实际情况, 选择合适的卵巢运输温度。另外, 由于前人的大量统计资料显示季节变化引起的诸如环境温度的冷热应激能使母猪卵巢功能减退, 受胎率降低, 胚胎存活率下降, 流产增加, 所以卵巢不同的采集季节也可能会有影响。张坤等<sup>[10]</sup>发现季节的变化对屠宰场来源猪卵母细胞的体外核成熟无显著影响, 但显著影响猪卵母细胞来源的孤雌和体细胞克隆胚胎的体外或体内发育能力。

## 2.2 卵母细胞因素

**2.2.1 采集方法** 卵母细胞的采集方法也是影响成熟培养效果的因素之一。关系到卵母细胞的采集数量、卵丘细胞的完整性和采集速度。数量越多、卵丘细胞越完整, 可供挑选的卵母细胞就越多, 速度越快, 至培养的时间就越短, 有利于卵母的成熟。目前常用的卵母细胞采集方法有抽吸法、切割过滤法和机械破碎法, 各自有其优缺点<sup>[11,12]</sup>。其中抽吸法操作简便, 速度快, 但是往往采集不完全, 而且可能会损伤卵母细胞; 切割过滤法对卵丘细胞损伤小, 采集的卵母细胞相对多, 但是操作慢, 而且易发生污染; 机械破碎法获得卵母细胞最多, 但是由于小卵泡液一起采集了, 所获得的卵母细胞质量参差不齐, 而且耗时。卿玉波等<sup>[13]</sup>研究指出得到同样多的卵丘完整的卵母细胞, 刀切过滤法的效率是最高的。各个实验室可以根据自身卵巢来源和需求数量, 来选择合适的采集方法。

**2.2.2 卵丘层数** 正常情况下, 一般选用胞质均匀、卵丘致密且包裹 3 层以上的卵母细胞用于成熟。因为卵丘细胞参与卵母细胞的成熟过程, 其存在和扩散会起到营养交换的作用。Takashi 等<sup>[14]</sup>认为: 卵丘细胞对卵母细胞受精后发育至囊胚阶段是必不可少的。卵丘细胞能够增加卵母细胞内谷胱甘肽 (GSH) 含量, GSH 具有促进精子穿卵、雄原核形成及提高组蛋白 H1 活性等功能<sup>[15]</sup>。石

俊松等<sup>[16]</sup>研究表明卵丘细胞层数较多的卵母细胞成熟率高, 且其孤雌和体外受精胚胎的发育潜能也好, 卵丘细胞存在时, 有助于卵母细胞的受精及以后的胚胎发育。

## 2.3 培养因素

**2.3.1 培养气体环境** 常规方法是使用空气中的氧浓度进行体外培养, 但是空气中高浓度的氧可能会在培养中产生较多的活性氧 (Reactive oxygen species, ROS), 而 ROS 会对卵母细胞造成氧化损伤<sup>[17]</sup>, 也可能引起细胞凋亡<sup>[18]</sup>。空气中氧的含量大约为 20%, 而通过对几种哺乳动物的检测, 发现输卵管和子宫内的氧含量大约为 5%<sup>[19]</sup>, 所以有研究在体外培养采用低氧浓度培养以模拟体内培养环境的试验, 但是在实际研究结果中却是不一致的。Park 等<sup>[20]</sup>研究表明, 氧分压对猪的卵母细胞培养无显著影响。Azambuja 等<sup>[21]</sup>也认为培养气象条件不影响卵母细胞成熟, 但是高氧培养有利于体外成熟卵母细胞的后期发育。而李紫聪等<sup>[22]</sup>研究表明, 高氧浓度培养的卵母细胞成熟率显著高于低氧, 但是后期发育来看, 低氧成熟的卵母细胞的卵裂率和囊胚率均极显著高于高氧的, 但是囊胚总细胞数两者无显著差异。所以需结合本实验的培养体系, 来选择合适的氧浓度进行培养。

**2.3.2 培养时间** Sosnowki 等<sup>[22]</sup>研究了不同培养时间对猪卵母细胞体外成熟的影响, 发现 40 ~ 48 h 培养与 30 ~ 36 h 培养成熟率差异显著 (92.2% vs 61%), 但是通过染色体核型分析发现, 随着培养时间的增加, 染色体异常率会有所增加, 这是一个不可避免的矛盾。此外, 体外培养 48 ~ 72 h 虽可获得较高的成熟率, 但大部分成熟卵母细胞已处于退化阶段。因此, 在保证一定核成熟率的前提下, 有必要缩短猪卵母细胞体外成熟培养时间。华再东等<sup>[23]</sup>对卵母细胞分级后再进行不同时间的成熟培养, 结果表明 44 ~ 54 h 的成熟率显著好于 24 ~ 38h, 孤雌激活后的囊胚率也较好, 表明体外培养 44 ~ 48 h 是盲吸去核或孤雌激活的最佳培养时期。世界首例转基因克隆猪的成熟培养时间选择 44 ~ 46 h<sup>[24]</sup>。本实验室采用 44 ~ 46 h 作为猪卵母细胞体外成熟培养的适宜时间。

**2.3.3 培养液及各种添加物** 培养液主要是模拟体内发育生长环境, 目前已经形成了相对稳定的成熟体系, 即以 M199 作为成熟基础液, 添加卵泡液、激素、生长因子、巯基物质等。因为卵泡



液是卵母细胞发育的微环境, 主要提高卵母细胞质的成熟度; 激素参与卵泡发育, 诱导猪卵母细胞核成熟和卵丘的扩散, 利于排出第一极体; 生长因子可诱导猪卵母细胞卵丘膨胀和促进核成熟, 能促进成熟过程中某些蛋白质的合成, 提高卵母细胞质量, 受精后发育能力更强; 含巯基物质对于猪卵母细胞成熟有促进作用, 添加后可以显著提高卵母细胞发育后期的卵裂率, 这些已作为必须的添加成分。血清能够提供生长所需的一种或者几种因子, 但因为成分复杂, 各个实验室会根据自己的实验体系选择是否添加血清, 有研究想找其它成分明确的血清替代物, 便于更好地研究卵母细胞成熟<sup>[25]</sup>。近年来, 越来越多的各种抗氧化剂物质应用于卵母细胞成熟中, 包括维生素E、谷胱甘肽(GSH)、L-肉碱和维生素C<sup>[26]</sup>等。

### 3 猪卵母细胞体外成熟培养和优化措施

尽管研究者们不断优化培养条件, 现在体外成熟培养的卵母细胞能够成功完成减数分裂和早期胚胎发育, 但是卵母细胞质内发生的多种活动进程是完成发育能力所需要的。然而, 这种活动机制目前还不清楚, 了解成熟机制后可探索更好的培养条件。首先, 新陈代谢可能会对卵母细胞质量起到关键作用, 因为成熟卵母细胞的内糖降解活动与胚胎的发育能力相关联。先前研究表明<sup>[27]</sup>, 在哺乳动物卵成熟过程中, 氧化代谢是能源生产的主站点。Lane等<sup>[28]</sup>研究表明胚胎即使短期体外培养, 会失去正确调节新陈代谢的能力, 可能对卵母细胞也是如此。随着对胚胎生理状况的深入研究及微量分析技术的进步, 从基因及转录水平探讨卵丘细胞与卵子质量和胚胎发育潜能的关系已成为研究热点。其次, 颗粒细胞代谢也是很重要的一个方面。卵母细胞发育潜能与自身及周围的颗粒细胞能量代谢密切相关<sup>[29]</sup>, 卵丘颗粒细胞是包裹在卵母细胞周围的颗粒细胞层, 它与卵母细胞之间存在广泛的包括缝隙连接在内的细胞间复杂的连接机制, 在调节卵母细胞发育中发挥重要作用。相关体外实验表明<sup>[30]</sup>, 颗粒细胞不仅能调节卵母细胞中蛋白磷酸化及特异性蛋白的合成, 同时还能对卵母细胞提高特异性因子, 对卵细胞起到重要的调节作用。

### 4 结语与展望

卵母细胞体外成熟培养作为胚胎生物技术一项基础研究, 具有重要的研究意义。特别近几年基因编辑技术与体细胞核移植技术的发展, 使得克隆胚胎生产量越来越大。卵母细胞体外成

熟作为克隆胚胎生产的上游环节, 其生产研究也越来越深入。通过体外培养条件的优化, 各种因子的添加都在不断提高卵母细胞的发育潜力, 而对于成熟机制的深入研究将培养出更多更好的优质卵母细胞。

### 参考文献:

- [1] Sun Q Y, Nagai T. Molecular mechanisms underlying pig oocyte maturation and fertilization[J]. J Reprod Dev, 2003, 49(5):347-359.
- [2] Mattiolo. Developmental competence of pig oocytes matured and fertilized in vitro[J]. Theriogenology, 1989, 31(6):1201-1207.
- [3] Onishi A, Iwamoto M, Akita T, et al. Pig cloning by microinjection of fetal fibroblast nuclei[J]. Science, 2000, 289:1188-1190.
- [4] 林筱璐, 林秀娇, 王秀爱, 等. 不同因素对猪卵母细胞体外成熟培养的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2014, (10):205-209.
- [5] Hyun S H, Lee G S, Kim D Y, et al. Effect of maturation media and oocytes derived from sows or gilts on the development of cloned pig embryos[J]. Theriogenology, 2003, 59:1641-1649.
- [6] Marchal C, Vigneron C, Perreau A, et al. Effect of follicular size on meiotic and developmental competence of porcine oocytes[J]. Mermillod Theriogenology 2002, 57(5):1523-1532.
- [7] 焦明霞, 刘仲凤, 王峰, 等. 猪不同直径卵泡内卵母细胞质成熟及体外发育潜力差异原因的初探[J]. 中国畜牧兽医, 2014, (10):165-171.
- [8] 黄德宝, 胡建宏, 李青旺, 等. 猪卵巢重量与卵母细胞质量的相关性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005(8):12-15.
- [9] 邢凤英, 吴中红, 曾申明, 等. 猪卵母细胞体外成熟和孤雌激活效率影响因素分析[J]. 中国农业科学, 2004(1):125-129.
- [10] 张坤, 张运海, 潘登科, 等. 季节对猪体外成熟卵母细胞的发育能力的影响[J]. 自然科学进展, 2007, 17(7):963-967.
- [11] 陈晓宇, 刘东, 李青旺, 等. 猪卵巢卵母细胞的收集和体外成熟培养[J]. 上海农业学报, 2003, 19(2):75-78.
- [12] 陈晓宇, 刘东, 李青旺, 等. 不同收集方法对猪卵母细胞体外成熟培养的影响[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2003(1):24-25.
- [13] 卿玉波, 魏红江, 姜河海, 等. 不同采集方法对猪卵母细胞的采集效率和成熟率的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2011(5):629-634.
- [14] Takashi N, Nobuhiko Y, Kazuhiro K. Nuclear and cytoplasmic maturation in vitro of porcine oocytes[J]. Journal of Reproduction and Development, 2001(147):55-61.
- [15] Abeydeera L R, Wang W H, Cantley T C, et al. Presence of beta-mercaptoethanol can increase the glutathione content of pig oocytes matured in vitro and the rate of blastocyst development after in vitro fertilization[J]. Theriogenology, 1998, 50(5):747-756.
- [16] 石俊松, 罗绿花, 周荣, 等. 卵丘细胞对卵母细胞成熟、受精和胚胎发育的影响试验[J]. 广东畜牧兽医科技, 2014, (1):32-35.

(下转第 21 页)

## 我国草食畜牧业饲草料需求及其对农业种植结构调整影响的分析

黄琳<sup>1</sup>, 王刚<sup>1</sup>, 吕晓慧<sup>1</sup>, 张洁华<sup>1</sup>, 周汉林<sup>2\*</sup>

(1. 畜禽育种国家重点实验室, 农业部华南动物营养与饲料重点实验室, 广东省畜禽育种与营养研究重点实验室, 广东省动物育种与营养公共实验室, 广东省农业科学院动物科学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 海南 儋州 571737)

**摘要:** 通过测算2012年和2020年全国发展主要草食畜牧业的饲草料需求量, 分析草食家畜饲料资源需求对种植业结构调整的影响分析结果表明, 得出我国农业结构向粮草兼顾型农业结构调整具有巨大的潜力和空间。

**关键词:** 饲草料需求; 草食畜牧业; 种植业结构调整

**中国分类号:** S816 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8567(2017)02-0008-09

## Analysis on the Demand of Forage in Herbivore Animal Production and its impact on the Adjustment of Crops Farming Plan

Huang Lin<sup>1</sup>, Wang Gang<sup>1</sup>, Lv Xiaohui<sup>1</sup>, Zhang Jiehua<sup>1</sup>, Zhou Hanlin<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Livestock and Poultry breeding; Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China, Ministry of Agriculture Institute of Animal Science, Guangdong Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition; Guangdong Public Laboratory of Animal Breeding and Nutrition; Guangdong Academy of Agricultural Science; Guangzhou, China 510640; 2. tropical crops genetic resources institute, chinese academy of tropical agricultural sciences Danzhou, China 571737)

**Abstract:** Basing on the estimations of demands of forage in 2012 and 2020 for developing herbivore animal production, the impact of forage demands on the structure adjustment of crop farming industry was analyzed. The article concluded that the chinese agricultural production has great potential to shift from only food production to food-forage balance.

**Key words:** feed requirement; herbivore animal production; crop structural readjustment

2000年以来,牛羊肉价格持续上涨。特别是2010年后,牛羊肉价格涨幅加大,牛肉从2010年的33.9元/kg上涨到2013年的63.01元/kg,增幅86%;羊肉价格从34.9元/kg上涨到66.14元/kg,增幅达90%。2008年的三聚氰胺奶粉事件平息以后,随着消费信心的逐步恢复,生鲜乳价格也保持持续增长势头,主产省生鲜乳收购价从2008年的2.67元/kg上涨到2013年

的4.16元/kg,增幅达56%。随着我国人口数量的增长和城镇化进程的加快,未来牛羊肉和牛奶的消费仍将保持较快增长,传统的农业结构受到巨大冲击。为此,笔者通过测算2012年和2020年全国发展主要草食畜牧业的饲草料需求量,分析畜牧养殖饲料资源需求对种植业结构调整的需求,探讨了我国传统的耕地型农业向粮草兼顾型农业结构转型的可能性。

收稿日期: 2017-02-10

基金项目: 广东省直科研机构创新能力建设项目(2012B060600005), 省属科研机构改革创新领域项目(2014B070706014)

作者简介: 黄琳(1982-), 女, 博士, 动物营养与饲料专业。E-mail: huanglin0329@163.com

通讯作者: 周汉林, E-mail: zhouhanlin8@163.com

### 1 2020年草食畜产品供需测算

近期,部分行政和科研机构对2020年我国草食畜产品消费需求进行了预测<sup>[1-4]</sup>,结果见表1。综合考虑我国近期牛羊肉和牛奶消费增长情况和数据发布渠道的权威性,笔者采用国家发展和改革委员会2013年发布的《全国牛羊肉生产发展规划(2013—2020年)》中的数据,预测

表1 2020年我国主要草食畜产品的消费需求  
Table 1 Consumer demand of herbivore animal by-products in 2020

数据来源 Data source	消费需求(万t) Consumer demand	
	牛羊肉 Beef and mutton	奶类 Milk
OECD-FAO <sup>[1]</sup>	1206	5697
中国工程院 <sup>[2]</sup> The Chinese academy of engineering	1275	6213
国家发展和改革委员会 <sup>[3]</sup> National development and reform commission	1298	—
国务院办公厅 <sup>[4]</sup> General office of the state council	—	5220

表2 奶牛的营养需要测算  
Table 2 Calculated nutrient requirements of dairy cattle

阶段 Stage	奶牛能量单位 Dairy energy unit	小肠可消化粗蛋白 Intestinal digestible crude protein/kg
犊牛(耗奶量450 kg) Calf (the quantity of consumable milk 450 kg)	90	4.2
生长母牛(125-650 kg) Heifer	1493.2	57.6
泌乳母牛维持 lactating cow	3574.6	78.9
泌乳母牛产奶(年产奶6000 kg,乳脂率为4%) Milking mature cow(annual value of milk production 6000 kg, Fat percentage 4%)	6000	282
干奶牛 Dry cow	2178.3	50.6
合计 total	13336	473.3

2020年牛肉消费为79万t,羊肉502万t。以及国务院办公厅发布的《中国食物与营养发展纲要(2014—2020年)》,提出2020年我国人均占有牛奶量应达到36 kg,需要牛奶5 220万t。牛肉、羊肉和牛奶的消费需求同比2012年生产量分别增长133.7万t、101万t和1 476.4万t。

### 2 草食畜牧业饲草料需求量测算

根据农业行业标准《奶牛饲养标准》(NY/T 34-2004)、《肉牛饲养标准》(NY/T 815-2004)和《肉羊饲养标准》(NY/T 816-2004),结合我国草食畜牧业生产实际,分别估算了奶牛、肉牛、肉用绵羊和肉用山羊各生长阶段的饲草料需要量。

#### 2.1 单位奶牛饲草料需求测算

估算对象选取体重为650 kg的成年母牛,年产奶6 000 kg,乳脂率4%,泌乳年限5年,且母牛妊娠期计算在内,生长期按5年均摊。根据农业行业标准《奶牛饲养标准》(NY/T 34-2004)<sup>[5]</sup>,测算出奶牛营养需要见表2。得出奶牛营养需要为,日粮风干物质(含水12%)7 670 kg,奶牛能量单位13 336个,小肠可消化粗蛋白473 kg。

国内奶牛的饲料结构可归纳为3种:模式1为精饲料+玉米秸秆(含黄贮等),此模式目前采用率在40%左右,预计2020年将降至15%左右;模式2为精饲料+全株玉米青贮+玉米秸秆(含黄贮等),此模式目前采用率在50%左右,预计2020年将增至55%左右;模式3为精饲料+全株玉米青贮+苜蓿,此模式目前采用率在10%左右,预计2020年将增至30%左右。根据奶牛的营养需要量和饲草料的营养成份,计算出单位奶牛主要饲草料需求量见表3。

#### 2.2 单位肉牛饲草料需求测算

肉牛选取犊牛培育期120天;生长肥育牛从150到550 kg,日增重1 kg;母牛妊娠期的营养消耗计算在内。根据农业行业标准《肉牛饲养标准》(NY/T 815-2004)<sup>[6]</sup>,测算出肉牛营养需要见表4,得出每出栏1头肉牛的营养需要为,日粮风干物质(含水12%)6 600 kg,肉牛能量单位4 000个,小肠可消化粗蛋白415 kg。

国内肉牛的饲料结构可归纳为3种:模式1为精饲料+玉米秸(含黄贮等),此模式目前采用率在75%左右,预计2020年将降至45%左右;模式2为精饲料+全株玉米青贮+玉米秸(含黄贮等),此模式目前采用率在22%左右,预计

表3 单位奶牛主要饲草料需求量  
Table 3 The demand of main feed in unit dairy cattle

饲草原料 Ingredients	需求量 Demand/ kg		
	模式 1	模式 2	模式 3
	Model 1	Model 2	Model 3
玉米 Corn grain 9.5%	2769	2623	2623
豆粕 Soybean meal 4.8%	1166	874	510
玉米秸秆 Corn straw 6.4%	3352	803	
全株青贮玉米 Whole-plant corn silage 7%		2987	2623
苜蓿 Alfalfa 17%			1093
羊草 China wildrye hay 0.75%			438
预混料 Premix	383	383	383
合计 total	7670	7670	7670

说明: 根据奶牛饲养标准 (NY/T 34-2004), 1. 常用饲料每千克原料中奶牛能量单位 (NND) 为, 中等玉米 2.67, 豆粕 2.8, 全株玉米青贮 1.56, 苜蓿 1.8, 羊草 1.5, 玉米秸秆 1.34; 2. 常用饲料原料中小肠可消化蛋白 (g/kg) 为, 中等玉米 55, 豆粕 290, 全株玉米青贮 43, 苜蓿 105, 羊草 40, 玉米秸 14。2. 玉米秸秆包括黄贮等。

表5 单位肉牛主要饲草料需求量  
Table 5 The demand of main feed in unit dairy cattle

饲草原料 Ingredients	需求量 Demand/ kg		
	模式 1	模式 2	模式 3
	Model 1	Model 2	Model 3
玉米 Corn grain 9.5%	2154	1647	1521
豆粕 Soybean meal 4.8%	1077	824	431
玉米秸 Corn straw 6.4%	3105	950	—
全株青贮玉米 Whole-plant corn silage 7%	—	2915	2534
苜蓿 Alfalfa 17%	—	—	1267
羊草 China wildrye hay 0.75%	—	—	583
预混料 Premix	264	264	264
合计 Total	6600	6600	6600

说明: 根据肉牛饲养标准 (NY/T 815-2004), 1. 常用饲料每千克原料中肉牛能量单位 (NND) 为, 中等玉米 1.13, 豆粕 1.0, 全株玉米青贮 0.54, 苜蓿 0.6, 羊草 0.5, 玉米秸 0.35; 2. 常用饲料原料中肉牛小肠可消化蛋白 (g/kg) 为, 中等玉米 55, 豆粕 290, 全株玉米青贮 43, 苜蓿 105, 羊草 40, 玉米秸 14。

表4 肉牛营养需求测算  
Table 4 Calculated nutrient requirements of beef cattle

阶段 Stage	肉牛能量单位 Beef energy	小肠可消化粗蛋白 Intestinal digestible crude protein/kg
妊娠母牛 (2-5 月) Gestating cow(2-5 months)	466.8	43.3
妊娠母牛 (6-9 月) Gestating cow(6-9 months)	527.1	54.3
哺乳母牛 (120 天) Lactating cow(120-days)	854.8	71.2
生长肥育牛 150-550 kg Growing-finishing cattle	2141	246.1
合计 Total	3990	415

说明: 1. 妊娠、哺乳母牛按体重 450 kg 测算, 150 kg 以后按日增重 1 kg 测算

2020 年将增至 47% 左右; 模式 3 为精饲料+全株玉米青贮+苜蓿+羊草, 此模式目前采用率在 3% 左右, 预计 2020 年将增至 8%。根据肉牛的营养需要量和饲草料的营养成份, 计算出单位肉牛主要饲草料需求量见表 5。

### 2.3 单位肉用绵羊饲草料需求测算

选取的肉用绵羊为哺乳期 2 个月; 生长肥育期 120-150 天, 4-20kg 日增重 0.2 kg, 20-50kg 日增重 0.3 kg, 出栏体重 40-45 kg; 母羊妊娠期的营养消耗计算在内。根据农业行业标准《肉羊饲养标准》(2004)<sup>[7]</sup>, 测算出肉用绵羊的营养需要见表 6, 每出栏 1 头肉羊的营养需要为, 日粮风干物质 (含水 12%) 570 kg, 代谢能 4820 MJ, 粗蛋白 55.8 kg。

国内肉用绵羊的饲料结构可归纳为 3 种: 模式 1 为精饲料+玉米秸秆 (含黄贮等), 此模式目前采用率在 75% 左右, 预计 2020 年将降至 40% 左右; 模式 2 为精饲料+全株玉米青贮+玉米秸 (含黄贮等), 此模式目前采用率在 24% 左右, 预计 2020 年将增至 55% 左右; 模式 3 为精饲料+全株玉米青贮+苜蓿+羊草, 此模式目前采用率在 1% 左右, 预计 2020 年将增至 5% 左右。根据肉用绵羊的营养需要量和饲草料的营养成份, 计算出单位肉用绵羊主要饲草料需求量, 见表 7。

### 2.4 单位肉用山羊饲草料需求测算

选取的肉用山羊为哺乳期 2 个月; 生长肥育期 160 天, 4-16kg 日增重 0.1 kg, 16-30kg 日增重 0.2 kg, 出栏体重 30 kg; 母羊妊娠期的营

表6 肉用绵羊营养需求测算  
Table 6 Calculated nutrient requirements of mutton sheep

阶段 Stage	代谢能 Metabolizable energy/MJ/kg	粗蛋白 Cude protein/kg
妊娠母羊 (1-3 月, 体重 50 kg) Gestating sheep(months 1-3; BW, 50 kg)	1129.5	11.2
妊娠母羊 (4-5 月, 体重 55 kg) Gestating sheep(months4-5; BW, 55 kg)	1029	11.6
泌乳母羊 (1 个月, 体重 50 kg, 日产奶 1.2 kg) 3 Lactating ewes(one month; BW, 50 kg, daily milk yield, 1.2 kg)	678	6.6
生长肥育羔羊 (4-20 kg, 日增重 0.2 kg) 4 Growing-finishing lamb(4-20 kg; ADG, 0.2 kg)	408.8	6.4
育肥羊 (20-50 kg, 日增重 0.3 kg) 5 Fattening sheep(20-50 kg; ADG, 0.3 kg)	1574.8	20.0
合计 Total	4820.1	55.8

表7 单位肉用绵羊主要饲草料需求量  
Table 7 The demand of main feed in unit mutton sheep

饲草原料 Ingredients	需求量 Demand/ kg		
	模式 1 Model 1	模式 2 Model 2	模式 3 Model 3
玉米 Corn grain 9.5%	274	219	197
豆粕 Soybean meal 4.8%	49	21	—
玉米秸秆 Corn straw 6.4%	224	61	—
全株青贮玉米 Whole-plant corn silage 12%	—	246	219
苜蓿 Alfalfa 18.2%	—	—	88
羊草 China wildrye hay 0.75%	—	—	43
预混料 Premix	23	23	23
合计 Total	570	570	570

说明: 根据肉羊饲养标准 (NY/T 816-2004), 1. 羊常用饲料每千克原料中代谢能 (MJ) 含量, 中等玉米 13.5, 豆粕 13.1, 全株玉米青贮 7.9, 苜蓿 8.7, 羊草 8.0, 玉米秸秆: 5.3; 2. 羊常用饲料原料中蛋白质 (g/kg) 含量, 中等玉米 95, 豆粕 480, 全株青贮玉米 120, 苜蓿 182, 羊草 75, 玉米秸秆 640。

养消耗计算在内。根据农业行业标准《肉羊饲养标准》(NY/T 816-2004), 测算出肉用山羊的营养需要见表 8, 每出栏 1 头肉羊的营养需求为, 日粮风干物质 (含水 12%) 341 kg, 代谢能 3 194 MJ, 粗蛋白 34.8 kg。

国内肉用山羊的饲养模式可归纳为 3 种: 模式 1 为精饲料+玉米秸秆 (含黄贮等), 此模式目前采用率在 80% 左右, 预计 2020 年将降至 40% 左右; 模式 2 为精饲料+全株玉米青贮+玉米秸秆 (含黄贮等), 此模式目前采用率在 19% 左右, 预计 2020 年将增至 55% 左右; 模式 3 为精饲料+全株玉米青贮+苜蓿, 此模式目前采用率在 1% 左右, 预计 2020 年将增至 5% 左右。根据肉用山羊的营养需要量和饲草料的营养成份, 计算出单位肉用山羊主要饲草料需求量, 见表 9。

### 3 2012 年和 2020 年草食牲畜数量测算

为统一测算标准, 对 2012 年出栏牛羊和存栏奶牛数量按本文选取的对象, 用相应畜产品产量进行折算, 以便得出可比较的饲草料缺口。总体看, 这种方式测算的数量将存在一定误差, 但不会对本文的结论造成较大影响。

#### 3.1 奶牛数量测算

本文中奶牛存栏数指根据当年牛奶总产量, 按照 6000 kg/ 头的单产水平折算而成的奶牛头数, 非实际存栏数。因此按全国奶牛平均单产 6.0 t 计算, 2012 年生产 3 743 万 t 牛奶需要 624 万头成母牛, 2020 年生产 5 220 万 t 牛奶需养殖成年母牛 870 万头, 需要新增加成年母牛 246 万头。

#### 3.2 肉牛数量测算

按肉牛出栏重 550 kg、屠宰率 55% 计算, 2012 年应出栏肉牛 2 189 万头; 2020 年应出栏肉牛 2 631 万头, 需增加肉牛出栏 442 万头。

表8 肉用山羊营养需求测算  
Table 8 Calculated nutrient requirements of mutton goats

阶段 Stage	代谢能 Metabolizable energy/MJ/kg	粗蛋白 Cude protein/kg
妊娠母羊 (1-3 月, 体重 30 kg) Gestating sheep (months 1-3; BW, 30 kg)	910.8	8.0
妊娠母羊 (4-5 月, 体重 30 kg) Gestating sheep (months 4-5; BW, 30 kg)	675.6	8.1
泌乳母羊 (1 个月, 体重 30 kg, 日产奶 1 kg) Lactating ewes (one month; BW, 30 kg, daily milk yield, 1kg)	303.6	4.6
生长肥育羔羊 (4-16 kg, 日增重 0.1 kg) Growing-finishing lamb (4-16 kg; ADG, 0.1kg)	825.2	8.0
育肥羊 (16-30 kg, 日增重 0.2 kg) Fattening sheep (16-30 kg; ADG, 0.2 kg)	479	6.1
合计 Total	3194.2	34.8

表9 单位肉用山羊主要饲草料需求量  
Table 9 The demand of main feed in unit mutton goats

饲草原料 Ingredients	需求量 Demand/ kg		
	模式 1 Model 1	模式 2 Model 2	模式 3 Model 3
玉米 Corn grain 9.5%	183	157	151
豆粕 Soybean meal 4.8%	29	13	
玉米秸秆 Corn straw 6.4%	115	23	
全株青贮玉米 Whole-plant corn silage 7%		134	124
苜蓿 Alfalfa 17%			52
羊草 China wildrye hay 0.75%	14	14	14
合计 Total	341	341	341

说明: 根据肉用山羊饲养标准 (NY/T 816-2004), 1. 羊常用饲料每千克原料中代谢能 (MJ) 含量, 中等玉米 13.5, 豆粕 13.1, 全株玉米青贮 7.9, 苜蓿 8.7, 羊草 8.0, 玉米秸秆 5.3; 2. 羊常用饲料原料中蛋白质 (g/kg) 含量, 中等玉米 95, 豆粕 480, 全株玉米青贮 120, 苜蓿 182, 羊草 75, 玉米秸 640。

### 3.3 肉用绵羊数量测算

2012 年绵羊、山羊存出栏数量相近, 但由于两者体重不同导致产量所占比例不同, 按绵羊、山羊体重比例 3:2, 绵羊出栏重 45 kg、屠宰率 45% 计算, 2012 年应出栏绵羊 11 881 万只;

2020 年应出栏绵羊 14 874 万只, 需增加绵羊出栏 2 993 万只。

### 3.4 肉用山羊数量测算

按绵羊、山羊体重比例 3:2, 山羊出栏重 30 kg、屠宰率 40% 计算, 2012 年应出栏山羊 13 367 万只, 2020 年应出栏山羊 16 733 万只, 需增加山羊出栏 3 366 万只。

## 4 草食家畜饲草料需求

### 4.1 2012 年饲草料需求量测算

根据上文中的基础数据进行测算, 2012 年满足主要草食畜产品消费需求 (见表 10), 共需要玉米 11 567 万 t、豆粕 3 629 万 t、玉米秸秆 (含黄贮等) 10 200 万 t、全株玉米青贮 3 750 万 t、苜蓿 169 万 t、禾本科牧草 (羊草) 7 万 t。

### 4.2 2020 年饲草料需求量测算 (按 2012 年养殖模式比重不变)

到 2020 年, 如果各种模式养殖比重不变的情况下, 根据上文中的基础数据进行测算, 满足主要草食畜产品消费需求 (见表 11), 共需要玉米 14 499 万 t、豆粕 4 518 万 t、玉米秸秆 (含黄贮等) 12 521 万 t、全株玉米青贮 4 416 万 t、苜蓿 21 万 t、禾本科牧草 (羊草) 9 万 t, 比 2012 年饲草料需求 (见表 10) 新增玉米 2 932 万 t、豆粕 889 万 t、预混料 32 万 t、全株玉米青贮 66 万 t、苜蓿 4 万 t、禾本科牧草 (羊草) 2 万 t, 玉米秸秆 (含黄贮等) 2 321 万 t。

表10 2012年饲草料需求量测算  
Table 10 Analysis the demand of feed in 2012

畜种 Species		饲草料需求量 (万 t) Demand of feed						
名称 Name	模式 Model	比重 Proportion/%	精饲料 Concentrates			粗饲料 Forage		
			玉米 Corn grain	豆粕 Soybean meal	玉米秸 Corn straw	全株玉米青贮 Whole-plant corn silage	苜蓿 Alfalfa	羊草 China wildrye hay
奶牛 Dairy cattle	模式 1	40	692	292	838	0	0	0
	模式 2	50	818	273	251	932	0	0
	模式 3	10	163	32	0	164	68	27
	小计	100	1673	596	1089	1096	68	27
肉牛 Beef cattle	模式 1	75	3535	1767	5095	0	0	0
	模式 2	22	794	397	458	1405	0	0
	模式 3	3	100	28	0	167	84	38
	小计	100	4429	2193	5553	1572	84	38
肉用绵羊 Mutton sheep	模式 1	75	2442	437	1996	0	0	0
	模式 2	24	624	60	174	701	0	0
	模式 3	1	23	0	0	26	10	5
	小计	100	3089	497	2170	727	10	5
肉用山羊 Mutton goats	模式 1	80	1957	310	1330	0	0	0
	模式 2	19	399	33	58	340	0	0
	模式 3	1	20	0	0	16	7	0
	小计	100	2376	343	1388	356	7	0
合计 Total			11567	3629	10200	3750	169	70

说明: 1. 模式 1 为“玉米秸秆(含黄贮等)”, 模式 2 为“全株玉米青贮+玉米秸秆(含黄贮等)”, 模式 3 为“全株玉米青贮+苜蓿+羊草”。

### 4.3 2020年饲草料需求量(调整养殖模式后)

到2020年,如果草食家畜饲养模式转变为以模式2“精饲料+全株玉米青贮+玉米秸秆(含黄贮等)”(所占比例为55%)和模式3“精饲料+全株玉米青贮+苜蓿+羊草”(所占比例为30%)为主,根据上文的基础数据进行测算,满足主要草食畜产品消费需求,共需要玉米13572万t、豆粕3865万t、玉米秸秆(含黄贮等)8486万t、全株玉米青贮9767万t、苜蓿661万t、禾本科牧草(羊草)268万t,比2012年饲草料需求新增玉米2005万t、豆粕236万t、全株玉米青贮6017万t、苜蓿49万t、禾本科牧草(羊草)198万t,玉米秸秆(含黄贮等)需求减少1714万t。

### 5 新增饲草料对农作物种植面积的需求

据统计,从目前我国中高产田的生产能力

看,种植玉米籽实产量大约9000-12000 kg/hm<sup>2</sup>、大豆2700-3000 kg/hm<sup>2</sup>、全株青贮玉米18000-27000 kg/hm<sup>2</sup>、苜蓿为7500-12000 kg/hm<sup>2</sup>、禾本科牧草6000-12000 kg/hm<sup>2</sup>,在此我们按照玉米12000 kg/hm<sup>2</sup>、大豆3000 kg/hm<sup>2</sup>(含油量17%)、全株青贮玉米27000 kg/hm<sup>2</sup>、苜蓿12000 kg/hm<sup>2</sup>、禾本科牧草12000 kg/hm<sup>2</sup>(均按干草测算)的单产计算。

#### 5.1 2020年养殖模式比重不变的新增饲草料对种植面积的需求

如使用中高产田种植饲草料,约需新增种植用地639万hm<sup>2</sup>,其中玉米244万hm<sup>2</sup>、大豆357万hm<sup>2</sup>、全株青贮玉米30万hm<sup>2</sup>、苜蓿5.3万hm<sup>2</sup>、禾本科牧草2万hm<sup>2</sup>。

#### 5.2 2020年养殖模式比重调整后的新增饲草料对种植面积的需求

表11 2020年养殖模式比重不变的饲草料需求量测算  
Table 11 Analysis the demand of feed about cultural mode proportion invariable in 2012

畜种 Species			饲草料需求量 (万 t) Demand of feed					
名称 Name	模式 Model	比重 Proportion/%	精饲料 Concentrates			粗饲料 Forage		
			玉米 Corn grain	豆粕 Soybean meal	玉米秸 Corn straw	全株玉米青贮 Whole-plant corn silage	苜蓿 Alfalfa	羊草 China wildrye hay
奶牛 Dairy cattle	模式 1	40	964	406	1166	0	0	0
	模式 2	50	1141	280	349	1299	0	0
	模式 3	10	228	44	0	228	95	38
	小计	100	2333	830	1516	1528	95	38
肉牛 Beef cattle	模式 1	75	4250	2125	6126	0	0	0
	模式 2	22	954	477	550	1688	0	0
	模式 3	3	120	34	0	200	100	46
	小计	100	5324	2636	6676	1888	100	46
肉用绵羊 Mutton sheep	模式 1	75	3056	547	2499	0	0	0
	模式 2	24	782	75	218	521	0	0
	模式 3	1	29	0	0	33	13	6
	小计	100	3868	622	2716	554	13	6
肉用山羊 Mutton goats	模式 1	80	2450	388	1540	0	0	0
	模式 2	19	499	41	73	426	0	0
	模式 3	1	25	0	0	21	9	0
	小计	100	2974	430	1613	447	9	0
合计 Total			14499	4518	12521	4416	217	91

说明: 1. 模式 1 为“玉米秸(含黄贮等)”, 模式 2 为“全株玉米青贮+玉米秸(含黄贮等)”, 模式 3 为“全株玉米青贮+苜蓿+羊草”。

按照上述中高产地农作物生产水平测算, 在加大结构转型力度的情况下, 约需新增种植用地 606 万  $hm^2$ , 其中玉米 167 万  $hm^2$ 、大豆 94.8 万  $hm^2$ 、全株青贮玉米 267 万  $hm^2$ 、苜蓿 55 万  $hm^2$ 、禾本科牧草 22 万  $hm^2$ 。

### 5.3 饲养模式调整对种植业的影响

根据上述测算结果, 如果按照本文设定的各种草食家畜饲养模式比重调整到位, 加大优质饲草在草食家畜日粮中的比重, 将新增全株青贮玉米 6 017 万 t、苜蓿 491 万 t 和禾本科牧草(羊草) 198 万 t 的需求, 而同时直接减少 927 万 t 玉米和 653 万 t 豆粕的需求(相当于节约饲料用粮耕地面积 520 万  $hm^2$ )。总体上看, 养殖模式比重调整可以减少中高产地新增面积需求 32.5 万  $hm^2$ , 由此可见, 优质饲草对玉米和豆粕具有较强的替代效应, 尤其是对豆粕等蛋白质饲料的

替代作用尤为显著。考虑到我国畜牧养殖所用的豆粕大部分通过进口解决, 除去大豆种植面积后, 养殖模式比重调整后将实际新增中高产地需求 511 万  $hm^2$ , 比调整前实际需求增加 230 万  $hm^2$ 。在土地资源供应日益趋紧的情况下, 草食畜产品的饲草料新增需要全部通过耕地调整来解决, 显然难以实现。

## 6 草食畜牧业饲草料需求对种植业结构调整的需求分析

由于我国奶牛和肉牛肉羊的养殖模式不同, 对饲草资源的需求结构也不同。以下将通过分畜种饲养模式测算草食畜牧业饲草料需求量, 并分析种植业结构调整的情况。

**6.1 奶牛养殖** 奶牛养殖对全株青贮玉米和苜蓿等优质饲草的需求具有较强的依赖性和不可替代性。根据上文分析, 到 2020 年我国奶牛养殖模



表12 2020年养殖模式比重改变的饲草料需求量测算  
Table 12 Analysis the demand of feed about cultural mode proportion variable in 2012

畜种 Species		饲草料需求量 (万 t) Demand of feed						
名称 Name	模式 Model	比重 Proportion/%	精饲料 Concentrates			粗饲料 Forage		
			玉米 Corn grain	豆粕 Soybean meal	玉米秸 Corn straw	全株玉米青贮 Whole-plant corn silage	苜蓿 Alfalfa	羊草 China wildrye hay
奶牛 Dairy cattle	模式 1	15	360	152	436	0	0	0
	模式 2	55	1256	419	385	1431	0	0
	模式 3	30	685	133	0	685	285	114
	小计	100	2301	703	821	2116	285	114
肉牛 Beef cattle	模式 1	45	2550	1275	3676	0	0	0
	模式 2	47	2037	1019	1175	3606	0	0
	模式 3	8	319	91	0	532	266	122
	小计	100	4907	2385	4851	4138	266	122
肉用绵羊 Mutton sheep	模式 1	40	1630	292	1333	0	0	0
	模式 2	55	1792	172	499	2013	0	0
	模式 3	5	146	0	0	163	65	32
	小计	100	3568	463	1832	2175	65	32
肉用山羊 Mutton goats	模式 1	40	1225	194	770	0	0	0
	模式 2	55	1445	120	212	1233	0	0
	模式 3	5	126	0	0	104	44	0
	小计	100	2796	314	982	1337	44	0
合计 Total			13572	3865	8486	9767	660	268

说明: 1. 模式 1 为“玉米秸(含黄贮等)”, 模式 2 为“全株玉米青贮+玉米秸(含黄贮等)”, 模式 3 为“全株玉米青贮+苜蓿+羊草”。

式中, 采用“精饲料+玉米秸秆(含黄贮等)”、“精饲料+全株青贮玉米+玉米秸(含黄贮等)”和“精饲料+全株青贮玉米+苜蓿+羊草”这 3 种饲养方式的比重将分别为 15%、55% 和 30%, 各种养殖模式的成母牛头数将分别为 130、479 和 261 万头, 各类饲料的需求量分别为: 玉米 2301 万 t, 豆粕 703 万 t, 玉米秸(含黄贮等) 821 万 t, 全株青贮玉米 2 116 万 t, 苜蓿 285 万 t, 禾本科牧草(羊草) 115 万 t。

**6.1.1 玉米** 上文测算得出奶牛养殖中新增饲用玉米量仅为 628 万 t, 根据农业部测算, 2020 年我国玉米新增产量约为 5 000 万 t。奶牛养殖中玉米新增产量仅占 12.6%, 玉米产量完全能满足奶牛养殖的需要。

**6.1.2 玉米秸秆** 按上文测算, 2020 年奶牛采取“玉米秸秆(含黄贮等)”(模式 1)和“玉米

秸秆(含黄贮等)+全株玉米青贮”(模式 2)养殖模式对玉米秸秆的需求仅为 821 万吨, 目前我国农产品秸秆全年约有 8 亿吨, 其中玉米秸秆年产量超过 2.2 亿吨, 以我国现有的玉米秸秆资源, 完全可以满足未来这两种养殖模式的需求。在东北、华北和中原等粮食主产区大力推进秸秆养畜, 逐步提升秸秆利用率, 既能提高草食家畜产品产量, 增加农民收入, 更能减少因秸秆焚烧等行为带来的环境污染。据调研, 目前我国秸秆利用方式落后, 饲用秸秆大部分都用于直接喂养牲畜, 导致资源大量浪费。研究发现<sup>[8-10]</sup>, 玉米秸秆经过黄贮、微贮、碱贮等方式处理后, 其利用率比未经处理的秸秆高 14%。未经处理玉米秸秆的玉米替代率大约为 4:1, 经过处理后秸秆的替代率则提升至 3.5:1。因此, 从东北和中原地区粮食主产区来看, 大力发展全株玉米青贮和

秸秆养畜,是提高资源利用率和保护生态环境的正确选择。

**6.1.3 全株青贮玉米、苜蓿和优质禾本科牧草** 全株青贮玉米、苜蓿和优质禾本科牧草这3类优质粗饲料供给存在很大的不稳定性。因此,要满足未来奶牛养殖的优质粗饲料需求,可结合奶牛养殖集中的优势区域布局,有计划推进中高产田种植全株青贮玉米和苜蓿;优质禾本科牧草可通过推广冬闲田种植一年生牧草来满足需求。目前,我国中高产田种植全株青贮玉米和苜蓿的产量平均可达1800和12000 kg/hm<sup>2</sup>,满足2020年奶牛养殖的全株青贮玉米和苜蓿需求分别需要中高产田78.4和23.7万hm<sup>2</sup>;冬闲田种植一年生禾本科牧草单产平均为9000 kg/hm<sup>2</sup>,满足需求需要推广冬闲田种植约13.3万hm<sup>2</sup>。另据农业部数据显示,我国已研发推广的专用青贮玉米新品种在中高产田种植的单产可达33000kg/hm<sup>2</sup>,如果大力推广专用青贮玉米品种,满足2020年奶牛养殖全株玉米青贮需要的中高产田仅为64万hm<sup>2</sup>,比现有生产水平测算减少14.4万hm<sup>2</sup>。

**6.2 肉牛肉羊养殖。**由于肉牛肉羊的饲养模式与奶牛不同,未来可以通过开发利用玉米秸秆资源、南方草山草坡资源和退耕还林还草工程的人工草地资源,配合使用一部分全株青贮玉米,必要时可以适当推广利用冬闲田种草,以此满足2020年牛羊肉生产对饲草的需求。根据上文的测算结果,到2020年,我国肉牛、肉用绵羊和肉用山羊的出栏需求分别为2631万头、14874万只和16733万只,折合牛羊肉1298万t。

**6.2.1 玉米** 根据上文测算,到2020年肉牛肉羊养殖中新增饲用玉米量1377万t,占玉米新增产量的27.5%,玉米产量能满足肉牛肉羊养殖的需要。

**6.2.2 玉米秸秆** 由上文测算,肉牛肉羊养殖2020年采取“玉米秸秆(含黄贮等)”(模式1)和“玉米秸秆(含黄贮等)+全株玉米青贮”(模式2)两种养殖模式对玉米秸的需求分别为7665万吨,以我国现有的玉米秸秆资源,同样能满足肉牛肉羊养殖的玉米秸需要。

**6.2.3 全株青贮玉米、苜蓿和优质禾本科牧草**

**6.2.3.1 利用南方草山草坡** 我国南方大部分地区气候温暖,水热资源丰富,年降水量一般在1000mm以上,牧草生长期长,产草量高,在改良草山草坡、建植人工草地和发展草食畜牧业方面有着明显优势和巨大潜力。当前南方草地资源

整体开发利用不足,天然牧草利用水平仅为20-50%;补播优质草种,进行人工改良后,牧草产量能提高4-5倍以上。据农业部监测分析显示,南方天然草地平均0.5hm<sup>2</sup>可饲养1个羊单位;经过改良建成稳产人工草地后,平均0.1hm<sup>2</sup>可饲养1个羊单位,高产优质人工草地0.07hm<sup>2</sup>即可饲养1个羊单位。根据第一次草地资源调查结果显示,我国南方连片草原面积较大的安徽、江西、湖北、湖南、广西、四川、贵州、云南等八省区,共有天然草地6700万hm<sup>2</sup>。调度省级监测信息显示,这8个省区目前规模达到667hm<sup>2</sup>(万亩)以上的连片天然草地共有3345块,总面积635.4万hm<sup>2</sup>。其中约有60%水热条件和基础设施较好的连片天然草地可以建成人工草地,共381.2万hm<sup>2</sup>。按照天然草地平均0.5hm<sup>2</sup>饲养1个羊单位、人工草地每0.1hm<sup>2</sup>饲养1个羊单位计算,共可饲养4289万个羊单位;按每个羊单位产肉15kg计算,约可增加牛羊肉供给65万t,占2012年全国牛羊肉总产量的6.1%,能有效增加牛羊肉生产供给,缓解当前我国牛羊肉供给紧张的局面。如以1万亩草地为生产单元,可饲养4500个羊单位,能获得很好的规模效益,草地资源的利用效率将更高。同时,我国南方还有大量小面积连片散状分布的草地、疏林草地和林间草地0.6亿多hm<sup>2</sup>,通过补播改良和建设人工草地,充分利用南方草地资源发展草地畜牧业,增加牛羊肉生产潜力巨大。

**6.2.3.2 利用南方冬闲田** 据农业部数据测算,2020年我国长江中下游区域和南方地区冬闲田面积可达77万hm<sup>2</sup>,如能利用80万hm<sup>2</sup>(约合10%)冬闲田来种植牧草,按每公顷产9000kg干草计算,能生产牧草696万t,能饲养2000万多个羊单位,约合牛羊肉30万t。

**6.2.3.3 开展退耕还林还草工程** 随着第二轮退耕还林还草工程的实施也为牧草的发展带来机遇,如能在33万hm<sup>2</sup>以上退耕的坡耕地上种植牧草,按每公顷产干草7500kg计算(适度调减单产),能生产牧草250万t,能饲养800万个羊单位,约合牛羊肉12万t。

**6.2.3.4 农区养殖方式** 除上述3种方式提供一定数量的牛羊肉需求外,还有1192万t牛羊肉需要通过农区养殖方式来提供。其中,采取模式3的养殖方式将提供64万t牛肉和25万t羊肉,采取模式2的养殖方式将提供374万t牛肉和276万t羊肉,这两种模式共需要全株青贮玉米

(下转第34页)

## 2015年优质肉鸡营养与饲料研究进展

蒋守群\*, 苟钟勇, 李 龙, 林厦菁, 陈 芳, 丁发源

(广东省农业科学院动物科学研究所, 畜禽育种国家重点实验室, 农业部华南动物营养与饲料重点实验室, 广东省动物育种与营养公共实验室, 广东省畜禽育种与营养研究重点实验室, 广东 广州 510640)

**摘要:** 随着优质鸡品种资源的开发及产业化利用, 有关如何满足优质肉鸡营养需求、充分发挥肉质优势、保障其健康、高效生产等的研究受到广泛关注。本文综述了2015年优质肉鸡营养与饲料科学领域的研究进展, 内容包括优质肉鸡营养需要与饲料营养价值评定、营养代谢调控技术研究、饲料资源安全高效利用技术研究三个方面。总体上, 关于优质肉鸡营养与饲料方面的研究国际上报道较少, 国内主要针对不同地方品种优质鸡营养需要参数、植物活性物质、益生菌和酸化剂的应用技术、饲料资源(小麦、棉粕、菜粕和酒精副产物等)的安全高效应用上开展了大量研究, 而关于饲料营养价值评定利用方面的报道仍较少。

**关键词:** 优质肉鸡; 营养需要; 植物活性物质; 益生菌; 饲料资源利用

**中国分类号:** S816 **文献标识码:** A **文章编码:** 1005-8567(2017)02-0017-05

### 1 优质肉鸡营养需要与饲料营养价值评定

有关优质肉鸡营养需要方面, 国内外学者主要研究了代谢能、粗蛋白、赖氨酸和代谢能比值、蛋氨酸、苏氨酸、维生素E、维生素D3、钙、有效磷和铜的营养需要量, 发表相关文献12篇。文达地方鸡8-13周龄饲料中赖氨酸和能量比值分别为0.672、0.646、0.639和0.649 g/MJ时, 可分别获得最佳的采食量、生长速度、饲料转化率和活重<sup>[1]</sup>; Jiang等<sup>[2]</sup>以胫骨灰分作为评价指标, 通过回归分析得出快大型岭南黄羽肉鸡1-21日龄VD3的需要量为464 IU/kg, 22-42日龄、43-63日龄需要量分别为539 IU/kg、500 IU/kg。黄羽肉鸡公鸡1-42日龄饲料中降低0.2%的非植酸磷(相对于NRC标准)并同时添加植酸酶(300、600 IU/kg)、VD3(34.5、69 mg/kg)均不影响肉鸡的存活率, 也不会导致腿异常; 在1-21日龄, 降低0.1%或0.2%的非植酸磷同时添加植酸酶和VD3均降低了肉仔鸡的采食量和体增重, 在22-42日龄, 却不影响体增重和饲料转化率, 采食量仅少量降低; 饲料中不同水平的非植酸磷、植酸酶和VD3对肉质(肉色、pH值和剪切力)均没有显著影响<sup>[3]</sup>。

国内云南农业大学杨秀娟等(2015a)研究

认为, 0~6周龄能量水平为12.6 MJ/kg时, 武定鸡的生长性能最好<sup>[4]</sup>。李莉等(2015)<sup>[5]</sup>报道日粮能量和蛋白水平对桂香雏鸡饲料营养物质表观消化率有一定影响, 实际生产中可选用能量和蛋白水平分别为12.77 MJ/kg和20.5%的日粮作为桂香雏鸡的主饲料。杨秀娟等(2015b)<sup>[6]</sup>以期末体重和料重比为参考, 0~6周龄武定鸡日粮蛋氨酸推荐总量为0.53%~0.54%。张静等(2015)<sup>[7]</sup>以生长性能为参考指标, 认为在13~18周龄、日粮蛋氨酸水平0.32%~0.42%时, 雌、雄性略阳乌鸡的生长性能较好。沙尔山别克·阿不地力大等(2015)<sup>[8]</sup>以死亡率和血液生化指标为衡量指标, 认为拜城油鸡日粮中添加50~150 mg/kg VE时可获得较好的效果。潘文等(2015)<sup>[9]</sup>综合平均日增重、平均日采食量、胸肌剪切力、趾骨粗灰分和粗灰分钙含量、血清磷含量等指标, 得出1~28日龄麒麟鸡饲料中钙需要量为1.20%。耿爱莲等(2015)<sup>[10]</sup>综合生产性能和鸡蛋品质结果, 建议散养条件下22~43周龄北京油鸡产蛋鸡适宜的有效磷水平为0.29%, 44~57周龄北京油鸡产蛋鸡适宜的有效磷水平为0.19%。李龙等(2015)<sup>[11]</sup>研究表明, 为获得较好生长性能和免疫器官发育、

收稿日期: 2017-02-14

基金项目: 国家肉鸡产业技术体系项目(CAR-42), 国家“十二五”科技支撑计划项目子课题(2014BAD13B02), 广东省科技攻关项目(2013B020306002)

作者简介: 蒋守群(1971-), 女, 博士, 研究员, 主要从事家禽营养与饲料科学研究。E-mail: jsqun3100@hotmail.com

抗氧化性能, 1~21日龄快大型黄羽肉鸡饲料铜适宜添加水平为8mg/kg, 加上基础饲料铜含量2.80 mg/kg, 则该阶段黄羽肉鸡铜需要量为10.80 mg/kg。

## 2 优质肉鸡营养代谢调控技术研究

国内外研究主要集中在通过营养代谢调控促进优质肉鸡生长、提高免疫力、抗氧化机能、改善肠道健康和肉质品质等方面, 相关研究报道共有32篇。

在应用植物活性物质方面, 林厦菁等(2015a)<sup>[12]</sup>研究发现, 添加200 mg/kg的大豆异黄酮对文昌鸡中鸡阶段(31-80日龄)的生长具有促进作用。李运虎(2015)<sup>[13]</sup>在对湘黄鸡试验中发现, 大豆低聚糖可提高血清中总蛋白含量和血清尿素氮含量, 以600 mg/kg添加组效果最好。刘小飞等(2015)<sup>[14]</sup>综合生产性能、肉质和经济效益, 认为湘黄鸡饲料中大豆肽的适宜添加量为0.4%。商云霞等(2015)<sup>[15]</sup>在对良凤青脚麻鸡试验中发现, 黄芪多糖和一定纯度中药复方多糖均能显著升高红细胞-C3b花环率和红细胞-IC花环率, 增强SOD活性, 最佳纯度中药复方多糖组免疫效果优于黄芪多糖, 以中剂量中药复方多糖效果最好。陆海英等(2015)<sup>[16]</sup>研究认为, 松针提取物能显著提高广西麻鸡的屠宰性能, 并在一定程度上提高广西麻鸡肉品质。蒋华连等(2015)<sup>[17]</sup>研究发现, 松针提取物具有促进广西麻鸡免疫器官发育, 增加免疫器官中T和B淋巴细胞相对数的作用。

王净等(2015)<sup>[18]</sup>在对柴鸡试验中发现, 松针粉可以提高柴鸡血清免疫球蛋白和生殖激素的水平, 改善肠道微生物菌群。综合考虑, 确定松针粉在柴鸡日粮中的最适添加量为3%。张雷等(2015)<sup>[19]</sup>报道, 仙居鸡日粮中添加5%桑叶粉适用于仙居鸡饲养, 对增重速度和饲料转化率无明显影响, 且有助于肌苷酸、肌肉脂肪含量的增加和提高肌肉风味。熊国远等(2015)<sup>[20]</sup>试验发现皖南土鸡饮食蜂蜜和蜂花粉在提高生产性能的同时, 极大地改善了肌肉品质和营养成分。

周全民(2015)<sup>[21]</sup>研究表明, 添加青蒿中药复合制剂的寿光鸡鸡群在生长速度和NDV抗体效价提升方面有着显著效果。高艳敏等(2015)<sup>[22]</sup>报道, 中草药复方制剂在一定程度

上可改善桂香鸡的生长性能和肉质品质。郭晓秋等(2015)<sup>[23]</sup>报道添加0.1%、0.2%女贞子水煎剂可显著提高固始鸡新城疫抗体效价。

黄晓亮等(2015)<sup>[24]</sup>报道, 复合酸化剂对黄羽肉鸡小肠和脾脏的发育有促进作用。艾琴等(2015)<sup>[25]</sup>试验发现饲用酸化剂可通过维持肠道健康, 促进养分消化吸收, 从而提高饲料利用率; 而壳寡糖在平衡肠道菌群、维持肠道健康方面对饲用酸化剂有增效作用。贺姣等(2015)<sup>[26]</sup>报道, 在饲料中添加500 mg/kg微囊丁酸钠可以降低黄羽肉鸡死亡率并改善黄羽肉鸡的福利状况。鞠婷婷等(2015b)<sup>[27]</sup>报道, 丁酸钠具有改善黄羽肉鸡消化功能、肠道形态及前期生长性能及饲料利用率的功效, 且丁酸钠包膜制剂的作用效果优于粉剂。黄剑韬等(2015)<sup>[28]</sup>在麒麟鸡试验中发现, 酸化剂与寡糖联合添加有促生长的互作效应, 酸化剂与微生态制剂联合添加有提高胃蛋白酶活力的互作效应, 微生态制剂与寡糖联合添加组有提高胰蛋白酶活力的互作效应。

李敬盼等(2015)<sup>[29]</sup>研究发现添加0.5%~1%瘤胃源益生菌菌粉能显著改善雪山鸡血清中T4和胰岛素水平及其生长和屠宰性能。祁凤华等(2015)<sup>[30]</sup>研究发现枯草芽孢杆菌与嗜酸乳杆菌可以提高肉鸡小肠黏膜绒毛长度、V/C值和免疫器官指数。葛文霞等(2015)<sup>[31]</sup>试验发现28日龄时, 饲料中添加0.4%地衣芽孢杆菌的黄羽肉鸡血清中葡萄糖、白蛋白和总蛋白含量显著提高, 血清总胆固醇、尿素氮的含量显著降低。林厦菁等(2015b)<sup>[31]</sup>综合生长性能、免疫器官指数及肠道酶活、基因定量的结果, 认为在饲料中添加0.1%芽孢杆菌能够一定程度上缓解黄羽肉仔鸡肠道应激, 保护仔鸡的肠道屏障完整。在1~80日龄雪山草鸡上, 枯草芽孢杆菌BLCC1-0155和BLCC1-0048单种菌及其与甘露寡糖联用均对雪山草鸡生长性能和小肠pH值无显著影响(朱沛霖等, 2015)<sup>[32]</sup>。黎秋平等(2015)<sup>[33]</sup>试验确定日粮中添加0.75%不同分子量壳聚糖对麒麟鸡生长性能无显著影响, 但能有效抑制麒麟鸡对脂肪的吸收利用, 降低体脂沉积, 分子质量为5000以下的壳聚糖的降脂效果更为明显。林嘉欣等(2015)<sup>[34]</sup>研究表明, 麒麟鸡日粮中添加0.25%~1.50%壳聚糖对其屠体各部分生长

发育、肉品质和饲料利用率无明显影响,但能有效抑制其对日粮中脂肪的吸收利用,降低体脂沉积。添加0.25%的根霉菌萃取物具有促进台湾土鸡性腺成熟和鸡冠生长的效果,有增加土鸡卖相的潜力(蓝钰登等,2015)<sup>[35]</sup>。

鲁照见等(2015)<sup>[36]</sup>试验确定添加脂肪酶的可以明显提高芦花鸡生产性能,最佳添加量为300 g/t。

黄羽肉鸡饲喂中度氧化的豆油会影响肉鸡的生长性能、采食量、肠道免疫系统(Liang等,2015)<sup>[37]</sup>。热应激会导致红色哈伯德鸡(一种慢速型肉鸡)生长减缓,激活下丘脑-垂体-肾上腺轴导致鸡血液中皮质酮水平升高;热应激虽对屠体率没有显著影响,但是会影响胴体重(Rimoldi等,2015)<sup>[38]</sup>。刘松柏等(2015)<sup>[39]</sup>试验发现热应激情况下适当提高饲料中钠水平(0.22%)对于缓解黄羽肉鸡的热应激有益,饲料中添加0.3%小苏打显著( $P < 0.04$ )改善黄羽肉鸡的耗料增重比。另外,提高饲料中的钾水平也能缓解黄羽肉鸡热应激。鞠婷婷等(2015a)<sup>[40]</sup>报道,在LPS应激条件下,丁酸钠能改善黄羽肉鸡营养代谢,增强抗炎功能,且500 mg/kg丁酸钠和250 mg/kg包膜丁酸钠(有效含量为75 mg/kg)作用效果基本一致。

### 3 饲料资源安全高效利用技术研究

有关优质肉鸡饲料资源利用方面的报道仅10篇文献。苟钟勇等(2015)<sup>[41]</sup>研究指出:小麦可以完全等能替代玉米,在小麦饲料中添加木聚糖复合酶能提高黄羽肉鸡的生长性能,节约饲料成本。林正镛对等(2015)<sup>[42]</sup>研究还发现以饲料米取代100%玉米后会显著提高台湾红羽土鸡胸肉的脂肪含量、滴水损失及蒸煮损失,降低了胸肉的韧度、紧实度与芳香味及风味的感官评分;饲料米取代100%玉米后添加30 ppm叶黄素可显著降低胸肉的红色 $a^*$ 值和蒸煮失重、提高了胸肉的黄色 $b^*$ 值和紧实度。添加6%发酵棉粕提高了黄羽肉鸡的生长性能和表观消化率、改变了肌肉的组成(Nie等,2015a)<sup>[43]</sup>。添加发酵棉粕通过下调腹脂中脂蛋白脂酶和肝脏中脂肪合成基因(乙酰辅酶A、脂肪合成酶)基因的表达,降低了黄羽肉鸡腹脂和肝脏甘油三酯水平。另外,肝脏代谢组分析结果显示饲料中添加发酵棉粕能

导致多种代谢途径改变包括三羧酸循环、脂肪酸合成、甘油酯和氨基酸代谢,这些研究结果表明脂质代谢调控是一个非常复杂的过程,包含多种代谢途径的参与<sup>[44]</sup>。聂存喜等(2015)<sup>[45]</sup>研究发现,发酵棉粕对黄羽肉鸡脂肪酸组成的调节作用表明其具有改变黄羽肉鸡肌肉风味的潜力。吴东等(2015)<sup>[46]</sup>研究报道:在黄羽肉公鸡中添加3-9%的发酵菜籽粕等营养水平替代豆粕是可行的,不影响肉鸡生长性能、肉品质及血清生化指标。孙焕林等(2015)报道用发酵棉粕替代豆粕,在不影响生长性能的前提下,对黄羽肉鸡的血液生化指标和免疫性能有积极的作用<sup>[47]</sup>。在安卡肉鸡饲料中,用煮熟加工处理的猴面包树(非洲产的一种巨树)种子替代豆粕(可达100%替代),对肉鸡的血常规指标没有不良影响,节约了饲料成本<sup>[48]</sup>。张民扬等(2015)<sup>[49]</sup>测定小麦制酒精后浮渣的常规营养成分和氨基酸含量,结果发现,小麦制酒精浮渣对鸡具有一定的营养价值,可以作为一种黄鸡用蛋白饲料原料。在商业饲料中额外添加15%的湿高粱酒糟不影响台湾黑土鸡的生长和健康<sup>[50]</sup>。在台湾土鸡饲料中添加30%的副产物预混料(酱油粕、青宁啤酒粕及甘薯签的比例为3:2:5)取代部分玉米及大豆粕,不影响土鸡的生长性状及屠宰率,但是考虑鸡肉屠宰色泽,则建议饲料中这种副产物添加量以降低至20%为宜<sup>[51]</sup>。

### 4 问题和建议

总体上,目前关于优质肉鸡营养与饲料方面的研究国际上报道要少一些,国内研究内容多集中在营养代谢调控及多种饲料添加剂的应用上,饲料资源安全高效应用的报道比去年有明显增加,而关于饲料营养价值评定利用方面的报道则太少。随着优质鸡“冰鲜鸡”产业的发展及育种目标的调整,优质肉鸡营养需要研究方面应做更深入系统的研究,并进行进一步修订完善。

为保障我国优质肉鸡产业健康持续发展,在营养与饲料领域应进一步加大科研投入,建议开展以下工作:(1)进行非常规饲料营养价值与安全性评定,开展更广泛的饲料资源安全高效利用技术研究;(2)进行不同品种黄鸡营养需要动态模型研究,修订完善饲养标准;(3)开展优质肉鸡肉品质、风味的营养调控技术研究。(4)

开展优质肉鸡抗应激与肠道健康营养调控技术研究。

#### 参考文献:

- [1] Alabi, O., J. Ng'ambi, E. Mbajiorgu, D. Norris and M. Mabelebele. Growth and haematological response of indigenous Venda chickens aged 8 to 13 weeks to varying dietary lysine to energy ratios. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2015, 99(3): 436-441.
- [2] Jiang, S., Z. Jiang, K. Yang, F. Chen, C. Zheng and L. Wang. Dietary vitamin D3 requirement of Chinese yellow-feathered broilers. *Poultry Science*, 2015, 94:2210-2220.
- [3] Ren, L., J. Zuo, G. Li, L. Zheng, Z. Zhang, H. Ye, W. Xia and D. Feng. Effects of the Combination of Non-Phytate Phosphorus, Phytase and 25-Hydroxycholecalciferol on the Performance and Meat Quality of Broiler Chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 2015, 17(3): 371-380.
- [4] 杨秀娟, 邓斌, 陈玉芹, 等. 不同能量营养水平日粮对0-6周龄武定鸡生长性能的影响[J]. *饲料研究*, 2015a, (4): 53-55.
- [5] 李莉, 卜泽明, 罗世乾, 等. 日粮能量和蛋白水平对桂香雏鸡饲料营养物质表观消化率的影响[J]. *南方农业学报*, 2015 (2):344-348.
- [6] 杨秀娟, 邓斌, 陈玉芹, 等. 0~6周龄武定鸡蛋氨酸需要量研究[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2015b, 09:17-21.
- [7] 张静, 闵育娜, 刘少凯, 等. 略阳乌鸡13~18周龄蛋氨酸需要量的研究[J]. *畜牧与兽医*, 2015, 1: 9-16.
- [8] 阿不地力大沙尔山别克, 姜维, 周封文, 赵鑫源. 日粮维生素E水平对拜城油鸡生产性能和抗氧化性能的影响. *中国家禽*, 2015, 37(009): 27-31.
- [9] 潘文, 王润莲, 江国亮, 等. 1~28日龄麒麟鸡钙需要量[J]. *动物营养学报*, 2015, 27(1): 265-273.
- [10] 耿爱莲, 赵向红, 张尧, 等. 饲料有效磷水平对散养北京油鸡生产性能和鸡蛋品质的影响[J]. *中国家禽*, 2015, 37: 18-21.
- [11] 李龙, 蒋守群, 郑春田, 等. 1~21日龄黄羽肉鸡饲料铜营养需要量的研究[J]. *动物营养学报*, 2015, 27(2): 578-587.
- [12] 林厦菁, 蒋守群, 林哲敏, 刘圈炜, 黄丹红. 大豆异黄酮对文昌鸡生长性能、肉品质及血液生化指标的影响. 第十二届两岸三地优质鸡的改良生产暨发展研讨会论文集, 2015a, 67-70.
- [13] 李运虎, 刘鹤翔, 李美君. 大豆低聚糖对湘黄鸡血液生化指标影响的研究[J]. *湖南饲料*, 2015, 2: 014.
- [14] 刘小飞, 孟可爱. 大豆肽对湘黄鸡生产性能和肉品质的影响[J]. *湖南生态科学学报*, 2015, 2(2): 6-11.
- [15] 商云霞, 朱晓庆, 谷新利, 等. 中药复方多糖对鸡红细胞免疫功能和SOD活性的影响[J]. *江苏农业科学*, 2015, 4: 078.
- [16] 陆海英, 潘海丽, 刘举祥, 等. 松针提取物对广西麻鸡屠宰性能和肉品质的影响[J]. *饲料博览*, 2015 (2): 47-50.
- [17] 蒋华连, 刘举祥, 蒙刚, 等. 松针提取物对广西麻鸡免疫器官组织形态学的影响[J]. *饲料博览*, 2015 (1): 49-51.
- [18] 王净, 李寸欣, 王鹏, 等. 松针粉对柴鸡血清免疫球蛋白, 生殖激素和肠道菌群的影响[J]. *中国饲料*, 2015 (7): 21-23.
- [19] 张雷, 范京辉, 张伟武, 等. 仙居鸡日粮中添加桑叶粉对生产性能及鸡肉品质的影响研究[J]. *浙江畜牧兽医*, 2015, 1: 003.
- [20] 熊国远, 章薇, 吴娟, 等. 饮食蜂蜜和蜂花粉对皖南土鸡生产性能, 肉品质及营养成分的影响[J]. *中国家禽*, 2015, 2: 009.
- [20] 周全民. 青蒿复合中药制剂对寿光鸡生长和免疫性能的影响[J]. *中国动物保健*, 2015, 17(6): 76-78.
- [21] 高艳敏, 边连全, 刘显军. 中草药复方制剂对桂香鸡生长性能和肉品质的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2015, 51(3): 72-76.
- [22] 郭晓秋, 曲哲会, 黄立, 等. 女贞子对固始鸡生产性能及免疫指标的影响[J]. *中国家禽*, 2015, 37(001): 61-63.
- [23] 黄晓亮, 卢旭霞, 陈报伟, 等. 复合酸化剂对黄羽肉鸡消化和免疫器官的影响[J]. *湖北农业科学*, 2015, 54(16): 3990-3992.
- [24] 艾琴, 方炳虎, 陈瑞爱, 等. 饲用酸化剂对1~63日龄黄羽肉鸡生长性能的影响[J]. *广东畜牧兽医科技*, 2015, 40(3): 8-12.
- [25] 鞠婷婷, 郭孝焯, 肖雪, 等. 饲料添加丁酸钠对黄羽肉鸡生产性能, 血清生化指标, 消化功能和肠道形态的影响[J]. *中国家禽*, 2015b, 37(009): 32-36.
- [26] 贺姣, 邵丹, 张珊, 等. 丁酸钠对高密度饲养黄羽肉鸡生产性能, 免疫器官指数和福利状况的影响[J]. *中国家禽*, 2015, 37(005): 33-36.
- [27] 黄剑韬, 吴雪梅, 江绮汶, 等. 酸化剂, 微生态制剂和寡糖对“麒麟鸡”生长性能和消化道酶活力的影响[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(23): 19-24.
- [28] 李敬盼, 单哲, 秦玉玲, 等. 瘤胃源菌粉对雪山鸡生长性能, 屠宰性能与激素分泌的影响[J]. *中国家禽*, 2015, 37(003): 30-33.
- [29] 祁风华, 杨帆, 马红, 等. 枯草芽孢杆菌与嗜酸乳杆菌对黄羽肉鸡小肠粘膜形态和免疫器官指数的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2015, 10: 29-31.
- [30] 葛文霞, 柳旭伟. 地衣芽孢杆菌对黄羽肉鸡生产性能和血液生化指标的影响[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(7): 213-215.
- [31] 林厦菁, 蒋守群, 丁发源, 等. 大豆异黄酮与芽孢杆菌对缓解黄羽肉仔鸡肠道氧化应激的影响[J]. *中国家禽*, 2015b, 37(19): 20-25.
- [32] 朱沛荣, 王洪荣, 齐玉凯. 枯草芽孢杆菌单菌及其与甘露寡糖联用对雪山草鸡生长性能和肠道pH值的影响[J]. *中国家禽*, 2015, 14:56-58.
- [33] 黎秋平, 王润莲, 潘文, 等. 不同分子量壳聚糖对麒麟鸡生长性能, 屠宰性能, 肉品质及养分代谢率的影响[J]. *河南农业科学*, 2015, 44(3): 128-132, 151.
- [34] 林嘉欣, 龙振辉, 王润莲, 等. 壳聚糖对麒麟鸡屠宰性能, 肉品质及养分代谢率的影响[J]. *家禽科学*, 2015 (4): 08-12.
- [35] 蓝钰登, 陈雪玲, 林美峰. 根霉菌萃取物于土鸡饲料添加之应用. 第十二届两岸三地优质鸡的改良生产暨发展研讨会论文集, 2015, 95-98.
- [36] 鲁照见, 赵艺文, 王学文, 等. 日粮中添加脂肪酶对芦花鸡生产性能的影响[J]. *养殖与饲料*, 2015, 6: 020.
- [37] Liang, F., S. Jiang, Y. Mo, G. Zhou and L. Yang. Consumption of Oxidized Soybean Oil Increased Intestinal Oxidative Stress and Affected Intestinal Immune Variables in Yellow-feathered Broilers. 2015.

- [38] Rimoldi, S., E. Lasagna, F. M. Sarti, S. P. Marelli, M. C. Cozzi, G. Bernardini and G. Terova. Expression profile of six stress-related genes and productive performances of fast and slow growing broiler strains reared under heat stress conditions. *Meta gene*, 2015, 6: 17-25.
- [39] 刘松柏, 谭会泽, 彭运智, 等. 饲料不同钠和钾水平对热应激黄羽肉鸡生长性能的影响 [J]. *饲料研究*, 2015 (13): 50-53.
- [40] 鞠婷婷, 郭孝焯, 随佳佳, 等. 不同剂型丁酸钠对脂多糖应激肉鸡血清生化指标, 抗氧化和抗炎功能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2015a, 27(10): 3146-3154.
- [41] 苟钟勇, 蒋守群, 李龙, 林厦菁, 丁发源, 陈芳. 小麦饲料中添加木聚糖复合酶对黄羽肉鸡生长性能和胴体品质的影响. 第十二届两岸三地优质鸡的改良生产暨发展研讨会论文集, 2015, 55-58.
- [42] 林正镛, 梁桂容, 李秀兰. 以饲料米取代玉米对红羽土鸡皮肤与肌肉色泽及肌肉品质之影响. 第十二届两岸三地优质鸡的改良生产暨发展研讨会论文集, 2015, 24-28.
- [43] Nie, C., W. ZHANG, W. GE, Y. WANG, Y. LIU and J. LIU. Effects of fermented cottonseed meal on the growth performance, apparent digestibility, carcass traits, and meat composition in yellow-feathered broilers. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2015a, 39: 350-356.
- [44] Nie, C.-x., W.-j. ZHANG, Y.-q. WANG, Y.-f. LIU, W.-x. GE and J.-c. LIU. Tissue lipid metabolism and hepatic metabolomic profiling in response to supplementation of fermented cottonseed meal in the diets of broiler chickens. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 2015b, 16(6): 447-455.
- [45] 聂存喜, 张文举, 刘艳丰, 等. 酵母菌发酵棉粕对黄羽肉鸡肌肉主要脂肪酸组成的影响 [J]. *中国家禽*, 2015, 7: 25-28.
- [46] 吴东, 徐鑫, 夏伦志. 发酵菜籽粕替代豆粕对肉鸡生长性能、肉质及血清生化指标的影响. 第十二届两岸三地优质鸡的改良生产暨发展研讨会论文集, 2015, 90.
- [47] 孙焕林, 孙新文, 李洪, 等. 枯草芽孢杆菌发酵棉粕对黄羽肉鸡血液生化指标, 免疫性能影响的研究 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2015, 17: 5-9.
- [48] Saulawa, L., M. Yahaya and U. Ukpabi. Hematopoietic reaction of broiler birds fed graded levels of boiled baobab (*Adansonia digitata*) seed meal as a replacement for soyabean in the humid tropics. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2015, 14(7): 426-430.
- [49] 张民扬, 卞宝国, 李吕木, 等. 小麦制酒精浮渣喂鸡的营养价值评定 [J]. *中国饲料*, 2015 (11): 8-11.
- [50] 郑庆安, 朱国动, 陈盈豪, 李炳宏. 饲料中添加不同湿高粱酒糟含量对黑羽土鸡生长、血液和肠道性状之影响. 第十二届两岸三地优质鸡的改良生产暨发展研讨会论文集, 2015, 120-123.
- [51] 施柏龄. 副产物预混料对土鸡生长性能及屠体性状之影响. 第十二届两岸三地优质鸡的改良生产暨发展研讨会论文集, 2015, 48-50.

\*\*\*\*\*

(上接第7页)

- [17] Aitken R J, Clarkson J S, Fishel S. Generation of reactive oxygen species, lipid peroxidation, and human sperm function [J]. *Biol Reprod*, 1989, 41(1): 183-197.
- [18] Yang H W, Hwang K J, Kwon H C, et al. Detection of reactive oxygen species (ROS) and apoptosis in human fragmented embryos [J]. *Hum Reprod*, 1998, 13(4): 998-1002.
- [19] Fischer B, Bavister B D. Oxygen tension in the oviduct and uterus of rhesus monkeys, hamsters and rabbits [J]. *J Reprod Fertil*, 1993, 99(2): 673-679.
- [20] Park J I, Hong J Y, Yong H Y, et al. High oxygen tension during in vitro oocyte maturation improves in vitro development of porcine oocytes after fertilization [J]. *Anim Reprod Sci*, 2005, 87(1-2): 133-141.
- [21] Azambuja R M, Moreno J F, Kraemer D C, et al. Effect of gas atmosphere on in vitro maturation of bovine oocytes [J]. *Theriogenology*, 1993, 39: 184.
- [22] 李紫聪, 石俊松, 罗绿花, 等. 氧分压对猪卵母细胞成熟、受精及早期胚胎发育的影响 [J]. *广东农业科学*, 2013, (15): 145-148.
- [22] Sosnowski J, Waroczyk M, Switonski M. Chromosomal abnormalities in secondary pig oocytes matured in vitro [J]. *Theriogenology*, 2003, 60: 571-581.
- [23] 华再东, 郑新民, 魏庆信, 等. 猪分级卵母细胞体外成熟时间规律的研究 [J]. *中国畜牧兽医*, 2011(3): 155-159.
- [24] Lai L, Park K W, Cheong H T, et al. Transgenic pig expressing the enhanced green fluorescent protein produced by nuclear transfer using colchicine-treated fibroblasts as donor cells [J]. *Mol Reprod Dev*, 2002, 62: 300-306.
- [25] 刘赛, 陈静波, 原巨强, 等. 培养液中血清或其替代物对牛体外受精卵体外发育的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2007, (12): 3556-3557.
- [26] 周荣, 罗绿花, 麦然标, 等. Vc 对猪体细胞克隆胚胎体外及体内发育的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2016, (23): 90-92.
- [27] Coskun S, Lin Y C. Mechanism of action of epidermal growth factor-induced porcine oocyte maturation [J]. *Mol Reprod Dev*, 1995, 42: 311-317.
- [28] Lane M, Hooper K, Gardner D K. Effect of essential amino acids on mouse embryo viability and ammonium production [J]. *Assist Reprod Genet*, 2001, 18(9): 519-525.
- [29] 赵杰, 陈秀娟. 颗粒细胞与卵母细胞关系研究进展 [J]. *国际生殖健康 / 计划生育杂志*, 2015(5): 406-409.
- [30] WE Maalouf, JH Lee, KHS Campbell. Campbell Effects of caffeine, cumulus cell removal and aging on polyspermy and embryo development on in vitro matured and fertilized ovine oocytes [J]. *Theriogenology*, 2009, 71(7): 1083-1092.

## 动物专用大环内酯类新药－泰地罗新

张桂君<sup>1</sup>, 吴志玲<sup>1</sup>, 梁劲康<sup>1</sup>, 方炳虎<sup>2\*</sup>

(1. 广东温氏大华农生物科技有限公司, 广东 新兴 527400;

2. 华南农业大学兽医学院, 广东 广州 510642)

**摘要:** 本文概述一种新型动物专用大环内酯类抗生素泰地罗新的理化性质、作用机制、抗菌活性、药动学、药效学、不良反应及残留, 为该药开展相关研究、兽医临床的应用提供参考资料。

**关键词:** 泰地罗新; 大环内酯类; 药动学; 药效学; 应用

**中国分类号:** S853.76 **文献标识码:** B **文章编码:** 1005-8567 (2017) 02-0022-04

## A new macrolide antibiotic *Tildipirosin* for animals

Zhang Gui jun<sup>1</sup>, Wu Zhi ling<sup>1</sup>, Ling jing kang<sup>1</sup>, Fang bing-hu<sup>2\*</sup>

(1. Guangdong Wens Dahuanong Biotechnology Co., Ltd., Xinxing 527400, China;

2. College of Veterinary Medicine, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** Tildipirosin is a new novel macrolide antibiotic for animals. The physical and chemical properties, mechanism of action, antibacterial activity, pharmacokinetics, pharmacodynamics, residue and adverse reaction of tildipirosin were reviewed in this paper in order to provide reference for its application in veterinary clinic.

**Key words:** Tildipirosin; antibacterial activity; pharmacokinetics; pharmacodynamics; application

泰地罗新 (Tildipirosin), 是荷兰英特威国际有限公司 (Intervet International BV) 开发的最新动物专用的大环内酯类半合成抗生素, 为泰乐菌素的衍生物。以泰地罗新为主要有效成分的无菌注射剂 (商品名: Zuprevo<sup>®</sup>) 于 2011 年经欧洲药物管理局 (European medicines agency, EMA) 的审核, 在欧盟国家批准上市销售。用于防治猪、牛由副猪嗜血杆菌、胸膜肺炎放线杆菌、多杀性巴氏杆菌和溶血性曼海姆菌等敏感菌引起的呼吸系统感染性疾病<sup>[1,2]</sup>。单次肌注或皮下注射给药后, 泰地罗新具有吸收快, 达峰时间短, 肺组织中浓度高, 生物利用度高, 消除缓慢, 药效持久, 安全性高, 单次给药即能提供全程治疗等优点, 具有广阔的应用前景。本文就泰地罗新的理化性质、抗菌活性、药动学、药效学、不良反应及残留、临床应用等研究现状进行介绍, 以期为我国兽医临床开展相关研究提供参考。

### 1 理化性质

泰地罗新 (图 1) 是新一代十六元环半合成大环内酯类抗菌药物, 是泰乐菌素的衍生物。化学名为 20, 23-二哌啶基-5-O-碳霉胺糖基-泰乐内酯, 分子式为 C<sub>41</sub>H<sub>71</sub>N<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 分子量为 734.02, CAS 号为 328898-40-4。在常温常压下为一种白色粉末, 易溶于极性有机溶剂, 如甲醇、丙酮等, 微溶于水。

### 2 抗菌活性

与其他大环内酯类抑菌作用机理相似, 泰地罗新主要通过作用于细菌核糖体 50s 亚基上, 阻断 mRNA 位移, 使得细菌的肽链合成和延长受阻, 从而影响其蛋白质的合成<sup>[3]</sup>, 从而达到抑菌的目的。

泰地罗新主要作用于胸膜肺炎放线杆菌、多杀性巴氏杆菌、支气管败血波氏杆菌、副猪嗜血杆菌以及溶血性曼海姆菌、睡眠嗜组织菌等引起

收稿日期: 2017-02-09

基金项目: 广州市科技计划项目 (201707010349)

作者简介: 张桂君 (1987-), 女, 博士, 兽医药理学与毒理学, E-mail: 870213259@qq.com.

\*: 通讯作者



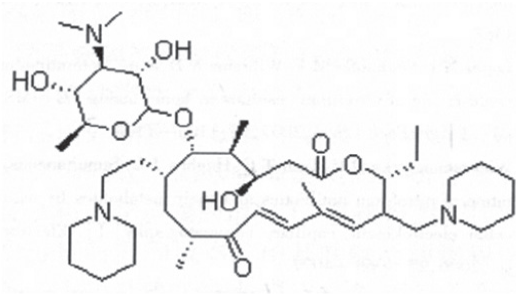


图1 泰地罗新的化学结构式

猪和牛呼吸系统的病原菌。此外,对布鲁氏菌也有良好的体外抗菌活性,研究表明,Zuprevo®与土霉素联用对猪生物2型布鲁氏菌病有较好的治疗效果<sup>[4]</sup>。泰地罗新对各种病原菌的体外抗菌活性见表1<sup>[5]</sup>。

泰地罗新的体外抗菌活性受pH值影响较大(同土拉霉素)。由于具有三个碱性氨基基团,在不同pH条件下可形成不同的带电形式(0, 1+, 2+, 3+),电荷量的多少对细菌脂质的溶解度破坏和穿透革兰氏阴性菌外膜很重要。因此在偏碱性条件下,具有最高的体外活性,而在偏酸性条件下,抗菌活性显著减弱。所以把pH控制在7.2~7.4是获得稳定最小抑菌浓度的关键因素<sup>[6,7]</sup>。

### 3 药效学

目前泰地罗新主要用于防治胸膜肺炎放线杆菌、多杀性巴氏杆菌、支气管败血波氏杆菌、副猪嗜血杆菌以及溶血性曼海姆菌、睡眠嗜组织菌等引起猪和牛呼吸道疾病;也有文献报道可用于预防与治疗动物航运发烧等症状。

Miyake等<sup>[8]</sup>采用肉汤微量稀释法对替米考星和泰地罗新对巴氏杆菌的抗菌活性进行了比

表1 泰地罗新的体外抗菌活性  $\mu\text{g/mL}$

动物种类	菌种	菌株数	剂量范围	MIC50	MIC90
猪	胸膜肺炎放线杆菌	100	2~16	8	8
	支气管败血波氏杆菌	87	0.5~8	2	4
	多杀性巴氏杆菌	99	0.125~2	0.5	1
	副猪嗜血杆菌	63	0.032~4	0.5	1
牛	溶血性曼海姆菌	88	0.125~2	0.5	1
	多杀性巴氏杆菌	105	0.125~2	0.5	1
	睡眠嗜组织菌	63	0.5~8	2	4

注: MIC为最小抑菌浓度, MIC50是能抑制50%菌株所需抗生素最低抑菌浓度, MIC90是能抑制90%菌株所需抗生素最低抑菌浓度。

较,实验表明单剂量泰地罗新治疗效果比多剂量替米考星治疗效果更显著; Rose等<sup>[9]</sup>报道了泰地罗新对牛呼吸道感染致病菌溶血性曼海姆菌的治疗效果,按单剂量4mg/kg b.w.皮下注射,所采集的样本中溶血性曼海姆菌均低于定量限(定量限为103 CFU/g)。英特威公司的试验数据显示,单剂量皮下注射泰地罗新(4mg/kg b.w.)用于自然感染呼吸系统疾病的猪,其治愈率可达86%,而对照组氟苯尼考的治愈率为81%;比较了泰地罗新(单剂量4mg/kg b.w.肌内注射)和土拉霉素治疗自然感染呼吸系统疾病的牛的治疗效果,治愈率分别为93%和92%,Secretariat等<sup>[10]</sup>比较了泰地罗新(单剂量4mg/kg b.w.皮下注射)和土拉霉素(单剂量2.5mg/kg b.w.皮下注射)治疗自然感染呼吸系统疾病的牛,结果表明,泰地罗新治愈率为84.8%,而土拉霉素治愈率79.3%。

### 4 药动学

牛、猪等动物体内的药动学研究表明(药动学参数见表2),在消化道内吸收很低,皮下或肌内注射给药后,吸收迅速,分布广泛,生物利用度高。泰地罗新在小鼠和猪血浆的蛋白结合率分别为17%和30%。EMA以放射性标记泰地罗新,研究表明,泰地罗新在小鼠(Wistar)、比格犬、牛、猪等口服给药后代谢途径相似,主要以原形药物经粪便排泄,其次是尿液。猪和牛经过14d,分别有62%和40%的原形药物从粪便排泄,17%和24%的原形药物从尿液排出,在牛体内代谢缓慢<sup>[11,12]</sup>。

泰地罗新对支气管和肺的亲合力较高,各组织中,肺组织药物浓度最高且作用持久,且药物消除缓慢,具有分布容积大,清除率低的优势。泰地罗新给药后1、3、5、10、14和21d,牛肺组织与血浆中浓度的比值分别为97.8、154.9、179.1、214.5、191.5和178.6;牛支气管液与血浆中浓度的比值分别为25.4、49.1、31.1、72.3、48.3和56.0。肺中AUC比血浆中AUC高159倍,肺组织中半衰期长达242h,接近10d;支气管液中AUC比血浆中AUC高37倍,支气管液中半衰期长达267h,接近11d<sup>[13]</sup>。

Rose等报道,猪按4mg/kg b.w.肌内注射泰地罗新后1、3、5、10和14d,猪肺组织与血浆中浓度的比值分别为83、112、148、113和97;肺中AUC比血浆中AUC高87倍,肺组织中半衰期长达163h<sup>[14]</sup>。这些药动学特征对于单剂量给药泰地罗新可有效治疗牛、猪呼吸道疾病有重要意义。国内学者报道,猪按4mg/kg b.w.肌注泰地罗新后,药动学参数C<sub>max</sub>、t<sub>max</sub>与国外文献报道较为接近,MRT、AUC比国外文献报道的小<sup>[15]</sup>。

### 5 毒理学与残留

据报道<sup>[17]</sup>, 泰地罗新的急性毒性作用较低, 以 1700mg/kg b.w. 剂量给大鼠灌胃, 无不良反应出现; 以 2000mg/kg b.w. 灌胃, 出现精神不振、闭目、皮毛的轻度到中度的竖起、协调性变差、严重流涕等不良反应; 以 6.25、12.5、25 和 50mg/kg b.w. 剂量给大鼠静脉注射, 12.5mg/kg b.w. 及以上剂量组, 给药后大鼠立即死亡。通过小鼠与犬的慢性毒性试验, 小鼠与犬分别每天按 20、60、400mg/kg b.w. 和 6、20、60mg/kg b.w. ,

连续灌胃 3 个月, 结果表明给药无作用剂量分别为每天 20mg/kg b.w. 和 6mg/kg b.w. 。

猪和牛分别以 20mg/kg b.w. (肌肉注射) 和 40mg/kg b.w. (皮下注射), 注射后除了注射部位出现了肿胀等不适现象外没有其他明显的毒理变化; 肌酸激酶、白细胞、嗜中性粒细胞和单核淋巴细胞等数量出现增加。大鼠以 30mg/kg b.w. 剂量灌胃结果显示无致畸或胚胎毒性。对小鼠进行的致突变及体内微核试验, 结果都为阴

表2 泰地罗新在牛、猪体内的药动学参数

动物	给药途径	给药剂量 / (mg/kg b.w.)	组织或体液	T <sub>max</sub> /h	C <sub>max</sub> / (μg/mL)	MRT/h	AUC / (μg h/mL)	t <sub>1/2</sub> /h	V <sub>ss</sub> / (L/kg)	Cl / (L/h/kg)	参考文献	
牛	Sc.	4	血浆	0.38±0.13	0.639±0.197	145±4	17.231±1.169	204±14			[13]	
			肺	24	14.768±2.135	/	3846.735	242				
			支气管液	24~72	3.5	/	882.449	267				
牛	Iv.	2	血浆	/	/	152±22	10.921±0.521	238±46	49.401±9.217	144±7		
猪	Im.	2	血浆	0.21±0.17	0.701±0.481	91±14	5.773±0.739	126±19			[14]	
			Im.	4	血浆	0.38±0.14	0.895±0.453	86±10	11.012±2.989	106±15		
					肺	24	4000	/	895.323	163		
			支气管液	120	14000	/	/	/				
			Im.	6	血浆	0.26±0.13	0.884±0.189	84±3	13.373±0.860	97±5		
猪	Im.	2	血浆	0.208±0.165	0.475±0.114	72±6	11.04±1.27	119±34			[16]	
			Im.	4	血浆	0.389±0.180	0.972±0.391	65±16	15.75±5.19	124±42		
					Im.	8	血浆	0.236±0.153	0.987±0.164	89±11	37.54±4.83	83±24
猪	Im.	4	血浆	0.48±0.35	0.997±0.63	44±17	7.05±1.79	93±14	80.67±24.56	0.60±0.15	[15]	

表3 泰地罗新在猪、牛各组织中的最大残留限量 (MRLs)

活性物质	残留标示物	靶动物	MRLs (μg/kg)	目标组织	药理分类	
泰地罗新泰地罗新		猪	1200	肌肉	抗感染药 / 抗生素	
			800	自然比例的皮肤和脂肪		
			5000	肝脏		
		10000	肾脏			
		牛	400	肌肉		
			200	脂肪		不得用于为人类提供实用奶的动物
			2000	肝脏		
3000	肾脏					

性, 表明泰地罗新没有遗传毒性<sup>[18]</sup>。

EMA 对泰地罗新在猪体内的残留消除研究试验结果表明: 泰地罗新的残留标示物为原形药物, 且以肾脏、药物注射部位及肝脏残留的药物浓度最高且各组织的残留分布、残留标示物及总残留的比值一般是恒定的, 肝脏, 0.42; 肾脏, 0.59; 皮肤+脂肪, 0.77; 肌肉, 0.54; 注射部位, 0.59<sup>[17]</sup>。根据欧盟最新发布法规 (EU) No 201/2014 对于泰地罗新作为抗生素使用的残留要求, 泰地罗新在动物源食品中的最高残留限量 (maximum residue limits, MRLs) 如表 3 所示。猪和牛的休药期分别为 9d 和 47d<sup>[19]</sup>。一般情况下, 按照合理的给药方案, 经过休药期后, 各组织的残留量均低于规定标准。

## 6 展望

泰地罗新作为动物专用的新型大环内酯类抗生素, 具有吸收快、分布广泛、达峰时间短、生物利用度高、消除半衰期长、药效持久且安全性高等优点, 与其它大环内酯类抗菌药相比有一定的优势; 经皮下注射或肌注给药后, 其在肺组织与支气管中的浓度要明显高于血浆浓度, 因此泰地罗新对治疗呼吸系统疾病有较好的疗效。单次皮下注射或肌注给药, 即可提供全程治疗, 使用方便, 在兽医临床具有广阔的应用前景。国内目前尚无泰地罗新产品上市, 兽医科技工作者要推进泰地罗新在我国的研究与应用, 首先, 要对泰地罗新的合成工艺进行创新, 提高产率, 降低成本; 其次, 开展生产工艺、辅料等新研究, 研制高效、安全、长效且能满足临床给药需求的新制剂, 改善泰地罗新的药动学特征, 提高药效, 并通过药动药效同步模型制定最佳给药方案。

## 参考文献:

- [1] Jacob P, Niels M A, Ralf W, et al. Visualizing the 16-Membered Ring Macrolides Tildipirosin and Tilmicosin Bound to Their Ribosomal Site [J]. ACS Chem. Biol., 2012, 7: 1351-1355.
- [2] EMA. Committee for Medicinal Products for Veterinary Use (EMA/CVMP/91406/2011)
- [3] Niels M A, Jacob P, Ralf W, et al. Inhibition of Protein Synthesis on the Ribosome by Tildipirosin Compared with Other Veterinary Macrolides [J]. Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 2012, 56 (11):6033-6036.
- [4] Dieste P L, Fraile L, Miguel M J, et al. Studies on a suitable antibiotic therapy for treating swine brucellosis [J]. Journal of veterinary pharmacology and therapeutics, 2014, 38, 357-364.
- [5] EMA. CVMP assessment report Zuprevo (EMA/V/200009)
- [6] Retsema J A, Brennan L A, Girard A E. Effects of environmental factors on the in vitro potency of azithromycin [J]. European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, 1991, 10: 834-842.
- [7] Schlunzen F, Zarivach R, Harms J, et al. Structural basis for the interaction of antibiotics with the peptidyl transferase centre in eubacteria [J]. Nature, 2001, 413 (6858): 814-821.
- [8] Miyake T, Takita T, Hamada M, et al. 16-membered ring macrolide antibiotics and the treatment or prophylaxis of pasteurellosis of mammalian livestock or poultry using the same as an active ingredient: U.S. Patent 6,514,946[P]. 2003-2-4.
- [9] Rose M, Metz W, Ullrich J, et al. Preventive efficacy of tildipirosin in a Mannheimia haemolytica challenge model of bovine respiratory disease [DB/OL]. [http://www.zuprevo.com/pdf/r0237\\_11\\_d.pdf](http://www.zuprevo.com/pdf/r0237_11_d.pdf).
- [10] Secretariat C G, Espinasse C, Alzieu J P F, et al. Palais du Pharo, Marseille 27-29 Nov. 2013[J]. 2013. <http://www.buiatricsforum.com/Proc%20EBF2013.pdf>.
- [11] Bambeke V F, Tulkens P M. Macrolides: pharmacokinetics and pharmacodynamics [J]. International Journal of Antimicrobial Agents, 2001, 18: S17 - S23.
- [12] Committee for Medicinal Products for Veterinary Use. CVMP assessment report Zuprevo(EMA/V/C/002009) [DB/OL]. [http://www.ema.europa.eu/docs/en\\_GB/document\\_library/EPAR-Public-assessment-report/veterinary/002009/WC500106577.pdf](http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/EPAR-Public-assessment-report/veterinary/002009/WC500106577.pdf).
- [13] Menge M, Rose M, Bohland C et al. Pharmacokinetics of tildipirosin in bovine plasma, lung tissue, and bronchial fluid (from live, nonanesthetized cattle) [J]. J Vet Pharmacol Ther, 2012, 35(6):550-559.
- [14] Rose M, Menge M, Bohland C et al. Pharmacokinetics of tildipirosin in porcine plasma, lung tissue, and bronchial fluid and effects of test conditions on in vitro activity against reference strains and field isolates of Actinobacillus pleuropneumoniae [J]. J Vet Pharmacol Ther. 2013 Apr; 36(2):140-153.
- [15] 孙美珍, 曹长福, 刘伟等. 泰地罗新注射液在猪体内的药代动力学. 中国畜牧兽医学会兽医药理毒理学会第十一届会员代表大会暨第十三次学术讨论会与中国毒理专业委员会第五次学术研讨会论文集 [C]. 长沙, 2015.
- [16] 廖远军. 泰地罗新注射液在猪体内的药代动力学研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [17] Committee for Veterinary Medicinal Products for Veterinary Use. European public MRL assessment report ( EPMAR) Tildipirosin ( bovine, porcine and caprine species) [DB/OL]. [http://www.ema.europa.eu/docs/en\\_GB/document\\_library/Maximum\\_Residue\\_Limits\\_-\\_Report/2010/10/WC500097539.pdf](http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Maximum_Residue_Limits_-_Report/2010/10/WC500097539.pdf).
- [18] Geovana B M, Christopher E, Kristina K, et al. Increased MICs of gamithromycin and tildipirosin in the presence of the genes erm (42) and msr (E) - mph (E) for bovine Pasteurella multocida and Mannheimia haemolytica [J /OL]. Antimicrob Chemother, 2012, doi: 10. 1093 /jac /dks076.
- [19] EMA. Tildipirosin (bovine, porcine and caprine species) [DB/OL]. [http://www.ema.europa.eu/docs/en\\_GB/document\\_library/Maximum\\_Residue\\_Limits\\_Summary\\_of\\_opinion](http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Maximum_Residue_Limits_Summary_of_opinion)

# 霉菌毒素对生猪健康的影响及营养解决方案

高开国, 温晓鹿, 霍星华, 刘树中

(广东省农业科学院动物科学研究所, 畜禽育种国家重点实验室, 农业部华南动物营养与饲料重点实验室, 广东省畜禽育种与营养研究重点实验室, 广东新南都饲料科技有限公司, 广东 广州)

**摘要:** 霉菌毒素在谷物类饲料原料中不同程度存在, 对生猪健康危害较大, 影响养殖效益。其中呕吐毒素和T-2毒素会导致猪采食量下降, 降低生长性能。本文综述了霉菌毒素对养猪业的危害, 分析了抽样检测市售谷物类饲料原料的霉菌毒素含量以及营养解决方案。

**关键词:** 霉菌毒素, 生猪, 营养方案

**中国分类号:** S816.3

**文献标识码:** B

**文章编码:** 1005-8567 (2017) 02-0026-04

霉菌毒素是谷物或饲料中某些霉菌生长产生的有毒次级代谢产物, 饲料中不可避免有霉菌毒素的污染<sup>[1]</sup>。霉菌毒素对生猪养殖可造成负面影响, 其危害不容忽视, 猪场许多不明原因的猪群健康不稳定, 如繁殖障碍、免疫功能降低、饲料利用率和生产性能下降等, 在很多时候都与霉菌毒素中毒有关<sup>[2]</sup>。由于霉菌毒素所造成的危害还没有被广大养殖户足够重视, 加上霉菌毒素所引发的症状, 与营养性维生素、微量元素缺乏症以及一些病毒性疾病感染后的表现类似, 容易造成假象而导致严重的损失<sup>[1,2]</sup>。

贮存的粮食极易受到污染(图1)。粮食和饲料污染霉菌后, 不仅影响适口性, 降低营养价值, 还会产生多种霉菌毒素。霉菌毒素是霉菌在生长过程中产生的对动物、人类和作物具有较大毒性的次级代谢物。目前已知的霉菌毒素种类超过300多种。各种霉菌所产生的毒素各不相同, 造成的危害程度也不相同。其中, 毒性较大的有: 黄曲霉素、赭曲霉毒素、蛇形毒素、腐马毒素、玉米赤霉烯酮、呕吐毒素、T2毒素等。我国长江以南地区, 常年大部分时间气温高, 湿度大, 霉菌容易繁殖, 饲料常被霉菌污染, 造成动物中毒, 因此, 霉菌毒素像幽灵一样时刻萦绕在畜牧业的周围, 对整个畜牧行业的发展乃至人类的健康都造成了不可估量的危害<sup>[3,4]</sup>。



图1 实验室培养基上霉菌繁殖迅速

## 2 霉菌毒素对养猪业的影响

目前饲料及饲料原料中霉菌毒素对猪危害较大的有: 黄曲霉毒素、玉米赤霉烯酮(F-2毒素)、呕吐毒素、T-2毒素、赭曲霉毒素、烟曲霉毒素, 不同的毒素有不同的作用位点, 但呕吐毒素在体内具有蓄积性, 无特殊的靶器官(图2)<sup>[3,5]</sup>。同时饲料中含有的各种霉菌毒素之间有相互协同作用, 几种霉菌毒素共同作用对动物健康和生产性能的副作用远比任何一种霉菌毒素单独作用都要大, 饲料原料和全价料中往往同时含有多种霉菌毒素, 使猪群中毒时临床症状更为复杂。特别是当饲养环境中存在细菌性和病毒性因素存在的情况下, 猪只表现出来的病理现象尤为突出。生产

## 1 关于霉菌和霉菌毒素

霉菌在自然界分布极广, 田间的谷物和仓库

收稿日期: 2017-02-10

作者简介: 高开国, 男, 博士, 副研究员, 动物营养与饲料科学专业, 主要研究方向为猪的营养需要与饲料配制技术

E-mail: gaokaiguo312@126.com

上, 霉菌毒素、细菌和病毒混合感染引起猪群产生异常情况的诊断变得更为困难, 很难确定是那种因素是造成病理状态的诱因<sup>[2]</sup>。

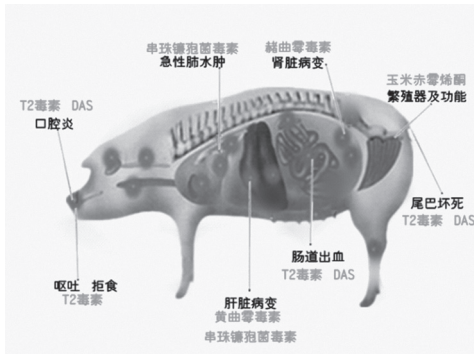


图2 霉菌毒素在猪体内的作用靶点<sup>[5]</sup>

### 3 猪群霉菌毒素中毒后的临床症状

猪采食含有少量霉菌毒素的饲料, 不会导致死亡, 慢慢会出现厌食并出现一些不利影响(表1)<sup>[6]</sup>。但长期霉菌毒素积累导致的并发症会引起猪的病亡, 剖检猪时, 通常出现肝肾的严重损害, 特别是肝脏的苍白、坏死硬化、黄染或体腔积液等<sup>[1, 6]</sup>。

生产中, 饲料因素导致仔猪霉菌中毒的情况比较少, 因为仔猪饲料的原料用量比较考究, 很多厂家会选择优质的饲料原料来生产教槽料和保育料。但由于母体霉菌毒素中毒, 会使初生仔猪

呈现霉菌毒素中毒现象, 一般表现是激素内分泌紊乱和神经中枢异常现象, 死亡率高<sup>[6]</sup>。

生长育成猪是饲料霉菌毒素影响最严重的猪群。由于生产效益的需要, 生长育肥猪所用的饲料原料相对没有种猪和小猪那么严格, 造成饲料生产厂家在能量饲料原料的选控上放宽范围, 使霉菌毒素有机可乘。生长育成猪采食越旺盛, 从而使其中毒的几率较大, 表现为体温正常, 初期食欲减退, 后期食欲废绝, 腹痛, 呕吐、下痢或便秘, 粪便中夹有黏液和血液, 消瘦, 背毛粗乱。猪的面部、耳、四肢内侧和腹部皮肤出现红斑及出现黄疸、贫血等症状, 饲料转化率下降, 生长发育迟缓。由于霉菌毒素能对猪的免疫系统造成损害, 使猪群出现免疫抑制而易受病原体的危害, 产生更为严重的综合症<sup>[6]</sup>。

母猪霉菌毒素(特别是黄曲霉毒素)中毒会导致死胎、木乃伊、流产或新生仔猪死亡率上升, 以及产后发情不正常; 青年母猪: 饲料中含0.1~0.15 mg/kg的玉米赤霉烯酮, 即可引起青年母猪阴门红肿, 子宫体积增大和重量增加, 表现发情或临产症状; 哺乳母猪: 表现为逐渐地拒食, 表现持续发情或发情周期延长, 影响哺乳期乳猪成活率。当饲料中霉菌毒素含量超过5mg/kg时, 母猪会出现直肠脱出的现象。霉菌毒素对公猪的负面影响主要表现为睾丸萎缩<sup>[6]</sup>。

### 4 呕吐毒素和T-2毒素的毒性特点

表1 霉菌毒素对猪的不利影响<sup>[6]</sup>

猪群	不利影响
母猪	1、生产母猪出现流产、早产、产期延迟, 死胎、弱仔率上升, 产后不发情、假发情、延长发情期; 2、小母猪假发情、未配种前流脓, 后备母猪不发情; 3、配种后流脓性分泌物、配种分娩低、难产率高; 4、产后无乳、少乳, 阴唇水肿, 尿中带白色絮状物; 5、后备母猪未到配种日龄外阴肿胀, 呈假发情等。
种公猪	性欲降低、包皮、睾丸萎缩、精子成活率低、无精少精死精的现象增多, 出现雌化性状, 大大影响了繁殖率。
仔猪	1、初生仔猪外阴红肿、水肿; 2、初生仔猪四肢无力、八字脚现象增多; 3、哺乳期被毛粗乱、皮肤苍白, 出现久治不愈的水样腹泻; 4、哺乳期发育不良、低血糖多发; 5、哺乳期后身全身哆嗦、抽搐、昏迷。
育肥猪	1、猪只呕吐、拒食, 采食量下降, 肥育猪上市日龄推迟 2、皮肤发痒、毛长粗乱、消化不良(可在粪便中见到未消化的饲料) 3、患病猪只在皮肤上出现如蚊虫叮咬的红点和紫斑, 耳根部有溃烂斑 4、生长缓慢、渐进性消瘦, 严重的露出脊骨和肋骨

表2 市售玉米抽样检测

样品名称	感官	检验项目	检验结果
1 号玉米	玉米表面粉尘较多无光泽, 无虫。霉变及不完善粒 19.94% (生霉粒: $\leq 2.0\%$ ; 不完善粒 $\leq 8.0\%$ )。	粗蛋白质(干基) $\geq 8.0\%$	7.42% (干基 8.36%)
		水分 $\leq 14.0\%$	11.27%
		酸度	3.35g/kg
		呕吐毒素 $< 1000\text{mg/kg}$	978.99mg/kg
	结论: 霉变系数高, 不能用于种猪、种禽和幼畜饲料原料, 不建议用于肉猪、禽料, 可用于鱼料和鸭料。		
2 号玉米	玉米表面无光泽, 无虫。霉变及不完善粒 11.90% (生霉粒: $\leq 2.0\%$ ; 不完善粒 $\leq 8.0\%$ )。	粗蛋白质(干基) $\geq 8.0\%$	7.49% (干基 8.38%)
		水分 $\leq 14.0\%$	10.57%
		酸度	3.96g/kg
		呕吐毒素 $< 1000\text{mg/kg}$	924.45 mg/kg
	结论: 霉变系数较高, 不能用于种猪、种禽和幼畜饲料原料。		
3 号玉米	玉米表面有光泽, 无虫。霉变及不完善粒 6.49% (生霉粒: $\leq 2.0\%$ ; 不完善粒 $\leq 8.0\%$ )。	粗蛋白质(干基) $\geq 8.0\%$	7.50% (干基 8.39%)
		水分 $\leq 14.0\%$	10.66%
		酸度	3.15g/kg
		呕吐毒素 $< 1000\text{mg/kg}$	679.57 mg/kg
	结论: 霉变系数 $\geq 5.0\%$ , 不建议用于种猪、种禽和幼畜饲料原料, 可用于生长育肥猪、鸡料		
4 号玉米	玉米表面有光泽, 无虫, 有玉米芯杂物。霉变及不完善粒 4.01% (生霉粒: $\leq 2.0\%$ ; 不完善粒 $\leq 8.0\%$ )。	粗蛋白质(干基) $\geq 8.0\%$	7.97% (干基 8.96%)
		水分 $\leq 14.0\%$	11.03%
		酸度	2.42g/kg
		呕吐毒素 $< 1000\text{mg/kg}$	372.39 mg/kg
	结论: 霉变系数 $\leq 5.0\%$ , 可以用于种猪、种禽和幼畜饲料原料, 但要防范霉菌毒素的危害		
1 号 DDGS	深棕褐色无规则颗粒, 微酸。	粗蛋白质	26.73%
		水分	10.94%
		酸度	29.12g/kg
		呕吐毒素 $< 1000\text{mg/kg}$	997.89 mg/kg
	结论: 呕吐毒素含量较高, 酸度较高, 适口性差		
2 号 DDGS	红棕褐色无规则颗粒, 微酸。	粗蛋白质	26.32%
		水分	11.32%
		酸度	29.94g/kg
		呕吐毒素 $< 1000\text{mg/kg}$	981.25 mg/kg
	结论: 呕吐毒素含量较高, 酸度较高, 适口性差		

呕吐毒素和 T-2 毒素都会影响动物的采食量, 刺激采食中枢, 降低食欲<sup>[7]</sup>。

呕吐毒素 (Vomitoxin) 学名脱氧雪腐镰菌烯醇 (deoxynivalenol, DON), 主要存在于污染的玉米、小麦、大麦等谷类作物, 人和动物在误食被该毒素污染的粮谷类后, 可产生广泛的毒性效应。呕吐毒素属于剧毒或中等毒物, 在体内有一定的蓄积效应, 但无特殊的靶器官, 具有很强的细胞毒性。人畜摄入了被呕吐毒素污染的食物和饲料后, 会导致厌食、呕吐、腹泻、发烧、站立不稳、反应迟钝等急性中毒症状, 严重时损害造血系统造成死亡, 但不同的动物对呕吐毒素的敏感程度不一, 猪是最敏感的动物。对生长肥育猪而言, 用含有 14 mg/kg 呕吐毒素的饲料饲喂猪, 10-20min 内即会出现呕吐、不正常的焦虑和磨牙现象<sup>[8]</sup>。持续低剂量饲喂会抑制猪的采食量和生长速度<sup>[9]</sup>, 在呕吐毒素含量为 0-14mg/kg 的试验中, Williams 等 (1998) 发现, 饲料中每增加 1 mg/kg 呕吐毒素, 生长肥育猪的采食量即减少 6%, 在含毒量超过 10 mg/kg 即完全拒食<sup>[10]</sup>。

T-2 毒素是由念珠球菌属产生的新月毒素中的一种, 饲料中的含量超过 0.4 mg/kg 就会对动物产生中毒症状<sup>[11]</sup>。T-2 毒素属于组织刺激因子和致炎物质, 直接损伤皮肤和黏膜, 表现为厌食、呕吐、瘦弱、生长停滞、皮肤黏膜坏死、胃肠机能紊乱、繁殖和神经机能障碍、血凝不良、肝功能下降、白细胞减少和免疫机能降低。生长肥育猪摄入 T-2 毒素的几率较高<sup>[1,5]</sup>。

## 5 检测报告的分析及解决措施

为了监测饲料原料的霉菌毒素状况, 2016 年 8 月检测了一批黄埔码头市售不同玉米 (4 个样品) 和玉米酒精糟 (DDGS, Distillers Dried Grains with Solubles; 2 个样品) (表 2)。通过检测本批次饲料原料, 发现部分原料的呕吐毒素含量很高, 特别是霉变严重的玉米和酸度高的 DDGS。特别是 DDGS, 很难通过感官发现霉变的问题, 霉菌毒素的毒性会被浓缩高于玉米 3 倍左右。因而, 如果饲料中使用本批次的玉米 50%~60%, DDGS 的使用量 10%~20%, 则饲料中的呕吐毒素含量将会达到  $735-990\text{mg/kg} \times 900\text{mg/kg} \times (50\%-60\%) + 950\text{mg/kg} \times (10\%-20\%) \times 3$ , 呕吐毒素在动物体内具有蓄积性, 会持续损伤肝脏和肾脏, 加上环境性因素 (高温) 的刺激, 可导致动物采食量下降 20%~30%。同时, 呕吐毒素只是霉菌毒素中一种, 呕吐毒素含量高, 根据霉菌生长的特点, 可能伴随着其他霉菌毒素

含量更高。玉米和 DDGS 储存不当, 很容易导致霉菌的滋生, 特别是玉米破碎颗粒和籽实不饱满的颗粒, 霉菌毒素的含量是同批次玉米正常饱满颗粒的 5 000 倍以上 (本次检测数据是出自玉米饱满颗粒), 另外玉米表面不光泽的颗粒, 可能由于储存时间久或收获不当, 已经感染了霉菌, 产生了霉菌毒素。建议本批次的玉米要严格的除尘除杂, 去掉霉变和破碎颗粒。

在饲养过程中, 如果发现生猪有霉菌毒素中毒症状, 应该采用营养措施给予解决:

1、更换较好的饲料能量原料, 辅以动物机体的养护调理, 益长素剂量使用到推荐剂量的 1.5 倍来养肝护肾, 饲喂 2 个星期左右, 恢复到正常添加用量。

2、添加脱霉剂或霉菌吸附剂, 将本批次玉米 10%~30% 加入到优质玉米中混用, 同时添加脱霉剂或霉菌吸附剂, 微量营养素 (包括维生素、有机微量元素、药物) 按 1.1 倍使用, 益长素添加剂量为正常时 1.5 倍 (450-500 g/吨)。

## 参考文献:

- [1] 王敬. 霉菌毒素对猪危害及其控制的研究进展 [J]. 养殖技术顾问, 2014 (2): 232-233.
- [2] Chang K, Kurtz H J, Mirocha C J. Effects of the mycotoxin zearalenone on swine reproduction [J]. American journal of veterinary research, 1979, 40(9): 1260-1267.
- [3] Hussein H S, Brasel J M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals [J]. Toxicology, 2001, 167(2): 101-134.
- [4] 林璋. 纳米氧化锌及其复合体的防霉和霉菌毒素吸附研究 [D]. 硕士学位论文, 2014.
- [5] 马秋刚. 猪饲料中霉菌毒素生物降解与污染控制. <http://www.gdswine.com/ztnew/djt/2016/196298.html>
- [6] 吕惠序. 猪霉菌毒素中毒综合征的诊断与防控 [J]. 今日畜牧兽医, 2015 (11): 1-4.
- [7] Babich H, Borenfreund E. Cytotoxicity of T-2 toxin and its metabolites determined with the neutral red cell viability assay [J]. Applied and environmental microbiology, 1991, 57(7): 2101-2103.
- [8] 卢培成. DON 作用下仔猪胃肠道 5-HT 的动态变化 -SABC 免疫组织化学法研究 [D]. 华南农业大学硕士论文, 2011.
- [9] Rotter B A, Thompson B K, Lessard M, et al. Influence of low-level exposure to Fusarium mycotoxins on selected immunological and hematological parameters in young swine [J]. Toxicological Sciences, 1994, 23(1): 117-124.
- [10] Smith T K, Seddon I R. Toxicological synergism between Fusarium mycotoxins in feeds [J]. Biotechnology in the Feed Industry. (eds, Lyons, TP and Jacques, KA, Nottingham University Press, Loughborough, UK 257-269, 1998.
- [11] 于涌. T-2 毒素及低硒对大鼠心肌 GSH-Px 活性及 MDA 含量的影响 [J]. 哈尔滨医科大学学报, 2001, 35(2): 93-14.

## 江门部分活禽批发市场休市前中后的禽流感病毒核酸监测与分析

陈修邓, 陆巧芬, 冯开容, 冯秀红, 曹建伟, 胡鹏盛, 沈书文, 关建新\*  
(广东省江门市动物疫病预防控制中心, 广东 江门 529000)

**摘要:** 2017年1月11日至17日, 江门地区活禽批发市场休市7d, 我们通过对辖区内3个活禽批发市场休市前、中、后的禽流感病毒进行监测检测, 结果显示, 无论是哪种采样环境, 还是休市前、中、后的样品, 均未检出H7亚型流感病毒核酸, H5亚型也是极少数量, 只在休市后的屠宰车间样品中检出1份H5亚型。活禽批发市场实行临时休市活禽零存栏和彻底清理消毒等措施可降低档口环境的禽流感病毒污染, 是科学有效的, 但是活禽批发市场休市前后的屠宰车间和活禽咽/泄殖腔样品中的A型流感、H9亚型阳性率无统计学差异, 说明休市前后活禽屠宰环节也存在禽流感病毒污染与传播的风险, 要进一步加强活禽屠宰和养殖等环节的防控措施。防控禽流感特别是防止人感染H7N9亚型流感单单在活禽市场环节采取措施仍不够, 应综合多方落实措施, 才能实现更好地防控。

**关键词:** 禽流感; 活禽市场; 休市; 监测

**中国分类号:** S852.65<sup>+</sup>9.5

**文献标识码:** A

**文章编码:** 1005-8567(2017)02-0030-02

禽流感病毒(Avian influenza virus, AIV)属于正黏病毒科流感病毒属, 是一种呈球形或杆状、有包膜的单股负链RNA病毒, 为A型流感病毒, 可分为16个H亚型(H1-H16)和9个N亚型(N1-N9), 因此, 禽流感病毒可分为HXNX共144种亚型, H7N9亚型流感病毒是其中的一种。目前, 国内引起家禽发病的主要是H5N1和H9N2亚型, 还没有H7N9亚型病毒引起家禽发病的报道<sup>[1]</sup>。2013年3月31日, 中国上海市和安徽省首次发现3例人感染H7N9禽流感确诊病例, 此后在全国部分地区陆续出现确诊病例, 引起国内外广泛的关注, 同时给家禽业造成严重的经济损失。

活禽市场是不同产地来源和不同种类的禽类汇集场所, 活禽数量大, 密度高, 种类多, 为禽流感病毒提供了一个繁殖环境, 同时为禽流感病毒的基因重组和不同种类间传播提供有利的条件。随着人感染H7N9亚型流感病例时有发生, 防控禽流感疫情的形势非常严峻, 为有效防控人感染H7N9亚型流感, 活禽批发市场采取临时休市零存栏和彻底清理消毒等措施, 江门地区2017年1月11日至17日活禽批发市场休市7d, 我们

开展对休市前、中、后活禽批发市场禽流感病毒进行了监测检测, 从而更好地提出当前防控禽流感的有效措施。

### 1 材料与方 法

**1.1 样品采集** 在江门地区白沙江南蔬菜禽畜批发市场、耙冲市场、新会奇榜市场3个活禽交易市场随机采集屠宰车间、档口环境、活禽咽/泄殖腔棉拭子样品。采样时间在2017年1月11日至17日全市活禽批发市场休市7d的前、中、后进行, 休市前、中、后的屠宰车间的采样数分别为30、30、30份, 档口环境的采样数分别为50、50、50份, 活禽咽/泄殖腔的采样数分别为127、0、127份。

**1.2 检测方法** 采用实时荧光RT-PCR实验方法检测禽流感病毒核酸。

**1.3 诊断试剂** 禽流感病毒通用型实时荧光RT-PCR检测试剂盒(广州维伯鑫生物科技有限公司, 批号20171017); 禽流感病毒H5亚型实时荧光RT-PCR检测试剂盒(深圳澳东检验检测科技有限公司, 批号3620); 禽流感病毒H9亚型实时荧光RT-PCR检测试剂盒(深圳澳东检验检测科技有限公司, 批号3621); 禽流感病毒H7亚型实

收稿日期: 2017-02-16

作者简介: 陈修邓(1982-), 男, 本科, 兽医师, E-mail: 249121223@qq.com

通讯作者: 关建新(1963-), 女, 硕士, 研究员, E-mail: 673175996@qq.com



时荧光 RT-PCR 检测试剂盒 (北京世纪元亨动物防疫技术有限公司, 批号 AIVH720150803PH7)。

**1.4 判定标准** 检测结果按试剂盒说明书进行判定。

**1.5 统计学分析** R 软件进行统计分析, 阳性率的比较采用 检验, 检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

**2 结果与分析**

**2.1 休市前、中、后的屠宰车间的采样数分别为 30、30、30 份, 休市前检测结果为 A 型流感阳性 10 份 (阳性率 33.33%), H5、H7 亚型均未检出, H9 亚型 8 份阳性 (阳性率 26.67%); 休市中检测结果为 A 型、H5、H7、H9 亚型均未检出病毒核酸; 休市后检测结果为 A 型流感阳性 14 份 (阳性率 46.67%), H5 亚型阳性 1 份 (阳性率 3.33%), H7 亚型未检出, H9 亚型 12 份阳性 (阳性率 40%)。经统计学分析, 休市前、后 A 型流感、H5、H9 亚型阳性率差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。**

**2.2 休市前、中、后的档口环境的采样数分别为 50、50、50 份, 休市前检测结果为 A 型流感阳性 6 份 (阳性率 12%), H5、H7 亚型均未检出, H9 亚型 4 份阳性 (阳性率 8%); 休市中检测结果为 A 型、H5、H7、H9 亚型均未检出病毒核酸; 休市后检测结果为 A 型、H5、H7、H9 亚型均未检出病毒核酸。经统计学分析, 休市前、后 A 型流感阳性率差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 休市前、后 H9 亚型阳性率差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。**

**2.3 休市前、中、后的活禽咽 / 泄殖腔的采样数分别为 127、0、127 份, 休市前检测结果为 A 型流感阳性 7 份 (阳性率 5.51%), H5、H7 亚型均**

未检出, H9 亚型 6 份阳性 (阳性率 4.72%); 休市中由于无活禽存在故无采样; 休市后检测结果为 A 型流感阳性 10 份 (阳性率 7.87%), H5、H7 亚型均未检出, H9 亚型 10 份阳性 (阳性率 7.87%)。经统计学分析, 休市前、后 A 型流感、H9 亚型阳性率差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

**2.4** 从表 1 可见, 无论是哪种采样环境, 还是休市前、中、后, 均未检出 H7 亚型, H5 亚型也是极少数, 只在休市后屠宰车间中检出 1 份 H5 亚型。屠宰车间样品中的 A 型、H9 亚型流感病毒无论在休市前、后均比档口环境和活禽咽 / 泄殖腔拭子样品中的阳性率高, 而且休市后的 A 型、H5、H9 亚型流感病毒阳性率比休市前高, 说明了屠宰车间受病毒污染的程度较高, 跟屠宰的数量、种类等有着密切关系。在休市中、后采集的档口环境样品中, 均未检出 A 型、H9 亚型流感病毒核酸, 阳性率比休市前明显下降, 说明与休市期间零存栏和彻底清洗消毒有直接关系。而在休市后采集的活禽咽 / 泄殖腔拭子样品中, A 型、H9 亚型流感病毒核酸阳性率比休市前略有上升, 跟休市后档口大量进货造成存栏量高度密集和档口内不同品种的禽混笼以及“层层叠”的存栏模式有关。

**3 讨论**

本监测结果显示, 无论是哪种采样环境, 还是休市前、中、后的样品, 均未检出 H7 亚型流感病毒, H5 亚型也是极少数, 只在休市后的屠宰车间样品中检出 1 份 H5 亚型阳性, 主要以检测出 H9 亚型病毒核酸为主, 证明了家禽在养殖

表1 江门市活禽市场休市前、中、后A型流感病毒核酸阳性检出情况

采样环境	采样数量	休市前				休市中				休市后			
		前 / 中 / 后	A 型	H5	H7	H9	A 型	H5	H7	H9	A 型	H5	H7
屠宰车间 样品	30/30/30	10 (33.33)	0	0	8 (26.67)	0	0	0	0	14 (46.67)	1 (3.33)	0	12 (40)
档口环境 样品	50/50/50	6 (12)	0	0	4 (8)	0	0	0	0	0	0	0	0
活禽咽 / 泄殖腔样 品	127/0/127	7 (5.51)	0	0	6 (4.72)	/	/	/	/	10 (7.87)	0	0	10 (7.87)

注: 括号外数据为个数, 括号内数据为阳性率 (%), / 表示休市中无活禽存在无采样

(下转第 36 页)

## 猪蓝耳病灭活疫苗与弱毒疫苗免疫后的抗体水平比较

刘清源

(广东省惠州市惠城区马安畜牧兽医与渔业站, 广东 惠州 516001)

**摘要:** 为比较猪蓝耳病灭活疫苗与弱毒疫苗的免疫抗体水平, 本试验在惠城区某猪场随机选取 100 头仔猪, 分成两组, 分别免疫猪蓝耳病灭活疫苗与弱毒疫苗, 采用 ELISA 方法检测血清中的抗体水平, 并对两组抗体的 S/P 值进行比较。结果表明, 猪蓝耳病弱毒疫苗产生的抗体水平比灭活疫苗高, 灭活疫苗免疫效果较差, 且抗体持续时间短。本研究为猪场蓝耳病的防控及免疫程序的制定提供参考依据。

**关键词:** PRRSV; 灭活疫苗; 弱毒疫苗; 比较

**中国分类号:** S859.79<sup>+</sup>7 **文献标识码:** A **文章编码:** 1005-8567 (2017) 02-0032-03

## Comparison of immunity effects between inactivated vaccine and attenuated vaccine for PRRSV

Liu Qingyuan

(Animal husbandry and veterinary station of Ma'an town in Huicheng city of Guangdong province, Huizhou, Guangdong, 516001)

**Abstract:** In order to compare with the immune effects of PRRSV inactivated vaccine and attenuated vaccine, 100 pigs were divided into two groups, inactivated vaccine group and attenuated vaccine group. Detect PRRSV antibody was detected by ELISA and the S/P were compared between two groups. The result show that The antibody level of PRRSV attenuated vaccine produced higher than inactivated vaccine. The antibody of inactivated vaccine is poor, and short duration. This study provides a theoretical basis for the prevention and formulation of immunization program for the PRRSV.

**Key words:** PRRSV; inactivated vaccine; attenuated vaccine; compare

猪蓝耳病是由猪繁殖与呼吸综合征病毒 (porcine reproductive and respiratory syndrome virus, PRRSV) 引起的一种高致病性传染病<sup>[1]</sup>。猪感染 PRRSV 后, 会出现高热稽留热, 呼吸困难等症状, 怀孕母猪会发生流产、死胎, 病猪耳朵以发绀变蓝为特征性病变, 仔猪死亡率较高<sup>[2]</sup>。由于 PRRSV 具有免疫抑制的特点, 病猪对其他疾病的抵抗能力也会降低, 增加混合感染的风险, 给养猪业造成巨大的经济损失<sup>[3]</sup>。该病无特效治疗药物, 对猪群进行疫苗免疫和抗体水平监测是防止 PRRSV 感染的重要手段<sup>[4]</sup>。目前, PRRSV 疫苗有常规的灭活疫苗和弱毒疫苗, 新型

基因工程疫苗也已进入临床实验阶段。我国的 PRRSV 商品化疫苗以灭活疫苗和弱毒疫苗为主<sup>[5]</sup>。为比较两种疫苗免疫效果, 探讨两种疫苗的选用及免疫程序的制定, 本试验分别使用上述两种疫苗对惠城区某猪场的 100 头猪进行分组免疫, 于免疫 14d、28d、42d、56d、70d 后采集血清样品, 采用 ELISA 试剂盒进行抗体检测, 并对两种疫苗的免疫效果进行比较和分析, 为猪场疫苗的选择及免疫时间的确定提供参考。

### 1 材料和方法

**1.1 仪器及试剂** 酶标仪 ELX800, 购自 BIOTEK 公司; PRRSV 抗体试剂盒, 购自武汉科前生物公司。

收稿日期: 2017-02-16

作者简介: 刘清源 (1990-), 男, 硕士, 研究方向为动物传染病防控, E-mail: 1092900109@qq.com.

1.2 疫苗 PRRSV 灭活疫苗 (NVDC-JAXI 株) 和弱毒疫苗 (JAXI-R 株) 均为政府招标疫苗。

1.3 动物分组及免疫情况 将某猪场 100 头猪猪分为 A、B 两组, 每组 50 头, A 组接种灭活疫苗, 2mL/头; B 组接种弱毒疫苗, 1 头份/头, 均在颈部肌肉注射, 首免后 42d 进行二免。

1.4 血清的制备 分别于免疫前、免疫后 14d、28d、42d、56d、70d 后从猪前腔静脉采血, 6000rpm 离心 15min, 取上清于 4℃ 保存备用。

1.5 抗体检测方法 待检血清采用 ELISA 方法检测 PRRSV 抗体, 具体操作步骤参照试剂盒说明书进行。

1.6 结果判定 通过计算样品孔与阳性孔 OD630nm 比值 S/P 值来判定被检血清 PRRSV 抗体的结果。判定标准: S/P 值 > 0.42, 判定被检血清蓝耳病毒抗体阳性; S/P 值 < 0.42, 则判定被检血清蓝耳病抗体阴性。

## 2 结果与分析

### 2.1 PRRSV 抗体检测阳性率比较

免疫后, A、B 两组抗体阳性率有所升高, A 组抗体阳性数随时间延长不断增加, 二免 28d 后, 阳性率达到 94%; B 组在免疫后 42d, 抗体阳性率达到 100%, 二免后抗体水平趋于稳定。B 组阳性率在首免后不同时间段内抗体阳性率均高于 A 组, 对猪群的保护作用较 A 组理想 (见表 1)。

### 2.2 PRRSV 疫苗诱导抗体的检测结果

从两种疫苗接种后 PRRSV 抗体 S/P 值来看 (见

表 1 PRRSV 灭活疫苗与弱毒疫苗免疫组的抗体阳性率 (%)

试验组	免疫前	免疫后 14d	免疫后 28d	免疫后 42d	免疫后 56d	免疫后 70d
A 组	6	10	58	64	88	94
B 组	4	40	92	100	100	100

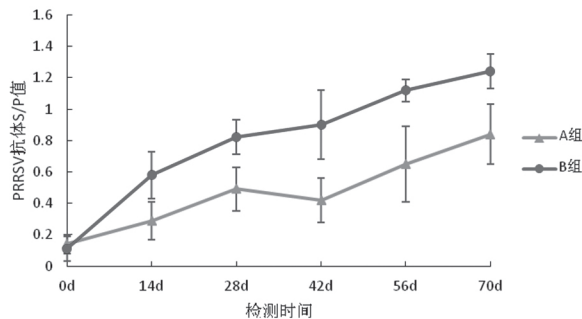


图 1 接种疫苗后 PRRSV 抗体 S/P 值变化情况

图 1), 弱毒疫苗激发机体产生的抗体滴度要明显高于灭活疫苗, B 组在首免后抗体水平不断升高, 二免后抗体增幅较大, 二免 28d 后抗体水平达到最高值; A 组在免疫后抗体滴度开始升高, 首免后 28d ~ 42d 抗体 S/P 值出现下降的现象, 加强免疫后, PRRSV 抗体滴度继续升高, B 组接种疫苗 28d 内, 二免抗体水平高于首免。

## 3 讨论

本研究表明, PRRSV 弱毒疫苗接种后能快速激发机体产生抗体, 从表 1 中可以看出, 接种弱毒疫苗 28d 后, B 组试验猪群的平均抗体滴度超过农业部规定的“抗体合格率超过 70%”的标准。而 A 组结果显示, PRRSV 灭活疫苗在二免前猪群抗体合格率仅为 64%, 需要进行补免才能使抗体合格率达到农业部的基本要求。图 1 结果显示, B 组在接种弱毒疫苗 28d 后, PRRSV 抗体检测结果呈阳性。随后, S/P 值继续升高, 表明体内的抗体滴度在免疫后不断增强, 抗体水平稳定, 能够有效保护猪群不受该病的感染。而 A 组在接种灭活疫苗后 28d, 仍有部分猪的抗体 S/P 值低于 0.42, 表 1 中 A 组在免疫后 42d 相比 2 周前抗体阳性率较高, 但是在 28d ~ 42d 内, S/P 值还出现下降的趋势, 说明首免 28d 后抗原蛋白在机体内激发抗体产生的能力已开始减弱, 因此, 即使抗体阳性率符合规定标准, 仍需对抗体 S/P 值进行定期监测, 不能忽视因为体内抗原降解而导致的猪群在出栏前抗体水平下降。二免后抗体水平虽然有所上升, 首免 70d 后, 还存在个别猪出现抗体阴性的现象。在整个免疫过程中, 灭活疫苗诱导的抗体始终低于弱毒疫苗, 弱毒疫苗在接种 1 头份/头即可产生良好的效果, 无需进行二次免疫。而灭活疫苗要达到国家规定的抗体合格率, 则需进行加强免疫, 时间设置在首免 30 日左右最为适宜。

PRRSV 灭活疫苗安全性较高, 易于运输和保存, 免疫时使用方便, 因此为众多养殖户所青睐<sup>[6]</sup>。灭活疫苗可能在加工过程中造成一些重要的抗原表位丧失<sup>[7]</sup>, 仅能诱导机体产生体液免疫, 经常出现首免效果不理想, 需要二次免疫才能产生对猪群的有效保护。而弱毒疫苗则存在能快速诱导抗体产生, 抗体有效时间长等优点, 近年来也备受用户关注, 这可能是因为弱毒疫苗接种后, 机体内部免疫与自然感染病毒类似, 能同时诱导体液反应和细胞免疫反应<sup>[8]</sup>, 使得抗体的产生速度更快, 持续时间更长。但是 PRRSV 弱毒疫苗也存在使用安全性方面的问题, 弱毒疫苗的毒株可能在猪体内发生弱毒返强的现象, 尤其在圆环病

毒 2 型等免疫抑制病隐性感染的情况下存在较大风险。猪场在疫苗选择的问题上, 应该根据具体情况而定, 如果猪场内养殖环境理想, 周边 PRRSV 感染威胁较小的情况下, 应尽可能选用灭活疫苗, 增加免疫次数, 进行定期抗体水平监测, 以期达到防控 PRRSV 的目的<sup>[9]</sup>。而在 PRRSV 流行地区, 或猪场已经暴发该病, 则应选用弱毒疫苗, 但需要注意的是, 断奶仔猪不宜接种弱毒疫苗, 因为部分弱毒疫苗可能由于减毒效果不理想, 使抵抗力较低的仔猪出现“疫苗毒”感染<sup>[10]</sup>。另外, PRRSV 弱毒疫苗的毒株在机体内容易与其他毒株发生重组, 产生病毒变异株, 因而猪场在选用弱毒疫苗时, 应尽量避免不同毒株的疫苗混用。

参考文献:

[1] 李祥健, 刘有昌, 赵东升. 猪蓝耳病 [J]. 畜禽业, 2009 (3): 64-66.  
 [2] 邱立新, 郑杰. 高致病性猪蓝耳病的临床诊断与防治 [J]. 中国畜牧兽医, 2008, 35(1): 114-115.

[3] 刘生杰, 刘成文. 猪蓝耳病及继发感染试验诊断与综合防治研究 [J]. 中国农学通报, 2007, 23(9): 40-43.  
 [4] Nelson E A, Christopher-Hennings J, Benfield D A. Serum immune responses to the proteins of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus [J]. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation, 1994, 6(4): 410-415.  
 [5] 邱立新, 郑杰. 高致病性猪蓝耳病的临床诊断与防治 [J]. 中国畜牧兽医, 2008, 35(1): 114-115.  
 [6] 曹斌, 王海燕, 周广生, 等. 不同类型猪蓝耳病疫苗的体液免疫效果比较 [J]. 中国动物检疫, 2010, 27(8): 51-52.  
 [7] Vanhee M, Delputte P L, Delrue I, et al. Development of an experimental inactivated PRRSV vaccine that induces virus-neutralizing antibodies [J]. Veterinary research, 2009, 40(6): 1-15.  
 [8] 王小三, 张春杰, 赵星灿. 猪繁殖与呼吸障碍综合征疫苗的应用现状及研究进展 [J]. 河南农业科学, 2012, 41(3): 12-15, 25.  
 [9] 戴火林, 华威, 毕淑珍. 猪蓝耳病灭活苗与弱毒苗免疫效价试验 [J]. 中国畜禽种业, 2014 (11): 87-88.  
 [10] 吴锦艳, 田宏, 尚佑军, 等. 高致病性猪蓝耳病病毒 GS/LZh/07 株的分离, 鉴定及其非结构蛋白 Nsp2 基因特性分析 [J]. 畜牧兽医学报, 2009, 40(3): 438-443.

(上接第 16 页)

7650 万 t、苜蓿 375 万 t、禾本科牧草 154 万 t, 可通过中低产田改造后实施人工种草提供饲草资源, 考虑到低产田生产条件, 将低产田单产适度下调, 全株青贮玉米、苜蓿和禾本科牧草的每公顷产约为 15000、4500 和 4500kg, 约需要中低产田 520 万 hm<sup>2</sup>。据农业部数据统计, 全国共有中低产田 3 309 万 hm<sup>2</sup>, 完全能满足优质饲草的种植需求。采取模式 1 的养殖模式将提供 278 万 t 牛肉和 175 万 t 羊肉, 加上模式 2 的玉米秸需求, 共需要玉米秸秆资源 7665 万 t, 可通过现有资源解决。

针对不同畜种需求特点测算, 需要在奶牛养殖优势区域调整中高产田 102 万 hm<sup>2</sup> 用于种植专用青贮玉米和苜蓿 (推广专用青贮玉米品种可降至 87.7 万 hm<sup>2</sup>), 改造中低产田 520 万 hm<sup>2</sup> 用于人工种植优质饲草 (专用青贮玉米、苜蓿和禾本科牧草), 利用 9 万 hm<sup>2</sup> 冬闲田推广种植一年生禾本科牧草, 利用 33 万 hm<sup>2</sup> 退耕坡耕地种植牧草, 开发利用南方八省区连片万亩以上草山草坡 635.4 万 hm<sup>2</sup>, 并加快现有玉米秸秆资源转化利用, 即可基本满足 2020 年我国对草食畜产品的需求。

7 小结

由此看出, 我国农业结构向粮草兼顾农业调整可通过秸秆资源充分利用、南方草山草坡利用、

南方冬闲田利用及退耕还林还草工程等多种方式的发展, 即可满足 2020 年我国对草食畜产品的需求, 且发展潜力和空间巨大。在调整过程中关键是要强化政策引导, 抓好区域布局, 做到因地制宜、草畜配套等。

参考文献:

[1] Food and Agriculture organization of the United Nations. OECD-FAO Agricultural outlook 2013-2022. 2013.  
 [2] 中国工程院. 中国养殖业可持续发展战略研究. 中国农业出版社, 2013: 106-109.  
 [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 全国牛羊肉生产发展规划 (2013—2020 年). 2013.  
 [4] 中华人民共和国国务院办公厅. 中国食物与营养发展纲要 (2014—2020 年) 国办发 (2014) 3 号. 2014.  
 [5] 中华人民共和国农业行业标准. 奶牛饲养标准. NY/T34-2004  
 [6] 中华人民共和国农业行业标准. 肉牛饲养标准. NY/T815-2004  
 [7] 中华人民共和国农业行业标准. 肉羊饲养标准. NY/T816-2004  
 [8] 车小平. 玉米秸秆黄贮技术及其饲用性观察 [J]; 中国牛业科学, 2010, 3  
 [9] 陈学德. 玉米秸秆黄贮技术 [J]; 云南农业, 2002, 6  
 [10] 严平 余雪梅 郝桂英等, 玉米秸秆微贮饲料育肥肉牛效果观察 [J] 安徽农业科学, 2008, 11

# 一例育肥猪猪伪狂犬病的诊治

苏建骋

(湛江市动物疫苗供应站, 广东 湛江 524038)

**摘要:** 2015年12月, 广东省湛江市一个存栏350头母猪的猪场育肥猪猪群发病, 发病7天后出现死亡现象, 每日死亡肥猪2~4头。根据发病情况、解剖病理变化、实验室诊断, 诊断为急性育肥猪伪狂犬病, 经紧急接种、饮水饲料中投药等措施, 猪群疫病得到控制。

**关键词:** 伪狂犬病、育肥猪、免疫程序

**中国分类号:** S855.3

**文献标识码:** B

**文章编码:** 1005-8567 (2017) 02-0035-02

猪伪狂犬病 (porcine pseudorabies, PR) 是由伪狂犬病病毒 (pseudorabies virus, PRV) 引起的一种急性传染病。2011年以来, 华中农业大学动物疫病诊断中心共分离出8株猪伪狂犬最新流行野毒。经过基因测序, 该中心分离的猪伪狂犬最新流行野毒毒株的TK、gB、gC和gE基因与经典的伪狂犬病病毒毒株相比, 发生了多个碱基的标志性突出和连续缺失, 这些突变和缺失有可能会导流行性毒株的毒力或抗原性改变。

2015年12月, 广东省湛江市某规模化猪场育肥猪群突然发生猪伪狂犬病疫情, 现将该疫情诊治方案报告如下。

## 1 临床表现

该猪场存栏母猪350头, 商品仔猪仅在30日龄免疫一次猪伪狂犬病疫苗, 120~180斤育肥猪出现喘气、少量呕吐、食欲下降及低烧(40~41℃)等临床症状, 用替米考星、氟苯尼考及强力霉素等抗生素治疗无明显好转, 发病后期逐渐消瘦, 发病7日后出现死亡现象, 每日死亡肥猪2~4头。发病频死猪剖检主要表现为肝脏有白色坏死灶、肾脏白斑、喉头化脓坏死, 肺脏呈现胸膜肺炎症状(图1~图6)。

## 2 实验室诊断

采集发病猪有坏死灶的喉头样品, 送华中农业大学动物疫病诊断中心进行PCR检测, 采用



图1 发病猪食欲减退



图2 死亡猪呕吐物

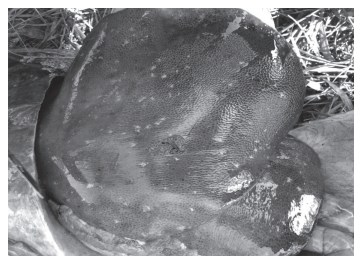


图3 肝脏白色坏死灶



图4 肾脏白色坏死灶



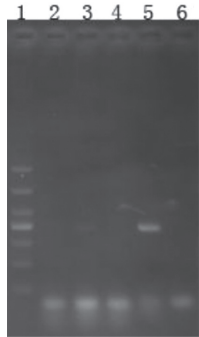
图5 肺炎



图6 喉头坏死

收稿日期: 2017-03-12

作者简介: 苏建骋(1966-), 男, 畜牧师, 主要从事国家强制免疫疫苗组织、发放、跟踪和技术指导服务工作。



hotstart PCR 扩增猪伪狂犬病病毒的野毒 (gE) 基因, 能够扩增出 366bp 大小的条带, 表明检测样品为猪伪狂犬病病毒野毒 (gE) 阳性 (图 7)。

### 3 处理方案及结果

根据剖检及实验室诊断结果, 判定为急性育肥猪伪狂犬病。建议处理措施如下: 育肥猪群全群紧急免疫接种猪伪狂犬病活疫苗 (HB98 株) 3 头份, 同时饮水中添加多维, 饲料添加泰乐菌素、土霉素饲喂, 另加强猪舍的保温和通风工作。并将猪伪狂犬病活疫苗 (HB98 株) 加入该场的常

(上接第 31 页)

环节防控 H5 亚型禽流感病毒措施得力, 其疫苗免疫效果较好。由于 H9 亚型禽流感疫苗是国家非强制性免疫疫苗, 商品代活禽免疫注射 H9 亚型禽流感疫苗的频次不高, 因此活禽中携带 H9 亚型流感病毒风险较高, 应进一步加强对 H9 亚型禽流感的防控措施。此外, 在 A 型流感病毒阳性中, 除了有 H9、H5 亚型之外, 存在其他亚型的病毒, 因此要加强做好核酸基因分型, 密切关注基因变异或其他亚型的暴发流行。

由于本次活禽批发市场休市时间长达 7d, 活禽批发市场的关闭, 短期导致大量供应市场的应出栏活禽积压, 休市后临近春节, 大量应出栏的活禽纷纷进入活禽批发市场, 此时正值中国农历新年的畜禽及其产品消费的高峰期, 屠宰车间的屠宰量和禽类品种增多, 家禽携带病毒的风险较大, 屠宰车间环境污染程度较高, 因此休市后的屠宰车间环境 A 型、H9 亚型流感病毒的检出率较高, 应进一步加强屠宰车间的及时清理和环境消毒灭原工作。根据有关研究表明, 针对活禽市场, 采取清洁消毒等休市措施可清除禽流感病毒的污染, 但休市后即可反弹, 对污染控制的持续效果并不明显<sup>[2]</sup>。

休市后的档口环境样品均未检出 A 型、H5、H7、H9 亚型病毒核酸, 与其休市期间活禽零存栏和彻底清理消毒有直接关系, 证明了实施临时休

规免疫程序中, 母猪每 3 个月免疫一次, 每次肌肉注射 1 头份; 仔猪 0~3 日龄滴鼻 0.5~1 头份, 35 日龄和 70 日龄各加强免疫一次, 每次肌肉注射 1 头份。

该场按上述方案进行处理 3 日, 育肥猪精神食欲好转, 喘气发生率逐步降低, 除极个别发病严重猪成为僵猪外, 治愈猪采食量逐渐恢复至正常水平, 且未出现死亡现象。

### 4 小结与讨论

传统观点认为, 仔猪断奶后对伪狂犬病易感性大大下降, 极少感染育肥猪而导致死亡, 但近几年来, 当猪伪狂犬病新的野毒株流行后, 规模化猪场育肥猪出现莫名的严重呼吸道问题有逐渐蔓延的趋势。另外, 该病与猪支原体肺炎、猪流感、猪传染性胸膜肺炎等疾病症状表现类似, 易误诊而延误治疗, 给猪场造成了极大的损失。目前, 针对猪伪狂犬病的诊治并无特效药, 完善的疫苗免疫程序对该病的防控至关重要。因此, 建议商品猪在育肥初期还应加强猪伪狂犬病疫苗的免疫。

市活禽零存栏和彻底清理消毒是科学有效的防控措施。

虽然实施临时休市活禽零存栏和彻底清理消毒是科学有效的防控措施, 但是防控禽流感特别是人感染 H7N9 亚型流感, 是一个涉及人群广, 部门多的系统综合工作, 既要考虑养殖户的切身利益, 保护中国特有优良家禽品种和养殖模式, 也要维护社会稳定, 群众健康, 因此要进一步做好家禽强制免疫, 实行养殖规模化、标准化, 推进动物疫病净化创建场和示范场建设; 完善有关惠农助农的补贴机制; 产地检疫及屠宰检疫要更严谨化、专业化; 监测检测要常规化、重点区域化; 活禽批发市场要管理规范、环境洁净化、消毒彻底化; 屠宰场要实施密闭工厂化、全自动化、无污染化; 应全面推行实施家禽“集中屠宰、冷链配送、生鲜上市”; 社会认识禽流感要科学普及深入化。因此, 这样综合多方落实有效措施, 才能实现更好地防控。

### 参考文献:

- [1] 孙洪磊, 刘金华. H7 亚型禽流感病毒对家禽和人感染回顾及 H7N9 亚型流感防控建议 [J]. 中国兽医杂志, 2013, 49(03):80
- [2] 刘慧, 陈宗道, 肖新材等. 广州地区活禽市场休市措施对控制禽流感病毒污染效果的评价 [J]. 中华流行病学杂志, 2014, 35(07):832

## 添加低聚果糖对仔猪生长和表观消化率的影响

曾惠斯<sup>1</sup>, 崔政安<sup>2</sup>, 邹晓红<sup>1</sup>

(1. 惠州工程技术学校, 广东 惠州 516023; 2. 广州长隆野生动物园世界, 广东 广州 511430)

**摘要:** 本试验通过饲养试验、消化代谢试验, 研究不同浓度低聚果糖对猪生长性能、营养物质表观消化率的影响。试验选用断奶转离产房后2天内的仔猪, 日龄相差不超过5天的“杜×长×大”外三元杂断奶仔猪96头, 按照遗传背景相同、体重相近、性别比例一致的原则随机分为4个组, 每组设4个重复, 每重复6头仔猪。对照组饲喂基础饲料, 第1、2、3试验组基础饲料分别降低0.1%、0.3%、0.6%玉米用量, 并用0.1%、0.3%、0.6%低聚果糖替代。试验期为75d。结果表明: 添加低聚果糖能提仔猪断奶后1~75d的平均日增重, 其中0.6%浓度低聚果糖饲料组的仔猪在断奶后1~25d平均日增重显著高于未添加低聚果糖的对照组( $P < 0.05$ ); 各试验组在仔猪断奶1~75d期间各组生长性能均无显著差异( $P > 0.05$ ); 但在断奶1~25d期间, 添加0.1%、0.3%、0.6%低聚果糖试验组的仔猪料重比分别比对照组下降了4.45%、3.18%、4.09%( $P < 0.05$ ); 与对照组相比, 0.6%低聚果糖日粮组的粗蛋白、粗脂肪表观消化率显著提高( $P < 0.05$ )。

**关键词:** 低聚果糖 断奶仔猪 生长性能 表观消化率

**中国分类号:** S816.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8567(2017)02-0037-04

低聚果糖(Fructose oligosaccharide, FOS), 又称寡果糖、蔗果寡糖、果低聚糖等, 其分子式为 $G-F-F_n$  ( $n=1\sim3$ , G为葡萄糖, F为果糖), 即指1到4个果糖基以 $\beta-2, 1$ 糖苷键连接在蔗糖的D-果糖基上而形成的蔗果三糖(GF2)、蔗果四糖(GF3)、蔗果五糖(GF4)和蔗果六糖(GF5)的混合物, 其中蔗果六糖含量不得超过FOS总含量的5%。大量研究证明, FOS能够有效调节肠道正常菌群增殖, 增强动物机体免疫力, 提高仔猪和肥育猪的生产性能<sup>[2-8]</sup>。

低聚果糖作为一种具有免疫活性的功能性低聚果糖, 浓度广泛, 无毒副作用, 有望成为一类促进动物生长、增强畜禽免疫功能、提高畜禽抗病和抗感染能力的绿色饲料添加剂<sup>[5]</sup>。由于各地猪只的种群、个体、环境等存在差异, 很多新的添加剂不具备普遍适用性。本试验通过在基础日粮中添加低聚果糖, 来探讨低聚果糖对断奶仔猪生产性能, 能量、蛋白、脂类、钙、磷代谢的影响, 为低聚果糖在饲料添加剂中的应用提供一定的理论基础, 对于推进动物饲料无抗生素化或尽量少用抗生素的进程, 保证畜禽产品的安全和促进我国畜牧业可持续发展具有重大意义。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

低聚果糖为广东某公司产品, 为固体微黄色无定型粉末, 果糖含量 $\geq 95\%$ , 用水溶解后, 该低聚果糖溶解性好, 溶液呈清澈淡黄色。

#### 1.2 试验动物与试验设计

试验动物选用日龄相差不超过5天的“杜×长×大”断奶仔猪96头, 按照遗传背景相同、体重相近、性别比例一致的原则随机分为4组, 每组设4个重复, 每重复6头仔猪。对照组饲喂基础饲料, 试验1、2、3组饲喂在基础饲料的基础上降低玉米用量以留出空间添加低聚果糖, 并分别添加0.1%、0.3%、0.6%的低聚果糖。试验分3个阶段: 1~25d、26~50d和51~75d。

#### 1.3 试验饲料

参照NRC(2012)猪饲养标准并结合实际生产实践调制基础饲料, 试验中各阶段分别设计0.1%、0.3%、0.6%三个不同水平的低聚果糖饲料和不添加低聚果糖的基础饲料, 基础饲料组成及营养水平见表1。三个阶段采用表1中的三个日粮配方。

#### 1.4 饲养管理

1~50天在封闭式仔猪舍内进行漏缝高床饲养; 51~75d转入封闭式生长猪舍饲养。试验期内提供适宜温湿度, 自由采食和饮水。猪舍

收稿日期: 2017-03-07

作者简介: 曾惠斯(1985年2月), 女, 广东人, 农学学士, 中级讲师, 从事畜牧教育研究工作, E-mail: zhuisi@126.com

的消毒、通风、卫生管理免疫消毒等程序按猪场常规方法进行。试验全程由专人负责, 参照三元杂商品肉猪的饲养管理规程, 严格按照试验要求进行管理。

## 1.5 测定指标与方法

### 1.5.1 生长性能的测定

试验过程中详细观察与记录仔猪健康和生长状况; 分别在试验开始与各试验阶段结束时, 以每头仔猪体为单位对所有试验猪进行空腹称重; 试验过程中以重复为单位计算平均日增重、平均

日采食量和料重比。详细记录采食量、猪只腹泻、淘汰和死亡情况。

### 1.5.2 营养物质

表观消化率的测定在每个试验阶段结束前 3 天, 早晚从各重复中均匀采集粪样约 200 g 混合, 连续 3 天, 混匀, 置于 -20 °C 冰箱冷冻保存。测定时将粪样用 10mL 硫酸进行定氮, 以防止粪便中氮流失, 并将粪便放置于 130 °C 烘箱下杀菌 1 h, 置于 65 °C 鼓风干燥箱内烘干至恒重、回潮, 制成风干样。同时对代谢试验用饲料取样, 待测。采集的饲料样和粪样都粉碎均匀通过 40 目分子筛, 制备风干饲料样和粪样, 用密封袋干燥保存。采用《饲料分析及饲料质量检测技术》第 3 版的方法测定表观消化率。能量、粗蛋白质、粗脂肪、钙、磷等营养物质的含量按照常规方法测定。营养物质表观消化率计算公式如下:

$$\text{某营养物质表观消化率}(\%) = 100 - [100 \times (b \times c) / (a \times d)]$$

式中: a 为饲料中某营养物质含量;

b 为粪样中某营养物质含量;

c 为饲料中酸不溶灰分含量;

d 为粪样中酸不溶灰分含量。

## 1.6 数据处理

应用 SPSS 10.0 软件进行单因素 ANOVA 分析 ( $P=0.05$ ), 差异显著性检验采用 LSD 法; 结果以平均数 ± 标准差表示。

## 2 结果

### 2.1 不同浓度低聚果糖对猪生长性能的影响

由表 2 可知, 与对照组相比, 试验 1 组和试验 2 组各阶段的体重有所增加, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 试验 3 组猪体重有进一步提升的趋势, 第 25、50 和 75 天体重较对照组分别提高了 3.46%、1.67% 和 1.17%, 其中第 25 天差异显著 ( $P < 0.05$ )。

从表 3 看, 与对照组相比, 试验组各个阶段

表1 基础饲粮组成及营养水平(干物质基础)  
Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets(DM basis)

项目 Items	1 ~ 25 d	26 ~ 50 d	51 ~ 75 d
原料 Ingredients			
玉米 Com	59.30	60.00	61.00
麦麸 Wheat bran	1.00	6.00	8.00
豆油 Soybean oil	1.80	1.80	0.65
豆粕 Soybean meal	23.90	26.00	26.00
进口鱼粉 Imported fish meal	5.00	3.00	1.00
乳清粉 Whey powder	6.00	—	—
赖氨酸 Lys	0.13	0.10	0.08
石粉 Limestone	0.60	0.60	0.60
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.12	1.20	1.37
食盐 NaCl	0.15	0.30	0.30
预混料 Premix	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养组成 Nutrient			
总能 GE	16.09	15.77	15.42
粗蛋白 CP	19.5	19.0	18.2
粗脂肪 EE	4.6	3.4	2.3
赖氨酸 Lys	1.30	0.92	0.89
钙 Ca	0.75	0.69	0.64
磷 P	0.58	0.57	0.55

表2 添加低聚果糖对猪体重的影响  
Table 2 Effects of different level of FOS on body weight of pigs (kg)

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Experimental group 1	试验 2 组 Experimental group 2	试验 3 组 Experimental group 3
初始体重 IBW	7.21 ± 0.17	7.25 ± 0.31	7.28 ± 0.21	7.26 ± 0.24
第 25 天 Day 25	17.03 ± 0.67 <sup>b</sup>	17.39 ± 1.64 <sup>ab</sup>	17.26 ± 0.18 <sup>ab</sup>	17.62 ± 0.96 <sup>a</sup>
第 50 天 Day 50	30.45 ± 1.40	30.66 ± 2.20	30.58 ± 1.58	30.96 ± 1.74
第 75 天 Day 75	49.44 ± 3.20	49.67 ± 2.96	49.66 ± 2.25	50.28 ± 1.36

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ), while with different letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same as below.



表3 添加浓度低聚果糖对猪体重的影响  
Table 2 Effects of different level of FOS on body weight of pigs (kg)

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Experimental group 1	试验 2 组 Experimental group 2	试验 3 组 Experimental group 3
1 ~ 25 d				
平均增重 AG/kg	9.82±0.87	10.14±1.09	9.98±1.06	10.36±0.8
平均日增重 ADG/(kg/d)	0.39±0.03	0.41±0.04	0.40±0.03	0.41±0.03
平均日采食量 ADFI/(kg/d)	0.61±0.03	0.61±0.05	0.61±0.00	0.62±0.06
料重比 F/G	1.57±0.04 <sup>a</sup>	1.50±0.08 <sup>b</sup>	1.52±0.06 <sup>b</sup>	1.49±0.05 <sup>b</sup>
26 ~ 50 d				
平均增重 AG/kg	13.42±1.45	13.27±1.28	13.32±1.19	13.34±0.33
平均日增重 ADG/(kg/d)	0.53±0.04	0.53±0.03	0.53±0.04	0.53±0.03
平均日采食量 ADFI/(kg/d)	0.95±0.06	0.95±0.02	0.95±0.03	0.95±0.01
料重比 F/G	1.77±0.05	1.79±0.06	1.78±0.21	1.78±0.06
51 ~ 75 d				
平均增重 AG/kg	18.99±1.53	19.01±1.43	19.08±1.23	19.32±2.10
平均日增重 ADG/(kg/d)	0.76±0.04	0.76±0.06	0.76±0.05	0.77±0.07
平均日采食量 ADFI/(kg/d)	1.58±0.17	1.58±0.21	1.58±0.09	1.58±0.17
料重比 F/G	2.08±0.16	2.08±0.12	2.08±0.11	2.04±0.06
1 ~ 75 d				
平均增重 AG/kg	42.23±1.54	0.56±0.02	42.42±1.32	0.57±0.03
平均日增重 ADG/(kg/d)	42.38±1.43	0.56±0.04	43.02±1.90	0.57±0.03
平均日采食量 ADFI/(kg/d)	1.05±0.07	1.05±0.08	1.05±0.05	1.05±0.08
料重比 F/G	1.86±0.09	1.86±0.06	1.86±0.05	1.83±0.06

平均增重均有所提高 ( $P > 0.05$ ), 平均日增重有提高趋势, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 其中试验 3 组平均日增重较对照组提高了 1.75% ( $P > 0.05$ ), 料重比下降了 1.61% ( $P > 0.05$ )。值得注意的是 1 ~ 25d 期间, 试验 1 组、2 组、3 组的料重比与对照组分别下降了 4.45%、3.18%、4.09% ( $P < 0.05$ )。26 ~ 50d, 各组间生长性能均无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 51 ~ 75d, 试验 3 组平均日增重比对照组增加 1.31%, 料重比下降 1.92%。

综合试验全期来看, 除断奶到饲养 25 天内的料重比外各组间仔猪的生长性能均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。从全期饲养时长来看, 试验 3 组料重比最低, 较对照组降低了 1.61% ( $P > 0.05$ ), 也低于试验组 1 和试验 2 组; 与对照组相比, 试验 1 组和试验 2 组平均日增重有增加趋势, 较对照组上升了 1.75%; 试验 3 组与试验 1 组相比, 平均日增重相同 ( $P > 0.05$ )。

## 2.2 同浓度低聚果糖对断奶仔猪营养物质表观消化率的影响

由表 4 可知, 与对照组相比, 试验 1、2、3 组的钙、磷表观消化率差异不显著 ( $P > 0.05$ ),

试验 1、2、3 组能量、蛋白、脂肪的表观消化能成提高趋势。试验 3 组仔猪的能量、蛋白、脂肪表观消化率最高 ( $P > 0.05$ ); 与对照组相比, 试验 3 组粗蛋白、粗脂肪表观消化率显著提高 ( $P < 0.05$ ), 试验 3 组粗蛋白表观消化率较试验 1 组和试验 2 组有提高趋势, 试验组 3 与试验组 2 对比差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 不同浓度聚果糖对断奶仔猪生长性能的影响

研究表明, 低聚果糖具有提高动物的饲料利用率和对养分的吸收率, 改善动物的生长和生产性能<sup>[9]</sup>。还有, 低聚果糖具有甜味对畜禽尤其是幼龄畜禽具有一定的诱食作用。低聚果糖的促生长作用机制还可能是通过对小肠蛋白酶和淀粉酶等内源酶的影响及对肠道结构形态的促进作用共同完成的<sup>[10]</sup>。

本试验结果表明, 与对照组相比, 添加 0.6% 低聚果糖能提高仔猪断奶后 25d 饲养期的平均体重, 并能降低仔猪的料重比, 且达到显著水平, 断奶 25 天后添加低聚果糖能降低料重比, 但没达到显著水平。推断低聚果糖对仔猪断奶前期效

表4 不同浓度低聚果糖对猪营养物质表观消化率的影响  
Table 4 Effects of different level of FOS on apparent digestibility of nutrients of pigs (%)

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Experimental group 1	试验 2 组 Experimental group 2	试验 3 组 Experimental group 3
第 25 天 Day 25				
能量 Energy	83.61±0.34	83.87±1.34	83.94±2.66	84.33±4.21
粗蛋白质 CP	81.72±0.53 <sup>b</sup>	82.53±1.33 <sup>a</sup>	82.92±2.76 <sup>a</sup>	82.98±3.60 <sup>a</sup>
粗脂肪 EE	43.81±3.14 <sup>c</sup>	44.52±3.43 <sup>ab</sup>	44.05±5.65 <sup>b</sup>	44.90±2.67 <sup>a</sup>
钙 Ca	73.14±2.45	73.23±3.34	73.53±1.34	73.21±1.87
磷 P	55.05±1.23	55.15±3.12	55.26±2.54	54.99±3.67
第 50 天 Day 50				
能量 Energy	79.10±1.13	79.61±1.64	79.17±1.32	80.62±2.56
粗蛋白质 CP	77.19±2.24 <sup>b</sup>	77.96±1.28 <sup>a</sup>	77.30±1.43 <sup>ab</sup>	77.86±3.45 <sup>ab</sup>
粗脂肪 EE	34.74±2.14 <sup>b</sup>	35.05±6.23 <sup>ab</sup>	34.90±7.43 <sup>ab</sup>	35.48±1.76 <sup>a</sup>
钙 Ca	63.06±1.34	63.11±4.37	62.98±4.23	63.18±4.87
磷 P	45.43±1.43	45.32±2.51	45.75±3.54	45.88±6.87
第 75 天 Day75				
能量 Energy	79.59±1.82	80.40±0.75	79.70±1.87	80.44±2.45
粗蛋白质 CP	75.97±2.53	76.57±2.32	76.24±2.12	76.80±7.54
粗脂肪 EE	29.59±2.81 <sup>b</sup>	29.91±2.43 <sup>ab</sup>	30.41±1.45 <sup>a</sup>	30.54±6.03 <sup>a</sup>
钙 Ca	65.44±1.72	65.65±1.43	65.32±3.54	65.65±1.43
磷 P	45.54±1.75	45.76±3.54	45.81±6.54	45.65±1.32

果较为明显。总的来说,在饲料中添加低聚果糖,能够提高断奶仔猪前期的生产性能。

### 3.2 不同浓度的低聚果糖对断奶仔猪表观消化率的影响

试验结果表明,在日粮中添加低聚果糖能提高断奶仔猪的粗蛋白和粗脂肪的表观消化率,但断奶仔猪对营养物质的表观消化率并没有随着日粮中低聚果糖浓度的增加表现出递增趋势,在日粮中添加 0.3% 浓度的低聚果糖和添加 0.6% 的低聚果糖仔猪的各项营养表观消化率无明显变化。可能是由于动物机体并不能直接吸收低聚果糖,而是通过肠道内乳酸杆菌和双歧杆菌等微生物利用,低聚果糖被乳酸菌双歧杆菌发酵利用后形成的产物为短链脂肪酸,能够降低肠道的 pH 值,促进肠道运动,从而改善排便性能<sup>[11, 12]</sup>。通过调节肠道微生物群提供对营养物质的吸收,日粮中添加过低和过高的低聚果糖对动物的表观消化率没有明显改善。

对于日粮中添加低聚果糖并没有影响到断奶仔猪对能量和无机矿物钙、磷的表观消化率,各试验组间的能量、钙、磷表观消化率并差异不显著。如上所述,低聚果糖主要影响动物机体肠道微生物群,对能量或矿物营养没有其他促进机制。

### 参考文献:

- [1] 高玉云, 蒋宗勇, 林映才, 等. 肠黏膜免疫研究进展和仔猪营养调控 [J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(15):51-56.
- [2] 李海峰. 低聚果糖对仔猪血液生化指标和生产性能的影响 [J]. 福建畜牧兽医, 2004, 26(6): 12-14
- [3] 杭锋, 伍剑锋, 王荫榆, 等. 低聚果糖调节人体肠道菌群功能的研究 [J]. 乳业科学与技术, 2010(3): 108-111.
- [4] 王亚军, 吴天星, 华卫东, 等. 低聚果糖对杜洛克仔猪生产性能的影响研究 [J]. 饲料研究, 2000(10): 33-35.
- [5] 徐骏, 高峰, 周光宏. 功能性低聚果糖在饲料工业上的应用研究进展 [J]. 家畜生态学报, 2006, 27(6):217-222.
- [6] 马秋刚, 胥传来, 陈旭东, 等. 果寡糖饲料添加剂对断奶仔猪生产性能的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2004, 40(10):53-55.
- [7] 姚建国, 周岩民, 刘强. 低聚果糖在单胃动物中应用的研究进展 [J]. 国外畜牧科技, 2000, 27(3):24-27.
- [8] 许梓荣, 胡彩虹. 寡果糖对肥育猪生长性能、肠道菌群和免疫功能的影响 [J]. 中国兽医学报, 2003, 23(1):69-71.
- [9] 谭聪灵, 夏中生, 李永民, 等. 饲料中添加果寡糖对生长猪生产性能和免疫机能的影响 [J]. 粮食与饲料工业, 2010(4): 45-48.
- [10] 卢福庄, 戴贤君. 果寡糖在断奶仔猪中的应用 [J]. 中国饲料, 1999, 11:12-15.
- [11] 韦启鹏, 邹志恒, 宋琼莉. 果寡糖与甘露寡糖替代抗生素对仔猪生产性能的影响 [J]. 江西饲料, 2004, 3:4-5.
- [12] Hoodwink, J G, Bosch M W, Vestige H J. Effect of dietary oligosaccharides on the growth performance and fecal characteristics of young growing pigs. Animal Feed Science and Technology, 1998, 71:35-48.
- [13] David S Minors. Physiology of red and white blood cells [J]. Anesthesia Intensive Care Medicine, 2004, 5(5):174-178.

## 甘氨酸铁络合物对杜长大仔猪血常规指标的影响

袁明贵<sup>1</sup>, 高 彪<sup>1</sup>, 陈文露<sup>1</sup>, 赵建利<sup>1</sup>, 梁伟杰<sup>1</sup>, 邓书文<sup>2</sup>, 邓辉平<sup>2</sup>, 彭新宇<sup>1\*</sup>

(1. 广东省农业科学院动物卫生研究所 广东省畜禽疫病防治研究重点实验室, 广东 广州 510640;  
2. 清远佳兴农牧有限公司阳山分公司, 清远 阳山 513131)

**摘 要:** 本研究通过在杜长大断奶仔猪日粮中添加不同水平的甘氨酸铁络合物, 经过实验前后以及组间的血细胞参数分析, 发现饲喂含有甘氨酸铁络合物饲料前仔猪的红细胞分布宽度显著高于饲喂后仔猪; 添加 60 mg/kg 的甘氨酸铁络合物仔猪的血红蛋白最高, 红细胞分布宽度最低, 红细胞总数、红细胞压积、红细胞平均体积偏高。结论: 饲喂含有甘氨酸铁络合物饲料前的仔猪处于缺铁前状态, 而日粮中添加 60 mg/kg 的甘氨酸铁络合物可以明显预防仔猪贫血, 并且提高仔猪免疫力。

**关键词:** 甘氨酸铁络合物; 血常规参数; 杜长大; 贫血

**中国分类号:** S816.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8567(2017)02-0041-04

铁是养殖动物, 尤其幼小动物最容易缺乏的矿物质元素之一。甘氨酸铁络合物是第三代补铁补血制剂, 属于绿色环保的新型饲料添加剂<sup>[1,2]</sup>。由于其五元环状螯合状态和四个原子的共轭体系, 以及趋于电中性的螯合分子, 使其具有不刺激动物胃肠道, 拮抗作用较小, 吸收利用率高等优点<sup>[3]</sup>。

动物的血液由血浆和细胞两大部分组成, 它不停地流动于动物机体的循环系统中, 参与机体的代谢和免疫活动。根据功能的差别, 血细胞可以分为: 红细胞、白细胞、血小板。血常规检验的对象是血液的细胞部分, 通过观察血液中各种细胞的数量变化及形态分布, 为机体健康状况、免疫状态、病情诊断提供辅助手段。

随着全自动血细胞分析仪的问世, 血常规测定参数的项目越来越多, 给动物的疾病诊断带来较大方便。但是, 关于利用全自动血细胞分析仪, 研究补铁制剂对仔猪血液性状影响的报道较少。本实验通过在断奶仔猪日粮中添加不同水平的甘氨酸铁络合物, 利用全自动血细胞分析仪综合研究甘氨酸铁络合物对仔猪贫血的预防效果和免疫力等方面的影响。

### 1 试验材料与方法

#### 1.1 试验动物和血样采集

##### 1.1.1 实验地点 清远佳兴农牧有限公司阳山

分公司

**1.1.2 实验前处理** 选取同期分娩的健康、精神状况良好、体重相近的杜长大断奶仔猪 24 头, 常规饲喂 1 周后, 开始本实验。试验猪饲养在同一封闭式猪舍内, 舍温保持在 25℃ 左右, 适当通风, 自由采食和饮水。试验期间按猪场常规免疫操作程序进行防疫、消毒及饲养管理。

**1.1.3 实验分组及日期** 将 24 头仔猪随机分为 4 组, 每组 6 头重复, 试验正式期为 28 天。实验仔猪的饲料参照猪饲养标准(NY/T 65-2004) 配制, 仅通过添加不同剂量的甘氨酸铁络合物来改变饲料中铁元素含量, 即实验的 I、II、III、IV 组的每千克饲料中添加甘氨酸铁络合物分别为 30 mg、60 mg、90 mg 和 120 mg (以 Fe 计)。

分别于饲喂本实验饲料的第 0 天随机选取 6 头进行前腔静脉采血; 于第 28 天, 每组 6 头都进行前腔静脉采血。采集的血液样品注入含有适量柠檬酸三钠的抗凝血管中, 轻微摇匀后, 尽快放入 0℃ 冰箱保存, 12 h 内进行血常规测试。

#### 1.2 血常规检测

上述抗凝血样在 12 h 内, 采用 VetScan-HM5 全自动血液细胞分析仪(北京晶科正泰医学科技有限公司)进行测定。血常规指标共 18 项, 分为红细胞、白细胞和血小板 3 大类, 其中红细胞

收稿日期: 2017-01-05

作者简介: 曾惠斯(1985年2月), 女, 广东人, 农学学士, 中级讲师, 从事畜牧教育研究工作, E-mail: zhuisi@126.com

分为红细胞计数(RBC)、红细胞血红蛋白(HGB)、红细胞压积(HCT)、平均红细胞体积(MCV)、平均红细胞血红蛋白量(MCH)、平均血红蛋白浓度(MCHC)和红细胞体积分布宽度(RDW) 7项指标; 白细胞分为白细胞总数(WBC)、淋巴细胞数(LYM)、单核细胞数(MON)、中性粒细胞数(NEU)、淋巴细胞百分数(LY%)、单核细胞百分数(MO%)、中性粒细胞百分数(NE%) 7项指标; 血小板分为血小板总数(PLT)、血小板压积(PCT)、平均血小板体积(MPV)、血小板体积分布宽度(PDW) 4项指标。

### 1.3 统计分析

实验数据整理后, 利用 Excel 计算每组中各种指标的平均数和标准差, 然后将数据导入 SPSS17.0, 进行单因素方差分析和 Duncan 多重比较, 以  $P < 0.05$  为差异显著性标准。试验数据以平均值  $\pm$  标准偏差表示。

## 2 实验结果

### 2.1 红细胞性状

7个红细胞性状的检测值及其组间多重比较

结果详见表1。由表1可以看出, 血红蛋白和平均红细胞血红蛋白以及红细胞体积分布宽度均存在显著性差异。红细胞血红蛋白中, 第一组最低 ( $9.00 \text{ g/dL}^{-1}$ ,  $p < 0.05$ ), 第二组 ( $11.4 \text{ g/dL}^{-1}$ ,  $p < 0.05$ ) 最高; 红细胞体积分布宽度中第二组最低 ( $19.5\%$ ,  $p < 0.05$ ), 实验开始前最高 ( $22.86\%$ ,  $p < 0.05$ ); 平均血红蛋白浓度中, 第一组最低 ( $9.00 \text{ g/dL}^{-1}$ ,  $p < 0.05$ ), 实验开始前最高 ( $30.98 \text{ g/dL}^{-1}$ ,  $p < 0.01$ )。尽管红细胞总数、红细胞压积、红细胞平均体积差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但均是第二组最高。

### 2.2 白细胞性状

7个白细胞性状的检测值及其组间多重比较结果详见表2。由表2可以看出, 除白细胞总数存在显著性差异外, 其余各指标差异不显著。第二组的白细胞总数最高 ( $25.20 \times 10^9/\text{L}$ ,  $p < 0.05$ ), 而第一组白细胞总数最低 ( $13.02 \times 10^9/\text{L}$ ,  $p < 0.05$ ); 第二组的中性粒细胞百分数最低 ( $19.25\%$ ,  $p < 0.05$ ), 第三组和第一组的中性粒细胞百分数显著偏高。尽管其余各项白细胞

表1 红细胞性状检测值及多重比较分析结果

组别	红细胞总数 (RBC) / ( $\times 10^{12} \cdot \text{L}^{-1}$ )	血红蛋白(HGB) / (g. $\text{dL}^{-1}$ )	红细胞压积 (HCT) / %	平均红细胞体积 (MCV) / fL	平均血红蛋白量 (MCH) / pg	平均血红蛋白浓度 (MCHC) / (g. $\text{dL}^{-1}$ )	红细胞体积分布宽度 (RDW) / %
Pre <sup>1)</sup>	6.01 $\pm$ 0.92	10.46 <sup>ab2</sup> $\pm$ 1.39	33.86 $\pm$ 5.10	56.6 $\pm$ 4.83	17.5 $\pm$ 1.61	30.98 <sup>c</sup> $\pm$ 0.83	22.86 <sup>b</sup> $\pm$ 2.58
I	5.55 $\pm$ 1.18	9.00 <sup>a</sup> $\pm$ 1.49	31.98 $\pm$ 4.85	58 $\pm$ 3.61	16.37 $\pm$ 0.76	28.17 <sup>a</sup> $\pm$ 0.68	20.63 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.55
II	6.57 $\pm$ 0.61	11.4 <sup>b</sup> $\pm$ 0.82	39.11 $\pm$ 2.75	59.67 $\pm$ 3.21	17.47 $\pm$ 0.42	29.27 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.15	19.33 <sup>a</sup> $\pm$ 1.31
III	6.47 $\pm$ 0.28	11.0 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.70	37.73 $\pm$ 1.13	58.5 $\pm$ 0.50	16.95 $\pm$ 0.35	29.1 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.00	19.5 <sup>a</sup> $\pm$ 1.10
IV	5.53 $\pm$ 1.04	9.73 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.51	32.31 $\pm$ 6.34	58.33 $\pm$ 0.58	17.67 $\pm$ 0.64	30.27 <sup>bc</sup> $\pm$ 1.33	20.03 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.87

1): pre 标示实验开始前仔猪数据; 2): 字母肩标不同表示差异显著 ( $p < 0.05$ ), 字母相同或无肩标表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 下同。

表2 白细胞性状检测值及多重比较分析结果

组别	白细胞总数 (WBC) / ( $\times 10^9 \cdot \text{L}^{-1}$ )	淋巴细胞数 (LYM) / ( $\times 10^9 \cdot \text{L}^{-1}$ )	单核细胞数 (MON) / ( $\times 10^9 \cdot \text{L}^{-1}$ )	中性粒细胞数 (NEU) / ( $\times 10^9 \cdot \text{L}^{-1}$ )	淋巴细胞百分数 (LYM) / %	单核细胞百分数 (MON) / %	中性粒细胞百分数 (NEU) / %
Pre	18.55 <sup>ab</sup> $\pm$ 5.81	12.77 $\pm$ 4.15	0.14 $\pm$ 0.06	5.64 $\pm$ 2.53	69.05 $\pm$ 10.05	0.78 $\pm$ 0.18	30.16 <sup>ab</sup> $\pm$ 9.87
I	13.02 <sup>a</sup> $\pm$ 6.16	8.51 $\pm$ 5.24	0.14 $\pm$ 0.10	4.37 $\pm$ 1.29	62.4 $\pm$ 10.33	1.1 $\pm$ 0.72	36.43 <sup>b</sup> $\pm$ 9.92
II	25.20 <sup>b</sup> $\pm$ 6.19	15.46 $\pm$ 3.76	0.18 $\pm$ 0.04	4.17 $\pm$ 2.96	65.47 $\pm$ 27	0.7 $\pm$ 0.01	19.25 <sup>a</sup> $\pm$ 13.51
III	17.02 <sup>ab</sup> $\pm$ 3.49	9.725 $\pm$ 1.50	0.13 $\pm$ 0.04	7.16 $\pm$ 1.95	57.8 $\pm$ 3.00	0.75 $\pm$ 0.05	41.45 <sup>b</sup> $\pm$ 2.95
IV	19.48 <sup>ab</sup> $\pm$ 8.84	13.93 $\pm$ 5.72	0.13 $\pm$ 0.04	5.43 $\pm$ 3.09	73.0 $\pm$ 5.20	0.73 $\pm$ 0.15	26.3 <sup>ab</sup> $\pm$ 5.37

表3 血小板性状检测值及多重比较分析结果

组别	血小板总数 (PLT) / ( $\times 10^9 \cdot L^{-1}$ )	血小板压积 (PCT) / ( $mL \cdot L^{-1}$ )	平均血小板体积 (MPV) / fL	血小板分布宽度 (PDW) / %
Pre	370.6 $\pm$ 71.96	0.31 $\pm$ 0.03	8.5 $\pm$ 0.98	39.18 <sup>b</sup> $\pm$ 2.14
I	308.5 $\pm$ 280.72	0.30 $\pm$ 0.12	13.3 $\pm$ 8.34	25.40 <sup>a</sup> $\pm$ 16.26
II	340.67 $\pm$ 90.59	0.29 $\pm$ 0.05	8.77 $\pm$ 1.00	39.8 <sup>b</sup> $\pm$ 2.82
III	458 $\pm$ 13.00	0.385 $\pm$ 0.03	8.4 $\pm$ 0.50	38.35 <sup>b</sup> $\pm$ 0.65
IV	414 $\pm$ 14.14	0.36 $\pm$ 0.04	8.65 $\pm$ 0.64	38.90 <sup>b</sup> $\pm$ 0.71

指标不存在显著性差异,但是,第二组的淋巴细胞、单核细胞数都是最高的,而中性粒细胞最低;第一组淋巴细胞数最低。

### 2.3 血小板性状

4个血小板性状的检测值及其组间多重比较结果详见表3。由表3可以看出,血小板分布宽度存在显著性差异,而血小板总数、血小板压积和平均血小板体积不存在显著性差异。第一组血小板分布宽度最低(25.40%,  $p < 0.05$ )。

## 3 讨论与小结

### 3.1 猪各项血常规指标均有正常范围,如

WBC 数量为  $11.0 \times 10^9 \sim 22.0 \times 10^9$  个/L, RBC 数量为  $5 \times 10^{12} \sim 8 \times 10^{12}$  个/L, PLT 数量为  $200 \times 10^9 \sim 700 \times 10^9$  个/L, HGB 浓度为  $100 \sim 160$  g/L, HCT 为 32%~50%等,大于或小于这个参考范围,在一定意义上认为猪处于亚健康状态<sup>[4]</sup>。

红细胞是血液中数量最多的一种血细胞,是脊椎动物体内通过血液运送氧气的最主要媒介,红细胞计数、血红蛋白、红细胞压积、平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白量、平均红细胞血红蛋白浓度和红细胞分布宽度等参数可用于贫血的诊断。同时,红细胞在免疫中也发挥着重要功能<sup>[5]</sup>。

血红蛋白是判断动物贫血的重要指标之一。本研究结果表明,第二组血红蛋白(11.4g/dL<sup>-1</sup>,  $p < 0.05$ )最高;第一组血红蛋白最低(9.00g/dL<sup>-1</sup>,  $p < 0.05$ ),低于仔猪的正常值(10~16g/dL<sup>-1</sup>)。

平均红细胞血红蛋白浓度是血红蛋白与红细胞压积的比值。尽管第一组红细胞压积最低(31.98%,  $p > 0.05$ ),但是由于其血红蛋白显著偏低(9.00g/dL<sup>-1</sup>,  $p < 0.05$ ),因此第一

组的平均红细胞血红蛋白浓度最低(16.37g/dL<sup>-1</sup>,  $p < 0.01$ ),反映第一组可能处于贫血状态。由于实验开始前血红蛋白偏高(10.46g/dL<sup>-1</sup>,  $p > 0.05$ ),但是红细胞细胞压积偏低(33.86%,  $p > 0.05$ ),造成实验开始前平均血红蛋白浓度最高(30.98g/dL<sup>-1</sup>,  $p < 0.01$ )。

红细胞体积分布宽度(RDW)反映样本血液中红细胞大小形状的一致程度。宽度越大,说明样本血液红细胞形状大小差异较大,超过正常值较多则说明各种贫血、造血异常或者先天性红细胞异常;分布宽度小,说明样本血液红细胞形态大小一致。红细胞分布宽度可用于缺铁性贫血的诊断:当缺铁性贫血时,RDW增大,且要比MCV下降体现的早,是早期缺铁的指征;当MCV下降时,RDW增大更加显著。本实验表明红细胞体积分布宽度中第二组最低(19.5%,  $p < 0.05$ ),实验开始前最高(22.86%,  $p < 0.05$ ),这说明在本试验开始前,仔猪可能已经出现贫血趋势。第一组的红细胞分布宽度仅次于实验开始前,达到20.63%。进一步说明,在仔猪的日粮中仅添加30mg/kg的甘氨酸铁络合物时,仔猪容易出现缺铁性贫血,可能原因是仔猪饲料中铁的添加量不足。

综上所述,第二组的血红蛋白最高,红细胞分布宽度最低,红细胞总数、红细胞压积、红细胞平均体积偏高。根据这5项红细胞指标分析,说明在铁的营养水平上,第二组仔猪处于健康状态。第一组的血红蛋白、平均血红蛋白浓度最低,并且红细胞总数、红细胞压积和平均红细胞血红蛋白量也最低,而且红细胞分布宽度偏高,说明第一组处于贫血状态。实验开始前的红细胞分布宽度最大,红细胞总数和红细胞压积偏低,说明实验开始前的断奶仔猪处于贫血前的状态。

3.2 白细胞是人体血液中非常重要的一类血细胞,它具有吞噬异物并产生抗体、治愈损伤、抵御病原体入侵等作用<sup>[6]</sup>。白细胞按数量多少分为5种类型,依次是中性粒细胞、淋巴细胞、单核细胞、嗜酸性粒细胞和嗜碱性粒细胞。白细胞的粒细胞、单核细胞和淋巴细胞是血液中参加机体免疫功能主要成分<sup>[7]</sup>。白细胞参数能提示动物的易感性、侵入微生物的毒力、疾病的性质与严重性、患者的全身反应、病程的长短等<sup>[8]</sup>。

三元猪的白细胞总数为 $17.4 \sim 60.8 (\times 10^9/L)$ <sup>[9]</sup>,本研究结果表明,第一组白细胞总数最低( $13.02 \times 10^9/L$ ,  $p < 0.05$ ),低于正常值的下限( $17.4 \times 10^9/L$ ),其余各组接近或均在正常值范围内。第二组白细胞总数显著高于第一组,达到( $25.20 \times 10^9/L$ ,  $p < 0.05$ )。从生长状况上并没有观察到各组发生腹泻等疾病或损伤,这说明第二组的免疫力可能比其余各组强,第一组免疫力较差。

仔猪断奶后与哺乳时相比,出现显著的免疫抑制反应<sup>[10]</sup>,淋巴细胞减少,中性粒细胞增加是应激时的主要特点<sup>[11]</sup>。第三组和第一组的中性粒细胞百分数显著偏高( $p < 0.05$ ),可能是因为这两组仔猪出现炎症反应,但是从外表并没有观察到明显的疾病现象。淋巴细胞的正常值范围为 $13.2 \sim 44.2 (\times 10^9/L)$ 。各组淋巴细胞尽管没有显著差异,但是第二组的淋巴细胞最高( $15.46 \times 10^9/L$ ),而第一组的淋巴细胞最低( $8.51 \times 10^9/L$ ),说明在仔猪日粮中添加 $60\text{mg/kg}$ 的甘氨酸铁络合物可以增加仔猪的淋巴细胞数目,提高仔猪的免疫功能。

3.3 血小板的主要功能是凝血和止血作用,修补破损的血管。血小板计数、血小板压积、平均血小板体积和血小板分布宽度等参数可作为病毒病、自身免疫病、败血症、再生障碍性贫血、尿毒症、药物性变态反应和恶性肿瘤等疾病的辅助诊断指标之一<sup>[12-13]</sup>。另外,大量研究表明血小板在炎症反应、器官移植排斥等生理和病理过程中也发挥了重要作用<sup>[14]</sup>。本试验中,猪血小板各性状的组间差异和饲喂甘氨酸铁前后差异较小,只有血小板体积分布宽度参数的组间差异达到了显著水平,第一组血小板分布宽度( $25.40\%$ ,  $p < 0.05$ )显著低于其他组,而仔猪的血小板数量、血小板压积和平均血小板体积没

有显著性变化。

本研究按《医学动物实验方法》的标准,选择健康的动物个体作为试验材料,并于饲喂相同日粮条件下固定时间采血,按统一的方法进行测定,虽然所用试验动物的数量不够多,但所得结果仍可以较强地说明在仔猪断奶一周后处于贫血前状态,应尽快采取补血措施;在断奶仔猪的日粮中添加 $60\text{mg/kg}$ 的甘氨酸铁络合物可以明显预防仔猪的贫血,提高仔猪的免疫力。

#### 参考文献:

- [1] J Feng, W Q Ma, Z R Xu, et al. The effect of iron glycine chelate on tissue mineral levels, fecal mineral concentration, and liver antioxidant enzyme activity in weanling pigs [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2009, 150:106-113.
- [2] 马文强, 冯杰, 许梓荣, 等. 猪背最长肌肌红蛋白基因片段的克隆及甘氨酸亚铁对其表达的影响 [J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2009, 35(5):503-506.
- [3] J Feng, W Q Ma, Z R Xu, et al. Effects of iron glycine chelate on growth, haematological and immunological characteristics in weaning pigs [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 134(3-4):261-272.
- [4] 杨秀平, 肖向红. *动物生理学* [M]. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2009: 66.
- [5] Nelson R A. The immune-adherence phenomenon: a hypothetical role of erythrocytes in defence against bacteria and viruses [J]. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 1956, 49(1): 55.
- [6] Beutler B. Innate immunity: an overview [J]. *Molecular immunology*, 2004, 40(12): 845-859.
- [7] 孔祥峰, 尹富贵, 刘合军, 等. 早期断奶仔猪生理生化参数和器官指数的变化 [J]. *中国实验动物学报*, 2006, 14(4):298-302.
- [8] 周衍椒, 张镜如. *生理学* [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1978:63-69.
- [9] 孔祥峰, 柏美娟, 印遇龙, 等. 三元猪和宁乡猪血液学参数比较研究 [J]. *农业现代化研究*, 2009, 30(4):499-500.
- [10] 周向梅, 高得仪, 王清兰, 等. 仔猪断奶应激对血液和生化的影响 [J]. *中国兽医杂志*, 1999, 25(9): 6-8.
- [11] 张振斌, 蒋宗勇, 林映才, 等. 超早期断奶应激对仔猪T淋巴细胞亚群的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 1999, 35(3): 16-18.
- [12] 王小龙. *兽医临床病理学* [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:32-38.
- [13] 门剑龙, 徐风华, 华维. 红细胞 MCV、RDW 值鉴别贫血的临床价值 [J]. *临床检验杂志*, 1995, 13(5):241-242.
- [14] Elzey B D, Sprague D L, Ratliff T L. The emerging role of platelets in adaptive immunity [J]. *Cellular immunology*, 2005, 238(1): 1-9.

## 广东小耳花猪与杜洛克杂交效果分析

张洁<sup>1</sup>, 李宝红<sup>1</sup>, 孟繁明<sup>1</sup>, 胡斌<sup>1</sup>, 梁柳浪<sup>2</sup>, 李剑豪<sup>1</sup>

- (1. 广东省农业科学院动物科学研究所, 畜禽育种国家重点实验室, 广东省动物育种与营养公共实验室, 广东省畜禽育种与营养研究重点实验室, 广东 广州 510640;
2. 清远市龙发种猪有限公司, 广东 英德 513057)

**摘要:** 本研究通过比较杜洛克 × 小耳花与广东小耳花的胴体性状和肉品质, 旨在为广东小耳花猪的保种和合理利用提供科学依据。试验选择出生日龄相近, 健康的杜洛克(♂) × 小耳花(♀)和广东小耳花阉公猪各3头, 测定其胴体性状和肉品质, 结果表明: (1) 在相同的养殖环境及相近的屠宰日龄条件下, 杜洛克 × 小耳花与广东小耳花猪相比, 其胴体重提高86.15%, 背膘厚降低3.2mm, 眼肌面积增加121.96%, 瘦肉率提高11.76%, 胴体斜长增加30cm, 差异显著( $P < 0.05$ ); (2) 两者的背最长肌pH值(宰后45min和24h)、肉色、大理石纹、滴水损失差异均不显著( $P > 0.05$ )。综上所述, 采用杜洛克与小耳花杂交能显著提高其后代的胴体重、眼肌面积和瘦肉率, 且保留了母本皮薄肉嫩、味道鲜美可口的特点, 是一种较为理想的杂交模式。

**关键词:** 广东小耳花猪; 杂交利用; 胴体性状; 猪肉品质;

**中国分类号:** S813.22      **文献标识码:** A      **文章编码:** 1005-8567(2017)02-0045-03

## Analysis on the effect of hybridization between Guangdong small-ear spotted pig and Duroc

Zhang Jie<sup>1</sup>, Li Baohong<sup>1</sup>, Meng Fanming<sup>1</sup>, Hu Bing<sup>1</sup>, Liang Liulang<sup>2</sup>, Li Jianhao<sup>1</sup>

- (1. Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences., State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding, Guangdong Public Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangdong Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition. Guangdong Guangzhou 510640 China;
2. Qingyuan Longfa Pig Breeding Co. Ltd. Guangdong, Qingyuan 513057 China;

**Abstract:** This study was compared the carcass traits and pork quality of Duroc × small-ear spotted pig and Guangdong small-ear spotted pig. The aim of the study was to provide the scientific basis for the conservation and rational utilization of Guangdong small-ear spotted pig. The test selected the birth age similar and healthy Castrated boar of Duroc(♂) × small-ear spotted pig(♀) and Guangdong small-ear spotted pig each three, to determine the carcass traits and pork quality. The results show: (1) under the conditions of the same feeding environment and slaughter day, comparison between Duroc × small-ear spotted pig and Guangdong small-ear spotted pig, the carcass weight increased by 86.15%, the backfat thickness decreased 3.2mm, the loin eye area increase by 121.96%, the lean meat rate increase by 11.76%, the oblique length of carcass increase by 30cm, their difference were significant ( $P < 0.05$ ); (2) Comparison between the two, the difference of the longissimus dorsi pH(45min and 24h after slaughter) and meat color marbling and drip loss were not significant ( $P > 0.05$ ). In conclusion, the hybrid offspring between Duroc and Guangdong small-ear spotted pig can significantly improve the weight of carcass, the loin eye area, the lean meat rate, and retains their mother's characteristics of thin skin, tender, delicious. This is an ideal hybrid model.

**Key words:** Guangdong small-ear spotted pig; hybridization; carcass traits; pork quality

广东小耳花猪属于优良的华南型地方猪种, 为目前广东省饲养量最大的地方猪种之一, 以皮薄肉嫩, 味道鲜美、风味独特著称, 是传统食品烧乳猪的上乘材料。近年来, 随着消费者对猪肉品质需求的不断提高, 小耳花猪被广泛地作为母本与杜洛克、长白公猪进行经济杂交用以提升猪肉品质。本研究以杜洛克为父本, 广东小耳花猪为母本进行二元杂交, 分析比较小耳花猪与其杂交后代的胴体性能和肉品质, 为广东小耳花猪的保种与杂交利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物、时间、地点

本试验挑选健康, 出生日期相近的杜洛克 × 小耳花和广东小耳花阉公猪各 3 头。试验动物饲养于清远市清远市龙发种猪有限公司, 屠宰实验于 2016 年 2 月 4 日在广东省农业科学院动物科学研究所动物屠宰间进行。

### 1.2 饲养管理

本试验采用限制性采食, 自由饮水, 按照常规免疫程序接种免疫, 单列半开放式猪舍, 肥育猪小群分栏饲养。试验饲料为生长肥育猪配合饲料(郴州九鼎饲料有限公司)。营养水平(%) : 粗蛋白质  $\geq 16.0$ , 粗纤维  $\leq 8.0$ , 粗灰分  $\leq 8.0$ , 钙  $0.4 \sim 1.2$ , 总磷  $\geq 0.3$ , 赖氨酸  $\geq 1.0$ , 氯化钠  $0.3 \sim 1.5$ 。

### 1.3 测定方法

#### 1.3.1 肉品质测定

1.3.1.1 肌肉嫩度 参照肉嫩度的测定 剪切力测定法(NY/T 1180-2006)

1.3.1.2 肌内脂肪含量 取腰椎处背最长肌部分, 采用索氏抽提法测定。

1.3.1.3 pH、肉色、滴水损失和大理石纹

参照猪肌肉品质测定技术规范(NY/T821-2004)。pH 值测定采用便携式酸度计(HI8424 型,

北京 Hanna 仪器科学技术有限公司, 北京)。测定采用色差计(Konica Minolta CR410 型, Minolta 公司, 日本), 测定肉样的 L(亮度)、a(红度)、b(黄度)值。大理石纹评分采用 5 分制。

1.3.2 胴体性能测定 参照瘦肉型猪胴体性状测定技术规范(NY/T 825-2004)。

### 1.4 数据分析

应用 spss22.0 进行 DUNCAN 氏多重比较。本试验中所有数据表示方式为: 平均值  $\pm$  标准差(mean  $\pm$  sd)。

## 2 结果与分析

### 2.1 胴体性能测定

由表 1 得出, 在相同的养殖环境及相近的屠宰日龄条件下, 杜洛克 × 小耳花与广东小耳花猪相比, 其胴体重提高 86.15%, 背膘厚降低 3.2mm, 眼肌面积增加 121.96%, 瘦肉率提高 11.76%, 胴体斜长增加 30 cm, 差异显著 ( $P < 0.05$ ); 屠宰率和胴体直长都高于广东小耳花, 但差异不显著; 皮率、肥肉率、骨率均低于广东小耳花, 但差异不显著。以上结果表明, 小耳花作为母本与杜洛克杂交, 其后代的背膘厚显著降低, 胴体重、眼肌面积和瘦肉率显著提高, 改善了广东小耳花猪屠宰率低、背膘厚、瘦肉率低等特点。

### 2.2 肉质性能测定

由表 2 得出, 在相同的养殖环境及相近的屠宰日龄条件下, 杜洛克 × 小耳花与广东小耳花猪相比, 其宰后 45 分钟及 4℃ 冷藏 24 小时的 pH 值无显著差异, 且均在正常范围内。广东小耳花猪的肉色亮度值和红度值均高于杜洛克 × 小耳花, 但差异不显著; 比较两者胸腰结合处背最长肌, 发现小耳花的大理石纹评分较低, 但差异不显著。肌内脂肪含量则显著低于杜洛克 × 小耳花; 背最长肌滴水损失, 小耳花比杜洛克 × 小耳花低 0.18%, 但差异不显著; 以上结果表明,

表1 胴体性能测定数据分析

指标	广东小耳花	杜洛克 × 小耳花	指标	广东小耳花	杜洛克 × 小耳花
胴体重 (kg)	70.48 ± 5.41 <sup>a</sup>	131.2 ± 9.90 <sup>b</sup>	胴体斜长 (cm)	91.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	121.00 ± 5.66 <sup>b</sup>
屠宰率 (%)	75.79 ± 2.51	77.45 ± 0.80	皮率 (%)	12.83 ± 0.54	10.95 ± 0.32
背膘厚 (mm)	44.34 ± 0.47 <sup>a</sup>	41.17 ± 0.23 <sup>b</sup>	肥肉率 (%)	32.14 ± 1.15	29.86 ± 0.76
眼肌面积 (cm <sup>2</sup> )	19.26 ± 2.2 <sup>a</sup>	42.75 ± 3.32 <sup>b</sup>	瘦肉率 (%)	44.47 ± 1.05 <sup>a</sup>	49.7 ± 0.48 <sup>b</sup>
胴体直长 (cm)	101.00 ± 9.90	129.00 ± 7.07	骨率 (%)	10.57 ± 0.64	9.50 ± 0.60

注: 同行肩标小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ ); 大写字母不同表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 下表同。



表2 肉质性能测定数据分析

组别	pH1 (宰后 45min)	pH2 (4℃冷藏 24h)	肉色			大理石纹	肌内脂肪 含量 (%)	滴水损失 (%)
			L (亮度) 值	b(黄度) 值	a (红度) 值			
广东小耳花	6.59±0.057	5.77±0.04	35.78±3.31	0.89±0.13	15.46±1.24	3±0.00	5.38±0.06 <sup>a</sup>	1.67±0.08
杜洛克 × 小耳花	6.73±0.03	5.82±0.09	34.30±1.07	1.025±0.08	15.28±0.35	5±0.71	8.20±0.71 <sup>b</sup>	1.85±0.12

注: 同列肩标小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ ); 大写字母不同表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 下表同。

杜洛克 × 小耳花与广东小耳花相比, 其肉质性状保留了母本肉色鲜亮, 大理石纹丰富的特征。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 胴体性状

中国地方猪种普遍具有屠宰率低、膘厚、瘦肉率低等特点。本次实验结果发现杜洛克与小耳花杂交一代猪的胴体重、胴体斜长、瘦肉率和眼肌面积均显著高于小耳花猪, 背膘厚显著低于小耳花猪。这与马俊鸽等<sup>[2]</sup>、谢炳坤等<sup>[3]</sup>、谢水华等<sup>[4]</sup>报道的中国地方猪种与外来猪种杂交组合胴体性状比较结果基本一致。说明引入外种猪血统对提高地方猪种屠宰性能效果明显。但其他胴体指标两者间没有显著差异, 可能是由于杂交一个世代对其他指标的影响效果不显著。

#### 3.2 肉质性状

肉色、pH、滴水损失、肌内脂肪含量、大理石纹评分等都是评定猪肉品质的常用指标, 是肉品外观和口感的综合反映, 决定着消费者对肉品可接受性。

肉色的变化主要由肌红蛋白决定。猪屠宰后, 亚铁血红素与氧结合后形成氧合肌红蛋白, 呈鲜亮红色。若亚铁血红素中的  $Fe^{2+}$  被氧化成  $Fe^{3+}$ , 则肌红蛋白转变成高铁肌红蛋白, 呈暗红色<sup>[5]</sup>。本研究发现, 广东小耳花猪肉色的亮度值和红度值略高于杜洛克 × 小耳花, 该结果与图 3 中杜

洛克 × 小耳花的胸腰结合处背最长肌颜色较深, 而小耳花的肉色呈鲜亮红色的结果一致。另外, 据张家富等 (2010)<sup>[6]</sup> 与何若钢等 (2011)<sup>[7]</sup> 对陆川猪和杜洛克与陆川猪杂交后代肉质研究的报道, 陆川猪的肉色评分为 3.1, 杜陆杂交猪肉色评分为 2.87, 与本研究结果相近。

系水力是指肌肉组织保持水分的能力, 常用滴水损失或失水率来衡量, 是影响猪肉的颜色、风味和嫩度的重要因素。本研究表明, 杜洛克 × 小耳花的系水力略逊于广东小耳花, 这与引入杜洛克血缘有关。该结果与谢水华 (2015)<sup>[4]</sup> 等的研究结果一致, 广东小耳花的失水率略高于杜 × 长 × 小耳花, 但差异不显著。

大理石纹是小肌束间脂肪结缔组织分布形成的纹理。肌内脂肪是猪肉滋润多汁的物理因子, 也是产生风味物质的前体, 适度丰富的大理石纹及肌内脂肪对良好的口感、系水力、嫩度、多汁性、风味等都有一定的作用。本次实验广东小耳花猪背最长肌的大理石纹和肌内脂肪含量均低于杜 × 小耳花, 这与其他研究者<sup>[6-8]</sup> 报道的结果相反, 究其原因可能是由于本次实验选用了屠宰日龄相近的猪, 而杂交一代的生长速度快, 达到上市体重的日龄短, 在相同的饲养时间内, 杂交猪已处于生长后期脂肪沉积更多。从肉眼判断, 小耳花猪大理石纹的分布均匀但脂肪纹理细小, 不易观察。

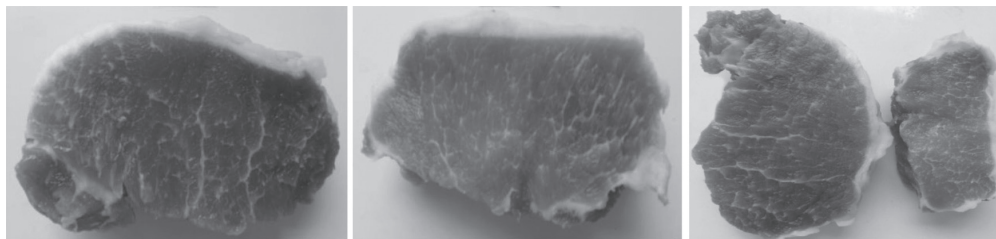


图1 大理石纹 (胸腰结合处背最长肌)

注: 图片从左到右顺序依次为杜洛克 × 小耳花、小耳花和两者胸腰结合处背最长肌对比图 (左为杜洛克 × 小耳花, 右为小耳花)

(下转第 52 页)

## 猪支原体肺炎疫苗研究进展

魏 凤<sup>1</sup>, 张文通<sup>2</sup>, 李峰<sup>1</sup>, 沈志强<sup>1,2\*</sup>

(1. 山东省滨州畜牧兽医研究院, 山东 滨州 256600;

2. 山东绿都生物科技有限公司, 山东 滨州 256600)

**摘要:** 猪支原体肺炎是造成养猪业经济损失最大的传染病之一, 严重危害养猪业健康发展。疫苗免疫防控该病极为关键。本文就该病在疫苗方面的研究进展展开综述, 为有效防控该病提供参考。

**关键词:** 猪支原体肺炎; 疫苗; 研究进展

**中国分类号:** S856.3      **文献标识码:** A      **文章编码:** 1005-8567(2017)02-0048-02

## Advance in Research of Mycoplasma Hyopneumoniae Vaccine

Wei Feng<sup>1</sup>, Zhang wen tong<sup>2</sup>, Li Feng<sup>1</sup>, Shen Zhi-qiang<sup>1,2</sup>,

(1. Shandong Binzhou Animal Science&Veterinary Medicine Academe, Binzhou, 256600;2. Shandong LvDu Biological Technology Co., Ltd, Binzhou, 256600)

**Abstract:** Mycoplasma hyopneumoniae is one of the most infectious diseases that cause the maximum economic loss of swine industry, which is harmful to the healthy development of swine industry. According to the reports about mycoplasma hyopneumoniae vaccine, this review assesses recent advances of mycoplasma hyopneumoniae vaccine, so as to provide references for effective prevention and control of the disease.

**Key words:** mycoplasma hyopneumoniae; vaccine; advance.

猪肺炎支原体(Mycoplasma hyopneumoniae, Mhp)是引起猪肺炎的一种接触性呼吸系统传染病。它主要通过感染破坏猪的上呼吸道纤毛、导致纤毛的脱落,进而使得其他病原有机会侵袭肺脏而引发肺炎,从而导致猪体的体液免疫和细胞免疫功能的降低,产生免疫抑制,使其他细菌或病毒性疾病易感。该病的特点是可感染各年龄阶段的猪群,当猪肺炎支原体伴有其他病原混合感染或继发感染(如猪圆环病毒2型、猪繁殖与呼吸综合征病毒等)时,表现为呼吸困难、发热、死亡;反之,未伴有其他病原体时,表现为干咳、生长减慢。该病全世界普遍存在,能够降低平均日增重、降低饲料转化率、增加防治药费、增加淘汰猪和低体重猪数量等,给养猪业带来了巨大经济损失<sup>[1-4]</sup>。

防制该病最关键措施是疫苗接种。目前国内外用于预防猪肺炎支原体感染的商品疫苗有灭活

苗、减毒活苗,这些疫苗已得到广泛应用。而一些新型疫苗的研究活载体苗、以及亚单位苗和DNA苗均处于实验室研究阶段。本文对该疫苗在国内外主要研究进展展开综述如下。

### 1 灭活疫苗

目前国内市场上出售的猪支原体肺炎灭活苗进口的有:梅里亚有限责任公司的BQ14株,西班牙海博莱的J株,硕腾公司美国查理斯堡的P-5722-3株,美国普泰克的P株,勃林格殷格翰的J株,英特威美国分公司的J株。市场上出售的猪支原体肺炎灭活苗国产的有:哈药集团的P-5722-3株,中牧的DJ-166株。

猪支原体肺炎灭活苗可分为两针免疫和一针免疫。两针免疫用法与用量为:肌肉注射,每头猪1头份(2mL)。两次接种,间隔至少2周。建议首次接种在1周龄时进行,3周龄时进行第2次接种。未曾接种过的妊娠母猪,在分娩前6

收稿日期:2017-02-16

基金项目:山东省现代农业产业技术体系生猪创新团队项目(SDAIT-08-17)

作者简介:魏凤,女(1979-),河南遂平人,硕士,助理研究员,主要从事兽用生物制品研究,E-mail:hzndzwt1@163.com

\*通讯作者

周和2周时各接种1次;曾经接种过的妊娠母猪,在分娩前2周时再接种1次;公猪,每隔半年接种1次。一针免疫程序为1~3周龄或以上肌肉注射1.0~2.0mL疫苗,免疫持续期达4~6个月。一针法免疫需要较少的人力,应用更方便,免疫效果与两针免疫相当,目前应用较多。

猪支原体肺炎灭活疫苗通过肌肉注射,临床使用方便,免疫效果良好,在我国临床上较经常使用。国内外产品质量差别主要体现在佐剂水平上。哈药集团“瑞倍适”系列产品使用的是新型佐剂爱菲金,该佐剂含有4.5%的矿物油,油滴细小,比传统油佐剂增加50%的吸附面积,具有更大的抗原结合面积,增强免疫应答;英特威“安百克”保留了15种猪肺炎支原体抗原蛋白,使用Emunade水包油佐剂;辉瑞“瑞富特”采用专利水质佐剂(Carbopol),24h启动免疫,3d后产生有效保护;普泰克“喘泰克”为P株亚单位疫苗,免疫印迹证实抗原齐全、纯净,采用抗原浓缩技术,每次免疫仅需1.0mL,使用了非油质佐剂QS-21;勃林格“茵格发”为全球首创单针猪喘气病疫苗,使用专用佐剂“茵培莱”,具有最佳的生物降解性,免疫后无任何不良反应;海博莱以左旋咪唑和carbomer作为佐剂,左旋咪唑起免疫增强的作用,树脂起缓慢释放抗原作用,从而产生双重效力;梅里亚公司的猪肺炎支原体灭活疫苗采用抗原性好的猪肺炎支原体BQ14株及阻断支原体感染的菌膜蛋白抗原,双效抗原提升了疫苗保护力,采用可快速释放抗原的水性氢氧化铝胶作佐剂,应激小,对3日龄仔猪免疫注射依然安全,且能快速诱导机体产生抗体。

## 2 活疫苗

猪支原体肺炎活疫苗国外没有市场化产品,国内市场化得产品有两个。这两个产品分别为猪支原体肺炎活疫苗(168株)和猪肺炎支原体活疫苗(R M48株)。其中,猪支原体肺炎活疫苗(168株)所用的猪肺炎支原体168株是由江苏省农科院畜牧兽医研究所于1979年在甘肃省分离,经3次克隆化培养,无细胞培养340代次,人工致弱的弱毒菌株<sup>[5]</sup>。而猪肺炎支原体活疫苗(R M48株)所用的猪肺炎支原体兔化弱毒株由中国兽药监察所采用济南强毒株在乳兔山连续传代致弱后获得。

猪肺炎支原体活疫苗(168株)用法与用量:用于5—15日龄仔猪,只需免疫一次、一头份;配备专用稀释液和针头,0.5mL或1mL/头份;由胸部中间位置肋间隙垂直进针,肺内注射;不影

响圆环病毒、蓝耳病等疫苗的肌肉注射。猪肺炎支原体活疫苗(R M48株)用法与用量:(1)胸腔接种。30日龄以上的健康猪,用灭菌PBS(0.01mol/L, pH值7.2)按瓶签注明头份稀释成1头份/mL,由右侧肩胛后缘约2cm肋间隙进针,每头猪胸腔内注射疫苗1mL。(2)鼻腔接种。断奶前后健康仔猪,用灭菌PBS(0.01mol/L, pH值7.2)按瓶签注明头份稀释成1头份/mL,在猪吸气时将疫苗喷射入鼻腔深部,每头猪接种疫苗2mL。

猪肺炎支原体活疫苗优点有:同时产生占位免疫,细胞免疫,以及体液免疫,抗体产生快,持续期长<sup>[6-8]</sup>。该活疫苗主要缺点为:操作较繁琐,胸腔、肺内或滴鼻接种,工作量大。RM48株活苗为兔化弱毒株,其免疫原性更好,安全性更强。鉴于猪肺炎支原体活疫苗接种麻烦的缺点,在其免疫途径方面研究者做了一些研究:郑鹏研究了猪支原体肺炎RM-48株活疫苗的雾化吸入免疫,研究结果显示接种后能够诱导机体产生的呼吸道粘膜免疫及细胞免疫反应;邵国青等基于传统的猪肺炎弱毒活疫苗(168株弱毒活疫苗)成功的开发出一种新型的猪支原体肺炎喷雾型疫苗,该168株疫苗喷雾免疫14天后,能够在免疫后猪只的鼻腔分泌液(鼻拭子)中明显的检测到猪肺炎支原体特异性分泌型IgA(SIgA)的存在。

## 3 基因工程疫苗

基因工程疫苗能利用外源载体对猪肺炎支原体免疫原性蛋白进行大量表达,研制有效的疫苗,用于解决传统抗原培养难得问题,具有很好的市场前景。基因工程疫苗的研制主要是从免疫原蛋白方面入手的,现在研究最多的免疫原蛋白主要是P36、P46、P97、P110等<sup>[8]</sup>。尽管国内外在猪支原体肺炎方面做了大量研究工作,然而至今无商品化的猪支原体肺炎基因工程疫苗。

## 参考文献:

- [1] 蔡宝祥主编. 家畜传染病学第三版[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997:141-142.
- [2] 赵德明, 张仲秋, 沈建忠, 译. 猪病学[M]. 9版. 北京: 中国农业大学出版社, 2008: 797.
- [3] 姜青华. 猪气喘病的流行特点及诊治[J]. 畜牧兽医科技信息, 2014, 01:76-77.
- [4] 杨莉, 杨茂生, 吴位珩, 等. 猪气喘病的研究进展[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2011(6):7-9.
- [5] 周勇岐, 赵永前. 猪支原体肺炎(168株)活疫苗的作用机理与应用[J]. 中国牧业通讯, 2008(10):49-52.
- [6] 沈青春, 宁宜宝, 贾青松. 猪肺炎支原体的研究进展[J]. 中国兽药杂志, 2003, 6:26-30.
- [7] 宁宜宝. 动物支原体病预防与控制的研究进展[J]. 中国兽药杂志, 1999, 33(1):45-48.
- [8] 施尧. 猪支原体肺炎疫苗研究进展[J]. 养猪, 2013(3):93-95.

## 犬软组织肉瘤的诊治

叶镜岳<sup>1</sup>, 陈淑蓉<sup>2</sup>, 余源武<sup>3</sup>, 陈义洲<sup>2, 4</sup>

(1. 惠州市农业学校, 广东 惠州 5160232. 华南农业大学兽医学院, 广东 广州 510642;  
3. 百思动物医院, 广州; 4. 广东省兽医临床重大疾病综合防控重点实验室, 广东 广州 510642)

中国分类号: S853.53 文献标识码: B 文章编码: 1005-8567 (2017) 02-0050-03

近年来, 随着宠物饲养水平的提高, 免疫预防技术的普及, 老年犬猫的数量越来越多, 肿瘤发病率也在不断地增长。在一项对 2000 例死亡病例进行剖检以确定死亡原因的报告中提到, 10 岁以及 10 岁以上的犬中, 有 45% 的犬死于肿瘤<sup>[1]</sup>。美国现在有 7400 万只犬, 有 9000 万只猫, 则每年至少会有 400 万狗和 400 万只猫发生肿瘤<sup>[2]</sup>。软组织肉瘤是较为常见的一种犬恶性肿瘤。起源于间叶组织(包括纤维组织, 脂肪, 肌肉, 脉管, 骨, 软骨组织等)的恶性肿瘤统称为肉瘤, 其命名是在来源组织名称之后加“肉瘤”, 例如纤维肉瘤, 横纹肌肉瘤, 淋巴肉瘤, 骨肉瘤等<sup>[3]</sup>。肉瘤的细胞学特征因组织学表型不同而差异很大, 但是大多数间质性肿瘤呈纺锤形, 多角形, 多面体或卵圆形; 细胞质染色呈红蓝色至深蓝色; 细胞核形态不规则。一般而言, 肉瘤细胞不易出现剥落, 穿刺检查可能出现假阴性。因此, 如果临床上怀疑肉瘤而细针抽吸检查结果为阴性, 应该进行活组织检查确诊。软组织肉瘤病理类型复杂, 不同类型肿瘤其生物学行为差异显著。软组织肉瘤发生部位以四肢和躯干最多见, 占 78%, 腹膜后占 15%, 其他部位占 7%。尽管软组织肉瘤主要临床表现为肿块, 有时诊断并非简单。在决定治疗前, 应考虑到肿块如为恶性时的进一步治疗手段。本

文对一例犬的软组织肉瘤病例进行报道总结, 以期对临床有所参考。

### 1 病例基本情况

罗威纳犬, 8 岁, 雌性, 体重 35kg。主述半年前左前肢腕关节内侧一小肿块, 后逐渐变硬, 最近一个月肿块有逐渐增大的趋势, 跛行。

### 2 临床检查

体温 39.2℃, 心率 90 次/分钟, 呼吸音正常, 35 次/分钟。有完整的免疫和体内外驱虫史。临床检查可见左前肢腕关节肿胀, 内侧有肿块, 肿块触诊质地坚硬, 疼痛明显, 皮肤破溃, 有轻微的渗出(见图 1)。

### 3 实验室检查

血常规和生化检查未见异常。X 光检查可见患肢腕关节周围软组织肿胀, 部分腕骨和尺骨远端出现骨溶解及轻度骨膜反应; 胸部 X 线检查未见肺部有异常转移病灶(见图 2-5)。

使用 6 mm 直径的组织活检打孔器, 进行活组织采样, 用纱布块吸干组织样本表面的血液后, 立即进行组织压片以及抹片, 制作细胞学玻片。使用 Diff-Quik 染色液对玻片进行染色, 并且在显微镜下进行观察。

细胞学检查可见大量梭形的细胞, 细胞表现出轻度至中度的大小不一和细胞核大小不一; 细



图 1 左前肢腕关节肿胀



图 2 前肢腕关节 X 线检查前后位照

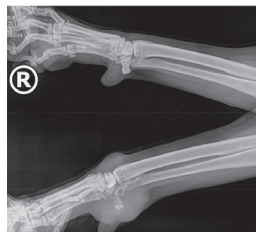


图 3 前肢腕关节 X 线检查侧位照



图 4 胸部 X 线检查右侧卧位片

收稿日期: 2017-02-16

作者简介: 叶镜岳 (1977-), 男, 兽医讲师, 研究方向为小动物疾病学和微生物学, E-mail: 13740550@qq.com。

胞边界模糊, 细胞质呈中度嗜碱性; 细胞核染色质均匀, 部分细胞核可见显核仁 (见表 6)。

#### 4 组织病理学检查

用 10% 的中性福尔马林对组织块固定后送检。病理组织学检查可见肿瘤是由梭型细胞组成, 肿瘤细胞呈漩涡状排列; 梭形细胞分化良好, 可见中度的细胞大小不一和细胞核大小不一的表现; 细胞核表现轻度异形性, 每 10 个高倍镜视野中最多可见 7 个有丝分裂相, 但未见坏死的表现; 在病变团块内部观察到多个部位存在巨噬细胞、淋巴细胞和嗜中性粒细胞的混合性炎性浸润的表现, 符合肉芽组织的特征。病理组织学诊断为软组织肉瘤。

#### 5 治疗

从肩关节处进行高位截肢, 术后患犬恢复良好, 但 3 个月后患肢肩胛骨附近出现肿瘤复发迹象, 复发部位肿瘤生长速度迅速, 畜主不愿意对患犬进行再次手术以及放化疗治疗, 复发一个月后对患犬实施安乐死。

#### 6 讨论

软组织肉瘤是一组多样化的肿瘤, 有着相似的病理学表现和临床表现, 这类肿瘤起源于结缔组织, 包括肌肉, 脂肪, 神经和血管, 筋膜和纤维组织。恶性的软组织肉瘤包括纤维肉瘤、外周神经鞘瘤、粘液肉瘤、未分化肉瘤、脂肪肉瘤、组织细胞肉瘤 (恶性纤维组织细胞瘤) 和横纹肌肉瘤。软组织肉瘤可以发生于身体的任何部位, 但是最常见于皮肤以及皮下组织, 通常具有相似的生物学特征: 首先软组织肉瘤通常为柔软至坚实的假包囊团块, 组织学边界不清晰, 具有局部侵袭性; 其次, 保守的手术切除后常见局部复发; 第三, 20% 的病例可能通过血液转移; 第四, 区域淋巴结转移不常见 (除了滑膜细胞瘤); 第五, 进行组织病理学分级可以预测肿瘤的转移, 对切除肿瘤的边缘进行评估可以预测是否会出现局部

复发; 第六, 体积较大的肿瘤 (直径大于 5cm) 对化疗和放射线治疗反应较差<sup>[4]</sup>。

犬有 20 多种不同组织类型的软组织肉瘤, 虽然来源不同, 但大部分在组织学上有相似的特征, 因此其诊断相对较困难。术前明确诊断的活检方法包括芯针、打孔、切开和切除活检。必须对活检进行规划和定位, 活检的部位应该位于预计进行治疗的区域内。由于肺部是软组织肉瘤最常见的转移部位, 因此在治疗之前应该对胸腔进行三个视角的 X 线检查。典型的软组织肉瘤淋巴结转移的情况较少, 但伴有淋巴结异常的病例应该对淋巴结进行细针抽吸或者活检以确定是否发生淋巴结转移。对于一些高转移风险的非典型软组织肉瘤, 例如血管肉瘤、组织细胞肉瘤、淋巴管肉瘤、滑膜细胞肉瘤、平滑肌肉瘤和横纹肌肉瘤等, 也应该对附近区域的淋巴结进行检查。为了评估是否转移到腹腔内的器官, 应该进行腹部超声检查, 特别是淋巴结, 脾脏, 肝脏等。在进行治疗前, 了解肉瘤的组织类型、大小、位置、组织病理分级以及疾病的分期非常重要。细针抽吸检查可用于排除其他的鉴别诊断, 例如脓肿, 囊肿和肥大细胞瘤。然而, 细针抽吸的细胞学结果无法对软组织肉瘤做出一个明确的诊断, 很难将反应性纤维组织和肉瘤区分开来, 所以假阴性的结果较为常见。随着免疫荧光细胞化学染色技术的发展, 不同组织标记的单克隆抗体和多克隆抗体以及组织微阵列技术的运用, 提高了软组织肉瘤诊断的准确性, 但这些技术在兽医上的应用依然受到限制。

软组织肉瘤具有很强的侵袭性和转移性, 因此治疗的主要目的是对局部的软组织肉瘤进行控制, 单独手术或手术联合化疗对于局部肿瘤的控制率从 7% 至 32% 不等。不良的预后因素包括肿瘤体积很大、肿瘤不完全切除和较高的组织病理分级。在一篇 75 只犬的研究中, 不完全切除的肿瘤局部复发率为 28%, 是完全切除的 11 倍<sup>[5]</sup>。肿瘤的大小会影响局部完整切除的可能性。复发的软组织肉瘤的治疗通常难于原发的软组织肉瘤, 复发的肿瘤通常需要更加激进的方案进行治疗。无论是完整切除肿瘤或者不完整切除肿瘤, 肿瘤均有复发的可能性。需要对治疗部位进行定期的检测, 例如在手术后的 1 年内, 每三个月定期复查, 1 年以后每 6 个月复查一次。在一份 75 只犬的报告中, 平均复发时间为 368 天。软组织肉瘤的转移率从 8% 至 17% 不等, 平均转移时间为 365 天。增加转移的风险包括组织病理分级, 有丝分裂数量, 坏死比例和局部复发。I 级和 II

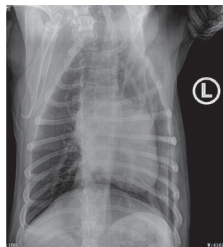


图 5 胸部 X 线检查腹背位片

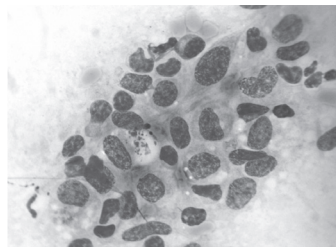


图 6 细胞学检查可见大量梭形细胞, 细胞和细胞核大小不一, 部分细胞内可见明显核仁

级软组织肉瘤转移率小于 15%，相比之下 III 级软组织肉瘤转移率为 41-44%，手术切除软组织肉瘤的平均存活时间为 1416 天，而手术联合放疗的平均存活时间为 2270 天，总体而言，33% 的犬最终死于肿瘤相关疾病 [6]。

参考文献:

[1] Bronson RT. Variation in age at death of dogs of different sexes and breeds[J]. Am J Vet Res, 1982, 43(11):2057 - 2059.

[2] Hansen K, Khanna C. Spontaneous and genetically

engineered animal models; use in preclinical cancer drugdevelopment[J]. Eur J Cancer, 2004, 40(6):858-880.

[3] 殷静, 杨锡贵. 软组织肉瘤综合治疗进展 [J]. 实用癌症杂志, 2009, 03:321-323.

[4] Withrow S J. Small Animal Clinical Oncology(5th edition). England: Saunder Elsevier, 2013:356-368.

[5] Kuntz CA, Dernell WS, Powers BE, et al.. Prognostic factors for surgical treatment of soft-tissue sarcomas in dogs: 75 cases (1986-1996) [J]. J Am Vet Med Assoc, 1997, 211(9): 1147 - 1151.

[6] Forrest LJ, Chun R, Adams WM, et al.. Postoperative radiotherapy for canine soft tissue sarcoma[J]. J Vet Intern Med, 2000, 14(6): 578 - 582.

(上接第 47 页)



图 2 广东小耳花猪



图 3 杜洛克 × 小耳花

杜洛克 × 小耳花的肌间脂肪更粗，这或许也是杜陆杂交后代的大理石纹评分更高的原因。

pH 值是由猪宰后肌肉中的肌糖元通过无氧代谢途径酵解生成乳酸，随肌肉中乳酸的积累，肌肉的 pH 值下降。pH 值下降的程度直接关系到猪肉的颜色、嫩度、烹饪损失及保藏期等，是评定肉质的一项重要指标。正常的猪肉品质要求猪在被屠宰后 45 分钟的 pH 值 > 5.8，24 小时后的 pH < 6.0。杜陆杂交猪的 pH 值均为正常范围，且两者无显著差别。

3.3 广东小耳花猪的杂交利用

广东小耳花猪体型特点为矮、短、宽、肥、圆，背腰宽广凹下，腹大拖地。因其体型小，身短，所以胴体重和眼肌面积较小，屠宰率不高。将小耳花母猪作为母本与杜洛克公猪进行杂交利用，其后代体型外貌得到改善，改变了母猪身短、背腰凹陷、腹部下垂、脚短等不足，同时表现出较强的适应性和较高的生产性能。据笔者观察，杜洛克 × 小耳花杂交一代，全身被毛黑色（偶

见蹄部白色）、四肢健壮、抗病力强、耐粗饲。

综上所述，采用瘦肉型猪与小耳花杂交可以显著提高其胴体重、眼肌面积和瘦肉率。本研究中采用的二元杂交（杜洛克 × 小耳花），虽在生长速度上与广东小耳花猪相比有较大的提升，但其体型仍然偏肥，膘厚。在肉质性能方面，保留了母本皮薄肉嫩、味道鲜美可口的特点，是一种比较理想的经济杂交模式。另据李琼华报道 [9] [10]，以陆川猪作为母本分别与杜洛克、长白、大约克公猪杂交，其杂交效果都很好，一般杂交一代生产力可以提高 30%—35%，杂交二代可以在杂交一代基础上再提高 10%—20%。今后三元杂交的应用前景将更加广阔，我们也将研究重点放在三元杂交或更换其他终端父本的应用效果上。

参考文献:

[1] 国家畜禽遗传资源委员会, 中国畜禽遗传资源志 - 猪志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2011:250-252.

[2] 马俊鸽, 夏先林, 孙小松. 杂交对可乐猪屠宰性能和肉质性状的影响 [J]. 贵州农业科学, 2011, 39(5):149-151

[3] 谢炳坤, 石笛, 马青艳等. 杜洛克与陆川猪正反交对后代繁殖性能和屠宰性能的影响 [J]. 湖北农业科学, 2015, 54(13):3190-3192.

[4] 谢水华, 曾铨品. 广东小耳花猪生产性能与杂交效果的研究 [J]. 养猪, 2015, 6:63-64

[5] 陈代文, 张克英, 胡祖禹. 猪肉品质特征的形成原理 [J]. 四川农业大学学报, 2002, 20(1):60-66.

[6] 张家富, 何若钢, 江永强等. 陆川猪胴体品质及肉质的研究 [J]. 养猪, 2010, 6:33-35

[7] 何若钢, 刘桂武, 林德源等. 杜洛克与陆川猪杂交后代的肉质研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2011, 6:37-38

[8] 杨芳, 龙开旭, 方程等. 陆川猪与杜洛克猪正反交 F1 代 UCP3 基因表达差异研究 [J]. 中国畜牧兽医, 2016, 43(3):798-804.

[9] 李琼华. 陆川猪优良特性和杂交开发利用 [J]. 养猪, 2010, 6: 36

[10] 李琼华, 覃小荣, 殷进炎. 陆川猪二元、三元杂交组合对提高商品猪生产性能的研究 [J]. 广西畜牧兽医, 2008, 24 ( 5 ):259-261