

中国期刊方阵双效期刊  
北方优秀期刊  
辽宁省一级期刊  
《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊  
《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》  
全文收录期刊

2008 年第 29 卷第 3 期  
(总第 312 期)  
(1980 年创刊)

主管单位:  
辽宁省经济委员会  
主办单位:  
辽宁省农牧业机械研究所  
编辑出版:饲料工业杂志社  
地址:沈阳市金沙江街 16 号 6 门  
邮编:110036  
电话:总编室(024)86391923  
编辑一室(024)86391926(传真)  
编辑二室(024)86391925(传真)  
网络发行部(024)86391237  
投稿邮箱:tg@feedindustry.com.cn  
网 站:www.feedindustry.com.cn  
总 编 辑:陈广鹏  
副总编辑:沈桂宇 崔成德  
责任编辑:张学智  
广告全权代理:沈阳同兴广告有限责任公司  
总 经 理:林 勇  
副总经理:荣立南  
地址:(110036)沈阳市长江街 126 号甲  
B 幢 4 单元 1610 室  
电话:(024)86276137 86276627  
传真:(024)86276127  
邮箱:slgygb@163.com  
印 刷:辽宁省印刷技术研究所  
国内发行:辽宁省报刊发行局  
国外发行:中国国际图书贸易总  
公司(北京 399 信箱)  
出版日期:每月 5 日、20 日出版  
国外代号: M4290  
国内统一连续出版物号:CN21-1169/S  
国际标准连续出版物号:ISSN1001-991X  
邮发代号:8—163  
发 行 范 围:国内外发行  
广告许可证:辽工商广字 01-82 号  
开户行:中信银行沈阳分行皇姑支行  
帐 号:72214101826000548-49  
每期定价:6.00 元

如需转载本刊文章及图片,请注明  
摘自《饲料工业》杂志,并寄样刊。

# 饲 料

SILIAO GONGYE

## 目 次

### 工 艺 设 备

- 1 挤压膨化与超临界技术  
..... 石戴维 王永昌
- 6 影响旋风除尘器除尘效率的因素分析  
..... 舒 帆
- 10 基于 UG NX 的锤片式粉碎机的三维建模  
..... 张乾能 宗 力

### 营 养 研 究

- 13 酪酪肽研究概况  
..... 任永林 周定刚 魏 震等
- 17 钙蛋白酶系统在肌肉生长和肉品嫩化方面的研究  
..... 董 岩 张 勇 朱宇旌等

### 试 验 研 究

- 20 不同存放时间和温度对泔水质量影响的研究  
..... 张 护 王爱华 钟建新等
- 23 不同日粮类型对鹅饲养效果的研究  
..... 何仁春 杨家晃 卢玉发等
- 27 应用湿喂法提高断奶仔猪的生产效益  
..... 王永强 郭荣富 刘 雷

### 饲 养 管 理

- 29 母猪饲养新技术——分胎次饲养  
..... 邓 敦 陈永均 王 彬等

# 农业

(半月刊)

■32 从饲喂策略考虑提高母猪泌乳期采食量  
..... 杨 灿 贺建华

### 反刍动物营养

■36 日粮精料水平对玉米秸瘤胃降解率的影响  
..... 李 华 汪行舟

■38 吐温对绵羊采食、瘤胃代谢、CMCase 活力和原虫数量的影响  
..... 王宏勇 孙 浩 陈 勇

### 检测技术

■42 反刍动物饲料中总磷的近红外反射光谱分析研究  
..... 牛智有 韩鲁佳

■45 鸡肌肉组织中盐霉素残留的微生物法检测研究  
..... 李 娜 孙 洁 祁克宗等

### 资源开发

■49 不同干燥方法对不同生育期新疆小芦苇营养成分的影响  
..... 赵光伟 艾尼瓦尔·艾山 于山江

■53 苧麻在饲料中的研究及开发应用  
..... 姜 涛 熊和平 喻春明等

### 问题探讨

■56 从生猪市场频繁波动谈政府、畜牧部门和养殖户的责任  
..... 刘学剑 王 颖 李向新

### 市场观察

■59 2007 年大豆市场回顾及 2008 年展望  
..... 刘素军 金敏杰

## 企业标识展示



正昌人才工程  
(0519)7309867



通威集团  
(028)85188888



江苏牧羊  
(0514)7848811



辽宁北方  
(0412)3343018  
(024)88080922



布勒(常州)  
(0519)7966666



江苏良友  
(0519)88309988



武汉新华扬  
(027)67845088



裕达机械  
(0519)87906658



武汉泛华  
(027)83569722



杭州康德权  
(0571)86433111



达农威生物  
(0755)83593001



上海蓝普  
(021)64197116



肇东日成  
(0455)7703213



Applied Nature™  
上海彼福艾  
(021)57687881



康地恩生物  
(0532)88966607



All for lives. 杭州康源  
(0571)85622437

# 挤压膨化与超临界技术

石戴维 王永昌

挤压膨化机可被认为是一个特殊的连续反应器。物料在反应器(挤压膨化腔)内,在高温、高压状态下,经强烈挤压、剪切、摩擦、混合和挤出,使淀粉糊化、蛋白变性,物料之间的各组分进行强烈的物理和化学变化,物料的质构即宏观和微观结构上产生了巨大变化;使各种抗营养因子的活性得到有效的钝化、有害的病菌较彻底的灭活;使成品具有良好的稳定性和耐水性、消化吸收效率高、物料含菌率低、安全性好等特点。因挤压膨化过程中物料受到高温、高压的挤压膨化,产生以下的问题:①易使物料中热敏组分产生较大的损失,采用外喷涂的添加工艺,仍不十分理想;②挤压膨化过程中水分起着塑化剂和膨化剂的作用,水分在物料中分布不易均匀,水分在闪蒸过程中使膨化物料表面粗糙、内部孔洞结构不均匀;③高温、高压、高剪切力增加了设备和操作成本。为了保持挤压膨化的特点,改善其不足之处,Ferdinand 等(1990)及 Rizvi 等(1992)采用超临界  $\text{CO}_2$  流体与挤压膨化相结合的技术,使挤压膨化机的模头处挤压温度在  $100\text{ }^\circ\text{C}$  以下,膨化物料获得成功并优于传统产品。超临界  $\text{CO}_2$  流体与挤压膨化组合技术是一种既能发挥螺杆挤压膨化技术的优点,又能利用超临界  $\text{CO}_2$  流体的特殊的溶解、萃取特性,使物料与热敏组分在短时、低温状态下挤压膨化,较好地解决了热敏组分的添加后失活的难题。现就挤压膨化与超临界  $\text{CO}_2$  流体运用的有关问题进行讨论。

## 1 超临界 $\text{CO}_2$ 流体挤压膨化技术的原理与特点

### 1.1 超临界流体的基本概念与特性

#### 1.1.1 超临界流体的基本概念

众所周知物质有三种状态:气态、液态和固态。当物质所处的温度、压力发生变化时这三种状态就会相互转化。实际除上述三种常见的状态外,还有另外一些状态,如等离子状态和超临界状态等。现就超临界状

态进行分析:超临界状态,如水被气化成水蒸气后,当水蒸气的温度升高到  $374.2\text{ }^\circ\text{C}$  时,对水蒸气内部的压力增加,水蒸气的密度随之增加,并使其密度增加到与液态的水相接近,但不使其液化。因此,温度  $374.2\text{ }^\circ\text{C}$  称为水的临界温度,与临界温度相对应的压力  $22.0\text{ MPa}$  称为水的临界压力,水的临界温度和临界压力就构成了临界点。当水的温度在  $374.2\text{ }^\circ\text{C}$  以上,压力在  $22.0\text{ MPa}$  以上时,称这类水处于超临界状态,也称超临界水。超临界水是一种特殊的气体,密度与液态的水相近,又具有气态的特性,故称稠密的气体。该超临界水既不是液体又不是气体,人们称为“流体”,即为水的超临界流体(supercritical fluid, SCF)。除水有超临界状态外,凡稳定(指化学性质稳定、未达到临界温度时不会分解为其它物质)的纯物质都可以有超临界状态,有固定的临界点:临界温度  $T_c$  和临界压力  $P_c$ 。超临界点时的流体密度称为超临界密度  $\rho_c(\text{g}/\text{cm}^3)$ ,其倒数称为超临界比容  $V_c(\text{cm}^3/\text{g})$  见图 1。

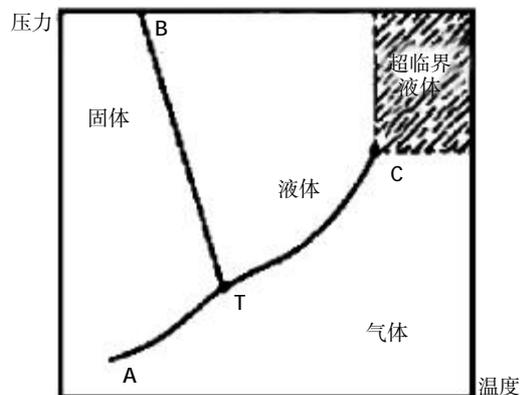


图 1 纯流体的典型压力-温度关系

图 1 中线 AT 表示气-固平衡的升华曲线,线 BT 表示液-固平衡的熔融曲线,线 CT 表示气-液平衡的饱和和液体蒸气压曲线,点 T 是气-液-固三相共相点。当纯物质沿气-液饱和线升温,C 点气-液分界面消失,体系内性质均一,无气态-液态之分,该 C 点为临界点。

常用的超临界流体有  $\text{CO}_2$ 、乙烷、丙烷等,其临界性质见表 1。

石戴维,北京金地三福膨化机制造有限公司,博士,101119,北京市通州区徐辛庄工业开发区 8 号。

王永昌,国家粮食局无锡科学研究设计院。

收稿日期:2007-11-26

表 1 常用的超临界流体的临界性质

物质	沸点(°C)	临界点数据		
		临界温度 $T_c$ (°C)	临界压力 $P_c$ (MPa)	临界密度 $\rho_c$ (g/cm <sup>3</sup> )
二氧化碳	-78.50	31.06	7.39	0.448
乙烷	-88.00	32.40	4.89	0.203
乙烯	-103.70	9.50	5.07	0.200
丙烷	-44.60	97.00	4.26	0.220
丙烯	-47.70	92.00	4.67	0.230
乙醇	78.20	243.40	6.38	0.276
氨	-33.40	132.30	11.28	0.240
水	100.00	374.20	22.00	0.344

超过临界温度是成为超临界流体的最基本的条件,确保物质永远是气体。一般气体密度低,压力不高,不具有良好的溶解性。而超过临界压力下的超临界流体的密度升高,称之为“稠密”气体,其密度与液体溶剂相接近,并具有液体溶剂的溶解特性,所以,超临界流体呈现出较强的溶解能力。最常用的超临界流体是超临界 CO<sub>2</sub> 流体。

采用超临界 CO<sub>2</sub> 流体具有以下特点:①临界温度(31.1 °C)低,热敏组分损失少;②临界压力(7.38 MPa)价格便宜,在实际工业中易获得;③超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取性能取决于流体密度、压力和温度;④超临界 CO<sub>2</sub> 流体在溶解性能与有机溶剂相同,在传质和分离优于有机溶剂,如在超临界 CO<sub>2</sub> 流体加入夹带剂(如水、有机酸和表面活性剂吐温 80 等),能进一步提高

超临界 CO<sub>2</sub> 流体的萃取及溶解率;⑤CO<sub>2</sub> 无毒、不可燃、价格便宜、来源广、可与其它气体共混、不污染环境;⑥CO<sub>2</sub> 从超临界转化为正常气体时将吸热,有利于稳定热敏组分。

### 1.1.2 超临界流体的特性

#### 1.1.2.1 超临界流体具有传递特性

超临界流体的密度比气体密度要大数百倍,粘度与气体相近,比液体要小两个数量级;扩散系数是气体的 1/100,比液体要大数百倍。因此,超临界流体的传递性能优于正常的液体,与液体萃取相比,超临界流体的萃取可以更快地完成传质,易达到萃取液与萃取物质之间的平衡,从而促进了高效萃取和分离过程的实现。超临界流体与其它流体的传递性质见表 2。

表 2 超临界流体与其它流体的传递性质

项目	气体	超临界流体		液体
	101.325 kPa, 15~30 °C	$T_c$ $P_c$	$T_c$ $4P_c$	15~30 °C
密度(g/cm <sup>3</sup> )	(0.6~2.0)×10 <sup>-3</sup>	0.2-0.5	0.4-0.9	0.6~1.6
粘度[g/(cm·s)]	(1~3)×10 <sup>-4</sup>	(1~3)×10 <sup>-4</sup>	(3~9)×10 <sup>-4</sup>	(0.2~3)×10 <sup>-2</sup>
扩散系数(cm <sup>2</sup> /s)	0.1~0.4	0.7×10 <sup>-3</sup>	0.2×10 <sup>-3</sup>	(0.2~3)×10 <sup>-5</sup>

#### 1.1.2.2 超临界流体对固体或液体具有较强的溶解能力

超临界流体优良的传递特性,使物质在超临界流体中的溶解度远高于常态下的数值,一般达几个数量级,超临界流体的溶解能力与密度有关,物质的溶解度 C 与超临界流体的密度  $\rho$  有关。

$$\ln C = m \ln \rho + K$$

式中: C——物质在超临界流体中的溶解度;

$\rho$ ——超临界流体的密度;

m——系数正值;

K——常数(与萃取剂的性质有关)。

应注意的是:在超临界区附近,超临界流体的压力和温度的微小变化,会引起流体密度的大幅度变化,将会影响其溶解能力。物质在超临界流体中溶解

度随压力增加而增加,随温度升高而下降。为此,利用调整压力、温度就可实现不同物质的萃取率、分离效率。

由于超临界状态下气体和液体的界面消失,表面张力为零,反应速度最快,热容量、热传导率等物理特性出现峰值。超临界流体的这些特殊性能,使其成为良好的分离介质和反应介质。利用这一溶解特性,使超临界流体具有极高的萃取性能。因此,可替代传统有机溶剂对天然物的有效成分的萃取工艺。由于超临界流体对各种物料的萃取特性各不相同,处于开发阶段,每一种物质的萃取应用还需进行试验研究,以获得最佳的萃取效果。

被超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取的物质有脂溶性、水溶性和酶制剂等物质,如:β-胡萝卜素、叶黄素、玉米黄素、

维生素 E;茶多酚、银杏酸、银杏黄酮等极性物质;淀粉酶等。

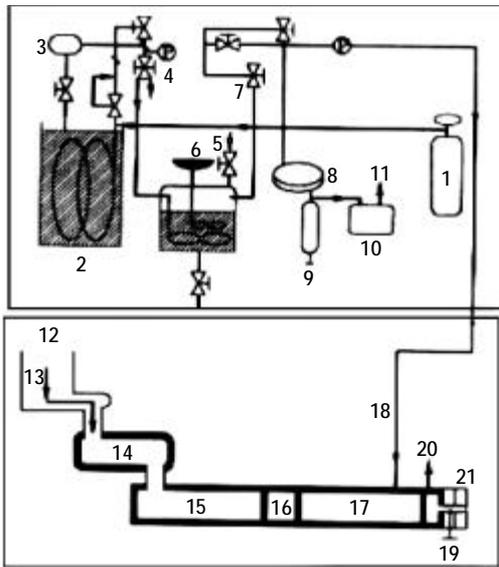
### 1.1.2.3 超临界 CO<sub>2</sub> 流体具有膨化剂的功效

超临界 CO<sub>2</sub> 流体与挤压膨化腔内的物料相混合并挤压出模。由于超临界 CO<sub>2</sub> 流体和物料在出模时压力降低,超临界 CO<sub>2</sub> 流体密度将瞬间减小,超临界 CO<sub>2</sub> 流体的体积就迅速膨胀,物料随超临界 CO<sub>2</sub> 流体迅速膨胀而膨化。为此,超临界 CO<sub>2</sub> 流体具有膨化剂的功效。

## 1.2 超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术原理和过程

Rizvi、Mulvaney 等学者于 1992 年进行了超临界 CO<sub>2</sub> 流体与挤压膨化技术相组合试验研究。利用超过超临界温度(31 °C)、超临界压力(7.39 MPa)的超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取着色剂和增味剂等热敏组分后,进入挤压膨化机的后部低温的膨化腔内,成为挤压物料的膨化剂。所生产的膨化物料,其品质完全达到并优于传统的挤压膨化技术所生产的产品。

超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术的工作原理见图 2。



1.CO<sub>2</sub> 罐 2.冷却器 3.泵 4.排气阀 5.料口 6.混合罐  
7.混合阀 8.加热器 9.分离釜 10.干燥器 11.CO<sub>2</sub> 12.粉料进口 13.粉料 14.调质、均质器 15.挤压熟化区  
16.通风口 17.冷却区 18.超临界 CO<sub>2</sub> 流体与热敏组分混合料 19.限流阀 20.调节口 21.挤压模板

图 2 超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术原理及装置

上方为超临界 CO<sub>2</sub> 装置,气态 CO<sub>2</sub> 先经冷却器冷却为液态 CO<sub>2</sub>,再经高压泵、换热器加压、升温转为超临界状态。超临界 CO<sub>2</sub> 流体经萃取槽,使超临界 CO<sub>2</sub>

流体萃取、溶解、液化脂溶性及水溶性维生素、酶制剂、着色剂等各类热敏组分。超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取后的流体加到下方的挤压膨化冷却腔的物料内,使挤压膨化物料与超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取的热敏组分混合,并迅速从模孔挤出。当物料从模孔挤出后压力剧降,CO<sub>2</sub> 由超临界状态转为正常气态,体积瞬间膨胀,也就使物料膨化。经调质、均质后的物料进入挤压膨化腔前部高温、较高压力区后,使淀粉糊化、蛋白变性、有害因子的灭活获得较好的效果。挤压膨化腔后部为冷却低温(100 °C 以下)及较高压力区,是超临界 CO<sub>2</sub> 流体及热敏组分的加入点。所以,热敏组分在此处加入,在几秒钟内与能量、蛋白等组分混合均匀后,即刻被挤出模孔。超临界 CO<sub>2</sub> 流体转为正常气态,而维生素、酶制剂、着色剂等热敏组分就均匀地留在物料内部。在短时、低温下挤压膨化过程中,热敏组分损失极低,这是热敏组分在挤压膨化工艺中较理想的添加工艺。

## 1.3 超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术的特点

1.3.1 螺杆挤压膨化是通过高温、高压情况下在模孔处压力剧降,使物料在水分闪蒸时而膨化。超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术,是利用超临界 CO<sub>2</sub> 流体降为常压时,超临界 CO<sub>2</sub> 流体从超临界状态转化为正常气态时,体积迅速膨胀,使物料膨化。而热敏组分是在冷却低温挤压区加入,此时料温仅为 90~95 °C,而且时间极短,使热敏组分损失较传统螺杆挤压膨化技术要低得多,所以无需更多超量添加热敏组分,可降低生产成本。

1.3.2 超临界 CO<sub>2</sub> 流体作为膨化剂,使物料的膨化度较传统挤压膨化技术易于控制,调节超临界 CO<sub>2</sub> 流体的超临界压力、超临界温度或流量比螺杆挤压膨化的温度、压力调节方便、迅速、精确。

1.3.3 脂溶性和水溶性维生素、酶制剂、着色剂等热敏组分均能被超临界 CO<sub>2</sub> 流体所萃取、溶解、液化,超临界 CO<sub>2</sub> 流体处于气体状态,所以,热敏组分与物料混合时,在物料中分布较均匀。

1.3.4 物料在传统挤压膨化技术出模后无法再膨化,而在超临界 CO<sub>2</sub> 流体出模后可继续膨化。

1.3.5 超临界 CO<sub>2</sub> 流体在物料内分布较水分均匀,物料在超临界 CO<sub>2</sub> 流体失压时膨胀而膨化,物料膨化率易控制,物料内部的膨化孔洞较均匀,具有低料温、低密度即膨化率高等特性。

1.3.6 超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术的物料水分较螺杆挤压膨化机的水分要低,一般仅在 18% 以下,料温仅为 95 °C 以下(与硬颗粒几乎相同)。为此,挤压膨

化后的颗粒无需干燥工序,只需冷却,但冷却的时间和风量需与硬颗粒有所不同,因无需干燥工序可节约设备投资和加工成本。

#### 1.4 超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术应用的有关问题

对于超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术应用,我们主要从投资、产品质量及生产成本等方面来分析。现就传统挤压膨化与超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化性能进行比较,具体见表3。

表3 传统挤压膨化与超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化的性能对比

项目	传统挤压膨化	超临界 CO <sub>2</sub> 流体挤压膨化
膨化原理	水分闪蒸	CO <sub>2</sub> 体积膨胀
产品膨化均匀程度	不够均匀	均匀
热敏组分损失程度	损失大	几乎无损失
膜头处料温	温度高(140~160 ℃)	温度低(100 ℃以下)
膨化度控制程度	较难	较易
物料水分	高(18%~28%)	低(12%~18%)
干燥设备	需配	无需配
投资	较低	略高
生产成本	较高	较低

从表3可看出超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化比传统挤压膨化综合性能较优。

① 设备投资:超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术需增加超临界 CO<sub>2</sub> 流体的装置,该装置的操作水平较一般饲料设备要高。因无需干燥工序可不用干燥机,增加超临界 CO<sub>2</sub> 流体装置的费用比干燥机的投资略高。

② 运行成本:因无需干燥机,超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化机动力将低于传统的挤压膨化机;热敏组分又无需超量。所以,日常动耗及原料成本等费用将低于传统的挤压膨化技术。

③ 产品品质:膨化度易控制,膨化孔洞均匀,热敏组分含量较稳定,使超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化的产品品质优于传统的挤压膨化技术生产的产品。

## 2 影响超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化效果的因素

影响超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化效果的因素主要有水分、温度、脂肪、淀粉、蛋白、纤维、超临界条件、挤压膨化机的性能等。

### 2.1 水分

传统挤压膨化机物料水分在挤压膨化过程中既是聚合物塑化剂,又是膨化剂。水分能减少物料之间和物料与挤压膨化机构件的摩擦,降低动耗。水分使淀粉颗粒能充分吸水而糊化,水分太高膨化颗粒表面较粗糙,水分太低淀粉糊化度及膨化率低。一般单螺杆挤压膨化机水分分为18%左右,双螺杆挤压膨化机为28%左右为宜。

原料经超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化后水分仅减少5%,低于传统的挤压膨化过程。超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化机中物料的水分仅作塑化剂,而不用于膨化。

水分过高,颗粒表面较粗糙;水分过低,淀粉糊化度亦较低。所以,物料的水分可比传统挤压膨化机物料水分低3%~10%,物料水分在15%~18%较合适,挤压膨化出模后物料水分在13%~15%,冷却后水分在10%~13%可直接包装。

### 2.2 温度

挤压膨化物料的料温,直接影响挤压膨化效果,料温过低淀粉糊化不完全,水分不易渗透到淀粉的空间结构内。料温过高物料易焦糊结块,膨化程度不均匀,一般膨化腔前部料温在140~160 ℃左右。膨化腔后部料温经冷却控制在100 ℃以下,这对热敏组分损失减少是有利的。

### 2.3 脂肪

螺杆挤压膨化机的挤压过程中,脂肪在挤压中起到润滑作用,又与淀粉和蛋白形成复合物能降低产品的氧化现象,改善产品的质构和适口性。超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化机,随脂肪含量增加而提高膨化度,当脂肪含量超过10%时,膨化度仍较高,但膨化产品品质有所降低。脂肪大于20%时,在挤压膨化过程中甘油三酯部分水解并与直链淀粉形成络合物,还将影响膨化程度。为此,脂肪添加量在10%左右为宜。对大豆含油在15%以下时蛋白质易产生组织化。同时在挤压膨化过程中脂酶和脂氧酶失活,从而提高了脂肪及产品的储藏稳定性。

### 2.4 淀粉

淀粉含量和品质与产品质量有密切的关系,淀粉中支链淀粉和直链淀粉的比例将影响挤压膨化制品的组织特性,支链淀粉降解高于直链淀粉,支链淀粉裂解在分子内部而不在外部,支链淀粉能促进膨化,产品膨化度高。直链淀粉纵使被降解,聚合度也大于2000。为此,淀粉中直链淀粉高,膨化降解率低。直链淀粉含量高的物料,产品膨化度有所下降。超临界 CO<sub>2</sub> 挤压膨化就是降解聚合物的过程,控制支链淀粉和直链淀粉的比例亦能控制膨化度。膨化度要求高时,淀粉中的直链淀粉含量不高于20%~50%。在挤压膨化中淀粉以未胶化的白色向凝胶化的无色半透明体转化,原料经挤压膨化后,糊化淀粉分子相互交换,与蛋白共同作用使物料形成网状空间结构,冷却后定型,成为膨化物料的网状结构的骨架,能使超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化的水产饲料具有良好的耐久性和

稳定性。

## 2.5 蛋白质

蛋白质对产品成形作用高于淀粉,蛋白质承担分子重新排列和组织化形成的重要部分;使蛋白质分子结构发生伸展,分子间的氢键、二硫键断裂,导致蛋白变性,游离氨基酸含量增加,使某些抗营养因子得到破坏,提高了蛋白质的消化吸收率,也就影响了产品的营养价值。

蛋白质含量高膨化度有所降低,蛋白质对膨化度的影响大于淀粉。因此,对于超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化机,原料中蛋白质含量应控制在 40%以内。

## 2.6 纤维素

纤维素含量直接影响超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化机的压力、扭矩和膨化度,纤维素含量增加,物料阻力增加,机内压力、扭矩增加,膨化度下降。纤维含量越高,膨化度越低。但不同原料的纤维对膨化度的影响程度亦不尽相同。同时纤维素在挤压膨化过程中因高温、高压及高剪切时纤维分子间的化学键裂解,使可溶性膳食纤维的含量增加 3%,有利于对纤维素的吸收。

## 2.7 热敏组分

维生素、酶制剂、着色剂和引诱剂等热敏组分,在超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化机的低温区加入,在机内停留时间极短,仅几秒钟,所以,热敏组分损失极低,该添加方式使维生素、酶制剂、着色剂和引诱剂进入挤压膨化颗粒内部,这比表面喷涂的添加形式要稳定、优越。

## 2.8 超临界条件

超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术中 CO<sub>2</sub> 仅是膨化剂。因此,超临界温度、超临界压力及超临界 CO<sub>2</sub> 流体的流量直接影响膨化率及产品质量。高温、高压膨化率高,热敏组分损失增加;低温、低压时膨化率下降。低温、高压(非机械)可既减少热敏组分损失,又具有较好膨化率。超临界 CO<sub>2</sub> 流体的流量大膨化率高,流量小膨化率低。控制超临界 CO<sub>2</sub> 流体的流量亦能控制物料的膨化率。

## 2.9 挤压膨化机

超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化机,前膨化腔为高温、高压区(螺杆压力),后膨化腔为冷却低温区,超临界 CO<sub>2</sub> 流体处于高压状态。前后两区的压力因相适应,其螺杆压缩比应小于一般挤压膨化机,螺杆的长径比应大于一般挤压膨化机,更为合理。而其它各参数:螺

杆转速、喂料量等与一般挤压膨化机功效基本相同。

## 3 小结

超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术属于新型挤压膨化技术。可在饲料、食品、大豆蛋白、油脂、酿造等各领域运用。适用于各种食品及水产动物、幼畜、幼禽的饲料加工,其产品品质好、组织均匀、口感好。根据产品的膨化度要求,可调整超临界温度、超临界压力及 CO<sub>2</sub> 流体的流量,较易控制产品的膨化度。该挤压膨化技术对热敏组分损失优于传统挤压膨化技术的加工。超临界 CO<sub>2</sub> 流体与双螺杆挤压膨化技术组合是理想的新型挤压膨化技术。该技术的研究和运用在国外已有 10 余年历史,但还处于起步阶段,国内研究和运用未见报道。超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术对各种物料的最佳挤压膨化工艺、螺杆结构及超临界温度、超临界压力、超临界 CO<sub>2</sub> 流体的流量等参数的确定,还需通过试验才能获得。但超临界 CO<sub>2</sub> 流体挤压膨化技术将会在我国饲料、食品加工领域里得到运用,使饲料、食品等行业的加工技术得到新的发展和提升。

(参考文献若干篇,刊略,需者可函索)

(编辑:崔成德, [cuicengde@tom.com](mailto:cuicengde@tom.com))

## 征订启事

## 欢迎订阅 2008 年《饲料工业》

本刊为半月刊,大 16 开本,每期正文 64 页,公开发行,各地邮局均可订阅,也可直接向本刊发行部订购。国际标准连续出版物号 ISSN 1001-991X,国内统一连续出版物号 CN21-1169/S,邮发代号:8-163。每期定价 6 元,全年 24 期共 144 元。

地址:沈阳市金沙江街 16 号 6 门

邮编:110036

发行部电话:024-86391237

传真:024-86391925

投稿邮箱: [tq@feedindustry.com.cn](mailto:tq@feedindustry.com.cn)

[Http://www.feedindustry.com.cn](http://www.feedindustry.com.cn)

# 影响旋风除尘器除尘效率的因素分析

舒帆

旋风除尘器是利用含尘气流作旋转运动产生的离心力,将尘粒从气体中分离并捕集下来的装置。旋风除尘器与其它除尘器相比,具有结构简单、没有运动部件、造价便宜、除尘效率较高、维护管理方便以及适用面宽的特点,对于收集 5~10 μm 以上的尘粒,其除尘效率可达 90%左右。广泛用于工业炉窑烟气除尘和工厂通风除尘,工业气力输送系统气固两相分离与物料气力烘干回收等。旋风除尘器除可以作为高浓度除尘系统的预除尘器,能与其它类型高效除尘器串联使用,在饲料行业也得到了广泛的应用,如原料粉碎、冷却等生产环节的除尘。然而,许多饲料企业的旋风除尘器运行效率并不高,排放指标未达到设计要求,研究和探讨旋风除尘器除尘效率影响因素,对提高其除尘效率具有重要的现实意义。

## 1 结构与原理

旋风除尘器按气流进入方式分为切流反转式、轴流反转式、直流式等。饲料行业除尘所使用的主要是切流反转式。其工作原理为:含尘气体通过进口起旋器产生旋转气流,进入旋风除尘器后,沿外壁自上而下作螺旋形旋转运动,这股向下旋转的气流到达锥体底部后,转而向上,沿轴心向上旋转,其结构见图 1。气流作旋转运动时,尘粒在惯性离心力的作用下移向外壁,在气流和重力共同作用下沿壁面落入灰斗,去除了粉尘的气体汇向轴心区域由排气芯管排出。

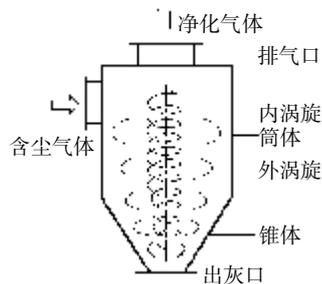


图 1 切流反转式旋风除尘器

旋风除尘器的性能通常以其处理量、效率、阻力

降 3 个主要技术指标来表示。处理量系指除尘装置在单位时间内所能处理的含尘气体量,它取决于装置的类型和结构尺寸;效率是除尘装置除去的粉尘量与未经除尘前含尘气体中所含粉尘量的百分比;阻力降有时称压力降,它代表含尘气体经过除尘装置所消耗能量大小的一个主要指标,压力损失大的除尘装置,在工作时能量消耗就大,运转费用高。

## 2 流体流动状态

旋风除尘器的气流是由切向、径向及轴向构成的复杂紊流状态(见图 2)。①切向速度:切向速度在内、外旋流中方向一致朝外。切向速度在内旋流中随筒体半径的减小而减小,在外旋流中随筒体半径的减小而增加,在内、外旋流的交界面处达到最大值。切向分速度使粉尘颗粒在径向方向加速度的作用下产生由内向外的离心沉降速度,从而把粉尘颗粒推到圆筒壁而被分离。②径向速度:径向速度在内旋流中方向朝外,在外旋流中方向朝内,在内、外旋流的交界面处形成一个假想的圆柱面。径向分速度使得粉尘颗粒在半径方向由外向内推到中心部涡核而随上升气流排离旋风除尘器,形成了旋风分离器的主流,使得旋风除尘器中气、固相物质的较好分离。径向分速度的存在也导致了内旋气流在上升过程中流动状态的极度混乱,湍动剧烈形成大量旋涡,把在沉降段(圆筒部份)已与气体分离的尘粒重新又搅拌起来,造成部分尘粒被气体一起排离旋风除尘器的二次扬尘现象,形成了旋风分离器的次流,结果使旋风分离器效率下降。旋风器的边壁处和锥体气旋的交换处是二次扬尘的主要区域。③轴向速度:轴向速度在筒体外壁附近方向朝下,靠近轴心部分方向朝上,且在轴心底部速度最大。当气流由锥筒体底部反转上升时,轴向速度会将已除下的粉尘重新带走,形成返混现象,影响除尘效率。

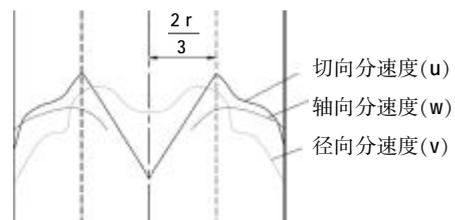


图 2 流体分速度的分布

此外,由于轴向分速度和径向分速度的存在,使

舒帆,武汉理工大学关山校区,430074,武汉市洪山区黄金山路 1 号。

收稿日期:2007-11-12

得旋风除尘器在工作时经常形成上灰环和下灰环,其中下灰环对于粉尘颗粒捕集分离有一定的作用,而上灰环的存在使得原来已被捕集分离在圆柱体边壁的粉尘先沿外筒壁向上移动,然后沿顶盖向内移动,又沿内筒的外壁向下移,最后短路而排离旋风器,降低除尘效率。由此可见,克服分离器分离效果不好的办法,必须从三方面着手,一是消除“上灰环”避免尘粒走短路;二是尽量减少气体分离段的湍流,降低二次扬尘的机会;三是克服尘粒在分离段的负沉降运动(径向运动)。

### 3 影响除尘效果的因素

#### 3.1 除尘器结构尺寸对其性能的影响

旋风除尘器的各个部件都有一定的尺寸比例,每一个比例关系的变动,都能影响旋风除尘器的效率和压力损失。其中除尘器直径、进气口尺寸、排气管直径为主要影响因素。它们的变化对除尘器性能的影响关系见表1。在使用时应注意,表1中所示的尺寸只能在一定范周内进行调整,当超过某一界限时,有利因素也能转化为不利因素。另外,有的因素对于提高除尘效率有利,但却会增加压力损失,因而对各因素的调整必须兼顾。

表1 尺寸比例变化对其性能的影响

结构尺寸(增加)	压力损失	除尘效率	造价
圆筒直径(D)	降低	降低	增加
进气口面积(A)	降低	降低	
圆筒高度(H <sub>1</sub> )	略有降低	增加	增加
圆锥高度(H <sub>2</sub> )	略有降低	增加	增加
排灰口直径(D <sub>0</sub> )	略有降低	增加或降低	
排气管直径(D <sub>c</sub> )	降低	增加或降低	增加
排灰管插入深度(s)	增加	降低	增加
相对比例尺寸	几乎无影响	增加或降低	
圆锥角(α)	降低	20°~30°为宜	增加

##### 3.1.1 进气口

旋风除尘器的进气口是形成旋转气流的关键部件,是影响除尘效率和压力损失的主要因素。切向进气的进口面积对除尘器有很大的影响,进气口面积相对于筒体断面小时,进入除尘器的气流切线速度大,有利于粉尘的分离。

##### 3.1.2 圆筒体直径和高度

圆筒体直径是构成旋风除尘器的最基本尺寸。旋转气流的切向速度对粉尘产生的离心力与圆筒体直径成反比,在相同的切线速度下,筒体直径D越小,气流的旋转半径越小,粒子受到的离心力越大,尘粒越容易被捕集。因此,应适当选择较小的圆筒体直径,但

若筒体直径选择过小,器壁与排气管太近,粒子又容易逃逸;筒体直径太小还容易引起堵塞,尤其是对于粘性物料。当处理风量较大时,因筒体直径小处理含尘风量有限,可采用几台旋风除尘器并联运行的方法解决。并联运行处理的风量为各除尘器处理风量之和,阻力仅为单个除尘器在处理它所承担的那部分风量的阻力。但并联使用制造比较复杂,所需材料也较多,气体易在进口处被阻挡而增大阻力。因此,并联使用时台数不宜过多。筒体总高度是指除尘器圆筒体和锥筒体两部分高度之和。增加筒体总高度,可增加气流在除尘器内的旋转圈数,使含尘气流中的粉尘与气流分离的机会增多,但筒体总高度增加,外旋流中向心力的径向速度使部分细小粉尘进入内旋流的机会也随之增加,从而又降低除尘效率。筒体总高度一般以4倍的圆筒体直径为宜,锥筒体部分,由于其半径不断减小,气流的切向速度不断增加,粉尘到达外壁的距离也不断减小,除尘效果比圆筒体部分好。因此,在筒体总高度一定的情况下,适当增加锥筒体部分的高度,有利提高除尘效率。一般圆筒体部分的高度为其直径的1.5倍,锥筒体高度为圆筒体直径的2.5倍时,可获得较为理想的除尘效率。

##### 3.1.3 排风管

排风管的直径和插入深度对旋风除尘器除尘效率影响较大。排风管直径必须选择一个合适的值,排风管直径减小,可减小内旋流的旋转范围,粉尘不易从排风管排出;有利提高除尘效率,但同时出风口速度增加,阻力损失增大。若增大排风管直径,虽阻力损失可明显减小,但由于排风管与圆筒体管壁太近,易形成内、外旋流“短路”现象,使外旋流中部分未被清除的粉尘直接混入排风管中排出,从而降低除尘效率。一般认为排风管直径为圆筒体直径的0.5~0.6倍为宜。排风管插入过浅,易造成进风口含尘气流直接进入排风管,影响除尘效率;排风管插入过深,易增加气流与管壁的摩擦面,使其阻力损失增大,同时,使排风管与锥筒体底部距离缩短,增加灰尘二次返混排出的机会。排风管插入深度一般以略低于进风口底部的位置为宜。

##### 3.1.4 排灰口

排灰口的大小与结构对除尘效率有直接的影响。增大排灰口直径可使除尘器提高压力降,对提高除尘效率有利,但排灰口直径太大会导致粉尘的重新扬起。通常采用排灰口直径 $D_0=(0.5-0.1)D_c$ 。

### 3.2 操作工艺参数

在旋风除尘器尺寸和结构定型的情况下,其除尘效率关键在于运行因素的影响。

### 3.2.1 流速

旋风除尘器是利用离心力来除尘的,离心力愈大,除尘效果愈好。在圆周运动(或曲线运动)中粉尘所受到的离心力为: $F=ma$

式中: $F$ ——离心力,N;

$m$ ——粉尘的质量,kg;

$a$ ——粉尘的离心加速度, $m/s^2$ 。

因为, $a=V_T^2/R$

式中: $V_T$ ——尘粒的切向速度, $m/s$ ;

$R$ ——气流的旋转半径,m。

所以, $F=mV_T^2/R$

可见,在旋风除尘器的结构固定( $R$ 不变),粉尘相同( $m$ 稳定)的情况下,增加旋风除尘器入口的气流速度,旋风除尘器的离心力就愈大。而旋风除尘器的进口气量为: $Q=3\ 600\ AV_T$

式中: $Q$ ——旋风除尘器的进口气量, $m^3/h$ ;

$A$ ——旋风除尘器的进口截面积, $m^2$ 。

所以,在结构固定( $R$ 不变, $A$ 不变)、粉尘相同( $m$ 稳定)的情况下,除尘器入口的气流速度与进口气量成正比,而旋风除尘器的进口气量是由引风机的进风量决定的。

可见,提高进风口气流速度,可增大除尘器内气流的切向速度,使粉尘受到的离心力增加,有利提高其除尘效率,同时,也可提高处理含尘风量。但进风口气流速度提高,径向和轴向速度也随之增大,紊流的影响增大。对每一种特定的粉尘旋风除尘器都有一个临界进风口气流速度,当超过这个风速后,紊流的影响比分离作用增加更快,使部分已分离的粉尘重新被带走,影响除尘效果。另外,进风口气流增加,除尘阻力也会急剧上升,压损增大,电耗增加。综合考虑旋风除尘器的除尘效果和经济性,进风口气流速度控制在12~20 m/s之间,最大不超过25 m/s,一般选14 m/s为宜。

### 3.2.2 粉尘的状况

粉尘颗粒大小是影响出口浓度的关键因素。处于旋风除尘器外旋流的粉尘,在径向同时受到两种力的作用,一是由旋转气流的切向速度所产生的离心力,使粉尘受到向外的推移作用;另一个是由旋转气流的径向速度所产生的向心力,使粉尘受到向内的推移作用。在内、外旋流的交界面上,如果切向速度产生的离心力大于径向速度产生的向心力,则粉尘在惯性离心

力的推动下向外壁移动,从而被分离出来;如果切向速度产生的离心力小于径向速度产生的向心力,则粉尘在向心力的推动下进入内旋流,最后经排风管排出。如果切向速度产生的离心力等于径向速度产生的向心力,即作用在粉尘颗粒上的外力等于零,从理论上讲,粉尘应在交界面上不停地旋转。实际上由于气流处于紊流状态及各种随机因素的影响,处于这种状态的粉尘有50%的可能进入内旋流,有50%的可能向外壁移动,除尘效率应为50%。此时分离的临界粉尘颗粒称为分割粒径。这时,内、外旋流的交界面就象一张孔径为分割粒径的筛网,大于分割粒径的粉尘被筛网截留并捕集下来,小于分割粒径的粉尘,则通过筛网从排风管中排出。旋风除尘器捕集下来的粉尘粒径愈小,该除尘器的除尘效率愈高。离心力的大小与粉尘颗粒有关,颗粒愈大,受到离心力愈大。当粉尘的粒径和切向速度愈大,径向速度和排风管的直径愈小时,除尘效果愈好。气体中的灰分浓度也是影响出口浓度的关键因素。粉尘浓度增大时,粉尘易于凝聚,使较小的尘粒凝聚在一起而被捕集,同时,大颗粒向器壁移动过程中也会将小颗粒挟带至器壁或撞击而被分离。但由于除尘器内向下高速旋转的气流使其顶部的压力下降,部分气流也会挟带细小的尘粒沿外壁旋转向上到达顶部后,沿排气管外壁旋转向下由排气管排出,导致旋风除尘器的除尘效率不可能为100%。

根据除尘效率计算公式: $\eta=(1-S_o/S_i)\times 100\%$

式中: $\eta$ ——除尘效率;

$S_o$ ——出口处的粉尘流出量,kg/h;

$S_i$ ——进口处的粉尘流入量,kg/h。

因为旋风除尘器的除尘效率不可能为100%,当进口粉尘流入量增加后,除尘效率虽有提高,排风管排出粉尘的绝对量也会大大增加。所以,要使排放口的粉尘浓度降低,则要降低入口粉尘浓度,可采取多个旋风除尘器串联使用的多级除尘方式,达到减少排放的目的。

### 3.2.3 运行的影响

旋风除尘器下部的严密性是影响除尘效率的又一个重要因素。含尘气体进入旋风除尘器后,沿外壁自上而下作螺旋形旋转运动,这股向下旋转的气流到达锥体底部后,转而向上,沿轴心向上旋转。旋风除尘器内的压力分布,是轴向各断面的压力变化较小,径向的压力变化较大(主要指静压),这是由气流的轴向速度和径向速度的分布决定的。气流在筒内作圆周运

动,外侧的压力高于内侧,而在外壁附近静压最高,轴心处静压最低。即使旋风除尘器在正压下运动,轴心处也为负压,且一直延伸到排灰口处的负压最大,稍不严密,就会产生较大的漏风,已沉集下来的粉尘势必被上升气流带出排气管。所以,要使除尘效率达到设计要求,就要保证排灰口的严密性,并在保证排灰口的严密性的情况下,及时清除除尘器锥体底部的粉尘,若不能连续及时地排出,高浓度粉尘就会在底部流转,导致锥体过度磨损。

#### 4 除尘器结构改进

在旋风除尘器的众多性能指标中,压力损失和分离效率是最为重要的参数,其症结是消除“上灰环”。解决上灰环问题的方法之一是通过设置灰尘隔离室,即采用旁路式旋风除尘器,它主要是在普通旋风除尘器的基础上增加一个螺旋形的旁路分离室,在除尘器顶部形成的上涡旋粉尘环,从旁路分离室引至锥体部分。这样可使导致除尘效率降低的二次流变为能起粉尘聚集作用的上涡旋气流,提高除尘效率。除此之外,还可通过添加导向叶片、改变气流进口形状等措施来消除上灰环。为了解决边壁处的二次扬尘问题,可采用环缝气垫耐磨旋风除尘器,它是在普通旋风除尘器内侧设置环缝套圈,粉尘在旋转气流作用下向边壁靠近,然后利用靠近边壁处的下行气流将粉尘带入环缝,由于环缝的存在,不仅可以减少二次扬尘,而且使高速旋转的上、下灰环消失,提高了除尘效率。但这些方法实际使用效果并不是十分理想。现在提出一种新的改进方法使旋风除尘器的分离性能得到了极大提高。改进后的新型旋风除尘器结构见图3。

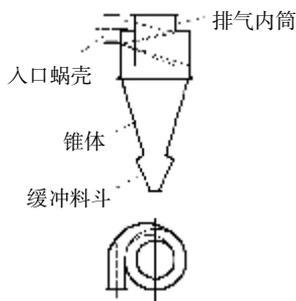


图3 改进后的旋风除尘器结构

这种新型旋风除尘器在结构上主要改进如下:①进口管下斜 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ,使气流在旋转的同时保证了向下的旋转。并且下倾角确保了尘粒反弹时绝对折射朝下。在传统旋风除尘器结构中,进气蜗壳底板与旋风筒轴线是垂直的,由于气流从上部切线方向进入除尘器后

向下旋转,引起除尘器顶部倒空形成上涡旋气流产生顶部灰环,灰环沿着排气管道外表面旋转向下时,会在排风管入口处与已净化废气的上旋气流混合,而后经排风管排出除尘器。②进口管采用了 $180^{\circ}$ 的半圈螺旋管代替了传统型的直吹进筒,从而进一步保证了气流的“下旋”。传统型是含粉尘的气体进筒后才旋转,而改进型则是确保空气高速旋转起来后才进筒。③进口螺旋道截面递减,增大了气流旋转的离心力。含粉尘的气体在螺旋道中实现1.4倍加速。提高了尘粒的惯性,降低了尘粒沉降的时间。④锥体长度加长并采用 $20^{\circ}$ 小锥角,增加了气流在分离器中的停留时间,有利于小颗粒的沉降完全,且使向下旋转的气体平缓地转变成折转向上的旋转,从而使除尘效率得以提高。⑤除尘器下设缓冲料斗,有效改善废气在筒体内的流动工况,减少了灰斗的反混现象和下灰环可能产生的二次扬尘。⑥出风管增长,直到螺旋轨道的底部,防止了内侧部分尘粒裹进出风管。⑦进口、加速段、出口的截面积之比扩大为 $1:0.7:2$ ,即出口风速是进口速度的一半;出口风速是内部加速段的 $1/3$ 。改进型除尘器粒子的离心力比在传统型除尘器中的离心力增大了1.4倍以上。而出口处,负压对粒子的吸力比传统型约小了 $1/4$ 。因此,气流进筒后,尘粒因惯性大,使得稍小些的颗粒在气流在旋风除尘器中停留时间内也能得到分离。出风风速降低,也使得部分细小的颗粒能摆脱上升气流的吸力而有机会沉降下来,从而使其分离。

#### 5 小结

如何提高旋风除尘器除尘效率是当前饲料行业需要解决的一个重要课题。研究和分析影响旋风除尘器除尘效率的因素,是设计、选用、管理和维护旋风除尘器的前提,也是探求提高旋风除尘器除尘效率途径的必由之路。由于旋风除尘器内气流速度及粉尘微粒的运动等都较为复杂,影响其除尘效率的因素较多,需要我们进行全面分析,综合考虑,寻求最优设计方案和运行管理方法。当前,旋风除尘器许多理论还待研究和探讨,尽管如此,旋风除尘器仍以其结构简单、体积小、制造维修方便、除尘效率较为理想等优点,成为目前饲料企业主要除尘设备之一。随着对旋风除尘器认识的进一步的深入和完善,它必将在饲料行业除尘中发挥更大的作用。

(参考文献若干篇,刊略,需者可函索)

(编辑:崔成德, [cuiengde@tom.com](mailto:cuiengde@tom.com))

# 基于UG NX的锤片式粉碎机的三维建模

张乾能 宗力

**摘要** 锤片式粉碎机广泛应用于饲料加工行业。为了便于设计和仿真,利用UG NX的三维建模功能,建立粉碎机的三维模型。同时,用UG NX的模型分析和运动仿真模块,对粉碎机进行分析,提高了设计的可靠性,并对锤片进行了有限元分析,找出了锤片的危险截面。

**关键词** 锤片式粉碎机试验台;UG NX;三维建模

**中图分类号** S817.12\*2

粉碎工序是饲料厂最重要的工序之一,其主要功能在于:根据生产产品的特性要求、动物生长的需要,对饲料原料进行粒度的再分布,以达到理想的综合效应<sup>[1]</sup>。锤片式粉碎机具有结构简单、适应性强、造价低、通用性好等优点,因而被广泛应用于饲料加工行业。锤片式粉碎机的性能与其结构和主要参数有着密切的关系,所以在设计上要求严格。粉碎机主要由机盖、机座、电机、转子、筛片等组成<sup>[2]</sup>。传统的方法是利用工程图纸或CAD制图来设计零件,抽象性强,不直观,修改不方便。UG NX以其强大的三维建模功能克服了这些困难,给锤片式粉碎机设计带来了方便。本研究将建立粉碎机模型,并对其做模型分析和运动仿真。

## 1 UG NX 简介

UG NX是集CAD/CAE/CAM一体化的三维参数化软件,是当今世界上最先进的计算机辅助设计、分析和制造软件之一,广泛用于航空、汽车、造船、通用机械、模具和家电领域。它具有强大的实体造型、曲面造型、虚拟装配和产生工程图等设计功能,而且可以进行有限元分析、机构运动分析、动力学分析和仿真模拟,提高了产品设计的可靠性。该软件具有以下特点<sup>[3]</sup>:①集成的产品开发环境;②产品设计相关性与并行协作;③基于知识的工程管理;④设计的客户化;⑤采用复杂的复合建模技术,可将各种建模技术融为一体;⑥用基于特征的参数驱动建模和编辑方法作为实体造型基础;⑦便捷的复杂曲面设计能力;⑧强大的工程图功能,增强了绘制工程图的实用性;⑨提供了丰富的二次开发工具。

UG NX的三维建模与Pro/E的三维建模方式相

同,可以参照Pro/E的三维造型的过程<sup>[4]</sup>:首先,根据二维的设计数据来生成三维零件;然后,对三维零件进行虚拟装配,装配完毕后进行模型分析,也可以对装配体实现动画仿真,观察其运动状态;最后,根据模型分析和动态仿真结果确定修改方案。UG的锤片式粉碎机三维设计流程如图1所示。

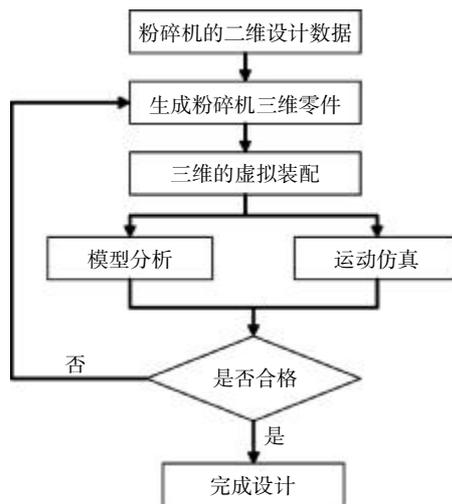


图1 UG的锤片式粉碎机三维设计流程

## 2 锤片式粉碎机的三维建模

本研究是以自行设计的锤片式粉碎机(SFSP40×700)为设计原型,利用UG NX建模及分析其设计情况是否优良。粉碎机零件的结构简单,可以用简单的命令实现建模。

### 2.1 零部件的建模

该锤片式粉碎机的零件数量有上百个,所以在这里只是列出部分零件的建模。部件主要有机盖、机座、转子。

#### 2.1.1 上机壳

上机壳是构成机盖的一部分,并与喂料器直接连接。在上机壳上有辅助调风孔,可以实现风量的调节。

张乾能,华中农业大学工程技术学院,430070,湖北武汉。

宗力(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-10-22

它结构比较简单,利用草图(sketch)、拉伸(extrude)及孔(hole)的功能就可以实现。上机壳的三维设计模型如图2所示。

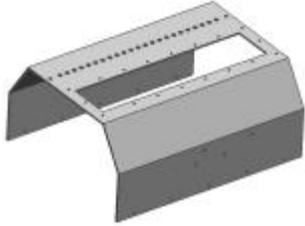


图2 上机壳的三维设计模型

### 2.1.2 底座

粉碎机底座是机座的一部分,起着支撑整个粉碎机的作用。它也是物料的出口部分,与料仓相连。底座的材料是槽钢,全部采用手工在平台上焊接。底座的三维设计模型如图3所示。

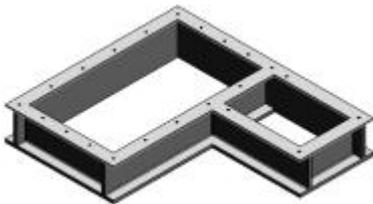


图3 底座的三维设计模型

### 2.1.3 主轴

主轴是粉碎机转子的重要组成部分,起着传递动力的作用。电机通过皮带轮传递动力给主轴,主轴传递给锤片来达到粉碎物料的目的。主轴上有两个键槽,长键槽与锤架板和套筒配合;短键槽与带轮配合。主轴的建立方式有多种,其中通过旋转体(REVOLVED)功能比较简单,再在圆柱表面开键槽与添加螺纹。主轴的三维设计模型如图4所示。



图4 主轴的三维设计模型

### 2.1.4 锤架板

锤架板是转子的骨架,起着固定销轴和锤片的作用。锤架板的圆形结构可以利用草图(sketch)及拉伸(extrude)功能,再在上面挖孔(hole)及引用特征(features-modeling)进行阵列孔。锤架板的三维设计模型如图5所示。



图5 锤架板的三维设计模型

### 2.1.5 锤片

锤片是粉碎机的核心工作部件,起着粉碎物料的作用。粉碎机的性能与锤片的数量、排列方式、厚度有着密切的关系,该粉碎机可以实现这些参数的可调性。常用的锤片是矩形锤片,它结构简单、易于制造。锤片的排列方式有四种:螺旋排列、对称排列、交错排列、对称交错排列,本次建模使用的是对称排列。锤片的建模只需要利用草图(sketch)和拉伸(extrude)就可以完成,它的三维设计模型如图6所示。



图6 锤片的三维设计模型

### 2.1.6 带轮

带轮是传递动力的零件,通过三角皮带与电机上的皮带轮相连。它的建模利用草图(sketch)与旋转体(REVOLVED)实现。其三维设计模型如图7所示。



图7 带轮的三维设计模型

## 2.2 部件的虚拟装配

UG的装配模块不仅能快速组合零件成为产品,而且在装配中,可以参考其它部件关联设计,并可以对装配模型进行间隙分析、质量管理等相关操作。按照自上往下的装配原则,通过组件的定位和配对操作,建立对应的装配关系,装配完成部件及整机。以下图8~图11分别是机盖的虚拟装配模型、机座的虚拟装

配模型、转子的虚拟装配模型、整机的虚拟装配模型。

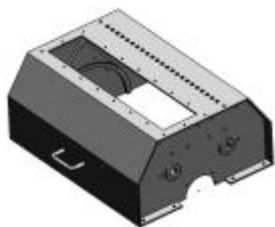


图8 机盖的虚拟装配模型

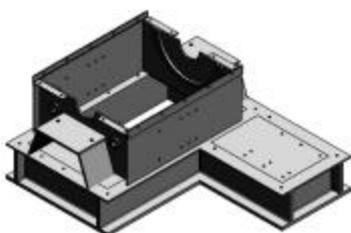


图9 机座的虚拟装配模型



图10 转子的虚拟装配模型

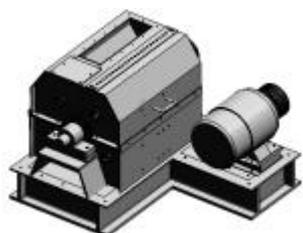


图11 整机的虚拟装配模型

### 3 模型分析

装配完成后的锤片式粉碎机可以在UG中进行结构分析、间隙分析、质量管理、有限元分析等,可以提高产品设计的可靠性。UG的菜单中有分析的功能,可以得到零部件的体积、质量、惯量、转矩的信息。现以锤片的有限元分析为例:锤片在运行过程中,主要受到离心力、重力、物料的冲击力,受力后发生形变。通过有限元分析找出易损部位(危险截面)。有限元分析的步骤:创建解法;对需要理想化的几何体(如对称结构)进行理想化;设置锤片的材料属性;给锤片施加约束与载荷;划分网格;有限元模型检查;解算;进入后处理。锤片的有限元后处理如图12、图13所示。



图12 锤片未受力时状态



图13 锤片受力后的状态

### 4 运动仿真

运动仿真模块可以进行机构的干涉分析,跟踪零件的运动轨迹,分析机构中零件的速度、加速度、作用力、反作用力和力矩等。运动仿真的分析结果可以指导修改零件的结构设计(加长或者缩短构件的力臂长度、修改凸轮型线、调整齿数比等)或调整零件的材料(减轻或加重以及增加硬度等)<sup>[9]</sup>。该模块与ADAMS的功能有着一致性,产生运动仿真的步骤有:第一步,创建连杆(Links);第二步,创建运动副(Joints);第三步,定义运动驱动(Motion Driver)。完成后可以创建动画仿真,并作出速度、加速度、力等图表,还可以导出MPEG、GIF格式等视频。

### 5 小结

UG NX以其强大的建模、模型分析和仿真功能应用于饲料机械的设计上,打破了传统的二维设计方式,给设计带来了便捷,提升了产品设计的可靠性。它的虚拟技术为机械设计及试验研究开创了另一个环境,可以直接在软件中仿真与分析。同时,可以利用UG NX直接生成CAD工程图纸,应用于生产。

#### 参考文献

- [1] 曹康.现代饲料加工技术[M].上海科学技术文献出版社,2003.
- [2] 饶应昌,鹿声海.饲料加工工艺与设备[M].中国农业出版社.
- [3] 郑金.Unigraphics NX3应用与实例教程[M].人民邮电出版社,2006.
- [4] 刘梅英.基于Pro/E的锤片式粉碎机转子的三维建模[J].农机化研究,2007(6):179-181.
- [5] 胡小康,徐六飞.UG NX4运动分析培训教程[M].清华大学出版社,2006.

(编辑:崔成德, cuicengde@tom.com)

# 酪酪肽研究概况

任永林 周定刚 魏震 王容

**摘要** 肠道衍生激素酪酪肽(PYY)属胰多肽家族成员,由于它能使机体产生饱感、减少摄食和体重而为人们所知。然而,随着进一步的深入研究,人们发现其具有多种生物功能。文中就其调节消化道的功能,影响激素的分泌和摄食调控等作一综述。

**关键词** PYY;分泌;受体;功能

**中图分类号** S816.79

## 1 PYY 的概念与化学结构

肽 YY 简称为 PYY(peptide YY),又名酪酪肽。它的结构与胰多肽(PP)和神经肽 Y(NPY)具有较高的序列同源性,故认为属胰多肽家族(Renshaw D、Batterham R L, 2005)。PYY 最初是 1981 年由 Tatemoto 等从猪空肠粘膜中分离而得,是一种具有酰胺化羧基末端的肽类物质,为直链多肽。1993 年由 Taylor 证实其分子结构为 36 个氨基酸缩合而成。酪酪肽是根据其化学结构得名,即该肽的氨基和羧基末端的氨基酸残基均为酪氨酸(Tyrosine, Tyr)(Tatemoto K, 1982)。在循环系统中, PYY 以 PYY<sub>1-36</sub> 和 PYY<sub>3-36</sub> 两种形式存在,如图 1 所示。

PYY<sub>1-36</sub>

Tyr-Pro-Ala-Lys-Pro-Glu-Ala-Pro-Gly-Glu-Asp-Ala-Ser-Pro-Glu-Glu-Leu-Ser-Arg-Tyr-Tyr-Ala-Ser-Leu-Arg-His-Tyr-Leu-Asp-Leu-Val-Thr-Arg-Gln-Arg-Tyr-NH<sub>2</sub>

PYY<sub>3-36</sub>

Ala-Lys-Pro-Glu-Ala-Pro-Gly-Glu-Asp-Ala-Ser-Pro-Glu-Glu-Leu-Ser-Arg-Tyr-Tyr-Ala-Ser-Leu-Arg-His-Tyr-Leu-Asp-Leu-Val-Thr-Arg-Gln-Arg-Tyr-NH<sub>2</sub>

图 1 PYY<sub>1-36</sub> 和 PYY<sub>3-36</sub> 的氨基酸序列

PYY<sub>3-36</sub> 是由二肽激肽酶-IV 将 N 端的两个氨基酸水解后而形成, PYY<sub>3-36</sub> 可以顺浓度通过血脑屏障(Renshaw D、Batterham R L, 2005)。机体在进食状态下, PYY<sub>3-36</sub> 是血液循环中的主要形式,约为 PYY<sub>1-36</sub> 浓度的 3 倍(Le Roux C W 等, 2006),而在禁食状态下 PYY<sub>3-36</sub> 仅为 37%(Grandt D 等, 1994)。PYY<sub>1-36</sub> 与 Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub> 和 Y<sub>5</sub> 受体的亲和力都比 Y<sub>4</sub> 受体高;而 PYY<sub>3-36</sub> 主要和 Y<sub>2</sub>、Y<sub>5</sub> 受体结合(Blomqvist AG、Herzog H, 1997)。

## 2 PYY 的分泌及影响因素

PYY 主要由结肠和直肠的 L 细胞以内分泌和旁分泌两种方式分泌,而且最早的 PYY 是由结肠的内分泌细胞所产生。这表明该激素与胃肠道的形成和发育过程具有一定的关系(Upchurch B H 等, 1996)。PYY 也可以由胃和胰腺的内分泌细胞所分泌,同时在中枢神经系统(下丘脑、脑干、髓质、脑桥和脊髓)和末梢神经系统的神经元中也发现其存在(Pieribone VA 等, 1992; Ekblad E、Sundler F, 2002)。在胰腺内, PYY 主要和胰高血糖素在胰岛的  $\alpha$  细胞内共同表达(Bottcher G 等, 1989)。PYY 在初期胰岛细胞前体中的表达,表明它在胰腺的分化增殖和发育过程中起了重要的作用(Ekblad E、Sundler F, 2002)。Ioannis Vouldoukis 等(1996)从两栖类动物的皮肤中也分离出一种 PYY,称为 S-PYY。

机体进食后, PYY 释放到血液中。在摄食 15 min 后, PYY 的浓度开始增加;在 90 min 后达到最大值;摄食 6 h 后,血液中的 PYY 浓度仍在升高(Adrian T E 等, 1985)。研究发现,在食物到达结肠的 L 细胞以前, PYY 浓度开始上升,这说明 PYY 的释放是通过神经和(或)其它激素来调节的(Renshaw D、Batterham R L, 2005)。同时发现在禁食条件下,血液中的 PYY 在早晨达到最低值,早餐后开始增加,至午餐后其值进一步增加最后达到最大值(Konturek S J 等, 2004)。

摄食量及其养分含量决定着 PYY 效应的大小和持续时间(Onaga T、Zabielski R、Kato S, 2002)。Konturek S J 等(2004)证明,血液中的 PYY 最大浓度与食物中热量有重要的关系。肥胖患者血液中 PYY 浓度明显低于正常体重的人,而在禁食条件下的 PYY 水平与体重指数成反比(Batterham R L 等, 2003, 2006)。人体在摄食高蛋白食物后,血液中 PYY 浓度高于摄入高脂肪或高碳水化合物食物(Batterham R L 等, 2006)。长链脂肪酸能有效地促进 PYY 的分泌,而中链脂肪酸则没有作用(Christoph Beglinger、Lukas Degen, 2006)。在小鼠体内高蛋白诱导的 PYY 增加幅度比正常蛋

任永林, 四川农业大学动物科技学院水产养殖系, 625014, 四川省雅安市四川农业大学动物科技学院 12 教 104 室。

周定刚、魏震、王容, 单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期: 2007-11-26

白高。而且长期(16周)投喂高蛋白食物对结肠和回肠的PYY mRNA的表达水平的增加较正常蛋白食物高(Batterham R L等,2006)。其它的营养物质,胆汁酸、胃酸、肠血管活性多肽和胆囊收缩素都可以刺激PYY的释放(Tohru Hira等,2007;Jennifer M等,2005;Kogire M等,1990;Ballantyne GH等,1993)。

### 3 PYY的受体

PYY的受体是指一类受体家族,该受体由G蛋白偶联经过7次跨膜形成。到目前已发现的主要受体种类有6种亚型( $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$ 、 $Y_4$ 、 $Y_5$ 、 $Y_6$ ),最近已经在鱼类和鸡体内发现存在 $Y_7$ 受体(Torun Brome'e等,2006)。 $Y_3$ 存在的证据仅基于功能上的研究,因为在许多实验中发现NPY比PYY的活性高(Michel M C等,1998)。 $Y_6$ 受体已经被克隆,但其生理学的意义仍未被阐明,且关于它的生物活性仍有争论(Weinberg D H等,1996;Gregor P等,1996)。最初是通过与选择性的取代类似物结合以及C-末端碎片来鉴别 $Y_1$ 受体和 $Y_2$ 受体。而 $Y_4$ 受体的主要特征是与PP有极高的亲和力(Michel M C等,1998)。各种亚型的受体根据与神经肽、胰多肽及酪酪肽的亲和力不同,其性质、分布及生理功能也不同。

### 4 PYY的功能

#### 4.1 抑制胰岛素的分泌

Nieuwenhuizen等(1994)发现,在体内和体外实验中PYY可以抑制胰岛素的分泌。PYY敲除小鼠体内不会产生PYY<sub>1-36</sub>或PYY<sub>3-36</sub>,但在对血糖的耐受检测中能明显提高胰岛素的水平浓度。Boey D等(2006)发现胰岛素的分泌量与血糖的浓度成正比关系。在禁食条件下,PYY<sub>3-36</sub>对由血糖诱导的胰岛素分泌的作用不明显(Bhavsar S等,2002)。

在对由2-脱氧-葡萄糖(2-DG)诱导胰岛素分泌的实验中发现,由进食后产生的PYY<sub>3-36</sub>对胰岛素的抑制作用不如PYY<sub>1-36</sub>(Yoshinaga K等,1992)。但Pittner等(2004)在肥胖型II型糖尿病小鼠体内灌注PYY<sub>3-36</sub>,能提高血糖生成指数和果糖胺含量,还发现能引起胰岛素的敏感度增加。据Van den Hoek AM等(2004)观察,在给进食诱导胰岛素耐受的小鼠静脉注射PYY<sub>3-36</sub>几小时后,可见胰岛素的敏感度和血糖利用明显增加。Batterham RL等(2002)发现,PYY<sub>3-36</sub>经过 $Y_2$ 受体抑制下丘脑的神经肽Y(NPY)神经元和激活阿片-促黑素细胞皮质素(POMC)神经元,而在下丘脑的NPY过分表达从而导致啮齿类的肥胖症状和胰岛素耐受性,然而促黑皮质素受体3和4的激活可提高胰岛素的

敏感度,抑制这些受体降低其敏感度(Marks J L等,1997;Zarjevski N等,1993)。以上实验证明PYY是通过下丘脑的 $Y_2$ 受体来影响胰岛素的敏感度。

PYY抑制胰岛素分泌的机制仍不清楚,但许多实验已经证明PYY是通过 $Y_1$ 受体来影响其分泌。在对狗的实验中发现 $Y_2$ 和 $Y_5$ 与PYY抑制由2DG诱导的胰岛素的分泌无关,因此可推断PYY是通过 $Y_1$ 受体来调节胰岛素分泌的。这是因为PYY<sub>1-36</sub>与已知的所有Y受体都可以结合,而且对胰岛素抑制作用比PYY<sub>3-36</sub>强。并且 $Y_1$ 受体功能与完整的PYY氨基酸的生物活性密切相关(Yoshinaga K等,1992)。因此PYY<sub>3-36</sub>对葡萄糖诱导的胰岛素没有作用,表明胰岛素的分泌与 $Y_2$ 或 $Y_5$ 无关(Bhavsar S等,2002)。

Nieuwenhuizen A G等(1994)发现,PYY是从降低环磷酸腺苷(cAMP)浓度和直接作用于胰岛(PYY可直接作用于胰腺的 $Y_1$ 受体)两个方面来抑制胰岛素的分泌(Guggino W B等,2006)。因为到目前为止在胰岛中仅发现 $Y_1$ 受体的存在(Burcelin R等,2001)。实验证明,在胰岛 $\beta$ 细胞上存在 $Y_1$ 受体(Cho Y R等,2004),而 $\delta$ 细胞分泌的生长抑素能有效的抑制胰岛素和胰高血糖素的分泌(Matsuda H等,2002)。但是,由 $\beta$ 细胞分泌的PYY经过 $\beta$ 细胞或 $\delta$ 细胞上的 $Y_1$ 受体来影响胰岛素分泌的机制还需要进一步研究证明。

PYY还可以通过胰腺内的其它细胞来抑制由 $\beta$ 细胞分泌的胰岛素。Matsuda H Brumovsky PR等(2002)证明在麻醉的大鼠体内,PYY可抑制由精氨酸诱导的胰高血糖素的分泌。Karlsson S等(1996)认为,PYY是间接通过减少胰高血糖素的作用来影响胰岛素的分泌。由于胰岛素和PYY都是由胰岛的 $\beta$ 细胞分泌,因此,PYY可能是经过旁分泌方式来调节胰岛素的分泌(Nieuwenhuizen A G等,1994)。但胰高血糖素和PYY是否一起被分泌还需要进一步的研究。

PYY还可以通过作用于中枢神经系统来抑制胰岛素的分泌。PYY可能与脑干内的 $Y_1$ 和 $Y_2$ 受体结合来调节迷走神经和影响摄食功能,这其中就包括调节胰岛素的分泌(Hernandez E J等,1994)。

#### 4.2 抑制胃酸分泌

早在1985年Adrian TE等就发现,PYY还可以抑制由五肽胃泌素、胆碱能激动剂、刺激迷走神经和组织胺所引起的胃酸分泌以及减少胃蛋白酶的含量,同时还可以增加血液中PYY的浓度(Adrian T E等,1985)。随后Bado A等(1993)、Lloyd KC等(1996)和Yang H等(2000)先后在猫、兔和大鼠身上发现PYY

均可抑制不同物质引起的胃酸的分泌。

Fung L C 等(1998)发现,对狗每小时静脉注射 50 pmol/kg 胰高血糖素样肽(GLP-1)或 PYY 能抑制胃酸的分泌,当两种肽共同使用时,胃酸停止分泌。据 Olsen O 等(1990)研究,人同时服用 PYY[10 pmol/(kg·h)]和肠促胰液素[0.05 CU/(kg·h)]能抑制五肽胃泌素诱导的胃酸分泌。Pappas TN 等(1986)认为 PYY 实际上是终止了人的头期胃酸的分泌,从而对外源性促分泌激素的反应很小,而且 PYY 是抑制了乙酰胆碱的释放而不是抑制了乙酰胆碱对胃壁细胞的作用。Hashimoto Y 等(1992)也发现 PYY 抑制 2-DG 诱导的小鼠胃酸头期分泌。Clave P 等(1992)在大鼠上也进一步证实了以上观点。

Yang H 等(2000)认为外周注射 PYY 是通过在脑部与  $Y_2$  受体结合来抑制由中枢迷走神经刺激的胃酸分泌。Parker R M 等 1999 年发现  $Y_2$  受体 mRNA 在脑后区和孤束核大量表达。Lloyd KC 等 1997 年证实 PYY 对胃酸分泌的抑制是通过迷走神经来调节的,并认为 PYY 对胃酸分泌的抑制绝大部分是通过胃底部的迷走神经来实现的。在体内和体外实验中发现 PYY 和  $Y_2$  激动剂主要通过直接对背侧迷走运动核细胞的作用来调节胃酸的分泌(Chen C H 等,1997)。Yang H 等 1995 年在迷走神经背核中直接显微注射高剂量的 PYY 后发现胃酸分泌增加, Yang H 等(1998)证明 PYY 是通过与类  $Y_1$  受体亚型结合来调节 PYY 对迷走神经背核神经元的刺激作用,从而达到对胃酸分泌的调节。由此可见, PYY 以中枢调质形式发挥作用。

### 4.3 PYY 对摄食行为的调节

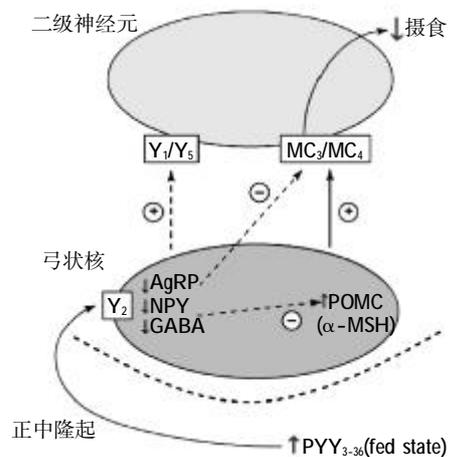
PYY 的浓度在摄食前下降和摄食后增加,表明 PYY 是一个调节摄食的饱感信号。在对禁食和自由采食的啮齿类动物的研究中,发现外周注射 PYY<sub>3-36</sub> 与采食量的减少存在剂量依赖关系(Batterham R L 等,2002;Challis B G 等,2003;Halatchev I G 等,2004;Koda S 等,2005)。

在健康志愿受试者体内静脉注射 PYY<sub>3-36</sub>,能持续减少摄食和降低食欲超过 24 h。而肥胖患者在静脉注射 PYY<sub>3-36</sub> 后,其午餐摄入的能量降低了 30%(Batterham R L 等,2003)。长期注射 PYY<sub>3-36</sub> 能减少小白鼠、兔和猕猴摄食量及体重增加指数(Batterham R L 等,2002;Sileno A P 等,2006;Koegler F H 等,2005)。Maria A. Papadimitriou 等(2007)发现,注射 PYY<sub>3-36</sub> 能强烈的降低短尾猴的食欲,而且对 PYY<sub>3-36</sub> 的敏感度被卵巢

的激素所影响。与正常小白鼠比较, PYY 基因敲除小鼠的日摄食量、体重和体脂肪都有所增加(Batterham R L 等,2006)。以上实验表明, PYY<sub>3-36</sub> 能降低食欲和加速体重下降。

在  $Y_2$  受体剔除的小鼠外周注射 PYY<sub>3-36</sub> 并没有引起摄食量减少(Batterham R L 等,2002)。在下丘脑敲除  $Y_2$  受体后发现体重明显减少而摄食量明显增加。这提示 PYY<sub>3-36</sub> 是经过  $Y_2$  受体抑制摄食的(Sainsbury A 等,2002)。外周注射 PYY<sub>3-36</sub> 不仅可以减少弓状核的神经刺激,还能抑制下丘脑内的 NPY mRNA 的表达(Batterham R L 等,2002)。直接在弓状核内注射 PYY<sub>3-36</sub> 可以降低神经肽 Y 能神经纤维的电活动现象(Batterham R L 等,2002)。

外周注射 PYY<sub>3-36</sub> 能刺激弓状核内近 20% 的神经元产生促黑激素( $\alpha$ -MSH),它是由  $\alpha$ -MSH 前体即阿片-促黑素细胞皮质素原(POMC)产生的一种能引起厌食的肽类(Koda S 等,2005;Batterham RL 等,2003)(见图 2)。PYY<sub>3-36</sub> 也能经过突触前  $Y_2$  受体来抑制 NPY 的释放和(或)其神经元的活性,同时还能抑制 NPY 神经末梢的电活动和激活邻近的 POMC 神经元(Koda S 等,2005)。

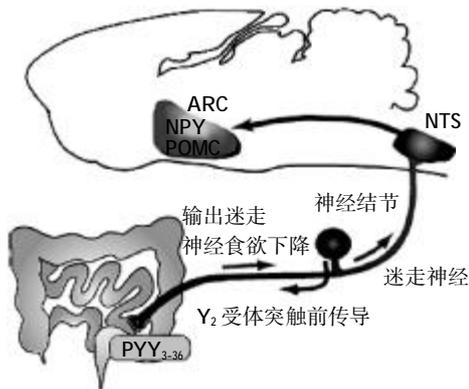


注:进食后高水平的 PYY<sub>3-36</sub> 作用于弓状核的  $Y_2$  受体,减少  $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)、神经肽 Y(NPY)和豚鼠相关蛋白(AgRP)的浓度和对  $Y_1/Y_5$  受体的刺激;激活阿片-促黑素细胞皮质素原(POMC)神经元,增加对促黑素受体 3/4 ( $MC_3/MC_4$ ) 刺激,从而通过二级神经元来抑制摄食(McGowan 和 S. R. Bloom, 2004)。

图 2 PYY<sub>3-36</sub> 经弓状核(ARC)发挥作用的机理

近期的研究表明,迷走传入神经系统是 PYY<sub>3-36</sub> 饱感信号传输的主要途径(Koda S 等,2005)。在经腹部迷走神经切断术的大鼠体内注射 PYY<sub>3-36</sub> 对摄食量

或弓状核内激活的神经元数目的作用不明显(Hiroaki Ueno 等,2007)。Y<sub>2</sub>在大鼠体内是经过结状神经节的整合,然后经轴突转运到达迷走传入神经终端。静脉注射 PYY<sub>3-36</sub> 能提高胃部迷走传入神经的刺激频率。在两侧中脑到孤束核(NTS)进行横切手术能阻断 PYY<sub>3-36</sub> 诱导的摄食减少。以上结果表明,外周的PYY<sub>3-36</sub> 经过和迷走传入神经终端的 Y<sub>2</sub> 受体结合后再将饱感信号经迷走神经的传入途径而到达脑部(Hiroaki Ueno 等,2007)(见图 3)。与外周作用相反,直接在啮齿类的第三或第四脑室注射 PYY<sub>1-36</sub> 或 PYY<sub>3-36</sub> 能有效地促进采食(Corp ES 等,2001;Stanley BG 等,1985;Clark JT 等,1987)。但在小鼠脑室内敲除 Y<sub>1</sub> 和 Y<sub>5</sub> 受体后 PYY 促进摄食的作用则下降(Kanatani A 等,2000)。因此 Y<sub>1</sub> 和 Y<sub>5</sub> 受体在经中枢增加摄食的途径中具有重要的作用。



注:PYY<sub>3-36</sub> 的饱感信号是通过输出迷走神经传到大脑。NTS:孤束核(Hiroaki Ueno 等,2007)。

图3 PYY<sub>3-36</sub> 调节摄食作用的途径

#### 4.4 PYY 的其它功能

Savage AP 等 1987 年已经证明 PYY 能抑制空肠和结肠的运动以及肠道内的血管收缩。静脉注射 PYY 能延迟人体胃排空和食物从口腔到盲肠的通过时间。用管腔滴入法将类脂化合物滴入到回肠末端,发现能明显降低空肠的压力波幅度。PYY 被认为能调节消化道的“回肠制动”,即营养物质进入回肠末端后可以引起上消化道动力和运输的抑制性反应(Van Citters GW 等,1991)。静脉注射 PYY 能增加收缩压和舒张压(Adrian TE 等,1986)。这一结果可能是由于 PYY 的血管收缩作用是由许多因子调节的,特别是 PYY 能明显减少肠道血液的流量。因此,PYY 对胃肠道分泌和运动能力的抑制作用至少有一部分是被内脏脉管系统调节的。静脉注射 PYY 能使人体肾小球滤过率

下降 10%,能使消化酶浓度下降 30%,同时钠离子外排量增加 30%(Playford RJ 等,1985)。Chen C H 等 1997 年在大鼠的迷走神经背侧复合体显微注射 4 000 fmol 的 Y<sub>2</sub> 激动剂抑制胃动力,而注射 Y<sub>1</sub> 激动剂后基础胃动力明显增加。Chen C H 等(1997)在大鼠的迷走神经背侧复合体注射 2~20 fmol PYY 能明显地抑制由促甲状腺激素释放激素(THR)诱导的胃动力。而高剂量(2 pmol)对基础胃动力有刺激作用(Chen C H 等,1995)。

给麻醉大鼠静脉注射 PYY 能明显减少酒精引起的胃损伤。大鼠静脉注射 PYY 抗体则完全阻止由静脉注射 PYY 的胃肠作用,然而在脑池注射后能显著阻止脑池内 PYY 对酒精损伤的胃肠道的保护作用,但对由静脉注射的 PYY 无作用。迷走神经切断手术对静脉注射的 PYY 的作用不明显。PYY 优先 Y<sub>1</sub> 受体激动剂([Pro34]PYY)能明显减少酒精引起的胃损伤,而[Leu31, Pro34]NPY(一种 Y<sub>1</sub>/Y<sub>3</sub> 激动剂)和 PYY<sub>3-36</sub> (Y<sub>2</sub> 激动剂)对损伤没有作用。这一结果说明 PYY 对胃肠道是通过迷走神经和 Y<sub>1</sub> 受体起作用的(Keishi Kawakubo 等,2002)。

脑桥内注射 PYY 能减少 3 月龄和 8 月龄大鼠由刀豆蛋白-A 引起的水肿,但对 24 月龄的白化牛津雌鼠无作用。使用 NPY 相关受体特别是肽类和 Y<sub>1</sub> 受体拮抗剂(BIBO 3304)表明,PYY 的抗炎消肿作用是由 NPY-Y<sub>1</sub> 受体调节的。体外实验证明 PYY 可以减少 8 月龄大鼠巨噬细胞的粘附性,但对 3 月龄和 24 月龄大鼠无作用,而且这种作用也是经过 NPY-Y<sub>1</sub> 受体来调节的。PYY(10<sup>-6</sup> mol/l)能减少 3 月龄和 8 月龄巨噬细胞的 NBT 阳性细胞数,抑制 24 月龄大鼠的 NO 生成,但体内实验与体外实验结果相反。可以推测年老大鼠对 PYY 抗炎作用的敏感度较成年鼠和幼鼠低,且年龄与 NPY-Y<sub>1</sub> 受体功能的改变相关(Stanislava Stanojevic 等,2006)。

#### 5 结语

综上所述,PYY 在消化道生理调节过程中起重要作用,外周作用和中枢作用涉及不同受体,其机制相当复杂。PYY<sub>3-36</sub> 已经被列为治疗肥胖症的有效途径。临床使用的局限性是由于它较短的半衰期而且需要同安泰乐一起注射。PYY 是否还存在其它调节功能,其受体分布特点与其它胃肠激素的相互作用,在肠神经系统及中枢神经系统调节的方式和作用机制需要进一步的研究证实。(参考文献 73 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 钙蛋白酶系统在肌肉生长和肉品嫩化方面的研究

董岩 张勇 朱宇旌 付丽

**摘要** 钙蛋白酶系统主要由钙蛋白酶(calpain)及钙蛋白酶抑制蛋白(calpastatin)组成,calpain是存在于细胞质中的依赖于Ca<sup>2+</sup>的中性蛋白酶,calpastatin是钙蛋白酶的内源抑制蛋白。近年的研究表明,calpain是细胞质中主要的蛋白水解酶,在肌原纤维蛋白降解中起着重要的作用。肌肉增长和宰后嫩度的变化与蛋白质水解程度密切相关。因此,钙蛋白酶系统的活性会影响畜禽肌肉增长和肉的嫩度。文中综述了钙蛋白酶系统各种酶的结构及其如何在肌肉生长和肉的嫩化中起作用。

**关键词** 钙蛋白酶;钙蛋白酶抑制蛋白;结构;肌肉生长;肉嫩化

中图分类号 S852.21

Study of calpain system on muscle growth and meat tenderness

Dong Yan, Zhang Yong, Zhu Yujing, Fu Li

**Abstract** Calpain system consists of  $\mu$ -calpain, m-calpain, the calcium-dependent neutral proteases, and their endogenous inhibitor, calpastatin. Calpain system is probably the major proteolytic in protein degradation, which plays an important role in myofibrillar protein degradation. The muscle growth and postmortem tenderization of meat are highly related to the degree of proteolysis, so the activity of calpain system has an effect on muscle growth and meat tenderness. This paper reviews the structure, function and regulation of calpain system and how to play an role in the muscle growth and meat tenderness.

**Key words** calpain; calpastatin; structure; muscle growth; tenderness

随着人们生活水平的提高,消费者对肉产品的瘦肉率和肉质方面的要求也越来越高。大量的研究表明,降低肌原纤维蛋白的降解率可以促进肌肉生长,提高瘦肉率。宰后提高肌原纤维蛋白降解率或弱化肌原纤维结构,可以促进肉的嫩化。钙蛋白酶系统参与调控肌原纤维蛋白的降解,并在其中发挥了重要作用。

## 1 钙蛋白酶系统的结构

钙蛋白酶是存在于细胞质中的依赖于Ca<sup>2+</sup>的中性半胱氨酸内肽酶,主要存在于肌纤维Z-盘附近和肌质网膜上。根据钙激活中性蛋白酶表现半最高活性所需的Ca<sup>2+</sup>浓度的不同,可以将钙激活中性蛋白(calpain)<sup>[1]</sup>分为两种,钙蛋白酶I(CAPN I,又称 $\mu$ -calpain)和钙蛋白酶II(CAPN II,又称m-calpain),它们都由一个大

亚基和一个小亚基组成,其中30 kDa小亚基在两种calpain中是相同的,是单个基因的产物,而80 kDa大亚基则是不同基因的产物。 $\mu$ -calpain和m-calpain分子量相近,约为110 000 Da,但两者表现半最高活性所需的Ca<sup>2+</sup>浓度不同, $\mu$ -calpain所需的Ca<sup>2+</sup>为1~12  $\mu$ mol/l,而m-calpain则需要250~750  $\mu$ mol/l<sup>[2]</sup>。 $\mu$ -calpain和m-calpain为同工酶,由于m-calpain需要较高浓度Ca<sup>2+</sup>激活,而宰后肌肉中Ca<sup>2+</sup>浓度很难达到,所以人们认为 $\mu$ -calpain在肉嫩化中起更重要的作用。

钙蛋白酶抑制蛋白(calpastatin)是胞内专一抑制钙蛋白酶活性的蛋白质。可抑制钙蛋白酶活性,从而抑制肌肉内蛋白质降解,参与肌肉生长过程中蛋白质的更新;还可以抑制宰后的动物体内钙蛋白酶的活性,从而影响肉的嫩度。它可以识别钙蛋白酶与钙结合引起的构象变化,并与之特异性结合。钙蛋白酶抑制蛋白通过抑制钙蛋白酶的自溶作用而发挥作用,该抑制作用不受pH值的影响。钙蛋白酶抑制蛋白由5个部分(I、II、III、IV、V)组成,其中4个是钙蛋白酶抑制蛋白的活性中心。当钙蛋白酶被钙离子激活后,附近的钙蛋白酶抑制蛋白将迅速与之结合而抑制蛋

董岩,沈阳农业大学畜牧兽医学院,110161,沈阳市东陵路120号沈阳农业大学99#信箱。

张勇(通讯作者)、朱宇旌、付丽,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-11-26

★ 国家自然科学基金资助项目(项目编号:30500363)

白酶活性,从而保证钙蛋白酶对底物只进行局部的特定位点的水解<sup>[3]</sup>。

## 2 钙蛋白酶系统与肌肉生长的关系

### 2.1 肌原纤维在肌肉生长中的作用

肌肉生长速度最终取决于3个因素:肌细胞的数量、肌肉蛋白合成速度和降解速度。王金勇<sup>[4]</sup>研究表明,过量钙蛋白酶的表达可引起肌细胞肌原纤维的降解,而钙蛋白酶抑制蛋白的大量表达又会抑制肌细胞的分解,肌蛋白降解速度相对降低会导致肌肉生长速度的增加,也会提高摄入营养物质的肌肉转化效率。肌肉蛋白降解的途径主要有3条:溶酶体组织蛋白酶途径、钙蛋白酶途径和ATP的蛋白质代谢途径<sup>[5]</sup>。哺乳动物肌原纤维呈圆柱状,直径1~3 μm,长1~40 mm,而溶酶体或胞质蛋白酶的直径约16 nm,长约11 nm,因此肌原纤维不能进入溶酶体<sup>[6]</sup>。所以,肌原纤维蛋白质降解的第一步是肌原纤维降解装配成肌丝,这一步可能是肌原纤维蛋白质降解过程中限速的一步。大量的研究表明,钙蛋白酶系统参与这一过程的调节<sup>[7]</sup>。

### 2.2 钙蛋白酶系统对肌原纤维的作用

从目前研究看,calpain的作用可能是调节细胞内蛋白质的降解,而非整个降解过程的直接参与者。体外试验表明,calpain降解肌原纤维骨架蛋白,如结合蛋白(Desmin)、丝蛋白(Filamen)、C-蛋白、原肌球蛋白(Tropomyosin)、肌球蛋白T(Troponin-T)、连接蛋白(Titin)、Nebulin、Vinculin等,但不降解α-肌动蛋白(α-Actin)、肌球蛋白(Myosin)及α-辅肌动蛋白(α-Ac-tinin)。因此推测,calpain可能通过对肌原纤维蛋白进行特异的局部降解而对其结构和功能进行调控<sup>[8]</sup>。calpain导致肌肉降解可分为两步:首先攻击肌原纤维的肌节(两个相邻Z盘之间的一段肌原纤维)部位,释放肌丝使肌原纤维降解为小片段,然后被溶酶体所捕获从而进一步降解。calpain主要集中于Z盘,因此认为降解从此处开始。但近期研究发现,calpain首先水解的是N<sub>2</sub>线,据报道N<sub>2</sub>线是Titin和Nebulin丝蛋白所在区域,它们分别连接粗肌丝和细肌丝,最终通过I带伸向Z盘<sup>[9]</sup>。calpain在降解N<sub>2</sub>线的同时,也会降解一些骨架蛋白如Desmin,使肌纤维释放肌丝。细肌丝的肌原蛋白和原肌球蛋白及粗肌丝的C-蛋白降解,分别解离出肌球蛋白和肌动蛋白。释放出的粗肌丝和细肌丝可与母体或其它肌原纤维重新装配,也可被胞质蛋白酶或溶酶体降解。Showalter<sup>[10]</sup>研究结果也表明calpain和calpastatin与肌肉发育之间存在着密切关系,所以通过调节calpain的活性促进肌肉的发育,从

而提高家畜的瘦肉率和产出,这在畜牧业生产中有非常重要的意义。

## 3 钙蛋白酶系统与肌肉嫩度的关系

### 3.1 钙蛋白酶在宰后肉嫩化方面的作用

嫩度是肉品质的重要指标和感官特征。影响嫩度的主要因素有肌节的长度、肌肉脂肪结缔组织的含量及肌肉结构蛋白的水解敏感性<sup>[11]</sup>。宰后肉的嫩化现象是非常普遍的,calpain表达量的减少以及calpastatin表达量的增加都会导致肌肉蛋白水解率及宰后肉嫩度的下降,这表明calpain水解作用是导致肉嫩化的主要因素。动物活体内大部分钙离子贮存在肌浆网内,游离钙离子浓度仅为0.2 μmol/l,但宰杀后体内ATP逐渐耗尽,肌浆网失去保留钙离子的能力,使钙离子外泄,肌浆中钙离子的浓度升高,钙蛋白酶被激活。在整个成熟过程中,m-calpain的活性几乎没有发生变化,而μ-calpain的活性则显著下降,这可能是因为活体细胞内的Ca<sup>2+</sup>浓度太低(100 μmol/l)不足以激活m-calpain<sup>[12,13]</sup>。钙蛋白酶活性下降,是其发挥水解作用的体现,因此μ-calpain被认为是影响肉质嫩度的主要酶<sup>[14]</sup>,同时,作为钙蛋白酶的內源抑制剂,钙蛋白酶抑制蛋白也参与了肌肉嫩化过程。这也与Kristensen<sup>[15]</sup>认为的m-calpain对猪肉生长有影响,而μ-calpain和calpastatin的宰后活性对猪肉嫩化作用有影响的报道一致。

### 3.2 钙蛋白酶系统对肉嫩度的调控机理

#### 3.2.1 μ-calpain的活性调节

由于m-calpain需要较高浓度Ca<sup>2+</sup>激活,而宰后肌肉很难达到那么高的Ca<sup>2+</sup>浓度,所以一般认为μ-calpain在肉嫩化中起主要作用。Veiseth<sup>[16]</sup>曾报道过将羊屠宰后的肌肉在4℃冷冻放置,测定在0、3、6、9、12、24、72、360 h的钙蛋白酶活性,发现在死后肌肉储存的15 d内,μ-calpain逐渐失活,而m-calpain活性稳定不变。如果提高孵化液中的钙离子浓度,可以检测出死后肌肉的m-calpain发生自溶。这表明,对死后肌肉嫩化起主要作用的是μ-calpain,而m-calpain不起作用,因为不能暴露于足够浓度的Ca<sup>2+</sup>中发生自溶,所以不能表达它的蛋白水解活性<sup>[9]</sup>。

#### 3.2.2 μ-calpain的自溶

Calpain的一个特殊性质是当calpain的大小亚基相结合时,不具有活性。Yoshizawa等(1995)研究发现,calpain经Ca<sup>2+</sup>激活后,其大小亚基分离,因此认为小亚基有可能主要起调节的作用,大亚基起催化调节作用<sup>[17]</sup>,当暴露于足够的Ca<sup>2+</sup>中会发生自溶。自溶后,达

到水解活性所需要的钙离子浓度降低。Veiseth 的试验结果表明,肌肉死后储存 3 h, $\mu$ -calpain 出现了多肽段,分析是  $\mu$ -calpain 自溶的产物。Geert L G 等(1999)利用 SDS-PAGE 法和 Western blot 法已经检测出了  $\mu$ -calpain 自溶产生的 80 kDa 亚基的改变。在低离子强度和足够钙浓度下,自溶首先是  $\mu$ -calpain 的 80 kDa 亚基降解为 76 kDa,经过一个 78 kDa 的中间产物<sup>[18]</sup>,30 kDa 亚基降解为 17 kDa。而这一变化是 calpain 发挥水解特性的前提<sup>[19]</sup>。这种部分自溶降低了蛋白水解活性需要的  $\text{Ca}^{2+}$  浓度,但不影响它的活性,进一步自溶会导致大亚基进一步降解,完全丧失活性。研究表明,calpain 的自溶是分子间的过程,自溶作用是 calpain 表现活性的重要步骤<sup>[20]</sup>。

### 3.2.3 Calpastatin 的调节

Calpastatin 是高效且十分专一的 calpain 活性抑制蛋白。当 calpain 被  $\text{Ca}^{2+}$  激活后,附近的 calpastatin 将迅速与之结合而抑制 calpain 活性,从而保证 calpain 对底物只进行局部的特定位点的水解。这可能是源于 calpastatin 对  $\mu$ -calpain 的自溶稳定性的影响。80 kDa 亚基的  $\mu$ -calpain 首先转化为 78 kDa,然后转化为 76 kDa 的自溶产物,再进一步自溶而失活。calpastatin 能抑制  $\mu$ -calpain 的这一系列的变化,而自溶作用是钙蛋白酶表现活性的重要步骤,由此可见 calpastatin 是通过抑制 calpain 的自溶作用而发挥作用的,且这种抑制作用并不受 pH 值的影响<sup>[21]</sup>,宰后肌肉蛋白的水解是肌肉嫩化的主要原因,钙蛋白酶系统中的  $\mu$ -calpain 对蛋白水解起主要作用, $\mu$ -calpain 通过自溶活化,其活性受离子强度和钙蛋白酶抑制蛋白浓度的调节。因此,可以通过激活钙蛋白酶或降低钙蛋白酶抑制蛋白的活性来提高肌肉的嫩度,改善肉质。

## 4 展望

随着对高瘦肉率猪的选育,猪肉有肌纤维变粗、嫩度下降的趋势,改善嫩度势在必行。依靠钙蛋白酶系统改善嫩度是一种可行方法,因为 calpastatin 是高效的、十分专一的 calpain 活性抑制蛋白,我们可以通过基因调控技术提高其在肌肉组织中的表达来抑制 calpain 的活性,从而达到提高肌肉生长的目的。并且肉的嫩化与 calpain 的活性有关,因此可以通过激活 calpain 或降低 calpastatin 活性的方法提高宰后肉的嫩度,改善肉质。但具体的实施还需要做进一步的研究。

### 参考文献

[1] Guroff G. A neutral calcium-activated proteinase from the soluble fraction of rat brain [J]. *Biochem.*,1964,239:149-155.

- [2] Sorimachi H, Kinbara K, Kimura S, et al. Muscle-specific Calpain, p94, responsible for limb girdle muscular dystrophy type 2A associates with connection through IS2, a p94 specific sequence [J]. *Journal of Biological Chemistry*,1995,270:31 158-31 162.
- [3] 王元元.钙蛋白酶系统对肌肉嫩化的影响 [J].*饲料博览*,2006(5): 39-43.
- [4] 王金勇.钙蛋白酶系统对肉嫩度的改善[J].*四川畜牧兽医*,2004(5): 34-35.
- [5] Wingertzahn M A. *Proceedings of the society for experimental [J]. Biology and Medicine* ,1998,218(3):244-250.
- [6] Tanaka K. *Journal of Molecular Biology*,1988,203:985-996.
- [7] Hopkins D L,Thompson J M. Inhibition of protease activity. Part1. The effect on tenderness and indicators of proteolysis in ovine muscle [J].*Meat Science*,2001,59:175-185.
- [8] Huang J, Neil E F. Role of calpain in skeletal-muscle protein degradation[J].*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*,1998,95:12 100-12 105.
- [9] Taylor G, Geesink H, Thompson F, et al. Is Z-Disk degradation responsible for postmortem tenderization[J]. *J. Anim. Sci.* ,1995,73: 1 351-1 367.
- [10] Showalter C J,Engel A G. Acute quadriplegic myopathy: analysis of myosin isoforms and evidence for calpain-mediated proteolysis [J].*Muscle Nerve.*,1997,20(3):316-322.
- [11] Ilian M A, Morton J D, Kent M P, et al. Intermuscular variation in tenderness: Association with the ubiquitous and muscle-specific calpains[J]. *J. Anim. Sci.*,2001,79:122-132.
- [12] Whipple G, Koohmaraie M. Calcium chloride marination effects on beef steak tenderness and calpain proteolytic activity[J]. *Meat Sci.* ,1993,33:265-275.
- [13] Koohmaraie M, Geesink G H.  $\mu$ -Calpain is essential for post-mortem proteolysis of muscle proteins[J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84:2 834-2 840.
- [14] 许梓荣.钙蛋白酶系统的结构、活性调节及其在骨骼肌生长中的作用[J].*中国畜牧*,2002,38(2):44-46.
- [15] Kristensen L, Therkildsen M, Riis B, et al. Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs: effects on in vivo and postmortem muscle proteolysis and meat quality[J]. *Journal of Animal Science*, 2002,80:2 862-2 871
- [16] Veiseth V, Shackelford S D, Wheeler T L, et al. Effect of post-mortem storage on  $\mu$ -calpain and m-calpain in ovine skeletal muscle. *J. Anim. Sci.*,2001,79:1 502-1 508.
- [17] 金海丽,许梓荣.钙蛋白酶系统改善肉嫩度的机理及其在应用[J].*中国饲料*,2002(19):8-10.
- [18] Geert L G, Mohammad K. Effect of calpastatin on degradation of myofibrillar proteins by  $\mu$ -calpain under postmortem Conditions [J]. *J. Anim. Sci.*,1999,77:2 685-2 692.
- [19] Dorothy E C, Gerorge N D. Calcium activated neutral protease system: structure, function, and regulation [J]. *Physiological review*,1991 (71):26-30.
- [20] 单体中.钙蛋白酶系统研究进展[J].*中国饲料*,2006(7):2-4.
- [21] Roman L, Hruska U S. Effect of calpastatin on degradation of myofibrillar proteins by  $\mu$ -calpain under postmortem conditions [J]. *J. Anim Sci*,1999,77:2 685-2 692.

(编辑:刘敏跃, [lm-y@tom.com](mailto:lm-y@tom.com))

# 不同存放时间和温度对泔水质量影响的研究

张护 王爱华 钟建新 魏红江

**摘要** 试验深入分析了不同处理方法对泔水质量的影响,并对泔水营养成分、菌落总数、大肠杆菌数、有害成分进行了测定和比较。目前,国内外关于泔水不同处理方法的研究并不多见,对泔水中营养成分、菌落总数等的测定更是少有。本课题把餐饮泔水的存放温度设定为4、17和30℃的环境条件下,测定泔水在0、12、24、48和96h的菌落总数与大肠杆菌数量变化,同时测定泔水的常规营养成分等。结果表明,菌落总数在不同的存放温度条件下随着存放时间的延长而增加,与4℃相比,17和30℃的菌落总数较高( $P>0.05$ );在不同的存放温度下,随着存放时间的延长各组的大肠杆菌总数呈下降趋势,12h后4℃处理急剧上升,24h后显著高于17和30℃处理( $P<0.05$ );在不同存放时间和温度下,泔水中粗蛋白质和粗脂肪含量均较高,但差异不显著;泔水中钙磷含量较高,但两者比例不合理;随着存放时间的延长和存放温度的升高,泔水中亚硝酸盐含量显著升高( $P<0.05$ )。

**关键词** 泔水;菌落;营养;亚硝酸盐

**中图分类号** S816.33

Effect of different time and different temperature in control of the quality of food waste

Zhang Hu, Wang Aihua, Zhong Jianxin, Wei Hongjiang

**Abstract** We defined the temperature of the food waste in 4、17 and 30℃, then mensurate the total numbers of colony and colibacillus in 0、12、24、48 and 96 h, at the same time we mensurate the common nutritional of the food waste. The test result shows as the total numbers of colony in different temperature will be increase along with the time continue, the total number in 17℃ and 30℃ is higher than in 4℃,but have no significant difference ( $P>0.05$ ); the total numbers of colibacillus of every group will be increase along with the time continue in different temperature, and then will be straight descent except in 4℃.The content of the CP and the EE is high, but have no significant difference( $P>0.05$ ). The content of the Ca and the P is high too, but have unreasonable proportion; the nitrite will be increase along with the time and the temperature continue and the content is distinct high( $P<0.05$ ).

**Key words** food waste; colony; nutrition; nitrite

城市餐饮泔水也称餐饮垃圾或餐饮废弃物,主要来源于城市的饭店、机关、学校、餐馆等大型集体餐饮单位,其数量大、营养含量高、混杂物多。餐饮泔水主要营养成分包括:蛋白质、脂类、纤维素和无机盐,同时含有一定量的钙、镁、钾、铁等微量元素。

一方面,泔水垃圾的有机物质含量高,有毒有害物质含量少,经过适当处理后可以作为饲料来源。苏维洲等认为,将泔水加工再生为蛋白饲料是一项利国利民的事业,需要全社会的支持与参与。另一方面,餐饮垃圾的含水率较高(75%~80%)、易腐败,且其中含有大量病原微生物,必须及时对其进行适当的处理,否则容易造成二次污染。另外,随着经济的快速发展,

城市规模的迅速扩大和城市人口的增多,泔水的产生量也不断增加,对环境的污染愈加突出。城市餐饮泔水腐败变质后富含大量大肠杆菌等病原微生物,猪直接食用后易感染并诱发各类疾病和人畜共患病,同时会导致养殖户滥用或过多使用抗生素,使猪肉兽药残留过高,最终危害人类的身体健康。而且泔水中含有多种生活废弃物,如清洁球、锡箔纸、塑料袋、铁钉、碎餐具片、砂砾、铁丝、贝壳、骨头、牙签等,容易对畜禽消化道造成物理性伤害。

本研究把城市餐饮泔水存放温度设定为4、17和30℃的环境条件下,测定它们在0、12、24、48和96h时的菌落总数和常规营养成分等的变化,以期找出城市餐饮泔水存放的适宜条件和处理方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验所用餐饮泔水分别采集自昆明市6家具有代表性的餐馆(由昆明某公司提供)。

张护,云南农业大学动物科学学院,650201,云南昆明。

王爱华、魏红江(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

钟建新,云南省怒江州贡山县畜牧兽医局。

收稿日期:2007-11-12

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 样品采集及处理

经过人工分拣剔除塑料袋、抹布、贝壳、牙签、锡箔纸以及竹筷等固体物质后,将泔水(含水分)进行充分搅拌,粉碎。取 15 个样品备份,在 4、17、30 ℃环境下分别存放 5 份(5 个重复),处理 12、24、48 和 96 h 时分别取样 500 g,测定其营养成分(12 h 未测),并检测各存放温度下菌落总数和病原微生物变化。存放温度设定为 4 ℃及 17 ℃条件时使用冰箱(SCD—236Haier),30 ℃条件时选用恒温箱。

### 1.2.2 常规营养成分分析

对经过处理的样品进行烘干、再粉碎,测定包括 CP、EE、Ca、P、亚硝酸盐等的含量。测定依据:GB/T 6432—94,饲料中粗蛋白质测定;GB/T6433—94,饲料

中粗脂肪测定;GB/T6438—92,饲料中钙的测定;GB/T 6437—2002,饲料中总磷的测定(分光光度法);GB 13058—92,饲料中亚硝酸盐的测定。

### 1.2.3 微生物的检测

依据 GB/T4789.28—2003 食品卫生微生物学检验方法对样品进行菌落总数及大肠杆菌菌群检测。

### 1.3 数据处理

本研究采用 SPSS 11.5 统计软件对试验数据进行分析处理。

## 2 结果与分析

存放时间和温度对泔水质量的影响见表 1。在不同存放时间和温度下,泔水中粗蛋白和脂肪含量较高,但彼此间的差异不显著( $P>0.05$ )。Ca、P 含量比较高,但比例不合理。

表 1 存放时间和温度对泔水营养成分变化的影响(%)

项目	0 h	24 h			48 h			96 h		
		4 ℃	17 ℃	30 ℃	4 ℃	17 ℃	30 ℃	4 ℃	17 ℃	30 ℃
CP	20.4±2.6	23.2±2.1	25.0±0.7	25.0±2.3	23.2±2.1	25.0±0.7	25.0±2.3	24.7±1.4	24.0±1.4	23.7±0.9
EE	38.9±0.7	38.4±0.9	40.3±2.3	41.2±0.8	39.2±0.5	41.5±0.4	44.3±0.5	38.6±0.4	40.5±0.9	44.4±0.3
Ca	2.2±0.4	2.6±0.2	2.6±0.1	2.6±1.4	2.5±0.2	2.7±0.2	2.5±0.4	3.1±0.2	2.6±0.2	2.5±0.1
P	6.2±1.4	5.7±1.9	10.1±0.4	9.6±1.2	9.8±0.3	9.1±0.3	9.1±0.4	10.2±0.6	9.6±1.1	9.6±0.6

泔水中亚硝酸盐含量在不同温度和时间上的变化见图 1。

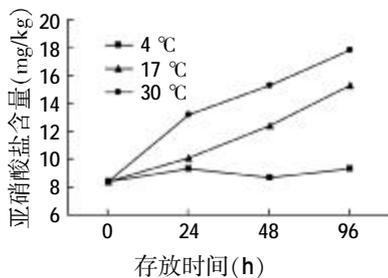


图 1 存放时间和温度对泔水中亚硝酸盐含量的影响

4 ℃时,泔水中亚硝酸盐含量在不同存放时间差异不显著( $P>0.05$ ),17 ℃和 30 ℃时,亚硝酸盐含量随着存放时间的延长而显著升高( $P<0.05$ ),而且存放 24、48 以及 96 h 后,4、17 和 30 ℃亚硝酸盐含量均随着存放温度的升高而增加,各存放时间段不同温度之间差异显著( $P<0.05$ )。

依据 GB13078.1—2006《饲料卫生标准——饲料中亚硝酸盐允许量》规定,鸡、鸭、猪浓缩饲料每千克产品中亚硝酸盐的允许量 $\leq 20$  mg。由图 1 中可以看出,如果餐饮泔水存放时间过长,其中的亚硝酸盐含量会迅速增加,若长时间存放或不经适当处理直接饲喂牲畜,很容易造成中毒情况的发生。

如图 2 所示,低温处理前泔水中的菌落总数较

高,置于 4 ℃条件下时,1~12 h 菌落总数随着时间延长而降低,之后有增长趋势;17 和 30 ℃处理组的菌落总数随着时间延长先降低后增加,二者间差异不显著,但均显著高于 4 ℃处理组( $P<0.05$ )。

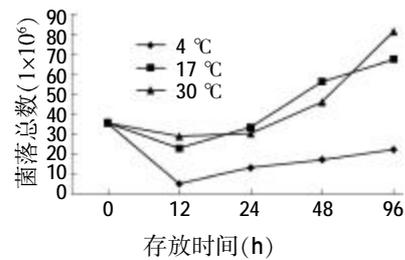


图 2 存放时间和温度对菌落总数的影响

不同存放时间和温度对大肠杆菌的影响见图 3。

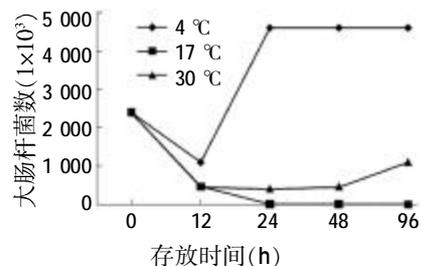


图 3 不同存放时间对大肠杆菌数的影响

大肠杆菌数从 0~12 h 各温度处理都出现降低,之后 17 ℃随着存放时间的增加而继续下降,4 ℃处理

却急剧上升,24 h后保持一个较高水平。

### 3 讨论

#### 3.1 泔水喂猪存在的主要问题

泔水主要成分有动物蛋白、动物脂肪类、淀粉类、食物纤维类等有机物质,其中粗蛋白含量为25%左右,是一种比较理想的蛋白饲料。泔水中虽然含有较高的营养成分,亦含有多种有害物质,如:砂砾、铁丝、贝壳、骨头、牙签、锡箔纸、塑料制品等,容易对畜禽消

化道造成物理性伤害,特别是来自公共饮食行业的泔水,卫生安全更是无法保证,其中可能含有各种病原微生物。同时,由于泔水中蛋白、脂肪含量较高,铅、汞等重金属元素超标,长期直接饲喂后会在家畜体内大量残留。因此,在没有经过任何处理时直接饲喂家畜,存在严重安全隐患和危害。

如图4所示,泔水直接饲养家畜造成人畜恶性食物链现象发生,最终必将导致人类感染各种疾病。

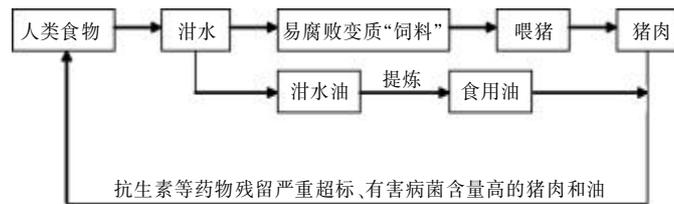


图4 泔水直接饲喂家畜造成人畜恶性食物链

泔水直接喂猪对人的危害至少有三点:①家畜饲用泔水极易感染和诱发各种疾病,用泔水直接喂养的猪发病率比正常饲养的高30%~50%,势必迫使养殖户加大对猪的用药剂量,进一步加大抗生素类药物的残留;②“泔水猪”长期食用高脂肪的饲料,极易造成脂肪肝,肉质油腻,体内饱和脂肪酸大量蓄积;③“泔水猪”容易感染人畜共患的各种疾病,从而间接危害人体健康。此外,由于养殖户的环保意识不够高,废弃物容易对环境造成二次污染。

#### 3.2 泔水质量控制

##### 3.2.1 降低脂肪含量

泔水性质本身决定了蛋白、脂肪的含量都很高,容易腐败变质。高脂肪易造成猪脂肪肝,肉质油腻,可以通过物理处理降低脂肪含量,保证泔水质量。

##### 3.2.2 加工成微生物蛋白饲料

餐饮泔水加工成微生物蛋白饲料工艺比较成熟,其加工后的蛋白质水平介于玉米和豆粕之间,可作为饲料生产厂的一种重要蛋白质原料。其主要生产工艺如图5所示。

据王伟国等研究发现,在生长肥育猪后期饲料中

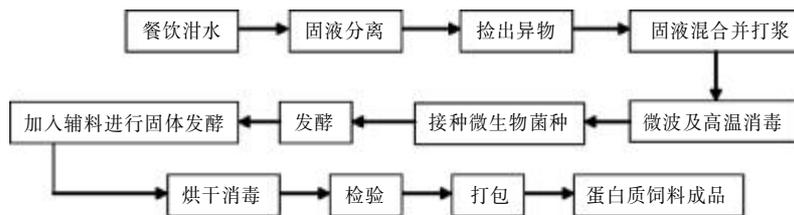


图5 泔水加工蛋白饲料的生产工艺

添加10%~30%泔水微生物蛋白质饲料,替代饲料中部分玉米、豆粕饲喂肥育猪,有改善其生产性能的趋势,对降低饲料成本,提高经济效益有重要意义。

#### 3.3 温度变化对泔水质量的影响

在4℃下,12h之前,泔水中的菌落总数相对较低,这是由于低温有利于抑制病原微生物生长繁殖,同时由于细菌的减少也减少了亚硝酸盐的生成。存放时间越长,温度在一定范围内越高,菌落总数上升越快,菌群越复杂,亚硝酸盐含量也随之快速上升。存放时间超过96h时,菌落总数仍呈上升趋势,故不能长时间存放,且尽量低温保存。

#### 3.4 盐分含量过高,亚硝酸盐含量容易超标

由于泔水中含盐量过高,超过了动物所能接受的范围,如果长期直接作为“饲料”喂猪,而清洁饮水供应量不够的情况下,会造成猪只严重食盐中毒。因此,建议不要直接用泔水饲喂家畜。

尽管NO<sub>3</sub><sup>-</sup>一般不会对动物健康构成威胁,但是其还原性产物NO<sub>2</sub><sup>-</sup>可被胃肠吸收,很快达中毒水平。动物对硝酸盐耐受力为1320mg/l(CAST,1974),但亚硝酸盐通常在33mg/l以上便具有毒性。亚硝酸盐氧化血红蛋白中的铁,使血红蛋白失去携氧能力。同时,餐饮泔水中高浓度的硝酸盐为细菌污染水源提供了有利条件,因为细菌能够把NO<sub>3</sub><sup>-</sup>转化为NO<sub>2</sub><sup>-</sup>,从而对动物或人的健康造成危害。(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

# 不同日粮类型对鹅饲养效果的研究

何仁春 杨家晃 卢玉发 韦明松 梁方方 麦伟虹 卢桂猷

**摘要** 试验的目的是探索用广西盛产的稻谷、木薯及亚热带牧草尤其是膨琪菊进行不同配比,考察各组日粮对鹅生产性能和养分利用的影响。27日龄合浦狮头鹅共96只被随机分为A、B、C、D 4个处理组:对照组(玉米饲料+象草组)、试验Ⅰ组(稻谷替代对照组玉米饲料+膨琪菊组)、试验Ⅱ组(木薯替代对照组玉米饲料+膨琪菊组)、试验Ⅲ组(木薯、稻谷各替代对照组50%的玉米饲料+膨琪菊组),每组3个重复,每个重复8只鹅(公母各半),进行为期44d的饲养试验。结果表明:各组平均日增重分别为67.75、53.00、55.78和64.88g,对照组、试验Ⅲ组与试验Ⅰ组、试验Ⅱ组间差异显著( $P<0.05$ );在生长中期,对照组主要营养成分干物质、蛋白质、能量、粗脂肪的利用率明显比其它各组高( $P<0.05$ );对照组、试验Ⅲ组的半净膛率、全净膛率、腹脂率与试验Ⅰ组间差异显著( $P<0.05$ )。

**关键词** 木薯;稻谷;膨琪菊;鹅;生产性能;养分利用率

**中图分类号** S816.31

鹅属草食家禽,具有一定的食草和耐粗能力。鹅的饲料成本较低而鹅价却持续走高,因而激发了农民养鹅的热情。广西地处亚热带地区,本地盛产水稻、木薯等粮食作物,适合当地种植的牧草主要有桂牧一号象草、膨琪菊等。我们在如何利用本地丰富的饲料资源进行合理配比,从而降低饲料成本方面,做了一些初步探索<sup>[1,2]</sup>,本次试验是在以前试验的基础上,利用木薯和稻谷作为鹅的主要能量来源组成的饲料并与象草、膨琪菊进行组合,考察不同日粮类型对鹅生长

性能和养分利用率及经济效益的影响,为科学合理地利用这些饲料资源并找到一组能指导广西养鹅生产的最佳鹅日粮配方提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

玉米由广西畜牧研究所饲料厂购自北方某地,稻谷、木薯产自广西南宁,测定其营养成分含量(风干基础)见表1。

### 1.2 试验动物及分组

表1 各原料营养成分(风干基础)

项目	总能(MJ/kg)	水分(%)	干物质(%)	粗蛋白(%)	粗脂肪(%)	粗纤维(%)	钙(%)	磷(%)
玉米	16.59	11.3	88.7	7.8	3.5	1.5	0.02	0.27
稻谷	15.27	9.4	90.6	6.1	2.8	12.7	0.04	0.39
木薯	15.01	13.8	86.2	2.8	0.8	2.3	0.2	0.06

选取1日龄健康活泼、公母各半的合浦狮头鹅96只,预饲至27日龄时,逐个称重并带脚号,随机分成4组,每组3个重复,每重复8只鹅(公母各半),各重复平均体重无显著差异后开始试验。试验于2006年3月至2007年5月在广西畜牧研究所实验基地内进行。

对照组日粮的营养水平参照美国NRC(1984)推荐的标准并结合实践经验进行配制。试验分为对照组

(玉米饲料+象草组)、试验Ⅰ组(稻谷替代对照组玉米饲料+膨琪菊组)、试验Ⅱ组(木薯替代对照组玉米饲料+膨琪菊组)、试验Ⅲ组(木薯、稻谷各替代对照组50%的玉米饲料+膨琪菊组)。

各组日粮精料组成及营养水平见表2,以精料(风干)25%+鲜草75%组成的日粮分别饲喂试鹅,对照组的鲜草为鲜象草,试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组的鲜草为膨琪菊。进行为期44d的饲养试验。

### 1.3 饲养管理

采用地面早养的方式进行饲养,每个重复一个栏,面积为23m<sup>2</sup>(6.5m×3.5m),自由采食和饮水。免疫程序为:1日龄首免小鹅瘟疫苗;10日龄二免小鹅瘟疫苗;20日龄接种禽流感疫苗。

### 1.4 测定指标

何仁春,广西畜牧研究所,530001,广西南宁市邕武路24号。

杨家晃、卢玉发、韦明松、梁方方、麦伟虹、卢桂猷,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-11-26

★ 由广西区科技厅回国留学基金(桂科回0575007)和桂渔牧科200748—9(广西区水产畜牧兽医局)项目资助

表2 各组日粮精料组成及营养水平

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
组成(%)				
玉米	45			
木薯			45	22.5
稻谷		45		22.5
麦麸	16	3	3	16
统糠	12			12
豆粕	17.5	17.5	17.5	10
菜粕	3	3	3	4.5
棉粕	3	3	3	4.5
酒糟粉				4.5
膨化菊粉		25	25	
食盐	0.5	0.5	0.5	0.5
磷酸氢钙	0.9	0.9	0.9	0.9
石粉	1.1	1.1	1.1	1.1
禽预混料	1	1	1	1
营养水平*				
总能(MJ/kg)	15.97	15.56	15.32	15.59
代谢能(MJ/kg)	8.96	7.11	7.24	7.36
粗蛋白(%)	17.4	16.1	15.0	14.5
粗纤维(%)	11.8	14.7	13.6	12.2
粗脂肪(%)	3.2	3.7	3.0	2.6
钙(%)	0.85	1.31	1.49	1.16
磷(%)	0.91	0.96	0.79	0.95
价格(元/kg)	1.68	1.50	1.27	1.36

注: \* 为日粮(精料+草)的营养水平(风干基础),表中数据为实测值。

1.4.1 体重

分别于 27 日龄、70 日龄早晨空腹逐个称重。

1.4.2 耗料

于称重当天结算该阶段的耗料情况。

1.4.3 营养物质表观利用率

营养物质表观利用率根据内源指示剂法(4 mol HCl-AIA)进行测定,于 56 日龄时从每组选取 4 只体重近似、性别一致的试鹅,单个置于不锈钢代谢笼中进行为期 5 d 的代谢试验,后 3 d 为正式收粪期。收粪期间,于每天不同时段分别收取每只试鹅排出的粪尿,每天收完的粪样置于 -20 ℃ 的冰箱中保存,试验

结束后,充分混匀每只试鹅 3 d 的粪尿样,置于 65 ℃ 烘箱中烘干后,取出置于空气中回潮 24 h 制成风干样。采用 Parr1351 型氧弹热量仪测定能量, Buchi B-324 自动定氮仪测定粗蛋白,索氏浸提法测粗脂肪,酸碱法测粗纤维,高锰酸钾法测钙,钒钼酸胺法测总磷, Shrivastava 法测酸不溶灰分,干燥恒重法测水分,详见《饲料分析及饲料质量检测技术》<sup>[9]</sup>。根据如下公式,算出营养物质的表观利用率。

$$\text{某种养分的表观利用率} = [1 - (b/a) \times (c/d)] \times 100\%$$

式中: a——日粮中某养分的含量;

b——粪尿样中某养分的含量;

c——日粮中指示剂含量;

d——粪尿样中指示剂含量。

1.4.4 胴体品质

于试验结束时,从每组每个重复中抽取一只体重相近、性别一致的鹅进行屠宰,按《养鸡生产学》<sup>[4]</sup>介绍的方法测定屠宰率、半净膛率、全净膛率、腹脂率、胸肌率以及肝重比例。

1.4.5 血清生化指标

于试验结束次日清晨鹅空腹时,从每组中抽取 3 只试验鹅在其枕骨部的静脉窦处穿刺抽血,将血液收集在 10 ml 的离心管中,在 1 800 r/min 的离心机中离心 15 min 后,取血清样本,并保存在 4 ℃ 的冰箱中,待测生化指标。

1.5 数据处理

用 Excel 软件对数据进行处理, SPSS10.0 for windows 统计软件 One-Way ANOVA 法进行方差分析,差异显著者进一步用 LSD 法多重比较。表中数据为平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 不同日粮类型对鹅生产性能的影响(见表 3)

表3 不同日粮类型对鹅生长性能的影响

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
28 d 体重(g)	1 190.00±1.54	1 192.04±0.40	1 205.29±17.27	1 191.58±4.99
70 d 体重(g)	4 306.71±41.26 <sup>a</sup>	3 629.83±254.09 <sup>b</sup>	3 771.33±214.28 <sup>b</sup>	4 176.08±288.37 <sup>ab</sup>
日增重(g/d)	67.75±0.89 <sup>a</sup>	53.00±5.53 <sup>b</sup>	55.78±5.02 <sup>b</sup>	64.88±6.33 <sup>a</sup>
日采食(精料)量(g/d)	276.04±0.82	277.46±21.74	299.71±13.70	293.09±23.95
饲料系数	4.08±0.06 <sup>a</sup>	5.25±0.16 <sup>b</sup>	5.40±0.39 <sup>b</sup>	4.52±0.0.08 <sup>a</sup>

注:表中数据同行肩标不同字母者为差异显著(P<0.05),肩标相同字母者或无字母者为差异不显著(P>0.05),以下各表同。

在生长育肥鹅阶段(27~70 日龄),鹅日增重方面,四个处理组分别为 67.75、53.00、55.78、64.88 g/d。试验 I 组、试验 II 组、试验 III 组分别比对照组下降 21.77%、17.67%、4.24%。可以看出,不同日粮类型对鹅日增重有明显的影响,对照组、试验 III 组与试验 I 组、

试验 II 组间差异显著(P<0.05),但对照组与试验 III 组之间无明显差异(P>0.05)。采食量方面,各处理组差异不显著(P>0.05)。饲料报酬方面,采食量差异不明显的情况下,四个处理组表现出与日增重极度相关,即对照组、试验 III 组与试验 I 组、试验 II 组间差异显

著( $P<0.05$ )。

## 2.2 不同日粮类型对鹅养分利用率的影响(见表4)

表4 不同日粮类型对鹅养分利用率的影响(%)

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
干物质	49.80±0.75 <sup>a</sup>	39.96±0.90 <sup>b</sup>	43.75±2.91 <sup>bc</sup>	44.25±0.47 <sup>c</sup>
蛋白质	52.41±4.34 <sup>a</sup>	42.52±2.93 <sup>b</sup>	34.95±3.65 <sup>c</sup>	43.00±1.79 <sup>b</sup>
能量	56.10±0.63 <sup>a</sup>	45.72±0.99 <sup>b</sup>	47.29±2.58 <sup>bc</sup>	47.43±0.47 <sup>b</sup>
粗脂肪	63.79±4.09 <sup>a</sup>	49.32±2.51 <sup>b</sup>	46.62±2.78 <sup>b</sup>	45.94±2.94 <sup>b</sup>
粗纤维	6.27±1.16 <sup>a</sup>	5.09±1.37 <sup>a</sup>	7.43±4.56 <sup>ab</sup>	11.76±1.06 <sup>b</sup>
钙	23.69±2.36 <sup>a</sup>	14.68±1.31 <sup>b</sup>	27.81±5.73 <sup>a</sup>	25.77±3.77 <sup>a</sup>
磷	20.00±7.10 <sup>a</sup>	20.27±2.58 <sup>a</sup>	13.98±4.57 <sup>a</sup>	30.60±1.72 <sup>b</sup>

在生长中期,对照组主要营养成分干物质、蛋白质、能量、粗脂肪的利用率明显比其它各组高( $P<0.05$ );试验 III 组中的干物质、蛋白质、能量、粗纤维、磷等营养物质的利用率比试验 I、II 组都有不同程度的提高。

## 2.3 不同日粮类型对鹅胴体品质的影响(见表5和表6)

表5 不同日粮类型对鹅屠宰品质的影响(%)

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
屠宰率	88.04±0.58	86.80±0.64	86.85±0.55	87.60±0.30
半净膛率	81.89±0.83 <sup>a</sup>	78.83±1.10 <sup>b</sup>	80.17±1.41 <sup>ab</sup>	81.47±0.80 <sup>a</sup>
全净膛率	72.65±1.68 <sup>a</sup>	68.63±0.60 <sup>b</sup>	70.92±2.69 <sup>ab</sup>	72.71±0.44 <sup>a</sup>
腹脂率	1.58±0.62 <sup>a</sup>	0.30±0.15 <sup>c</sup>	0.62±0.19 <sup>bc</sup>	0.76±0.24 <sup>ab</sup>
胸肌率	3.53±0.74	2.66±0.30	3.25±0.69	3.40±0.22
肝重比例	1.87±0.15	2.37±0.13	2.29±0.34	2.14±0.17

表7 不同日粮类型对鹅血清生化指标的影响

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
总胆固醇(mmol/l)	3.53±0.27	2.89±0.22	2.68±0.58	3.15±0.40
甘油三酯(mmol/l)	0.93±0.16	0.80±0.04	0.92±0.28	0.57±0.01
高密度脂蛋白(mmol/l)	1.67±0.22	1.35±0.14	1.23±0.23	1.54±0.26
低密度脂蛋白(mmol/l)	1.44±0.15	1.18±0.21	1.04±0.29	1.35±0.15
极低密度脂蛋白(mmol/l)	0.42±0.07	0.36±0.09	0.42±0.12	0.26±0.04
谷丙转氨酶(U/l)	15.33±3.21	21.00±10.44	22.00±6.56	18.33±5.51
谷草转氨酶(U/l)	22.00±4.36	30.00±7.21	23.67±4.04	35.33±15.31
总蛋白(g/l)	36.83±4.63	37.03±1.44	35.97±0.57	41.20±5.20
碱性磷酸酶(U/l)	544.33±74.59 <sup>a</sup>	966.33±42.06 <sup>b</sup>	916.00±193.73 <sup>b</sup>	892.00±144.70 <sup>b</sup>
尿素 N(mmol/l)	0.48±0.07 <sup>a</sup>	0.69±0.01 <sup>b</sup>	0.62±0.07 <sup>b</sup>	0.64±0.07 <sup>b</sup>
尿酸(μmol/l)	188.20±29.27	206.70±109.88	117.07±26.20	146.03±51.77
葡萄糖(mmol/l)	9.56±0.32	9.21±1.51	9.22±0.77	8.91±1.73
淀粉酶(U/l)	1521.3±144.3	1482.6±178.7	1508.6±227.1	2695.3±1617.8

表8 日粮对养鹅经济效益的影响

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
收入				
成鹅市售价(元/只)	64.60	54.45	56.57	62.64
支出				
1日龄鹅(元/只)	18.00	18.00	18.00	18.00
1日龄~26日龄阶段饲料费(元/只)	3.35	3.35	3.35	3.35
27日龄~70日龄阶段饲料费(元/只)	20.40	18.31	16.75	17.54
其它支出(元/只)	0.50	0.50	0.50	0.50
赢利(元/只)	22.35	14.29	17.97	23.25
与对照组比较(元/只)	0.00	-8.06	-4.38	0.90

表6 不同日粮类型对鹅肉营养成分的影响(%)

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
水分	74.44±1.05	75.81±1.07	75.66±1.20	75.48±1.01
粗蛋白	19.03±0.53	19.77±0.54	19.65±0.57	20.27±0.68
粗脂肪	2.93±0.14	2.04±0.62	1.98±0.66	2.19±0.45

半净膛率、全净膛率、腹脂率,对照组、试验 III 组与试验 I 组间差异显著( $P<0.05$ ),其它各项指标无明显差异( $P>0.05$ )。

## 2.4 不同日粮类型对鹅血清生化指标的影响(见表7)

对照组与其它3组碱性磷酸酶、尿素 N 指标值差异显著( $P<0.05$ ),其它各项指标无明显差异( $P>0.05$ )。

## 2.5 不同日粮类型对养鹅经济效益的影响(见表8)

试验 III 组的经济效益最好,其次是对照组,试验 I 组最差。

## 3 讨论

### 3.1 不同日粮类型对鹅生产性能和养分利用率的影响

本试验中,生产性能与养分利用率有极度的相关。对照组主要营养成分干物质、蛋白质、能量、粗脂肪的利用率明显比其它各组高( $P<0.05$ ),因此其日增重也最高。另外,从各组的营养水平来看,对照组的代谢能、蛋白质都比其它各组高,粗纤维比其它各组低,这应该也是一个重要的原因。采食量方面,各组没有

明显差异,说明用稻谷-豆粕型或木薯-豆粕型饲料和蟋蟀菊组成的日粮与传统的玉米-豆粕型饲料和象草所组成的日粮适口性的差异并不明显。

值得一提的是,试验Ⅰ组和试验Ⅱ组蟋蟀菊的用量已经占到日粮的46.6%(按风干基础计)(由于其精料部分添加了25%的蟋蟀菊草粉加上鲜喂的蟋蟀菊)。蟋蟀菊是一种生长于南方各省的菊科植物,其特点是滥生,可四季生长于贫瘠的土地上,因此可用其作为小型草食动物的青饲料来源,以解决南方换季时青饲料不足的矛盾。关于蟋蟀菊用作鹅饲料的试验报道很少,仅有的资料也是笔者这几年所做的一些试验<sup>9</sup>。当时发现这种草与黑麦草的营养价值相当,于是我们经常用它来作为鹅的青饲料来源,但是每次的用量都在20%左右,这次在试验Ⅰ组和试验Ⅱ组中把它提高到46.6%,发现生产性能和养分利用率都明显下降,这是否暗示了这种草含有我们不为所知的某种抗营养因子或者毒素,在达到一定量的时候就会明显影响动物的生长。这需要我们以后进一步的实验研究。试验Ⅲ组日粮的营养水平虽然比对照组略低,但其生产性能差异不大,原因之一可能也是与其日粮精料中蟋蟀菊的用量只有25%有关。若情况果真如此,蟋蟀菊在日粮中的适当比例还有待研究。此外,试验Ⅲ组日粮中的能量饲料是由稻谷和木薯代替了对照组日粮中的玉米,蛋白质饲料也由菜籽粕、棉粕和酒糟粉部分的代替了豆粕,这样构成的日粮的营养水平虽然比对照组略低,但在日粮中的鲜草以蟋蟀菊代替了象草(对照组日粮)的情况下,结果是试验鹅生产性能与对照组的相似,同时还降低了19%的饲料成本,提高了经济效益,并且能有效的开发利用本地饲料资源,减少与其它畜禽对能量饲料玉米的竞争。因此,这样的饲料构成和利用在生产实践中应是可行的。

### 3.2 不同日粮类型对鹅胴体品质的影响

本试验中屠宰率、半净膛率、全净膛率、腹脂率、胸肌率按高低排序依次是对照组、试验Ⅲ组、试验Ⅱ组、试验Ⅰ组。其中半净膛率、全净膛率、腹脂率,对照组和试验Ⅲ组与试验Ⅰ组间差异显著( $P<0.05$ )。刘祥友等<sup>6</sup>研究认为:随着粗纤维水平的升高,腹脂重、腹脂率明显降低( $P<0.05$ ),本试验与此结论基本相符。试验中屠宰率、胸肌率没有显著差异,而半净膛率、全净膛率、腹脂率有差异,说明肌体沉积的部分主要来自于腹脂。本次试验,对照组、试验Ⅲ组、试验Ⅰ组、试验Ⅱ组的总能量水平依次降低,而粗纤维水平依次升高,腹脂沉积可能是两者的共同作用的结果。

### 3.3 不同日粮类型对鹅血清生化指标的影响

不同日粮类型显著影响了血浆中碱性磷酸酶(AKP)、尿素N(UR)的水平( $P<0.05$ )。碱性磷酸酶是一种在机体代谢中起着重要作用的一种酶,它能催化水解磷酸单酯、磷酸核苷以及6-磷酸糖之类的化合物,与骨骼的代谢密切相关。而尿素N是反映体内蛋白质代谢的一个重要指标,若尿素N含量升高,说明体内蛋白质分解代谢加强,N沉积减少,日增重明显降低。

### 3.4 不同日粮类型对养鹅经济效益的影响

根据当时配方中各种饲料原料的市场价格,各组日粮精料配方成本价见表2。支出中不包括人工费,即日常管理和割草所耗的人工成本不计在内,因为这部分变动较大,理论上一个人可以管理比本次试验更多的鹅。所以按当时成鹅市售价15.00元/kg来算,除去各种成本开支,试验Ⅲ组的赢利比其它各组高。说明用价格低廉的原料进行合理搭配是可以取得比较好的经济效益的。

## 4 结论

不同日粮类型对鹅的生产性能和养分利用率有显著的影响,表现最好的是玉米-豆粕型日粮,其次为试验Ⅲ组和试验Ⅱ组,最后为试验Ⅰ组;不同日粮类型对鹅的胴体品质有显著影响,主要影响的指标有半净膛率、全净膛率、腹脂率;不同日粮类型显著影响了血浆中碱性磷酸酶(AKP)、尿素N(UR)的水平,而对其它指标无显著影响;不同日粮类型对养鹅经济效益的高低排序依次为试验Ⅲ组、对照组、试验Ⅱ组、试验Ⅰ组。

### 参考文献

- [1] 何仁春,杨家晃,麦伟虹,等.木薯代替玉米对鹅饲养效果研究[J].粮食与饲料工业,2007(7):38-40.
- [2] 何仁春,杨家晃,麦伟虹,等.不同日粮类型对鹅生长性能和养分利用率的影响[A].广西动物营养与饲料学会2006年学术年会论文集[C].2006:80-84.
- [3] 杨胜主编.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:北京农业大学出版社,1993:6.
- [4] 杨宁主编.现代养鸡生产[M].北京:北京农业大学出版社,1993:620.
- [5] 何仁春,杨家晃,廖玉英,等.三种牧草在鹅日粮中的应用研究[J].中国草食动物,2006(3):42-44.
- [6] 刘祥友,何瑞国,周世霞,等.日粮粗纤维对郎德鹅生产性能和血清参数影响的研究[J].中国粮油学报,2006(3):178-181.

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 应用湿喂法提高断奶仔猪的生产效益

王永强 郭荣富 刘雷

**摘要** 通过试验研究了湿喂法对断奶仔猪生产效益(平均日增重、料重比及断奶仔猪成活率等)的影响。试验结果表明:采用湿喂法的试验组猪的保育期平均日增重比对照组提高了 17.32%( $P<0.01$ ),料重比比对照组降低 3.95%( $P<0.05$ ),断奶仔猪的生长性能明显提高,断奶仔猪的成活率提升了 5.49%( $P<0.05$ ),湿喂法的应用能提高断奶仔猪的生产效益。

**关键词** 湿拌料;断奶仔猪;生产效益

**中图分类号** S816.32

湿拌料是指水与饲料的混合物或食品工业液体副产品与常规饲料原料的混合物。在我国当前的养猪生产中,尤其是对断奶仔猪的饲养,最常用的主要有 3 种方法,即全干料饲喂法、湿喂法及液态料饲喂法,在断奶仔猪的饲养上采用最多的仍是全干料饲喂法,而国外先进国家早在二十世纪七八十年代就开始尝试采用湿拌料甚至液态饲料来进行猪只的饲喂,并取得了较好的效果,而我国在此方面做的研究较少。

断奶是仔猪生长发育中受应激影响较大的阶段之一。而在仔猪断奶应激中,食物由液态母乳向干粉饲料的转变对仔猪影响最大,这种应激会直接导致仔猪的采食量和消化率下降,肠道结构改变,进而影响其健康和生产性能。所以,该阶段合理的饲养方法将直接影响仔猪在保育阶段的生长速度、饲料报酬和成活率。湿拌料的形态与母乳相似,有利于仔猪采食并促进仔猪胃肠道的发育,理论上讲用该法可有效地促进断奶仔猪生长,但缺乏试验数据的支持。对此,我们设计试验研究湿拌料饲喂断奶仔猪对其生长发育及经济效益的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验饲料

采用广安仔猪全价颗粒料,其营养成分:粗蛋白 20.98%、粗纤维 $\leq 4.0\%$ 、粗灰分 $\leq 7.0\%$ 、Ca 0.7%~12%、P 0.6%、NaCl 0.5%、 $H_2O \leq 13.0\%$ 。

### 1.2 试验时间及地点

王永强,云南农业大学动物营养与饲料重点实验室,650201,云南昆明云南农业大学 23# 信箱。

郭荣富、刘雷,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-11-26

试验于 2006 年 5 月 5 日~7 月 18 日于河南绿野万头猪场进行。

### 1.3 试验分组

随机选择断奶前 5 d 的杜长大三元杂交仔猪 100 头,随机分成两个组,即对照组和试验组,每组两个重复,每个重复 25 头。断奶后转圈时注意将同组体重相似的猪尽量合为一圈,减少每圈猪只的个体差异。

### 1.4 试验饲养方法

预饲期为仔猪断奶的前 5 d,试验组仔猪采用料水比为 1:3 的湿拌料进行补料。仔猪 28 d 断奶后试验正式开始,断奶仔猪在保育舍饲养 35 d。其中试验组仔猪在断奶后用湿喂法进行饲喂,湿拌料的料水比例如下:前期(28~42 日龄)为 1:2,后期(43~63 日龄)逐渐过渡为 1:1;对照组饲喂全干料。仔猪于 63 日龄统一转入育肥舍。断奶仔猪按正常程序进行饲养管理和免疫。仔猪统一在高床网上平养,舍内环境恒定,每天定时喂料 6 次,分别在 6:30、8:30、10:30、14:30、16:30、20:30,每次喂料量以稍余料为宜,保证充足饮水。

### 1.5 试验数据收集及处理

于仔猪断奶前和保育期结束时准确的称重记录,并于每天准确记录喂料量和仔猪采食量,每天不定期观察仔猪生活情况,如有异常及时处理。试验结束后采用 Excel 和 SAS 对数据进行整理和统计分析。

## 2 结果与分析

湿拌料对断奶仔猪生长性能的影响见表 1。

试验组转入育肥时平均每头重 23.98 kg,保育期平均日增重为 450.86 g;对照组转入育肥时平均每头重 21.60 kg,平均日增重为 384.29 g,试验组平均日增重较对照组提高了 17.32%( $P<0.01$ ),差异极显著;试验组料重比比对照组降低 3.95%( $P<0.05$ ),差异显著。

试验表明,饲喂湿拌料的试验组与饲喂全干料的

表1 湿拌料对断奶仔猪生长性能的影响

项目	断奶平均体重(kg)	63 d 平均体重(kg)	保育期净增重(kg)	保育期日增重(g)	料重比	成活率(%)
对照组	8.15±0.98 <sup>a</sup>	21.60±1.69 <sup>a</sup>	13.45±1.41 <sup>A</sup>	384.29±1.77 <sup>A</sup>	1.52±0.07 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>
试验组	8.20±1.13 <sup>a</sup>	23.98±2.14 <sup>b</sup>	15.78±2.20 <sup>B</sup>	450.86±2.33 <sup>B</sup>	1.46±0.09 <sup>b</sup>	96 <sup>b</sup>

注:同列肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05),不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。

对照组相比,仔猪63 d平均体重、保育期日增重、饲料转化率等均有所提高,这为仔猪以后的快速生长提供了基础。试验组的效果好于对照组,这说明在断奶仔猪转入保育舍时饲喂湿拌料能有效提高仔猪的生长性能,效果好于饲喂干粉料。

试验组的保育期成活率为96%,而对照组则为91%,试验组较对照组提高了5.49%(P<0.05),差异显著。

试验组平均每头63日龄仔猪比对照组重2.38 kg,若猪价为15元/kg,则增值34.95元,经济效益提高了11.74%,经济效益明显。

### 3 讨论

#### 3.1 应用湿拌料饲喂断奶仔猪的优点

##### 3.1.1 提高仔猪的采食量,促进仔猪的生长

刚断奶仔猪还没有完全学会独立采食和饮水行为,往往还不能完全适应干饲料,而湿喂料的形态与母乳相似,不仅方便仔猪采食,而且有利于促进仔猪胃肠道的发育,增加消化道容积。仔猪此时期的快速生长将有利于猪只的早日出栏,提高生产效益。

##### 3.1.2 有利于仔猪的健康,提高断奶仔猪的成活率

湿拌料可以维持仔猪断奶后健康的消化道环境,预防腹泻等疾病。仔猪断奶后直接饲喂干饲料会导致小肠绒毛萎缩、隐窝变深。这影响了消化道对营养物质的消化吸收,并会由此引起腹泻等消化道疾病。

##### 3.1.3 减少饲料浪费

仔猪在断奶后的合群并圈会导致仔猪群体发生变化,此应激会导致仔猪间的争斗,尤其是在断奶前一到两周内采食饲料时,若采用干粉料饲喂会由于仔猪间的相互争抢和不良采食习惯导致饲料的洒落,造成浪费,改用湿拌料饲喂可增加饲料的比重,减少饲料的洒落浪费。

##### 3.1.4 减少饮水的浪费

采用湿拌料饲喂,仔猪吃食的同时也补充了相当的水分,这样可减少饮水器的损耗和饮水的浪费,同时提高饲料的消化利用率。

##### 3.1.5 减少饲料粉尘

饲喂湿拌料可大幅度减少猪舍内的饲料粉尘,这

对减少由饲料粉尘引起的仔猪呼吸道疾病有明显的效果。

#### 3.2 应用湿拌料饲喂断奶仔猪的方法研究

应激是影响断奶仔猪正常生长的关键因素,试验证明,在仔猪断奶后先采用湿喂法,而后再逐渐转为干喂,可以有效缓解料型转变带来的应激,提高仔猪的成活率和生长效率。本次试验采用的饲养模式是:仔猪断奶后2周内(28~42日龄)采用料水比为1:2湿拌料进行饲喂,仔猪断奶后3~4周龄时将料水比例逐渐过渡为1:1,在仔猪从保育舍转入育肥舍时再逐渐转为全干料饲喂,采用该模式饲喂取得了良好的效果,有一定的推广价值。

#### 3.3 应用湿拌料饲喂断奶仔猪的注意事项

3.3.1 保证良好的环境卫生,料槽每天定时清理、定期消毒。

3.3.2 生产中干饲料与水的搭配比例以1:1~1:2为好,且要做好饲料的过渡,湿拌料一定要搅拌均匀;除采用人工拌料外,还可采用市场上销售的干湿自动饲喂器等设备进行拌料饲喂。

##### 3.3.3 注意减少饲料的浪费

湿拌料要现拌、现喂,少喂、勤添,每次喂料量以喂料后1 h 料槽内稍微余料为宜。喂料前,应及时清理余料,防止饲料霉变(尤其是高温季节)。

##### 3.3.4 保证充足的仔猪吃料槽位

仔猪吃料槽位不足会导致个别体重稍小的仔猪抢吃不上料,渐进性导致仔猪营养缺乏性消瘦,甚至出现僵猪或死亡,所以使用湿拌料饲喂时应注意猪群密度和槽位的合理设计。

3.3.5 在仔猪断奶前应有3~5 d对仔猪进行湿拌料的补饲,这样有利于仔猪减少断奶后的换料应激。

### 4 小结

综上所述,应用湿喂法能提高断奶仔猪的采食量,减少采食浪费,减少采食应激,减少断奶仔猪死亡率,明显提高断奶仔猪的生产性能。湿喂法的合理推广应用会对养猪业带来可观的经济效益。

(参考文献10篇,刊略,需者可函索)

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

# 母猪饲养新技术——分胎次饲养

邓敦 陈永均 王彬 邓跃林

在现代养猪业中,母猪繁殖性能是衡量养猪生产经济效益的重要指标之一。一般来说,每头母猪1年内能完成2~2.5胎分娩周转率、生产18~22.5头断奶仔猪的指标是令人满意的<sup>①</sup>。但随着母猪胎次增加,母猪在营养需要和疾病等方面发生了变化,母猪繁殖性状(产仔数、产仔间隔、初生重、受胎率、弱仔、断奶头数、断奶个体重)和仔猪成活率都会受到不同程度的影响,因此有必要对母猪实行分胎次饲养。该饲养技术能为猪场提供一个更为健康的种猪群,同时也能为首胎分娩仔猪提供一个相对“无菌”的生长环境。

## 1 分胎次饲养的优点

### 1.1 饲料营养

现代瘦肉型母猪的种性特点广泛被用作母系长白、大白及其二元杂种母猪以及配套系母猪,具有的显著种性特点:①产仔多、泌乳量高、仔猪生长快,对养分需要多;②体脂肪少,能量储备少;③很容易发生能量和营养物质摄取不足,并且反应非常敏感。因此现代瘦肉型母猪饲养不可与本地母猪和土杂母猪同等对待,对瘦肉型母猪饲养不当,会导致其断奶后不发情、迟发情,高产母猪常因营养不足导致瘦弱而提前淘汰。

#### 1.1.1 氨基酸

已经观察到头胎母猪和二胎以上母猪之间存在明显的差异,这是因为头胎母猪比二胎以上母猪要求更高的赖氨酸水平。朱良印<sup>②</sup>研究发现,在相同饲养管理条件,分别饲喂4种泌乳期日粮18% CP、16% CP、18% CP+0.2% Lys、16% CP+0.2% Lys,结果表明,提高初产母猪泌乳期日粮蛋白质和赖氨酸水平可以增加母猪蛋白质和赖氨酸摄入量( $P<0.01$ ),提高了仔猪断奶存活率、断奶窝重( $P<0.05$ )和平均日增重( $P<0.01$ ),且母

猪泌乳期体失重减少,断奶至发情间隔缩短( $P<0.05$ )。

#### 1.1.2 微量元素和维生素

大多数母猪妊娠期饲喂方式都是使母猪每一胎次的采食量都保持大致不变以便限制母猪的生长,这一饲喂方式可能不能满足其对维生素和微量矿物质的需求<sup>③</sup>。母猪体重随年龄增长而逐渐增加,母猪在每一个胎次中,按每千克体重计算,所得微量养分都比前次少,为了满足新增组织的需要,母猪实际需要量随体重的增加而增加,母猪以后每次妊娠中都重复出现需要量增加而供应量却不足的情况。因此,从母猪繁殖和免疫的需要来说,母猪年龄越大、体重越大,就越容易有营养不良的危险。许多试验也证明了经产母猪日粮中补充维生素有利于提高母猪繁殖性能。Kornegay<sup>④</sup>在第六胎和第五胎母猪日粮中添加880 mg/kg胆碱,初生活仔数增加。Bryant<sup>⑤</sup>试验证明,在四胎妊娠和哺乳经产母猪日粮中添加0.44 mg/kg生物素,产仔和泌乳性能不受影响,但断奶到发情的时间间隔和受胎率均得到改善。Frank<sup>⑥</sup>估测泌乳期间初产母猪和经产母猪对核黄素的需要量分别为16.2 mg/d和16.3 g/d。Lindemann研究了不同胎次母猪对叶酸的反应,按照1胎、2胎、3胎进行分组,各试验组均添加1 mg/kg叶酸。结果表明:相同胎次比较,添加叶酸组产活仔数分别增加0.3、0.65和1.8头<sup>⑦</sup>。

#### 1.1.3 能量

要使仔猪通过母乳获得最大限度的生长,首先要满足母猪对能量的需要,只有能量得到满足,各种营养物质如蛋白质、维生素和矿物质等才能发挥其营养作用。当泌乳母猪料中能量不足限制了产奶时,增加再多蛋白质也不一定能提高奶产量,如果能量足够,产奶量将随着蛋白质摄入量的增加而增加,从而提高仔猪断奶体重。对于不同胎次怀孕母猪的能量需要量,美国NRC(1998)<sup>⑧</sup>(见表1)明确指出,配种体重越重,怀孕母猪能量需要越多。在生产实践中,妊娠母猪日粮能量只要满足最低限度增重和体躯活动及胎儿增重即可,无需供给更多能量,如果能量水平过高、体内脂肪大量沉积,繁殖机能降低,常会出现死胎、胎儿吸收或弱仔。

邓敦,广东温氏食品集团有限公司生产技术部,博士,527439,广东省新兴县簕竹镇。

陈永均、邓跃林,单位及通讯地址同第一作者。

王彬,江苏食品职业技术学院。

收稿日期:2007-11-15

表1 不同配种体重怀孕母猪能量需要

配种体重(kg)	代谢能需要量(MJ/d)
110	23.4×10 <sup>-3</sup>
120	24.4×10 <sup>-3</sup>
140	26.3×10 <sup>-3</sup>
160	28.1×10 <sup>-3</sup>
180	29.9×10 <sup>-3</sup>

### 1.2 疾病控制

在分胎次生产技术中,二胎以上母猪场中母猪病原微生物携带量可急剧减少,而且由于二胎以上母猪场不断引进高免疫力、不带毒(菌)的头胎母猪,二胎母猪场中的某些病原微生物最终可被排除,因此头胎母猪引入二胎以上母猪场可能就不需要实行严格的隔离,只需在繁殖区采取简单的生物安全措施就足够了<sup>[9]</sup>。其次分胎次生产体系所产的断奶猪可原样直接进入保育区及生长/肥育区,由于头胎母猪抗体水平低,仔猪从母乳中获得的被动免疫也相对较低,结果头胎母猪场中就会有较多的病原微生物从母猪传给新生仔猪,如果仔猪与二胎以上母猪的仔猪没有隔离开来,就会导致仔猪交叉感染,仔猪腹泻率上升。

### 1.3 饲养管理

#### 1.3.1 有效控制好母猪膘情

张守全<sup>[9]</sup>研究表明,随着胎次的增加,母猪配种时背膘厚度呈下降趋势,第二胎母猪下降最明显。这说明头胎母猪饲养管理是生产中容易忽视的问题,如果头胎母猪断奶后较瘦,则断奶至配种间隔的时间延长。因此生产中可将背膘厚度作为体况恢复的一项指标,以确定母猪产后体况恢复的程度。针对这一问题,生产中应要把握不同胎次、不同生理阶段和不同体况特征母猪的营养需要,在妊娠期就注意膘情的调整,哺乳期加强母猪产后护理,断奶后采取短期优饲等方法,真正做到个体化精细饲养,以使母猪配种时体况较好,从而缩短断奶至配种间隔,提高猪场的经济效益。

#### 1.3.2 预防仔猪压死

仔猪死亡集中在死产、压死、低生活力或饥饿,多

数种类的死亡都随胎次的增加而增加(见图1)<sup>[10]</sup>。大龄母猪死产较多,可能是由于子宫肌肉无力而延长产程的缘故。活产仔猪中无论什么原因造成的死亡也随胎次增加而增加。压死尤其随胎次的增加而增加。母猪躯体和年龄越来越大,其动作灵活性和对被压仔猪尖叫的反应能力都可能下降,因而压死事件发生率就会增高。如果将同胎次母猪放在同一单元分娩,并安排责任心强、工作经验丰富的饲养员对哺乳母猪及仔猪进行护理,可大大减少被压致死的健康哺乳仔猪数量。

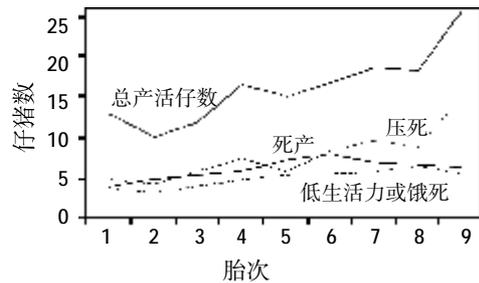
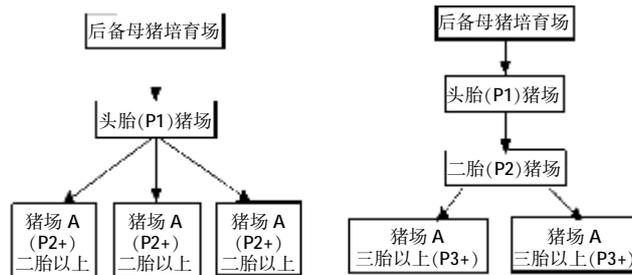


图1 仔猪死亡与胎次的关系

## 2 分胎次饲养技术的应用

### 2.1 分胎次饲养框架

根据猪场规模及所有权的不同,有两种不同的方案可供选用(见图2)<sup>[11]</sup>。对小猪场来说,可由3~5个猪场组成一个分胎次生产单元,其中一个作为P1猪场,或多个业主投资共建一个P1猪场,其他业主在保持各自猪场生产不间断的情况下作为P2+母猪场。两个或多个扩繁猪场也可共建一个P1猪场,他们可提供配种前后后备母猪,或提供不同怀孕阶段的后备母猪,也可提供刚断奶的头胎母猪。组成一个分胎次生产单元的各成员猪场,其后备母猪应该是来自同一家种猪供应商的。大猪场或一个拥有多个种猪场的集团公司也更容易地转而采用分胎次生产体系。由于头胎母猪要求更高的生物安全环境,其场址应座落在一个隔离区域内。除P1猪场外,还可另设一猪场作为P2猪场,余下母猪场可作为P3+猪场。繁殖母猪可以从后备母



左——仅另设头胎母猪场;右——既设头胎母猪场又设二胎母猪场。

图2 分胎次饲养体系中繁殖母猪的移动

猪培育场移入 P1 猪场,待断奶后再进入 P2 猪场。P2 母猪场的母猪在断奶后进入 P3+猪场,但这些母猪决不可逆向移动。

### 2.2 实例分析

李琼华<sup>[12]</sup>报道,广西农垦永新畜牧公司原种猪场从 2005 年开始实施母猪分胎次饲养,结果表明:分胎

次饲养可使头胎母猪的配种分娩率提高 1.4 个百分点,窝产仔数增加 0.6 头,窝产活仔数增加 0.48 头,哺乳仔猪死亡率下降 0.95 个百分点(见表 2);分胎次饲养还可以明显提高母猪的繁殖性能,使二胎以上母猪群的健康水平得到明显提高,在返情率、分娩率和窝产仔数等方面都有所改善(见表 3)。

表 2 分胎次饲养和常规饲养的头胎母猪繁殖性能的比较

类型	配种母猪头数(头)	窝产仔数(头)	窝产活仔数(头)	哺乳期死亡率(%)	配种分娩率(%)
分胎次饲养	676	11.1	9.78	2.22	80.8
常规饲养	474	10.5	9.30	3.17	79.4
比较		+0.6	+0.48	-0.95	+1.4

表 3 分胎次饲养与常规饲养的经产母猪繁殖性能比较

项目	分胎次饲养以前	分胎次饲养以后
返情率(%)	9.04	6.77
分娩率(%)	75.8	80.0
窝产仔数(头)	10.72	11.04
死胎(头)	9.6	6.24
木乃伊(头)	2.7	2.54
年总产仔头数(头)	18.4	21.3

### 参考文献

- [1] 曹迎春,陈铁桥.繁殖母猪胎次与生产性能及疾病的关系[J].畜牧与兽医,2003,35(3):25-26.
- [2] 朱良印,周安国.提高蛋白质和赖氨酸水平对初产哺乳母猪繁殖性能的影响[J].饲料工业,2005,26(15):36-38.
- [3] 陈春月译,覃矜校正.分群饲养提高大龄母猪繁殖力[J].国外畜牧学——猪与禽,2006,26(3):18-19.
- [4] Kornegay E T, Meacham T N. Evaluation of supplemental choline for reproducing sows housed in total confinement on concrete or in dirt lots[J]. J. Anim. Sci.,1973,37(2):506-509.
- [5] Bryant K L. Supplemental biotin for swine. I. Influence on feedlot performance, plasma biotin and toe lesions in developing gilts[J]. J. Anim. Sci.,1995,60(1):136-144.
- [6] Frank G R. Riboflav in requirement of gestating swine[J]. J. Anim. Sci., 1984, 59(suppl.2):1 567-1 572.
- [7] 李德发主编.猪的营养(第二版)[M].北京:中国农业科学技术出版社,2003:273-275.
- [8] NRC. Nutrient Requirements of swine. 10th ed[S]. Washington, D. C.: National Academic Press.1998.
- [9] 张守全,冯定远,麦月仪,等.母猪背膘厚度对其繁殖性能的影响[J].养猪,2005(1):11-12.
- [10] 陈福生译,覃矜校正.某些母猪会习惯性地压死仔猪[J].国外畜牧学——猪与禽,2003,23(1):27-29.
- [11] 宋克军译,姜高明校正.分胎次饲养:一种提高生产增进健康的可能方法[J].国外畜牧学——猪与禽,2003,23(1):25-26.
- [12] 李琼华.广西农垦永新原种猪场实行母猪分胎次饲养的经验[J].养猪,2007(3):78.
- [13] Moore C. Parity segregation: the big picture. In: Live Gilt Free: How parity -specific management can work for you. Pre - conference proceedings from 2003 Amer. Assoc. Swine Vet. Annual Meeting. 2003:1-6.

Moore<sup>[13]</sup>报道,与二胎母猪后代相比,头胎母猪后代死亡率高、生长慢(见表 4)。因此二胎以上母猪场的断奶猪与头胎母猪场的断奶猪隔离饲养,是个理想的措施。如果不能做到的话,也可进行加药早期断奶外加产前免疫和使用抗生素,这对减少头胎母猪场新生猪的病原微生物水平有所帮助。

表 4 头胎母猪和二胎母猪后代在保育舍和肥育舍内性能比较

项目	头胎母猪后代	二胎以上母猪后代
断奶体重(kg)	5.30	5.70
保育期死亡率(%)	3.17	2.55
保育期平均日增重(g)	412	435
保育期药物成本(元)	2.15	0.85
肥育期死亡率(%)	4.31	2.95
肥育期平均日增重(g)	735	765
肥育期药物成本(元)	1.82	1.01
肺总总量/地方性肺炎病变(%)	31	11

### 3 小结

对于分胎次生产体系的理解,我国目前才刚刚开始,该技术还需要通过更多的生产数据和健康监测进行严格的评估,母猪的搬运及运输时的防疫问题也需要解决。但采用分胎次生产技术至少在理论上具有明显的好处,可以减少二胎以上母猪场的病原微生物。

(编辑:张学智, [mengzai007@163.com](mailto:mengzai007@163.com))

# 从饲喂策略考虑提高母猪泌乳期采食量

杨 灿 贺建华

**摘 要** 母猪泌乳期高自由采食量(VFI)是其繁殖性能正常发挥的保证。为了提高母猪泌乳期VFI,文中分析了母体因素如品种、基因、带仔数、体况等对VFI的影响,提出着重从全繁殖周期饲喂策略考虑,以提高母猪泌乳期VFI。

**关键词** 泌乳母猪;自由采食量;饲喂策略

**中图分类号** S815.1

How to increase voluntary feed intake of sows during lactation

Yang Can, He Jianhua

**Abstract** Present voluntary feed intake of sows during lactation is frequently inadequate to meet nutrient demands. How sow factors such as genotype, litter size during lactation, body weight and body composition at farrowing affect voluntary feed intake is discussed in this statement. It is concluded that, to improve voluntary feed intake of sows during lactation, feeding strategy must be paid attention to, with a view to complete reproductive cycle.

**Key words** lactation sow; voluntary feed intake; feeding strategy

过去的二十年里,母猪的生产力得到改进,使用寿命有所延长。这导致了母猪对能量和氨基酸的更高需要,尤其是在泌乳期。但现实状况是青年或成熟母猪泌乳期自由采食量不足以满足维持、产奶和体生长的需要。营养摄入不足时,母猪会动用体储备以保证产奶。但母猪采食量低下,泌乳期体重和背膘损失过多,将导致一系列繁殖问题。

这个转变源于猪的基因改造。过去的很多年,育种专家关注的主要是高生长速度和高瘦肉率,但实践证明,对生长速度和瘦肉率的选择影响了自由采食量。生长阶段食欲的降低也会反映到泌乳期母猪身上。经过选择,母猪性成熟时的体重增加,其泌乳期维持需要也就增加,因为能量需要的增加,就迫使母猪自由采食更多的饲料以维持生长。

许多因素会影响泌乳期母猪的自由采食量,归纳起来有三类,即母猪因素、日粮因素和环境管理。现在,初产母猪泌乳期采食量不足、热应激下母猪食欲不足等现象格外严重,所以,对泌乳期采食量和背膘损失的记录应成为育种管理的核心(Serenius等,2006)。

## 1 泌乳期采食量对繁殖性能的影响

提高母猪泌乳期采食量能增加其体内孕酮的代

谢清除率,有助于泌乳的建立(Miller等,1999)。泌乳期营养摄入影响着乳腺的发育,给母猪提供充足营养对达到最大乳腺生长和最大产奶量是很重要的(Kim等,1999)。母猪泌乳期每天多采食1 kg饲料至少能多产1 kg乳,乳产量每增加1 kg,窝增重就多增重250 g/d(彭凤珍译,2001),同时母猪断奶后不发情比例下降0.88倍(Koketsu等,1997)。研究发现,血浆平均促黄体素(LH)浓度的提高及LH峰的增加能促使母猪早日发情(Tokach等,1992)。提高母猪泌乳期能量摄入(NE由33 MJ/d提高到44 MJ/d)能提高其泌乳末期LH脉冲频率,提高断奶后10 d内发情母猪比例,促进排卵(van den Brand等,2000)。

总之,泌乳期提高母猪采食量能增加仔猪分娩到21日龄增重(Coffey等,1994),降低母猪体重损失,降低断奶后延迟发情或返情猪的比例(Eissen等,2003;Kongsted,2006)。泌乳期采食量低下背膘损失过多将导致严重的繁殖问题,如延长断奶-发情间隔(koketsu等,1996a;van den Brand等,2000),加速初产母猪泌乳早期未被吮吸乳腺的衰退速率(Kim等,2001),影响胚胎成活,降低排卵率(Zak等,1997;Han等,2000),缩短利用年限(Serenius等,2006)等。当泌乳母猪采食量下降时(4 kg/d),为有效维持母猪的泌乳需要,必须补充氨基酸、维生素、矿物质元素等营养素,以保证仔猪窝增重及母猪断奶后发情不受影响(何兰花等,2005a)。

## 2 采食量的调节机制

### 2.1 采食的一般调节机制

杨灿,湖南农业大学动物科技学院,410128,湖南长沙。

贺建华(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-11-26

★ 湖南省教育厅重点项目,编号06A026。

泌乳动物的采食主要由下丘脑的采食中枢和饱中枢控制。采食中枢位于下丘脑旁侧,平时呈持续兴奋状态,可引起动物采食。饱感中枢位于下丘脑室中部,采食、消化、代谢刺激饱中枢活动,迅速抑制摄食中枢,导致采食停止(周明,1996)。

## 2.2 长期、短期调节因子

饲料采食量的调控受生理、日粮、环境等因素影响(NRC,1998),形成如下采食量调节机制:葡萄糖抑制学说、热量抑制学说、胃肠道充盈说、血液氨基酸和蛋白质摄入量学说、脂肪抑制机制(Gleaves,1989;赖文清译,2004)。葡萄糖抑制学说是指采食后机体通过血糖和进入肝脏葡萄糖量而实现对采食量的调节。低血糖可刺激采食神经中枢,而高血糖则可刺激饱感中枢。热量抑制学说与热调节密切相关。温血动物必须保持恒定的体内温度以抵御环境温度变化的影响。温度适中区是指动物正常代谢活动所产热量从体内的散发足以保持其体内正常温度的环境温度范围。环境温度低于温度适中区时,猪需要增加采食量以增加机体产热量;环境温度高于温度适中区时,猪不能散发正常代谢活动产生的热量,并且维持能量需要也下降了,所以采食量降低。研究证实,哺乳动物的食道、胃、小肠(十二指肠)中均存在着牵张感受器,在这些部位填充物料,可增加迷走神经活动,从而兴奋下丘脑饱感中枢,使动物停止采食(McDonald等,1988)。采食量的脂肪控制指幼年或成年动物通过调节日粮能量摄入量或能量消耗量而防止体脂量变化的现象。近十年国内外报道的促进动物采食的重要因子有:神经肽 Y (NPY)(Barb等2006)、增食因子(orexin)、生长素(ghrelin)、胰岛素、阿片肽、甘丙素、胃动素等;抑制动物采食的重要因子有:胆囊收缩素(CCK)、瘦素(leptin)、胰高血糖素(glucagon)、促甲状腺素释放激素(TRH)、生长抑素等(张忠远等,2003)。

## 3 泌乳期采食量变化规律(前期取决于体储备,后期取决于日粮)

分析30个养殖场25719头泌乳母猪自由采食量数据,分娩后泌乳母猪采食量很低,随泌乳期推进,采食量增加,在分娩后第12.6d达到最大,然后急剧下降或大幅度下降(Y.Koketsu等,1996b;Kusina等,1999)。泌乳期自由采食量与奶产量有关,因为泌乳母猪所需能量的70%用于产乳。一般建议分娩后最初几天内限饲,以减少产后无乳症乳房炎的发生率。泌乳早期,母猪体组成对产奶量有很大影响,但随着泌乳期的推进,日粮对产奶作用越来越大(Tokach等,1992;

Revell等,1998a)。计算显示,泌乳第2~3周母猪开始失重以维持产奶,然后开始复原。但现在商业群普遍的为期21d泌乳期显然不足以长到有足够时间让母猪完全补偿第2~3周所损失体重。

产奶、体重和体组成变化与自由采食量的相关性非常复杂。以下将着重讨论母猪因素对泌乳期自由采食量的影响,包括母猪的体重和体组成、胎次、窝个体数和基因或品种。

## 4 影响泌乳期采食量的母体因素

### 4.1 品种

公猪的平均日采食量(DFI)遗传参数为0.23,其残留采食量(RFI, Residual feed intake)遗传参数为0.10~0.17(Johnson等,1999)。生长阶段采食量与泌乳期自由采食量存在遗传相关,基因差异能导致不同父母系所产仔猪采食量的差异。这些结果显示泌乳动物自由采食量是可遗传性状,能通过选择予以改变(Van Erp等,1998)。断奶后自由采食量与成熟期鼠的基因相关系数为0.51(Archer等,1998),公猪生长后期平均日增重(ADG)、背膘厚、眼肌面积(LEA)和DFI的遗传相关系数分别为0.82、0.64、0(Johnson等,1999),这证明对生产性能和繁殖性能的基因选择可能会影响自由采食量。高瘦肉生长(high lean growth, LG)型初产母猪动员体脂供能的能力有限,所以,当日粮代谢能(ME)摄入不足以满足最大乳合成的需要量时,瘦肉型母猪因为无力动员足够的体脂储备,它们会降低日粮赖氨酸需要(Sauber等,1998)。

就品种本身来说,因为其体重、体组成的不同,产奶能力的不同,窝个体数的差异,其自由采食量也具有基因差异。如梅山猪明显比大约克和长白猪吃得多(Sinclair等,1998)。汉普夏猪因为其基因差异而对热敏感,所以采食量也就易受高温影响而下降。初产二元杂交母猪的泌乳期采食量比其同代纯种和父母代纯种猪的都要高(Eissen等,2003)。

### 4.2 胎次

胎次增加,母猪体重也相应增加(Kristense等,2004),并且胎次极显著影响怀孕期、泌乳期体重和背膘变化,从而导致母猪泌乳期采食量变异(Cooper等,2001;吴登等,2004)。母猪胎次越高、体重越大,维持需要就越高,所以其自由采食量也可能高一些。如Guedes等(2001)的实验中,初产母猪泌乳期平均日采食量显著低于经产母猪(初产、经产母猪平均采食量分别为5.23、5.72 kg/d,  $P < 0.05$ )。其次,初产母猪胃肠道体积相对于它们的生产和营养需要还是比较小的,

所以,可能因为胃肠道对采食的更严重限制而导致初产母猪采食量低于经产母猪(Whittemore, 1996)。并且,母猪产奶能力也随着胎次的增加而增加。Etienne 等(1998)总结出规律,从第一到第二胎,母猪产奶量增加,第 2~4 胎达到高峰期并且维持一段时间,然后开始缓慢下降。研究指出,第 2 胎母猪产奶量比初产母猪高出 11%或 26%。产奶需要直接刺激了母猪的采食。另一方面,低胎次母猪自身还处于生长发育阶段,它还需要摄入比经产母猪更多的能量和蛋白用于自身生长(Mahan 等, 1998; Clowes 等, 1998)。通过强制饲喂使泌乳期母猪处于合成代谢状况,初产母猪把多余的营养更多地用来自身生长而不是产奶,经产母猪则会因此而增加产奶量(Pluske 等, 1998)。多重回归分析表明,平均日采食量依胎次的回归方程是: $Y=247X_1+9X_2-13X_3+62X_4-0.4X_5$ , Y 为平均日采食量(ADFI, g),  $X_1$  为胎次,  $X_2$  为断奶窝重(kg),  $X_3$  为环境温度( $^{\circ}\text{C}$ ),  $X_4$  为哺乳期长度(d),  $X_5$  为日粮能量浓度(kJ/kg)(Y. Koketsu 等, 1996a)。

#### 4.3 体况

##### 4.3.1 体重

泌乳第 1 周,母猪主要依赖其体储满足产奶需要,但从整个泌乳期来看,产奶量主要还是受当前采食量决定(Mullan 和 Williams, 1989; Revell 等, 1998b)。为了保证足够的体储,就必须对妊娠期或肥育期母猪进行高水平饲喂或使其自由采食,以满足泌乳早期产奶的需要。但是,妊娠期采食量的增加,将伴随泌乳期自由采食量(VFI)的降低(Mullan 和 Williams, 1989; Weldon 等, 1994a)。生长期猪的采食量太高也会导致泌乳期 VFI 的降低(Le Cozler 等 1998)。生长期或妊娠期高采食量将使母猪分娩时体重和背膘处于较高水平。但体脂的聚集也会导致泌乳期 VFI 的降低(Revell 等, 1998a),而分娩时体重对泌乳期 VFI 作用相对较小(Williams 和 Smits, 1991; Weldon 等, 1994a)。

##### 4.3.2 背膘厚

体脂厚度显著影响泌乳前 3 周的自由采食量。分娩时体重一致的初产母猪,背膘较厚(340 g 脂肪/kgBW),其采食量较低,而其血液中 NEFA 和甘油三酯水平平均高出瘦母猪(280 g 脂肪/kgBW)很多(Revell 等, 1998a)。泌乳期自由采食量随分娩时背膘厚升高而降低。对于背膘厚每增加 1 mm 时采食量的变化, Yang 等(1989)估计初产母猪和经产母猪采食量分别降低 189 g/d 和 129 g/d; Dourmad(1991)估计初产母猪采食量降低 63 g/d, Koketu 等(1996a)报道采食量降低 19 g/d(Eissen 等, 2000)。与瘦母猪相比,胖母猪泌乳细胞更少,胖母猪

(340 g 体脂/kgBW)泌乳期产奶量大约比瘦母猪(280 g 体脂/kgBW)少 15%,而低产奶量将抑制母猪的继续采食由此降低自由采食量(Revell 等, 1998b)。胖母猪每天采食次数少,因为它吸收和利用养分所需要的时间要长些。怀孕期饲喂标准日粮(SL; 1.85 kg/d)组使母猪整个怀孕期体重增加比自由采食(AL)组低,而哺乳期 AL 组母猪采食餐数明显低于 SL 组(Weldon 等, 1994a)。因为采食餐数少,所以采食量也就变少了。

##### 4.3.3 体蛋白储备

相同体重时,胖母猪用来产奶的体蛋白储备比瘦母猪要少(Revell 等, 1998a)。如果产奶受内源氨基酸供应的限制,那么,胖母猪因为体蛋白沉积少,所以,能提供来合成乳的成分也少,产奶量降低将伴随着自由采食量的降低(Williams, 1998)。怀孕期高蛋白日粮的使用,能提高经产母猪泌乳第一周或初产母猪整个泌乳期的采食量(袁森泉译, 1996; Mahan, 1998)。泌乳第 3 和 4 周的采食量将随日粮蛋白含量的升高而增加,这可能是由于乳的合成增加驱使母猪食入更多饲料(Revell 等, 1998a; Kristensen 等, 2004)。当体蛋白量受限时,即使泌乳母猪自由采食,其体脂肪储备也受限(Sinclair 等, 2001)。

#### 4.4 带仔数

每窝仔猪个体数越多,吮吸强度就越大,母猪产奶就越多(Auldish 等, 1998; Revell 等, 1998b)。奶产量(Y; kg/d)与窝个体数(LS: 8、10、12、14 头)存在明显的线性关系: $Y=5.98+0.689\times\text{LS}$ (哺乳第 10~14 d);  $Y=8.20+0.324\times\text{LS}$ (哺乳第 24~28 d)(Auldish 等, 1998)。窝个体数越大,母猪产奶量就越大,并且母猪体蛋白、体脂肪的流动有所不同(McNamara 等, 2002),它对能量的需求也变大,因此,自由采食量增加。但 Auldish(1998)的这个实验将母猪最高采食量限制在 5 kg,所以他的实验中母猪日采食量和窝大小并不存在线性关系。并且,泌乳期体重和背膘厚损失与窝大小存在明显线性相关。这就暗示哺乳 14 头仔猪的母猪采食量增加仍不足以完全满足其需要。

### 5 提高泌乳期采食量的饲喂策略

#### 5.1 妊娠期饲喂策略

妊娠期采食量和泌乳期采食量的关系是负相关(Bob Thaler, 美国大豆协会技术资料 SW1-00; Xue 等, 1997)。母猪能通过改变泌乳期采食量从而补偿妊娠期采食量的巨大差异。怀孕期自由采食的母猪其以血浆非必需脂肪酸(NEFA)形成的曲线区域及胰岛素水平都比限饲组(1.85 kg/d)低,也许,母猪限饲增加了其胰岛素的分泌而降低了 NEFA 的代谢,胰岛素分泌的

增加会增加饥饿感,从而降低 NEFA 的动员,增加外周葡萄糖的利用,促使母猪采食(Weldon 等,1994a)。这位学者进一步证实怀孕期过度饲喂对泌乳期采食量的降低缘于产生了胰岛素抗性(Weldon 等,1994a;Weldon 等,1994b;钱小勇译,1994)。妊娠第 60 d 至分娩期,使初产二元猪自由采食将使其泌乳期采食餐数显著低于限饲组,而每餐采食量两组一致,所以导致泌乳期采食量的差异(Weldon 等,1994a)。

人们一般根据体况或背膘来调控怀孕期饲喂量。但怀孕期根据背膘厚饲喂比根据体况评分进行饲喂更精确、更方便(Maes 等,2004),它能使群体中出现最佳比例背膘厚(分娩时背膘厚达到 19 mm)母猪的比例更高(Young 等,2004)。并且,泌乳期体重损失受怀孕期饲养和泌乳期影响,而泌乳期背膘损失只受怀孕期处理影响,所以建议以背膘厚衡量怀孕期饲喂效果(Sinclair 等,2001)。母猪的体重和背膘都是高遗传力指标(楼平儿等,2004)。泌乳期体重、背膘损失属于中等遗传力指标,并且在产仔前母猪身体组成性状比测定结束时的测定值是繁殖性能更好的预测者(王立贤等,2001)。泌乳期体重变化受胎次及妊娠期体重影响(Cooper 等,2001),所以,必须调整妊娠期饲喂方案,保证泌乳前期母猪有足够的体储备来产乳或满足自身生长(Nob 等,1997)。一般来说,妊娠期体重增长率以 110%~120%为宜(堀北哲也等,1997),即第 3~4 胎母猪至少得在妊娠期获得母体增重 25 kg,而胎儿以及其它妊娠产物增重将近 20 kg,母猪妊娠期总增重为 45 kg(Noblet 等,1990)。具体做法上,妊娠中期(配种后 30~60 d)可考虑自由采食,一方面提高母猪自身体重,另一方面也能消除因胎儿数增加而导致的对胎儿生长的抑制(Musser 等,2004);预产期前 21 d 开始加料比原来的前 14、7 d 开始加料要好[基础喂料 2 kg/(d·头),增加量为 1 kg/(d·头)],能显著提高仔猪初生窝重,减少妊娠天数( $P<0.05$ )(王楚端等,2002)。事实证明,从连续繁殖周期考虑,给母猪妊娠期提供高含量可发酵非淀粉多糖(NSP,以 45%的甜菜渣供给)日粮,使其自由采食,对繁殖性能无不利影响(van der Peet-Schwering 等,2004)。

## 5.2 泌乳期饲喂策略

初产母猪泌乳前期(1~21 d)或后期(22~28 d)限饲(限至自由采食量的 50%)都会降低其餐后血液中胰岛素、瘦素(Mao 等 1999)、平均胰岛素样生长因子 I (IGF-I)浓度和 LH 脉冲频率水平( $P<0.001$ ),加剧泌乳期体重和背膘的损失( $P<0.01$ ),延长断奶发情间隔(de Braganca 等,1998;Zak 等,1998),降低排卵率。泌

乳后期限饲的母猪其胚胎存活率极显著低于自由采食组和泌乳前期限饲组(Zak 等,1997;Quesnel 等,1998;Zak 等,1998)。尽管外源 GnRH(泌乳第 22 d 到第 28 d 每 6 h 肌肉注射 GnRH 800 ng)解除了限饲下对 LH 分泌的抑制,但它不能改善总体繁殖性能(Mao 等,1999)。泌乳期限饲(限饲至自由采食量的 50%)抑制了卵巢的活动,使得母猪断奶后卵巢轻于对照自由采食组,其卵泡小些, $\geq 4$  mm 的卵泡数少些。断奶时,限饲组的卵泡液中 IGF-I 浓度有低于自由采食组的趋势(Quesnel 等,1998)。泌乳期限饲会使母猪动员大量的体蛋白来维持母猪泌乳力(Clowes 等,1998)。体蛋白动员程度越大,母猪泌乳期活体重损失和计算的蛋白组织损失将极显著大于对照组,其断奶时屠宰后畜体瘦肉率显著低于其它组。母猪损失 10%~12%计算的体蛋白(calculated protein mass)时,窝生长速度在泌乳末期会显著降低。体蛋白损失最少的母猪其卵巢卵泡的发育最快;这种体况较好的母猪(high body mass sows)有着最大子宫重和最高浓度的卵泡液雌二醇浓度(Clowes,2003)。而对初产母猪强饲(通过胃导管灌注 125%自由采食量的食物),虽然没有蛋白的动员,但它对蛋白的消化率很差,导致乳中可消化氮减少,而产奶量与其它组相同(Clowes 等,1998),并且强饲显著降低了母猪断奶后采食量,使其体重和背膘损失更多,进而对下胎繁殖性能产生负面影响(Zak 等,1998)。

由此可见,泌乳期应使其自由采食。并且,为了避免体重、体脂肪、体蛋白的损失,要尽量提高其 VFI。泌乳期采食量随妊娠期和泌乳期蛋白摄入的增加而增加( $P<0.05$ ),高蛋白日粮组(45g CP/d)线性增加幅度大于低蛋白日粮组(15 g CP/d)( $P<0.05$ )(Kusina 等,1999)。

## 6 小结

母体脂肪和蛋白组织在不同繁殖阶段的沉积和动员,很大程度上缓解了泌乳期营养摄入不足,还可能是高产母猪不可替代的合成乳的能源。几乎所有泌乳期母猪都存在掉膘现象,可这种掉膘的允许是在合理分配全繁殖周期的能量供应为基础的。在母猪有效的使用年限里,为了保证其繁殖性能得到充分发挥,需要对后备猪生长期以及母猪妊娠期营养进行调控,以获得足够的体储备,同时又不影响繁殖性能。当前主要任务是探讨后备猪和妊娠期母猪饲养策略,使现代的瘦肉型母猪泌乳期采食量满足带仔数很多时的泌乳需要。

(参考文献 66 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 日粮精料水平对玉米秸瘤胃降解率的影响

李 华 汪行舟

日粮中精料水平的高低对反刍动物瘤胃的消化能力及日粮的利用率有较大的影响。本试验旨在探讨不同的精料添加水平下试验绵羊对玉米秸的瘤胃降解率,揭示精料添加水平与粗料瘤胃降解率的关系,为日粮合理利用提供理论依据和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验器材

尼龙袋:袋料孔眼大小为 30~40  $\mu\text{m}$ ,袋的体积为长 $\times$ 宽=8 cm $\times$ 12 cm,袋的制作方法是取一相当大小的尼龙布,用双重尼龙缝制而成,袋的边沿用烙铁烫或用胶黏接,以免脱丝。新袋在试验前要放入瘤胃内停留 72 h 才能用。

烘箱、电子天平等。

### 1.2 试验动物

绵羊 3 只,生长发育、营养状况、食欲与体质均正常,安装永久性瘤胃瘘管,采用单笼饲养。

### 1.3 日粮组成

试验日粮由混合精料和铡短的风干玉米秸构成。混合精料限量饲喂,饲养水平为 0.40、0.50、0.60 kg/d 三个水平。混合精料配方及营养水平见表 1。试验羊自由采食玉米秸,自由饮水。配料一次备足,均定量供给,试验分阶段完成。

表 1 试验羊精料组成及营养水平

原料	组成(%)	营养水平	
玉米	55.0	NE <sub>L</sub> (MJ/kg)	7.50
豆饼	31.0	CP(%)	18.50
棉粕	10.0	Ca(%)	1.25
石粉	1.0	P(%)	0.73
磷酸氢钙	1.0		
食盐	1.5		
预混料	0.5		

### 1.4 饲料瘤胃降解率的测定

采用尼龙袋法测定饲料的瘤胃降解率步骤:

李华,广东海洋大学动物营养与饲料科学学院,524088,广东省湛江市广东海洋大学主校区 24# 信箱。

汪行舟,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-11-12

① 从大量饲料中获取具有代表性的样品,粉碎后将待测饲料过 2.5 mm 筛,在 65  $^{\circ}\text{C}$  烘 48 h。

② 用两个尼龙袋分别装玉米秸和精料,玉米秸装入量为 2.5 g/袋,精料 4.0 g/袋,把尼龙袋口扎紧,两个袋子夹一根塑料管上扎好,由瘤胃瘘管投入绵羊瘤胃中,管的另一端挂在瘘管盖上,每种饲料做 3 个重复。

③ 在放袋后 8、12、24、48、72 h 分 5 次取出管,取出的尼龙袋连同塑料管一起用温水(37~40  $^{\circ}\text{C}$ )缓缓冲洗,或用手轻压,直至水清为止。

④ 将尼龙袋从管上取下,把未干净部分冲洗后,放入 65~70  $^{\circ}\text{C}$  烘箱烘干 48 h 左右至恒重,称重,记录。

⑤ 烘干样保存测定 NDF、ADF、DM 等营养成分。

⑥ 按下式计算待测饲料的瞬间降解率( $t$ 时刻):  
被测成分某时间点( $t$ )的降解率=

$$\frac{\text{降解前袋内的重量(g)} - \text{降解后袋内的重量(g)}}{\text{降解前袋内重量(g)}} \times 100\%$$

⑦ 待测饲料的瘤胃动态降解率按  $\Phi$ rskov 和 McDonald(1979)提出的模型<sup>[1]</sup>进行分析: $p = a + b(1 - e^{-ct})$ 。

式中: $p$ —— $t$ 时刻的降解率(%);

$a$ ——快速降解饲料成分(%);

$b$ ——慢速降解饲料成分(%);

$c$ ——降解速率常数;

$t$ ——饲料在瘤胃内的停留时间(h)。

对上式进行最小二乘数据拟合,得出  $a$ 、 $b$ 、 $c$  值。

待测饲料的瘤胃有效降解率与饲料的瘤胃流通速度  $k$  有关, $k$  为瘤胃外流速度,取  $k=0.025$ ,则饲料的有效降解率为  $P = a + bc/(c+k)$ 。

### 1.5 试验设计

采用单因素试验设计,分三个试验期,混合精料分 0.40、0.50、0.60 kg/d 三个水平。预试期 5 d,正试期 5 d。采用尼龙袋法进行饲料瘤胃降解率的测定,试验设计见表 2。

### 1.6 成分测定

饲料原料、尼龙袋中饲料残渣的 DM、ADF、NDF 等成分依据《饲料分析与饲料检测技术》(杨胜,1993)<sup>[2]</sup>

表 2 消化试验设计

阶段	羊头数(头)	预试期(d)	正试期(d)	日粮方案
1	3	5	5	配合料 0.40 kg+1.0 kg 玉米秸秆
2	3	5	5	配合料 0.50 kg+1.0 kg 玉米秸秆
3	3	5	5	配合料 0.60 kg+1.0 kg 玉米秸秆

进行测定。

1.7 数据处理

试验数据用 SAS 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同精料水平对玉米秸 DM 降解率的影响(见

表 3)

由表 3 可知,日粮精料水平对玉米秸 DM 有效降解率影响显著,在精料水平为 0.40 kg/d 时 DM 有效降解率最高,与 0.60 kg/d 组相比差异显著(P<0.05)。并且随着精料水平的增加,DM 有效降解率显著降低。

表 3 不同精料水平对 DM 降解率的影响(%)

项目	8 h	12 h	24 h	48 h	72 h	P 值	a	b	c
0.40 kg/d	21.64	25.85	35.82	47.65	53.42	37.52±2.08 <sup>a</sup>	11.56	47.35	0.029
0.50 kg/d	20.00	22.81	30.05	43.00	52.46	35.52±0.89 <sup>ab</sup>	13.97	67.83	0.012
0.60 kg/d	18.31	20.31	28.22	40.47	50.16	33.56±2.69 <sup>b</sup>	12.75	74.18	0.010

注:1.同列数据肩标不同小字母差异显著(P<0.05),不同大写字母差异极显著(P<0.01),无肩标者差异不显著(P>0.05);  
2.c 为常数无单位,以下各表同。

2.2 不同精料水平对玉米秸 NDF 降解率的影响(见表 4)

由表 4 可知,日粮精料水平对玉米秸 NDF 有效降

解率在精料水平为 0.50 kg/d 时最高,与精料水平 0.60 kg/d 相比差异极显著(P<0.01),但与 0.40 kg/d 相比差异不显著(P>0.05)。

表 4 不同精料水平对 NDF 降解率的影响(%)

项目	8 h	12 h	24 h	48 h	72 h	P 值	a	b	c
0.40 kg/d	5.02	13.10	29.87	44.75	49.51	28.18±1.04 <sup>ABa</sup>	-16.53	68.29	0.047
0.50 kg/d	7.20	15.21	31.36	44.77	48.67	29.02±3.73 <sup>Ba</sup>	-14.71	64.99	0.051
0.60 kg/d	6.32	11.90	23.74	34.71	38.46	22.92±3.41 <sup>Ab</sup>	-8.35	48.76	0.045

2.3 不同精料水平对玉米秸 ADF 降解率的影响(见表 5)

由表 5 可知,ADF 的有效降解率在日粮精料水平

为 0.40 kg/d 时最高,与精料水平 0.50 kg/d 组相比差异不显著(P>0.05),但与精料水平 0.60 kg/d 组相比差异极显著(P<0.01)。

表 5 不同精料水平对 ADF 降解率的影响(%)

项目	8 h	12 h	24 h	48 h	72 h	P 值	a	b	c
0.40 kg/d	19.11	25.60	38.97	50.59	54.20	37.44±1.73 <sup>ABa</sup>	1.65	54.19	0.049
0.50 kg/d	18.50	24.85	38.28	50.64	54.84	37.30±3.07 <sup>ABa</sup>	1.80	55.19	0.045
0.60 kg/d	9.96	14.74	25.76	38.05	43.54	26.75±2.40 <sup>Bb</sup>	-1.76	49.73	0.037

3 小结

在反刍动物瘤胃内易消化碳水化合物作为能源物质供微生物生长。由于粗饲料可提供的易消化的碳水化合物十分有限,因此必须通过提供足量的易消化碳水化合物作为微生物生长的能源,而补饲易消化碳水化合物的多少对粗饲料的利用率影响很大。Rode 等研究牛日粮精粗比为 23 : 77 和 68 : 32 时碳水化合物的利用率,发现精粗比为 68 : 32 时效率较高<sup>[9]</sup>。孟庆祥等研究发现精料占日粮 20%~60%时对日粮消化率无显著影响,但精料比例为 80%时 DM 有效降解率降低<sup>[4]</sup>。本研究也得出类似结果,DM 瘤胃有效降解

率随着精料水平的增加而降低,其中精料水平 0.40 kg/d 与 0.60 kg/d 相比差异显著(P<0.05);NDF 有效降解率在精料水平为 0.50 kg/d 时最高,与精料水平 0.60 kg/d 相比差异极显著(P<0.01),但与 0.40 kg/d 相比差异不显著(P>0.05);ADF 的有效降解率在日粮精料水平为 0.40 kg/d 时最高,与精料水平 0.50 kg/d 相比差异不显著(P>0.05),但与精料水平 0.60 kg/d 相比差异极显著(P<0.01)。综合考虑,为提高秸秆利用率及合理搭配日粮精粗比,以精料添加量不大于 0.50 kg/d 为宜。

(参考文献若干篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 吐温对绵羊采食、瘤胃代谢、CMCase活力和原虫数量的影响

王宏勇 孙浩 陈勇

**摘要** 以4只装有永久性瘤胃瘘管的新疆美利奴羊为试验动物,采用4×4拉丁方设计,研究添加10 g/d的吐温对绵羊瘤胃消化代谢的影响。在4期试验中每只羊分别添加吐温40、吐温60、吐温80或不添加任何吐温。结果表明:添加吐温对绵羊粗饲料及部分营养物质采食量无显著影响;添加吐温40和吐温60对瘤胃液pH值和氨态氮无显著影响,但吐温80可显著降低瘤胃pH值( $P<0.05$ ),对氨态氮浓度无显著影响;与对照组相比,添加吐温60和80使总VFA浓度分别提高8.25%和13.01%,添加吐温60可使乙、丙、丁酸平均浓度分别提高7.94%、9.09%和8.56%( $P<0.05$ ),添加吐温80可使乙、丙、丁酸平均浓度分别提高12.19%、14.23%和15.59%( $P<0.01$ );添加吐温60和80分别使CMCase活力提高12.85%和18.71%( $P<0.05$ );添加吐温对瘤胃液中原虫数量均无显著影响。以上结果显示,吐温对绵羊瘤胃发酵调节作用的大小依次为吐温80>吐温60>吐温40,其中吐温60和80可能是值得开发的新型反刍动物饲料添加剂。

**关键词** 吐温;绵羊;瘤胃;代谢

**中图分类号** S816.79

吐温(Tween,学名:聚山梨酯)是一类非离子型表面活性剂,由山梨醇与脂肪酸酯化生成的多聚化合物,因其可改变厌氧真菌细胞膜的流动性,刺激纤维素水解酶的分泌(Reese等,1969),因而具有调节反刍动物瘤胃发酵的潜力。研究表明,在体外厌氧培养条件下,吐温80明显促进棉花秸秆的降解,其最佳作用范围为0.1%~0.2%(陈勇等,2005)。当添加0.2%的吐温后,玉米秸秆在混合绵羊瘤胃液中的降解以吐温80的效果最好,吐温60次之(陈勇等,2007)。

日粮中添加吐温80使肉牛对大麦干物质降解率提高,瘤胃pH值降低,总VFA浓度随添加量呈线性增长,CMCase活力有所增加,并使奶牛产奶量提高3.2 kg/d(Hristov等,2000;Kim等,2004;Shelford等,1996)。虽然吐温80可促进酶制剂与底物的结合,并提高羔羊对中性洗涤纤维的消化率,但减少羔羊对干物质的采食量和日增重,并降低饲料转化率,显著延长育肥时间(McAllister等,2000)。由此可见,吐温80

对反刍动物瘤胃的调节作用仍存在争议,而吐温对于绵羊瘤胃发酵的影响则鲜有报道。另外,目前大多研究集中在吐温80,而关于其它类型吐温的研究也很少。本试验在日粮中分别添加吐温40、吐温60或吐温80,以研究吐温对绵羊粗饲料采食量、瘤胃代谢、CMCase活力和原虫数量的影响,为吐温作为反刍动物瘤胃发酵调控剂提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验动物和饲养管理

选取4只装有永久性瘤胃瘘管的健康雄性新疆美利奴羊作为试验动物。采用先精后粗的饲喂方式,每天分两次(即9:00和21:00)饲喂精料400 g,待精料采食完毕后自由采食玉米秸秆,自由饮水。日粮组成、混合精料和玉米秸秆概略养分见表1。

表1 混合精料组成及概略养分含量(% DM)

混合精料组成	配比	概略养分	混合精料	玉米秸秆
玉米粉	68.45	干物质	91	92.56
棉粕	28	粗蛋白	21.27	6.6
加碘食盐	2.3	有机物	94.1	89.42
尿素	0.8	纤维素	3.84	35.64
磷酸氢钙	0.4	半纤维素	7.4	25.77
预混料*	0.05	钙	0.48	0.53
		总磷	0.46	0.08

注:每千克预混料中含0.75 g I、0.45 g Se、0.3 g Co、1.27 g Cu、23 g S、 $4 \times 10^6$  IU VA、 $8 \times 10^5$  IU VD。

### 1.2 试验设计及样品采集

王宏勇,新疆农业大学动物科学学院动物营养实验室,830052,新疆乌鲁木齐市南昌路42号。

孙浩,新疆维吾尔自治区畜牧厅。

陈勇(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-11-26

★ 新疆维吾尔自治区高校科研项目(XJEDU2004 S08)

试验采用 4×4 拉丁方设计,分别添加 10 g/d 吐温 40、吐温 60、吐温 80,对照组不加任何吐温。预饲期 14 d,正试期 9 d。正试期前 6 d 测定绵羊的采食量,第 7 d 开始采瘤胃液。每天采样 5 次,即饲喂后 0 h(饲喂前)、1.5、4、8、12 h 采集,每次采集 30 ml。采后立即测 pH 值,然后用四层纱布过滤,滤液加 2 滴饱和氯化汞,于 -20 ℃ 冰箱保存,待测。同时时间点连续采集 3 d。

### 1.3 样品分析

瘤胃液 pH 值采用 pH/ISO720 离子计测定;氨态氮采用冯宗慈等(1993)的方法测定;乙酸、丙酸和丁酸含量用 C<sub>18</sub> 反相高效液相色谱法(RF-HPLC)测定

(赵建军等,1993);CMCase 活力用张慧玲等(2007)的方法测定;瘤胃液中原虫计数采用卢德勋(1991)的方法测定;干物质、纤维素、半纤维素、Ca、P 采用杨胜(1993)的方法测定。

### 1.4 数据处理

数据统计分析采用 SPSS13.0 软件进行多因素方差分析,试验数据以平均数±标准差表示,多重比较采用 LSD 法。

## 2 结果与分析

### 2.1 添加吐温对绵羊玉米秸秆、部分养分采食量的影响(见表 2)

表 2 添加吐温对绵羊玉米秸秆、部分养分采食量的影响[g/(d·只)]

项目	对照组	吐温 40	吐温 60	吐温 80
混合精料	400	400	400	400
玉米秸秆	1 026±164	1 027±162	1 008±124	1 072±154
干物质	1 313.17±152.51	1 313.03±150.91	1 296.01±115.14	1 354.92±142.95
有机物	1 293.89±147.31	1 294.41±145.56	1 278.82±111.39	1 334.79±137.07
粗蛋白	144.95±10.16 <sup>ab</sup>	145.05±11.30 <sup>ab</sup>	143.06±8.64 <sup>b</sup>	148.98±9.83 <sup>a</sup>
纤维素	382.37±56.89	381.91±59.47	377.59±45.07	399.99±53.25
半纤维素	294.17±42.32	293.36±43.02	290.02±31.70	305.98±39.17

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

将吐温混入精料补充料中饲喂给绵羊,由于其特有的脂肪气味在试验初期绵羊出现轻度拒食现象,一般在经过 2~3 d 的适应期后采食恢复正常。从表 2 可以看出,添加吐温对玉米秸秆、有机物、纤维素和半纤

维素的采食量均无显著影响;与添加吐温 60 相比,添加吐温 80 使绵羊粗蛋白采食量增加 5.92 g(P<0.05)。

### 2.2 添加吐温对绵羊瘤胃 pH 值和氨态氮浓度的影响(见表 3)

表 3 添加吐温对绵羊瘤胃液 pH 值和氨态氮浓度的影响(n=4)

项目	对照组	吐温 40	吐温 60	吐温 80
pH 值				
0 h	6.34±0.08 <sup>a</sup>	6.27±0.05 <sup>ab</sup>	6.30±0.16 <sup>a</sup>	6.19±0.14 <sup>b</sup>
1.5 h	6.31±0.14	6.30±0.10	6.25±0.14	6.21±0.17
4 h	6.10±0.12	6.06±0.12	6.00±0.13	5.96±0.18
8 h	6.18±0.11 <sup>a</sup>	6.04±0.14 <sup>ab</sup>	6.03±0.12 <sup>ab</sup>	5.96±0.23 <sup>b</sup>
12 h	6.28±0.13	6.24±0.10	6.21±0.18	6.17±0.21
平均	6.24±0.10 <sup>a</sup>	6.18±0.09 <sup>ab</sup>	6.16±0.14 <sup>ab</sup>	6.10±0.18 <sup>b</sup>
氨态氮(mg/100 ml)				
0 h	11.43±2.18	11.20±1.86	11.20±2.14	10.70±1.47
1.5 h	26.17±0.86	23.98±1.61	24.07±2.38	24.09±2.51
4 h	20.09±2.37	18.57±0.96	19.22±1.69	18.53±2.51
8 h	14.16±1.44	12.86±.67	12.75±2.41	13.32±2.65
12 h	11.47±1.20	11.09±1.27	11.04±1.94	10.24±0.66
平均	16.66±0.92	15.54±0.73	15.66±1.27	15.37±0.97

由表 3 可知,与对照组相比,添加吐温 40 和 60 虽有降低各时间点瘤胃液 pH 值的趋势,但差异均不显著。相比较而言,吐温 80 对瘤胃液 pH 值的影响最大,饲喂前和饲喂 8 h 后,吐温 80 可显著降低瘤胃液 pH 值(P<0.05),并且平均 pH 值也显著低于对照组。此外,不同吐温之间对绵羊瘤胃液 pH 值无显著差异。添

加吐温可使瘤胃液氨态氮浓度呈降低趋势,添加吐温 80 组总体降低幅度最大,但各组间差异均不显著(P>0.05)。试验羊的瘤胃液氨态氮浓度在 10.24 mg/100 ml~26.17 mg/100 ml 之间变动。

### 2.3 添加吐温对绵羊瘤胃液 VFA 的影响(见表 4)

由表 4 可以看出,添加吐温可使绵羊瘤胃液的

表 4 添加吐温对绵羊瘤胃液乙、丙、丁酸浓度的影响(mmol/l, n=4)

项目	对照组	吐温 40	吐温 60	吐温 80
乙酸				
0 h	61.76±1.99 <sup>b</sup>	64.66±1.85 <sup>ab</sup>	66.61±3.95 <sup>ab</sup>	68.33±2.55 <sup>a</sup>
1.5 h	60.95±3.07 <sup>c</sup>	62.47±4.05 <sup>bc</sup>	66.46±3.24 <sup>a</sup>	65.69±2.45 <sup>ab</sup>
4 h	64.62±1.55 <sup>cb</sup>	67.62±4.16 <sup>cb</sup>	70.74±5.87 <sup>abAB</sup>	77.01±2.68 <sup>aA</sup>
8 h	65.13±1.03 <sup>bb</sup>	70.74±4.37 <sup>aAB</sup>	71.28±3.12 <sup>aA</sup>	73.83±2.57 <sup>aA</sup>
12 h	64.31±7.27	67.74±1.58	66.78±2.76	70.48±4.32
平均	63.35±2.25 <sup>cb</sup>	66.65±2.21 <sup>bcAB</sup>	68.38±2.84 <sup>abAB</sup>	71.07±2.83 <sup>aA</sup>
丙酸				
0 h	18.89±0.99 <sup>bb</sup>	20.87±0.48 <sup>aA</sup>	21.01±1.60 <sup>aA</sup>	21.39±0.74 <sup>aA</sup>
1.5 h	19.43±1.97	20.59±1.33	20.93±1.82	21.36±0.79
4 h	20.79±2.17 <sup>cb</sup>	22.11±0.17 <sup>bcAB</sup>	22.98±1.83 <sup>abAB</sup>	25.06±1.06 <sup>aA</sup>
8 h	20.73±1.36 <sup>cb</sup>	21.89±1.39 <sup>bcBC</sup>	23.03±1.03 <sup>abAB</sup>	24.54±1.17 <sup>aA</sup>
12 h	20.34±1.42 <sup>b</sup>	20.32±0.55 <sup>b</sup>	21.34±1.14 <sup>ab</sup>	22.06±1.62 <sup>a</sup>
平均	20.03±1.52 <sup>cb</sup>	21.15±0.43 <sup>bcAB</sup>	21.85±1.01 <sup>abAB</sup>	22.88±0.55 <sup>aA</sup>
丁酸				
0 h	10.62±0.97	10.94±1.30	11.33±1.72	11.43±0.55
1.5 h	11.32±1.18 <sup>b</sup>	11.44±0.49 <sup>b</sup>	11.43±1.39 <sup>b</sup>	12.85±0.67 <sup>a</sup>
4 h	11.84±1.59 <sup>cb</sup>	12.79±1.67 <sup>bcBC</sup>	12.92±0.26 <sup>cb</sup>	14.38±0.99 <sup>aA</sup>
8 h	10.85±0.93 <sup>b</sup>	11.74±1.73 <sup>ab</sup>	12.92±0.70 <sup>a</sup>	13.45±1.01 <sup>a</sup>
12 h	10.89±0.63	11.62±1.09	11.68±0.89	12.04±0.47
平均	11.10±0.97 <sup>bb</sup>	11.70±0.59 <sup>abB</sup>	12.05±0.81 <sup>abAB</sup>	12.83±0.55 <sup>aA</sup>
总挥发性脂肪酸				
0 h	91.27±1.18 <sup>b</sup>	96.46±2.59 <sup>ab</sup>	98.94±6.81 <sup>a</sup>	101.16±2.39 <sup>a</sup>
1.5 h	91.68±3.25 <sup>b</sup>	94.50±4.79 <sup>ab</sup>	98.83±6.30 <sup>a</sup>	99.91±2.66 <sup>a</sup>
4 h	97.25±3.02 <sup>c</sup>	102.52±5.54 <sup>bcBC</sup>	106.64±7.23 <sup>abB</sup>	116.45±3.37 <sup>aA</sup>
8 h	96.71±2.05 <sup>cb</sup>	104.38±7.06 <sup>abAB</sup>	107.23±3.34 <sup>abA</sup>	111.81±3.98 <sup>aA</sup>
12 h	95.54±8.08	99.68±0.69	99.79±4.26	104.58±5.39
平均	94.49±2.62 <sup>cb</sup>	99.51±2.84 <sup>bcBC</sup>	102.29±4.03 <sup>abAB</sup>	106.78±3.49 <sup>aA</sup>

乙、丙、丁酸浓度在各时间点均增加,总挥发性脂肪酸平均浓度提高幅度为 5.02%~12.29%。在饲喂后 4~8 h 达到最大值,其后逐渐恢复到饲喂前水平。添加吐温 80 可使乙、丙、丁酸和总挥发性脂肪酸平均浓度分别提高 12.19%、14.23%、15.59%和 13.01%,差异极显著(P<0.01)。添加吐温 60 可使乙、丙、丁酸和总挥发性脂肪酸平均浓度分别提高 7.94%、9.09%、8.56%和 8.25%,差异显著(P<0.05)。添加吐温 40 虽然使三种酸的浓度均有所增加,但未达到显著水平(P>0.05)。

2.4 添加吐温对绵羊瘤胃 CMCase 活力的影响(见表 5)

表 5 添加吐温对绵羊瘤胃液 CMCase 活力的影响(IU/ml, n=4)

项目	对照组	吐温 40	吐温 60	吐温 80
0 h	96.82±9.23	106.67±11.15	111.81±9.99	111.52±9.90
1.5 h	87.43±1.59	87.36±7.29	90.58±2.98	94.33±4.51
4 h	96.27±4.07 <sup>cb</sup>	101.38±6.24 <sup>bcAB</sup>	110.14±7.64 <sup>abAB</sup>	117.14±11.95 <sup>aA</sup>
8 h	109.85±6.89 <sup>cb</sup>	110.55±7.30 <sup>cb</sup>	123.47±4.35 <sup>b</sup>	136.82±9.80 <sup>aA</sup>
12 h	94.03±4.99	97.04±9.96	106.71±11.09	108.44±10.42
平均	96.58±3.95 <sup>bc</sup>	100.00±6.05 <sup>bcBC</sup>	108.99±6.43 <sup>abAB</sup>	114.65±5.83 <sup>aA</sup>

添加吐温可提高 CMCase 活力。如表 5 中所示,

试验各组 CMCase 活力平均值均比对照组高,各组酶活力在饲喂后 4~8 h 达到最大值。添加吐温 80 后,CMCase 活力在 4 h 和 8 h 比对照组提高 21.68%和 24.55%(P<0.01);添加吐温 60 组,在 4 h 和 8 h 比对照组提高 14.41%(P<0.05)和 12.40%(P<0.01);吐温 40 对 CMCase 活力有提高的趋势,但无显著影响。添加吐温 60 和 80 分别使 CMCase 平均活力提高 12.85%和 18.71%(P<0.01)。

2.5 添加吐温对绵羊瘤胃原虫数的影响(见表 6)

表 6 添加吐温对绵羊瘤胃原虫数的影响(万个/ml, n=4)

项目	对照组	吐温 40	吐温 60	吐温 80
0 h	36.19±10.83	42.34±12.80	40.00±13.87	36.60±6.58
1.5 h	29.35±9.95	26.78±9.89	30.47±8.80	28.74±5.06
4 h	33.35±6.68	33.91±11.95	33.00±10.72	33.09±7.72
8 h	33.22±6.65	34.22±9.98	36.03±11.02	32.13±8.85
12 h	36.81±10.73	34.04±4.15	41.28±12.66	36.33±8.93
平均	33.78±6.81	34.25±6.79	36.16±11.09	33.38±6.71

由表 6 可知,添加吐温对绵羊瘤胃原虫数无显著影响。添加吐温 40 和 60 组使原虫数量略有增加,添加吐温 80 组使原虫数量略减少,但均未达到显著水平(P>0.05)。

### 3 讨论

#### 3.1 添加吐温对绵羊玉米秸秆、部分养分采食量的影响

有关吐温对反刍动物采食量影响的报道到目前为止还不多见。在本试验中,虽然吐温由于其特殊的脂肪气味,使绵羊出现轻度拒食现象,但经过 2~3 d 适应后,均能恢复正常的采食量,添加吐温 40、60、80 对成年绵羊的粗饲料采食量无显著影响,这与现有的报道相一致。Hristov 等(2000)在肉牛日粮中添加 2 g/kg 吐温 80 后发现对日粮采食量以及营养物质的表观消化率无显著影响。Kim 等(2004)报道,吐温 80 对肉牛干物质采食量也无显著影响。而 McAllister 等(2000)报道,吐温 80 甚至减少羔羊对干物质的采食量和日增重,并降低饲料转化率,显著延长育肥时间。这可能与瘤胃发育的完善程度以及吐温添加的剂量有关。

#### 3.2 添加吐温对绵羊瘤胃发酵参数的影响

瘤胃液的 pH 值是一项反映瘤胃发酵水平的重要指标。饲料中的碳水化合物在瘤胃中可被发酵产生大量的 VFA,使 pH 值下降。受瘤胃食糜中的 VFA 与唾液缓冲盐相互作用以及瘤胃上皮对 VFA 的吸收和食糜流出等因素影响,一般瘤胃液 pH 值在 6~7,但具体因动物日粮类型和采食频率而变化(冯仰廉,2004)。本试验结果表明,试验各组与对照组相比较瘤胃液 pH 值均有降低趋势。添加吐温 80 组可使瘤胃液 pH 值显著降低( $P<0.05$ ),这与 Lee 等(2003)和 Kim 等(2004)报道一致。说明添加吐温 80 后,随瘤胃内总 VFA 浓度的增加,使 pH 值随之下降。但添加吐温 40 和 60 组差异不显著( $P>0.05$ ),说明不同种类的吐温对绵羊瘤胃发酵调控的潜力是有差异的,其具体作用机制有待进一步研究。

Kim 等(2004)报道,添加吐温 80 对 Hanwoo 牛瘤胃内氨态氮浓度无显著影响,本试验结果与该报道一致。但 Lee 等(2003)研究表明添加吐温可使瘤胃氨态氮浓度增加,这可能与试验条件不一致有关。Satter (1974)指出,只要氨态氮浓度大于 5 mg/100 ml,对瘤胃微生物蛋白的合成就足够了。本试验中,试验羊的瘤胃氨态氮浓度在 10.24 mg/100 ml 和 26.17 mg/100 ml 之间变动,属于正常的范围。

瘤胃中碳水化合物发酵的终产物主要是乙酸、丙酸、丁酸等 VFA,其含量和组成是反映瘤胃消化代谢活动的重要指标。本试验中,添加吐温 60 和 80 组使

绵羊瘤胃乙、丙、丁酸浓度显著增加( $P<0.05$ )。体外发酵试验结果表明,添加吐温 80 使瘤胃液中总 VFA 显著增加(Wang 等,2003;陈勇等,2005)。Kim 等(2004)报道,总 VFA 浓度随吐温 80 添加量的增加呈线性增长,这表明添加吐温可促进瘤胃内碳水化合物的水解。

#### 3.3 添加吐温对绵羊瘤胃 CMCase 活力的影响

研究表明,吐温通过改善细胞膜的通透性、促进酶与底物的结合等方式,促进酶的释放,提高酶活力。吐温可提高厌氧真菌纤维素水解酶、木霉菌(*Trichoderma spp*) 纤维素酶的产量和酶的活性(Reese 等,1969;王亚林等,2002)。Kim 等(2004)报道,与对照组相比添加吐温 80 使瘤胃中 CMCase 活力提高 24.4%( $P<0.05$ )。本试验结果显示,添加吐温 60 和 80 分别使 CMCase 平均活力提高 12.85%和 18.71%( $P<0.01$ ),而添加吐温 40 组虽然有所增加,但差异不显著( $P>0.05$ )。

#### 3.4 添加吐温对绵羊瘤胃原虫数的影响

瘤胃内原虫数可作为反映瘤胃内环境指标之一,它对瘤胃发酵产生重要的影响。本试验结果显示,添加吐温对绵羊瘤胃原虫数无显著影响( $P>0.05$ ),与 Hristov 等(2000、2003)报道一致。瘤胃原虫的种类和种群数量受对宿主的饲喂条件和生理因素等的影响。日粮精料比例过高时,导致 pH 值下降,进而使原虫数迅速降低。在瘤胃中,多数原虫隐蔽于固体饲料中,液相中原虫的浓度只是固相中的 10%~20%,因此瘤胃固体物质是维持原虫数量的必要条件。

### 4 结论

本试验研究表明,添加吐温 40 对绵羊瘤胃各项指标无显著影响;添加吐温 60 和 80,可降低瘤胃 pH 值,对氨态氮浓度无影响,可提高 VFA 浓度和 CMCase 活力,对绵羊的瘤胃发酵有促进作用,对绵羊瘤胃原虫数无影响。因此,吐温对绵羊瘤胃发酵调节潜力的大小依次为吐温 80>吐温 60>吐温 40,其中吐温 60 和 80 可能是值得开发的新型反刍动物饲料添加剂。

(参考文献 16 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:张学智, [mengzai007@163.com](mailto:mengzai007@163.com))

# 反刍动物饲料中 总磷的红外反射光谱分析研究

牛智有 韩鲁佳

**摘要** 利用红外反射光谱分析技术,采用偏最小二乘回归(PLS)方法,分别对光谱进行附加散射校正、变量标准化、一阶导数和二阶导数处理,建立了反刍动物饲料中总磷的预测模型。附加散射校正和二阶导数处理定标效果最优。定标集化学分析值与预测值之间的决定系数( $R^2$ )和标准差(RM-SEC)分别为 0.942 6 和 0.034 7,相对分析误差为 4.32;验证集化学分析值与预测值之间的决定系数( $r^2$ )和标准差(RMSEP)分别为 0.932 1 和 0.035 9,相对分析误差为 3.93。结果表明,利用红外光谱反射分析技术可以定量检测反刍动物饲料中总磷的含量。

**关键词** 反刍动物饲料;总磷;红外反射光谱;偏最小二乘回归

中图分类号 S816.17

红外反射光谱(NIRS)分析技术是近年来发展起来的一种新型的快速分析检测技术,具有测试速度快、无需对样品进行处理、多种成分同时分析、成本低等诸多优点,在饲料品质检测方面已得到广泛的应用。不仅能测定饲料中的常规成分,而且能测定饲料中的微量成分,如氨基酸、维生素等,还可以进行饲料营养价值评定,如总能、消化能、可利用氨基酸、有机物消化率等的测定。饲料中的矿物质,如钙、磷、镁等,从理论上讲在红外区无吸收,因此应用该技术测定矿物元素似乎不可能,但国外学者在这方面进行了大量的研究探讨,随着红外光谱技术和计算机技术的发展,取得了一定的成果<sup>[1-4]</sup>。

笔者应用红外反射光谱分析技术,收集代表性反刍动物饲料样本,通过对样本红外反射光谱分析,选择最优的光谱预处理方法,采用偏最小二乘回归(PLS)定标方法,建立反刍动物饲料总磷的红外反射光谱定量分析模型,为饲料总磷的检测提供新的思路和方法。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样品的采集与制备

收集反刍动物饲料样本共 145 个,其中牛料 117 个,羊料 28 个,分别来自山东、新疆、辽宁、河北、吉林、山西、北京、湖北、内蒙等地饲料加工厂或养殖场。

### 1.2 红外光谱仪

美国 Thermo Nicolet 公司生产的 Antaris-360N 型傅立叶变换红外反射光谱仪;光源为钨卤灯,检测器为铟镓砷(InGaAs),漫反射积分球附件,旋转式石英样品池(内径 5 cm),标准陶瓷片作为参比。谱区采集范围 10 000~4 000  $\text{cm}^{-1}$ ;扫描次数 32 次;采样间隔 3.857  $\text{cm}^{-1}$ ;分辨率 8  $\text{cm}^{-1}$ 。

### 1.3 实验方法

通过高速万能粉碎机(FW135型)对样本进行粉碎,使其全部通过 1 mm 筛孔,并混合均匀,备于光谱采集。样本总磷采用钼黄比色法(GB/T6437—1992)测定。利用 1.2 节仪器配套的 TQ Analysisv6.0 定量分析软件实现光谱数据的获取、转换和光谱的存储。

### 1.4 异常样本的判别方法

采用 PLS 算法和留一交叉验证法(cross-validation)对全部样本光谱进行异常值检验。光谱和化学值异常(outlier)分别采用光谱杠杆值(Leverage)和学生残差(Residual)这两个统计量<sup>[5]</sup>。光谱杠杆值(Leverage)的阈值设为各样本平均影响值的 2 倍,如果大于该阈值,则可判断该样本光谱异常。学生残差的阈值设为样本平均值的 3 倍,大于该阈值意味着该样本化学值异常。光谱和化学值均异常的样本为“特异”样本,从样本集中剔除<sup>[6]</sup>。

### 1.5 分析模型定标方法

采用偏最小二乘回归法建立 NIRS 定标模型。通过对样本原始光谱进行附加散射校正(MSC)、变量标准化(SNV)、一阶导数(First derivative)和二阶导数(Second derivative)处理,以定标集决定系数( $R^2$ )和标准差(RMSEC)、交互验证决定系数(1-VR)和交互验证

牛智有,华中农业大学工程技术学院,博士,副教授,430070,湖北省武汉市洪山区南湖狮子山 1 号。

韩鲁佳,中国农业大学工学院。

收稿日期:2007-12-27

标准差(RMSECV)作为衡量定标模型质量优劣的指标<sup>[7,8]</sup>,以最小的RMSECV值对应的因子数为最佳主因子数,显然各项决定系数越大、标准差越小,表明模型的定标效果越好,预测精度越高,依此选择最优的光谱预处理方法。并用相对分析误差(RPD)对定标模型的定标效果和预测精度进行进一步验证<sup>[9,10]</sup>。如果 $RPD > 3$ ,则说明定标效果良好,预测精度高,所建立的NIRS定标模型可用于实际检测;如果 $2.5 < RPD < 3$ ,说明用NIRS分析技术对该成分进行定量分析是可行的,但其预测精度有待于进一步提高;如果 $RPD < 2.5$ ,则说明该组分难以进行NIRS定量检测分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 样本的近红外反射光谱图

在 $10\ 000\sim 4\ 000\text{ cm}^{-1}$ 谱区范围内,样本近红外反射光谱曲线各区段表现出独特吸收特征(如图1所示),这为总磷的NIRS定量分析提供了丰富的光谱信息基础。

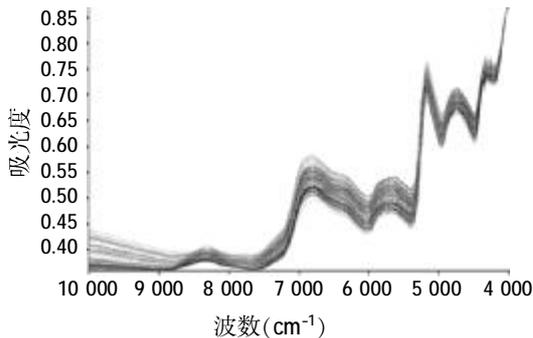


图1 145个样本的近红外反射光谱

### 2.2 异常样本的剔除

利用TQ Analysis v6.6化学计量软件,计算出鱼粉样本各个成分的光谱杠杆值(Leverage)和学生残差(Residual)值,结果如图2所示。

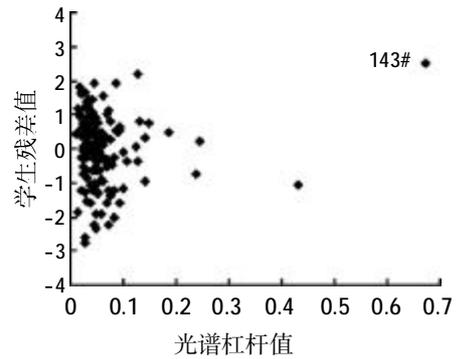


图2 异常样品检验结果

从图2中可以看出,143#样本的光谱和化学值均异常,属于异常样本,应从样本集中剔除,所以用于总磷近红外反射光谱定量分析的样本只有144个。

剔除异常样本后,将剩余的144个样本按照4:1分为定标集和验证集。建模定标集样本115份,验证集样本29份。定标集和验证集样本总磷含量统计结果见表1。

表1 定标集和验证集总磷含量(%)

项目	样品数	最大值	最小值	平均值	标准偏差
总样本	144	1.22	0.34	0.68	0.14
定标集	115	1.22	0.34	0.68	0.15
验证集	29	1.06	0.38	0.69	0.14

### 2.3 光谱预处理方法的选择

对样本原始光谱图进行分析,截去基本观察不到明显吸收峰的区段,选择吸收峰特征明显的 $7\ 000\sim 4\ 000\text{ cm}^{-1}$ 区段作为建立定量分析模型的光谱区。采用偏最小二乘回归定标方法,分别对原始光谱进行附加散射校正(MSC)、变量标准化(SNV)、一阶导数(First derivative)和二阶导数(Second derivative)处理,定标结果见表2。

比较表2中数据,可以看出:原始光谱通过二阶

表2 光谱不同预处理结果的定标结果

预处理方法	决定系数	标准差	交互验证决定系数	交互验证标准差	相对分析误差
First derivative	0.820 1	0.064 1	0.741 2	0.073 6	2.34
First derivative+MSC	0.890 9	0.047 8	0.745 6	0.076 8	3.14
First derivative+SNV	0.904 3	0.041 7	0.739 7	0.077 5	3.59
Second derivative	0.939 9	0.035 1	0.556 4	0.097 2	4.27
Second derivative+MSC	0.942 6	0.034 7	0.774 8	0.076 1	4.32
Second derivative+SNV	0.939 9	0.035 4	0.715 6	0.077 2	4.24

导数和附加散射校正处理后所建立的NIRS定标模型,其决定系数 $R^2$ 最大,标准差较小,相对分析误差为4.32,大于3,说明二阶导数和附加散射校正

是该谱区最佳预处理方法。

### 2.4 NIRS定标模型的建立与验证

#### 2.4.1 最佳主因子数的确定

采用留一交互验证法,根据交互验证的标准差判断,RMSECV 越小,说明定标模型的预测能力越强。通过选取不同的因子数,以最小的RMSECV 值对应的因子数为最佳主因子数,图 3 为在 7000~4000 cm<sup>-1</sup> 波数范围内,对光谱进行二阶导数和附加散射校正最优预处理,交互验证的 RMSECV 值与主因子数的关系曲线图。采用 RMSECV 下降显著性检验法,确定的反刍动物饲料样本总磷的最佳主因子数为 8。

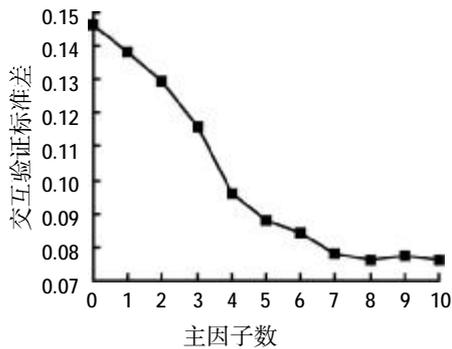


图 3 精料补充料总磷 RMSECV 值与主因子数关系

### 2.4.2 模型的建立与验证

根据上述分析,在 7 000~4 000 cm<sup>-1</sup> 波数范围内,选择附加散射校正为散射校正方法,对光谱进行二阶导数预处理,建立了反刍动物饲料中总磷含量的 NIRS 定量分析模型。

用所建的 NIRS 定量分析模型,对 30 个验证集样本中总磷含量进行预测,并应用相对分析误差统计参数,对定量分析模型的预测精度和可靠性进行进一步评价。

反刍动物饲料中总磷含量定量分析模型的定标和验证结果见表 3。

表 3 NIRS 定量分析模型的定标与验证结果

项目	样品数	范围(%)	平均值(%)	决定系数	标准差	相对分析误差
定标集	115	1.22~0.34	0.68	0.942 6	0.034 7	4.32
验证集	29	1.06~0.38	0.69	0.932 1	0.035 9	3.93

从表 3 中可以看出,不论定标集还是验证集,总磷含量的真值与 NIRS 分析模型预测值之间的决定系数(R<sup>2</sup> 或 r<sup>2</sup>)都在 0.90 以上,具有很好的线性相关性;相对分析误差 RPD 均大于 3,具有很高的预测精度。结果表明,所建立的 NIRS 定量分析模型可以较准确地预测反刍动物饲料中总磷的含量。

采用一元线性回归的方法,分别得到定标集和验

证集样本中总磷含量的真值与 NIRS 模型预测值之间的相关关系,如图 4、图 5 所示。

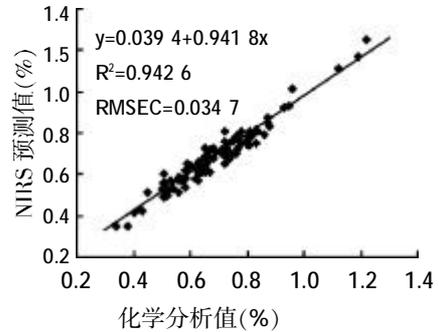


图 4 总磷化学分析值与 NIRS 预测值相关性(定标集)

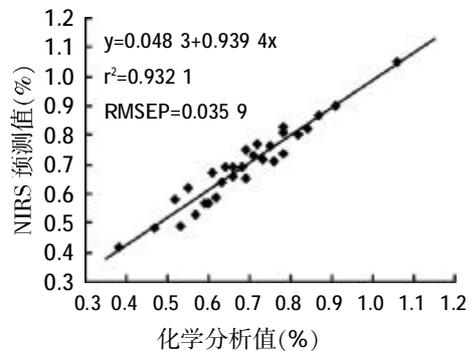


图 5 总磷化学分析值与 NIRS 预测值相关性(验证集)

从图 4、图 5 中可直观地看出,总磷的化学分析值与 NIRS 定量分析模型预测值之间具有很好的相关性,说明获得很好的定标效果。

### 3 结论

通过对反刍动物饲料近红外反射光谱分析,利用偏最小二乘回归定标方法,在 7000~4000 cm<sup>-1</sup> 谱区范围内,通过异常样本剔除,考察不同光谱预处理方法,建立了反刍动物饲料中总磷的 NIRS 定量分析模型。通过比较,以二阶导数和附加散射校正光谱预处理所建立的 NIRS 模型效果最优,NIRS 模型预测值与化学分析值之间的决定系数达 0.90 以上,具有很好的线性相关性,相对分析误差大于 3,具有准确的预测精度。因此,采用近红外反射光谱分析方法快速检测反刍动物饲料中总磷是可行的,为实现饲料总磷的快速检测提供了依据。

(参考文献 10 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

# 鸡肌肉组织中盐霉素残留的微生物法检测研究

李娜 孙洁 祁克宗 陈曦 朱良强 彭开松 涂健

**摘要** 建立了鸡肌肉组织中盐霉素残留的微生物检测方法。采用枯草芽孢杆菌作为工作菌摸索条件,制备标准曲线,测定最低检测限以及回收率。结果表明:在磷酸盐缓冲液中制备五组工作曲线,其变异系数为5.1%,相关系数为0.992 3,最低检测限为0.25  $\mu\text{g/ml}$ ;在肌肉组织中制备五组工作曲线,其变异系数为6.0%,说明本方法重现性较好,相关系数为0.998 1,说明本实验有良好的线性关系,最低检测限为0.4  $\mu\text{g/g}$ ,低于国标规定的肌肉组织中盐霉素的最高残留限量0.6  $\mu\text{g/g}$ ;方法平均回收率为75.9%。研究表明采用枯草芽孢杆菌检测肌肉组织中盐霉素残留,其灵敏度高、可靠、快速、简便、易推广。

**关键词** 鸡;肌肉;盐霉素;残留检测;微生物法;枯草芽孢杆菌

**中图分类号** S816.73

盐霉素(Salinomycin, SAL),又名沙利霉素,是聚醚类抗生素的一种,是由白色链球菌(*Streptomyces albus*)经发酵培养产生的一种一元羧酸聚醚类离子载体型抗生素类抗球虫药。由于其广谱高效、不易产生耐药性和促进增重等特点,被广泛用作饲料添加剂来预防家禽的球虫病。但是随着人们对动物性食品质量要求的提高以及对外出口贸易的需要,盐霉素在鸡组织中残留问题开始受到重视,且国标中也规定了盐霉素在鸡肌肉组织中的最高残留限量(MRL)为0.6  $\mu\text{g/g}$ ,故关于盐霉素残留的检测方法研究也备受关注,到目前为止国内外采用的残留检测方法多为高效液相色谱法<sup>[1]</sup>、免疫分析法<sup>[2]</sup>和质谱法<sup>[3,4]</sup>等,但是这些方法前处理比较复杂,费时费力。而国外报道微生物检测法<sup>[5]</sup>有良好的剂量关系、前处理简单、不需特殊设备、能同时筛选大量的样品等优点,国内则鲜有报道。本实验采用枯草芽孢杆菌 CMCC(B)63501 作为实验用菌建立一种微生物检测法,测定鸡肌肉组织中盐霉素的残留,由于其具有简便、快速、灵敏等特点,完全符合对鸡肌肉组织中盐霉素残留检测的要求。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 实验动物

由安徽省肥西鸡场提供的 AA 肉鸡,饲喂无抗生

素饲料。

#### 1.1.2 标准品

盐霉素(929 IU/mg,批号 K0140503)由中国兽药饲料监察所提供,用无水甲醇配制成浓度为1 000  $\mu\text{g/ml}$ 的贮备液,于0~4  $^{\circ}\text{C}$ 存放,临用时用磷酸盐缓冲液(PBS, pH 值 6.0)将标准品贮备液分别稀释至不同浓度。

#### 1.1.3 菌种

枯草芽孢杆菌[CMCC(B)63501]由中国兽药饲料监察所提供。

#### 1.1.4 试剂

无水甲醇(分析纯);抗生素 II 号培养基(pH 值 6.5~6.6);灭菌磷酸盐缓冲液(PBS, pH 值 6.0)。

#### 1.1.5 设备

游标卡尺、高压灭菌锅、水浴锅、数显不锈钢电热培养箱、超净工作台、冷冻离心机、旋涡混合器等。

## 1.2 方法

### 1.2.1 盐霉素残留检测微生物学方法的建立

#### 1.2.1.1 最适菌层浓度的选择

在 II 号培养基中分别加入 0.002%、0.004%、0.008%、0.016%、0.032% 的枯草芽孢杆菌菌液储备液(取枯草芽孢杆菌的营养琼脂斜面培养物接种于盛有营养琼脂培养基的茄形瓶中,培养 7 d 后用 7 ml 灭菌水洗下,即为菌液储备液),以此不同浓度菌液作为平板菌层添加液,制成一系列菌层浓度的平板,每个平板等距离放置 3 个牛津杯,牛津杯中加入 280  $\mu\text{l}$  参照浓度(1  $\mu\text{g/ml}$ )的盐霉素标准品稀释液,37  $^{\circ}\text{C}$  培养 16 h 后测量每个平板的抑菌圈直径,选择最适菌层浓度,使得参照浓度的抑菌圈直径为 15~18 mm,并且抑菌圈边缘光滑、完整。

#### 1.2.1.2 灭菌磷酸盐缓冲液(PBS)中标准曲线的制备

李娜,安徽农业大学动物科技学院,230036,安徽合肥。

孙洁、祁克宗(通讯作者)、陈曦、彭开松、涂健,单位及通讯地址同第一作者。

朱良强,安徽省兽医工作站。

收稿日期:2007-11-26

★ 安徽省十五科技攻关二期项目(040030341),安徽省优秀青年科技基金资助项目(04041042)

采用枯草芽孢杆菌为实验用菌,将盐霉素标准贮备液(1 000  $\mu\text{g/ml}$ )用 PBS 分别稀释成 4、2、1、0.5、0.25 和 0.125  $\mu\text{g/ml}$  六个浓度,其中 1  $\mu\text{g/ml}$  为中心参照浓度,0.125  $\mu\text{g/ml}$  为阴性对照。试验组又平均分为 5 组,在每个平板上相间隔的 3 个牛津杯中滴加中心参照浓度溶液,其余 3 个牛津杯中加入其它浓度中的一个,37  $^{\circ}\text{C}$  培养 16 h,测定结果。以各浓度的对数值为纵坐标,各浓度平均抑菌圈直径的校正值为横坐标绘制标准曲线。

### 1.2.1.3 PBS 中最低检测限的测定

采用枯草芽孢杆菌为实验用菌,将盐霉素标准贮备液稀释成以 1  $\mu\text{g/ml}$  为中心参照浓度的 6 个不同稀释度,培养测定结果,以产生明显抑菌圈(通常抑菌圈直径超过 10 mm,且标准品中心浓度抑菌圈清晰)的最小浓度为最低检测限,重复次数不少于 3 次。

### 1.2.2 鸡肌肉组织中盐霉素残留微生物学方法的建立

#### 1.2.2.1 肌肉组织标准曲线的制备

用空白肌肉组织提取液将盐霉素标准贮备液分别稀释为 2、1、0.5、0.25、0.125 和 0.062 5  $\mu\text{g/ml}$  六个工作浓度,按照 PBS 中标准曲线制备方法绘制标准曲线。

#### 1.2.2.2 肌肉组织回收率的测定

用 PBS 将盐霉素稀释成不同浓度,各取 0.5 ml 添

加至空白肌肉组织中,加入 9.5 ml PBS,置旋涡混合器混合 1 min,置振荡器中速振荡 30 min,水浴 3 min,3 500 r/min 离心 15 min,再以空白肌肉组织提取液配制的 0.5  $\mu\text{g/ml}$  盐霉素标准品工作溶液为参照浓度,培养、测定抑菌圈直径,代入肌肉组织标准反应曲线回归方程,计算样品药物浓度和回收率。

#### 1.2.2.3 肌肉组织中最低检测限的测定

在空白肌肉组织中加入已知量标准品,处理同回收率的测定方法,培养、测定抑菌圈直径,以产生直径大于 10 mm 的明显、清晰抑菌圈的最小浓度为最低检测限。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐霉素残留检测微生物学方法的建立

#### 2.1.1 最适菌层浓度的选择

在 II 号培养基中分别加入 0.002%、0.004%、0.008%、0.016%、0.032% 的枯草芽孢杆菌菌液储备液,制备成不同菌层浓度的平板,测定盐霉素参照浓度(1  $\mu\text{g/ml}$ )的平均抑菌圈直径,结果见表 1。结果表明:在添加菌液量 0.002%~0.032% 范围内,随着菌液添加量的逐渐增加,抑菌圈直径逐渐减小,添加量为 0.002% 时平板上菌落生长稀疏,在本试验条件下,菌液添加浓度为 0.004%( $6 \times 10^5 \text{cfu/ml}$ ) 时所制备的平板可以使盐霉素标准品参照浓度产生直径最大、边缘光滑、完整、清晰的抑菌圈。

表 1 菌层浓度对抑菌圈直径的影响(n=3)

菌层悬液浓度	0.002%	0.004%	0.008%	0.016%	0.032%
平均抑菌圈直径(mm)	平板菌落生长稀疏,抑菌圈边缘不清晰	15.48 $\pm$ 0.41	14.73 $\pm$ 0.29	14.05 $\pm$ 0.52	13.26 $\pm$ 0.27

#### 2.1.2 PBS 中标准曲线的制备

以 0.004% 的枯草芽孢杆菌菌液贮备液稀释液为菌层添加浓度,用 PBS 溶液稀释盐霉素标准品贮备液,配制成 4、2、1、0.5、0.25、0.125  $\mu\text{g/ml}$  六个工作浓度制备标准曲线,结果见表 2。从表 2 可以看出:0.125  $\mu\text{g/ml}$  浓度不产生抑菌圈,0.25  $\mu\text{g/ml}$  为产生明显、清晰抑菌圈的最小浓度,说明用 PBS 溶液稀释盐霉素标准贮备液,该方法灵敏度为 0.25  $\mu\text{g/ml}$ 。不同时

间制备 5 组工作曲线,其斜率的变异系数为 5.1%,表明本实验条件下制备的工作曲线变异程度很小,具有极其良好的重复性。对五组工作曲线各浓度抑菌圈直径的校正值求平均值,并以此绘制标准曲线,结果见图 1。由图 1 可见,在 0.25~4  $\mu\text{g/ml}$  的浓度范围内,抑菌圈直径与药物浓度的对数值呈良好的线形关系,相关系数为  $R^2=0.992 3$ ;建立了用枯草芽孢杆菌作为工作菌测定盐霉素残留的微生物检测法。

表 2 标准曲线各点平均抑菌圈直径的校正值

项目	盐霉素浓度( $\mu\text{g/ml}$ )						斜率
	0.125	0.25	0.5	1	2	4	
1	ND	10.23	12.37	15.71	17.82	19.94	0.120 2
2	ND	10.01	11.86	14.89	17.74	19.43	0.120 7
3	ND	10.53	12.74	15.53	18.59	20.10	0.119 4
4	ND	9.89	11.73	15.06	18.14	20.75	0.106 3
5	ND	10.11	11.48	15.65	17.56	19.69	0.116 5
平均值(mm)	ND	10.15 $\pm$ 0.244 7	12.04 $\pm$ 0.510 1	15.37 $\pm$ 0.369 5	17.97 $\pm$ 0.405 2	19.98 $\pm$ 0.498 9	0.116 6 $\pm$ 0.006 0

方法的灵敏度:0.25  $\mu\text{g/ml}$

五组曲线的变异系数(CV):5.1%

标准曲线回归方程: $y=0.116 7x-1.762 8$  相关系数: $R^2=0.992 3$

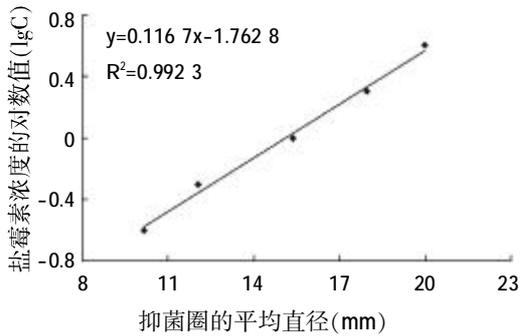


图1 枯草芽孢杆菌-盐霉素标准曲线

### 2.1.3 PBS 最低检测限的测定

根据 2.1.2 的实验结果可以得出:当盐霉素浓度为 0.25  $\mu\text{g/ml}$  时,所产生的抑菌圈直径为正好大于 10 mm 的边缘清晰的抑菌圈,故 PBS 中盐霉素的最低检测限为 0.25  $\mu\text{g/ml}$ 。

## 2.2 鸡肌肉组织中盐霉素残留微生物学方法的建立

### 2.2.1 肌肉组织中标准曲线的制备

用空白肌肉组织提取液稀释盐霉素标准品贮备液,配制成 2、1、0.5、0.25、0.125 和 0.062 5  $\mu\text{g/ml}$  六个工作浓度制备工作曲线,结果见表 3。从表 3 可以看出:0.062 5  $\mu\text{g/ml}$  浓度不产生抑菌圈,0.125  $\mu\text{g/ml}$  为产生明显、清晰抑菌圈的最小浓度,说明用空白肌肉组织提取液稀释盐霉素标准贮备液,该方法灵敏度为 0.125  $\mu\text{g/ml}$ 。不同时间制备 5 组工作曲线,其斜率的变异系数为 6.0%,表明本实验条件下制备的工作曲线变异程度很小,具有极其良好的重复性。对 5 组工作曲线各浓度抑菌圈直径的矫正值求平均值,并以此绘制标准曲线,结果见图 2。由图 2 可见,在 0.125~2  $\mu\text{g/ml}$  的浓度范围内,抑菌圈直径与药物浓度的对数值呈良好的线形关系,相关系数为  $R^2=0.9981$ 。

表 3 肌肉组织中标准曲线各点平均抑菌圈直径的校正值

项目	盐霉素浓度( $\mu\text{g/ml}$ )					斜率	
	0.062 5	0.125	0.25	0.5	1		
1	ND	10.31	13.04	15.16	17.08	19.53	0.133 5
2	ND	9.87	12.21	15.07	17.39	19.98	0.118 4
3	ND	10.26	12.87	15.72	18.01	20.22	0.119 8
4	ND	10.04	12.70	15.36	17.53	19.41	0.127 0
5	ND	10.20	12.65	15.04	17.31	18.95	0.135 2
平均值(mm)	ND	10.14 $\pm$ 0.180 1	12.69 $\pm$ 0.311 0	15.27 $\pm$ 0.280 9	17.46 $\pm$ 0.346 1	19.62 $\pm$ 0.497 7	0.126 8 $\pm$ 0.007 7

方法的灵敏度:0.125  $\mu\text{g/ml}$

五组曲线的变异系数(CV):6.0%

标准曲线回归方程: $y=0.1266x-2.2046$  相关系数:  $R^2=0.9981$

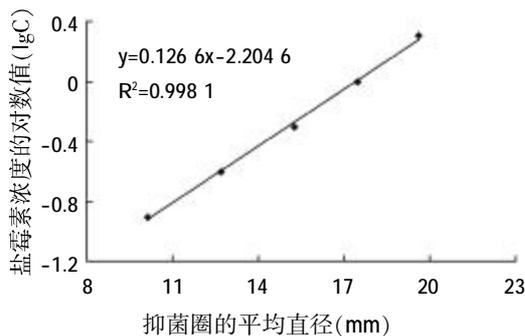


图2 肌肉组织标准曲线

### 2.2.2 肌肉组织回收率的测定

测定盐霉素添加水平为 0.25、0.4、0.8 和 1.6  $\mu\text{g/g}$  的肌肉组织回收率,其实验结果见表 4,从表 4 可以得出:当盐霉素添加水平增加时,其回收率也随之增大,且组织平均回收率为 75.9%,大于 60%,变异系数均小于 10%,符合我国农业部关于残留检测方法对于回收率和变异系数的规定。

表 4 肌肉组织回收率

盐霉素添加水平 ( $\mu\text{g/g}$ )	平均回收水平 ( $\mu\text{g/g}$ )	平均回收率 (%)	变异系数 (%)
0.25	ND	ND	ND
0.4	0.257 $\pm$ 0.012	64.2 $\pm$ 2.99	4.6
0.8	0.606 $\pm$ 0.032	75.7 $\pm$ 3.99	5.3
1.6	1.404 $\pm$ 0.078	87.8 $\pm$ 4.90	5.6

### 2.2.3 肌肉组织最低检测限的测定

空白组织最低检测限的测定方法同回收率的测定方法,从回收率的测定结果可以得出:各添加水平的组织回收率均大于 60%,变异系数均小于 10%,而当添加水平为 0.25  $\mu\text{g/g}$  时检测不出,0.4  $\mu\text{g/g}$  时所产生的抑菌圈为直径刚好大于 10 mm 的边缘清晰的抑菌圈,故在空白肌肉组织中盐霉素的最低检测限为 0.4  $\mu\text{g/g}$ 。

## 3 讨论

### 3.1 微生物检测法的优缺点

微生物检测法作为残留分析的筛选方法,其应用目的是保证待检动物性食品中不含有超过最高残留

限量的药物残留。虽然微生物法的灵敏度、准确性都不及其它几种残留检测方法如高效液相色谱、毛细管电泳、液质联用等分析方法<sup>[6]</sup>,但是作为最常用的筛选方法,它的优点表现在以下几个方面:第一,微生物法有良好的剂量关系,微生物筛选方法抑菌圈与实际药物含量的相关性好;第二,微生物法具有很大的广泛性,因为任何抗菌药物及活性抑菌成分都能抑制微生物的生长;第三,用微生物法检测动物性组织中的兽药残留时,前处理简单、不需特殊设备,并且能同时筛选大量的样品,使用于分析药物残留的初步检测。另外,国标中规定的盐霉素在鸡肌肉组织中的最高残留限量(MRL)为 0.6 μg/g,而用该研究方法测得的盐霉素在肌肉组织中最低检测限为 0.4 μg/g,低于 MRL,完全可以作为鸡肌肉组织中盐霉素的残留检测方法。

### 3.2 微生物检测法的影响因素

微生物学测定药物含量方法有一剂量法、二剂量法和三剂量法,残留分析通常采用的是一剂量法。微生物学方法中影响测定结果准确性的因素较多,其中平板间的差异是影响方法准确度和重复性的关键因素。而影响平板间差异的主要因素有平板是否铺平、牛津杯的加样量是否一致、接种物与培养基是否混合均匀等;另外还有培养温度、培养基成分、培养基厚度和 pH 值等<sup>[7]</sup>。为了补偿平板之间的差异,一剂量法中用参照浓度的平均抑菌圈直径去校正其它各浓度点的平均抑菌圈直径,而本研究就采用了一剂量法。

### 3.3 最适菌层浓度的确定

有报道聚醚类抗生素的微生物检测方法采用短小芽孢杆菌<sup>[8]</sup>作为工作菌时检测限比较低,而本研究所采用的工作菌为枯草芽孢杆菌,它的灵敏度高,培养时间短,只要 12~14 h,且不会产生短小芽孢杆菌所产生的双圈现象。本研究所使用的枯草芽孢杆菌为中国兽药饲料监查所提供,在制备菌液贮备液时,细菌的接种量为  $10^4$ ~ $10^5$  cfu/点、菌悬液的光透过率为 80%(721 分光光度计 560 nm 波长)。由于菌种菌悬液存放时间过长就会导致细菌活力下降、生长繁殖能力降低,会给实验结果造成误差,所以菌悬液的制备应尽量现配现用。另外细菌需接种于茄形瓶内培养,用 7 ml 灭菌水洗下,作为菌液贮备液。使用时将菌液贮备液添加至培养基中配置成不同的浓度梯度作为平板菌层,添加盐霉素的中心参照浓度至牛津杯中,选取当抑菌圈最大、边缘清晰且细菌生长致密时的浓度作为最适菌层浓度。在实验过程中由于细菌接种培养时操作的不同即 S 划线的不均匀性有可能导致细菌接种量的不同,继而会影响到菌悬液的浓度,从而会影响到菌层浓度百分比的不确定性;且菌落形成单位的数值也较大、容易产生

不可避免的误差,故在每次进行实验之前最好进行最适菌层浓度选择实验。

### 3.4 微生物学检测法的可用性

#### 3.4.1 回收率的测定

回收率通常是指某一物质经一定方法处理后,所测定的量与加入的量的百分比。它可表明从样品的制备到测定整个过程的药物损失程度,是衡量试验方法是否可靠的标准之一,回收率越高则表明试验方法越可靠。定量方法的回收率范围为 70%~110%,平均回收率 80%以上,残留分析过程步骤较多,实际操作中根据待测物浓度范围,只要精密度符合要求,60%以上的回收率也可以接受。本实验盐霉素的添加回收率在 64.2%~87.8%之间,符合回收率范围。方法精密度也符合其范围,变异系数均小于 10%。

#### 3.4.2 最低检测限的测定

抗生素在组织中的最低检测限与磷酸盐缓冲液中的最低检测限不同,一般都高于磷酸盐缓冲液<sup>[9]</sup>。本实验条件下,肌肉组织中盐霉素的最低检测限为 0.4 μg/g,远低于于国标规定的药物最高残留限量(MRL),符合检测标准,完全可以推广。

#### 参考文献

- [1] Arun Kumar Mathur. Determination of salinomycin by high-performance liquid chromatography using a precolumn derivatization technique[J]. *Journal of Chromatography A*, 1994, 664(2): 284-288.
- [2] Peippo P, Tuomola M, Lovgren T, et al. Rapid time-resolved fluoroimmunoassay for the screening of narasin and salinomycin residues in poultry and eggs [J]. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2004, 52(7): 1 824-1 828.
- [3] Mortier L, Daeseleire E, Van Peteghem C. Determination of the ionophoric coccidiostats narasin, monensin, lasalocid and salinomycin in eggs by liquid chromatography/tandem mass spectrometry [J]. *Rapid Commun Mass Spectrom*, 2005, 19(4): 533-539.
- [4] M Dubois, G Pierret, Ph Delahaut. Efficient and sensitive detection of residues of nine coccidiostats in egg and muscle by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry [J]. *Journal of Chromatography B*, 2004, 813(1/2): 181-189.
- [5] Cabadaj R, Nagy J, Popelka P, et al. The determination of salinomycin residues in the tissues of broiler chickens by using microbiological diffusion methods [J]. *Slovenian Veterinary Research*, 2002, 39(2): 137-143.
- [6] Mortier L, Daeseleire E, Van Peteghem C. Determination of the ionophoric coccidiostats narasin, monensin, lasalocid and salinomycin in eggs by liquid chromatography/tandem mass spectrometry [J]. *Rapid Commun Mass Spectrom*, 2005, 19(4): 533-539.
- [7] 张治铤. 中国药典和英国药典 2000 版关于抗生素微生物检定结果判断的补充解释与探讨. *中国药品标准*, 2003, 4(2): 8-10.
- [8] 商军, 吴霞云, 顾欣. 莫能菌素微生物检定法的改进 [J]. *中国兽药杂志*, 1999, 33(1): 7-9.
- [9] Kbra P M, Bhatnagar P K, Nelson M A. Liquid chromatographic determination of gentamicin in serum with spectrophotometric detection. *J Anal Toxicol*, 1983, 7(6): 283-285.

(编辑: 张学智, mengzai007@163.com)

# 不同干燥方法对不同生育期新疆小芦苇营养成分的影响

赵光伟 艾尼瓦尔·艾山 于山江

**摘要** 选取不同生育期(抽穗期、开花期、结实期和枯黄期)的新疆小芦苇原料,分别采取自然荫干、压裂茎秆荫干、自然晒干、压裂茎秆晒干和压裂茎秆翻晒等5种方法进行干燥。并测定自然荫干后的茎叶比及全部样品干物质、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维等的含量。研究表明:①随着生育期的推迟,茎叶比例上升,由抽穗期的0.45:1到枯黄期的0.89:1,其茎秆增加了近1倍,从而导致原料植株体内粗蛋白质(CP)含量显著下降( $P<0.05$ )。中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量上升,粗灰分(CA)的含量差异显著( $P<0.05$ ),钙、磷变化差异不显著( $P>0.05$ )。从以上几种营养成分的分析来看,抽穗期收获小芦苇营养成分最好,其余依次是开花期、结实期、枯黄期。②从4个生育期里5种干燥方法的平均营养价值来看,粗蛋白质的含量以压裂茎秆晒干的最高,达到了8.32%,中性洗涤纤维含量以压裂茎秆晒干的最低,为77.57%,酸性洗涤纤维的含量间相差不大,都在53.0%左右,粗脂肪的含量以压裂茎秆翻晒最高,达到了3.47%。结合本地区实际情况,以压裂茎秆晒干的干燥方法为最佳。

**关键词** 新疆小芦苇;营养成分;干燥方法;生育期

**中图分类号** S816.11

新疆小芦苇作为在新疆地区一种分布广泛、对气候和土壤适应性强、营养价值较高的自然牧草资源,成为本地区畜牧业特别是反刍动物良好饲草的潜在来源<sup>①</sup>。经初步统计新疆芦苇分布面积超过 $2\times 10^7$  hm<sup>2</sup>,单产按4.5 t/hm<sup>2</sup>计,蕴藏量达 $9\times 10^7$  t<sup>②</sup>。虽然拥有如此丰富的芦苇资源,可是它的有效利用率却很低,大部分只作为农牧民打草和放养小批牲畜的场所,从而导致这一资源的极大浪费。

芦苇粗蛋白质含量高于许多优良的禾本科牧草,如披碱草属和冰草属的许多种,证明了其营养价值很高<sup>③</sup>。而优质的芦苇青干草也具有较高的营养价值,它除粗蛋白质、脂肪外,还含有胡萝卜素和维生素E、K、B、D等,可作为草食家畜冬春季节的基础饲草<sup>④</sup>。如以芦苇青干草为基础日粮,适当搭配精料、青贮饲料等,所育成的家畜体质、体型、生产力和经济效益均有良好的效果<sup>⑤</sup>。幼嫩的茎和叶草质很好,对牛、马来说适口性强,完全可以用来作为家畜越冬的优质青干草<sup>⑥</sup>。芦苇从开花到变黄过程中茎叶中的营养物质逐渐减少,而动物难消化吸收的粗纤维逐渐增加。这无疑需要选择合适的时机来刈割利用。本试验通过对新疆小芦苇不同生育期进行刈割后采取不同的干燥方法来

处理,并测定其营养成分含量,以客观实践来评定新疆小芦苇的饲用价值,进而为全疆芦苇资源在畜牧业生产上的有效利用提供科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及处理

样品采自新疆维吾尔自治区水产研究所良种场五家渠基地,每次从离地5~8 cm处刈割多年生新疆小芦苇全株收集鲜草。每个生育期取当天刈割的芦苇鲜草,用密封的塑料袋扎紧后迅速带回试验室,并进行初水分的测定,然后根据预先设定的方法来处理样品进行干燥调制。全天干燥时间为9:00~20:00。分别用5种干燥方法进行处理。①自然荫干:放置在室内干净的地面上无外界因素破坏,避免阳光的照射,保证全过程中整个植株的完整性。②压裂茎秆荫干:用80 kg重物将芦苇平摊在水泥地上压裂茎秆至碎裂后再自然荫干。③自然晒干:将样品均匀摊放在阳光充足的水泥地上日晒,用铁丝适当将其固定,晚上收回放入室内。④压裂茎秆晒干:把压裂茎秆的芦苇平摊进行阳光日晒。⑤压裂茎秆翻晒:在压裂茎秆晒干的基础上,每天11:00和17:00两次翻动样品。

### 1.2 实验设计

采用2006年的4个生育期:抽穗期(7月31日~8月4日)、开花期(9月5日~8日)、结实期(9月27日~30日)、枯黄期(11月6日~9日)。5种处理方式:自然荫干、压裂茎秆荫干、自然晒干、压裂茎秆晒干和压裂茎秆翻晒,每个处理3个重复。

### 1.3 测定指标及分析方法

赵光伟,新疆农业大学动物科学学院,830052,新疆乌鲁木齐市南昌路42号。

艾尼瓦尔·艾山(通讯作者)、于山江,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-11-26

分析样品中的干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、粗灰分(CA)、钙(Ca)、磷(P)等营养成分的含量。各营养物质的测定方法参照《饲料分析及饲料质量检测技术》<sup>[12]</sup>。

#### 1.4 数据处理与统计分析

试验数据分别按不同干燥方法和不同生育期来统计。利用 SPSS11.0 和 Excel 软件进行数据处理与统计分析,数值用 Mean±SD 表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生育期新疆小芦苇的茎叶比(见表 1)

表 1 不同生育期新疆小芦苇的茎叶比

项目	鲜样重(g)	初水分(%)	风干样重(g)	鲜样/风干样	风干茎重(g)	风干叶重(g)	茎/叶
抽穗期	1 000.8	55.6	410.53±2.62 <sup>a</sup>	2.44 : 1	127.28±5.29 <sup>b</sup>	283.25±5.55 <sup>a</sup>	0.45 : 1
开花期	300.6	49.7	181.45±3.59 <sup>c</sup>	1.65 : 1	75.52±3.61 <sup>c</sup>	106.26±1.99 <sup>c</sup>	0.71 : 1
结实期	500.2	44.9	342.33±15.46 <sup>b</sup>	1.46 : 1	150.83±3.07 <sup>a</sup>	188.50±9.48 <sup>b</sup>	0.80 : 1
枯黄期	300.3	40.3	153.33±3.55 <sup>d</sup>	1.96 : 1	71.90±5.27 <sup>c</sup>	81.43±4.74 <sup>d</sup>	0.89 : 1

收割不同生育期的新疆小芦苇原料草,放置到同一地点并尽量保证相同环境条件下的室内自然荫干,干燥 4 d 后称重,再将全株的茎叶逐一分离各自称取重量,并计算比例。

从表 1 可以看出,随着生育期的延长,新疆小芦苇的初水分含量逐渐降低,由抽穗期的 55.6%降至枯黄期的 40.3%;茎叶比不断上升,由抽穗期的 0.45 : 1 增加到枯黄期的 0.89 : 1,其茎秆增加了近 1 倍。表明早期刈割可以获得较多的植株叶片,保证芦苇干草有

良好的适口性。这是因为芦苇鲜草的干物质含量,无论是茎秆还是叶片,均随生育期而增加。所以,随生育期延长,茎叶比例呈明显上升趋势。根据植物的生物学特性:叶片的粗纤维含量较低,茎秆的粗纤维含量较高。在生产实践中,一定要掌握最适宜的刈割利用时期,收获营养价值最高的芦苇干草,从而获得质量最好、产量最高的芦苇干草料。

### 2.2 不同干燥方法对不同生育期新疆小芦苇 DM、CP、NDF 及 ADF 的影响(见表 2)

表 2 不同干燥方法及不同生育期新疆小芦苇 DM、CP、NDF、ADF 的营养成分含量(%)

项目	自然荫干	压扁荫干	自然晾晒	压扁晾晒	压扁翻晒
DM					
抽穗期	95.86±0.30 <sup>a</sup>	96.30±0.26 <sup>a</sup>	96.16±0.08 <sup>a</sup>	96.29±0.35 <sup>a</sup>	95.97±0.17 <sup>a</sup>
开花期	96.23±0.02 <sup>a</sup>	95.93±0.62 <sup>a</sup>	95.46±0.82 <sup>b</sup>	96.04±0.07 <sup>a</sup>	96.0±0.07 <sup>ab</sup>
结实期	95.86±0.10 <sup>a</sup>	95.88±0.12 <sup>a</sup>	96.24±0.24 <sup>a</sup>	96.22±0.21 <sup>a</sup>	96.29±0.06 <sup>a</sup>
枯黄期	95.47±0.75 <sup>b</sup>	95.74±0.43 <sup>a</sup>	95.89±0.18 <sup>ab</sup>	94.96±0.19 <sup>b</sup>	95.75±0.57 <sup>b</sup>
CP					
抽穗期	10.18±0.31 <sup>b</sup>	10.87±0.17 <sup>a</sup>	11.27±0.47 <sup>a</sup>	11.39±0.64 <sup>a</sup>	11.01±0.40 <sup>a</sup>
开花期	8.04±0.46 <sup>a</sup>	8.11±0.34 <sup>a</sup>	8.33±0.23 <sup>b</sup>	9.01±0.28 <sup>b</sup>	8.34±0.25 <sup>b</sup>
结实期	6.80±0.40 <sup>b</sup>	7.03±0.24 <sup>a</sup>	7.50±0.46 <sup>b</sup>	7.54±0.64 <sup>a</sup>	7.20±0.25 <sup>b</sup>
枯黄期	4.81±0.31 <sup>c</sup>	4.93±0.45 <sup>a</sup>	5.02±0.18 <sup>c</sup>	5.34±0.43 <sup>b</sup>	5.14±0.40 <sup>c</sup>
NDF					
抽穗期	77.60±3.87 <sup>b</sup>	75.11±0.12 <sup>b</sup>	74.46±1.02 <sup>a</sup>	71.95±5.41 <sup>b</sup>	74.77±1.57 <sup>b</sup>
开花期	77.67±1.05 <sup>a</sup>	77.15±0.81 <sup>a</sup>	76.72±0.70 <sup>b</sup>	77.61±0.26 <sup>a</sup>	78.11±1.27 <sup>a</sup>
结实期	76.54±0.83 <sup>a</sup>	77.92±0.87 <sup>b</sup>	76.60±1.02 <sup>a</sup>	76.74±0.42 <sup>b</sup>	77.25±0.66 <sup>a</sup>
枯黄期	85.35±3.86 <sup>b</sup>	81.88±0.76 <sup>a</sup>	82.88±0.87 <sup>b</sup>	83.07±1.80 <sup>a</sup>	83.38±0.90 <sup>b</sup>
ADF					
抽穗期	49.99±0.74 <sup>b</sup>	51.20±0.70 <sup>a</sup>	50.32±0.62 <sup>a</sup>	49.26±0.22 <sup>b</sup>	49.56±0.55 <sup>c</sup>
开花期	51.73±0.91 <sup>b</sup>	52.06±0.64 <sup>a</sup>	51.61±3.15 <sup>a</sup>	51.84±0.74 <sup>a</sup>	54.45±0.95 <sup>c</sup>
结实期	52.44±1.10 <sup>a</sup>	52.08±0.26 <sup>a</sup>	52.13±0.62 <sup>a</sup>	52.47±1.49 <sup>a</sup>	52.58±0.46 <sup>b</sup>
枯黄期	57.81±0.95 <sup>a</sup>	56.77±0.63 <sup>a</sup>	58.40±0.38 <sup>a</sup>	57.41±1.15 <sup>a</sup>	58.06±0.59 <sup>a</sup>

注:表中营养物质含量均已换算成绝干物质中的养分含量(以下同)。

不同干燥方法使植物体水分的散失速率不一致,进而影响到植物体内细胞和酶的作用,使其营养成分发生变化;不同生育期收获的新疆小芦苇植株体内各种营养物质含量也不一样。采取不同干燥方法处理不

同生育期新疆小芦苇原料草,以探讨其 DM、CP、NDF 及 ADF 等营养成分变化。

从表 2 可知,在相同干燥方法的前提下,不同生育期的新疆小芦苇风干后干物质的含量差异不显著

( $P>0.05$ )。即使同一时期采取的 5 种干燥方法,其干物质含量也没有大的变化( $P>0.05$ )。这表明,新疆小芦苇风干后干物质的含量与生育期和自然干燥的方法之间没有太大的相关性。而粗蛋白质、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维的含量差异显著( $P<0.05$ )。芦苇植株中粗蛋白质含量按照抽穗期、开花期、结实期和枯黄期的次序呈现下降趋势,4 个时期的平均值分别为 10.94%、8.37%、7.21%、5.05%,各时期中粗蛋白质含量差异显著( $P<0.05$ )。中性洗涤纤维含量依抽穗期、结实期、开花期和枯黄期的次序,酸性洗涤纤维的含量依抽穗期、开花期、结实期和枯黄期的次序逐渐升高,且差异显著( $P<0.05$ )。这一结论与高彩霞(1997)、裴彩霞(2001)对苜蓿干草的研究结果一致<sup>[7,8]</sup>。说明本实验中的新疆小芦苇随生育期的推进,粗蛋白质的含量逐渐下降,酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维的含量逐渐增加。这是因为纤维物质主要存在于细胞壁上,属结构性糖类,植物细胞壁随着生育期的推进而不断增厚,纤维含量逐渐增加<sup>[7]</sup>,尤其是中性洗涤纤维,抽穗期干物质中含量为 74%左右,而到了枯黄期达到了 80%以上。

本试验采用的 5 种方法在干燥速度的顺序上是逐渐增快的。室外晒干的状态下,由于光照强、通风良好,相对来说,晒干处理的芦苇鲜草比荫干状态下细胞死亡的要快一点,使细胞中的果胶、细胞原生质成分在细胞壁有一定的沉积,细胞壁纤维化程度低。而荫干是在室内进行的,细胞存活时间长,在自体溶解期很多细胞原生质和果胶物质都沉积到细胞壁上,使

细胞壁变厚,纤维化增大<sup>[8]</sup>。但在本试验里采用的压裂茎秆翻晒方法,由于翻动时会导致叶片的部分丢失,以至于压裂翻晒的酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维含量比压扁晾晒的高,但两者之间差异不显著( $P>0.05$ )。

另外,从以上还可以得出:无论用什么干燥方法,随着生育期的推进,芦苇干草粗蛋白质含量总是呈现下降趋势。而且自然荫干的无论是在抽穗期、开花期、结实期和枯黄期都比晒干的要低。粗蛋白质从抽穗期到枯黄期,自然荫干由 10.18%下降到 4.81%,压扁荫干由 10.87%到 4.93%,自然晾晒从 11.27%~5.02%,压扁晾晒自 11.39%到 5.34%,压扁翻晒由 11.01%到 5.14%。而同一时期的 5 种干燥方法之间,粗蛋白质平均含量分别为 7.46%、7.73%、8.03%、8.32%、7.93%,相互间差异不显著( $P>0.05$ )。本试验结果表明,随着新疆小芦苇的生长发育,粗蛋白质的含量下降,酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维的含量增加。原因是依时间延伸,芦苇的地上生物量增多,茎叶比也在增加,加之叶片逐渐老化,细胞壁成分增加,使其木质素和其它结构性支撑物质含量增高,其结构性碳水化合物增加,酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量也就增加,而细胞内容物逐渐减少,粗蛋白质也就相应地减少了<sup>[8,9]</sup>。

### 2.3 不同干燥方法对不同生育期新疆小芦苇 EE、CA、Ca 及 P 成分的影响(见表 3)

由表 3 看出,新疆小芦苇在每个生育期里,即使采用不同的干燥方法对其粗脂肪的含量影响并不大。4 个时期分别维持在 2.28%~2.83%(抽穗期),2.94%~

表 3 不同干燥方法及不同生育期新疆小芦苇 EE、CA、Ca、P 的营养成分含量(%)

项目	自然荫干	压扁荫干	自然晾晒	压扁晾晒	压扁翻晒
<b>EE</b>					
抽穗期	2.28±0.24 <sup>a</sup>	2.41±0.18 <sup>b</sup>	2.66±0.50 <sup>a</sup>	2.71±0.23 <sup>a</sup>	2.83±0.24 <sup>a</sup>
开花期	2.94±0.19 <sup>b</sup>	3.03±0.24 <sup>a</sup>	3.06±0.22 <sup>ab</sup>	3.30±0.24 <sup>a</sup>	3.51±0.22 <sup>a</sup>
结实期	3.26±0.18 <sup>a</sup>	3.40±0.17 <sup>a</sup>	3.42±0.30 <sup>a</sup>	3.54±0.26 <sup>b</sup>	3.95±0.13 <sup>b</sup>
枯黄期	3.19±0.27 <sup>a</sup>	3.28±0.22 <sup>b</sup>	3.33±0.47 <sup>b</sup>	3.41±0.23 <sup>a</sup>	3.57±0.20 <sup>b</sup>
<b>CA</b>					
抽穗期	9.79±0.05 <sup>b</sup>	9.95±0.83 <sup>b</sup>	9.73±0.18 <sup>a</sup>	9.43±0.41 <sup>a</sup>	9.55±0.63 <sup>a</sup>
开花期	10.47±0.21 <sup>b</sup>	11.19±0.37 <sup>a</sup>	11.25±0.85 <sup>ab</sup>	9.91±0.59 <sup>a</sup>	9.23±0.50 <sup>a</sup>
结实期	11.23±0.77 <sup>ab</sup>	10.17±0.72 <sup>b</sup>	10.09±1.74 <sup>b</sup>	11.54±0.24 <sup>a</sup>	11.26±1.00 <sup>a</sup>
枯黄期	12.25±0.22	12.04±1.16	12.62±0.34	11.44±1.13	11.68±1.14
<b>Ca</b>					
抽穗期	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.34±0.05 <sup>b</sup>	0.29±0.03 <sup>a</sup>	0.32±0.04 <sup>a</sup>	0.27±0.03 <sup>a</sup>
开花期	0.27±0.03 <sup>a</sup>	0.30±0.01 <sup>ab</sup>	0.26±0.05 <sup>a</sup>	0.25±0.04 <sup>b</sup>	0.24±0.06 <sup>a</sup>
结实期	0.27±0.07 <sup>a</sup>	0.26±0.05 <sup>b</sup>	0.23±0.07 <sup>a</sup>	0.26±0.04 <sup>b</sup>	0.29±0.02 <sup>a</sup>
枯黄期	0.29±0.02 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>ab</sup>	0.30±0.01 <sup>a</sup>	0.26±0.02 <sup>b</sup>	0.27±0.01 <sup>a</sup>
<b>P</b>					
抽穗期	0.10±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>b</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>
开花期	0.06±0.04 <sup>b</sup>	0.09±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>
结实期	0.08±0.00 <sup>ab</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>b</sup>
枯黄期	0.07±0.01 <sup>ab</sup>	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>b</sup>

3.51%(开花期),3.26%~3.95%(结实期),3.19%~3.57%(枯黄期)。由此得出:无论采取哪种干燥方法,在结实期里收获的新疆小芦苇其脂肪含量是最多的。从表3中还可以看出:4个时期粗脂肪的含量在自然荫干、压裂茎秆荫干、自然晒干、压裂茎秆晒干和压裂茎秆翻晒5种方式下有逐渐升高的趋势;荫干状态下粗脂肪的含量稍低于晾晒状态下得到的粗脂肪含量(自然荫干的又低于压扁荫干的;自然晾晒的又低于压扁翻晒的),但相互间的差异都不明显( $P>0.05$ )。总体可以得出:新疆小芦苇干草中粗脂肪的含量受生育期的影响较大,随干燥方式的影响不太明显,但存在着随干燥时温度升高粗脂肪含量有缓慢升高的趋势。这个规律在以茎秆为主的植物体方面比较明显。

从表3还可以看出,在不同生育期里粗灰分(CA)的含量差异显著( $P<0.05$ ),由抽穗期的9.69%增加到枯黄期的12.01%左右;而不同干燥方法则对其含量影响不太显著( $P>0.05$ ),4个生育期各自维持在9.69%、10.41%、10.86%、12.01%左右。矿物质成分是钙多磷少,钙含量0.25%~0.3%之间,磷含量只有0.08%左右。

### 3 讨论与结论

3.1 从新疆小芦苇不同生育期来看,收获越早营养价值也越高,随着生育期的推进粗蛋白质含量逐步减少,平均由抽穗期的10.94%下降到枯黄期的5.05%左右;茎叶比逐渐增加,叶片逐渐老化,细胞壁成分增加,细胞内容物逐渐减少,使芦苇草的地上株木质素和其它结构性支撑物质含量很高,其结构性碳水化合物增加,粗纤维的含量也就逐渐增加,粗蛋白质等其它营养成分含量减少。这是由于芦苇随生长期延长茎秆占的比例增大,木质化程度增加的结果,这与杨恩忠等(1987)对牧草营养物质及消化动态的研究结果一致<sup>[10]</sup>。

3.2 从不同干燥方法的营养物质含量而言,新疆小芦苇的各个生育期里都是室外晒干优于自然荫干。因为晒干时的温度比荫干要高,在调制过程中缩短了干燥时间,减少了植物细胞由于呼吸消耗、光化学作用等的氧化损失。而干燥时间延长,植物和微生物呼吸消耗碳水化合物的量增大,尤其是自体溶解时间长的碳水化合物损失更多,粗蛋白质等营养物质也会因微生物的分解而下降,样品的酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维的含量相对增加,芦苇草的营养价值降低。因此,收获的芦苇鲜草应该抓紧时间干燥,减少细胞的呼吸作用和酶的活动时间,减少营养物质的损失<sup>[11]</sup>。生产

实践当中,如果采取自然荫干法,最好是将茎秆压扁,加快干燥速度。若采用的是在日光下晒干,也要将芦苇草茎秆压裂,使茎和叶的干燥速度能保持一致。几种方法里以压扁翻晒的干燥速度最快,但在实践应用时要考虑到劳动量和机械损失等。

3.3 结合本研究结果得出:新疆小芦苇在其抽穗期里收获的营养成分含量最佳;目前在无法进行高温瞬时干燥的条件下,选择良好天气状况压裂茎秆晒干,是比较理想的干燥方式。

### 参考文献

- [1] 崔乃然.新疆主要饲用植物志(第一册)[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1990:426.
- [2] 杨国柱,张洪军,尚永成.柴达木地区芦苇草地的保护、培育和合理利用[J].中国草地,1994(5):58.
- [3] 王世金,李建华.小麦族植物作物作为牧草种质资源的初步评价[J].草业学报,1993,2(1):60-69.
- [4] 张国芳,李潮流,岳俊芳.苜蓿干草调制及质量评定标准[J].农业新技术,2003(6):16-17.
- [5] 刘兴义译.利用芦苇生产混合饲料[J].国外畜牧学-草原与牧草,1983(5):33-35.
- [6] 丁子狄译.氨基酸作为饲料的应用[J].饲料研究,1985(8):22-25.
- [7] 高彩霞.苜蓿干草加工调制与高水分贮藏技术的研究[D].博士学位论文,1997.
- [8] 裴彩霞.不同生育期和干燥方法对牧草WSC等营养成分的影响[D].硕士学位论文,2001.
- [9] Koegele R G, J Strauk, R P Walgenbach. Quantification of mechanical losses in forage harvesting. An. Soc. Agric. Eng. Metting,1984.
- [10] 杨恩忠.牧草营养物质及消化动态的研究[J].中国草地,1987(6):32-38.
- [11] Sheaffer C C, Martin N P, Lamb J F S. Leaf and stem Properties of Alfalfa entries [J]. Agronomy Journal, 2000,92(4):733-739.
- [12] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京农业大学出版社,1993. (编辑:张学智, mengzai007@163.com)

### · 一句话新闻 ·

2007年全国肉类总产量预计达到8130万吨、禽蛋3030万吨、奶类3650万吨,畜牧业总产值近1.5万亿元,占农业总产值的比重超过34%。

海关总署公布,2007年全年大豆进口总计3082万吨,较上年增加9.2%。

据美国农业部2007年12月预测,2007~2008年度,全球玉米产量将达到创纪录的7.69亿吨,增产9.3%,其中美国增产25%;全球消费量7.66亿吨,增长6.3%,多年来首次出现产略大于需的局面,期末库存1.09亿吨,增长2.7%,库存消费比14.2%,仍低于安全水平;预计2008年美国玉米面积将减少6.6%,全球玉米供求矛盾将进一步显现。

# 苧麻在饲料中的研究及开发应用

姜涛 熊和平 喻春明 王延周 朱四元

**摘要** 苧麻是我国重要的韧皮纤维类经济作物,苧麻含有丰富的营养成分,是重要植物蛋白饲料来源,可以作为动物饲料进行开发。国内外大量研究表明,苧麻嫩茎叶可以作动物饲料,苧麻叶饲用品质与品种、叶龄有关;苧麻整株作饲料的研究较少,目前育种专家育出了中国第一个饲料专用品种“中饲苧一号”,该品种年生物产量高,综合营养品质高。文中主要从苧麻叶的饲用品质和苧麻整株综合品质两个方面阐明了苧麻饲用的研究进展及开发前景。

**关键词** 苧麻;饲料;饲用苧麻;研究进展

**中图分类号** S816.35

苧麻(*Boehmeria nivea* L.)为荨麻科苧麻属的多年生宿根性草本植物,是我国南方的一种重要纤维类经济作物,在我国有 2 000 多年的栽培历史。长期以来苧麻主要用作纤维,是优良的韧皮纤维作物,其纤维用途仅次于棉花;苧麻也是一种重要的饲料来源,有研究显示,苧麻嫩茎叶的营养价值与苜蓿相近,是优质的植物蛋白饲料原料。在我国南方,由于夏季高温高湿,不适宜种植苜蓿,而苧麻的生态适应性强,在高温高湿的气候条件下能正常生长,并能获得很高的生物产量。因此,苧麻在我国南方进行蛋白质饲料开发方面具有很强的优势,并具有广阔的市场前景。

我国很早就有用苧麻叶饲养牛、羊、猪等动物的历史,而且其饲用效果不错。20 世纪 80 年代初,湖南农业大学对苧麻叶的饲用价值进行了研究,结果表明苧麻叶中粗蛋白含量高,适宜用作动物饲料。美国、巴西、西班牙、日本、越南、泰国等国家在苧麻的营养价值研究方面以及用苧麻饲养动物的试验方面,均做了大量的研究工作。Squibb 曾用苧麻、黄豆、香蕉叶、紫花苜蓿饲养猪,研究其蛋白质利用情况(见表 1),结果表明苧麻效果最好。从而说明,苧麻的蛋白质含量高,年生物产量大,营养成分结构合理,有望成为今后重要的植物蛋白质饲料来源。

表 1 苧麻干料和其它饲料营养成分比较(%)

产品及产地	粗蛋白	粗纤维	灰分	醚提取物	游离氮提取物
苧麻全部茎叶 40 cm(古巴)	22.40	11.90	17.70	3.18	44.82
麻叶、麻梢(美国)	20.97	16.58	14.80	4.01	43.64
麻叶(苏丹)	22.70	11.30	18.80	8.60	38.60
麻叶和稍过筛的粉(美国)	22.43	11.23	10.29	3.31	51.74
苜蓿(美国)	18.88	24.30	9.50	2.80	44.52
黄豆籽(美国)	12.10	31.06	6.95	2.20	47.69
香蕉叶(美国)	16.13	18.60	12.10	4.18	48.79

## 1 苧麻叶作为饲料的研究进展

苧麻的叶片约占植株重量的 40%,是营养生长过程中生物产量最大的组织。苧麻嫩茎叶营养成分丰富,干麻叶含粗蛋白 23%、粗纤维 16.5%、钙 3.64%、磷 0.33%,还含有微量元素和维生素类,其粗蛋白质含量

既高于任何一种禾本科谷物,又高于主要饲料作物如苏丹草和多穗黑麦草,且赖氨酸含量高于禾本科谷物。麻叶可制成干粉或颗粒饲料,用于出口。

大量研究表明苧麻叶可作为蛋白质饲料,但目前在我国尚未被充分利用,其中绝大部分被用来还田当肥料使用,造成饲料蛋白的极度浪费。苧麻韧皮部分作纤维用途,苧麻叶和嫩茎可作饲料,即苧麻纤维、饲料兼用。国外早在 20 世纪 40 年代就开始用苧麻叶作猪、鸡、奶牛的饲料,他们不仅商品化生产苧麻叶粉,还有将苧麻作为饲料进行栽培进行产业化生产。在美国,将晒干的苧麻鲜叶制成干粉出售,作为高蛋白

姜涛,中国农业科学院麻类所,410205,湖南省长沙市咸嘉湖西路 348 号。

熊和平、喻春明、王延周、朱四元,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-12-17

饲料,效果很好。美国每年从巴西进口苧麻叶饲养奶牛,生产高蛋白、低脂肪的牛奶及其它制品。而在国内一些麻区也有以苧麻鲜茎叶作为青饲料的历史,用苧麻粉掺入其它饲料中饲养猪、鸡等,比饲喂稻谷的成本低,经济效益高。

### 1.1 苧麻叶饲用品质与品种的关系

不同品种苧麻叶粗蛋白含量不同,尹邦奇对5个苧麻品种叶粗蛋白的分析表明,苧麻叶粗蛋白含量一般在20.5%~23.8%之间。从表2可以看出苧麻叶粗蛋白含量较高,在种植苧麻时可以选择优质高产苧麻品种,从而既可得到优质纤维又可获得高粗蛋白饲料。

表2 苧麻品种叶蛋白含量

项目	黄壳早	湘苧一号	雅麻	凤凰青麻	芦竹青
蛋白质(%)	21.3	22.5	21.5	20.5	23.8

注:五季麻的平均值。

### 1.2 苧麻叶饲用品质与叶龄的关系

苧麻叶粗蛋白含量的高低不仅与品种有关,而且与叶龄有关。苧麻新叶生长代谢旺盛,蛋白质合成速度较快,含量相对较高;而老叶片代谢缓慢,蛋白质开始分解,因此,苧麻新叶中粗蛋白含量比老叶高。根据调查表明,芦竹青的新叶中粗蛋白的含量为23.8%,而老叶的粗蛋白含量仅为17.2%;凤凰青麻新叶中粗蛋白为20.5%,而老叶中的粗蛋白含量为17.35%。

### 1.3 苧麻叶作为饲料的应用

苧麻叶可随纤维一起收获,一年可收获3次,干苧麻叶的产量约为干苧麻纤维的2倍,累计亩产近300 kg。为了充分利用苧麻叶,应在每收一季麻之前,先对苧麻叶进行收获,制成干粉贮备。一般每100 kg鲜麻叶可制成20 kg干麻粉,制成的干麻粉要保持干燥,以防返潮和霉烂变质。

苧麻叶饲料的应用试验在国内外均有报道。周成江(1988)、谢高福(1992年)、张彬(1999年)分别做过用苧麻叶干粉饲养猪试验,表明在饲料中添加适量的苧麻叶干粉对生长肥育猪的采食量、日增量、饲料报酬、胴体瘦肉率和饲料营养物质消化率等均无不良影响;不仅猪增重效果好,而且对节省粮食,降低饲料成本,提高养猪效益具有良好效果。因此,在猪的饲料中添加一定比例(如5%~15%)的苧麻叶干粉不仅切实可行,也是解决我国南方当前植物性蛋白质饲料来源不足的有效途径之一。在国外Himebaugh报道,苧麻叶干粉饲料对不同龄的猪均具有良好的饲养效果。如补

充某些矿物质元素于苧麻叶干粉中,效果高于粗粮。Squibb同时用苧麻、玉米、香蕉叶、紫花苜蓿以及其它脂肪性饲料养猪,研究其蛋白质利用效果,结果苧麻叶干粉为最佳。

牟琼用苧麻干粉替代基础饲料中粮食进行试验,结果表明用苧麻干粉代替部分精料饲喂肉鸡是可行的。在饲料中加入5%苧麻干粉效果较好,不仅保证肉鸡生长性能,而且显著降低饲料成本。国外Mehrhof等(1950)用苧麻粉代替苜蓿粉喂养家禽,未出现明显不良反应。Squibb等(1953)报道,苧麻作为20%简化全植物蛋白质饲料喂养小鸡的试验,证明苧麻也是喂养小鸡的良好蛋白质饲料。

龙忠富(1998)用苧麻叶和串叶松香草为青饲料相比较饲养肉兔。试验结果表明,用苧麻叶饲喂肉兔效益优于串叶松香草。Zinsly等(1973)用苧麻干粉代替一半基本饲料喂养肉兔时,证明生长速度很理想。

### 1.4 苧麻叶饲用应注意的问题

苧麻叶虽是一种高蛋白质优质饲料原料,可以替代配合饲料中的部分稻谷、麦类,可以大大节约畜牧业中的粮食用量,具有广阔的开发利用前景。但值得注意的是鲜苧麻叶草鱼喜食,但必须和青草搭配使用,若喂鲜苧麻叶过多,鱼食后会引发排便困难,使鱼躁动不安。此外,苧麻叶虽然含有丰富的营养(特别是蛋白质、赖氨酸、类胡萝卜素、核黄素和钙),但它的纤维素含量也较高,加上茸毛多,适口性不是很好。如果在富含钼的土壤中种植苧麻,其叶片钼的含量超标,不宜食用,除非在饲料中加入适量的铜。因此,只有对苧麻进行深入研究,才能使其成为一种有开发前景和实用价值的饲料作物。

## 2 饲用苧麻的开发利用

饲用苧麻是指苧麻整株作为饲料开发利用,它是在利用苧麻叶作为饲料的基础上,培育苧麻饲用品种。饲用苧麻比纤维、饲料兼用的苧麻收割、加工方便,且整株利用苧麻的生物学产量高,其作为纤维用途时,一年只能收割3次,而作为饲料开发,在热带地区一年可以收割14次,每公顷可产鲜茎叶300 t,相当于42 t干料。因此,饲用苧麻的开发具有很大的发展前景。

### 2.1 饲用苧麻的品质

苧麻嫩茎叶干粉的粗蛋白含量在22%左右,粗纤维含量低于18%,此外还含有丰富的类胡萝卜素、维

生素 B<sub>2</sub> 和钙。苧麻蛋白质的氨基酸组成合理,其中赖氨酸是动物必需的一种氨基酸,其含量多少是衡量蛋白质及饲料质量的主要指标。高赖氨酸含量是苧麻蛋白质最突出的特点,最新的研究结果表明,许多苧麻品种的赖氨酸含量超过 1%。

## 2.2 影响饲用苧麻品质的因素

苧麻的茎叶比、生长高度以及收获期是影响饲用苧麻品质的主要指标,而在种植过程中栽培管理措施的不同对饲用苧麻品质也有很大的影响。

### 2.2.1 叶茎比对苧麻饲用品质的影响

叶茎比是衡量苧麻产量性状的一个重要指标,叶茎比大则粗蛋白丰富,粗纤维含量低,营养物质含量高,品质好。叶茎比是随着苧麻的成熟不断的下降,饲用苧麻叶茎比高不仅有利于苧麻加工时脱水干燥,而且有利于提高饲用苧麻营养品质。苧麻的茎秆纤维素含量高,粗蛋白含量少,而苧麻叶的粗蛋白含量高于粗纤维,因此,叶茎比高的苧麻,其作为饲用的粗蛋白含量也越高,也相应的适合作饲用苧麻。

### 2.2.2 收割高度对苧麻饲用品质的影响

苧麻收割高度影响苧麻的饲用品质,随着苧麻高度的增加,苧麻粗蛋白含量相对的降低,苧麻粗纤维的含量随株高增加而升高。因此,为了不影响苧麻的饲用品质,应当适当控制苧麻的收割高度。

### 2.2.3 栽培对苧麻饲用品质的影响

栽培过程中,施肥量和施肥期的不同直接影响饲用苧麻品质。苧麻生长过程中,灌溉时期和灌溉量的不同也对品质有影响。在肥水条件好的情况下,苧麻粗蛋白含量较高。

## 2.3 饲用苧麻的最佳收割期确定

对整株苧麻进行饲料开发时,苧麻收割期的不同会影响饲用苧麻的营养品质。不同收割期的苧麻叶粗蛋白含量变化不大,而茎中粗蛋白的含量随收割期的延长迅速下降。根据喻春明的研究,在较好的肥水条件下,苧麻整株收割作饲料的适宜收割期为苧麻高度为 65 cm 左右。此时期收割,能够获得较高的产量,粗蛋白含量指标也能够符合作植物饲料蛋白的要求。

## 2.4 饲用苧麻育种的研究进展

苧麻栽培和利用的历史悠久,现在中国农科院麻类所就有栽培品种 2 000 多份,但大多苧麻栽培品种主要作纤维用途,而饲用的品种却很少,因此,饲用苧麻品种的开发有待于进一步研究。

在饲用苧麻的品种选育中,为了培育出蛋白质含量高、纤维素含量低、叶茎比大、再生能力强、年生物产量高的饲料专用苧麻品种。中国农业科学院麻类所经过多年努力,利用“湘杂苧一号”和“圆叶青 5 号 S3”杂交,繁育出中国第一个专用的饲用苧麻品种“中饲苧一号”。该品种生长旺盛,发蔸及再生能力强,前期生长快,适宜一年多次收割,年生物产量高,多点试验中干物质年产量比对照组平均增产 31.27%。营养品质高,粗蛋白含量为 22.00%,粗纤维含量为 16.74%,粗灰分含量 15.44%,钙含量 4.07%,粗脂肪含量 2.28%,维生素 B<sub>2</sub> 含量 13.36 mg/kg,赖氨酸含量高达 1.02%。“中饲苧一号”是我国第一个高产优质饲料专用苧麻新品种。

## 3 饲用苧麻利用前景

在我国,目前苧麻种植面积为 300 万亩左右,按每亩 150 kg 计,每年生产苧麻 45 万吨,苧麻叶、壳、骨、根等副产物达 270 多万吨,约为原麻产量的 6 倍。但苧麻历来习惯于利用只占整个植株的 5%左右的纤维部分来作为纺织原料,而近 95%的苧麻副产物很少利用,造成麻类资源的极大浪费。在我国南方,因受气候条件的制约,种植苧麻优于种植苜蓿。苧麻的生物学产量高但利用率低,目前仅利用其纤维部分,大部分营养体被浪费。苧麻富含蛋白质、氨基酸、类胡萝卜素等营养成分,是一种理想的取代进口动物性蛋白质的饲料作物。

在国际市场上,日本、韩国、台湾地区和东南亚地区是主要草类饲料产品的进口国家和地区,植物蛋白饲料市场潜力巨大。与其它草类饲料相比,苧麻蛋白质饲料产品由于营养成分高、不带病菌且成本低廉,在国外一些畜牧业发达的国家具有潜在市场。在我国长江流域地区,气候湿润,夏季高温时间长,这种气候环境下,苧麻有更强的生长优势。利用苧麻饲料产品代替部分苜蓿就有很大的市场,开发前景十分广阔。

从长远来看,苧麻这种高产饲料作物将会代替部分粮食作物作为牲畜饲料。因此,我们应进一步研究饲用苧麻资源的发掘与筛选、收割期、营养成分的测定、品种的培育;尽快与企业联合,实现饲用苧麻的产业化。

(参考文献 15 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 从生猪市场频繁波动谈政府、 畜牧部门和养殖户的责任

刘学剑 王颖 李向新

生猪产业是我国畜牧业的重要组成部分,猪肉是城乡居民最主要的肉类消费品,猪肉的生产、消费量均占全国肉类生产和消费总量的65%左右。猪肉的生产、供应和价格影响物价总水平,关系国计民生和社会稳定。近10年来我国生猪生产总体上呈现持续发展,为满足城乡居民肉食品供应,促进广大农民增收做出了积极贡献。但生猪市场跌宕起伏的周期性波动趋于频繁。近10年已出现三次明显大起大落的周期性波动,目前正处于第四次波动中,波动的关联影响有增强趋势。面对生猪市场的频繁波动,尤其是当前的这次波动,许多专家和学者从不同角度剖析了引发的关联因素并提出相应对策。国家已针对当前生猪生产发展需要采取了应对措施。本文重点从生产环节的角度就政府、畜牧兽医部门和养殖户在促进生猪生产持续健康发展中的责任进行探讨,旨在引起重视,明确并强化责任落实,推动生猪生产在保持合理市场波动前提下得到持续稳定健康发展。

## 1 政府的主要责任

坚持“多予少取放活”和“工业反哺农业、城市支持农村”的方针,加快生猪生产发展方式转变,大力发展健康养殖,构建现代生猪生产体系,提高综合生产能力,保障产品供给和质量安全,促进农民持续增收,推进社会主义新农村建设,是当前和今后一定时期我国生猪生产发展的主要任务,也是各级政府在发展生猪生产中的主要责任的综合体现。各级政府要围绕这一发展任务,按照WTO的规则,落实好以下责任措施,建立保障生猪生产稳定发展的长效机制。

### 1.1 建立和完善风险补偿机制

我国生猪千家万户的分散饲养方式,以及不健全的风险补偿机制,是当前我国生猪生产抵御风险能力较弱,市场频繁波动的根本原因。建立和完善风险补

偿机制,实施风险补偿制度,无论是当前还是今后都是世界各国政府保护生猪生产持续发展,避免市场大起大落的有效措施。当前,我国生猪生产风险补偿机制应重点从三方面建立和完善:①要建立生猪政策性保险机制。国家从2007年起实施能繁母猪政策性保险工作,对参加保险的能繁母猪的保费按中央财政补贴50%,地方财政补贴30%,饲养者负担20%比例承担。这一保险制度的实施,对有效降低养殖风险,减轻农民负担产生了积极的作用。国家要在总结能繁母猪保险工作的基础上,尽早出台鼓励措施,积极引导和鼓励有关保险机构以适度规模养殖户为重点办理生猪保险,引导和鼓励养殖户参加政策性保险,形成一种高覆盖、低保费、全保障的生猪养殖保险机制。②要建立和完善生猪强制扑杀和强制免疫应激反应死亡补偿机制。因防疫工作需要,对生猪实施强制扑杀和强制免疫引发的应激反应死亡,对于养殖户来说属于自然灾害,要按照国家补偿比例占大头,养殖户承担损失占小头的经济补偿原则,建立和完善生猪强制扑杀和强制免疫应激反应死亡补偿机制。国家补偿标准应以当时的市场平均价为基础按比例计算为宜,以保护养殖户利益,调动养殖户积极配合防疫工作的积极性,促进防疫措施的全面落实。③要建立生猪扶持补贴机制。目前,国家已出台并稳定了疫苗补贴、能繁母猪补贴、良种猪精液补贴、养殖大县奖励等扶持政策,生猪扶持补贴机制得到逐步建立。国家今后要坚持这些使农民受益的补贴政策的基础上,增加市场风险补贴,即针对市场价格波动情况,当农民养猪出现较大亏本情况时,给予适度规模养殖户适当的补贴。并对规模养殖户饲养出栏的肉猪由执行国家储备肉任务的屠宰加工企业按保护价收购,对企业执行国家储备肉任务所产生的亏损给予补偿,以稳定生产和市场供应,尽量减少生猪市场出现大起大落的现象。

### 1.2 建立和完善市场预警机制

市场预警机制不健全,在行情看好时不能做出客观预警,在行情低迷、风险来临时不能及时启动应急措施,反应滞后,难以指导养殖户根据市场变化调节生产和规避风险,是导致我国近10年来生猪市场频

刘学剑,文山州畜牧兽医局,高级畜牧师,663000,云南省文山州畜牧兽医局。

王颖、李向新,内蒙古赤峰市喀喇沁旗畜牧业局。

收稿日期:2007-10-22

繁波动的重要原因。政府要把建立和完善市场预警机制,作为促进生猪生产持续健康发展的重要保障制度抓好抓实,协调组织有关职能部门以生猪主产区和主销区为重点建立市场信息监测点,建立和完善生猪产、供、销预警预报体系,逐步形成覆盖全国的生猪市场监控体系,切实加强对生产、流通、销售各环节的监测,开展国内和国际生猪及产品市场趋势性、关联性和对策性分析,科学预测市场和消费需求走势,及时发布市场预警分析信息,启动应急措施,正确引导生产者合理安排生产,科学饲养,有效规避市场风险,防止生产大起大落。

### 1.3 建立和完善服务保障体系

服务保障体系功能不健全、结构不完善、运转效率不高、保障能力弱等问题是当前影响许多地区生猪生产持续健康发展的主要障碍。整合资源,系统构建生猪良种、饲料、疫病防控等服务保障体系,提升服务功能,是政府促进生猪生产持续健康发展的重要责任。当前要重点从五方面强化服务保障体系建设:①要坚持外引品种与选育本地特优品种相结合的原则,强化生猪良种“繁、引、推”相结合的良好体系建设,大力发展杂优猪以及具有地方特色的优良品种,建立适应市场需要的生猪良种繁育体系。②要以饲料资源的科学生产利用为重点,建立和完善推进粮食、经济作物和饲料作物三元种植结构,棉菜籽饼、动物屠宰下脚料等非粮食饲料开发利用,安全、高效的配合饲料以及新型饲料添加剂的研发、生产和质量控制等饲料生产检测体系。③要围绕提升和增强应对疫病和产品安全的预防、控制能力,建立和完善疫情信息预警、疫病预防控制、疫病检疫与监督和产品安全监测体系。④要围绕构建农村现代流通网络的需要,建立和完善初级生猪交易市场,产地、销地批发市场相配套的市场网络,以及建立上下、左右相联相通的市场信息服务体系。⑤要建立和完善科技研发、推广、培训体系,以增强科技人员的创新传播能力和农民吸纳应用科技能力,为生猪生产持续健康发展提供技术支持。

## 2 畜牧兽医部门的主要责任

产业结构和布局不合理,生产方式较落后,产业化经营水平低是当前影响我国技术集约型、资源高效利用型和环境友好型生猪生产发展的关键因素,也是生猪市场频繁波动的内因。畜牧兽医部门要在政府的统筹安排下,围绕规划、指导、管理、监督、协调、服务的职能,重点从四个方面强化责任落实,促进生猪生产发展方式的根本转变。

### 2.1 强化区域布局和生产结构调整优化的引导服务工作

要围绕实现生猪生产资源的合理配置、产品质量的不断提高、市场竞争力的不断增强和农民收入稳定增长的结构调整目标,按照“区域化布局、基地化建设、科学化管理、社会化服务”的要求,利用好项目建设等政策措施在引导和促进区域布局和生产结构调整优化中的作用,从三个方面强化引导服务工作:①根据区域养殖资源优势以及东部西移、南部北移步伐加快的发展趋势,在保持生猪存栏稳中有增,优质肉猪出栏较快增长的同时,大力扶持发展区域性规模养殖,加快生猪规模化养殖发展步伐,建成区域性优势产业带。②要采取品种选育、杂交改良和更新换代等措施,调整优化品种和品质结构,大力发展杂优猪或地方优良品种生产,不断扩大特优品种的群体数量,逐步建成适应广大农村生猪养殖方式和市场需要的生产结构。③要积极扶持发展肉类屠宰加工及具有地方民族风味的特色产品加工,开发多元化畜产品。并大力帮助生产、加工和营销组织及企业做好商标注册、质量认证、标准化生产等基础工作,培育一批优势特色品牌,促进生猪生产增值增效。

### 2.2 加大养猪配套技术的研发和推广

要以疫病防控、品种改良、饲料开发和科学饲养等实用配套技术的研发与推广应用为重点,以增强畜产品市场竞争力为核心,统筹科技资源、整合力量、优化结构,转变机制,搭建布局合理、效能统一、精干高效的畜牧业科技研发、技术推广、农民培训新的平台,强化科研和成果转化工作,建立科技人员、良种良法直接到户、技术要领直接到人的科技成果转化应用新机制,形成人、财、物直接进村入户的科技推广新模式,大力推广科学养猪实用技术,加快良种良法配套技术的入户率,努力提高技术的覆盖面、到位率和养殖水平,不断增强应对市场波动能力,为促进生猪生产持续健康发展提供技术支持。要切实落实“属地管理,分级负责”的防疫工作责任制,扎实做好生猪的免疫、产地检疫、运输检疫、屠宰检疫、市场检疫工作,强化免疫标识管理,有效控制生猪疫情传播扩散,保障生猪生产持续健康发展。

### 2.3 加快推进健康养殖

要以商品基地等有利于发展生猪健康发展的地区为切入点,发挥资金扶持的导向作用,引导群众转变养殖观念,调整养殖模式,创新生产、经营管理制度,按照“因地制宜、统一规划、合理布局、规模适度、

人畜分离、分户养殖”的原则,积极发展规模养殖和养殖小区,推行健康养殖方式,改变人畜混居、畜禽混养的落后状况,改善农村居民的生产生活环境,建立一批优质肉猪健康养殖示范区,推动生猪生产向规模化、标准化健康养殖方向发展。

#### 2.4 积极扶持发展生猪生产化经营

要围绕“政府引导、企业运作、带动农民、滚动发展”的原则,积极争取并切实加大财税、金融和用地等方面的扶持力度,积极扶持改造现有成长性生猪养殖、加工和营销企业做大做强;引导扶持辖区内各类经济组织和个人在区内以各种方式创办新的生猪产、加、销企业或协会,建立企业带动农民增收、农民增收促进企业发展的良性互动机制,扶持发展一批规模效益好、市场覆盖面广、带动能力强的生猪龙头企业群,加快推进产业化经营进程,提高散养农户的组织化程度,增强抗风险能力。

### 3 养殖户主要责任

养殖户的组织化程度低,机动性较强的散养户在盈利时一窝蜂上,亏损时一窝蜂下,是我国生猪市场波动频繁的直接原因。要减少生猪市场的异常波动,不仅政府和畜牧等部门要履行好责任,而且作为市场主体的养殖户更要从以下方面履行好维护生猪生产正常秩序的责任。

#### 3.1 理性安排生产

数量多了价格跌,数量少了价格涨,这是市场经济的自然规律。养殖户要增强风险意识,把握生猪周期演变规律,在生猪周期的不同阶段采取差异性的养殖策略,既要注意在亏损周期时,盲目加速淘汰育肥猪和母猪,一窝蜂下的现象,更要注意在盈利周期,不理性补栏,不能注意科学饲养,一窝蜂上的现象,做到

新上养猪项目应选择在生猪周期的低谷期进行,并根据市场规律的变化特性适时补栏,调整好养殖结构,以蓄势迎涨;在盈利期则加强对育肥猪饲养管理,加速淘汰生产性能差的公、母猪等,并根据市场波动趋势适时分批降低存栏量,以规避市场风险,促进生猪生产良性循环。

#### 3.2 科学养殖

千家万户的分散饲养是我国生猪养殖的主要形式,这种生产方式虽然有效降低了生产成本,但科学养殖的水平难提高,也难以获得规模效益。养殖户要增强效益意识,改变传统的生产方式,从优良品种选择、养殖环境改善、饲料营养调控、防疫保健措施的完善、饲养管理措施改进等方面实施科学养殖,并大力发展生猪适度规模养殖和养殖小区,加快饲养方式的转变,促进技术集约型、资源高效利用型和环境友好型生猪生产的发展。

#### 3.3 组织化发展

养殖户尤其是要改变传统的“同行是冤家”为“一个战壕的战友”的合作观念,增强合作发展理念,按照“民办、民管、民受益”的原则,充分发挥养殖大户、经济能人和私营老板的牵头作用,联合起来成立生猪产销协会,切实做好生猪的产销衔接工作,不断推动协会由松散型向紧密型结合发展,由局部型向区域性方向发展,形成一批规模效益好、市场覆盖面广、带动能力强的生猪生产协会,提高养殖户的组织化程度,解决好千家万户的分散生产与大市场接轨问题,促进生猪生产的持续健康发展。

(参考文献若干篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

### · 一句话新闻 ·

日前,大连商品交易所与华中农业大学、湖北省畜牧局在武汉联合举行了生猪期货合约交割质量标准论证会,会上专家审定组论证通过了《生猪交割质量标准》和《生猪交割质量检测技术规程》,我国第一个生猪期货标准产生。

山东信得科技集团总裁李朝阳、河北廊坊燕北畜牧机械集团公司董事长兼总经理刘永怀、福建省龙岩市龙马畜牧饲料有限公司董事长魏泉龙、河南正阳诸美种猪育种有限公司董事长兼总经理赖登明等十位人物被推选“2007年全国畜牧富民功勋人物”。

自2008年1月20日起,各环评咨询、技术评估机构对所有畜禽(包括猪、牛、羊及家禽)养殖、屠宰环节的建设项目环评咨询收费,应在《国家计委、国家环保总局关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》规定的收费标准基础上减半收取,环评审批过程不得收取任何费用。

近日,唐人神集团与美国威特先公司正式签订协议,联合成立生猪育种公司,培育国内领先的“五元”种猪,这标志着唐人神集团的“千万头生猪工程”正式启动。

近日,全国工商联水产产业商会与全球水产养殖联盟(GAA)在北京举行了会谈,双方负责人就有关2008年GAA水产品展望年会在中国召开等议题进行了探讨,并决定全球水产养殖年会于2008年11月在青岛举行。

# 2007 年大豆市场回顾及 2008 年展望

刘素军 金敏杰

## 1 大连大豆市场回顾

从图 1 来看,2007 年连豆走势价格是一路上升,期间几乎没有任何的调整,表现明显强于 CBOT 大

豆。总体表现为上半年在相对低位的蓄势,而下半年则是快速拉升。

### 1.1 年初至 7 月底的蓄势攀升阶段

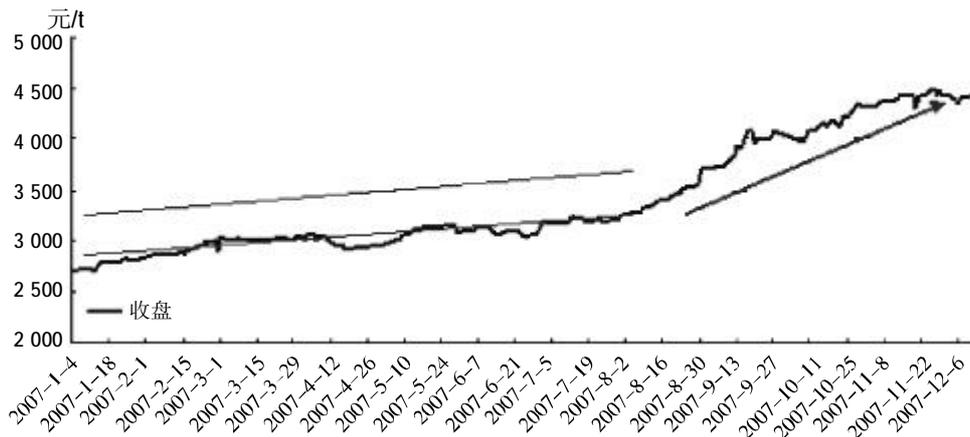


图 1 2007 年连豆价格走势

2007 年初美农业部公布种植意向报告,大豆播种面积预计比 2006~2007 年度减少近 840 万英亩,大豆播种面积的减少夯实了大豆牛市的基础。CBOT 大豆期价的上涨明显带动着连豆的走高。国内方面,上半年受猪蓝耳病疫情等影响,我国畜禽养殖业表现低迷,对豆粕需求降低。但是随着 5 月初猪肉价格上涨及相关部门一系列利好政策的出台,养殖业复苏的信号开始显现,市场看涨信心较足,令豆粕价格在短期内出现暴涨,各地现货价格持续上涨。下游产品市场的走强,带动了国内大豆需求增加并刺激其行情上扬。

在内外因素的作用下,连豆期价从 2 800 点的水平开始启动,一路攀升至 7 月底的 3 300 点的水平。

### 1.2 8 月初至今的强力拉升阶段

今夏我国东北大豆主产区遭遇 50 年不遇的大旱,黑龙江中部和北部以及内蒙古东部部分地区降水比去年同期减少一半多,部分地区大豆几乎绝收,使得今年我国大豆总产比去年大幅下降。不利的天气成为市场炒作的焦点,也成为这一阶段上涨的重要因素。

9 月后期国际小麦价格上涨带动了粮食价格的全面高涨,而国际海运费价格的上涨使得国内进口大

豆的成本一举突破了 4 000 元/t 的水平,在这种情况下,国内大豆价格大幅走强,同时市场资金的大量介入也推动了价格快速上涨,并在 11 月上旬冲破前高,11 月份创出历史高点 4 566 元/t。

## 2 2007~2008 年度大豆供需状况

### 2.1 美国

据美国农业部 12 月的月度报告,2007~2008 年度美国大豆播种面积为 6 370 万英亩,而根据美国私人分析机构 Informa 12 月 14 日的最新报告,预计美国下一年度种植面积将比 2007~2008 年度增加 630 万英亩,为 7 000 万英亩。以美国近 3 年的平均单产 42.3 蒲式耳/英亩(为历史同期最好水平)计算,2008~2009 年度美国大豆预计比 2007~2008 年度增产 4.14 亿蒲,总产应为 30.08 亿蒲式耳(约 0.82 亿吨)。

需求方面,近几年美国大豆国内压榨量呈刚性增长态势,接近三年来 3.2% 的年平均增长率,2008~2009 年度压榨量估计为 18.89 亿蒲式耳,再假设出口保持 5% 不变,2008~2009 年度出口量将达到 11.49 亿蒲式耳,2008~2009 年度美国需求总量预计比 2007~2008 年度增加 0.9 亿蒲,至 30.38 亿蒲式耳(约 0.83 亿吨)。由于供需缺口的存在,我们认为 2007~2008 年度的年末库存有可能比 12 月份美国农业部公布的 1.85 亿蒲(约 503 万吨)更低,预计 2008~2009 年度的库存将会有所增加,但增加的幅度不会很大。

刘素军,五矿实达期货经纪有限责任公司,518031,深圳市福田区上步南路锦峰大厦 13B。

金敏杰,内蒙古赤峰市巴林左旗农牧业局。

收稿日期:2007-12-26

而如果天气变差,按照过去5年的平均单产水平40.62蒲/英亩计算,产量预计仅为28.43亿蒲式耳。按上面分析的30.78亿蒲式耳的总消费量,2008~2009年度美国的大豆产需缺口将达到3.32亿蒲,年末库

存将降至2.35亿蒲,年末库存消费比将会降更低,接近2003~2004年4.25%的历史低点(见图2)。美国新年度大豆的这种产需关系格局必将对CBOT大豆的价格产生支持。

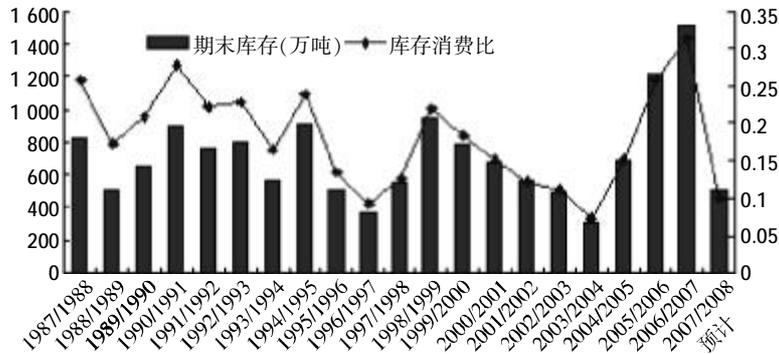


图2 美国大豆期末库存及库存消费比

如果要让2008年大豆的供需形势更充裕一些,那么2008年大豆的种植面积就必须要有大幅增加。根据Informa预测2008~2009年度大豆种植面积比去年同期仅高630万英亩。如若情况属实,该数字显示农民并没有向大豆转移市场所需要的大量种植面积。为避免出现2008~2009年度美豆期末库存降至创记录低水平的结果,美豆需至少争回800万~900万英亩的种植面积,2007~2008年的争地大战已经开始上演。

2.2 南美

考虑到由于美国大豆种植面积大幅转向玉米致使美国大豆产量大减,而全球大豆需求逐年增长700万吨以上,2007~2008年度大豆供需关系急剧恶化,为使大豆的供需相对平衡,南美大豆2007~2008年度的总产量将变得异常重要。南美大豆生长季节从10~11月持续到下一年的2~3月,为使南美大豆产量增加,需要高价格来刺激巴西增加大豆种植,但巴西基础设施比较落后,新开发土地的成本较高且单产难以跟上,再加上巴西货币雷亚尔的不断升值,使得农民从大豆高价格中所获得的收益十分有限,对豆农的种豆积极性形成较大的打击。

根据巴西农业分析机构Celeres 12月4日发布的报告,预计2007~2008年度巴西大豆播种面积为2220万公顷,较上一年度增加6.9%;预计新豆单产每公顷接近2800kg,较该机构此前预测的低1.2%;预计巴西2007~2008年度大豆总产量可达6230万吨,较上一年度提高5.6%,但较该机构此前预测的低1.3%。美国农业部(USDA)最新预计的巴西2007~2008年度大豆总产量为6200万吨。不同机构的预测数据

见表1。

表1 各大机构对巴西2007~2008年度大豆产量的预测数据

机构	预测值(万吨)
巴西国家商品供应公司(Conab)	5 810
巴西农业咨询机构Celeres	6 230
美国私人分析机构Informa	6 270
美国农业部	6 200
油世界	5 850
平均	6 072

根据阿根廷农业部最新的预估数据显示,2007~2008年度阿根廷大豆播种面积会有所增加,政府预估2007~2008年度大豆种植面积将达到创纪录的1660万公顷,较上一年度增加逾2%,大豆产量达到了创纪录的4750万吨。美国农业部最新预计的阿根廷2007~2008年度大豆总产量为4700万吨。

通过以上对南美各国2007~2008年度产量的分析,根据巴西分析机构的平均值6072万吨和阿根廷农业部的4750万吨,计算得到南美2007~2008年度的大豆产量预计可达到1.08亿吨,比2006~2007年度的1.04亿吨增加了400万吨。

2.3 中国

从表2中可以看到,2007~2008年度国内大豆供需的状况相对于以往将会变得更加的紧张。国内产量方面由于2007年大豆种植面积受玉米的挤压以及干旱天气影响降幅较大。2007年中国大豆的播种面积为870万公顷,较上年的928万公顷降低58万公顷,降幅6.25%,另一方面受天气影响致使东北地区大豆产量大降,预计2007年中国大豆的产量为1400万吨,较上年的1597万吨降低197万吨,降幅12.32%。

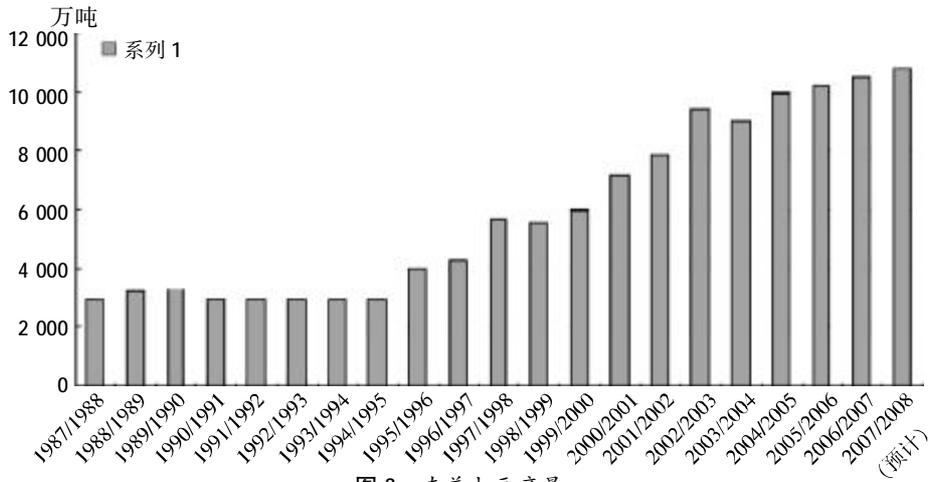


图3 南美大豆产量

表2 2007~2008年度中国大豆供需平衡分析(万吨)

项目	2003~2004	2004~2005	2005~2006	2006~2007	2007~2008
生产量	1 539.4	1 740.4	1 635	1 596.7	1 400
进口量	1 693.3	2 580.6	2 831.7	2 830	3 150
年度供给量	3 232.7	4 321	4 466.7	4 426.7	4 550
种用量	101.5	95	91	87	81.7
食用及工业消费	727.2	767.3	806.5	847.9	895
榨油消费量	2 524.5	3 350	3 470	3 430	3 570
国产大豆(榨油)	780	770	740	630	420
进口大豆(榨油)	1 744.5	2 580	2 730	2 800	3 150
年度国内消费量	3 353.2	4 212.3	4 367.5	4 364.9	4 546.7
出口量	31.9	39	354	45	500
年度需求总量	3 385.1	4 251.3	4 402.9	4 409.9	4 596.7
年度节余量	-152.4	69.7	63.8	16.8	-46.7

而中国大豆消费近年来是持续稳定增长。随着人们生活水平的提高,对植物蛋白摄入量的需求不断增强,食用大豆需求量逐年增加;另一方面,随着下游产品豆粕和豆油需求的增加,也大大地刺激了大豆需求增加。随着大豆需求的逐步增加,而供给的却是连年的严重不足,致使供需缺口逐年加大,为了满足进一步的消费需求,只有加大大豆的进口。

从进口情况来看,2006~2007年度中国大豆进口量明显增加,1~10月份累计进口了2 454万吨大豆,同比上涨了4.4%,随着后期需求的进一步增加,预计大豆进口量还会有所上升,2007全年的进口量有望超过3 000万吨水平(见图4、图5)。

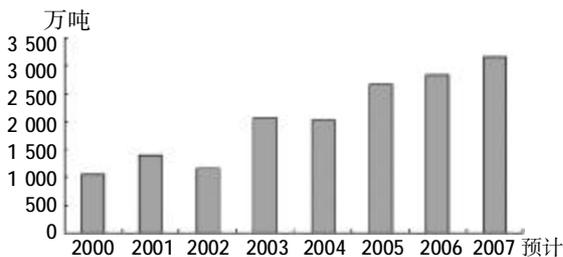


图4 大豆历年进口量

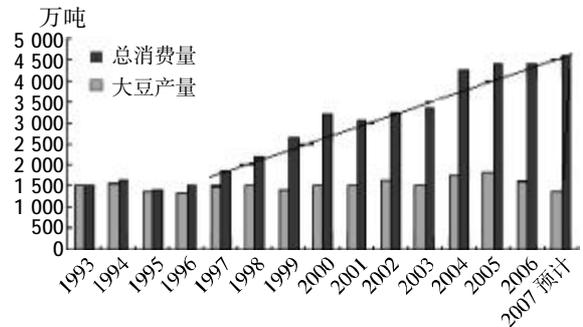


图5 中国大豆总消费量和产量

通过以上分析,2007年国内大豆产量大致在1 400万吨,再加上进口的3 000多万吨,而大豆消费量保持在4 500万吨左右,预计全年大豆供求处于一种相对平衡的状态,但这是建立在大量进口大豆的基础之上的。

对于2008年的国内大豆供需,由于各农产品需求都在增长,大豆的可开发潜力不大,长期来看大豆产量增长的速度必将落后于消费增长的速度。一旦世界各大豆主产国供给未能出现预期的增长,国内大豆的供需状况将会出现异常的紧张局面。

## 2.4 世界

通过以上的分析,2007~2008年度的大豆产量将会维持在2.21亿吨左右,而年度的全球大豆消费量有望达到创纪录的2.33亿吨,这样全年就产生了将近0.12亿吨的供需缺口。从图6可以看出,由于2007~2008年度的大豆将会出现近10年来的最大供需缺口,我们认为2007~2008年度世界期末大豆库存将会极为紧张。

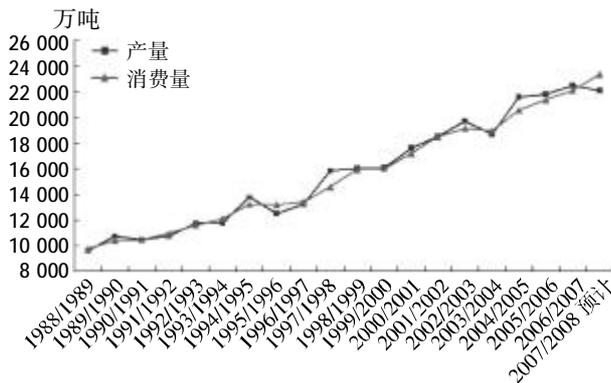


图6 世界大豆供需平衡

## 3 2008年影响大豆市场的因素

### 3.1 宏观经济因素

国际方面,次贷危机爆发以及美联储降息等多重因素加剧了全球流动性过剩问题,欧美各国央行为了避免因次贷危机造成形势恶化,累计向市场注入了近8000亿美元的流动性,虽然暂时缓解了“信贷紧缩”,但由于回收力度不足,致使市场上的流动性大幅积累;其次美联储连续降息引发了全球货币政策趋松,主要国家货币政策由紧缩向宽松的转变增加了全球的流动性;另外,国际套利交易都保持活跃,使得投资者在国际市场上大量借入低利率日元去购买高利率资产,在日本和高利率国家利差预期扩大的背景下,套利交易进一步导致全球流动性的过剩。

流动性过剩致使全球资产价格出现空前大涨,全球通胀压力加大。同时美元贬值加速引发全球金融市场通胀预期强化,吸引投资投机资金积极进驻商品市场。在市场做多热情已被点燃的情况下,商品长期向好趋势并不会发生改变。

国内方面,通货膨胀的压力不断增大。2007年以来,居民消费物价指数(CPI)一路走高,其中10月份CPI同比上涨6.5%,创10年来的最高纪录。图7显示的是2007年CPI指数的变化情况,基本上一直是处于增长的过程。从分析CPI的构成要素来看,油脂类价格的上涨是引发CPI上涨的最主要的原因,从图7可

以看到近期以来油脂类价格的增速持续保持在30%以上,这点也可从豆类产品价格大幅上涨上得到印证。

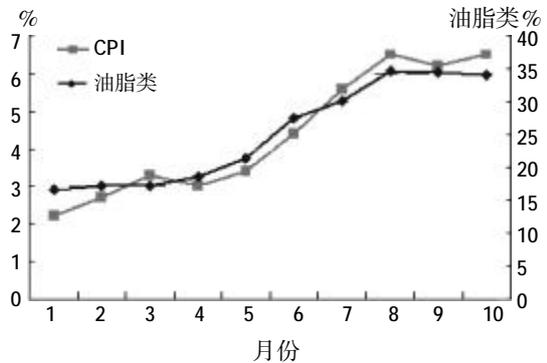


图7 2007年CPI变化及油脂价格增幅

流动性过剩造成的资产价格飙升加剧了国内通胀的压力。今年以来,央行已经连续几次通过各种货币政策来抑制流动性的泛滥,包括加息、提高存款准备金率以及发行特别国债等措施。虽然国家使用多种政策来抑制流动性,但效果却不是很明显。而央行在最近公布的10月末广义货币供应量(M2)余额为39.42万亿元,同比增长18.47%,增幅比上年末高1.53个百分点。物价与货币供应量的同步走高加深了市场对于通货膨胀的担忧。通过图8的广义货币供应余额增长走势可以看出,三季度M2供应持续高速增长。

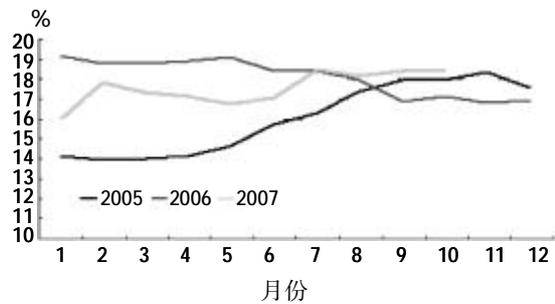


图8 广义货币M2供应余额增长走势

后市来看,在通货膨胀威胁没有消除,流动性过剩问题没有良好的解决,其它粮油品种期货牛市延续的情况下,大豆期货依旧会表现强劲,继续走高。

### 3.2 大豆制品因素

#### 3.2.1 豆粕市场的现状和发展前景

2007年大豆产量的减少直接影响到了豆粕的供应。豆粕供给减少极大地提高国内豆粕价格,目前,豆粕价格已从年初的2000元/t左右上涨到目前的3500元/t以上,涨幅超过了25%,而这种现象似乎还有延续的趋势(见图9)。

另一方面,国内养殖业的逐步恢复也进一步刺激

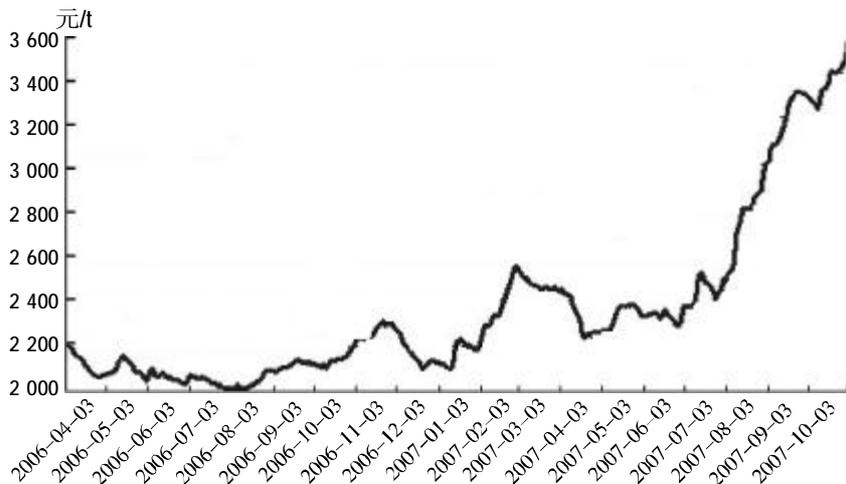


图9 国内豆粕现货价格指数

了豆粕的消费。对于2007年豆粕的总体消费来看,主要是受禽、蛋消费平稳增长方面的考虑,对于养殖业,其发展必将经历过剩-平稳-紧缺-平稳-过剩的阶段,而现在正是养殖业的恢复阶段,随着需求的增长,豆粕的供给可能继续处于短缺状况。此外,高企的大豆成本支撑,豆粕短期内回落的可能性很小。

### 3.2.2 豆油市场的现状和发展前景

过去7年中国人均植物油消费几乎增长了一倍,从1999~2000年每年每人9.5 kg增加到2007年度预期的17.1 kg。2006~2010年期间,由于人均可支配收入提高,加上人口的增长,中国的豆油和棕榈油用量将分别增长140%和200%,将会对全球植物油消费贡献14%的增幅。

2007年豆油市场表现也是相当抢眼,国际豆油价格创下23年以来的历史新高后,价格继续上涨,国内豆油期货价格也是创出上市以来的新高(见图10)。目前国内四级豆油价格已经站上了万元高点,较年初大涨了25%。从价格趋势以及食用消费的发展来看,豆油价格大幅回调的可能性不大,预计价格将在高位震荡,所以2008年豆油市场仍有可能继续向好。

一方面是植物油消费量的不断增加,另一面则是全球油料作物大面积减产,油料产量下降。

根据美国农业部发布的最新数据显示,2007~2008年度全球大豆产量预计是2.21亿吨,低于上年的2.358亿吨;美国大豆产量数据下调至7061万吨,上年为8680万吨。中国大豆产量数据下调到1460万吨,上年为1620万吨,由于严重的干旱,黑龙江大豆减产幅度很可能达到1/3,预计中国大豆实际产量甚至有可能只有1200万吨左右的水平。

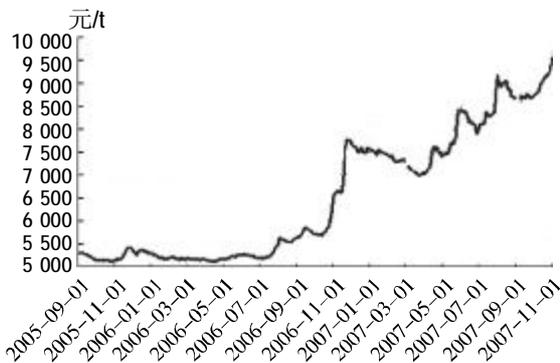


图10 国内豆油现货价格指数

此外,由于原油价格的高涨所引发的全球生物能源概念也极大的支撑着全球的豆价不断创新高。纽约原油从年初的63.80美元/桶大幅提高到目前的98美元/桶,各国政府为了降低对原油的依赖程度,纷纷加大生物能源生产,尤其是欧美国家生物柴油产量提高较快,根据美国农业部预计,2008年欧盟27国生物柴油产量将增至1240万吨。近几年农产品价值一直被低估,生物燃油需求的增长使得工农业产品之间的联系更为密切,而植物油在工业领域应用上的拓展,也使得农业产品的价值潜力得到充分体现。

### 3.3 海运费因素

近期不断攀升的国际粮船海运费升至一个新的高度,并严重地影响到了国内农产品的进口工作,国内农产品价格因此居高不下。截至到11月中旬,从美国、南美到中国的粮船海运费分别达到125、127美元/t,创出2007年以来的最高纪录(见图11);和年初相比,从美国、南美运至我国的粮船海运费分别暴涨110%和92%。而在同一时期,人民币对美元的汇率升值幅度仅有8.5%。人民币升值的幅度远不足以抵消海运费的

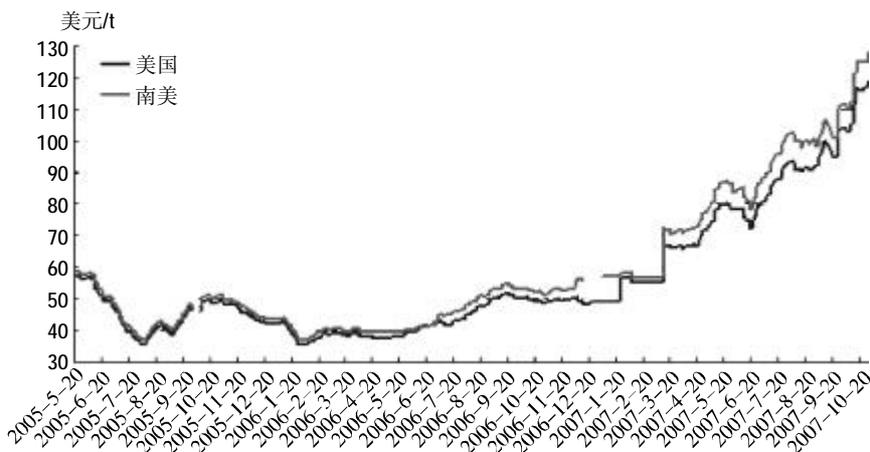


图 11 进口大豆海运费

增幅,使得国内农产品贸易商的进口成本居高不下;目前看来,这种趋势未来还将延续一段时间,进口农产品的成本短期内恐难以回落。进口成本的增加从一定程度上抑制了大豆的进口速度,海关数据显示,2006~2007年度我国大豆进口总计为2 873万吨,仅比上年度提高了1.5%,远远低于国内市场对大豆的需求量。为了满足日益增长的需求,相信后期还会有更多的大豆进口,需求的增加将进一步刺激豆价的攀升。

#### 4 技术面分析

从期货技术分析来看,目前大豆还是处于一个快速上升的通道中,期价在快速上破2004年1 064美分的近几年高点之后,在不到几个交易日的时间内,就把1988年1 100美分的近20年高点踩在脚下,而且目前美豆后继上冲的动能仍是非常强劲,下一步的目标则是1973年创下的1 290美分的历史高点。

根据CBOT黄豆1978年以来的价格图表(见图12),在经历了大的牛市之后,CBOT大豆之后会经历一个快速下探的过程,接着便是陷入一个多年的区间震荡局面,1978年、1988年和2004年的情形都是如此,震荡区间维持了100~150美分/蒲式耳的宽度。



图 12 1978年以来的黄豆价格

的2~3月上破1 290美分的历史高点,之后有可能会经历一个快速回落的过程,以本轮行情的启动点548美分为目标低位,以1 290美分作为目标高点,根据黄金分割规律判断,0.618回调位的831美分很可能成为下一年度市场下轨的第一支撑,而919美分很可能成为市场的上轨压力。

国内方面,近几年的大豆市场大多跟随外盘走势,在市场需求稳定和供给形势依旧不很乐观的大背景下,2008年国内大豆走势可能会继续走强(见图13)。

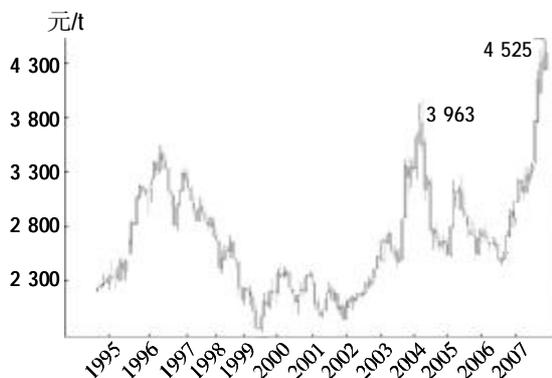


图 13 国内大豆市场走势

2008年第一季度大豆市场将出现一定幅度的调整,主要受春节后消费高潮的过去,豆价有可能会下探一低点,之后在美国和中国的新年度种植意向出台后价格将会企稳反弹,而后大豆仍会回到其基本面上来,所以作者认为后期受国内供应短缺等因素影响,价格将出现大幅的上涨。采用进口成本换算的方法来估算,按照海岸升水51美分/蒲式耳,海运费以100美元/t,人民币汇率为6.5,120元/t的港杂费,则中国大豆的价格波动范围在3 176~3 420元/吨。

按照现在的发展趋势,美豆极有可能在2008年

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)