

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17期

(总第326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

编辑二室(024)86391926(传真)

编辑三室(024)86391925(传真)

网络发行部(024)86391227

投稿邮箱:tg@feedindustry.com.cn

网站:www.feedindustry.com.cn

英文网址:www.chinafeedindustry.com

总编辑:陈勇

副总编辑:褚成德

责任编辑:褚成德

广告版权代理:沈阳同兴广告有限责任公司

总经理:陈勇

副总经理:傅立南

地址:沈阳市金沙江街16号6门

邮编:110036

电话:(024)86276137 13342491817

传真:(024)86276127

邮箱:sgygg@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:SM4290

国内统一连续出版物号:CN21-1169/S

国际连续出版物号:ISSN 1001-091X

邮发代号:8-163

发行范围:国内外发行

广告许可证:辽商广字01-82号

开户行:中信银行沈阳分行营业部支行

账号:7221410182600054849

每份定价:6.00元

如需转载本刊文章及图片,请注明

源自《饲料工业》杂志,并寄样刊。

饲料

SILIAO GONGYE

(半月刊)

工业

企业标识展示



通成集团
(024)88080922



辽宁北方
(0412)3343018
(024)88080922



江苏皖羊
(0514)87848811



FDSF
江苏良友
(0519)88349988



布勒(常州)
(0519)87966666



正普人才网
(0519)87309867



武汉华中
(027)85369722



杭州康德牧
(0571)86433111



达仕唯生物
(0755)85593001



上海蓝科
(021)66419716



康地恩生物
(0455)7703213



Aegis
All for Health
(0571)85622437



上海彼丽艾
(021)57687881



安迪苏
(021)58309998

目次

工艺设备

■1 规模化复合预混料加工工艺设计分析

..... 李军国 秦玉昌 来光明等

■5 螺旋叶片的下料及加工方法

..... 吴淑芳

营养研究

■7 饲料中铜对猪促生长作用机理及在养猪生产中的应用

..... 高伟会

■12 低蛋白质日粮在肉鸡营养中的应用

..... 王自蕊 游金明 赵君涛等

■17 脂肪酸的吸收与脂肪酸结合蛋白

..... 颜士禄 张铁鹰 刘强

试验研究

■22 不同比例棉籽粕替代豆粕在樱桃谷鸭日粮中的应用

..... 周联高 吴蓉蓉 章世元等

■26 日粮中添加生物素对圆环病毒(PCV2)攻击下的仔猪淋巴器官

及生产性能的影响

..... 陈宏 张克英 丁雪峰等

■30 不同粗蛋白和粗纤维水平对肥育猪生产性能及氮排泄的影响

..... 谭新 蒋小丰 方热军等

反动物营养

■35 沙葱和油料对羊肉中CLA和PUFA含量的影响

..... 赵国芬 敖长金 赵志恭等

■38 霉菌毒素对奶牛健康的影响

..... 龙淼 周昌芳 刘国文等

检测技术

■41 复合酶制剂对奶牛产奶量和乳品质的影响

..... 杜瑞平 段智勇 劳晔等

■43 HPLC法测定饲料中维生素B₂的不确定度评定

..... 陈枫 黄海 陶利明等

■46 微波消解快速测定饲料中的重金属铅、铜

..... 徐亮

宠物科普

■48 宠物犬蛋白质营养研究进展

..... 郑建婷 谈瑞芳 郑中朝

■51 犬的钙、磷营养研究进展

..... 程栋 丁雨敏 刘丹丽

经济动物

■54 不同粒径的饲料对育成狐蛋白质消化率及其相应营养指标的影响

..... 常慈娟 张涛华 李光玉等

专题论述

■57 肥肝鹅饲料技术研究进展

..... 范永存 王宝雄 于世浩等

问题探讨

■60 日粮营养物质对猪粪中氮、磷、铜、锌和氨气含量的影响

..... 周丽 黄彪

信息采集

■64 肉禽蛋制品标准即将出台

规模化复合预混料加工工艺设计分析

李军国 秦玉昌 来光明 李俊 牛力斌

复合添加剂预混料是由维生素、微量元素、氨基酸、药物、酶制剂以及其它添加剂等多种添加剂和载体或稀释剂组成,有的还含有钙、磷、食盐等动物所需的所有矿物质,只需配以相应的能量和蛋白质等基础饲料,使用方便,符合我国养殖业的实际,适合饲料厂,特别是中小型饲料厂和农村规模养殖户的需要。目前,我国复合添加剂预混料生产企业大小不一,生产规模及工艺差别较大,在配料精度和准确性、混合均匀度、残留和交叉污染、粉尘控制等方面还有待改进。选择先进的生产工艺,加大设备和工艺投资成本,提高自动化控制水平,实行规模化生产,才能全面提高我国预混合饲料生产工艺技术水平,保证预混料产品质量安全,改善生产环境。规模化复合预混料工艺技术是我国预混料生产的发展方向。

本文在借鉴国内外不同规模预混合饲料加工工艺的基础上,对适合我国复合预混料规模化生产的不同工段的加工工艺进行了分析比较,供预混料生产企业新建改建生产线时参考,以提高我国复合预混料生产加工技术水平。

1 配料工艺选择

配料是预混料生产中最重要工序,配料工艺的选择是预混料厂加工工艺设计的基础,不同的配料工艺配置的配料仓数量不同,原料的上料方式也有差别。配料的准确性直接影响到预混料的质量、成本和安全性,规模化预混料加工的配料工艺都应采用多仓两秤配料工艺和多仓三秤配料工艺,各种原料根据其用量分别在不同量程的配料秤中计量,大大提高配料精度,缩短配料周期,增加参与自动配料的原料品种数量。

对于生产能力在 10 t/h 以下规模的预混合饲料

厂,建议采用多仓两秤配料工艺(见图 1),配料秤一大一小,大秤的最大称量值一般与混合机的每批混合量相等或略小 10%~20%,小秤的最大称量值根据配比在 20%以下的组分总重量确定,一般为混合机每批混合量的 20%~30%。配比在 20%以上的原料如载体和常量成分等用大秤配料,配比在 2%~20%的组分物料用小秤配料,配比小于 2%的微量组分由人工直接添加到混合机中。

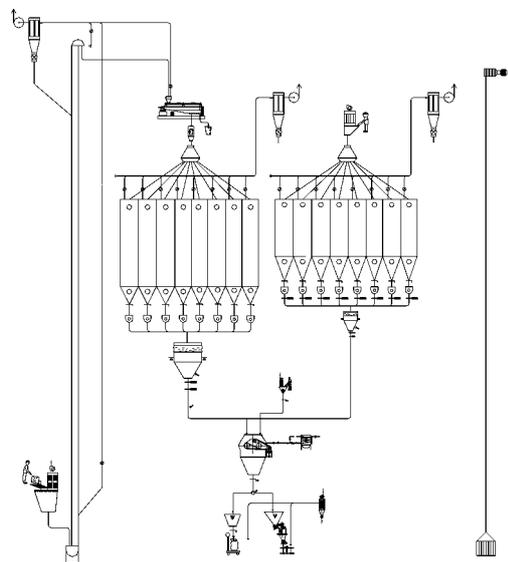


图 1 两秤配料工艺流程

对于生产能力在 10 t/h 或以上规模的预混合饲料厂,建议采用多仓三秤配料工艺(见图 2),配料秤一大一中一小,大秤、中秤和小秤的最大称量值分别为混合机每批混合量的 80%、30%和 10%左右。配比在 20%以上的原料如载体和常量成分等用大秤配料,配比在 5%~20%的组分物料用中秤配料,配比在 1%~5%的组分物料用小秤配料,配比小于 1%的微量组分由人工直接添加到混合机中。

不论采用何种配料工艺,配料量低于小秤最大称量值 10%的小料、稳定性较差的原料和流动性较差的原料,都不宜直接进配料仓,可将它们稀释放大后进入配料仓参加配料或直接采用人工添加投料。

2 原料上料方式选择

我国预混合饲料厂所需的原料如维生素、抗生素、微量元素、载体等都是由专业从事原料加工的企

李军国,中国农业科学院饲料研究所,研究员,100081,北京市海淀区中关村南大街 12 号。

秦玉昌、李俊、牛力斌,单位及通讯地址同第一作者。

来光明,北京福乐维生物技术有限公司。

收稿日期:2008-06-17

★“十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD12B09);科研院所社会公益研究专项(2004DIB4J151)

业提供,不需要配备原料预处理工序,如粉碎、干燥等,只需对原料进行接收与清理。由于预混料产品是由少则 10 余种,多则几十种不同品种、不同比重、不同细度的粉状原料配合、混合而成,所需原料品种多,用量相差大,性质各异,需根据生产规模的大小、自动化程度的高低、配料工艺的类型和原料的特性采用不同的上料方式,尽可能降低残留和原料间的交叉污染。目前常采用斗式提升机、气力输送和电动葫芦三种上料方式的某种组合形式进行上料。

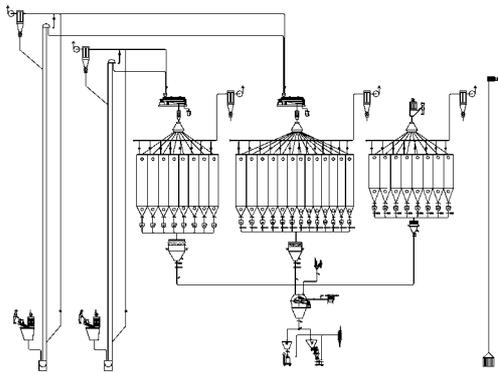


图2 三秤配料工艺流程

2.1 “斗式提升机+电动葫芦”上料工艺(见图 1、图 2)

该种上料工艺是国内预混料加工生产线采用较多的上料工艺,一般采用低残留斗提机提升载体及常量成分,其它原料采用电动葫芦上料。该上料工艺配套设施简单,运行费用低,设备投资成本较少,但由于提升机底部残留较多,不能满足单位价值较高的原料上料(损耗成本大),不能解决吸湿性较强的原料上料(吸湿结块),被输送的前后物料会发生较严重的交叉污染,需要经常清理;由于预混料原料粒度小,提升机提升过程中产生的气流易造成粉尘外溢,污染环境;提升机提升的物料品种多,需经旋转分配器进入不同的配料仓,窜仓、错仓现象时有发生。

我国中大型预混合饲料厂载体及常量成分一般都采用一条或两条斗提机上料,极个别大型预混料厂为了避免交叉污染采用多条斗提机上料,每条斗提机只输送一种或两种性质相近的原料。采用一条斗提机上料(见图 1),其输送能力受提升机的输送量、原料的品种数量、上料工人数影响较大,适合生产能力在 5 t/h 左右,采用多仓两秤配料工艺的预混合饲料厂选用。采用二条斗提机上料(见图 2),一条输送量大,主要用来输送载体及蛋白原料,一条输送量相对较小,主要用来输送矿物盐类,与采用一条斗提机上料相比,不论在防止交叉污染、减少窜仓、错仓方面,还是

在提高输送能力方面都有所改进,适合于生产能力在 5 t/h 以上、采用多仓三秤配料工艺的大型预混合饲料厂选用。采用多条斗式提升机上料,可以有效避免交叉污染及窜仓、错仓现象,但投资成本较高,工艺布置较复杂,适合于生产能力在 10 t/h 以上的大型预混合饲料厂选用。

2.2 “气力输送+电动葫芦”上料工艺(见图 3)

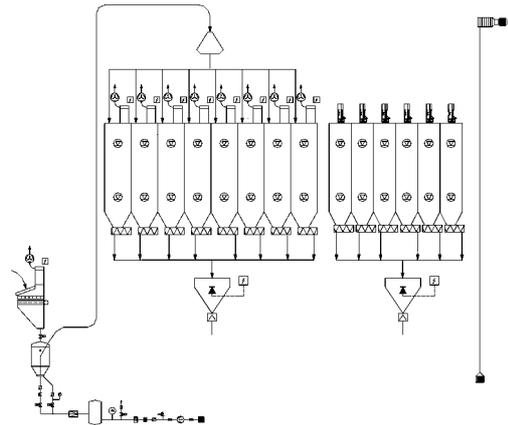


图3 “气力输送+电动葫芦”上料工艺流程

采用气力输送,物料在整个输送过程中完全密闭,粉尘无法外溢,污染低,同时具有不积料、工艺布置灵活等特点。在饲料污染和分级等要求日益严格的今天,低污染的气力输送上料方式越来越引起人们关注。但气力输送投资成本高,能耗较其它机械输送形式也较高。目前应用在预混料生产中的气力输送上料工艺有高压密相气力输送和罗茨鼓风机正压输送两种形式。

高压密相气力输送为高浓度(输送混合比>100)、高压(风压>300 kPa)、低速(风速 3~10 m/s,料速 1~4 m/s)的气力输送,饲料不易分级,能确保混合均匀度,物料运动可呈流水状态或栓流状态。经过除油、除水、低温处理后的气体与所输送的物料不发生物理或化学变化,管道不产生任何结垢和残留,无原料损耗,无前后物料交叉污染,适应多品种和不同特性的原料上料,既能确保饲料质量,又能保证环境安全。但此系统配套设施多,运行费用高,投资成本高很多。

罗茨鼓风机正压输送为低浓度高速气力输送,输送过程中物料呈悬浮状态,对颗粒度和比重差异有分级产生,将影响饲料混合均匀度。在湿度高的环境下输送的物料里有小团块,需要经常清理除尘布袋,因此对有粘性及湿度大的物料输送有一定的限制。罗茨鼓风机正压输送与高压密相气力输送相比,配套设施

较简单,残留相对较多,不能完全避免交叉污染。

2.3 “一条斗式提升机+高压密相气力输送+电动葫芦”上料工艺

该工艺采用斗提机上料和高压密相气力输送上料相结合工艺,斗提机用来输送载体或稀释剂,高压密相气力输送用来输送常量成分和矿物盐类,其它原料还采用电动葫芦上料。它的残留最少,交叉污染最轻微,不需要经常清理,使用对环境要求较少,工艺布置容易;但此系统配套设施多,运行费用高,投资成本高很多,目前使用量在逐渐增加。

3 混合打包工艺选择

混合是预混合饲料厂最重要的工序之一,也是保证预混料质量的关键所在,要求混合周期短、混合质量高、出料快、残留率低、密封性好以及无外溢粉等。规模化预混合饲料厂采用的混合打包工艺有两种方式,一种是混合后不经输送直接打包,另一种是混合后经水平、垂直输送进入成品仓再打包。

3.1 混合后直接打包(见图1、图2)

混合后不经输送直接打包工艺简洁明了,不存在输送设备的积料现象,大大减少变换品种时的交叉污染,同时将混合好的预混料再分级的可能性降低到最小。但该工艺一般只能配备1~2台打包机,生产能力受打包机的打包速度影响较大,变换品种时必须将料斗中的料包装完毕,需要一定的等待时间,同时打包工作必须在车间内进行,对现场空气环境影响较大。

3.2 混合后输送至成品仓再打包

混合后输送至成品仓再打包工艺灵活,打包可设在专门的打包间,根据需要配备若干个成品仓和打包机,可充分发挥配料混合系统的生产能力,变换品种时不会影响车间的正常生产。但该工艺不可避免存在输送设备的积料现象,从而易造成不同品种间的交叉污染,同时易造成混合好的预混料再分级。因此该工艺复杂,投资大,对输送设备有较高的要求,如采用自清式刮板输送机、提升机或高浓度的气力压送等。

混合后的预混料分级是预混料加工的大忌,加药预混料除了对分级有要求之外,对不被污染的要求更为严格,因此,成品预混料应避免输送,以防再分级和交叉污染,特别是对于高浓度的微量成分或有药物的预混合饲料应坚决采用混合后直接打包工艺。若浓度不高或不含药物的预混合饲料,也可以根据原料情况、设备性能、生产品种、工人操作水平以及厂房条件等考虑采用输送后再打包的工艺,但输送设备必须满足特殊要求。

4 通风除尘(见图1、图2)

粉尘问题是预混合饲料厂安全生产和环保工作的重点。由于原料性质,预混料加工在生产的很多环节如输送、配料、混合、筛分、包装等都会产生大量粉尘,必须对除尘系统进行合理的设计布置,配置完善的通风除尘设备,有效控制粉尘。目前常用的通风除尘工艺包括单点除尘、集中除尘和两者相结合工艺。

单点除尘即分别对诸如包装点、投料点、上料点、配料点、每个料仓顶部等产尘点进行单独除尘,与集中除尘相比,不仅除尘效果更好,粉尘污染可以降至最低,而且收集的粉尘不掺杂其它物料,可以循环使用,减少物料损耗。预混料加工应尽可能采用单点除尘工艺,提高除尘效果和回收粉尘的利用效率。对于易造成交叉污染的回收粉尘,特别是小料投料口的回收粉尘,要经特殊处理后再利用。

5 工艺设计具体注意事项

进行规模化复合预混料厂工艺设计,除了做好上述各工序的工艺选择外,还有许多具体事项需要引起足够重视,以达到配料准、混合匀、残留低、污染少、环境好。

5.1 原料清理

为了保证预混料的产品质量,必须清除原料中的大而长的块状物质和磁性物质,因此在大料投料口处应安装栅筛,配料仓之前安装粉料清理筛和永磁筒,对于采用电动葫芦提升的小配比物料,也应在每个配料仓投料口或混合机小料投料口安装栅筛或简易振动筛。

5.2 配料仓数量和结构形式

在预混料生产中,为了整齐、美观以及建设和施工中的方便,常使配料仓的规格尺寸尽量一致,但有些原料在预混料中的用量太少,因此需要将配料仓设计为大、小仓两种类型或大、中、小仓三种类型。载体仓为大型仓,宜采用方形结构,偏心出料口,碳钢材质;中小型配料仓为了减少原料在仓壁的粘附,适应不同性质的原料,宜采用圆形仓结构,不锈钢材质。所有配料仓应开检修清理孔,配压缩空气管路,易于人工实施料仓清理;应配置回气和排气除尘装置,以保证环境卫生。

为了消除料仓底部物料结拱现象,配料仓应设计成二次扩大料斗,并采取各种破拱措施,如有的在仓壁上安装仓壁振动器,有的采用气力破拱装置,还有的在料斗下安装振动漏斗或机械松料器等。采取这些措施可以很好地解决结拱问题,同时确保料仓中所存

原料能够先进先用,没有死角。

5.3 防冲秤工艺设计

冲秤现象是指在料仓配料时,一些原料如石粉,由于流散性极佳,往往在称量结束时继续流入配料秤中,少则几千克,多则几十千克,导致配料错误和生产质量事故。为了避免发生冲秤现象,应采取防冲秤工艺设计,包括:①喂料器倾斜安装,让出口微微仰起,使其具有 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 的仰角;②喂料器特殊制造,出口螺旋特殊处理,如采用双螺旋叶片增加叶片的约束面和约束力,或让螺旋叶片远离出料口一定距离,保证出料口的物料有一个斜面,不易崩塌;③喂料器出料口安装闸门或蝶阀,在下料时打开,不下料时关闭,阻断配料秤卸料负压对喂料器内物料的吸附作用,避免物料直接滑入秤斗。由于闸门易漏料,最好用蝶阀;④配料秤与混合机之间配置合理的回风装置,避免配料秤在放料过程中产生负压,把流动性好的原料吸附下来。

5.4 配料秤配料精度工艺保证

预混合饲料的原料品种多,配比量相差大,称量精度要求达到:微量成分 $0.01\%\sim 0.02\%$,中量成分 $0.03\%\sim 0.05\%$,常量成分 0.1% ,载体 0.25% 。而我国目前配合饲料生产自动配料秤的精度一般为静态 0.1% 、动态 0.3% ,达不到预混合饲料生产要求。因此进行预混料厂设计时应采取相应的措施,以保证电脑配料秤的配料精度。提高自动配料秤配料精度的具体措施包括:①选用高精度传感器,选择输入阻抗一致的传感器一起配合使用,提高配料秤的静态精度。电子秤分度值应合理,达到 $1/5\ 000\sim 1/10\ 000$ 。②所有配料搅龙变频控制,喂料速度由快到慢连续变化。③配料秤与混合机之间安装闸门,阻断混合机卸料气流对配料秤的影响,保证配料精度。混合机的上方亦可安装回风管来平衡混合机与秤斗间风压,以减少放料时气流对秤斗的冲击。④合理配置喂料器出口位置和喂料顺序,避免配料秤内物料形成偏心,使各传感器受力不均而引起“偏心误差”;在秤斗中安装锥形散料器,既使物料均匀分布在秤斗中,也可降低落料冲击力,减少“冲击误差”。

5.5 混合机小料投料口工艺设计

不论采用何种配料工艺,为了保证配料精度,降低交叉污染,总有一些添加量很少的微量组分和一些稳定性、流动性较差的原料,无法参加自动配料,需要由人工直接添加到混合机中。为了实现微量组分的准确添加,同时将添加量纳入与企业管理信息系统关联准确的控制系统,需要在小料投料口安装量程合适

的电子秤,中控室配料电脑能够读取、监控仪表数据。为了减少积料造成交叉污染,电子秤出料口宜采用蝶阀,尽量不用电动或气动闸门,同时应配置三通和废料仓,一旦电子秤称量值超出允许误差范围,将自动进入废料仓,留待查找原因。

在小料投料口处还应采用先进的条形码识别跟踪监控系统,将不同的原料品种编制相应的条形码,对所投原料进行条码扫描,通过中央控制系统进行识别核对,确认无误后生产线同意接受,并将扫描过程形成记录。应用该技术,将大大减少人为操作失误,避免投料过程发生误差,使产品品质得到保证。

5.6 混合均匀度工艺保证

预混料生产混合机的选择配置是保证混合均匀度的关键,需优先考虑混合均匀度、混合死角与残留三大因素,其次考虑混合时间、价格、安装条件等。目前使用较广泛的混合机类型是双轴桨叶混合机和单轴桨叶混合机,具有混合均匀度高(变异系数 $CV\ 5\%$,可达 3%)、混合时间短($40\sim 60\ s$ /批)等特点,同时桨叶与机壳间隙可调,有效的喷吹装置和大开门设计,有效降低物料残留和配料批次间的交叉污染,大大提高预混料的品质。

5.7 预混料包装秤选择

预混料包装秤应具有精度高、速度快、准确可靠、性能稳定、机内残留低且易被清除、无轴端窜料,密闭性能好、防止物料结拱、防静电等特点。选择包装秤除了考虑速度、精度、准确及稳定性外,其喂料和称重机构应有清理孔,以便清理机内残留,避免交叉污染。

6 小结

规模化复合预混料加工是我国预混料生产的发展方向,其加工工艺的选择确定和具体细节的工艺设计影响整条生产线的加工技术水平。本文对不同工段的加工工艺进行了分析比较,指出了预混料加工工艺设计具体注意事项,为提高我国复合预混料生产加工工艺技术水平提供参考。

参考文献

- [1] 李军国,秦玉昌,李俊,等.我国预混合饲料加工工艺流程分析[J].饲料工业,2007,28(21):5-7.
- [2] 王永昌,汤克夏.饲料加工厂与气力输送(上)[J].粮食与食品工业,2006(5):48-51.
- [3] 王永昌,汤克夏.饲料加工厂与气力输送(下)[J].粮食与食品工业,2006(6):52-56.
- [4] 芮国新,芮伟军.预混料包装秤的开发与设计[J].粮食与饲料工业,2005(12):35-38.

(编辑:崔成德, cuicengde@tom.com)

螺旋叶片的下料及加工方法

吴淑芳

随着饲料工业的蓬勃发展,各大、中、小型饲料生产厂家生意蒸蒸日上。螺旋输送机,由于其占地面积小,生产效率高,能进行任何角度的输送等特点为各饲料生产厂家广泛利用。少则几台,多则十几台,车间里总少不了这一产品。

一般的饲料生产厂家,都有一支自己的维修队伍,有的队伍还不小,对生产过程中的水、电、气路及机械设备进行维修和保养,以保证设备的正常运行。这支队伍一般很少有专业的机械类人员进入,大多为从实践中成长起来的,他们有敏锐的观察力、高超的动手能力,饲料机械上千变万化的故障都能迎刃而解。但由于缺少专业的培训,在对某些复杂点的零件进行维修时,其下料过程往往难住了这班师傅。一条螺旋输送机上磨损了几片叶片,由于叶片不可平展地摊开在一个平面上,属于不可展立体表面,所以师傅们对叶片的下料束手无策,常常是拖着整条轴,爬山涉水跑过来,请生产厂家进行维修。有时甚至为此而废弃整根轴。这耽误饲料生产厂家的正常生产,也给其造成了不必要的浪费。

笔者在饲料机械生产厂家工作多年,熟悉饲料加工设备的生产。现将螺旋叶片的下料及加工方法作个简单的介绍,希望对他们有所帮助。

1 螺旋输送机的结构及工作原理

首先需了解螺旋输送机的结构,图1为螺旋输送机的结构示意图。

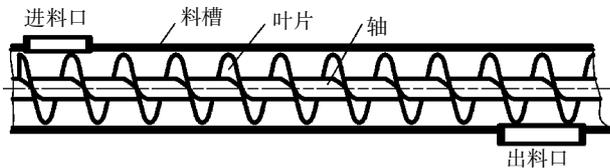


图1 螺旋输送机结构

由图1可知,螺旋输送机是由轴、叶片、料槽三部分组成。叶片为多节拼接而成,并沿圆柱螺旋线焊接

于轴上;料槽一般为圆筒形,也有半圆槽形式的。

其工作原理是:电动机带动轴转动,充满在料槽与叶片之间的物料被叶片推挤着向一端翻滚着前进。由此达到运输物料的目的。

其次需要了解几个概念——螺旋叶片成形后的节距P、叶片内径d、叶片外径D。

节距P:相邻两叶片上对应点间的轴向距离;

叶片内径d:等于轴的外径,可从轴上直接量取;

叶片外径D:可从叶片上直接量取,如所有叶片都已磨损,可量取输送槽内径D'。

取 $D=D'-10$

一般情况下,叶片是螺旋输送机上易损的部分。开始阶段,叶片的外侧被磨成刃口状,这时并不会影响其工作性能。但慢慢地叶片的外径越磨越小,直至无法运输,严重影响生产。再者,同一根轴上叶片的磨损速度也不相同,由于进料端的物料处于一种无序状态,对叶片的磨损最为严重(尤其是输送粒料时)。往往一根轴上只有一端的三五片叶片磨损需要更换,由此而废弃整根轴很可惜。

2 螺旋叶片的下料尺寸

看下面两图,图2为叶片成形图;图3为叶片下料图。

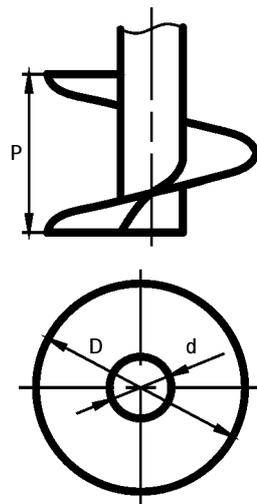


图2 叶片成形图

其下料尺寸可通过计算求得,计算式:

$$L=\sqrt{(\pi D)^2+P^2}$$

吴淑芳,湖南生物机电职业技术学院,工程师,410004,湖南省长沙市芙蓉南路418号柠檬丽都A5-403。

收稿日期:2008-06-28

$$l = \sqrt{(\pi d)^2 + P^2}$$

$$h = \frac{1}{2}(D - d)$$

$$r = \frac{lh}{L-l}$$

$$\alpha = 360^\circ \times \left[1 - \frac{L}{2\pi(r+h)}\right]$$

$$C = 2(r+h)\sin\frac{\alpha}{2}$$

式中: L ——外螺旋线实长(mm);
 l ——内螺旋线实长(mm);
 h ——叶片高(mm);
 r ——叶片展开里口半径(mm);
 α ——切口角度(度);
 C ——切口弦长(mm)。

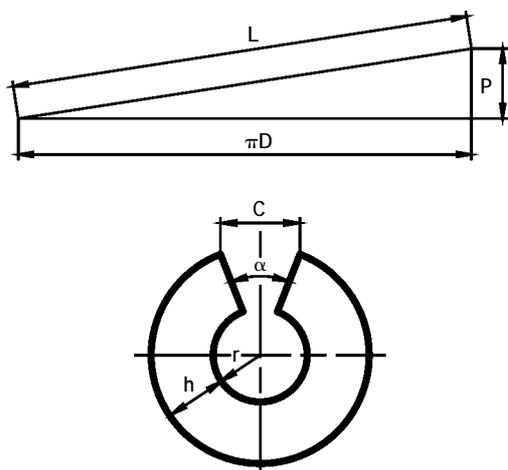


图3 叶片下料图

现举个例子来计算说明:

设已知圆柱螺旋叶片外径 $D=140$ mm, 轴径 $d=40$ mm, 节距 $P=120$ mm, 试计算下料尺寸。

$$L = \sqrt{(\pi D)^2 + P^2} = \sqrt{(140\pi)^2 + 120^2} = 456 \text{ mm}$$

$$l = \sqrt{(\pi d)^2 + P^2} = \sqrt{(40\pi)^2 + 120^2} = 174 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{2}(D - d) = \frac{1}{2}(140 - 40) = 50 \text{ mm}$$

$$r = \frac{lh}{L-l} = \frac{174 \times 50}{456 - 174} = 31 \text{ mm}$$

$$\alpha = 360^\circ \times \left[1 - \frac{L}{2\pi(r+h)}\right] = 360^\circ \times \left[1 - \frac{456}{2 \times 3.14 \times (31 + 50)}\right] = 37.38^\circ$$

$$C = 2(r+h)\sin\frac{\alpha}{2} = 2 \times (31 + 50) \sin\frac{37.38}{2} = 46.8 \text{ mm}$$

根据以上各式计算求得的值,即可作出展开图。

值得注意的是:叶片为多节拼接而成,沿圆柱螺旋线焊接于轴上。如要补的叶片有多片,可不切除缺口,只在其径向断开,那么下一片毛坯就不止加工一个节距的叶片了。

3 螺旋叶片的加工

按以上计算得出展开图后,依据展开图下好所需数量的毛坯(要留加工余量)。将所有毛坯叠在一起,用点焊连接形成一个圆筒状,上车床加工内、外径至所需尺寸。将毛坯拆成单个,沿径向剪开,如图 4a。用钳子或扳手夹持切口两边向轴向扳开(由于饲料机上的叶片都不太大,这个过程并不费力),扳开大约 10~20 mm 即可,如图 4b。将所有叶片在切口处首尾相连对接焊牢,在第一个和最后一个两侧各焊一个拉环,如图 4c。将一端拉环固定,另一个拉环挂在平时车间里常用的起重葫芦上,拉动链条,将叶片徐徐拉开至所需的节距。割下搅龙轴上原磨损的叶片,换上除去拉环、打磨光滑的新叶片,焊牢。

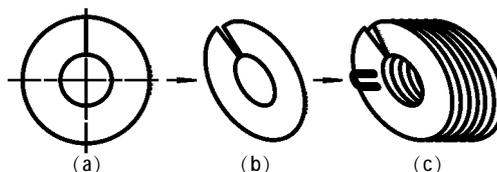


图4 叶片成形过程

这种加工方法容易掌握,而且所用工具维修车间随处可见。

(参考文献若干篇,刊略,需者可函索)

(编辑:崔成德, 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
 投稿信箱:tg@feedindustry.com.cn
 Http://www.feedindustry.com.cn

饲料中铜对猪促生长作用机理及在养猪生产中的应用

高伟会

摘要 铜是动物机体必需的微量元素之一,在机体造血、新陈代谢、生长繁殖、维持生产性能、增强机体抵抗力等方面具有不可替代的作用。猪对铜的需要量为4~6 mg/kg 饲料。但自发现饲料中添加正常需要量10倍的铜可以明显的提高猪的生长性能以来(Braude, 1945),高剂量铜(>125 mg/kg)作为一种高效而廉价的促生长添加剂,在畜禽养殖业中被大量使用(刘晓波等,1997)。

关键词 铜;作用机理;应用

中图分类号 S816.7

1 机体内铜的代谢及理化功能

1.1 铜的吸收

动物消化道的各段都能吸收铜,但主要吸收部位是在小肠。饲料中的大部分铜很难吸收。植物性饲料中的铜主要以稳定的可溶性复合物(如氨基酸形式的复合物)形式吸收,而不是以离子形式吸收,动物不能有效利用硫化铜与卟啉铜化合物中的铜。铜的吸收过程分两步,即铜先从肠腔进入粘膜细胞,然后从粘膜细胞进入血液,其中,从肠腔到粘膜是自由扩散过程。铜被肠道粘膜吸收后部分迅速进入血液循环,并很快沉积在肝脏,另一部分则与金属硫蛋白(MT)结合存储于肠粘膜上皮细胞内。吸收入血的铜主要与血浆铜蓝蛋白结合,少量与白蛋白和氨基酸结合,其中前者结合较牢固,后两者与铜结合得较松散。铜蓝蛋白是一种球蛋白,含铜约0.34%。正常哺乳动物血浆中的铜90%与铜蓝蛋白结合,并以这种形式广泛地分布到各组织中。血浆铜蓝蛋白水平与血浆、血清及全血中的铜水平之间具有极显著的相关性,与肝铜也有一定的相关性,尤其当给动物饲喂缺铜日粮时,这种相关性更加明显。

1.2 影响铜吸收的因素

动物对铜的吸收利用受多方面因素的影响,主要有动物的种类、年龄、遗传因素,日粮中VC、植酸、钼等物质的水平,及动物体内铜的情况和对铜的需要量。

1.2.1 钼与铜的相互关系

钼与铜的相互关系对家畜(尤其是牛、羊)的健康和生产有着重要作用。钼、铜间的生理拮抗影响铜的生物学利用。钼对铜的拮抗作用并不恒定,而是受其

它条件的制约,如饲料的性质及其硫酸盐的含量。当饲料中的钼含量过低(<0.2 mg/kg)或过高(>7 mg/kg)时,铜钼拮抗将具有非常重要的营养学意义。低钼饲料可以导致绵羊体内出现铜的蓄积过量,甚至出现铜中毒症状;而高钼饲料又会诱发缺铜症状的发生。反刍动物饲料中添加硫酸盐可以增强钼对铜的拮抗作用,因为饲料中的硫酸盐或含硫氨基酸经过瘤胃微生物的作用均可转化为硫化物,可以产生 S^{2-} 及 HS^- ,硫化物(S^{2-})与铜有较强的亲和力,两者相互作用可使铜在消化道中的溶解度降低,但在正常情况下这种现象不易产生,因为反刍动物消化道能很快将 S^{2-} 吸收,并在组织中重新氧化为硫酸盐,但钼似乎具有掩蔽这些离子的作用,阻止消化道对它们的吸收,这样,一方面增加了 S^{2-} 离子在消化道中与铜离子作用生成不溶性硫化铜的机会,降低了铜的生物学利用率;另一方面, S^{2-} 离子可逐步取代钼酸根离子中的氧形成氧硫钼酸盐(Oxythiomolybdate)或硫代钼酸盐(Tetrathiomolybdate) ($MoO_4 \rightarrow MoO_3S \rightarrow MoO_2S_2 \rightarrow MoOS_3 \rightarrow MoS_4$),氧硫钼酸盐或硫代钼酸盐与铜形成一些新的化合物,其中的铜已不能为机体所利用。瘤胃纤毛虫能够通过蛋白质的代谢促进瘤胃内硫化物的产生,从而使更多的铜与硫化物结合形成难以被吸收利用的化合物。Van Ryssen 和 Barrowman(1987)用离子载体药物去除瘤胃原虫可以提高反刍动物对铜的吸收利用率,Ivan(1988)利用去原虫绵羊也获得了同样的结果。但是,瘤胃原虫对铜代谢的影响依赖于日粮中蛋白质的类型。

一般牧草含钼低于3 mg/kg 干物质是无害的,但当饲料中铜不足时,钼含量3~10 mg/kg 即可出现临床症状。通常认为饲料中最理想的含量铜:钼为6:1,临界值为2:1~3:1,当低于2:1时,就会引起继发性缺铜。

1.2.2 锌、镉等过渡元素对铜吸收的拮抗作用

镉、锌、铁以及银等的化学结构与铜相似,能够与

高伟会,山东农业大学动物营养系,271018,山东省泰安市岱宗大街61号。

收稿日期:2008-06-24

铜发生互作,从而影响铜的吸收和代谢。这些元素对铜的拮抗作用可能是由于它们在肠道内能够竞争性地与小肠蛋白结合的缘故。高锌饲料可诱导肠道产生金属硫蛋白(MT),铜与MT的结合常数高于锌,故铜可以置换出与MT结合的锌,从而MT与铜结合将铜限制在肠粘膜细胞内,最后随上皮细胞的死亡、脱落被排到粪便中,从而减少了铜的吸收。对于绵羊,锌与铜的互作因品种而异,即二者的互作受到遗传因子的影响。

1.2.3 抗坏血酸对铜吸收利用的影响

抗坏血酸(VC)影响包括铜在内的多种元素的代谢。在鸡和兔的日粮中添加抗坏血酸会加重铜缺乏。有人研究发现日粮中添加抗坏血酸的鸡其肝铜含量显著低于对照组,说明抗坏血酸影响铜吸收或者影响铜利用,甚至在两方面都产生作用;但抗坏血酸对铜的排泄基本上没有影响。Evans等证明抗坏血酸降低了铜与肠道中金属硫蛋白的结合率。对蛋白质进行光谱分析表明,添加抗坏血酸能够抑制金属硫蛋白与铜形成硫酸盐,而金属硫蛋白是铜吸收的中介物质,所以抗坏血酸与金属硫蛋白的互作无疑成了铜吸收代谢的影响因子。由上可见,抗坏血酸主要通过降低铜的肠道吸收来影响铜的代谢过程。

1.3 铜在体内的分布及排除

肝是铜代谢的主要器官,进入肝细胞的铜先形成含铜巯基组氨酸三甲基内盐,然后转移到含铜酶中。不同动物的肝脏储存铜的能力是有差异的,对于易发生铜缺乏的反刍动物,其肝脏储存铜的能力要高于单胃动物。内源性铜主要通过消化道损失,无论以何种方式供给羊铜,仅有小部分随尿排出,胆汁内的铜高于血液,随胆汁分泌的铜,可以认为是保持机体内铜平衡的主要途径之一(消化道-血液-肝脏-胆汁)。溶酶体可以储存肝细胞内的铜,并且其大小和数目随铜的沉积而不断增加,溶酶体可能是胆汁铜的主要来源。由此可见,体内铜主要通过胆汁排泄,并随粪便排出体外。此外,唾液、胃液和尿液也能排泄少量铜。反刍动物随胆汁排泄的铜少于单胃动物,成年公牛总排泄的铜中约有12%~13%随尿排出,对猪来说仅为2.5%~3%。

1.4 铜的理化功能

铜的主要营养生理功能可归纳为:参与造血过程和髓蛋白的合成;促进骨与胶原的形成;发挥类似抗菌素对猪、鸡的促进作用;增强机体的免疫能力;参与色素沉着和毛与羽毛的角化作用;参与形成具有酶功

能的含铜蛋白质。

2 铜缺乏及中毒

2.1 缺乏

铜缺乏症(copper deficiency)是动物体内铜含量不足所致的以贫血、腹泻、运动失调和被毛褪色为特征的一种营养代谢性疾病。动物铜缺乏症常呈地方流行或大群发生,牛、绵羊和山羊最为易感,猪、家禽基本上不出现。在世界范围内,对牛而言,铜是除磷之外最容易发生缺乏的矿物元素。各种动物长时间缺铜可表现贫血,可能是因为缺铜降低了含铜酶在铁代谢中的作用,是血红蛋白合成和红细胞形成受阻的缘故。缺铜还常常引起猪和禽骨折或骨畸形,但牛羊则少见。此外,缺铜还可导致动物出现共济失调、被毛(羽毛)脱色、心血管病变以及繁殖性能降低等症状。

动物对铜缺乏症的易感性与动物的年龄、品种以及放牧季节等因素有关。一般说来,如果牧草干物质中铜含量低于3 mg/kg,饲喂生长期的反刍动物会引起普遍的铜缺乏;含铜量为3~6 mg/kg时处于临界状态;而当含铜量高于6 mg/kg时,一般很少发生铜缺乏。

猪缺乏铜的早期症状是小细胞低色素性贫血。随后出现关节部位缺乏弹性,跗关节过度弯曲肿胀,后腿旋转,使猪呈现坐式。前肢表现出各种不同程度的弯曲,腕关节极度软弱。成骨细胞活性降低,骨组织不能在钙化的软骨基质中沉积。心血管系统和神经系统异常。心脏体积增加一倍,有些主要的血管发生破裂,这说明弹性蛋白组织出现缺陷。青年猪运动失调,与低肝铜和脊髓不能磷脂化有关。这可能是由于细胞色素氧化酶活性降低,影响磷脂的合成。自然条件下,猪很少缺乏。

2.2 中毒

铜中毒(copper poisoning)是动物摄入过量的铜而发生的以腹痛、腹泻、肝功能异常和贫血为特征的中毒性疾病。世界上许多地区的多种动物都有发生急性或慢性铜中毒的报道,其中以绵羊最为易感,其次为牛。单胃动物对铜有较大的耐受量,这种差异与单胃动物和反刍动物对铜代谢的不同有关。

日粮中影响动物生长的铜最大耐受量分别为:羊25 mg/kg、牛100 mg/kg、猪250 mg/kg、马800 mg/kg、鸡300 mg/kg、家兔200 mg/kg、鼠1 000 mg/kg。随着年龄的增长,动物对铜的耐受量提高。如果铜的摄入量超过上述水平,各种动物均可产生毒性反应,具体表现为:反刍动物产生严重溶血,其它动物可表现出生

长受阻、贫血、肌肉营养不良和繁殖障碍等。

3 高铜对猪的促生长作用机理及应用现状

3.1 高铜对猪的促生长作用机理

不同体重和日龄的猪对添加高铜的反应不一致,早期断奶仔猪的效果最好,随着日龄的增加,促生长作用减弱。在母猪日粮中添加高剂量铜,对促进胚胎发育和仔猪生长也有明显效果(Cromwell, 1993)。目前对铜在猪各阶段的最佳添加水平及添加时间上还缺乏统一。

3.1.1 铜的抗微生物作用

铜的促生长作用可能与其在胃肠道的抗微生物作用有关,高剂量铜(硫酸铜形式)还具有抗菌作用。生长猪饲料中添加铜 250 mg/kg,能使粪中细菌总数降低 60 倍。日粮中添加铜 200 mg/kg,有利于清除肠道中对土霉素、链霉素、氨基西林、卡那霉素等产生耐药性的大肠杆菌(Istrazivacki 等, 1990)。此外,高剂量硫酸铜降低肉仔鸡消化道球虫感染(Bafundo, 1983)。铜的促生长影响与几种常用的抗生素促生长作用类似。随着猪年龄的增长,铜促生长作用的减少与抗生素促生长作用的减弱相似。铜与抗生素的促生长作用具有可加性,它们同时使用时其效果优于各自单独使用时的效果。日粮单独添加 250 mg/kg 铜,单独使用抗生素,二者合用时,断奶仔猪的生长速率分别提高 19.30%、15.79%和 31.58%;料重比分别下降 9.05%、7.14%和 12.38%(Cromwell 等, 1991)。依此推断,这可能是铜有比这些研究中测定的抗生素更广的抗菌谱,或是铜有不同于这些抗生素的作用方式所致。Miller (1979)提出假说,即铜通过抑制肠道不良微生物菌群,促进有益微生物菌群的生长,改变肠道微生物群落的特征。但尚未见促生长剂量的铜对粪中不同微生物数量影响的报道。Fuller 等(1960)和 Smith 等(1963)的研究却显示添加铜对粪中的微生物无影响。Underwood(1977)研究了許多试验结果后指出,饲料铜明显不是由抑制或促进胃肠道微生物而促进猪生长的。可见,铜的抗微生物作用仍需进一步研究。

3.1.2 铜能增加采食量

猪采食量的增加在高铜的促生长影响中起主要作用。饲料含 214 mg/kg 铜明显提高仔猪断奶后 14 d 内的采食量,从而显著提高断奶仔猪的日增重;而且在 200 mg/kg 铜组中,与自由采食相比,限制饲喂因明显限制了断奶仔猪的采食量(约为自由采食下的 80%),大大限制了高铜的促生长作用。Hedges 等(1973)、Edmonds

等(1985)、Komegay 等(1989)、Dove 和 Haydon(1991)、Dove 和 Haydon(1992)、Dove(1993)等的研究也表明,铜对猪的促生长作用与其采食量增加有密切关系。铜引起猪采食量增加的机理尚不明了。Pan 等(1986)给兔静脉注射铜,刺激了下丘脑神经肽 Y 激素的分泌,而神经肽 Y 激素是一种强烈促进猪采食量的激素。因此,高铜通过刺激猪下丘脑神经肽 Y 激素的分泌,进而引起猪采食量增加是可能的。但尚需在猪上做进一步的直接研究。如上述假说在猪上得到证实,那么,在猪饲料中添加高剂量铜的必需性将受到质疑,因为可以使用其它与高铜功能类似的诱食剂便能达到同样目的,又可避免过量铜排出对环境的污染问题。

3.1.3 铜参与酶系统作用

如 Zapsalis 和 Beck(1985)、Sorenson(1987)等报道,既然铜在动物体内是作为几种铜依赖酶的必需组分和大量其它酶的辅助因子而发挥生化功能,那么铜可能通过以下途径中的一种或几种结合的形式促进猪的生长:①刺激与营养消化利用有关的酶活性,改善营养消化利用。日粮添加铜 125 mg/kg,仔猪胃蛋白酶活性较添加铜 4 mg/kg 的对照组提高 7.95%(刘桂林, 1994);②刺激体内抗氧化系统酶类[如谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-P_x)、铜锌超氧化物歧化酶(CuZn-SOD)]活性,起抗氧化和抗应激作用,提高猪的免疫抗病能力。刘昊(1992)报道,日粮添加铜 62.5、125 和 250 mg/kg 时,体重 25.13 kg 猪饲喂 30 d 后,血液 GSH-P_x 活性分别较对照组(日粮含铜 4.36 mg/kg)提高 4.49%、27.53%(P<0.05)和 38.76%(P<0.01)。体重 12.78 kg 仔猪日粮中添加铜 125 mg/kg(或 250 mg/kg),15、30 和 45 d 全血 CuZn-SOD 活性较对照组(日粮含铜 4.36 mg/kg)分别提高 59.79%(17.48%)、25.90%(16.00%) 和 19.02%(6.12%)(P<0.01)(江宵兵, 1994)。③刺激参与促生长激素(因子)合成和分泌酶的活性,提高体内这些激素(因子)的活性。Sorenson(1987)报道,肽基 α-酰胺单加氧酶是铜依赖酶,它为神经内分泌肽激素(如下丘脑释放因子和前垂体促进激素)的合成所必需。但很少见到对猪在上述领域的报道。

3.1.4 铜与促生长激素系统

补饲达到刺激生长水平铜可增加青年猪的蛋白质沉积,提高胴体瘦肉率。饲料添加 250 mg/kg 铜,对断奶仔猪的氮表观消化率无影响;但显著提高氮的表观沉积率(63.7%相对 57.5%),提示添加铜可通过蛋白消化以外的途径而提高猪的氮沉积。Braude(1965)报

道,饲料添加 250 mg/kg 铜提高了青年猪氮表观消化率和沉积率。添加铜引起的猪氮沉积的提高与 Lucas 等(1962)、Casted 和 Bowland(1968)、Zhou 等(1994a)所报道的饲喂高铜饲料猪的眼肌面积及背最长肌重量的增加相一致。

动物体内蛋白质的合成受一系列促生长激素和相关因子调控。无论静脉注射还是口服高铜,均增加了断奶仔猪血清分裂因子(分裂肽激素,作为表明血液生长因子活性的指标)的活性。体外研究表明,铜可刺激牛垂体生长激素(GH)分泌,铜能透过猪的血脑屏障在脑中积累。所以,铜通过刺激有关促生长激素(如 GH)及相关因子[如类胰岛素生长因子-1(IGF-I)],体内主要的促生长因子,又称细胞内分泌调节多肽,主要功能是促进各类细胞的分化及细胞中 DNA、RNA 和蛋白质合成;血浆 IGF-I 的浓度是由垂体 GH 调控肝脏合成 IGF-I 来维持,而肝脏正是体内铜贮存的主要部位]的合成与分泌,促进体蛋白质合成,最终促进猪的生长是可能的。但尚需从猪上获得这方面的直接证据。

由于以 GH 为主的促生长激素释放入血流的过程是动态的,且受许多因素影响,故难以直接测定铜对猪体内促生长激素的确切影响。现代分子生物学技术的发展,使人们从分子水平准确地研究铜对猪体内促生长激素表达的影响成为可能。但目前尚未见到这方面的专门研究报道。从分子水平上对这方面做专门探索,预计将会有新发现,获得新结果。

3.1.5 铜参与肠道粘膜上皮更新和营养代谢

Miller(1992)报道,体重 6.60 kg 约克夏×长白猪 F1 代断奶仔猪,饲喂玉米-大豆-乳清粉型日粮,试验组饲料中添加铜 250 mg/kg,14 d 试验组和对照组仔猪腹膜内注射 ^3H -胸腺嘧啶,于注射后 1、6、12、20、32 和 44 h 分别将猪致死,迅速采集十二指肠、空肠前段、空肠后段、回肠、盲肠和结肠组织样品并测定。结果表明,与对照组相比,空肠前、后段粘膜的周转率均不同程度降低($P<0.10$, $P<0.05$),且空肠后段细胞世代间隔延长($P<0.05$),这样减缓空肠等组织更新速度,从而降低它们的维持能量需要,相应地增加用于生产的能量。

3.1.6 高铜对断奶仔猪促生长作用

通过对断奶仔猪进行为期 30 d 的高铜试验(250 mg/kg)显示,高铜可使仔猪腹泻率降低 27.02%,而日增重提高 30%。日粮中添加铜 100~200 mg/kg,猪血液生长激素分泌基础水平显著升高。刘桂林(1994)报

道,日粮中添加铜 150、175 mg/kg,仔猪血清中 α -球蛋白、 β -球蛋白显著高于低铜组。日粮添加铜 250 mg/kg,仔猪肝门静脉氨净吸收显著降低($P<0.05$)。

添加 250 mg/kg 硫酸铜,与 5 mg/kg 对照组相比,显著提高断奶仔猪小肠脂肪酶(50.1 对 41.0 活性单位/g, $P<0.01$)和磷脂酶 A(16.8 对 13.0 活性单位/g, $P<0.05$)的活性,但对胰脏中这两种酶与小肠和胰中的胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶及淀粉酶活性无影响。小肠中的脂肪酶和磷脂酶 A 是由胰脏合成分泌的,胰脏合成这两种酶的水平不受铜的影响,很可能是胰中含铜很低(新鲜基础约 1 mg/kg),且不受饲料添加铜影响的缘故。体外试验进一步证实,向饲喂低铜饲料(5 mg/kg)猪的小肠食糜上清液的水浴介质中添加硫酸铜来源的铜,趋于恒定刺激猪提纯的胰脂肪酶活性(线性影响, $P<0.01$)。小肠脂肪酶和磷酸酶 A 活性的提高,最终导致断奶仔猪对饲料脂肪消化率的提高(75.00%对 68.8%, $P<0.01$)。这也可很好地解释 Dove 报道的添加 250 mg/kg,显著提高断奶仔猪对饲料脂肪消化利用的结果。添加高剂量铜所引起的饲料脂肪消化率的提高,可增加必需脂肪酸和脂溶性维生素的吸收,并影响体内营养代谢的其它方面,从而促进猪的生长。上述发现可能是高铜对猪促生长的一种新的作用机理。适宜的铜浓度在体外能激活胃蛋白酶,增加蛋白质的水解,但在体内是否有同样作用尚未得到证实。

3.1.7 高铜对母猪促生长作用

在母猪日粮中添加高铜,对促进胚胎发育和仔猪生长均有明显效果。Cromwell 等在妊娠和泌乳母猪日粮中连续 6 个繁殖期添加 250 mg/kg 铜,使仔猪初生重提高 7.8%,断乳重提高 5.3%;Cromwell(1992)对 81 窝约克夏×汉普夏杂种母猪的统计表明,添加高铜可分别提高窝产仔数、初生重和断乳重 2.97%、7.83%和 5.14%,同时使母猪断乳至发情的天数缩短 0.87 d。

3.2 应用现状

一般情况下,猪铜的推荐量各国有所差异,但大多数在 5~8 mg/kg,仔猪略高于生长猪及成年猪。若作为一种促生长添加剂则剂量为 125~250 mg/kg。大量试验表明:高铜(250 mg/kg)可明显提高各阶段猪(特别是生长育肥猪)的生长性能,这一成果在生产上的应用在国内也相当普遍。由于添加的无机铜(如 CuSO_4 、 CuS)在猪体内代谢后有 90%要经胆汁的分泌随粪便排出体外,所以高铜导致了大量的铜排出,使环境受到了污染。

4 高铜的应用影响及发展趋势

4.1 过多使用铜使动物中毒,影响畜产品质量及人类健康

长期饲喂高铜日粮,会影响猪的肝、肾功能,引起动物采食量下降、腹泻等铜中毒症状。胡国良等(2000)报道,在仔猪日粮中添加 250 和 500 mg/kg 铜,使铜在体内大量蓄积。钱莘莘(1997)也报道,肝铜随添加量的增加而增加。王建明(1999)研究认为,育肥猪使用高铜日粮,则体内不饱和脂肪酸增加,从而使猪肉易氧化,造成食用价值下降,甚至对人体产生毒害作用。

4.2 铜的利用趋势

为了提高猪对铜的吸收利用率,减少铜对环境的污染,国内外对铜的利用方式进行了大量研究,研究表明,用氨基酸、有机酸和 EDTA 等作为螯合剂与矿物质铜进行螯合,生产出有机铜,与无机铜相比明显提高了利用率,同时减少了对环境的污染。吴新民(1998)等进行了评定不同化学形式铜盐的生物效价的试验,结果表明以酪蛋白铜的效价最高,日粮中 50 mg/kg 的酪蛋白铜的促生长效果等同于 240 mg/kg 的硫酸铜的效价。L 型氨基酸铜、延胡索酸铜、草酸铜或肽与铜的复合物比无机铜要高;无机铜中,碳酸铜的利用率要比硫酸铜高,硫酸铜要比硫化铜高。与高分子化合物结合的铜和与 D 型氨基酸结合的铜吸收率较差。

参考文献

- [1] 王希春, 吴金节, 李义刚, 等. 高铜对断奶仔猪生长性能及血清激素水平的影响[J]. 动物医学进展, 2005,26(08):63-67.
- [2] 吴金节, 王希春, 李义刚, 等. 高铜对断奶仔猪血清生化指标及激素水平的动态影响[J]. 中国兽医学报, 2006,26(06):677-680.
- [3] 朱晓萍. 高铜对仔猪促生长作用机理的研究进展[J]. 饲料工业, 2002(12):22-24.
- [4] 贺建忠. 高铜环境下仔猪慢性铜中毒机理的研究[D]. 华中农业大学, 2005.
- [5] 张苏江. 日粮铜水平对生长猪生长性能及生化指标影响的研究[D]. 中国人民解放军军需大学, 2001.
- [6] 张喜春, 池连武, 高明. 高锌高铜日粮对断奶仔猪生产性能的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2001, 32(05):399-400.
- [7] 李松岩. 猪饲料中高剂量的铜锌对环境的影响及其控制 [D]. 南京农业大学, 2005.
- [8] Barber R S, Braude R, Mitchell K G, et al. High copper mineral mixture for fattening pigs[J]. Chem. I. nd., 1955, 21(6):601-603.
- [9] Thornberg L P, Shaw D, Raisbeck D M, et al. Hereditary copper toxicosis in West Highland White Terriers [J]. Vet Pathol, 1986,23(2):148-154.

- [10] Auza N J, William G D, Michael J M, et al. Diagnosis and treatment of copper toxicosis in ruminants[J]. J A VMA,1999,214:162-162.
- [11] Lindt J, Buonomo F C, Yen J T, et al. Administration of porcine somatotropin by daily injection: growth and endocrine responses in genetically lean and obese barrows and gilts[J]. J. Anim. Sci., 1995,73(11).
- [12] LaBella F, Dular T, Vivian S, et al. Pituitary hormone releasing or inhibiting activity of metal ions present in hypothalamic extracts [J]. Biochem. Biophys. Res. Commun, 1973.
- [13] Apgar G A, Kornegay E T, Lindemann M D, et al. Evaluation of copper sulfate and a copper lysine complex as growth promoters for weanling swine[J]. J. Anim. Sci., 1995,73(9).
- [14] Barber R S, Braude R, Mitchell K G. High copper mineral mixture for fattening pigs[J]. Chemistry and Industry, 1955, 21: 601-603.

(编辑:刘敏跃, lm-y@tom.com)

《饲料工业》(英文版) 征稿启事

为了满足行业发展的需要和行业内国际间交流的进一步加深,将中国的饲料企业更好、更快地推向国际市场,与国际接轨。2008年,《饲料工业》推出了英文版,目的是让外国的读者更多地了解中国的一些行业资讯、发展动态、政策对行业发展的影响,增进企业间的国际合作,推动中国乃至全球饲料行业的发展。

为此,《饲料工业》向业内征集优秀的英文稿件,内容涉及人物专访、名企展示、行业年度报告、工厂管理、企业介绍、产品质量展示、学术专栏、政策分析以及企业国际合作等栏目,同时设置版块部分,介绍国内外的行业信息、资讯和新产品的展示。真诚希望您踊跃投稿,积极参与。

《饲料工业》(英文版)通过英文媒体平台把国内最全面的技术信息和研究成果展示给读者,使中国的饲料工业逐步走向世界,使外国的读者更多地了解中国的行业发展,促进国内外饲料行业、企业间的交流与合作,让《饲料工业》(英文版)与您一同成长。

投稿邮箱: eslgy@126.com

联系电话: 13700047990

低蛋白质日粮在肉鸡营养中的应用

王自蕊 游金明 赵君涛 姚丽平

摘要 近年来随着畜牧业规模化和集约化程度的不断提高,畜产品已满足了人们日益增长的需要,同时也带来了一些负面影响。解决该问题的有效方法是降低氮摄入量和保持氨基酸的充足供给以满足动物的营养需要。通过营养学技术,以可消化氨基酸需要量代替粗蛋白配制氨基酸平衡的日粮,通过补充合成氨基酸,降低日粮蛋白水平(2%~4%),从而使氮的排出量显著减少。这样既节省了蛋白质资源又减轻了环境污染,而且不影响动物生产性能。

关键词 氨基酸平衡日粮;合成氨基酸;氮;环境污染

中图分类号 S831

日粮蛋白质(CP)在肉鸡营养中有很多功能,而最主要的作用是用于肌肉沉积。众所周知,家禽不需要蛋白质本身,但需要有一定量平衡的必需氨基酸(EAA)和足够供给合成非必需氨基酸(NEAA)的氨基氮(NRC,1994)。随着游离氨基酸价格的下降,营养学家正努力减少日粮粗蛋白质水平从而使饲料成本最优化。而且,低蛋白质(LCP)日粮的使用对缓解环境压力有很大的优势(Cauwenberghe 和 Burnham,2001)。然而,在其使用过程中也出现了问题。首先,在对肉鸡生产性能没有负面影响的前提下,日粮蛋白质水平能降低的最大程度;其次,如何解释当日粮蛋白质水平进一步降低时所导致的生产性能下降。

本文就针对以上两个问题进行阐述。有关 LCP 日粮的研究大致可分为两种:①当饲喂 LCP 日粮时,必需氨基酸处于均衡或者不足;②LCP 日粮中必需氨基酸水平与“标准蛋白质”日粮相似。很明显,当处于第一种情形时,生长性能是第一限制性氨基酸摄入量的函数,第一限制性氨基酸的摄入量减少时,生长性能会下降。本文中,我们仅对第二种情形进行讨论,即通过向日粮中补充一系列的游离氨基酸使日粮必需氨基酸满足肉鸡需要时,蛋白质水平最大程度上可降低多少。

1 肉鸡日粮蛋白质水平可降低的程度

在不降低肉鸡生产性能的情况下,很多学者研究了通过向日粮中补充晶体氨基酸,日粮蛋白质水平可

降低的程度(见表1)。在这些研究中,一部分考虑了由添加晶体氨基酸所带来的氮,而有一些则没有考虑这部分氮。鉴于此,本文对来自结合蛋白质的粗蛋白和来自晶体氨基酸的粗蛋白都进行了说明。这对解释很多有关 LCP 文献的结果很重要,因为在大多数情况下添加的晶体氨基酸会使 LCP 日粮中的蛋白质水平升高很多(见表1)。表1中的大多数结果显示,当 LCP 日粮与正对照日粮的蛋白质水平比例在 0.87~0.93 (平均 0.9)时,采食 LCP 日粮肉鸡的生产性能与采食标准蛋白质日粮的生产性能在统计上差异不显著。另外也可以根据 ME 与 CP 的比例进行比较。从表1中可以看到,在不同的生长阶段,日粮蛋白质水平可降低至与代谢能的比例分别为:15.42(0~21 d)、13.28(21~42 d)或 11.83 g/MJ(35~49 d)。当将 ME/CP 的比例转换成代谢能为 13.376 MJ/kg 时的日粮,那么相对应的每一个生长阶段,蛋白质水平分别是 20.6%、17.8%和 16.4%;也就是说,相对 NRC(1994)的推荐值,每一个阶段的蛋白质水平分别降低了 10%、11%和 9%(平均为 10%)。由此,我们可以得出结论,通过向日粮中补充晶体氨基酸可以使每个生长阶段的日粮蛋白质水平相对 NRC(1994)的推荐值平均可降低 10%。然而,其中 Dean 等(2006)和 Fatufe、Rodehutsord(2005)的两组试验结果却是例外的,他们认为即使 LCP 日粮中的蛋白质水平与正对照日粮的蛋白质水平比例分别降低至 0.75 和 0.80 时,肉鸡的生产性能也不会受到负面影响(见表1)。这两位研究学者都使 LCP 日粮中的一些主要 EAA 的浓度与高蛋白对照组日粮中相对应的 EAA 浓度相似,同时也保证了这些 EAA 的平衡。存在争议的是如果维持 EAA 平衡相对恒定,蛋白质降低的程度是否更大?然而,Dean 等(2006)仅以增重和饲料效率作为反应指标,这样的话,就不清楚蛋白质降低的程度是如何影响体组成的。但

王自蕊,江西农业大学动物科技学院,330045,江西省南昌市国家经济技术开发区志敏大道 1101 号。

游金明(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

赵君涛,吉林省大安畜牧业管理局。

姚丽平,吉林省大安畜牧总站。

收稿日期:2008-06-07

是,很少有研究学者提供关于胸肌产量方面的数据,所以就很难对 LCP 日粮如何影响胸肌产量下定论。我们知道,降低日粮蛋白质水平通常会导致体脂肪的增加,而降低体脂肪是市场经济的要求,这就暗示我们要谨慎使用 LCP 日粮。从表 1 中可以得出另一结论:若仅

考虑体增重而不考虑体组成,那么日粮 CP 水平降低的程度会更大(见表 1)(Bregendahl 等,2002)。这与其它的研究结果一致,即在不影响生长性能时肉鸡的日粮蛋白质水平可降低的程度要大于不影响体脂肪和肌肉沉积时所能降低的程度(Alleman 等,2000)。

表 1 低蛋白质日粮对肉鸡生产性能的影响

CPI ^A (CPAA) ^B (%)	对照组 CP(%)	CPAA 组/ 对照组	蛋白质能量 比(g/MJ)	日龄 (d)	AACP 组/对照组 CP				参考文献
					增重	饲料转化效率	胸肉产量	腹脂	
16.2(16.6)	22.2	0.75	12.38	0-18	0.99	1.05 ^r	-	-	Dean 等(2006)
18.3	22.9	0.80	13.98	8-21	1.03	0.96	0.97 ^E	0.95 ^F	Fatufe 等(2005)
22	24	0.92	16.48	0-21	0.95	0.95	-	-	Jiang 等(2005)
20	23	0.87	14.94	7-17	1.01	1.01	-	1.06	Sterling 等(2005) ^C
20.3(21.5)	22.5	0.96	16.04	0-21	0.93	0.97	-	1.07	Si 等(2004)
17.3	19.3	0.90	15.42	0-21	1.06	1.01	-	-	Aftab 等(2004) ^D
17.6(18.3)	23.4	0.78	13.66	7-21	0.97	0.94	0.95 ^E	1.46 ^F	Bregendahl 等(2002)
20.5	21.9	0.94	15.83	0-21	1.00	1.00	-	-	Cauwenberghe 等(2001)
18.6	20.7	0.90	14.14	22-35	0.96	1.00	-	-	
16	17.6	0.91	11.83	35-49	1.00	1.00	0.99	-	
18	20.4	0.88	13.74	29-42	0.94	0.92	-	-	Jeroch 等(1995)
20(20.8)	24.2	0.86	15.52	0-21	1.01	0.98	-	-	Moran 等(1992)
17(17.8)	20.5	0.87	13.28	21-42	0.97	0.97	-	1.17	Moran 等(1992)
19(21.4)	23	0.93	15.93	0-21	1.00	0.98	-	1.16 ^F	Han 等(1991)
16(18.5)	20	0.93	13.82	21-42	1.00	0.96	-	-	Han 等(1991)

注:A 完整蛋白含量;B 包含游离氨基酸氮在内的蛋白质水平;C 低蛋白和对照组日粮中赖氨酸的含量为 0.9%;D 低代谢能(11.286-11.495 MJ ME/kg)日粮;E 整个体组成的 CP 含量(%);F 整个体组成的脂肪含量(%)。

在不影响肉鸡生产性能和胴体品质的情况下,日粮蛋白质水平能降低的最大程度与火鸡日粮蛋白质水平降低的程度非常相似(Lemme 等,2004),但是相比鸭子(Baeza 和 Leclercq,1998)和猪(Le Bellego 和 Noblet,2002)就低很多,鸭子和猪日粮蛋白质水平相对“标准日粮”可分别降低 17%和 25%。

2 如何解释 LCP 日粮导致的生长性能受阻

有很多报道表明,很多因素可导致采食 LCP 日粮肉鸡的胴体产量和饲料转化效率降低(Fancher 和 Jensen,1989a,b;Moran 等,1992;Bregendahl 等,2002;Si 等,2004)。主要包括:①日粮钾或电解质平衡(DEB)的改变;②合成 NEAA 的非特定 N 的不足;③自由采食量降低的趋势;④EAA/NEAA 比例的改变;⑤用于满足快速生长需要的 NEAA 的合成不足,如甘氨酸;⑥游离氨基酸相对完整蛋白质氨基酸的利用率;⑦一些 EAA 的不足;⑧LCP 日粮与对照组(高 CP)日粮代谢能(ME)和净能(NE)之间的关系。下面我们将针对每一种影响因素加以分析。

2.1 日粮钾或酸碱平衡(DEB)的改变

在配制 LCP 日粮时往往是采用补充合成氨基酸来代替部分完整蛋白质(如豆粕),从而尽可能降低日

粮蛋白质水平。这样也就降低了日粮中钾含量(由于豆粕中钾含量丰富),增加了来自于所添加的晶体氨基酸 L-lysine HCl 等氯离子的含量,使得 LCP 日粮的 DEB($K^+Na^+-Cl^-$)低于正常 CP 日粮。而 LCP 日粮中较低的 DEB 是否是导致肉鸡生产性能受阻的一个因素引起了大家的争议。为了验证这一现象,Han 等(1992)将 CP 水平为 19%的 LCP 日粮和 CP 水平为 23%的标准玉米-豆粕型日粮中各种营养素水平都满足或超过了 NRC(1994)推荐量。当向 LCP 日粮中添加碳酸钾使得日粮钾的水平 and DEB 与标准日粮相同时,采食 LCP 日粮肉鸡的生长性能和饲料转化效率以及体脂肪都没有达到标准日粮的水平。Si 等(2004)进一步证实了此结果,将 LCP 日粮的 DEB 水平维持在 250 mEq/kg,仍没有减轻肉鸡采食 LCP 日粮对生产性能所带来的负面影响。从而可知,DEB 似乎并不是肉鸡采食 LCP 日粮引起生长性能受阻的一个因素。由于增加 LCP 日粮钾和 DEB 的不敏感性,从而引起了另外的一个争论,采食 LCP 日粮的肉鸡是否对钾和 DEB 的需要量也降低了。

2.2 非特定 N 的不足

当肉鸡采食高(正常)CP 日粮时,过量的 EAA 可

合成 NEAA。相比之下,当肉鸡采食 LCP 日粮时,由于 EAA 的“过量”达到了最低,所以合成 NEAA 的量也减少了。鉴于此,许多研究学者尝试通过向日粮中补充 NEAA 来缓解肉鸡采食 LCP 日粮对生产性能所带来的负面影响。然而,无论是向 LCP 日粮中单独添加一种还是联合添加多种 NEAA,都没有使得采食这些 LCP 日粮对生产性能产生的负面影响得到补偿 (Fancher 和 Jensen, 1989a; Parr 和 Summers, 1991)。近年来, Bregendahl 等(2002)通过向 LCP 日粮中补充合成 NEAA 和(或)Triammonium Citrate(TAC)作为非特定 N 的来源评定 LCP 日粮对肉鸡生产性能的影响。但是采食 LCP +NEAA 日粮肉鸡的体增重、饲料转化效率和氮排泄量都明显低于采食标准 CP 日粮肉鸡的体增重、饲料转化效率和氮排泄量,而且,采食 LCP +NEAA 日粮组肉鸡的体脂肪要高。然而也有报道表明,当 LCP 日粮中添加 NEAA 时,饲料转化效率提高了,体脂肪降低了,而对体增重没有影响 (Fancher 和 Jensen 1989a, b; Han 等, 1992)。此时需要说明的是,添加的 NEAA 会使 LCP 日粮的蛋白质水平与标准日粮的蛋白质水平非常接近 (Han 等, 1992), 从而使得这一争论又循环起来。

2.3 采食量的降低

当肉鸡采食 LCP 日粮时采食量的问题变得很复杂。一些研究学者报道,降低日粮蛋白质水平对采食量没有影响或者采食量增加 (Bregendahl 等, 2002; Fatufe 和 Rodehutsord, 2005)。然而也有一些学者报道,肉鸡采食 LCP 日粮时采食量会有所降低 (Si 等, 2004; Jiang 等, 2005)。在某些情况下,肉鸡的生长受阻确实是由采食量的降低引起的,但并不是所有的情况下均如此。LCP 日粮与标准 CP 日粮之间存在的一些差异也许是影响肉鸡采食量的原因: ①日粮钾和 DEB。日粮盐和 DEB 的绝对水平主要通过增加饮水量影响肉鸡的采食。热应激情况下,向 LCP 日粮中补充钾可明显提高肉鸡的采食量 (Aftab 等, 2004),但是在温度适宜时,此结果并不明显 (Han 等, 1992)。②LCP 日粮和正对照组日粮 NE 不同。LCP 日粮往往较正常 CP 日粮的 NE 含量高 (ME 一致),从而使得 NE : ME 的比值增加。而采食量与日粮 ME 呈负相关,因此当日粮 NE : ME 的比值增加时,就减少了肉鸡的热负担,从理论上讲,提高了采食量。③改变了氨基酸浓度 (平衡)。相比对照组日粮, LCP 日粮的 NEAA 水平一般较低,同时, EAA 的过量也达到了最低。而日粮氨基酸的浓度和平衡会对肉鸡采食量产生影响。④游离氨基

酸与完整蛋白质来源的肽 (氨基酸) 的吸收 (代谢) 比例。由 LCP 日粮摄入的游离氨基酸进入血液中,会导致血浆氨基酸模式不平衡;而血浆氨基酸不平衡会降低采食量 (Austic 等, 2000)。因此肉鸡采食 LCP 日粮对采食量的影响需做进一步的研究。

2.4 NEAA/EAA 比例

向 LCP 日粮中补充一系列游离氨基酸后, NEAA/EAA 的比例较标准蛋白质日粮低。Bedford 和 Summers(1985)认为,肉鸡达到最佳生产性能时 NEAA/EAA 比例应为 45 : 55。与火鸡达到最大生长性能时 (Lemme 等, 2004) 和生长猪获得最佳氮存留时 (Lenis 等, 1999) NEAA/EAA 比例一致。表 1 总结了一些 LCP 日粮中 NEAA/EAA 的最佳比例。当 LCP 日粮中 NEAA/EAA 比例分别为 43 : 57 (Dean 等, 2006)、53 : 47 (Fatufe 等, 2005)、46 : 54 (Jiang 等, 2005)、47 : 53 (Si 等, 2004)、44 : 56 和 47 : 53 (Moran 等, 1992) 时,可获得与对照组日粮相似的生产性能。这些值与 Bedford 和 Summers(1985)报道的“最佳值”非常吻合。但在大多数情况下, LCP 日粮的一些 EAA 超过了畜禽的需要量,如在 Bedford 和 Summers(1985)研究 NEAA/EAA 比例为 45 : 55 的试验中, EAA 的量为需要量的 125%, 因此值得怀疑的是,这些过量的 EAA 氮并没有作为 EAA 本身被利用。从而可知,将 EAA/NEAA 比例设定为 55 : 45 似乎有点儿夸大。根据理想蛋白质模式 (Baker 和 Han, 1994), 当日粮赖氨酸分别按 1.10% 和 1.0% (NRC, 1994) 计算时, EAA 的蛋白质当量分别为 830 和 765 g。如果将 NEAA/EAA 的比例设定为最小值 50 : 50, 那么 0~21 和 21~42 d 所对应的蛋白质水平为 1 660 g (16.6%) 和 1 530 g (15.3%)。NEAA/EAA 比例的“最佳值”似乎成了肉鸡前期和生长期日粮 CP 的“最低”理论水平。Alleman 等 (2000) 报道瘦肉型肉鸡比肥胖型肉鸡需要更高的 NEAA。

2.5 甘氨酸

尽管家禽很容易合成甘氨酸,但是在快速生长期间,这种合成并不能满足组织增长和氮排泄的需要 (Jiang 等, 2005; Dean 等, 2006)。Parr 和 Summers(1991)曾报道,向 LCP 日粮中补充甘氨酸可改善肉鸡的生产性能。近来, Jiang 等 (2005) 向 LCP 日粮中补充 L-甘氨酸使得甘氨酸+丝氨酸含量达到 1.5% 时,增重和饲料转化效率有明显的提高,但是仍不能达到标准 CP 日粮的生产性能。同样, Dean 等 (2006) 做了进一步的验证,采食 LCP 日粮的肉鸡对补充的甘氨酸有积极的反应,提高了生长性能。这些研究表明了甘氨酸的“特

殊”性质,暗示了甘氨酸有可能不是传统模式下的 NEAA。在此,需要指出的是,在 Jiang 等(2005)和 Dean 等(2006)的研究中,没有额外补充甘氨酸的 LCP 日粮的甘氨酸水平等于或高于 NRC(1994)推荐的水平。从而表明,当肉鸡采食 LCP 日粮时,NRC(1994)推荐的甘氨酸需要量是不足的。甚至有一些作者认为,采食 LCP 日粮肉鸡的甘氨酸需要量要高于采食标准 CP 日粮时的需要量(Dean 等,2006)。然而,对 Dean 等(2006)试验数据的分析显示,“采食 LCP 日粮肉鸡甘氨酸的需要高于采食正常 CP 日粮时的需要量”这一结论似乎又不成立。根据试验,正对照组日粮的甘氨酸为 0.93%(甘氨酸+丝氨酸为 2.05%),LCP 日粮的甘氨酸为 0.57%(甘氨酸+丝氨酸为 1.25%)。若添加晶体甘氨酸使 LCP 日粮中甘氨酸水平等于正对照组中甘氨酸的水平。那么,需要向日粮中添加 0.36%甘氨酸($0.93-0.57=0.36$),此时总甘氨酸+丝氨酸水平(1.61%)已经超过了 NRC(1994)推荐量,但是仍低于正对照组日粮中总甘氨酸+丝氨酸水平(2.05%)。然而补充甘氨酸却使 LCP 日粮组获得了与正对照组相似的增重和较好的饲料转化效率。另外,在试验 4、5 和 6 中,尽管补充甘氨酸至甘氨酸+丝氨酸水平为 2.44%时,生长性能和饲料转化效率呈线性增加,但是与采食正对照组相比差异不显著(Dean 等,2006)。由于甘氨酸会以尿酸的形式排出过多的氮,所以肉鸡采食 LCP 日粮时的 Gly 需要量不应高于采食正常 CP 日粮,因为正常 CP 日粮的大多数氨基酸含量显然都超过家禽的需要量。根据上面的结论,采食 LCP 日粮组相比采食标准 CP 日粮组肉鸡的 Gly+Ser 需要量高也许存在一些疑问。然而,在所有的报道中普遍存在这样的结论:向 LCP 日粮中添加 Gly 使其达到或超过 NRC(1994)水平会提高动物的生长性能,从而使得采食 LCP 日粮时,Gly 的缺乏导致肉鸡生长性能较差又合乎逻辑。

2.6 游离氨基酸的利用效率

在实际饲养条件下,我们无法证明日粮中添加赖氨酸、蛋氨酸和苏氨酸后,LCP 日粮的游离氨基酸利用率是否较高蛋白日粮的利用率差。然而,日粮中游离氨基酸过多时,其利用率却值得讨论(Surisdiarto 和 Farrell,1991)。由于要维持血浆中游离氨基酸模式的动态平衡,游离氨基酸的突然增加可能会提高肌肉中(日粮吸收的)氨基酸的代谢。那么增加的氨基酸代谢就可能是导致采食 LCP 日粮后生产性能较差的一个原因。Fancher 和 Jensen(1989b)在 LCP 日粮中(16.7%

CP)添加合成氨基酸使其超过 NRC(1984)推荐量的 15%时,发现虽然饲料转化效率提高了但仍达不到采食标准 CP 日粮(18.5%)的水平。然而,也有报道当低蛋白质日粮中补充合成 EAA 或 NEAA 亦或两者一起添加,使其含量从适量到超过 NRC(1994)推荐量,对生产性能都没有影响(Bregendahl 等,2002;Jiang 等,2005)。那么日粮中游离氨基酸的吸收和代谢效率就成了我们需要进一步讨论的问题了。

2.7 日粮中一种或多种 EAA 的不足

很多学者对日粮中一种或多种 EAA 可能会限制肉鸡生产性能进行了研究。相比采食标准 CP 日粮,当向 LCP 日粮添加游离氨基酸使其 EAA 的含量达到 NRC(1994)推荐量的 110%(Jiang 等,2005)或 115%~145%(Bregendahl 等,2002)时,都没能缓解采食 LCP 日粮所带来的生长和饲料转化效率的负面影响。提高日粮 EAA 含量超过 NRC(1994)推荐量时,在数据上生长性能反而还有所降低,同样采食量呈线性下降(Jiang 等,2005)。Han 等(1992)试图通过添加 EAA 来提高采食 LCP 日粮肉鸡的生产性能,结果表明,向 LCP 日粮中补充 EAA,明显提高了日增重和饲料转化效率,但是这些改善并不应该归结于 EAA 本身的缺乏。添加的 EAA 混合物中,EAA 混合物 1 包括赖氨酸、蛋氨酸、精氨酸和缬氨酸,而混合物 2 则包括除了上述混合物 1 中的 4 种 EAA 外还有组氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和色氨酸。当向 LCP 日粮中无论是单独添加 EAA 混合物 1 还是 2 都能改善肉鸡的增重和饲料转化效率,这就意味着 LCP 日粮缺少的是非特定氮,从而导致了生产性能的下降,而不是一些 EAA 本身的缺乏。根据此试验结果得出,EAA 缺乏可能不是采食 LCP 日粮肉鸡生产性能下降的原因。

然而,在阐述 LCP 日粮中“可能的”EAA 缺乏这一问题时所使用的方法值得我们论证。Bregendahl 等(2002)和 Jiang 等(2005)在各自的 LCP 日粮中都补充了 EAA 混合物而不是单一的某种 EAA。当以不同信息来源评定肉鸡对赖氨酸的需要时会出现不同的结果,如不同的肉鸡公司或者不同的研究学者(Kidd 和 Fancher,2001)得出的结果就不一致。他们的结果显示赖氨酸的需要量明显高于 NRC(1994)。表 1 中列出的大多数 LCP 日粮研究都是采用 NRC(1994)标准配制的试验日粮,那么值得探讨的是 LCP 日粮中不仅仅是赖氨酸缺乏的问题。以满足 NRC(1994)营养水平配制的典型的玉米-豆粕型基础日粮中的赖氨酸含量往往

过量,如在 Han 等(1992)和 Jiang 等(2005)的研究中正对照组日粮的赖氨酸含量分别为 1.33%和 1.27%,而这两个值都超过了 NRC(1994)所推荐的赖氨酸的需要量。值得注意的是, Fatufe 和 Rodehutscord(2005)、Dean 等(2006)的试验数据都表明,当 LCP 日粮的 CP 水平相比正对照组日粮 CP 的比例低至 0.8 或 0.75 时,对生产性能没有负面影响(见表 1)。原因是在他们的 LCP 日粮中赖氨酸的含量等于或高于相对应的正对照组赖氨酸水平。如果赖氨酸的缺乏是导致肉鸡采食 LCP 日粮生长性能下降的原因,那么采用单独添加赖氨酸去验证这一假设应该是符合逻辑的。而过量添加肉鸡不需要的赖氨酸和其它 EAA 则会加剧此问题,从而导致采食量和生长效率的下降(Jiang 等,2005)。

根据日粮 CP 和氨基酸需要量之间的关系,有学者提出了相反的观点(Morris 等,1999)。当采食 LCP 日粮时,EAA 是日粮 CP 的函数,一些主要 EAA 的需要量随 CP 水平的降低成比例降低(Morris 等,1999)。近年来, Fatufe 和 Rodehutscord(2005)的研究表明,以增重为衡量指标时,采食 LCP 日粮与采食高 CP 日粮相比,蛋氨酸利用的边际效率高出 8%。根据以上的研究可知,LCP 日粮中单独的某种 EAA 水平如果和标准 CP 日粮中相对应的氨基酸水平相当的话,那么一些 EAA 限制肉鸡生长性能的可能性似乎不成立(Dean 等,2006)。

2.8 LCP 日粮和标准蛋白质日粮中净能和代谢能的影响

由于蛋白质(氨基酸)含量越高,产生的热增耗越多。那么 LCP 日粮的 NE 含量理论上应该较高。因为提高日粮 NE:ME 比例,可改善肉鸡的采食量和增重。在热应激条件下此影响更为明显。但是这种通过降低过量氨基酸而减少日粮热增耗所带来的理论上的“效益”在实际应用中还存在一定的争议(Gous 和 Morris,2005)。根据 Gous 和 Morris(2005)的观点,在实际饲养中,增加 LCP 日粮 NE:ME 比例并不能改善肉鸡的生产性能。然而,却可以采用 NE:ME 比例来解释采食 LCP 日粮所导致的较多的脂肪沉积(Bregendahl 等,2002;Si 等,2004)。Le Bellego 和 Noblet(2002)以 NE 配制 LCP 日粮对仔猪增重并没有影响。日粮 NE:ME 是如何调节肉鸡生产性能和如何干预不同基因型动物(瘦肉型、肥胖型)需要进一步的研究。

3 小结

研究 LCP 日粮是在不影响肉鸡生产性能的前提下,通过降低日粮 CP 水平达到减少环境污染和提高经济效益的目的。然而,在实际应用中,此概念能被接受多少以及蛋白质能降低多少值得探讨。以晶体形式向玉米-豆粕型肉鸡前期日粮中补充蛋氨酸、赖氨酸和苏氨酸,可使蛋白质水平降低至 19%(相当于标准蛋白质水平的 0.83)。然而,在实际生产中,配方师在配制 LCP 日粮(占 NRC 推荐水平的 0.90 或更低)时,似乎并没有看到真正的利益,而且很少有人能在肉鸡日粮中充分使用可利用晶体氨基酸。甚至他们在配制日粮时几乎没有降低日粮的蛋白质水平,或者降低的很有限(21.2%~22% CP),主要是由于 EAA 水平超过了 NRC(1994)推荐量。在我国,我们通常会使用可消化赖氨酸的量达到 1.2%或者更高,而其它 EAA 满足或超过相应的理想蛋白质模式的量。那么在实际中不能实现将日粮 CP 降低到理论上的最低水平可能存在的原因有:①EAA 超过了 NRC(1994)推荐量;②各种标准对日粮最低 CP 水平的限制;③对理想蛋白质概念认识的缺乏;④饲料原料 AA 利用率的问题。

4 展望

根据 LCP 日粮在肉鸡营养中存在的问题,我们需要从以下几方面做进一步的研究:

4.1 维持 K⁺含量和 DEB 恒定并没有减缓 LCP 日粮的负面影响,那么是否是采食 LCP 日粮时 K⁺和 DEB 的需要量也降低了。

4.2 已有大量关于肉鸡 EAA 需要量的数据,那么目前更重要的是 CP“理论上”可降低的程度似乎成了研究肉鸡对 NEAA(非特定氮)如 Gly+Ser 的绝对需要量的问题。

4.3 采食 LCP 常会导致体脂肪的增加,此结果在猪试验中已得到了证明。那么如果配制日粮时使 LCP 日粮与对照组的 NE 不变,是否可以使此结果得到缓解,或者能否通过向 LCP 日粮中补充赖氨酸就可解决此问题?再者,改变 NE:ME 比例对不同基因型肉鸡生产性能有何影响。

4.4 研究表明,LCP 日粮中蛋氨酸的利用率高于正对照组中蛋氨酸的利用率,那么日粮 CP 水平又是如何影响其它 AA 的,以及理想蛋白质比例,LCP 日粮的理想蛋白质比例是否不同于标准 CP 日粮。

(参考文献 27 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

脂肪酸的吸收与脂肪酸结合蛋白

颜士禄 张铁鹰 刘 强

摘 要 脂肪酸在动物体内的消化吸收是一个非常复杂的过程,需要通过小肠上皮细胞的消化、吸收和转运。脂肪酸吸收研究方法主要分为体内法和体外法。脂肪酸的吸收主要发生在小肠的前 2/3 部分,而小肠上皮细胞内含有脂肪酸结合蛋白对脂肪酸的吸收以及脂肪酸在细胞内的转运具有极其重要的作用。文中主要综述了脂肪酸的吸收及脂肪酸结合蛋白的相关功能,着重概括了小肠内表达的 I-FABP、L-FABP 两种蛋白。

关键词 脂肪酸;吸收;研究方法;脂肪酸结合蛋白

中图分类号 Q946.81

The absorption of fatty acid and fatty acid binding protein

Yan Shilu, Zhang Tieying, Liu Qiang

Abstract The process of fatty acid digestion and absorption is extraordinary complex in animal, it is necessary through intestinal enterocyte digest absorb and transport. The method of fatty acid research is mainly included in vitro and in vivo. The absorption of fatty acid mostly takes place 2/3 of the intestinal, fatty acid binding protein have highly significant in transport of fatty acid, and it is located in intestinal enterocyte. The article mainly summarizes the absorption of fatty acid and the function of fatty acid binding protein, emphasizes the introduction of two kinds of proteins, intestinal fatty acid binding protein and liver fatty acid binding protein, which is expression in intestinal.

Key words fatty acid;absorption;research method;FABP

脂肪主要包括长链甘油三酯(Long Chain Triglyceride, LCT), 一些中、短链甘油三酯(Medium/Short Chain Triglyceride, MCT/SCT)和脂肪酸。其中脂肪酸是脂肪的重要组成部分,每个脂肪分子都是由一个甘油分子、三个脂肪酸分子化合成的,需要在体内经消化分解成脂肪酸和甘油后才能被机体吸收利用。脂肪酸其分类方法很多,按照碳链长短,含有 14 碳之上的为长链脂肪酸;6~12 碳的为中链脂肪酸;5 碳以下的为短链脂肪酸;按饱和程度可分为饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸(碳链中只含有一个不饱和双键)、多不饱和脂肪酸(含有两个以上双键);而按其空间结构不同,其可分为顺式脂肪酸和反式脂肪酸。

脂肪酸不仅能够为机体提供必需脂肪酸,且能够在体内氧化分解过程中产生能量供机体利用,动物机体只有在脂肪酸的共同参与下才能维持机体正常的生命活动功能。但直到目前脂肪酸的吸收机制还不是非常明确,近年来研究发现,小肠上皮细胞脂类的吸收机制还存在着争论,除了简单的被动扩散外,有很有力的证据表明存在着一种蛋白协助机制(Hauser 等, 1998)。在体内还存在着一些特殊的蛋白质,如 FABP、NPC1L1、CD36、SR-BI 等,它们对脂类的吸收具有一定的作用。其中脂肪酸结合蛋白(Fatty acid binding protein, FABP)对脂肪酸的吸收以及脂肪酸在细胞内的转运具有及其重要的作用。对此,本文主要对脂肪酸吸收与脂肪酸结合蛋白方面的知识进行概括与总结,为进一步研究脂肪酸吸收提供一些思路和方法。

1 脂肪酸研究的方法

到目前为止,国内关于脂肪酸吸收的研究报道很少,国外这方面的研究报道也甚少。有关脂肪酸吸收的研究方法大致可概括为体内法和体外法两大类。

1.1 体内法

1.1.1 常规饲喂方法

颜士禄,南京农业大学动物科技学院,210095,江苏南京。

张铁鹰(通讯作者),中国农业科学院北京畜牧兽医研究所动物营养学国家重点实验室。

刘强,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-06-28

★ 国家 973 资金资助(项目编号:2004CB117500)

所谓常规饲喂方法即根据测定饲喂日粮中脂肪酸的成分与粪便中脂肪酸成分的差异来计算脂肪酸的吸收情况。Young 等 (1963) 采用常规方法用鸡研究不饱和脂肪酸对饱和脂肪酸吸收的影响。Laura 等 (2001) 也用此方法研究不同来源的长链不饱和脂肪酸对老鼠脂肪和脂肪酸排泄的影响, 其脂肪表观吸收率也是通过日粮中摄食的脂肪酸量和粪便中排泄的脂肪酸量来计算。该方法较为传统, 实验操作较为容易, 但是也有其不完善的地方, 如最终结果只能说明脂肪酸的表观消化率, 也不能排除内源性脂肪酸所产生的影响。

1.1.2 灌注法

Bernard (1991) 用标记性的脂肪酸同时研究脂肪酸的静脉吸收和小肠的分解代谢。主要方法是十二指肠内灌注 $1\text{-}^{14}\text{C}$ $90\ \mu\text{mol}$ 葵酸、油酸、亚油酸、花生四烯酸或者 $30\ \mu\text{mol}$ 每一个标记性的脂肪酸额外添加 $30\ \mu\text{mol}$ 的油酸和 $30\ \mu\text{mol}$ 的单棕榈酸。灌注 $1\ \text{h}$ 内每隔 $5\ \text{min}$, 采集静脉血对脂类的分解代谢进行分析。在实验结束时, 粘膜中消失的放射性脂肪酸被确定。Ahmet (1964) 研究鸡对棕榈酸的吸收路径, 研究方法采用肌胃灌注标记性的棕榈酸, 在不同时间点采集静脉血来分析棕榈酸的吸收情况。Denstadli 等 (2004) 通过用同位素标记的 $^{14}\text{C}\text{-}10:0$ 和 $^3\text{H}\text{-}18:1$ 调查脂类在胃肠道内随着时间变化的吸收情况。灌注法较常规饲喂法复杂且试剂都是采用标记性的脂肪酸, 其实验操作过程要在特定的条件下进行, 但试验结果的准确性较高。

1.2 体外法

1.2.1 提取小肠刷状缘囊泡 (Brush border Membrane Vesicles, BBMV) 法

小肠刷状缘囊泡 (BBMV) 法是一种研究刷状缘对营养元素摄入的方法。将所研究的肠段取出后, 将粘膜轻轻刮下, 经离心等一系列处理后得到刷状缘囊泡, 通过蛋白和特殊酶活的测定来判断所提取 BBMV 的纯化程度。BBMV 在培养液中培养一定时间后, 快速过滤, 通过测定硝基纤维素膜上的放射性来评估营养元素的吸收情况。应用此方法的优点是, 可以很好地控制所研究物质的量, 减少许多复杂因素, 但相应的缺点是此方法仅反映了肠刷状缘对营养元素的初始摄取, 不能反映营养元素通过肠道细胞的吸收及随后的转运情况。Ling 等 (1989) 从兔子小肠内提取 BBMV 来研究亚油酸吸收机制。Garriga 等 (2002) 从 5~6

周龄鸡的十二指肠、空肠和回肠中提取 BBMV 来研究 Na^+ 依赖 D-葡萄糖转运。Rocio 等 (1998) 从鸡小肠 (三个部分) 和大肠 (盲肠和直肠) 内分离 BBMV, 用快速过滤技术研究牛黄胆酸的转运。

1.2.2 外翻肠囊法

外翻肠囊法是在体外培养肠环法的基础上发展而来的, 即从活体取出小肠后分割成不同的片段, 将各片段外翻做成囊状物, 其中注有不含待测物质的培养液, 放入含有待测物质的培养液中培养一段时间后, 通过测定肠囊中被测物质的变化来研究物质的吸收情况。该方法操作简单、快速, 能详细地观察到元素进出肠段的变化。但该方法是在没有血液供应的非正常生理条件下进行的, 粘膜没有营养供应, 其功能未必能完全发挥, 而且粘膜摄入的元素也无法通过循环血液进行转运。这些制约因素使得此方法仅适合于初步判断和筛选生物学活性更好的化合物, 对其结果在实际中的应用还需要进一步验证。Richard 等 (2005) 用体内和体外法比较肉仔鸡 2-羟基-4 甲基丁酸和蛋氨酸的吸收。其中体外法就是采用外翻肠囊法。这一方法研究脂肪酸的吸收报道很少。

1.2.3 细胞培养方法

细胞培养方法是指从动物体内取出细胞, 模拟体内的生理环境, 在无菌、适当温度和一定营养条件下, 使细胞生存、生长并维持其结构和功能的方法。该方法具有许多优点: ①细胞均质, 类型单一, 对外界影响的反应一致; ②细胞可直接暴露在预测试剂中, 能直接观测反应, 可供比较不同因素或同一因素不同剂量对同一细胞的作用。将细胞培养与同位素示踪法有机结合在国外已获成功。Wolf (1988) 分离兔子空肠上皮细胞用细胞培养的方法来研究脂肪酸的吸收。结果表明脂肪酸吸收受小肠脂肪酸结合蛋白的调节, 小肠细胞对油酸、亚油酸和花生四烯酸的吸收是一个主动运输过程; 研究结果还表明, 油酸在缺失 Na^+ 的情况下吸收率较有 Na^+ 存在时减少 51%~61%。

2 脂肪酸的吸收

脂肪酸主要在十二指肠及空肠上段吸收。Hurwitz 等 (1973) 研究表明, 鸡的空肠是脂类吸收的主要部位, 回肠对亚油酸、硬脂酸和棕榈酸的吸收非常重要。Whitehead 等 (1975) 试验证实, 空肠对脂类消化的重要作用, 但在回肠对饱和脂肪酸的吸收方面存在着疑问。正常情况下, 摄入的脂肪至少 95% 被吸收。脂肪从胃进入小肠时, 十二指肠粘液分泌的激素缩胆囊肽刺

激胆囊分泌胰脂酶进入小肠,催化水解脂肪(Robert, 1990)。

2.1 LCT 消化吸收代谢机理

LCT 首先在小肠内被胆盐乳化成为微滴,继而在胰脂肪酶的作用下分解为脂肪酸、甘油一酯等,这些水解产物与胆固醇、溶血磷脂和胆盐共形成一种水溶性的混合微胶粒,穿过小肠绒毛表面的水屏障到达微绒毛内。此时,除胆盐被留在肠腔内之外,其它物质均以被动扩散或主动运输方式被吸收(刘坚等,2002)。已吸收的脂解产物在粘膜细胞内重新装配成甘油三酯,被一层蛋白质膜包裹形成乳糜微粒(主要由甘油三酯和少量的磷脂、胆固醇酯和蛋白质构成),通过淋巴系统进入血液循环(张根旺等,1999)。

2.2 MCT/SCT 消化吸收代谢的机理

MCT/SCT 的消化和吸收路线与 LCT 是不同的, MCT/SCT 由脂肪酶迅速水解生成中短链脂肪酸及甘油,在小肠内不经胆汁酸形成胶粒,就直接进入小肠上皮细胞中。MCT/SCT 较 LCT 更容易分解,而且分解速度特别快(中碳链甘油三酯食用 3 h 后分解最大,食用 10 h 后几乎完全分解),同时在细胞内不再被合成为甘油三酯,而直接经由门脉输送至肝脏,高效分解为能量。而 LCT 则要经由淋巴管、静脉输送至脂肪组织、肌肉、肝脏后,再分解与储藏(赵国志等,2005)。

2.3 脂肪酸的吸收代谢机理

中短链脂肪酸比长链脂肪酸吸收快,这跟小肠粘膜对它们转运存在着差异有关。小肠上皮细胞的胞液中存在脂肪酸结合蛋白质(FABP),FABP 对不饱和和长链脂肪酸(LCFA)结合力最强,但不结合中链及短链脂肪酸(Andack 等,1987)。由于中链脂肪酸(MCFA)与 FABP 的亲合力小,MCFA 几乎不进入内质网,既不重新酯化成甘油三酯或磷脂,也不组成乳糜微粒再分泌入淋巴液,而是直接排出粘膜细胞,进入门静脉血液,与血浆白蛋白结合转运至肝脏,而 LCFA 由 FABP 转运至滑面内质网,重新酯化形成甘油三酯,需要消耗能量,并与载脂蛋白结合,形成乳糜微粒,经淋巴进入血液循环。因此,MCFA 的转运速度也较 LCFA 快。亦或用下面两个方面的原因来解释:一是中链脂肪酸酯化率低,大部分可以直接吸收(不需脂肪酶的降解);二是中链脂肪酸是通过门静脉直接进入肝脏,长链脂肪酸需要在胆盐乳化作用下才能被吸收,通过淋巴系统进入血液后再进入各个组织。中链脂肪酸不仅吸收速度快,氧化代谢的速度也快。一般认为,中链脂肪酸氧化

速度快的原因有如下几个方面:①中链脂肪酸吸收后进入肝脏,肝脏是脂肪氧化分解的重要器官。而长链脂肪则进入体内不同组织;②在体内,中链脂肪酸可以直接透过线粒体的双层膜而进入线粒体内,线粒体是氧化产生能量的地方。而长链脂肪酸则必须有肉毒碱的转运帮助才能进入线粒体(Lien 等,2001;Meinhart 等,1996)。这与占秀安等(2004)和崔立等(1999)研究结果表明的在动物生产中添加肉毒碱能够促进脂肪酸的氧化相一致。Wolf 等(1978)的试验结果表明,在饲喂低肉毒碱的小猪日粮中添加肉毒碱可以增加 LCFA 的氧化。③MCFA 与 LCFA 的氧化途径也不同,前者必须先进行 ω -氧化,形成 α,ω -二羧酸,再进行 β -氧化,而 LCFA 主要是进行 β -氧化(沈同等,1990)。因此,MCFA 在肝细胞内较 LCFA 能更迅速地被氧化。

3 脂肪酸结合蛋白

3.1 FABPs 的特性与分布

脂肪酸结合蛋白(fatty acid-binding protein, FABP)是一族分子质量为 14~16 kDa 的蛋白质,参与细胞内长链脂肪酸的转运和代谢。广泛存在于哺乳动物的小肠、肝、心、脑和骨骼肌的多种细胞内,并且含量丰富,占细胞内可溶性蛋白总量的 3%~8%。FABP 一般含有 126~137 个氨基酸,同时表现出 38%~70%氨基酸序列的同源性(许宁迎等,2004)。FABP 可分为两种不同类型,一种是那些伴随有原生质薄膜的 FABP,另一种是胞内或胞质蛋白 FABP(Niewold 等,2004)。目前,已发现 9 种组织特异性的胞质 FABP,分别是肝脏型脂肪酸结合蛋白(liver FABP, L-FABP 或 FABP1)、肠型脂肪酸结合蛋白(intestinal FABP, I-FABP 或 FABP2)、肌肉和心脏型脂肪酸结合蛋白(muscle and heart FABP, H-FABP 或 FABP3)、脂肪细胞型脂肪酸结合蛋白(adipocyte FABP, A-FABP 或 FABP4)、表皮型脂肪酸结合蛋白(epidermal FABP, E-FABP 或 FABP5)、回肠型脂肪酸结合蛋白(ileal FABP, II-FABP 或 FABP6)、脑型脂肪酸结合蛋白(brain FABP, B-FABP 或 FABP7)、髓磷脂型脂肪酸结合蛋白(myelin FABP, M-FABP 或 FABP8)和睾丸型脂肪酸结合蛋白(testis FABP, T-FABP 或 FABP9)。其中一些类型只存在于一种组织,如 I、A、My、B、睾丸型;H 型则存在于许多组织器官中,如心脏、骨骼肌、平滑肌、主动脉、肾脏、脑等;一些组织器官如肾、胃、卵巢含多种类型 FABP,而在肠上皮的细胞内就含有不同类型的 FABP(I、L)。所有的 FABP 都是基因结构,都是由 4 个外显子和 3 个内含子组成。

3.2 FABPs 与脂肪酸代谢

3.2.1 FABPs 的结构特性

FABPs 结合脂肪酸分子甲基并限制脂肪酸分子移动的重要功能单位是一个由 α 螺旋、 β 、CF 片层所组成的“开口”结构,当此结构域与脂肪酸结合后,由 7 个氢键所组成的静电网以及分子间范德华力的作用使得脂肪酸分子构象改变而被固定在 FABPs 分子内。FABPs“开口”结构在与脂肪酸结合的同时也与一个由 Ash11、Asp34 等组成的离子通道相耦联,在特定的条件下通过这一离子通道的调节作用而结合或释放脂肪酸分子。这种结构决定了 FABP 能够结合各种类型脂肪酸在脂肪酸的摄取转运及代谢调节中具有重要作用。调节脂肪酸代谢是各型 FABP 的共同作用,但在不同组织不同条件下各型 FABP 的存在状况及活性均有所不同。例如 H-FABP 特异地存在于心肌组织中,约占心脏全部可溶性蛋白质的 4%~8%,H-FABP 与心肌细胞内的长链脂肪酸相结合将其从细胞质膜向脂化和氢化部位运输,从而进入能量代谢体系氧化分解最终生成三磷酸腺苷(ATP),为心肌收缩提供能量(董解菊,2001)。

3.2.2 FABPs 的配体结合特性

已对 FABPs 的转运功能进行了大量研究结果证明其转运功能与其和长链脂肪酸(C16-20)的亲合力密切相关。L-FABP 的结合特性是 FABP 家族中所特有的(Storch 等,2001),L-FABP 在细胞中,特别是在细胞膜上不仅可与长链脂肪酸结合还可与其它酰基配体结合包括酰基辅酶 A、磷脂、血红素蛋白及胆汁酸盐,其中与长链脂肪酸的结合亲合力最高。研究表明,高脂饮食可增加肝脏和小肠中 L-FABP 脂肪型脂肪酸结合蛋白(A-FABP)含量,对小肠 I-FABPs 无影响。长链脂肪酸的疏水特性使结合力的测定复杂化。Kurian 等(1996)改进 1-磺酸盐-8-苯胺萘置换方法测定配体结合亲合力,得出 L-FABP 对软脂酸盐、油酸盐及花生四烯酸盐的亲合力最高。Richieri 等(1998)利用不同的荧光方法检测 FABPs 与脂肪酸的亲合力,结果证明 FABPs 的结合亲合力与脂肪酸的类型不同而不同(KD 2~1 000 nm),即饱和脂肪酸大于多聚不饱和脂肪酸。L-FABP 结合溶血磷脂酸血红素胆盐两种类型的过氧化物酶体增生体激活受体(PPAR)、花生四烯酸类物质和肝脏致癌原。大部分视黄醛分布在肝脏,L-FABP 也结合视黄醇。L-FABP 的一部分配体有可能通过改变其结合特性来调控蛋白功能。如

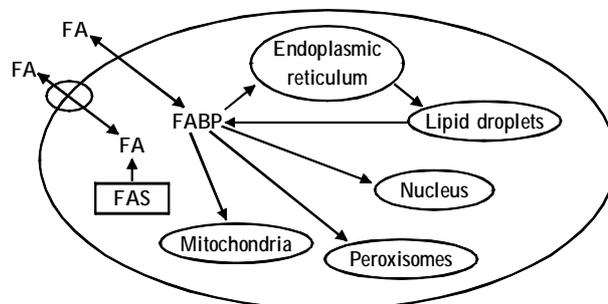
参与糖分解的中产物糖与 6-磷酸葡萄糖结合,增加对油酸盐及油酸辅酶 A 的亲合力。L-FABP 结合胆固醇的作用目前尚有争议。小鼠 L-FABP 的晶体结构可以促进中性脂肪酸的结合。L-FABP 对油酸盐的亲合力随盐浓度的增加而降低。

3.2.3 FABPs 与脂肪酸代谢酶

大量的研究表明,细胞内酶的活性是由 FABPs 调控的,提出 FABPs 参与细胞内的脂质代谢。已经对 FABPs 对线粒体和微粒体酶活性的作用,特别是对 L-FABP 进行了研究,对其它类型 FABPs 对细胞酶活性的研究未获取相关信息。利用线粒体或微粒体制剂作为酶原提纯 FABPs 检测其对配体代谢的直接作用,许多研究结果证明,FABPs 作为配体供体这一作用特性,提示这些蛋白对配体特殊的靶作用,以及 FABP 与酶类有直接交互作用如酰基辅酶 A 合成酶,此酶催化长链脂肪酸酯化,为脂肪酸代谢的第一步。

3.2.4 FABP 与体内脂肪酸的转运

脂肪酸是细胞生命重要的分子,通过 β -氧化分解产生 ATP,酯化为甘油和固醇。脂肪酸能否自由地从脂质双层转移或 FABPs 是否为转运所必需,是脂代谢的关键问题。试验表明未电离的脂肪酸或其衍生物能够快速通过磷脂双分子层。影响脂肪酸从膜上被动转运的多种因素:①跨膜 pH 梯度;②脂肪酸在膜上结合区的分布;③游离脂肪酸转化为非透膜性衍生物(脂酰辅酶 A 酯);④为合成代谢和分解代谢利用脂肪酸。目前长链脂肪酸有两种转运机制:一是脂肪酸经过被动扩散穿过细胞膜;另一种是在蛋白的参与下完成脂肪酸的跨膜转运(冯爱娟等,2003;Storch 等,2000)(见图 1)。



注:脂肪酸跨膜转运是被动扩散或由蛋白介导的过程,FABP 可以介导脂肪酸胞质转运至多种细胞器,包括线粒体(Mitochondria)、过氧化物酶体(Peroxisomes)、内质网(Endoplasmic reticulum)、细胞核(Nucleus)、脂滴(Lipid droplets)。

图 1 长链脂肪酸的细胞内转运

4 小肠内脂肪酸结合蛋白

据相关文献报道,脂肪酸的吸收主要发生在小肠的十二指肠和空肠,而在小肠这两个片段内有 I-FABP 与 L-FABP 两种蛋白表达,其中 I-FABP 在空肠内表达量最高。

4.1 I-FABP 与 L-FABP 分布及差别

4.1.1 I-FABP 与 L-FABP 的分布

小肠近端(十二指肠和空肠)上皮细胞包含高浓度的两种不同 FABPs,即 L-FABP 和 I-FABP,它们大概有 29% 同源性(Judith 等,1996)。Luis 等(2002)报道,小肠内含有三种不同类型的细胞内脂肪酸结合蛋白,肝脏型脂肪酸结合蛋白(L-FABP)、小肠型脂肪酸结合蛋白(I-FABP)和回肠型脂肪酸结合蛋白(Ileal Lipid Binding Protein, ILBP),然而这些沿着小肠内重叠分布,不同类型 FABPs 在小肠的不同片段表达水平不同。老鼠 L-FABP 的 mRNA 在小肠的前 2/3 处发现;I-FABP 的 mRNA 在整个小肠内都存在,但在小肠中间部分表达最高;ILBP 的 mRNA 紧存在小肠的末梢 1/3 处。

4.1.2 I-FABP 与 L-FABP 异同点

已经发现 L-FABP 和 I-FABP 之间有许多不同之处:①L-FABP 在小肠和肝脏中表达,而 I-FABP 专门在小肠内表达;②I-FABP 对长链脂肪酸只有一个结合位点,相比而言,有不同的报道说 L-FABP 可能有一个、两个甚至三个脂肪酸结合位点;③L-FABP 能够结合许多其它内源性非亲水性配体包括甘油一酯,而 I-FABP 不能,但 I-FABP 表现出能够主要结合长链脂肪酸。Richieri 等(1994)近年来报道 LFABP 和 I-FABP 对饱和脂肪酸有相似的亲和力,但 L-FABP 对不饱和脂肪酸的亲和力是 I-FABP 的 5 倍。有趣的是, Baier 等(1995)最近报道在人的 I-FABP 中单个氨基酸 Thr-54 替换为 Ala-54,结果导致对脂肪酸的亲和力提高 2 倍。

4.2 I-FABP 与 L-FABP 转运机制

小肠脂肪酸结合蛋白是细胞膜内长链脂肪酸结合蛋白(Bass 等,1988),由小肠上皮细胞分泌,I-FABP 在小肠上皮细胞内大量的表达并且同 L-FABP 占整个细胞蛋白很大的比率,在肠腔内对脂肪酸的吸收和转运的过程中起着重要的作用(Ito 等,1999),而且有直接或间接的结论支持这种观点(Storch 等,2000)。Mukesh 等(2004)研究表明,I-FABP 表现出能够特异

性地结合长链脂肪酸并被提出它参与了日粮脂肪酸的吸收和脂肪细胞膜内的转运。

研究发现,这两种脂肪酸结合蛋白从磷脂膜转运脂肪酸通过明显不同的机制:L-FABP 应用扩散机制,I-FABP 转运脂肪酸通过直接的相互碰撞(Hsu 等,1996;Thumser 等,2000)。还有人已经发现 I-FABP α -螺旋领域转运依靠碰撞机制(Córsico 等,1998;Wu 等,2001)。Córsico 等(2004)发现 L-FABP α -螺旋领域依靠这种蛋白扩散介导转运机制。同样为了确认两种 FABPs 蛋白转运特征是否可能不同,Kuo 等(1996)研究了荧光葱酰脂肪酸(AOFA)从这些蛋白到膜模型用共振能量转移分析它们的转运率和转运机制。结果表明:AOFA 的绝对转移率 I-FABP 快于 L-FABP。此外,两种蛋白间脂肪酸转移的表面机制是不同的。I-FABP 对 AOFA 转移是不依靠离子力,直接依靠膜囊泡受体的浓度,而且膜脂类的组成能够显著的调节它的转移率。这些数据强有力的表明脂肪酸从 I-FABP 转移到膜内通过蛋白和磷脂双分子层的直接相互碰撞而发生的。相比而言,L-FABP 脂肪酸转运特征是一种水扩散介导过程。因此,小肠细胞内两种 FABPs 脂肪酸转运的调节和脂肪酸的利用功能是不同的。猜测认为 L-FABP 作为脂肪酸胞质的缓冲液,维持其结合脂肪酸的浓度,而 I-FABP 可能参与脂肪酸吸收和将脂肪酸转移到亚细胞膜位点的特定靶心。目前 I-FABP 脂肪酸转运相互碰撞机制在其它几个 FABPs 也被发现,包括 H-FABP、A-FABP 和 B-FABP(Kim 等,1992;Wootan 等,1993;Shaughnessy 等,2000;Thumser 等,2001)。

5 小结

脂肪酸在动物体内的消化吸收过程较为复杂,目前关于脂肪酸吸收方面的研究报道甚少。有文献报道称脂肪酸吸收主要发生在肠道小肠的近端(十二指肠和空肠),并已知近端上皮细胞内含有大量的两种相似蛋白的表达(Luis 等,2002),有许多观点认为小肠近端产生的两种 FABP 对小肠内脂肪酸的转运和加工具有非常重要的作用。因此,应用分子生物学方面的知识来研究探索小肠 I-FABP 与 L-FABP 蛋白的表达水平与脂肪吸收的关系具有一定的意义,为进一步研究脂肪酸的吸收奠定一定的基础。

(参考文献 52 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

不同比例棉籽粕替代豆粕在樱桃谷鸭日粮中的应用

周联高 吴蓉蓉 章世元 杨曙光 仲伟芳

摘要 试验主要研究棉籽粕3%、6%、9%替代豆粕配制日粮对樱桃谷鸭生长及屠宰性能,心、肝、胰、脾指数及甲状腺激素含量的影响,评价棉籽粕的适宜替代比例。试验选320只14日龄樱桃谷鸭随机分成4组,对照组、3%、6%、9%组分别用0%、3%、6%、9%棉籽粕替代豆粕配制日粮。试验期为14~35日龄,共21d。试验结果表明:3%、6%组鸭的各项生长及屠宰指标,心、肝、胰、脾指数未见显著影响, T_3 含量均比对照组显著降低, T_4 含量均比对照组显著增加;9%组鸭35d平均体重比对照组降低7.17%($P<0.05$),肝脏指数比对照组提高9.40%($P<0.05$)。综合考虑试验结果及饲料成本,6%棉籽粕替代豆粕最好,3%次之,9%最差。

关键词 棉籽粕;樱桃谷鸭;生长及屠宰性能;内脏器官;甲状腺激素

中图分类号 S834

Application of cottonseed meal different proportion substitute soybean meal
in the diet of cherry valley duck

Zhou Liangao, Wu Rongrong, Zhang Shiyuan, Yang Shuguang, Zhong Weifang

Abstract Purpose of this experiment was to research the effect of cottonseed meal substitute soybean meal on growth and slaughter performance of cherry valley duck, the index of heart, liver, pancreas, spleen and the content of thyroid hormone, which used cottonseed meal substitute 3%, 6%, 9% soybean meal to confect diet. 320 cherry valley ducks on 14th day were randomly divided into four groups, experimental stage from 14th to 35th, 21 day together. Results showed that: the duck of 3% group and 6% group, the growth and slaughtered performance, index of heart, liver, pancreas and spleen have no remarkably change, T_3 level of two groups were significantly lower than the control group, T_4 concentration were significantly increased. 9% group duck average weight was significantly decreased 7.17% than control group in 35 d, liver index was significantly increased 9.40% than control group. Comprehensive test results and feed costs considered, cottonseed meal 6% is the best proportion, the second is 3%, the worst is 9%.

Key words cottonseed meal; cherry valley duck; growth and slaughter performance; organs; thyroid hormone

玉米-豆粕型日粮是畜禽养殖的主要日粮模式,我国大部分饲料厂都用豆粕作为饲料蛋白的主要来源。我国东北、华东和山东三地豆粕产量约占全国的80%以上,其余省市豆粕产量不高,随着养殖规模的扩大和饲料工业的发展及南北饲料资源差异的影响,我国部分地区如广东等地豆粕供求出现了一定的紧张。近两年,在肉猪、家禽生产不景气的情况下,2007年国内豆粕依然高达3750元/t。豆粕价格居高不下,

无疑将对我国畜牧业的发展造成一定的影响。多年来,人们一直在寻找一种能够替代豆粕作为饲料蛋白来源的原料。脱壳棉籽粕蛋白含量为41%~42%,且价格优势明显(2007年平均价格为2200元/t左右),这一优势使得它自然成了替代的优先选择。用棉籽粕代替部分豆粕,不但可缓解我国蛋白资源缺乏的现状,而且还可降低饲料成本,提高经济效益。当豆粕供给出现问题时,原料采购商更青睐于性价比高的棉籽粕,但由于棉籽粕含有棉酚,严重制约了棉籽粕广泛应用于饲料行业,它对动物有较大的损伤和致死作用,因此棉酚脱毒已成为开发棉籽粕饲料的首要问题。目前棉酚脱毒主要有物理、化学、微生物发酵法和溶剂萃取等方法,但无论何种脱毒工艺都不可能将棉籽粕中的棉酚完全脱掉。所以用棉籽粕替代豆粕时,

周联高,扬州大学动物科学与技术学院,225009,江苏扬州。

吴蓉蓉、章世元(通讯作者)、杨曙光、仲伟芳,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-05-12

一定要注意添加量,避免动物中毒。本试验旨在研究棉籽粕在 3~5 周龄樱桃谷鸭日粮中的适宜添加比例,并探索棉籽粕替代豆粕后的饲喂效果,以期为实际生产提供参考,有助于缓解我国蛋白质资源危机,推动棉籽粕饲料产业化进程。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用的棉籽粕为去壳棉粕经“液-液-固”三相萃取工艺脱酚后得到的高蛋白、低棉酚含量的蛋白质饲料原料。三相萃取工艺既能有效地去除棉籽粕中的游离棉酚,同时又能避免蛋白因受热变性而降低了蛋白质和氨基酸的利用率,保持棉籽粕原有的蛋白质营养价值,使棉籽粕蛋白资源得以充分利用。脱酚棉籽粕的主要物质含量一般为:蛋白 $\geq 40\%$,水分 $\leq 10\%$,残油 $\leq 2.0\%$,粗纤维 $\leq 20\%$,灰分 $\leq 8\%$,游离棉酚 $\leq 0.045\%$ 。

1.2 试验设计与日粮组成

320 只 14 日龄樱桃谷鸭随机分成 4 个处理组,每组 2 个重复,每个重复 40 只,公母各半,采用单因素有重复试验设计,对照组饲喂玉米-豆粕型基础日粮,试验 3%、6%、9%组分别用 3%、6%、9%棉籽粕替代豆粕饲喂肉鸭。正试期为 14~35 日龄,共计 21 d。正试期前 6 d 为预试期,前 3 d 各组均饲喂对照组饲料;后 3 d 按各组最终添加量的 30%、60%、100%配制日粮饲喂肉鸭,逐渐过渡到试验正试期规定的棉籽粕添加比例。棉籽粕及豆粕的营养价值见表 1。试验配方设计根据快大型肉鸭营养需要制定,饲料为颗粒饲料,各组日粮配方及营养水平见表 2。

1.3 饲养管理

试验前鸭舍严格消毒,采用网上平养、自由采食、自由饮水,舍内温度、湿度、光照等严格按常规饲养管理要求进行,并按常规免疫程序进行免疫。试验期间详细记录各组饲料消耗,死淘鸭数及健康状况。

表 1 豆粕与棉籽粕营养价值比较

项目	豆粕(GB2)	棉籽粕(GB2)
DM(%)	87.0	88.0
CP(%)	43.0	42.5
EE(%)	1.9	0.7
CF(%)	5.1	10.1
NFE(%)	31.0	28.2
ASH(%)	6.0	6.5
Ca(%)	0.32	0.24
P(%)	0.61	0.97
aP(%)	0.31	0.33
Lys(%)	2.45	1.59
AME(MJ/kg)	9.62	7.32

注:数据源于中国饲料成分及营养价值表 2004 年第 15 版。

表 2 基础日粮及营养水平

项目	对照组	3%组	6%组	9%组
日粮组成(%)				
玉米	60.00	60.00	60.00	59.77
小麦(GB2)	10.84	10.54	10.24	10.18
大豆粕	22.50	19.50	16.50	13.50
棉籽粕	0	3.00	6.00	9.00
植物油	1.67	1.94	2.21	2.49
进口鱼粉	2.00	2.00	2.00	2.00
石粉	0.45	0.49	0.54	0.58
磷酸氢钙	1.26	1.20	1.14	1.07
赖氨酸	0.07	0.10	0.14	0.17
蛋氨酸	0.10	0.11	0.12	0.12
食盐	0.12	0.12	0.12	0.12
预混料 ^①	1.00	1.00	1.00	1.00
合计	100	100	100	100
营养水平				
干物质(%) ^②	86.87	86.93	87.00	87.07
禽代谢能 ME(MJ/kg) ^③	12.55	12.55	12.55	12.55
粗蛋白质(%) ^②	17.66	17.60	17.54	17.50
粗纤维(%) ^②	2.33	2.48	2.62	2.77
钙(%) ^③	0.60	0.60	0.60	0.60
总磷(%) ^③	0.60	0.60	0.60	0.60
有效磷(%) ^③	0.42	0.41	0.40	0.39
盐(%) ^③	0.15	0.15	0.15	0.15
赖氨酸(%) ^③	0.88	0.88	0.88	0.88
蛋氨酸(%) ^③	0.40	0.40	0.40	0.40
蛋+胱氨酸(%) ^③	0.71	0.71	0.71	0.72
饲料成本(元/t)	2 665	2 653	2 642	2 627

注:①添加剂预混料由江苏省南通市长寿集团南山饲料有限公司提供。添加剂为每千克日粮提供:VA 5 000 IU,VD 800 IU,VE 20 IU,VK 2 mg,VP₈ 60 mg,VB₅ 11 mg,VB₆ 2.5 mg,VB₁₂ 4.0 mg,VH 0.2 mg,VM 0.6 mg,VB₁ 2 mg,Cu(CuSO₄·5H₂O)8 mg,Fe(FeSO₄·7H₂O)80 mg,Mn(MnSO₄·5H₂O)50 mg,Zn(ZnSO₄·7H₂O)60 mg,Se(Na₂SeO₃)0.20 mg,I(KI)0.40 mg 以及复合酶制剂、抗菌剂、防霉防腐剂、抗氧化剂等;②测量值;③计算值。

2 测定指标及方法

2.1 生产性能

详细记录各组鸭的健康状况及各阶段饲料采食量。在肉鸭 14 日龄、21 日龄、28 日龄和 35 日龄称量各组肉鸭的体重。计算阶段平均体增重和每周的料重比及增重成本。

2.2 屠宰性能

35 日龄时,每组随机抽取 10 只接近平均体重的肉鸭(每重复 5 只),空腹 6 h 后进行屠宰,测定其屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率、腹脂率。摘取心脏、肝脏、胰脏、脾脏称重并计算各内脏器官指数。测定方法按家禽生产性能名词术语和度量统计方法(中华人民共和国农业行业标准,NY/T823-2004)进行。

$$\text{器官指数} = [\text{器官重量(g)} / \text{鸡活重(g)}] \times 100\%$$

2.3 甲状腺激素测定

35 日龄时,待屠宰的肉鸭空腹 6 h 后进行翅静脉采血(5 ml),3 000 r/min 离心 20 min,将分离的血清于 -20 ℃保存。采用上海原子核研究所生产的 SN-695A 型放免 γ 测量仪测定血清中三碘甲状腺原氨酸

(T₃)、甲状腺素(T₄)含量。T₃、T₄试剂盒购自北京科美东雅生物科技有限公司。

2.4 数据处理

用 SPSS13.0 统计软件中 ANOVA 模块对试验数

据进行单因素方差分析,组间差异用 Duncan's 法进行多重比较,试验数据采用平均数±标准误表示。

3 结果与分析

3.1 棉籽粕替代豆粕对肉鸭生产性能的影响(见表 3)

表 3 肉鸭生产性能比较

项目	对照组	3%组	6%组	9%组
活重(g)				
14 d	513.29±57.7	514.02±61.6	514.92±69.1	513.33±59.1
21 d	987.50±51.25	1 002.65±60.58	988.56±31.33	987.90±30.78
28 d	1 560.83±33.65 ^a	1 580.00±24.84 ^a	1 559.23±24.00 ^a	1 446.67±38.96 ^b
35 d	2 046.67±23.13 ^a	2 068.67±21.70 ^a	2 062.14±16.95 ^a	1 900.00±33.72 ^b
料重比				
14~21 d	2.00±0.02	2.01±0.03	1.96±0.03	2.02±0.04
21~28 d	2.13±0.02 ^a	2.10±0.02 ^a	2.16±0.03 ^a	2.66±0.03 ^b
28~35 d	2.57±0.02 ^a	2.57±0.02 ^a	2.49±0.01 ^a	2.80±0.01 ^b
14~35 d	2.23±0.02 ^a	2.22±0.01 ^a	2.20±0.01 ^a	2.49±0.01 ^b
增重成本(元/kg)	5.94	5.89	5.81	6.54

注:同行数据肩注字母不同表示差异显著(P<0.05);同行无肩注或肩注字母相同表示差异不显著(P>0.05)。以下各表同。

试验各阶段各组鸭成活率基本一致。由表 3 可见,14、21 d 时各组间鸭活重差异不显著;28 d 时 9%组比对照组降低 7.31%(P<0.05),其余各组间差异不显著;35 日龄 9%组比对照组降低 7.17%(P<0.05),其余各组间差异不显著。在 21~28 d、28~35 d 两阶段时,9%组料重比分别比对照组增加 24.88%、8.95%(P<0.05);其余阶段各组间差异不显著;整个试验阶段的总料重比 9%组比对照组提高 11.66%(P<0.05),其余三组间差异不显著;单位增重成本 9%组最高,6%组最低。增重成本全期各组间差异不显著。

3.2 棉籽粕替代豆粕对肉鸭屠宰性能的影响(见表 4)

各组鸭屠体表面未见病灶、损伤和淤血情况。由表 4 可见,活重 9%组比对照组降低 6.28%(P<0.05),3%组、6%组与对照组相比差异不显著;半净膛率、全净膛率均是 6%组最高,9%组最低,但是各组间差异不显著;胸肌率对照组最低,6%组最高,6%组分别比对照组、3%组提高 2.23%、2.04%(P<0.05),其余各组间差异不显著;腿肌率 9%组比对照组降低 2.41%(P<0.05),其余各组与对照组相比差异不显著;腹脂率各组间差异不显著。

表 4 肉鸭屠宰性能比较

项目	对照组	3%组	6%组	9%组
活重(g)	2 466.67±23.13 ^a	2 068.67±21.70 ^a	2 062.14±16.95 ^a	1 900.00±33.72 ^b
屠宰率(%)	85.20±1.13	85.22±0.71	85.24±1.13	85.23±2.74
半净膛率(%)	76.42±3.61	76.60±0.41	77.08±0.61	76.27±1.54
全净膛率(%)	67.12±3.72	67.21±0.69	67.50±1.64	67.01±1.59
胸肌率(%)	5.38±0.41 ^a	5.39±0.10 ^a	5.50±0.28 ^b	5.45±0.18 ^{ab}
腿肌率(%)	6.65±0.36 ^a	6.60±0.37 ^a	6.65±0.26 ^a	6.49±0.37 ^b
腹脂率(%)	1.48±0.07	1.50±0.16	1.47±0.08	1.47±0.14

3.3 棉籽粕替代豆粕对肉鸭器官指数的影响(见表 5)

表 5 肉鸭器官指数比较

项目	对照组	3%组	6%组	9%组
心脏指数	0.67±0.02	0.69±0.01	0.70±0.02	0.69±0.02
肝脏指数	2.66±0.02 ^a	2.67±0.04 ^a	2.63±0.08 ^a	2.91±0.13 ^b
胰脏指数	0.46±0.02	0.43±0.01	0.46±0.01	0.42±0.01
脾脏指数	0.09±0.02	0.11±0.03	0.10±0.02	0.08±0.01

屠宰的所有肉鸭内脏器官从外观上未见异常。由表 5 可见,心脏指数各试验组均高于对照组,但各组

间差异不显著;肝脏指数 9%组比对照组提高 9.40%(P<0.05),试验 3%组、6%组与对照组相比差异不显著;胰脏指数、脾脏指数各组间差异均不显著。

3.4 棉籽粕替代豆粕对肉鸭血清甲状腺激素的影响(见表 6)

表 6 肉鸭血清甲状腺激素比较(ng/ml)

项目	对照组	3%组	6%组	9%组
T ₃	1.16±0.21 ^a	0.98±0.16 ^b	1.03±0.12 ^b	0.98±0.15 ^b
T ₄	11.18±0.52 ^a	13.49±1.47 ^b	13.15±1.10 ^b	12.90±0.99 ^b

由表 6 可见,血清中 T_3 含量 3%、6%、9%组分别比对照组降低 15.52%、11.21%、15.52%($P<0.05$),各试验组间差异不显著; T_4 含量 3%、6%、9%组分别比对照组提高 20.66%、17.62%、15.38%($P<0.05$),各试验组间差异不显著。

4 讨论

4.1 棉籽粕对肉鸭生产及屠宰性能的影响

游离棉酚是细胞、血管及神经毒素,其酚基或酚基氧化产物醌基与饲料蛋白质氨基酸残基的活性基团结合可生成不溶性复合物,还可与消化道的蛋白水解酶结合而降低其活性,进而降低蛋白利用率,另外游离棉酚对胃肠黏膜有刺激作用,易引起胃肠黏膜发炎而导致消化代谢受影响。贾喜涵等(2007)用含棉籽粕 3%、6%、9%、12%的饲料饲喂肉鸡发现,12%组前期生产性能较低,其日增重比对照组显著降低;从 6 周龄到出栏,试验各组鸡的日增重、料重比与对照组相比差异均不显著。梁远东等(2005)用粗纤维含量为 2.97%、6.00%、11.95%的日粮饲喂 15~35 日龄番鸭发现,日粮纤维水平在 6.00%以上时会增加番鸭的死亡率,单位增重耗料和饲料成本显著增加;2.97%纤维水平对肉鸭生长性能影响最为突出。Kass 等(1980a、1980b)研究表明,鸡、鸭对饲料粗纤维仅有有限的消化率,日粮中含一定量的粗纤维可增加肠道蠕动,促进消化道的生长发育,使消化道重量和长度增加,但是含量过高,不光起不到这样的效果,相反还会对家禽的生长发育起到一定的抑制作用。本试验所用棉籽粕的粗纤维含量是豆粕的两倍,各试验组日粮的粗纤维含量分别比对照组提高 6.44%、12.45%、18.88%,通过试验可以看出,3%、6%组生长性能基本与对照组一致,35 d 时 9%组活重和料重比与对照组差异显著,这可能与日粮中粗纤维含量较高有关。另外由于脱毒工艺的原因,尽管棉籽经过脱毒处理,但是仍然含有一定量的棉酚,添加较多的棉籽粕就会使日粮中所含的棉酚的量增加,这可能是导致 9%组肉鸭生长不理想的原因。试验组与对照组相比肉鸭屠宰率、半净膛率、全净膛率、腹脂率组间差异均不显著;胸肌率 6%组最高;腿肌率 9%组最低。结合体重增重情况和饲料成本综合考虑,6%添加量为最优比例,其生长性能和屠体性能各项指标均较理想。

4.2 棉籽粕对肉鸭器官指数的影响

棉酚的毒性主要由活性醛基和活性羟基引起。棉酚可导致肝、肾细胞及血管神经受损,中枢神经活动受抑制,心脏骤停或呼吸麻痹。一旦游离棉酚溶于磷脂在神经细胞中积累,可导致神经细胞的功能发生紊乱。棉酚在机体分布不均,肝脏中含量最多,其次是胆汁、血液和肾,而淋巴结、脾脏、心、肺、胰脏中的含量

较低。肝脏作为重要的解毒器官,未彻底脱毒的、残留的棉酚在这里聚集。本试验棉籽粕 9%组肝脏指数比对照组提高 9.40%($P<0.05$),这可能是肉鸭肝脏代偿性免疫增生的结果,尽管 3%、6%组肉鸭日粮中也存在一定量的棉酚,但未发现肝脏等器官的显著变化,这可能与机体自身的解毒机制作用有关。

4.3 棉籽粕对肉鸭血清中甲状腺激素的影响

甲状腺激素是甲状腺分泌的一种重要的激素,它主要有三碘甲腺原氨酸(T_3)和甲状腺素(T_4)两种。甲状腺激素的主要作用是促进物质和能量代谢,促进组织分化、生长与发育、成熟。甲状腺激素可为体内蛋白质合成提供足够的 ATP,还可促进蛋白质和各种酶的生成,使机体在不同营养条件下维持总氮平衡。Decuyper 等(1995)研究表明,甲状腺激素对家禽的生长具有调控作用,血液 T_3 水平与禽类生长呈正相关,甲状腺功能低下时,甲状腺激素分泌不足时将导致生长受阻。 T_4 是 T_3 的前激素,通过 T_3 而发挥其生物效用。另外由于内分泌与免疫有着双向调节的相互作用,甲状腺激素水平提高对增进肉鸭免疫机能有一定作用。本试验各组 T_3 均在正常值范围以内,不存在分泌不足的情况,但由于 T_4 含量均比对照组显著提高,而 T_4 是 T_3 的前激素,其通过 T_3 而发挥生物效用,这就可能导致甲状腺激素对肉鸭的生长效果以 6%组最佳的试验结果。

5 结论

3%、6%添加量对肉鸭阶段增重及屠宰指标,心、肝、胰、脾指数等未见显著影响, T_3 含量均比对照组显著降低, T_4 含量均比对照组显著增加。综合饲料成本等因素考虑,6%棉籽粕替代豆粕较好,9%替代量最差。

参考文献

- [1] 贾喜涵,宋青龙,潘宝海. 脱酚棉籽蛋白对肉鸡生产性能的影响[J]. 饲料与畜牧, 2007(10): 27-29.
- [2] 梁远东,覃小荣,黄文盟,等. 15~35 日龄仔鸭日粮粗纤维适宜水平的研究[J]. 广西畜牧兽医, 2005(04): 149-151.
- [3] NY/T823—2004 中华人民共和国农业行业标准——家禽生产性能名词术语和度量统计方法. 中华人民共和国农业部, 2004-09-01.
- [4] Decuyper E, Rabimi G, Rabimi G, et al. Comparative study of endocrinological parameters in genetic of broilers: An overview, Growth and quality broiler production [J]. European Poultry Science(Special edition of the OECD-workshop :Growth and quality in broiler production), 1995: 6-8.
- [5] Kass M L, Van soest P J, Pond W G, et al, Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract [J]. Journal of Animal Science, 1980, 50: 175-191.
- [6] Kass M L, Van soest P J, Pond W G, et al. Utilization Volatile fatty acid concentration in and disappearance from the gastrointestinal tract[J]. Journal of Animal Science. 1980, 50: 192-197.

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

日粮中添加生物素对圆环病毒(PCV2)攻击下的仔猪淋巴器官及生产性能的影响

陈宏 张克英 丁雪梅 徐志文 陈代文

摘要 选用48头PCV2抗体检测阴性的三元(杜×大×长)杂交断奶仔猪,考察日粮生物素添加对PCV2攻击下的仔猪淋巴器官和生产性能的影响。试验结果发现:①PCV2攻击使被攻击的全部断奶仔猪淋巴器官组织发生轻到重度病理变化;添加生物素可以减缓PCV2对淋巴器官组织造成的病理损害;②PCV2攻击下的断奶仔猪试验后期日增重受到显著影响,并有增加仔猪料肉比的趋势,但添加生物素有提高日增重、降低料肉比的趋势。试验结果表明,试验中添加0.20 mg/kg生物素的日粮能够有效减缓PCV2攻击造成的淋巴组织损伤和生产性能下降。

关键词 断奶仔猪;PCV2攻击;生物素;免疫器官;生产性能

中图分类号 S828

猪圆环病毒2型(porcine circovirus type 2,PCV2)是引起仔猪断奶后多系统衰竭综合征(PMWS)的主要病因^[1-3]。PMWS最常见于6~12周龄的猪群,患病猪表现为消瘦、呼吸困难、淋巴肿大、腹泻、苍白及黄疸。淋巴结和肺脏是PCV2的主要靶器官,PCV2感染导致猪的免疫功能下降,对其它病原体的抵抗能力大大降低,从而容易诱发其它疫病,给养猪业造成巨大的经济损失^[3-4]。PMWS在我国发病率为20%~60%,发病死亡率不一^[5-6]。目前尚无特效治疗药物治疗PCV2感染引起的免疫抑制,国内也无有效疫苗可供选用。生物素作为羧化、脱羧和脱氢反应酶系的辅助因子,在碳水化合物、脂类、蛋白质和核酸的代谢过程中发挥重要作用,是动物机体不可缺少的重要的营养物质。日粮中添加生物素可以提高日增重和饲料利用率^[7-8];生物素对免疫功能也有很重要的作用^[9-10],包括促进淋巴细胞增殖、提高免疫球蛋白浓度和细胞因子的水平等^[11-12]。为此,本试验以断奶仔猪为研究对象,旨在探讨在PCV2攻击下饲料中生物素的添加水平对仔猪淋巴组织和生产性能的影响。

陈宏,四川农业大学动物营养研究所,博士,副教授,625014,四川雅安。

张克英(通讯作者)、丁雪梅、陈代文,单位及通讯地址同第一作者。

徐志文,四川农业大学生物技术中心。

收稿日期:2008-06-02

★ 教育部长江学者和创新团队发展计划(IRTO555-5)及四川省教育厅自然科学重点项目(2006D005)

1 材料和方法

1.1 试验动物与分组

试验采用2×3因子设计。因子一设PCV2攻击和不攻击二种(+和-)处理,因子二为生物素添加水平,设0、0.05、0.2 mg/kg三个水平(表示为A、B、C)。试验共6个处理(见表1)。试猪为28日龄、血清PCV2抗体为阴性即相对OD值(S/P)小于0.15^[13],体重为(6.8±0.804) kg的三元杂交(杜×大×长)断奶仔猪。按体重相近、公母各半原则随机分成6个处理组,每处理组8个重复,每重复1头猪。分别单笼饲养在2间环控室内,每间3个处理组。试验第1 d一间饲养舍的全部试猪经口鼻接种PCV2病毒,另一间的3组接种无菌生理盐水。试验为期35 d。

表1 试验设计

项目	PCV2	生物素(mg/kg)
A-	不攻击	0
B-	不攻击	0.05
C-	不攻击	0.2
A+	攻击	0
B+	攻击	0.05
C+	攻击	0.2

1.2 试验材料

PCV2细胞悬液(10^5 ~ 10^6 TCID₅₀, 1 ml/猪),由四川农大动物科技学院预防兽医室提供。

2%的生物素及各种维生素单体(拜耳公司生产)。

1.3 试验饲料

玉米-豆粕型基础饲料参照NRC(1998)中10~15 kg阶段仔猪营养需要及推荐量配制(见表2)。多维预混料按推荐量的2倍预混添加。每饲养舍3个处理组分别饲喂添加生物素0、0.05和0.20 mg/kg水平的饲料。

表2 基础日粮组成和营养水平

饲料原料	组成(%)	营养水平(计算值)	
玉米	56.00	消化能(MJ/kg)	13.67
大豆油	2.60	粗蛋白(%)	20.50
膨化豆粕	25.59	钙(%)	0.70
膨化大豆	13.30	有效磷(%)	0.32
赖氨酸-盐酸盐	0.05	赖氨酸(%)	1.03
固体蛋氨酸	0.11	苯丙氨酸+酪氨酸(%)	1.42
磷酸氢钙	0.95	胱氨酸+蛋氨酸(%)	0.67
碳酸钙	0.47	苏氨酸(%)	0.65
多维预混料 ^①	0.03	色氨酸(%)	0.20
食盐	0.30	总生物素[$\mu\text{g}/(\text{kg}$ 日粮)]	180
氯化胆碱	0.10		
微量元素预混料 ^②	0.50		
合计	100		

注:①每千克饲料提供维生素 A 15 000 IU, 维生素 D₃ 3 000 IU, 维生素 E 7.5 IU, 维生素 K₃ 1.5 mg, 维生素 B₁ 0.6 mg, 维生素 B₂ 4.8 mg, 维生素 B₆ 1.8 mg, 维生素 B₁₂ 0.009 mg, 烟酸 10.5 mg, 泛酸钙 7.5 mg, 叶酸 0.15 mg; ②微量元素预混料向每千克饲料提供铁 80 mg, 锌 80 mg, 铜 5 mg, 锰 3 mg, 硒 0.25 mg, 碘 0.14 mg。

1.4 试验采样及数据收集

试验的第 0、7、14、21、28、35 d 空腹 12 h 称重,且

每处理组屠宰 1 头增重率最小的个体,尸检,取其肺脏、胸腺、脾脏及腹股沟淋巴结(或下颌淋巴结)等组织样品,用 10%福尔马林固定,石蜡包埋,制作病理切片,染色并观察。

统计试验期间各阶段各组饲料消耗量,计算平均日增重、采食量和料肉比。

1.5 饲养管理

试验在四川农业大学动物营养所试验场进行。每日分 4 次饲喂,自由饮水。舍内温度保持在 25~28 ℃,湿度 50%~60%,每天观察并作好记录;圈舍严格消毒,保持清洁卫生,以确保圆环病毒不扩散污染,不交叉感染。

1.6 数据处理

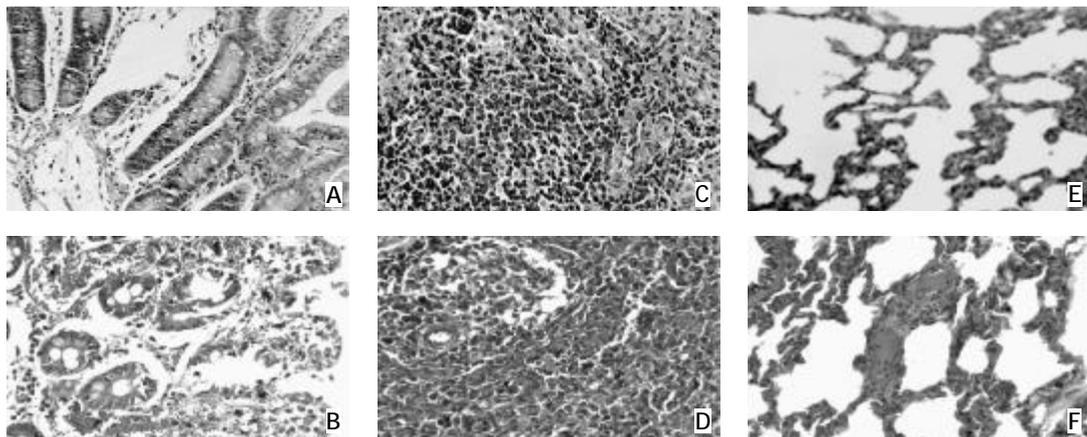
采用 SPSS 13.0 软件的 General linear model、One-Way ANOVA 法进行分析,差异显著后用 Duncan's 法多重比较, $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 为差异显著性判断标准,结果以平均数 \pm 标准误表示。

2 结果与分析

2.1 临床表现及组织切片(见表 3 及图 1)

表3 病理切片观察比较

项目	屠宰仔猪头数	仔猪死亡头数	切片数(套)	有病理变化切片数(套)	病变切片(%)
A-	5	0	5	2	40
B-	5	0	5	2	40
C-	5	0	5	1	20
A+	5	1	6(死亡+屠宰)	6	100
B+	5	1	6(死亡+屠宰)	6	100
C+	5	1	6(死亡+屠宰)	3	50



注:A、C 和 E 为正常组织切片,B、D 和 F 为病变组织切片,显微镜倍数 $\times 400$ 。

图1 PCV2 攻击下组织病理变化

PCV2 攻击下,A+、B+、C+ 3 个处理组临床上表现出不同程度的厌食、皮肤苍白或潮红,腹泻、消瘦症状;在接种后第 8 d、第 9 d 和第 12 d 各死亡一头仔猪。死亡及屠宰仔猪剖检结果表现为肺脏不同程度的充血、实变,脾脏肿大、有黑褐色梗死灶,腹股沟淋巴结

肿大,肠系膜充血、肠系膜淋巴肿大;胃大面积溃疡等,尤其以死亡仔猪脏器损害程度较重。仔猪病理切片表现为不同程度的淋巴细胞减少、单核吞噬细胞浸润、淋巴结皮质区显著扩大,淋巴滤泡中心蜂窝状坏死(见图 1 中 C 和 D);肺脏轻度多灶性或严重弥漫性间质性

肺炎;肺泡隔显著增厚,肺泡内单核细胞、嗜中性粒细胞浸润(见图 1 中 E 和 F);肠粘膜上皮变性、坏死脱落,固有膜裸露,组织结构疏松,少量腺泡腔内见脱落的腺上皮;肠腺间疏松结缔组织内小静脉和毛细血管扩张充血,并伴有漏出性出血,间质内见较多量浆细胞。平滑肌细胞肿胀,部分平滑肌细胞核固缩(见图 1 中 A 和 B)。肝脏最常见到门脉周围淋巴细胞、组织细胞浸润,

具有以窦状隙内单核炎性细胞积聚和肝细胞脱落为特征的肝炎病变,肝细胞坏死、消失及单核细胞弥漫性浸润。通过切片观察统计,发现 PCV2 攻击下,A+和 B+组的切片全部都有中度到重度病理变化,而 C+的病理变化较轻微。未接受 PCV2 攻击的 A-、B-处理组各有两例轻度病变切片,C-组有一例轻度病变切片。

2.2 生物素添加对断奶仔猪生产性能的影响(见表 4)

表 4 生物素添加对仔猪生产性能的影响

项目	PCV2 不攻击				PCV2 攻击				SEM	P 值		
	A-	B-	C-	n	A+	B+	C+	n		B	V	B×V
ADG(g)												
0-7 d	67.3±12.3 ^b	93.6±25.7 ^{ab}	169.6±31.0 ^a	8	112.22±12.3 ^{ab}	84.8±26.2 ^{ab}	132.0±35.7 ^{ab}	8	11.0	0.04	0.98	0.31
8-14 d	236.3±25.5	278.6±26.3	331.1±69.3	7	176.9±32.4	239.3±41.5	226.9±42.9	7	17.9	0.24	0.07	0.75
15-21 d	327.6±34.8	319.2±30.3	338.8±22.6	6	266.3±36.7 ^b	328.9±41.8 ^{ab}	396.9±27.5 ^a	5	13.3	0.11	0.94	0.20
22-28 d	348.2±6.8 ^{bc}	459.7±27.1 ^a	425.1±29.2 ^a	5	326.8±23.2 ^c	355.7±4.2 ^{bc}	412.9±28.2 ^{ab}	4	10.6	0.01	0.04	0.17
29-35 d	392.1±4.9 ^b	460.7±6.84 ^b	581.5±17.2 ^a	4	361.9±54.9 ^b	364.3±31.1 ^b	428.6±49.5 ^b	3	15.1	0.01	0.01	0.29
ADFI(g)												
0-7 d	352.8±31.5	326.3±23.1	377.7±14.0	8	395.4±38.2	405.0±29.8	343.3±52.6	8	14.1	0.92	0.31	0.26
8-14 d	537.3±28.4 ^a	524.4±30.1 ^a	517.9±45.8 ^a	7	366.1±59.2 ^b	415.8±78.7 ^b	405.3±94.3 ^b	6	24.6	0.96	0.01	0.84
15-21 d	667.0±11.7	654.7±13.5	671.8±39.6	6	630.8±58.1	668.2±14.8	703.0±25.8	5	12.7	0.46	0.91	0.54
22-28 d	742.8±12.4	769.0±13.1	781.0±37.1	5	701.0±37.1	776.5±53.5	781.0±32.0	4	13.2	0.17	0.67	0.72
29-35 d	755.5±91.4	831.0±8.9	815.0±37.0	4	753.3±18.8	819.7±41.3	841.0±20.4	3	20.7	0.29	0.92	0.93
F/G												
0-7 d	4.22±0.40 ^a	3.02±0.45 ^{bc}	2.04±0.23 ^c	8	3.21±0.44 ^{abc}	3.45±0.47 ^{ab}	2.50±0.40 ^{bc}	8	0.16	0.00	0.90	0.14
8-14 d	2.42±0.49	1.94±0.12	2.27±0.61	7	2.31±0.49	1.94±0.28	2.05±0.17	6	0.17	0.60	0.74	0.97
15-21 d	2.20±0.32	2.15±0.21	2.04±0.20	6	2.88±0.97	2.17±0.29	1.93±0.18	5	0.18	0.45	0.59	0.63
22-28 d	2.18±0.16	1.69±0.08	2.01±0.17	5	0.20±0.29	2.19±0.15	2.00±0.10	4	0.07	0.31	0.25	0.28
29-35 d	2.05±0.40	1.81±0.04	1.52±0.05	4	2.18±0.30	2.27±0.18	2.02±0.24	3	0.11	0.41	0.11	0.73

注:同行数据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)。下表同。

表 4 显示:与 A-组相比,生物素添加使 C-组提高了断奶仔猪第 1 周(P<0.05)、第 4 和第 5 周日增重(P<0.01);使 B-组提高了第 4 周日的增重(P<0.01)。与 A+组相比,生物素添加使 C+组提高了第 3 周(P<0.05)和第 4 周(P<0.01)仔猪日增重;试验结束时 A+、B+、C+与 A-组比较在日增重上无显著差异。病毒攻击处理显著降低第 4 和第 5 周日增重,且 A+组日增重最低。生物素添加与病毒攻击的交互作用对仔猪日增重没有显著影响。

总的来说,生物素添加对于 6 个处理组的仔猪未造成采食量的显著差异,仅因病毒攻击,使病毒攻击 3 个组第 2 周采食量极显著低于未攻击相应 3 个组(P<0.01)。生物素添加与病毒攻击的交互作用对采食量没有显著影响。

与 A-比较,生物素添加使 C-组在第 1 周极显著降低了料肉比(P<0.01),病毒攻击处理对 6 个处理组料肉比没有显著影响;料肉比未受到生物素添加与病毒攻击交互作用的显著影响。

3 讨论

尽管实际生产中 PCV2 抗体阳性率比较高,但很

多不显示临床症状。PCV2 常与其它病毒、细菌等混合感染使病情严重和复杂化,显示临床症状者多为合并或混合感染。6~12 周龄的猪群易感 PMWS,PCV2 是引起 PMWS 的主要病原^[1-3]。PCV2 引发疾病常与生产中管理不善、恶劣环境、饲养密度过大、不同年龄不同来源猪群混养、应激等密切相关。本试验组织病理切片观察结果发现:无任何临床症状、未受 PCV2 攻击的 A-、B-处理组各有两头仔猪有轻度病变切片,C-组有一头猪有轻度病变切片,而病毒攻击的 3 个组全部都有组织病变发生。此结果表明,PCV2 攻击至少会造成组织病变,若有其它病原混合感染则会出现不同程度临床症状。

前人研究表明,多种免疫细胞的正常功能都需要生物素,这些功能包括抗体的产生、免疫学反应性、预防脓毒血症、巨噬细胞功能、T 细胞和 B 细胞分化、输入的免疫应答和 T-细胞毒性反应^[4]。在正常水平上进一步添加生物素,能进一步促进免疫器官的 DNA 含量的提高及 DNA 的周转代谢,促进免疫器官的细胞增殖和发育^[5]。本试验病理切片观察比较发现,添加生物素 0.20 mg/kg 饲料,显著降低了病变切片数量,

表现出生物素添加有益于淋巴组织生长或修复。这可能与生物素促进淋巴细胞的增殖作用有关^[10]。在试验添加的3种不同水平生物素日粮中,以0.20 mg/kg日粮的添加水平对减缓由PCV2造成的淋巴组织病理损害效果较为显著。

Okuda等(2003)研究显示,PCV2接种处理后有临床症状的仔猪与对照组相比,平均体重在21 d显著低于对照组^[15];Opriessnig等(2006)也报道,PCV2接种处理组的日增重低于对照组^[6]。本研究发现,PCV2攻击有显著降低试猪试验后期的日增重($P_V < 0.04$ 和 $P_V < 0.01$)的趋势(见表4)。曾小玲(1999)试验发现在88~108日龄的生长猪日粮中添加生物素,有提高饲料转化率的趋势,添加生物素100~400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 日粮时,饲料转化率较好^[17]。Martelli(2005)的研究也证实育肥猪玉米-豆粕型日粮中添加生物素0.15和0.30 mg/kg可以提高日增重,降低料肉比^[8]。其它研究也证明,不同类型日粮中添加55~550 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 生物素提高了生长猪的日增重和饲料利用率^[18,19]。本试验在PCV2攻击下给仔猪日粮中同时添加生物素,结果病毒攻击后C+组第4周、第5周的日增重都极显著高于病毒攻击处理的其它2个生物素添加组,并且C+组日增重还高于A-组,原因可能是在接种PCV2后,试猪免疫功能降低,而生物素添加促进免疫器官的细胞增殖和发育,有利于免疫功能的恢复。由于高于天然水平的生物素有助于利用作为能量代谢底物的多不饱和脂肪酸,因此PCV2攻击的C+组仔猪组织切片病变数量较少,并且C+组的日增重还高于未经PCV2攻击的生物素日粮添加组(A-组)。

综合前人研究结果发现,生物素对猪生产性能的影响效应不同,可能与试猪的品种、年龄、机体免疫状态、饲料原料中生物素含量、原料中影响生物素吸收的因子(如霉菌等)含量高低等因素有关。

4 结论

本试验研究表明,PCV2攻击使断奶仔猪淋巴器官发生明显组织病理变化,在饲料中添加一定量的生物素能够减缓PCV2攻击对断奶仔猪淋巴组织产生的损伤和对生产性能造成的影响;本试验3种不同生物素添加水平的饲料中,以最高的0.20 mg/kg日粮的生物素添加水平减缓PCV2攻击对淋巴组织造成的病理损害和生产性能下降的影响效果较为显著;但是否是添加的最适宜水平,还需要进一步研究。

参考文献

[1] Allan GM, F. McNeilly, S. Kennedy, et al. Isolation of porcine circovirus-like viruses from pigs with a wasting disease in the USA and Europe[J]. J. Vet. Diagn. Invest., 1998(10):3-10.

[2] Ellis J, Hassard L, Clark E, et al. Isolation of circovirus from lesions of pigs with postweaning multisystemic wasting syndrome[J]. Can. Vet. J., 1998, 39:44-51.

[3] Rossell C, Segale's J, Plana-Dura'n J, et al. Pathological, immunohistochemical and in-situ hybridization studies of natural cases of post-weaning multisystemic wasting syndrome(PMWS) in pigs[J]. J. Comp. Pathol., 1997(120):59-78.

[4] Segale's J, Allan G M, Domingo M. Porcine circovirus diseases[J]. Anim. Health Res. Rev., 2005, 6:119-142.

[5] 鲍伟华,卢黎明,孙泽祥,等.规模猪场圆环病毒2型感染的血清学调查[J].中国畜牧兽医, 2006,33(6):72-73.

[6] 朱骏,曹向英,沈林辉,等.上海市松江区猪圆环病毒2型感染的血清学调查[J].福建畜牧兽医,2006,28(1):21-22.

[7] Feggen K, et al. Pig news and information[J]. 1995, 16(3):267(Ab-stract).

[8] Martelli Giovanna, Luca Sardi, Paolo Parisini, et al. The effects of a dietary supplement of biotin on Italian heavy pigs' (160 kg) growth, slaughtering parameters, meat quality and the sensory properties of cured hams[J].Livestock Production Science, 2005, 93: 117-124.

[9] Búez-Saldana, A. Diaz G, Espinoza B, et al. Biotin deficiency induces changes in subpopulations of spleen lymphocytes in mice[J]. Am. J. Clin. Nutr., 1998(67):431-7.

[10] 于会民,蔡辉益,常文环,等.生物素对肉仔鸡免疫器官的发育、机体免疫功能和神经内分泌激素的影响[J].畜牧兽医学报, 2005, 36(10):1 006-1 013.

[11] Wiedmann S, James D. Eudy, Janos Zemleni. Biotin Supplementation Increases Expression of Genes Encoding Interferon- γ , Interleukin-1 β , and 3-Methylcrotonyl-CoA Carboxylase, and Decreases Expression of the Gene Encoding Interleukin-4 in Human Peripheral Blood Mononuclear Cells[J]. J. Nutr., 2003(133): 716-719.

[12] Manthey K C, Griffin J B, Zemleni J. Biotin supply affects expression of biotin transporters, biotinylation of carboxylases and metabolism of interleukin-2 in Jurkat cells[J]. J. Nutr., 2002(132): 887-892.

[13] McKeown N E, Opriessnig T, Thomas P, et al. Effects of porcine circovirus Type 2 (PCV2) maternal antibodies on experimental infection of piglets with PCV2 clinical and diagnostic laboratory immunology[J]. 2005,12:1 347-1 351.

[14] Morozov I, Sirinarumiter T, Sorden S D, et al. Detection of a novel strain of porcine circovirus in pigs with postweaning multisystemic wasting syndrome[J].J.Clin.Microbiol.,1998,36:2 535-2 541.

[15] Okuda Y, Ono M, Yazawa S, et al. Experimental reproduction of postweaning multisystemic wasting syndrome in cesarean-derived, colostrum-deprived piglets inoculated with porcine circovirus type 2 (PCV2): investigation of quantitative PCV2 distribution and antibody responses[J]. J. Vet. Diagn. Invest., 2003, 15:107-114.

[16] Opriessnig T, McKeown N E, Zhou E M, et al. Genetic and experimental comparison of porcine circovirus type 2 (PCV2) isolates from cases with and without PCV2-associated lesions provides evidence for differences in virulence [J]. Journal of General Virology, 2006, 87:2 923-2 932.

[17] 曾小玲.在生长猪日粮中添加生物素的研究[D].华南农业大学硕士学位论文.1999.

[18] Komegay E T, P.H.G. van Heugten,et al. Effects Of Biotin And High Copper Levels On Performance And Immune Response Of Weanling Pigs[J]. J. Anim. Sci., 1989, 67:1 471-1 477.

[19] Harald Scherf. Vitamin for better feed conversion [J]. Pig International, 1988(9): 12-13. (编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

不同粗蛋白和粗纤维水平对肥育猪生产性能及氮排泄的影响

谭新 蒋小丰 方热军 李四元 金宏

摘要 为探讨氨基酸平衡日粮中粗蛋白和粗纤维水平对肥育猪生产性能及氮排泄的影响,试验选取36头体重接近 $[(65.77 \pm 1.08) \text{ kg}]$ 的三元杂交(杜×长×大)阉公猪,采用2(CF:4%、6%)×3(CP:15.5%、14%、12.5%)两因子完全交叉试验设计。试验共设6个处理,每个处理2个重复,每个重复3头猪。试验结果表明:不同粗蛋白和粗纤维水平对肥育猪平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料肉比(F/G)均无显著影响($P>0.05$);饲喂6号日粮(CP:12.5%、CF:6%)的F组经济效益最佳,每千克增重成本为5.59元;降低日粮粗蛋白水平减少了尿氮($P<0.05$)、粪氮($P>0.05$)和总氮($P<0.05$)的排泄量;日粮粗蛋白水平平均每降低一个百分点,尿氮、粪氮和总氮排泄量分别减少3.58%、1.56%和2.53%;增加日粮粗纤维水平也减少了尿氮($P<0.05$)、粪氮($P<0.01$)和总氮($P<0.01$)排泄量。

关键词 粗蛋白;粗纤维;肥育猪;生产性能;氮排泄

中图分类号 S816.11

随着我国畜禽养殖规模的扩大,动物排泄物造成的环境污染问题日益严重。其中氮是猪粪、尿中造成环境污染的主要物质。大量研究表明,降低日粮粗蛋白水平并添加合成氨基酸对猪的生产性能没有显著影响,且能减少氮排泄量(Noblet等,1987;Shriver等,2003;Kerr,2003a、b;Panettaa,2006)。早期的研究证明,日粮纤维水平的提高会降低养分和能量的消化率(Just,1982;Noblet和Perez,1993)。许梓荣(1995)指出,当日粮粗纤维水平低于8.78%时,猪的增重速度随日粮纤维水平的提高而提高;当日粮纤维水平超过8.78%时,猪增重速度随日粮纤维水平的提高而降低;当日粮纤维水平为8.78%时,猪的增重速度最快。张勇和朱宇旌(1998)使用5%、7%和9%3个添加水平的苜蓿草粉配制日粮,而且能量及各种营养成分都达到该生长阶段猪的营养需要,用来调整20~90 kg的生长肥育猪日粮粗纤维水平,结果发现猪的增重没有显著差异。郑家明(1999)在基础日粮中分别添加10%、20%和30%苜蓿草粉饲喂生长肥育猪,结果也发现添

加10%、20%两种情况下猪的增长速度与对照组没有显著差异,但饲料成本降低。

前人的研究证明,适当降低日粮中粗蛋白水平或者增加粗纤维含量,对肥育猪生产性能均没有显著影响,且可以降低饲料成本从而提高经济效益。然而关于降低粗蛋白水平同时提高粗纤维水平在肥育猪的应用效果却鲜见报道。因此,本试验旨在研究日粮粗蛋白和粗纤维水平对肥育猪生产性能及氮排泄的影响。

1 材料与方法

1.1 试验动物与日粮

本试验选用36头体重接近 $[(65.77 \pm 1.08) \text{ kg}]$ 的三元杂交(杜×长×大)阉公猪。参考NRC(1998)标准配制试验日粮。根据两种粗纤维水平(4%和6%)和3种粗蛋白水平(15.5%、14%和12.5%)组合配制6种试验日粮(编号为1、2、3、4、5、6),所有试验日粮均为粉状。4个低蛋白日粮处理组(14%和12.5%,日粮2、3、5、6)添加合成氨基酸(L-赖氨酸、L-苏氨酸),使得氨基酸的需求达到NRC(1998)推荐需要量的要求。试验日粮主要由玉米、豆粕、麦麸、稻壳粉组成,各试验日粮除粗蛋白和粗纤维外,其它营养水平一致,能量水平略低于NRC(1998)标准。试验日粮组成及营养水平见表1。

1.2 试验设计

本研究采用2(CF:4%、6%)×3(CP:15.5%、14%、12.5%)两因子完全交叉试验设计,共设6个处理。将36头商品阉公猪随机分成6组,每组6头,每组2个重复,即每个重复3头,分别分配到12个栏舍中,编

谭新,湖南农业大学动物科学技术学院,410128,湖南长沙。

蒋小丰、方热军(通讯作者)、李四元、金宏,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-06-21

★ 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-441),教育部留学回国人员启动基金和湖南农业大学引进人才基金项目(2005YJ07)

号为 A(A1, A2)、B(B1, B2)、C(C1, C2)、D(D1, D2)、E(E1, E2)、F (F1, F2)(括号内为每个重复的编号), 分别饲喂 1、2、3、4、5、6 号日粮。具体试验设计与分组见表 2。

表 1 试验日粮配方及营养成分

项目	日粮组别					
	1	2	3	4	5	6
原料组成(%)						
玉米	66.00	65.54	72.6	57.65	62.02	68.36
豆粕	17.85	12.27	9.5	19.75	16	13.1
小麦麸	12	18.86	12.8	11.45	10	5
稻谷壳 ^①	2.5	1.6	3	7.6	8.25	9.45
L-赖氨酸	0.05	0.16	0.26	0.02	0.13	0.23
L-苏氨酸			0.08			0.04
磷酸氢钙	0.4	0.4	0.4	0.35	0.4	0.6
菜籽油				2	2	2
石粉	0.8	0.8	0.8	0.78	0.8	0.8
食盐	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
预混料 ^②	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
营养水平						
消化能 DE(MJ/kg)	12.97	12.97	12.97	12.94	12.92	12.97
粗蛋白(%)	15.48	14.07	12.50	15.44	13.98	12.47
粗纤维(%)	4.05	4.01	3.96	5.99	6.04	6.05
钙(%)	0.520	0.509	0.496	0.525	0.512	0.500
总磷(%)	0.488	0.5	0.410	0.432	0.416	0.398
有效磷(%)	0.229	0.235	0.210	0.210	0.207	0.203
赖氨酸(%)	0.75	0.75	0.753	0.793	0.761	0.750
蛋+胱氨酸(%)	0.542	0.501	0.457	0.525	0.484	0.446
苏氨酸(%)	0.60	0.514	0.514	0.614	0.545	0.519
色氨酸(%)	0.184	0.162	0.141	0.192	0.168	0.146

注:①稻谷壳购于汨罗市营田镇大米加工厂(晚籼稻),实验室分析其粗纤维含量为 40%,其它营养成分均未考虑;②预混料为每千克全价料提供 VA 4 000 IU;VD₃ 800 IU、VE 2.67 IU、VK₃ 0.33 mg、VB₁ 0.267 mg、VB₂ 6.67 mg、VB₁₂ 0.004 mg、生物素 0.04 mg、叶酸 0.033 mg、Cu 16 mg、Mn 38 mg、Zn 68 mg、Co 0.22 mg、I 0.4 mg、Se 0.24 mg、有机铬 0.16 mg。

表 2 试验设计方案

项目	A	B	C	D	E	F
日粮编号	1	2	3	4	5	6
日粮粗纤维水平(%)	4	4	4	6	6	6
日粮粗蛋白水平(%)	15.5	14	12.5	15.5	14	12.5

1.3 饲养管理

试验猪饲养于半开放式猪舍,试验前猪舍全面清洗消毒。预试期 5 d,正试期 30 d。饲喂干粉料,每天饲喂 2 次(8:30 和 16:30),每次喂料量以稍有余料为度,通过鸭嘴式饮水器自由饮水。每天清扫栏舍两次,保持栏舍和饲槽清洁并观察记录猪只的健康状况。从试验的第 20 d 开始,饲喂含 0.1% 二氧化钛指示剂的试验日粮,于试验的第 26、27、28 和 29 d 分别收集每头猪的鲜粪,鲜粪中按 10 ml/100 g 的比例加入浓度为 10% 的硫酸溶液,然后将 4 d 搜集的粪样以试验猪为单位混合均匀,一起置于 70 °C 烘箱中烘干制样;制成

过 40 目筛的风干样品,贮于广口瓶中待测。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 平均日增重(ADG)

称量试验开始和结束时猪只体重。称重前禁食 12 h,早上 8:00 称重。

1.4.2 平均日采食量(ADFI)

试验期间以栏为单位准确记录每天的投料量和剩料量,统计每天的耗料量,计算出全期总耗料和平均日采食量以及料肉比(F/G)。

1.4.3 单位增重成本

根据料肉比和饲料成本计算单位增重成本和经济效益。

1.4.4 消化试验

二氧化钛作为指示剂测定粗蛋白(CP)的表观消化率。

1.4.5 血浆尿素氮(SUN)含量

试验结束当天早晨每栏随机选取 2 头猪经耳静脉采血 10 ml,在离心机内以 3 000 r/min 离心 15 min,制备血清,贮存于冰箱待测。血浆样品制备后,用 BS-200 全自动生化仪测定血浆尿素氮含量,测定方法按照试剂盒的说明进行。并参照 Zervas 等(2002a)方法,根据血浆尿素氮含量计算肥育猪日尿氮排放量,计算公式为: $Y=1.97X+5.72$ ($R^2=0.39, n=42, P<0.01$), 其中 Y——尿氮排泄量(g/d);X——血浆尿素氮含量(mmol/l)。

1.5 数据处理

采用 SAS6.12 软件对试验数据进行两因素方差分析,差异显著则进行 Duncan's 多重比较。并分析粗纤维和粗蛋白交互效应;对日粮粗蛋白水平效应进行直线回归分析。

2 结果与分析

2.1 不同日粮类型对肥育猪生产性能的影响(见表 3)

表 3 日粮不同粗蛋白和粗纤维水平对肥育猪生产性能的影响

项目	日粮类型					
	A	B	C	D	E	F
始重(kg)	65.83	65.73	65.9	65.6	66.2	65.44
末重(kg)	91.66	91.77	92.72	89.54	92.54	93.28
ADG(kg)	0.86	0.87	0.89	0.80	0.88	0.93
ADFI(kg)	2.83	2.85	2.78	2.61	2.71	2.82
F/G	3.28	3.28	3.11	3.27	3.08	3.04
饲料成本(元/kg)	1.86	1.82	1.82	1.87	1.85	1.84
增重成本(元/kg)	6.10	5.97	5.66	6.11	5.70	5.59
成本比较 ^① (元/kg)	0.51	0.38	0.07	0.52	0.11	0

注:①以 F 组为 0,其它各组比 F 组增加值。

虽然从统计分析得出各处理的平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)和料肉比(F/G)均无显著差

异,但从表 3 中数值可见:

① 平均日采食量(ADFI):经方差分析,各处理间差异不显著,说明在本试验条件下肥育猪日采食量与日粮营养浓度没有相关性。A、B、C(低粗纤维)组采食量差异不大,以 B 组最高。D、E、F(高粗纤维组)3 组平均值低于 A、B、C(低粗纤维组)3 组平均值,并且在高粗纤维组采食量随日粮的粗蛋白水平降低而升高。

② 平均日增重(ADG):以 F 组平均日增重最高,分别比 A、B、C、D、E 组提高了 8.14%、6.90%、4.49%、16.30% 和 5.68%,但经方差分析各处理组间差异不显著。

③ 增重成本比较:每增加 1 kg 体重饲料成本以 F 组最低,分别比 A、B、C、D、E 组降低 0.51、0.38、0.07、0.52 和 0.11 元。以 F 组的单位增重成本与最高的 A

组成本比较,按照本研究的总平均日增重 0.87 kg/d 计算,则 30 d 增重 26.1 kg。平均每头猪可节约成本 13.3 元,年出栏一万头商品猪的生产线可节约饲料成本 13.3 万元。由此可见,在本试验条件下饲喂 6 号高粗纤维、低粗蛋白日粮的 F 组经济效益最佳。

2.2 不同日粮类型对氮消化率与氮排泄量的影响

日粮不同粗蛋白和粗纤维水平对肥育猪氮表观消化率和氮排泄量的影响见表 4。试验设计为给肥育猪饲喂不同粗蛋白含量的日粮,因此,总食入氮(g/d)随着日粮粗蛋白水平的降低而线性下降(P<0.01)。由表 4 可知:高粗纤维日粮提高了氮的表观消化率(P<0.05),日粮粗蛋白水平对氮的表观消化率无显著影响(P>0.05),但是氮表观消化率随着日粮粗蛋白水平的降低而线性下降(P<0.01)。

表 4 不同粗蛋白和粗纤维水平对肥育猪氮表观消化率和氮排泄量的影响

项目	日粮类型						P 值			
	A	B	C	D	E	F	粗蛋白	粗纤维	交互	线性 ^①
氮表观消化率(%)	72.63±1.32	70.29±2.84	69.70±1.37	75.64±2.50	75.72±1.19	71.50±1.99	NS	0.042	2 NS ^②	<0.01
平均总食入氮[g/(d·头)]	70.2±1.71	63.8±1.50	55.6±0.97	64.7±1.04	60.7±1.10	56.4±1.19	0.006	8 NS	NS	<0.01
粪氮排泄量[g/(d·头)]	18.67±0.76	18.97±0.71	16.83±0.07	15.78±0.54	14.72±0.83	16.08±0.21	NS	0.001	6 NS	NS
SUN(mmol/l)	6.15±0.24	5.33±0.08	4.99±0.25	5.14±0.18	4.90±0.52	4.64±0.35	0.039	7 0.025	7 NS	<0.01
尿氮排泄量 ^③ [g/(d·头)]	17.84 ±0.47	16.21±0.15	15.57±0.49	15.85±0.36	15.36±1.02	14.86±0.69	0.039	7 0.025	7 NS	<0.01
总排泄氮[g/(d·头)]	36.51±0.76	35.18±0.71	32.40±0.07	31.63±0.54	30.08±0.83	30.94±0.21	0.018	4 0.000	2 0.037	NS
氮利用率 ^④ (%)	47.90±1.04	44.87±0.94	41.67±0.12	51.15±0.83	50.31±1.45	45.14±0.34	0.001	3 0.001	5 NS	NS

注:①粗蛋白效应;②NS 表示 P>0.05;③据 Zervas(2002), $Y=1.97X+5.72$ ($R^2=0.39$, $n=42$, $P<0.01$), Y——尿氮排泄量(g/d), X——血浆尿素氮含量(mmol/l);④氮利用率=[(食入氮-总排泄氮)/总食入氮]×100%。

提高日粮粗纤维水平(6%)显著降低了(P<0.01)粪氮排泄量(g/d),而粗蛋白水平对粪氮排泄量无显著影响;高粗纤维组(6%粗纤维:D、E、F 组)平均粪氮排泄量比低粗纤维组(4%粗纤维:A、B、C 组)平均值低 16.93%(2.63 g/d)。

血浆尿素氮(SUN)含量随着日粮粗蛋白和粗纤维水平的降低而降低(P<0.05)。高粗纤维处理组(6%粗纤维:D、E、F 组)平均值比低粗纤维处理组(4%粗纤维:A、B、C 组)平均值降低了 12.5%。血浆尿素氮含量随着粗蛋白水平的降低线性下降(P<0.05)。

日粮粗蛋白和粗纤维水平对尿氮排泄量(g/d)有明显影响,降低日粮粗蛋白水平减少了尿氮排泄量(g/d)(P<0.05);日粮粗纤维水平的提高也显著降低了尿氮排泄量(g/d)(P<0.05)。尿氮排泄量以 6%粗纤维、12.5%粗蛋白处理组最低(14.86 g/d),比最高组(4%粗纤维、15.5%粗蛋白)降低了 16.7%。

总氮排泄量随着粗蛋白水平的降低而显著减少

(P<0.05),高粗纤维处理组极显著降低了总氮排泄量(P<0.01),粗蛋白和粗纤维水平对总氮排泄量存在显著影响(P<0.05)。在本试验条件下,总排泄氮以 6%粗纤维、14%粗蛋白水平的 E 处理组最低(30.08 g/d),比最高的 4%粗纤维、15.5%粗蛋白水平的 A 处理组降低了 17.61%。

日粮粗蛋白水平极显著降低了氮利用率(P<0.01),高粗纤维水平处理组氮利用率极显著高于低粗纤维日粮处理组(P<0.01)。高粗纤维日粮处理组氮利用率比低粗纤维日粮处理组平均值高 9.04%。氮利用率以 6%粗纤维、15%粗蛋白水平的 D 处理组最高(51.15%)。

3 讨论

3.1 日粮粗蛋白水平对肥育猪生产性能的影响

本试验研究表明,降低日粮粗蛋白水平 1.5 和 3 个百分点对肥育猪平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)、料肉比(F/G)均无显著影响。这与 Gatel 等

(1992)、Zervas(2002a、b)、Kerr 等(2003b)、Shriver 等(2003)、邢启银(2005)的研究结果一致。本试验设计了 3 个粗蛋白水平(15.5%、14%和 12.5%),并且在低蛋白日粮组中添加了 L-赖氨酸和 L-苏氨酸,使得日粮中的氨基酸达到或超过了 NRC(1998)推荐需要量。本试验结果表明,在肥育猪阶段降低日粮 1.5~3 个百分点的粗蛋白水平并添加合成氨基酸对生长肥育猪生产性能无显著影响。

3.2 日粮粗纤维水平对肥育猪生产性能的影响

本试验研究表明,日粮粗纤维水平对肥育猪平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)、料肉比(F/G)的影响差异不显著。高粗纤维组平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)略低于低粗纤维组。Zervas(2002a、b)研究指出,提高日粮粗纤维含量对生长猪生产性能没有显著影响,且 ADG 有升高的趋势($P>0.05$)。在本试验中以 6%粗纤维、12.5%粗蛋白的 F 组获得了最大的平均日增重(0.93 kg/d)。一般认为,当日粮纤维水平增加时,能量水平降低,猪的采食量就会增加。粗纤维能提高养分和能量的消化吸收,非可发酵纤维主要通过机械刺激对肠的运动产生影响,发酵纤维则是通过机械刺激和发酵产物的共同作用来影响肠运动。许梓荣(1995)指出,当日粮粗纤维水平低于 8.78%时,猪的增重速度随饲粮纤维水平的提高而提高;当日粮纤维水平超过 8.78%时,猪增重速度随日粮纤维水平的提高而降低。张勇等(1998)使用 5%、7%和 9%三个水平的苜蓿草粉配制成的日粮,而且能量及各种营养成分都达到该生长阶段猪的营养需要,用来调整 20~90 kg 的生长肥育猪日粮粗纤维水平,结果没有发现对猪的增重影响有显著性差异。本试验结果也表明,提高日粮粗纤维水平对肥育猪生产性能无显著影响。

3.3 日粮粗蛋白水平对肥育猪氮排泄量的影响

一般而言,平均每天每头肥育猪产生 4.55 L 的粪便,即每年排出约 9.5 kg 氮。一头猪从断奶到体重达 100 kg 屠宰时止,消耗 8~9 kg 氮,其中被吸收沉积为瘦肉的氮不超过 3 kg,而 5~6 kg 氮则被排泄掉,在被排泄的氮中,33%在粪便中,67%在尿中。在综合猪场,排入环境中的氮在 70%以上(冯定远,2001)。

Gatel 等(1992)对体重为 44 kg 和 84 kg 的猪,在小麦-大麦-豆粕型日粮中分别添加了 0.24%和 0.22%的赖氨酸将粗蛋白水平分别从 16.9%、14.6%降到 15.6%、13.5%,结果分别使氮排泄量降低了 13.85%和 19.32%。Portejoie 等(2004)在 50 kg 体重猪日粮中补充赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸,在理想氨基酸水平

相同情况下,研究了 CP 20%、16%、12%三种日粮对氮排泄量的影响。结果表明,在整个试验期内蛋白质水平不影响动物的生长性能,当日粮蛋白质从 20%降至 12%时,尿氮排出减少了 64.9%,总氮的排出量减少了 65.1%,日粮蛋白质水平主要影响尿氮的排出。本研究也得到了相似的结果。

Kerr(2003a)通过文献综述后得出结论,日粮中蛋白质平均每降低一个百分点,氮的排泄量降低 8%。本试验结果表明,降低日粮粗蛋白水平减少了尿氮、粪氮和总氮的排泄量($P<0.05$)。其中日粮粗蛋白水平每降低一个百分点,尿氮、粪氮和总氮排泄量分别减少 3.58%、1.56%和 2.53%。在本试验中日粮粗蛋白水平每降低一个百分点,氮排泄量减少的程度低于前面研究报道。这可能是由于在本试验设计过程中在降低粗蛋白水平的同时还增加了日粮中粗纤维的含量,从而使得低蛋白日粮对减少氮排泄量的效果有所降低。

3.4 日粮粗纤维水平对肥育猪氮排泄量的影响

一般而言,在小肠内未被消化吸收的纤维,在大肠微生物的作用下发酵产生挥发性脂肪酸;未被消化的蛋白质和没有吸收的氨基酸一部分在大肠内转化为氨,这些氨通过血液循环进入肝脏,在肝脏中生成尿素,最后以尿素的形式从尿液中排出(Mosenthin 等,1992)。大肠微生物发酵纤维产生能量,微生物利用发酵产生的能量,以未被大肠吸收的氨为氮源合成微生物蛋白,从而减少了吸收入血液的氨的量,因此尿中排出的尿素的量减少。

冯定远(2001)总结指出,排泄氮中粪氮与尿氮的比例大约为 1:2,而在本次试验中,各处理组粪氮与尿氮的比例平均为 1.06:1。微生物蛋白从粪便中排出,日粮中的可发酵纤维可以减少尿氮排泄量、增加粪氮排泄量(Morgan 和 Whittemore,1988;Canh 等,1997),本研究得到了相似的结果,即尿氮比例降低。粪中氨的挥发弱于尿中氨的挥发性,因为粪中的氮在微生物的作用下很容易转变为铵和二氧化碳(Canh 等,1998;Mroz 等,2000)。在粪中,氨与铵维持一种平衡状态。粪中氨的浓度以及 pH 值的降低能够减少粪中氨的挥发(Aarnink,1997;Stevens 等,1989)。除了改变粪的排出途径外,日粮中的可发酵纤维还可以增加粪中挥发性脂肪酸的含量,从而降低了粪便的 pH 值(Canh 等,1998)。本试验结果表明,高粗纤维组尿氮、粪氮和总氮排泄量比低粗纤维组分别降低了 7.69%、16.93%和 12.34%。与 Sutton(1999)、Zervas(2002ab)研究报道一致。

4 结论

本次试验应用不同粗蛋白(15.5%、14%、12.5%)和粗纤维(4%、6%)水平组合的6种日粮饲喂肥育猪,经比较和分析结果得出以下结论:

① 降低日粮粗蛋白水平 1.5 和 3 个百分点并添加合成氨基酸,对肥育猪生产性能没有显著影响;降低日粮粗蛋白水平可以减少饲料中豆粕的用量,从而节约饲料成本,提高经济效益。随着日粮中粗蛋白水平的降低,尿氮排泄量明显下降($P<0.01$)。

② 以稻谷壳为粗纤维来源,日粮中添加 6%粗纤维(晚籼稻稻谷壳来源),对肥育猪生产性能没有影响($P>0.05$)。另外,提高日粮粗纤维水平减少了尿氮($P<0.05$)、粪氮($P<0.01$)和总氮($P<0.01$)排泄量。

③ 在本试验条件下,饲喂 6 号日粮(CP:12.5%、CF:6%)的 F 组经济效益最佳,每千克增重成本为 5.59 元。平均每头猪可节约成本 13.3 元,年出栏一万头商品猪的生产线可节约饲料成本 13.3 万元。

总之,在满足氨基酸需要的前提下,适当降低日粮粗蛋白水平、增加粗纤维的含量可以节约饲料成本、减少粪尿中氮的排泄量、提高氮的利用率,从而能够提高经济效益,并且减少排泄物中氮对环境的影响。

参考文献

- [1] 冯定远.降低养猪生产所造成环境污染的营养措施[J]. 饲料广角, 2001(20):1-11.
- [2] 邢启银. 在生长肥育猪低蛋白饲料中添加赖氨酸和苏氨酸的效果试验[J]. 养猪, 2005(3): 3-4.
- [3] 许梓荣. 猪的现代营养学[M]. 杭州出版社, 1995.
- [4] 张勇, 朱宇旌. 生长肥育猪饲料中适宜粗纤维水平的研究[J]. 饲料工业, 1998, 19(9): 34-35.
- [5] 郑家明. 紫花苜蓿草粉饲喂肉猪效果试验[J]. 养猪, 1999(2):23.
- [6] Aarnink A J A. Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour[D]. Ph. D. Thesis, Agric. Univ. Wageningen, The Netherlands., 1997.
- [7] Canh T T, A. L. Sutton, A. J. A. Aarnink, et al. Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pigs[J]. J. Anim. Sci., 1998, 76: 1 887-1 895.
- [8] Canh T T, M. W. A. Verstegen, A. J. A. Aarnink, et al. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs[J]. J. Anim. Sci., 1997, 75:700-706.
- [9] Gatel F, F. Grosjean. Effect of protein content of the diet on nitrogen excretion by pigs [J]. livestock Production Science, 1992, 31: 109-120.
- [10] Kerr B J. Dietary manipulation to reduce environmental impact[C]. 9th international symposium on digestive physiology in pigs, Banff, AB, Canada., 2003a, 1:139-158.
- [11] Kerr B J, Southern L L, Bidner T D, et al. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition[J]. J. Anim. Sci., 2003b, 81:3 075-3 087.
- [12] Morgan C A, C. T. Whittemore. Dietary fiber and nitrogen excretion and retention by pigs[J]. Anim. Feed Sci. Technol., 1988, 19: 185-189.
- [13] Mosenthin R, W. C. Sauer, H. Henkel, et al. Tracer studies of urea kinetics in growing pigs. II. The effect of starch infusion at the distal ileum on urea recycling and bacterial nitrogen excretion [J]. J. Anim. Sci., 1992, 70: 3 467-3 472.
- [14] Mroz Z, A. J. Moeser, K. Vreman, et al. Effects of dietary carbohydrates and buffering capacity on nutrient digestibility and manure characteristics in finishing pigs[J]. J. Anim. Sci., 2000, 78:3 096-3 106.
- [15] Noblet J, Perez J M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis[J]. J. Anim. Sci., 1993, 71:3 389-3 398.
- [16] Noblet J, Y Henry, S. Dubois. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs[J]. J. Anim. Sci., 1987, 65:717-726.
- [17] NRC. Nutrient requirements of swine[C]. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC., 1998.
- [18] Panetta D M, Powers W J, Xinb H, et al. Nitrogen excretion and ammonia emissions from pigs fed modified diets[J]. J. Envi. Qual., 2006, 35:1 297-1 308.
- [19] Portejoie S, Dourmad J Y, Martinet J, et al. Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs[J]. Livestock production science, 2004, 91(1): 45-55.
- [20] Shriver J A, Carter S D, Sutton A L, et al. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs[J]. J. Anim. Sci., 2003, 81:492-502.
- [21] Stevens R J, R. J. Laughlin, J. P. Frost. Effect of acidification with sulphuric acid on the volatilization of ammonia from cow and pig slurry[J]. J. Agric. Sci., 1989, 113:389-395.
- [22] Sutton A L, K. B. Kephart, M. W. A. Verstegen, et al. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification[J]. J. Anim. Sci., 1999, 77:430-439.
- [23] Zervas S, R. T. Zijlstra. Effect of dietary protein and oathull fiber on nitrogen excretion patterns and postprandial plasma urea profiles in grower pigs[J]. J. Anim. Sci., 2002a, 80:3 238-3 246.
- [24] Zervas S, R. T. Zijlstra. Effect of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs[J]. J. Anim. Sci., 2002b, 80:3 247-3 256.

(编辑:刘敏跃, lm-y@tom.com)

沙葱和油籽对羊肉中 CLA 和 PUFA 含量的影响

赵国芬 敖长金 赵志恭 马惠忠 杨金丽 张宇宏 赵春艳

摘要 试验旨在通过研究沙葱和油籽对羊肉中 CLA 和 PUFA 含量的影响,为沙葱和油籽用于羊肉品质的改善提供参考。试验选用 28 只蒙古羯羊,采用完全区组试验设计分 4 组,试验组分别为精料中添加 4%沙葱、三种油籽(8%胡麻+2%向日葵籽+2%线麻籽)及 4%沙葱+油籽(8%胡麻+2%向日葵籽+2%线麻籽),对照组饲喂基础日粮。研究结果显示:三个试验组均有提高体脂和肌肉脂 PUFA 比例的趋势($P>0.05$);添加 4%沙葱+三种油籽可显著提高肾脂、体脂 CLA 的含量($P<0.05$),沙葱组和油籽组均有提高肾脂、肌肉脂、体脂 CLA 含量的趋势($P>0.05$);三个试验组均可使有利人体健康的脂肪酸含量提高,改善肉的品质,其中沙葱+油籽组效果最佳。

关键词 沙葱;油籽;肉品质;脂肪酸含量

中图分类号 S826.8+2

沙葱是内蒙古草原生长量大、羊喜食的牧草。卢媛等(2002)报道,添加沙葱可以显著改善羊肉中脂肪酸组成并改善羊肉风味,提高羊的日增重^[1]。但是添加沙葱+油籽对羊肉中 CLA 和 PUFA 含量的影响目前尚无报道。反刍动物添加脂肪可提高能量浓度,改善能量平衡,改善产品的质量。但是对瘤胃会产生不利影响^[2-6],从而影响反刍动物产品的质量和水平,所以,添加脂肪时,有效地防止脂肪的不利影响是关键。以脂肪酸钙、脂肪包裹颗粒及饱和脂肪或饱和脂肪酸的形式添加可起到一定保护作用^[7-10],但成本相对较高,油籽无论以何种形式添加均可提高反刍动物的能量浓度,且不影响瘤胃发酵和整个消化道的消化率,以油籽添加是一种好方法。胡麻、向日葵与线麻是内蒙古地区广泛种植的油料作物,易得到,便于推广,其油籽油脂含量高,蛋白质含量也高,最主要的是其对人体有用的亚油酸或亚麻酸含量较高,而且油籽具有天然的过瘤胃作用,并可调整 $\omega-3$ 和 $\omega-6$ 的比例。

多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 具有降低血清中的胆固醇和甘油三酯、调控一些编码代谢关键酶的基因表达、影响机体的免疫机能的作用,是决定细胞膜功能的重要因素^[11-14]。共轭亚油酸

(conjugated linoleic acid, CLA) 是多不饱和脂肪酸的一种,在反刍动物食品中含量较高,反刍动物食品是 CLA 很好的天然来源,CLA 具有抗肿瘤、提高免疫力、减肥、降血脂和胆固醇、抗糖尿病的生理功能和效用。衡量食品的好坏已不在看食品的量而要看食品的品质,即食品中对人体有利的成分含量高低,CLA 就是最近营养学研究的一个热点。若将油籽用于反刍动物的产品中 PUFA 和 CLA 含量的提高来改善品质,将有重要的实用价值,将会推动养羊业的发展。

试验旨在研究日粮中添加沙葱和油籽对羊肉中 CLA 和 PUFA 含量的影响,为进一步推广舍饲、半舍饲饲养模式下通过添加沙葱和油籽改善羊肉品质提供参考。

1 材料与试验方法

1.1 试验动物和试验设计

选用 28 只体况良好、健康无疾病的蒙古羯羊,体重为(24.81±3.21) kg 的当年生羔羊,依据试验羊体重,采用完全随机区组试验设计分为 4 组。

1.2 基础日粮与饲养管理

试验羊日粮配制参照内蒙古细毛羊饲养标准。代谢能为维持需要的 1.2 倍,日粮的精粗比为 30:70,粗料为玉米秸秆,试验混合精料、日粮及其营养成分见表 1。试验羊单笼饲养,根据测定的采食量定量饲喂,每日分别在 7:00 和 16:00 分两次饲喂混合精料,粗料每天分 6 次饲喂,自由饮水。预饲期为 15 d,试验期为 45 d。

1.3 屠宰与取样

每组随机选取 3 只屠宰,屠宰前羊经过兽医检疫,合格后屠宰。屠宰后取背最长肌、肾脂和体脂测定 CLA 和 PUFA 含量。

赵国芬,内蒙古农业大学生物工程学院,博士,副教授,010018,内蒙古呼和浩特市赛罕区昭乌达路 306 号。

敖长金(通讯作者)、赵志恭、马惠忠、杨金丽、张宇宏、赵春艳,内蒙古农业大学动物科学与医学学院。

收稿日期:2008-06-31

★ 国家自然科学基金项目(30360075)

表 1 精料配方及日粮营养水平

项目	对照组	沙葱组	油籽组	沙葱+油籽组
饲料组成(%)				
黄玉米	60	59	51	51
葵籽粕	10	10	13	10
胡麻饼	10	7	4	3
小麦麸	15	15	15	15
线麻籽	0	0	2	2
胡麻籽	0	0	8	8
向日葵籽	0	0	2	2
沙葱干粉	0	4	0	4
碳酸钙	1	1	1	1
磷酸氢钙	1	1	1	1
预混料	2	2	2	2
食盐	1	1	1	1
营养水平(DM 基础)				
EE(%)	2.31	2.35	3.13	2.88
钙(%)	0.28	0.28	0.30	0.30
磷(%)	0.19	0.19	0.20	0.2
CP(%)	8.21	8.25	8.59	8.49
ME(MJ/kg)	8.98	8.85	8.98	9.04

注:预混料配方为(g/kg)FeSO₄·7H₂O 31.2;CuSO₄·5H₂O 1.5;ZnSO₄·7H₂O 17.5;MnSO₄·5H₂O 7.8;碘钙粉(1%KI)17.0;CoCl₂·6H₂O 1.0;沸石粉 874.0;多维 50.0。

1.4 羊肉中背最长肌、肾脂和体脂中 CLA 和 PUFA 含量的测定

1.4.1 体脂和肾脂 CLA 和 PUFA 含量测定

标准样品:4-甲基辛酸甲酯,C_{8:0}、C_{10:0}、C_{12:0}、C_{13:0}、C_{14:0}、C_{14:1}、C_{15:0}、C_{16:0}、C_{16:1}、C_{17:0}、C_{18:0}、C_{18:1}、Trans-C_{18:1}、C_{18:2}、C_{18:3}、CLA-1、CLA-2、C_{20:0}、C_{20:1}、C_{22:0}、C_{22:1} 脂肪酸甲酯(本标样购自 sigma 公司)用石油醚溶解(100 mg/ml),供分析用。

仪器:美国惠普气相色谱仪(5890 II 型),毛细管柱固定液 AT.FFAP 色谱柱(50 m×0.25 mm ID×0.33 μm);检测器采用氢离子火焰检测器,计算机工作站(GC Workstation)为 BF-2002,色谱分离条件为载气 N₂,载气流速 30 ml/min,柱头压为 18 Pa;燃气为 H₂,助燃气为空气,压力为 120 Pa;起始柱温为 100 °C,之后以 4 °C/min 的速度升至 250 °C,保温 20 min。

样品处理:称取 0.3 g 样品(肾脂和体脂)分装于离心管中,加 2 ml 石油醚:苯=1:1 和 2 ml 0.4 mol/l KOH 甲醇溶液,剧烈振荡 10 min,沿管壁加入 2 ml 蒸

馏水,静置 10 min,分层后,取 0.5 μl 上清液上机。

1.4.2 背最长肌肌内 CLA 和 PUFA 含量的测定

标样、仪器和色谱条件同上,样品处理程序如下。

取背最长肌 1.00 g 磨碎,加 3 ml CM 液(氯仿:甲醇=2:1),振荡,4 000 r/min 离心 10 min,取出有机相,残渣再各加 1 ml 氯仿振荡,4 000 r/min 离心 10 min,合并有机相;在有机相中加少量水,振荡,4 000 r/min 离心 10 min;取有机相,用氮气吹干;加入 0.5 ml CM 液,2 ml 0.4 mol/l KOH 甲醇溶液,加 1 ml 47% BF₃ 乙醚溶液和 0.5 ml 苯;置于水浴锅中 70 °C 保温 30 min,取出冷却;加入 2 ml 水,加 2 ml 二氯甲烷萃取两次,取有机相用氮气吹干;用 200 μl 石油醚:苯=1:1 的溶液溶解,取 0.5 μl 上机。

1.5 数据处理

本试验的数据用 Excel 初步整理后,SAS 6.12 软件包中的 GLAM 进行方差分析,Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 沙葱和油籽对羊肉中 CLA 含量的影响(见表 2)

表 2 沙葱和油籽对羊肉中 CLA 含量的影响(%)

部位	组别				MSE	P
	对照组	沙葱组	油籽组	沙葱+油籽组		
体脂	0.61±0.25 ^b	1.19±0.57 ^{ab}	0.88±0.35 ^b	2.15±0.78 ^a	0.28	0.03
肾脂	0.46±0.10 ^b	0.48±0.13 ^b	0.75±0.2 ^{ab}	0.93±0.11 ^a	0.03	0.03
肌内脂	0.35±0.41 ^a	0.44±0.24 ^a	0.58±0.66 ^a	0.46±0.40 ^a	0.22	0.94

注:同行肩注相同字母表示差异不显著(P>0.05),肩注不同字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

由表 2 可见,添加 4%沙葱+三种油籽可显著提高肾脂、体脂 CLA 的含量(P<0.05),沙葱组和油籽组有提高 CLA 含量的趋势。同样可以看出,三个部位中 CLA 含量从大到小的顺序依次为:体脂>肾脂>肌内脂。单从 CLA 这一项指标上看,添加沙葱与油籽均可改善肉的品质。

2.2 沙葱和油籽对羊肉中 PUFA 和 TUFA 含量的影响(见表 3)

表 3 沙葱和油籽对羊肉中 PUFA 和 TUFA 含量的影响(%)

项目	部位	组别				MSE	P
		对照组	沙葱组	油籽组	沙葱+油籽组		
PUFA	体脂	3.12±0.58 ^a	3.46±0.90 ^a	3.39±0.79 ^a	4.26±1.32 ^a	1.00	0.68
	肾脂	3.07±0.72 ^a	2.88±0.63 ^a	3.65±0.49 ^a	3.69±0.17 ^a	0.30	0.25
	肌内脂	2.78±1.41 ^a	4.32±1.97 ^a	3.95±2.07 ^a	5.22±3.18 ^a	3.84	0.35
TUFA	体脂	35.63±2.06 ^a	39.94±5.92 ^a	35.07±5.77 ^a	44.07±8.53 ^a	6.13	0.40
	肾脂	29.99±2.24 ^a	32.67±1.31 ^a	30.01±3.25 ^a	32.14±0.09 ^a	1.72	0.36
	肌内脂	27.50±0.73 ^a	32.59±11.90 ^a	34.53±5.22 ^a	34.75±7.40 ^a	6.46	0.67

由表 3 可见,PUFA 含量除沙葱组肾脂低于对照组外,其它各试验组均高于对照组($P>0.05$)。三个试验组均可使各部位中总不饱和脂肪酸(TUFA)含量呈上升趋势($P>0.05$)。脂肪酸组成中 PUFA 含量下降,品质下降,但硬度提高。肾脂不是主要影响风味与品质的物质,肉的品质和质量特别是从脂肪酸角度上讲主要以皮下脂肪和肌肉脂肪为主。各组对体脂和肌肉脂肪中 PUFA 均有提高,所以沙葱和油籽对肉品质有一定改善作用。

3 讨论

肌肉脂肪通常被分为皮下脂肪和肌肉脂,肌肉脂均匀地分布于肌肉组织中,它们与肌肉中膜蛋白紧密结合在一起^[15],直接影响挥发性风味物质的组成,继而改变肉品的风味。肉质不但与脂肪的含量有关,还与脂肪中脂肪酸的组成有关。肉的品质和质量特别是从脂肪酸角度上讲主要以皮下脂肪和肌肉脂肪为主,肾脂的作用不是主要的。

脂肪硬度的高低取决于脂肪中不饱和脂肪酸的含量及种类,而且肉的硬度会影响到肉的膻味,较软的肉易变质,膻味较强。但是从肌肉脂肪营养的角度看,人体对脂肪的利用取决于不饱和脂肪酸的含量,即不饱和脂肪酸含量高,其消化利用率越好;饱和脂肪酸的含量可造成人血液中胆固醇水平的上升。所以从该角度出发,PUFA 含量高利于人体利用,营养价值要高。本试验的三个试验组均可不同程度地提高体脂和肌肉脂中 PUFA 含量,以沙葱+油籽组为最高。说明沙葱和油籽确实有提高羊肉品质的作用,且沙葱+油籽组合有组合效应,效果最好。

本试验的三个试验组均不同程度地提高肾脂、体脂和肌肉脂中 CLA 的含量,沙葱+油籽组的体脂和肾脂 CLA 含量最高,油籽组的肌肉脂 CLA 含量最高,且组合比单一添加组效果更好(见图 1)。单从 CLA 这一项指标上看,各试验组均可改善肉的品质,其中以组合组效果好,可能是由于二者的互作效应。同时可以看出,部位对 CLA 含量的影响大于处理对其含量的影响,不同处理间体脂含量最高,肌肉脂含量最低。

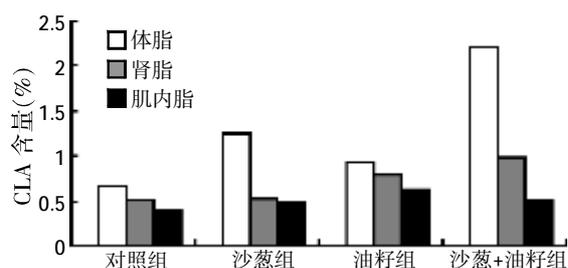


图 1 沙葱和油籽对羊肉中 CLA 含量的影响(%)

4 结论

三个试验组不同程度地提高肾脂、体脂和肌肉脂 CLA 的含量;三个试验组均有提高体脂和背最长肌肌肉脂 PUFA 含量的趋势($P>0.05$);三个试验组可使有利于人体健康的脂肪酸比例提高,不利脂肪酸比例下降,改善肉的品质,其中多数指标沙葱+油籽组效果最佳。

参考文献

- [1] 卢媛.沙葱、地椒风味活性成分及其对绵羊瘤胃发酵和羊肉风味的影响[D].内蒙古农业大学硕士论文,2002.
- [2] Mir Z. A comparison of canola acidulated fatty acids and tallow as supplements to a ground alfalfa diet for sheep[J]. Canadian J Anim. Sci., 1988,68:761-767.
- [3] 韩正康,陈杰.反刍动物瘤胃的消化和代谢[M].北京:科学出版社,1988.
- [4] Pantoja J, Firkins J L, Eastridge M L. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows[J]. J. Dairy Sci.,1994,77(8):2 341-2 356.
- [5] Doherty J G, Maynet C S. The effect of concentrate type and supplementary lactic acid or soya oil on milk production characteristics in dairy cows offered grass silage of contrasting fermentation type [J]. J. Anim. Sci.,1996,62(2):187-198.
- [6] Fujihara T, Matsui T. The effect of teated (spray-dried) beef-tallow supplementation on feed digestion, ruminal fermentation and fat nutrition in sheep[J]. Anim. Feed. Sci. and Technol., 1996,67(1):14-23.
- [7] Schneider P D, Sklan D, Chalupa W, et al. Feeding calcium salts of fatty acids to lactating cows[J]. J. Dairy Sci., 1988, 71(8):2 143-2 150.
- [8] 赵广永.皂化菜籽油对人工瘤胃发酵产气量的影响[J]. 中国畜牧杂志, 1999,35(1):10-11.
- [9] Grummer R R. Influence of prilled fat and calcium salt of palm oil fatty acids on ruminal fermentation and nutrient digestibility [J]. J. Dairy Sci.,1988,71:117-123.
- [10] Jenkins T C. Lipid metabolism in the rumen[J]. J. Dairy Sci.,1993, 76:3 851-3 863.
- [11] Clarke S D. Regulation of fatty acid synthase gene expression: An approach for reducing fat accumulation[J]. J. Anim. Sci., 1993,71: 1 957-1 965.
- [12] Clarke S D, Armstrong M K, Jump D B. Dietary polyunsaturated fats uniquely suppress rat liver fatty acid synthase and S14 mRNA content[J]. Nutr., 1990,120:225-231.
- [13] Blake W L, Clarke S D. Suppression of rat hepatic fatty acid synthase and S14 gene transcription by dietary polyunsaturated fat[J]. Nutr., 1990, 120:1 727-1 729.
- [14] Wilson J, Kim S, Allen K, et al. Hepatic fatty acid synthase gene transcription is induced by a dietary copper deficiency [J]. Am. J. Physiol., 1997(272):1 124-1 129.
- [15] 马长伟.国外肉品风味研究进展[J].肉类研究,1995(2):13-16.

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

霉菌毒素对奶牛健康的影响

龙 森 周昌芳 刘国文 张乃生 朱连勤 王 哲

奶牛具有单胃动物不具有的瘤胃,瘤胃内存在大量的不同种类的微生物,它们具有降解和转化霉菌毒素的能力,这是奶牛不易受到霉菌毒素影响的重要原因。但霉菌毒素对奶牛的健康和生产性能却能产生很大影响,这是因为有些霉菌毒素能够抵抗瘤胃微生物的降解和失活作用,有些霉菌毒素还会被瘤胃微生物代谢成为活性更高的代谢产物。如果在过渡期饲喂了含有霉菌毒素的饲料,就会加重奶牛的能量负平衡及由此引发的营养代谢病。关于霉菌毒素对单胃动物健康和生产性能的研究综述很多,对奶牛的健康影响介绍却很少。因此本文主要介绍一下霉菌毒素对奶牛健康的影响。

1 动物饲料中的霉菌毒素

霉菌毒素是存在于谷物、饲草中能直接引起畜禽动物病理变化或生理变化的霉菌代谢产物。能够产生霉菌毒素的霉菌有 150 余种,霉菌毒素有 200 余种,饲料中常见的霉菌毒素主要有黄曲霉毒素(Aflatoxin, AFT)、赭曲霉毒素(Ochratoxin, OCT)、T-2 毒素(T-2 toxin)、HT-毒素、环匹阿尼酸、橘青霉毒素、蛇形毒素(Diacetoxyscirpenol, DAS)、玉米赤霉烯酮(Zearalenone, ZEN)、脱氧雪腐镰刀菌烯醇(Deoxynivalenol, DON)、麦角碱(Ergot alkaloids)、杂色曲霉(Sterigmatocystin, ST)等 10 余种。一些霉菌次级代谢产物被用来作为治疗因子(如烟曲霉素、镰刀菌酸、霉酚酸),如果它们出现在食物和饲料中也被列于霉菌毒素。

2 霉菌毒素对瘤胃微生物的影响

反刍动物的瘤胃内栖息着复杂多样、非致病性的各种微生物。Kiessling 等指出,瘤胃微生物构成了保护反刍动物免受霉菌毒素危害的第一道防线。瘤胃微生物具有有效降解和失活霉菌毒素的能力,它们可以转化如黄曲霉毒素、赭曲霉毒素、单端孢霉烯族

毒素类分别成为毒性小的黄曲霉毒素、 α -赭曲霉毒素、脱环氧单端孢霉烯族毒素类。但瘤胃微生物降解毒素能力有一定限度,并且降解能力随着饲料的改变而改变,而且也会受到诸如瘤胃酸中毒等营养代谢病的影响。同时,并不是所有的霉菌毒素都能够被瘤胃微生物转化,如烟曲霉毒素通过瘤胃而丝毫未受影响,玉米赤霉烯酮被转化为活性更高的 α -玉米赤霉烯醇。

许多霉菌毒素具有抗菌、抗原虫和抗真菌的能力,可以改变瘤胃微生物区系。如由青霉菌、曲霉菌、丝衣霉菌产生的环内酯物质——展青霉素,它具有广谱抗菌活性,能够抗革兰氏阳性菌、阴性菌和原虫,并且对瘤胃液内的挥发性脂肪酸、乙酸产量及蛋白质合成起到负面作用。如展青霉素能够显著抑制瘤胃微生物对苜蓿草的发酵,降低挥发性脂肪酸产量,引起乙酸和丙酸生成比率变化。May 等研究了镰刀霉属毒素对白色瘤胃球菌和反刍兽甲烷短杆菌的作用。两种菌均被镰刀菌酸抑制,并且不能在含有镰刀菌酸的培养基中生长。白色瘤胃球菌是瘤胃中最主要的纤维降解菌,如果被抑制,会影响对纤维的降解。由于镰刀菌酸可以由不同种的镰刀菌产生,并且数量多,它们经常在玉米及其加工食物中及谷物中存在,因此对其作用不能忽视。其它被认知的具有抗菌活性的霉菌毒素还有白僵菌素和恩镰孢菌素。

霉菌毒素损害瘤胃微生物群的测定结果符合在临床实践中的观测,如给牛饲喂被霉菌污染的青贮饲料,就会出现牛瘤胃内容物减少、饲料转化降低、轻微腹泻等现象。同时还伴随着产奶量降低,亚临床乳房炎的发生。影响瘤胃微生物群的一个继发结果是增加了其它霉菌毒素逃避微生物降解的可能性。有些毒素就会完整的到达十二指肠,和单胃动物发现的一样,同样程度的会被吸收,导致对机体健康产生不可预料的影响。同时接触不同种类的霉菌毒素对奶牛健康影响更大,这个事实可在控制饲养实验和田间实验观察结果的显著差别中得到结论。控制饲养实验中,奶牛接触一种或者确定的一类毒素,通常表现出对其具有很强的耐受性。但实际上,奶牛会接触来源于粗饲料和浓缩饲料中的毒素混合物,混合毒素会严重影响瘤胃微生物群降解毒素能力,这样未改变的霉菌毒素经

龙森,吉林大学畜牧兽医学院,博士,130062,吉林省长春市西安大路 5333 号。

周昌芳、刘国文、张乃生、王哲,单位及通讯地址同第一作者。

朱连勤(通讯作者),青岛农业大学。

收稿日期:2008-06-13

过十二指肠吸收,造成不可预料的后果。

3 霉菌毒素对奶牛健康的影响

那些经由瘤胃却未被瘤胃微生物降解或降解不

完全的霉菌毒素会对奶牛的健康和生产性能产生影响。一些主要的毒素在瘤胃的稳定性和对瘤胃微生物的影响见表 1。

表 1 霉菌毒素在瘤胃内的稳定性和对瘤胃微生物的影响

霉菌毒素(化学组成和主要代表)	瘤胃内稳定性	对瘤胃微生物影响
生物碱类和吡啶喹啉类化合物(麦角和震颤霉菌毒素)	+++	n.d.
环内酯类(玉米赤霉烯酮和展青霉素)	++	++
香豆素类(黄曲霉毒素和赭曲霉毒素)	+	n.d.
类花生酸羧酸酯类(烟曲霉毒素)	+++	n.d.
单端孢霉烯族毒素类(A和B)	+	+

注:n.d.代表没有被检测。“+”表示。

3.1 香豆素类

黄曲霉毒素是黄曲霉和寄生曲霉的代谢产物,特曲霉也能产生黄曲霉毒素,但产量较少。黄曲霉毒素主要有 B₁、B₂、G₁、G₂ 以及另外两种代谢产物 M₁、M₂, 它们均为二氢呋喃香豆素的衍生物,B₁ 是最危险的致癌物。黄曲霉毒素主要污染粮油食品、动植物食品等,如花生、玉米、大米、小麦、豆类、坚果类、肉类、乳及乳制品、水产品等均有黄曲霉毒素污染。黄曲霉毒素能够引起牛摄食减少,在牛饲料中添加黄曲霉毒素,含量分别为 10、26、56.4、81.1、108.5 μg/kg, 结果奶牛摄食量随着黄曲霉毒素含量升高而降低,呈现剂量依赖性。体外实验表明,AFB₁ 抑制了外周淋巴细胞对有丝分裂原诱导的刺激。AFB₁ 也能抑制淋巴细胞转化。即使很小的黄曲霉毒素也能够引起细胞免疫和体液免疫损伤,进而使暴露于黄曲霉毒素的动物更易感传染性疾病。黄曲霉毒素影响奶牛产奶量并且它的代谢产物 AFM₁ 能够残留在牛奶中,对人的健康造成危害。Applebaum 等对 10 头泌乳荷斯坦奶牛每天口腔灌服 13 mg AFB₁, 结果发现牛奶中 AFM₁ 的含量从 1.05 变化到 10.58 ng/l, 奶产量也显著降低。

第二类主要含有香豆酮结构的霉菌毒素是赭曲霉毒素,包括赭曲霉毒素 α。赭曲霉毒素 α 被细菌酶解成为生长促进剂单体香豆素和苯丙氨酸两部分。赭曲霉毒素 α 要比其母体化合物毒性小的多,这也是为什么反刍动物对赭曲霉毒素污染饲料有很高的耐受性的原因。赭曲霉毒素损伤肾小管细胞的症状在奶牛中没有报道。有实验表明,对于赭曲霉毒素 α 在牛奶中的残留量要比单胃动物的残留量少的多。

3.2 类花生酸羧酸酯类

类花生酸羧酸酯类的主要代表是烟曲霉毒素。烟曲霉毒素是由镰刀菌属产生的。烟曲霉毒素,尤其是烟曲霉毒素 B₁, 与细胞神经鞘脂类结构相似,能够导致各

种疾病,如马的各种神经中毒症状(马脑软化症),猪心脏功能损害、肺水肿,啮齿类肝肾损伤等。烟曲霉毒素能够引起奶牛肝肾损伤,伴随着器官特异性诊断酶血清水平升高、胆固醇和胆红素水平升高。虽然烟曲霉毒素 B₁ 能够抵抗瘤胃微生物降解,奶牛口服烟曲霉毒素 B₁ 的生物利用率很低,甚至低于其它单胃动物,这是农场饲喂条件下没有发生严重急性中毒的重要原因。

3.3 单端孢霉烯族毒素类

单端孢霉烯族毒素类包括超过 180 多个独特的复合物,其中 T-2 毒素是单端孢霉烯族毒素 A 族一个典型代表。T-2 毒素能够降低血清中 IgM、IgG 和 I-gA,影响嗜中性白细胞功能、淋巴细胞母细胞化、淋巴细胞对植物凝集素的反应而引起牛的免疫抑制。T-2 毒素还能引起淋巴样组织坏死和牛的不育症及流产。脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)是单端孢霉烯族毒素的代表。Charmley 等研究表明,DON 在 6 mg/kg 情况下对奶产量没有不良影响,并且在奶中没有残留。其原因可能是在健康的反刍动物,DON 很快被瘤胃内微生物转化为低毒的脱环氧化物形式,然而如果奶牛先前存在瘤胃酸中毒,那么 DON 降解就会不完全,就会在血液里检测到 DON 的存在。

3.4 生物碱类

最显著的没有被瘤胃微生物失活的毒素是霉菌生物碱及与其相关的吡啶二喹啉类化合物。欧洲中世纪麦角生物碱中毒在动物和人类就有报道,是最早报道的霉菌毒素中毒。麦角生物碱最主要的产生菌麦角菌属能够感染所有的单子叶植物,包括谷物和草。和麦角生物碱中毒联系紧密的中毒之一是山羊茅草中毒。羊茅草经常被那些能产生大量生物碱的内寄生菌感染。生物碱当中的麦角瓦灵是毒素衡量的标准。麦角瓦灵能够起到多巴胺受体激动剂的角色,这解释了由羊茅草引起的产奶量降低、受孕率降低、体重消耗等

中毒症状。其主要中毒症状之一是对高温耐受性低,在夏季出现体温过高和脂肪坏死等病理现象。体温过高是由于外周血管收缩,是由麦角生物碱引起的一个共同症状。

豆类植物是第二大类饲料植物,侵染豆类的主要内寄生菌是导致黑斑病的豆类丝核菌。豆类丝核菌属种能够产生大量的霉菌毒素,如根霉菌胺,能够起到胆碱能受体部分激动剂作用,引起流涎症。另一种丝核菌属代谢产物苦马豆碱,能引起家畜和人共济失调、抑郁症、本体感觉性缺乏、意向性震颤等神经中毒症状。

3.5 环内酯类

玉米赤霉烯酮是环内酯类的一个代表,产生于被认为是最主要的毒素产生者——镰刀菌属。玉米赤霉烯酮在全世界范围内的玉米和玉米产品中发现,但也在燕麦、大米、黑麦、高粱和小麦中发现。玉米赤霉烯酮及其代谢产物(包括 α -玉米赤霉烯醇)能够结合雌二醇受体引起高雌激素综合症。典型症状是外阴扩展、外阴阴道炎、水肿、乳腺肿胀,青春期子宫扩大、卵巢囊肿、损伤卵母细胞成熟。尽管猪被认为是对其最为敏感的动物,但是相似的症状在幼年期的牛和小母牛(反刍前)也有出现。玉米赤霉烯酮很大程度上被转化为羟基代谢产物—— α -玉米赤霉烯醇,主要是由瘤胃原虫进行转化,但也由肝脏代谢产生。 α -玉米赤霉烯醇具有更高的与雌二醇受体的亲和力,因此被认为比其亲代更具有活性。高雌激素临床症状很少在牛上见到,仅仅能在摄取高度污染的青贮饲料或者长时间

接触污染的饲料时才发现。对这个显著差别的最为可行的解释是玉米赤霉烯醇吸收率低。

另外一种内酯衍生物是展青霉素,是由青霉菌、曲霉菌、丝衣霉属种产生的霉菌毒素。展青霉素经常存在酿酒和苹果产品中,能够导致动物的震颤、共济失调、倒卧不起等神经症状,甚至导致死亡。展青霉素是亲电子分子,能够共价结合含巯基蛋白质和氨基酸,包括谷胱甘肽。谷胱甘肽缺乏症和后续的氧化应激对暴露这些毒素下的病理变化起到促进作用。如果饲料中提供半胱氨酸可以失活这种毒素。低浓度的展青霉素在饲料中经常发现,很少能够导致这些典型神经症状,但是由于它的抗菌活性,却能对瘤胃微生物群发挥有害作用。

4 霉菌毒素对过渡期奶牛健康的影响

奶牛过渡期,包括干奶后期、分娩期、泌乳初期。在产犊前后各3周总计6周时间是动物生命周期中代谢变化最为剧烈的一段时间。由于在分娩期受到应激、疼痛、激素分泌的改变,分娩之后的前一段时间,奶牛饲料摄入量与分娩前相比减少20%,并且一直保持着低水平。同时,泌乳开始和泌乳量升高需要大量的钙和可消化能量,而饲料摄入(能量摄入)仍然很低。结果导致奶牛能量负平衡,进而导致钙储动员和体脂肪动员,这样不仅使体况下降,而且会发生脂肪肝、低钙血症、全身性酮病等代谢性疾病。如果在过渡期饲喂了含有霉菌毒素污染的饲料,就会进一步加重能量负平衡,引起相应的临床症状。霉菌毒素对过渡期奶牛健康的主要影响见表2。

表2 霉菌毒素对过渡期奶牛健康的影响

过渡期奶牛出现的症状	霉菌毒素的附加效应	霉菌毒素
围产期摄食减少	霉菌影响饲料口感和香味	霉菌产生的挥发性代谢产物
瘤胃发酵能力降低(SARA)	抗微生物活性	展青霉素、镰刀菌酸、白僵菌素、恩镰孢菌素
脂肪肝	肝损伤(胆汁郁积)肝硬化	黄曲霉毒素、烟曲霉毒素
先天性免疫损伤	先天性免疫损伤	单端孢霉烯族毒素类、赭曲霉毒素、黄曲霉毒素、霉酚酸
呼吸系统疾病发病率升高	霉菌孢子变应原和促炎细胞因子作用	霉菌烟曲霉
乳腺炎、蹄叶炎发病率升高	促炎症因子作用	单端孢霉烯族毒素类
生殖力损伤	雌激素效应	玉米赤霉烯酮及其代谢物

5 展望

奶牛对霉菌毒素的易感性很大程度上决定于瘤胃微生物对霉菌毒素的消除能力。许多霉菌毒素能够抵抗住微生物的降解作用,一些典型的由霉菌生物碱类和其它稳定在瘤胃里的霉菌毒素对奶牛健康的影响已经描述。但瘤胃内大量的微生物中,哪些菌种能

够降解哪些霉菌毒素,降解效果如何,是否具有协同作用,这些问题都没有得到确切的证明。而对于霉菌毒素的防治,是否可以利用瘤胃微生物的降解作用及其原理来防治其它动物的霉菌毒素中毒都有待于研究。

(参考文献 21 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

复合酶制剂对奶牛产奶量和乳品质的影响

杜瑞平 段智勇 劳晔 卢德勋 孙海洲

摘要 30头产奶量和泌乳天数相近的泌乳高峰期(32~100 d)头胎中国荷斯坦奶牛[BW=(520±6.44) kg],随机分为3组,每组10头,分别为对照组(不添加复合酶制剂),试验I组[添加复合酶制剂500 g/(t精料)]和II组[添加复合酶制剂1 000 g/(t精料)]。基础日粮为TMR日粮,试验期共45 d,预饲期15 d,正式试验期30 d,饲喂制度按牛场规定统一进行。试验结果表明:①复合酶制剂的两个不同水平的添加量(1 000和500 g/t)可显著提高奶牛产奶量($P<0.01$)、乳中乳脂率($P<0.05$)和乳糖($P<0.05$)含量,显著降低乳中体细胞数($P<0.01$);②在本试验条件下,使用复合酶制剂可显著增加经济效益。

关键词 复合酶制剂;奶牛;产奶量;乳成分

中图分类号 S823.9+1

酶制剂已经成功地在单胃动物的饲养中应用了数十年,但在反刍动物中还不广泛。其原因主要是有些学者担心酶蛋白会很快被瘤胃微生物降解,没有足够的时间对底物起作用,从而达不到促进消化的作用(Kopecny等,1987)。但近年来研究表明,经过筛选的木聚糖酶和纤维素酶可在瘤胃中长时间稳定地存在(Diego等,2000;Morgavi等,2001),有些外源酶甚至能通过瘤胃进入小肠(Kung,1998;Hristov等,1998)。大量的研究动物试验已经证实外源酶可以提高反刍动物对干物质和纤维物质的消化率(Beauchemin等,2000;Kung等,2000),饲养试验也证实外源酶可以提高奶牛的产奶量和日增重(Schingoethe等,1999;Kung等,2000)。

本试验所采用的是一种反刍动物专用复合酶制剂,含有纤维素酶、木聚糖酶、 β -葡聚糖酶、果胶酶和甘露聚酶等外源酶。试验的目的为研究复合酶制剂粉剂对泌乳奶牛产奶量、乳成分以及奶牛健康状况的影响。

1 材料与方法

1.1 试验动物及试验设计

选择体重和产奶量相近、体况良好、处于泌乳高峰期32~100 d的头胎中国荷斯坦奶牛30头[BW=(520±6.44) kg],随机分为对照组、试验I和II组,每组10头。3个处理中复合酶制剂的添加量分别为0、500和1 000 g/(t精料),复合酶制剂由建明工业(珠

海)有限公司提供。每日饲喂前预先将其均匀混入精饲料中,然后精粗料混合均匀制备成TMR日粮。按牛场统一管理进行试验,每日饲喂2次,自由饮水。预饲期为15 d,正式试验期为30 d。

1.2 试验日粮

全混合(TMR)日粮,饲喂量为35 kg/d,日粮组成及营养水平见表1。

表1 TMR日粮组成及营养水平(DM基础)

TMR日粮组成	含量(%)	营养水平	
青贮	42.54	NE _i (MJ/kg)	4.26
秸秆	5.26	DM(%)	64.10
玉米	25.92	CP(%)	10.31
麸皮	7.61	ADF(%)	18.37
豆粕	8.39	NDF(%)	32.51
棉粕	4.16	Ca(%)	0.73
葵粕	2.49	P(%)	0.32
石粉	1.27		
磷酸氢钙	0.64		
食盐	0.51		
预混料	0.77		
苏打	0.77		
VE	0.03		
氧化镁	0.21		
合计	100.57		

1.3 样品的测定

产奶量每天测定;乳成分(乳脂、乳蛋白、乳糖、非脂固形物)2 d测定一次;体细胞每周测定2次;每天观察奶牛的体况。饲料常规成分均按杨胜《饲料分析及饲料质量检测技术》(1993)介绍的方法进行;用福斯FT120自动测定仪测定乳成分;牛奶中体细胞数(SCC)采用体细胞计数仪测定。

1.4 数据处理

用SAS 6.12统计软件进行方差分析,并多重比较。

2 结果与讨论

杜瑞平,内蒙古农牧业科学院动物营养所,博士,010030,内蒙古呼和浩特市鄂尔多斯西路。

段智勇、劳晔,建明工业(珠海)有限公司。

卢德勋、孙海洲,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-06-24

2.1 对产奶量的影响(见图 1)

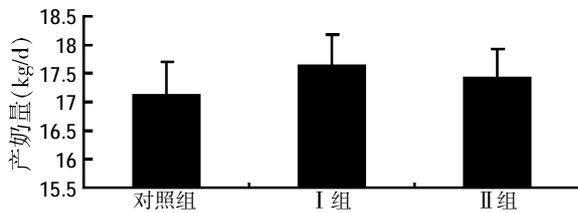


图 1 复合酶制剂对不同处理组奶牛产奶量的影响

图 1 为 3 个处理组奶牛产奶量均值的显著性分析,分析表明,添加量为 1 000 g/t 的 II 组(17.45 kg/d)和添加量为 500 g/t 的 I 组(17.66 kg/d)产奶量显著高于对照组(17.14 kg/d)($P<0.05$),分别多产 0.31 和 0.52 kg/d。大量试验表明,在奶牛精料中无论以何种形式添加纤维素酶等非淀粉多糖酶,均可促进奶牛对日粮营养物质的利用。复合酶制剂可通过提高奶牛血液中的各种营养物质的含量,增强乳腺细胞对各种营养物质的摄取能力,从而维持牛奶中各种营养物质的含量始终处于平衡状态。Lewis(1999)在以青贮或苜蓿草为主的饲料中喷洒纤维素酶和半纤维素酶饲喂奶牛,产奶量显著提高。Kung(2000)通过试验证明,在玉米青贮或以苜蓿草为主的饲料中喷洒液体羧甲基纤维素酶和木聚糖酶可以提高奶牛产奶量,但酶源和酶的用量十分关键。Schingoethe(1999)认为当给奶牛饲喂经纤维素酶和木聚糖酶处理的玉米和苜蓿混合青贮饲料时,2~4 周后产奶量提高 10.8%并持续整个试验期,但对泌乳中期奶牛的产奶量影响较小。本试验结果也同样验证了上述研究结论。

2.2 对乳成分的影响(见表 2)

表 2 不同水平复合酶制剂对奶牛乳成分的影响

项目	乳成分(%)							
	乳脂率	SD	乳蛋白	SD	乳糖	SD	非脂乳固体	SD
对照组	3.42 ^a	0.13	3.06	0.26	4.75 ^a	0.09	8.74	0.35
I 组	3.50 ^b	0.13	3.04	0.28	4.83 ^b	0.07	8.79	0.23
II 组	3.59 ^b	0.15	3.15	0.24	4.82 ^b	0.09	8.89	0.27

注:同列数据肩标不同字母表示差异显著($P<0.05$),无肩标者表示差异不显著($P>0.05$)。

从表 2 可知,同等饲养管理条件下,添加量为 1 000 g/t 的 II 组和 500 g/t 的 I 组乳脂率比对照组分别提高 4.97%和 2.34%($P<0.05$);乳蛋白含量 II 组比对照组提高 2.94%,I 组比对照组略有下降,但差异不显著;乳糖含量比对照组分别提高 1.47%和 1.68%($P<0.05$);非脂乳固体比对照组分别提高 1.72%和 0.57%。这些结果表明复合酶制剂的添加对试验奶牛的乳品质有很好的改善作用,石传林(2000)研究了在日粮中

添加复合酶制剂对泌乳牛生产性能的影响。试验组乳脂率、乳蛋白、乳糖等成分均比对照组有不同程度的提高。在其他研究者的报道中,绝大多数研究都表明复合酶制剂对奶牛产奶量有不同程度的提高作用,但对乳成分的影响却并不一致,这可能与产品的来源、最佳添加量、添加时间和添加方式等有关。

2.3 对体细胞的影响(见图 2)

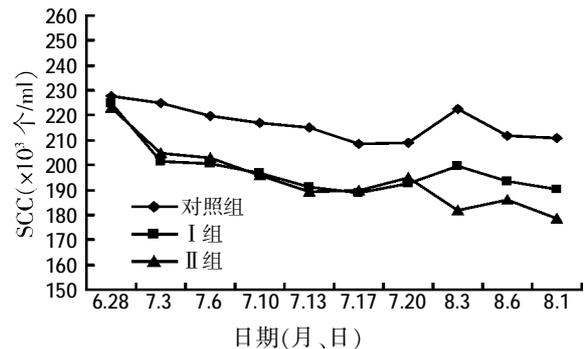


图 2 复合酶制剂对不同处理组奶牛体细胞数的影响

图 2 为 3 个处理组每周测定两次的体细胞数(SCC)。结果表明,复合酶制剂的添加可显著降低试验奶牛的体细胞数,减少乳房炎发病率,促进奶牛健康,添加量为 1 000 g/t 的 II 组和添加量为 500 g/t 的 I 组 SCC 极显著低于对照组($P<0.01$),SCC 随着复合酶制剂添加量的增加有逐渐下降的趋势。

2.4 体况观察结果

除了以上结果,试验小组成员还在试验过程中观察到了许多明显的试验牛群体况和发育方面的特征性变化,试验前和试验初期牛群整体毛不顺,色暗且老毛不退,膘情偏瘦弱,体况评分大多在 2.5 以下,发情率很低,采食速度一般,挑食现象明显;试验中、后期则发现牛群整体呈现毛色较光滑整齐,膘情也有所改善,体况评分大多在 3 以上,有的达到 3.5 以上,且发情率明显提高,试验结束时,约 80%发情,另外采食速度明显加快,几乎没有剩料。这些观察结果充分表明本试验中复合酶制剂不仅提高了产奶量,改善了乳品质,还很好地促进和改善了牛群的体况及发育情况。

2.5 经济效益分析(见表 3)

由表 3 可知,添加量为 500 g/t 的 I 组和添加量为 1 000 g/t 的 II 组每天每头牛纯利润比对照组分别提高 1.03 元和 0.21 元,对于规模化的奶牛养殖场而言,不仅直接的牛奶利润可大幅提高,而且使用复合酶制剂后奶牛体况和发育的改善使得奶牛利用年限的延长,也会间接提高养殖利润。

HPLC 法测定饲料中维生素 B₂ 的不确定度评定

陈枫 黄海 陶利明 徐明芳

测量的目的是为了确定被测量的量值,但由于测量的不完善和人们认知的不足,所得的量值具有分散性。通过分析和评定测量过程中产生的不确定度,得出一个可信区间,从而为评价检测结果的质量提供依据,尤其检测结果在临界值附近,难以判定是否合格时,不确定度显得尤为重要,因而测量不确定评定是检测和校准实验室必不可少的工作之一。本文以高效液相色谱法测定饲料中 VB₂ 含量为例,对测量过程中产生的不确定度分量进行分析和评估,从而评定其不确定度。

1 测定过程

按 GB/T 14701—2002 《饲料中维生素 B₂ 的测定 高效液相色谱法》的规定,准确称取复合预混合饲料 2.000 0~5.000 0 g,精确至 0.000 1 g,置于 100 ml 棕色容量瓶中,加入 2/3 体积的提取液,在超声波提取器中超声提取 20 min,待温度降至室温后用提取液定容至刻度,过滤。取部分清澈的溶液过 0.22 μm 滤膜,浓

度约为 2.0~20 μg/ml,上高效液相色谱仪测定。

2 建立数学模型

$$\text{预混料中维生素 B}_2 \text{ 含量 } w = \frac{C \times 100}{m} \times \frac{10^3}{10^3}$$

式中: w ——试样中维生素 B₂ 含量(mg/kg);

m ——试样质量(g);

C ——标准溶液浓度(μg/ml)。

3 不确定度分量的主要来源及其分析

高效液相色谱法测定复合预混合饲料中维生素 B₂ 含量的不确定度主要有以下六个来源:①标准物质 $u_{rel(1)}$;②样品制备 $u_{rel(2)}$;③曲线拟合 $u_{rel(3)}$;④重复性实验(随机)变化 $u_{rel(4)}$;⑤试剂空白 $u_{rel(5)}$;⑥仪器定量测量重复性 $u_{rel(6)}$ 。因此,相对合成不确定度为:

$$u_{rel(c)} = \sqrt{u_{rel(1)}^2 + u_{rel(2)}^2 + u_{rel(3)}^2 + u_{rel(4)}^2 + u_{rel(5)}^2 + u_{rel(6)}^2}$$

4 标准不确定度的评定

4.1 标准溶液配制引起的不确定度

称取标准品 0.100 0 g,用甲醇将标准品溶解定容至 100 ml,配制成浓度为 1 mg/ml 的贮备液。用 5 ml 移液管吸取 5.00 ml,定容至 50 ml,配制成浓度为 100 μg/ml 的标准溶液,并依次配制出浓度为 2、4、8、20、40、100 μg/ml 的标准溶液。现以 100 μg/ml 为例,进行不确定度评定。

4.1.1 标准品

陈枫,江苏省农产品监督检验测试中心苏州分中心(吴江),工程师,215200,江苏省吴江市鲈乡北路 399 号。

黄海、陶利明、徐明芳,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-06-02

表 3 添加不同水平复合酶制剂后的经济效益比较

项目	添加剂量(g/t)	平均产奶量[kg/(头·d)]	奶单价(元/kg)	牛奶收入[kg/(头·d)]	添加剂成本[kg/(头·d)]	纯利润[kg/(头·d)]
对照组	0	17.12	2.6	44.512	0	0
I 组	500	17.63	2.6	45.838	0.3	1.03
II 组	1 000	17.43	2.6	45.318	0.6	0.21

注:添加剂目前市场单价 60 元/kg,奶价为试验时市场价。

3 结论

本试验中,复合酶制剂的添加提高了试验奶牛的产奶量,改善了乳品质,降低了乳中体细胞数,从而增加了奶牛养殖经济效益,并改善了奶牛健康状况。

参考文献

[1] Beauchemin K A, L. M. Rode, M. Maekawa, et al. Evaluation of a non-starch polysaccharidase feed enzyme in dairy cow diets [J]. Dairy Sci., 2000, 83:543-553.

[2] Diego P M, C.N. James, E.B. David. Stability and stabilization of potential feed additive enzymes in rumen fluid [J]. Enzy. Microb. Technol., 2000(26): 171-177.

[3] Hristov A N, T. A. McAllister, K. J. Cheng. Stability of exogenous

polysaccharide-degrading enzyme in the rumen[J]. Anim. Feed Sci. Technol., 1998, 76:161-168.

[4] Kopenec J, Marounek M, Holub K. Testing the suitability of the addition of Trichoderma viride cellulases to feed rations for ruminants[J]. Zivocisna viroba, 1987,32:57-63.

[5] Kung L. Direct-fed microbials and enzymes for dairy cows. TX-ANC, 1998:69-77.

[6] Kung L, Jr, R. J. Treacher, G. A. Nauman, et al. The effect of treating forages with fibrolytic enzymes on its nutritive value and lactation performance of dairy cows[J]. J. Dairy Sci., 2000, 83:115-122.

[7] Schingoethe D J, G. A. Stegeman, R. J. Treacher. Response of lactating dairy cows to a cellulase and xylanase enzyme mixture applied to forage at the time of feeding[J]. J. Dairy Sci., 1999, 82: 996-1 003. (编辑:张学智, mengzai007@163.com)

维生素 B₂ 标准对照品为 FLUCA 公司提供, 根据标准证书的规定使用, 由此导致的不确定度忽略不计。

4.1.2 称重

称取标准品 0.100 0 g, 天平(型号 ALC-1100.2)精确至 0.000 1 g, 天平的检定证书给出 MPE 为 ±0.03 mg, 由于标准对照品的称量是二次称重过程, 取矩形分布, 则天平 MPE 导致的不确定度

$$u_{(m)} = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.0173 \text{ mg}$$

$$u_{\text{rel}(m)} = \frac{0.0173}{100} = 1.73 \times 10^{-4}$$

4.1.3 1 mg/ml 标准贮备液的不确定度

用流动相将标准品溶解定容至 100 ml, 100 ml 容量瓶的 MPE 为 ±0.1 ml, 容量瓶和溶液的温度与校正时的温度不同引起的体积不确定度[实验温度为 (20±2) °C; 由于液体的膨胀体积明显大于玻璃, 因此, 只考虑前者即可, 水的体积膨胀系数为 2.1×10⁻⁴/°C]。

$$\text{定容 } u_{(V \text{ 定})} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.0577 \text{ ml}$$

$$\text{温度 } u_{\text{rel}(T)} = \frac{100 \times 2 \times 2.1 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 0.0242 \text{ ml}$$

$$u_{\text{rel}(100 \text{ ml})} = \frac{\sqrt{0.0577^2 + 0.0242^2}}{100} = 6.26 \times 10^{-4}$$

4.1.4 稀释时 5 ml 移液管引起的的不确定度

按 JJG196—1990 规定, 20 °C 时, 5 ml 移液管 MPE 为 ±0.015 ml, 引起的不确定度分别为:

$$\text{移液 } 5 \text{ ml } u_{(V \text{ 移})} = \frac{0.015}{\sqrt{3}} = 0.00866 \text{ ml}$$

$$\text{温度 } u_{\text{rel}(T)} = \frac{5 \times 2 \times 2.1 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 0.00121 \text{ ml}$$

$$u_{\text{rel}(5 \text{ ml 移})} = \frac{\sqrt{0.00866^2 + 0.00121^2}}{5} = 1.75 \times 10^{-3}$$

4.1.5 稀释时 50 ml 容量瓶引起的的不确定度

按 JJG196—1990 规定, 20 °C 时 50 ml A 级容量瓶的 MPE 为 ±0.05 ml, 引起的不确定度为:

$$\text{定容 } 50 \text{ ml } u_{(V \text{ 定})} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.0289 \text{ ml}$$

$$\text{温度 } u_{\text{rel}(T)} = \frac{50 \times 2 \times 2.1 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 0.0121 \text{ ml}$$

$$u_{\text{rel}(50 \text{ ml})} = \frac{\sqrt{0.0289^2 + 0.0121^2}}{50} = 6.27 \times 10^{-4}$$

$$u_{\text{rel}(100 \mu\text{g/ml})} =$$

$$\sqrt{(1.73 \times 10^{-4})^2 + (6.26 \times 10^{-4})^2 + (1.75 \times 10^{-3})^2 + (6.27 \times 10^{-4})^2}$$

$$= 1.97 \times 10^{-3}$$

按上述步骤计算: 2、4、8、20、40、100 μg/ml 标准溶液的配制过程的相对不确定度。结果显示 100 μg/ml 浓度标准溶液的不确定值最大, 计算时 $u_{\text{rel}(1)}$ 取 1.97×10^{-3} 。

4.2 样品制备过程引入的不确定度

4.2.1 取样

本实验将预混料充分混匀后随机取样, 可认为样品是均匀的, 代表性充分, 由此所致的不确定度忽略不计。

4.2.2 称重

按方法要求, 称重样品 5.000 0 g, 天平的检定证书给出 MPE 为 ±0.03 mg (0.01 g) m 由于样品的称量是二次称重过程, 取矩形分布, 则天平 MPE 导致的不确定度

$$u_{(m)} = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.0173 \text{ mg}$$

$$u_{\text{rel}(m)} = \frac{0.0173}{5.0000} = 3.46 \times 10^{-6}$$

4.2.3 样品定容稀释

样品经提取后定容至 100 ml, 20 °C 时 100 ml A 级容量瓶的 MPE 为 ±0.10 ml, 引起的不确定度为

$$u_{(V \text{ 定})} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.0577 \text{ ml}$$

$$\text{温度 } u_{\text{rel}(T)} = \frac{100 \times 2 \times 2.1 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 0.0242 \text{ ml}$$

$$u_{\text{rel}(100 \text{ ml})} = \frac{\sqrt{0.0577^2 + 0.0242^2}}{100} = 6.26 \times 10^{-4}$$

因此, 样品定容稀释合成的相对不确定度为

$$u_{\text{rel}(2)} = \sqrt{(3.46 \times 10^{-6})^2 + (6.26 \times 10^{-4})^2} = 6.26 \times 10^{-4}$$

4.3 曲线拟合所产生的不确定度

标准溶液的浓度-吸收峰面积拟合的校准曲线可以利用统计程序计算求得标准溶液浓度(C)时所产生的不确定度。本实验采用 6 个浓度水平的维生素 B₂ 标准溶液, 用高效液相法分别测定 2 次, 相应的峰面积值 y, 得到直接方程 $y = a + bC$ (a 为截距, b 为斜率) 和其相关系数 γ, 见表 1。

表 1 标准工作溶液峰面积的测定值

标准溶液 C(μg/ml)	峰面积	
2.000	53 810	53 880
4.000	92 340	92 380
8.000	194 809	195 300
20.000	480 040	486 600
40.000	948 605	948 655
100.000	2 386 324	2 386 344

由表 1 中数据进行线性拟合得线性方程: $Y =$

2.43×10³+2.38×10⁴C(γ=0.999 8,a=2.43×10³,b=2.38×10⁴)

$$u_{(3)} = \frac{S_{(y)}}{b} \sqrt{\frac{1}{\rho} + \frac{1}{n} + \frac{(C_0 - \bar{C})^2}{S_{CC}}}$$

$$= \frac{5.35 \times 10^3}{2.38 \times 10^4} \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{12} + \frac{(6.7498 - 29)^2}{7038}}$$

$$= 0.134 \mu\text{g/ml}$$

式中: $S_{(y)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [y_j - (a + bC_j)]^2}{n-2}} = 5.35 \times 10^3$, 标准溶液峰

面积的残差的标准差;

$$\bar{C} = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{n} = 29 \mu\text{g/ml}, \text{标准溶液平均浓度};$$

$$S_{CC} = \sum_{j=1}^n (C_j - \bar{C})^2 = 7038, \text{标准溶液浓度的残差};$$

$C_0 = 6.7498 \mu\text{g/ml}$, 待测液的平均质量浓度, 由直线方程求得;

$n = 12$, 标准溶液的测量次数

$\rho = 5$, C_0 的测量次数

因此, 曲线拟合的相对合成不确定度为

$$u_{\text{rel}(3)} = \frac{u(C_0)}{C_0} = \frac{0.134}{6.7498} = 1.99 \times 10^{-2}$$

4.4 重复性实验

在重复性条件下, 对预混料中维生素 B₂ 含量进行了 5 次独立测试, 含量分别为 128.498、124.843、140.185、135.424、146.026 mg/kg, 则维生素 B₂ 含量的算术平均值

$$\bar{\omega} = \frac{\sum \omega_i}{n} = 134.995 \text{ mg/kg}$$

$$u_{\text{rel}(c)} = \sqrt{u_{\text{rel}(1)}^2 + u_{\text{rel}(2)}^2 + u_{\text{rel}(3)}^2 + u_{\text{rel}(4)}^2 + u_{\text{rel}(5)}^2 + u_{\text{rel}(6)}^2}$$

$$= \sqrt{(1.97 \times 10^{-3})^2 + (6.26 \times 10^{-4})^2 + (1.99 \times 10^{-2})^2 + (2.84 \times 10^{-2})^2 + (1.70 \times 10^{-2})^2} = 0.0387$$

7 扩展不确定度

在没有特殊要求的情况下, 按国际惯例, 测量结果的扩展不确定度包含因素 k 取 2, 则相对扩展不确定度计算如下。

合成标准不确定度 $u_c = u_{\text{rel}(c)} \times \bar{\omega} = 0.0387 \times 134.995 = 5.224 \text{ mg/kg}$

扩展不确定度 $U = k \times u_c = 2 \times 5.224 = 10.448 \text{ mg/kg}$

8 结果报告

按 GB/T 14701—2002, 高效液相色谱法重复 5 次测定预混料中维生素 B₂ 含量平均值 = (134.995 ± 10.448) mg/kg, k=2。

单次测量的不确定度 $u_{(\omega_i)} = S(\omega_i)$

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i - \bar{\omega})^2}{n-1}}$$

$$= 8.574 \text{ mg/kg}$$

算术平均值的不确定度

$$u(\bar{\omega}) = \frac{S}{\sqrt{N}} = \frac{8.574}{\sqrt{5}} = 3.834 \text{ mg/kg}$$

因此, 重复性实验的相对合成不确定度为

$$u_{\text{rel}(4)} = u_{\text{rel}(\bar{\omega})} = \frac{u(\bar{\omega})}{\bar{\omega}} = \frac{3.834}{134.995} = 2.84 \times 10^{-2}$$

4.5 试剂空白

本实验所用试剂均为色谱纯, 符合测定要求, 因而扣除空白所致的微小变化产生的影响很小, 可忽略不计。

4.6 仪器定量测量重复性

定量测定重复性的不确定度 $u_{\text{rel}(6)} = 1.7 \times 10^{-2}$, 由仪器的校准证书提供。

5 不确定度分量列表(见表 2)

表 2 预混料中维生素 B₂ 含量不确定度分量值

序号	符号	来源	评定方法/分布	U_{rel}
1	$U_{\text{rel}(1)}$	标准物质稀释过程	B 类/正态分布	1.97×10^{-3}
2	$U_{\text{rel}(2)}$	样品制备过程	B 类/矩形分布	6.26×10^{-4}
3	$U_{\text{rel}(3)}$	曲线拟合	A 类	1.99×10^{-2}
4	$U_{\text{rel}(4)}$	重复性	A 类	2.84×10^{-2}
5	$U_{\text{rel}(5)}$	试剂空白	—	0
6	$U_{\text{rel}(6)}$	仪器定量测量重复性	B 类/正态分布	1.7×10^{-2}

6 相对合成标准不确定度

9 应用说明

本例通过预混料中维生素 B₂ 含量的重复性测试结果计算实验标准差, 同时对测试过程系统效应产生的不确定度分量进行了评估, 最后计算相对合成不确定度, 求出预混料中维生素 B₂ 含量的扩展不确定度。实验室可利用标准物质或其它性质较稳定的样品, 在重复性条件下至少独立测试 3 次以上, 计算实验标准差, 即可按上述程序评定被测量的不确定度。本评定模式也适用高效液相色谱法测定其它元素的不确定度评估。

(参考文献若干篇, 刊略, 需者可函索)

(编辑: 张学智, mengzai007@163.com)

微波消解快速测定饲料中的重金属铅、镉

徐 竞

摘 要 试验建立了一种快速测定饲料中痕量铅、镉重金属的方法。饲料样品用硝酸及过氧化氢消解并采用微波加热,试液中铅和镉用 GF-AAS 法测定,所得分析结果与常规法相比。该方法具有更好的准确度和精密度。

关键词 微波消解;饲料;铅;镉

中图分类号 TS212.7

随着经济的发展,环境污染日益严重,和人们身体健康密切相关的饲料也不能幸免,这其中,重金属有毒元素铅、镉超标最为引人注目。饲料安全问题已成为政府有关部门乃至普通百姓关注的焦点,国家对有毒重金属铅和镉的含量有严格限量,也是国家例行监测的重要指标。

目前,重金属的测定多采用石墨炉原子吸收法^[1]。其样品前处理方法通常是干灰化法或湿消解法,这种方法的缺点是操作繁琐,试剂用量较大,危险性高,易受沾污和损失,测定周期较长,影响因素多,测定的准确度不易控制^[2]。微波消解是一种新的样品消解方式,它与传统的加热方式不同,能加热所有的样品溶液而不加热容器,能使溶液快速沸腾,还能引起酸与样品之间较大的热对流,搅动并清除已消解的不活泼样品表层,使酸与样品更好接触,达到快速消解的目的,其优点是消解速度快,试剂用量少,操作简单安全,大大减少易挥发元素的损失和实验环境对样品的污染,降低了空白值,提高了方法的灵敏度和准确度^[3]。

本文采用微波消解对新鲜饲料进行样品消化处理,石墨炉原子吸收法测定了饲料中的铅、镉含量,并和常规方法进行了比较。

1 材料与方 法

1.1 试验样品

饲料由南阳市正大饲料有限公司提供。

1.2 仪器与试剂

仪器:具有 MP R-600/12 的微波消解系统(Milestone 公司);Varian220 石墨炉原子吸收分光光度计(带自动进样器);恒温电热板。仪器工作条件见表 1、表 2、表 3。

徐竞,河南省南阳市建发工程有限公司,工程师,473000,河南省南阳市工农北路。

收稿日期:2008-06-02

表 1 微波消解仪的消解程序

项目	时间(min)	功率(W)	压强	温度(℃)
第 1 步	1	250	常压	150
第 2 步	1	0	常压	180
第 3 步	6	250	常压	200
第 4 步	5	300	常压	200
第 5 步	5	500	常压	210

表 2 石墨炉原子吸收分光光度计工作条件

项目	波长(nm)	灯电流(mA)	光谱通宽(nm)	测定方式	背景校正
Pb	283.3	10	0.5	峰高	氘灯
Cd	228.8	4	0.5	峰高	氘灯

表 3 石墨炉升温程序(℃)

项目	干燥温度	灰化温度	原子化温度	净化温度
Pb	90	500	2 100	2 100
Cd	90	500	1 850	1 850

试剂:超纯水(或二次去离子水)、优级纯硝酸、高氯酸、分析纯过氧化氢(30%),基体改进剂为磷酸二氢铵溶液(10 g/l);铅标准贮备液(1 000 mg/l)、镉标准贮备液(1 000 mg/l),用时稀释至所需浓度;甘蓝(GB W08504)、杨树叶(GB W07604)为国家标准物质。

1.3 样品消解方法

本试验中,饲料样品中含有大量的有机物,与硝酸和过氧化氢体系反应非常剧烈,直接进行微波消解会因压力升高过快而喷出^[4],出于安全考虑,先将样品置于 90 ℃水浴加热 30 min 进行预消解,然后再采用微波消解的前处理。

选取有代表性的试样,粉碎通过 0.28 mm 孔筛,密封保存。

称取饲料试样 0.5 g(准确到 0.000 1 g),置于溶样罐的聚四氟乙烯内芯中,加入浓硝酸 5 ml,浸泡过夜,第二天加入双氧水 2 ml,轻轻晃动几下使混合均匀,盖好罐盖,放入水浴锅中,90 ℃加热 30 min,取出,擦干,套紧外罐,放入微波消解仪。设置消解分析条件,

消解完毕取出消解罐,冷却后开罐,将消解液于电热板上赶尽残酸,用0.2%硝酸转移至25 ml容量瓶中,定容,上机测定。

2 结果与讨论

2.1 与常规方法比较

称取0.5 g左右饲料样品,分别按微波消解法和常压下湿式消解法处理样品,定容后上机测定,测定结果见表4,并对两种方法进行t检验。由 $t_{0.05,5}=2.571$ 可以看出,Pb、Cd的t值均小于 $t_{0.05,5}$,说明微波消解与湿法消解测定结果无显著性差异。

表4 微波消解法与湿式消解法分析结果

项目	微波消解法测定值		常压湿式消解法测定值		t检验值	
	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd
1	0.082	0.035	0.077	0.032		
2	0.072	0.041	0.066	0.037		
3	0.107	0.082	0.096	0.079	1.028	0.518
4	0.115	0.054	0.105	0.050		
5	0.059	0.061	0.064	0.057		
6	0.097	0.031	0.088	0.028		

2.2 方法的精密度试验

称取0.5 g样品,用微波消解法预处理并上机测定,每个样品做6次平行试验,测定结果见表5。

表5 方法的精密度试验

项目	元素	测定值(mg/kg)						平均值(mg/kg)	标准差	相对标准差(%)
		1	2	3	4	5	6			
杨树叶	Pb	1.52	1.61	1.58	1.64	1.54	1.56	1.60	0.044 6	2.8
	Cd	0.34	0.36	0.31	0.35	0.33	0.32	0.33	0.018 7	5.6
甘蓝	Pb	0.32	0.36	0.33	0.35	0.33	0.34	0.34	0.014 7	4.3
	Cd	0.034	0.32	0.029	0.033	0.030	0.031	0.032	0.001 9	5.9
饲料	Pb	0.14	0.15	0.17	0.14	0.16	0.14	0.15	0.012 6	8.4
	Cd	0.08	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.09	0.007	8.2

2.3 方法的准确度试验

分别称取0.5 g左右杨树叶标准物质(GB W076040)、甘蓝标准物质(GB W08504),按微波消解法进行前处理,上机测定,测定值均在标示值范围内,结果见表6。用同方法对杨树叶标样、甘蓝标样和饲料样品进行加标回收试验,测定结果见表7,测得的回收

率分别是98.5%、102%、104%、100%、95.0%、105%。

表6 两种标准物质的微波消解法测定结果(mg/kg)

项目	标准值1		标准值2	
	Pb	Cd	Pb	Cd
杨树叶	1.5	0.32	1.4	0.33
甘蓝	0.28	0.029	0.29	0.032

表7 加标回收率试验

项目	元素	原测定值($\mu\text{g/g}$)	加入量($\mu\text{g/ml}$)	测定值($\mu\text{g/g}$)	回收值($\mu\text{g/g}$)	回收率(%)
杨树叶	Pb	1.6	2.0	3.57	1.97	98.5
	Cd	0.34	0.50	0.85	0.51	102.0
甘蓝	Pb	0.30	0.50	0.82	0.52	104.0
	Cd	0.031	0.05	0.080	0.050	100.0
饲料	Pb	0.16	0.20	0.35	0.19	95.0
	Cd	0.10	0.20	0.31	0.21	105.0

3 结论

微波消解法能大大缩短消化时间,提高工作效率,有效节约试剂,降低试验的危险性,减少对环境造成的污染^[1]。利用微波消解法采用硝酸-过氧化氢体系进行消解,利用它们反应产生高能态氧(新生态氧)的作用,消解溶液清澈,精密度和准确度较高,效果良好。

参考文献

[1] 刘鸣. 石墨炉原子吸收分光光度法测定土壤和植物中的微量镉[J]. 农业环境与发展, 1996, 13(2): 40-41.

[2] 于峰, 金秀华, 白梅, 等. 石墨炉原子吸收法测定食品中铅和镉[J]. 理化检验——化学分册, 1996, 32(1): 34-35.
 [3] 王爱月, 李永利. 微波消解法测定食品中砷、汞元素研究[J]. 河南预防医学杂志, 2002, 13(2): 106-108.
 [4] 孙玉岭, 刘景振. 微波溶样在元素检测方面的应用研究[J]. 中国公共卫生, 2002, 18(2): 231-232.
 [5] 牟仁祥, 陈铭学, 朱智伟, 等. 微波消解原子荧光光谱法测定饲料中痕量汞[J]. 光谱学与光谱分析, 2004, 24(2): 236-237.

宠物犬蛋白质营养研究进展

郑建婷 淡瑞芳 郑中朝

蛋白质营养一直是动物营养学的重点研究领域,研究的目标集中于如何提高动物蛋白的生产水平和效益,缓解蛋白饲料紧缺的矛盾,控制日益严重的环境氮污染。

1 蛋白质的功能和组成

蛋白质是一切生命的物质基础,是细胞的重要组成部分,同时也是机体内功能物质的主要成分,是组织更新和修补的主要原料;蛋白质还可供能和转化为糖、脂肪。同时,蛋白质又是氨基酸的聚合物,氨基酸数量、种类和排列顺序的变化组成各种不同的蛋白质。因此,蛋白质的营养实际上是氨基酸的营养。对于宠物犬,研究犬蛋白质需要是制定犬营养需要和饲料配方的基础。

2 犬蛋白质营养价值的评定

所谓蛋白质的营养价值,是指饲料蛋白质被动物机体消化、吸收和利用,能满足动物机体蛋白质营养需要的程度。不同的饲料蛋白质因其组成与性质不同,营养价值也不一样,各种饲料蛋白质营养价值的高低,主要取决于其中蛋白质的含量及其组成和性质,特别是其中必需氨基酸的含量和比例(吴晋强,1999)^[1]。

每种蛋白质营养价值的高低,主要看含必需氨基酸成分的多少。成年犬的必需氨基酸有苏氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、组氨酸、蛋氨酸、色氨酸、异亮氨酸、赖氨酸和亮氨酸。由于体内蛋氨酸能合成胱氨酸,苯丙氨酸能合成酪氨酸。因此,若饲料中缺乏非必需氨基酸必然要用必需氨基酸来合成,这样就增加了必需氨基酸的需要量,所以也不能轻视非必需氨基酸的重要性。近些年来对正在生长发育犬的必需氨基酸的需要进行了大量的研究,它们对氨基酸的需要远远超过成年犬。此外,精氨酸也是正在生长发育犬的必需氨基

酸,成年犬要求日粮中有精氨酸源即可。

3 日粮蛋白质缺乏或过剩对犬的影响

日粮中应保持一定的蛋白质水平,蛋白质缺乏可能是高质量蛋白质或特别氨基酸不足引起的。蛋白质缺乏的结果是非特异的,很多方面难以与不平衡或能量限制的结果相区别。蛋白质不足除生产性能低下,生长缓慢、消瘦,对疾病抵抗力降低和体重下降外,还可能带来食欲下降和血红蛋白的合成减少。

4 影响犬蛋白质需要的因素

犬需要饲料供给其为获得最佳生产性能,而组织合成的量不能满足的特别氨基酸。蛋白质的维持需要受许多因素的影响,包括应激的程度。

4.1 年龄

生长犬除需要蛋白质用于基本的生命活动(维持需要)外,为了生长还需要沉积蛋白质(生长需要),而成年犬已停止生长,即停止对蛋白质的净沉积。因此,以体重或代谢体重为基础,生长犬对蛋白质的需要量远远高于成年犬。通常饲料含17%的蛋白质便能满足成年犬的维持需要。在饲料含20%脂肪的前提下,25%蛋白质能满足生长小狗需要;而脂肪含量在30%时,其蛋白质则需要升至29%。

尽管给年长的犬推荐的蛋白质较低,但对喂以过量蛋白质的结果还没有明确的认识,绝大部分剩余的蛋白质必须通过肝脏代谢,其最终产物(主要是尿素)随后从肾脏排泄,高蛋白饲料增加了这些组织的负担,试验表明参加试验的犬至少有一半有一定程度的间质性肾炎;而8岁或更老的犬则高达80%,过量蛋白质消费的结果是增加排尿,这可能是舍饲犬存在的一个问题。

4.2 生产目的

一般犬的饲料中含蛋白质16%(以干物质为基础)就可以满足对氨基酸的需要。但对于配种、妊娠和哺乳期的犬应将蛋白质水平提高到21%~23%,这是一个保险幅度。额外增加的蛋白质有利于产生抗体,以提高机体对疾病的抵抗力。大多数犬的蛋白质水平都超过了犬的需要,这对青年犬不会造成危险;对于有病的犬则导致肝脏负担过重;并损害老龄犬的血液循环。因为饲喂高蛋白饲料,导致其体液和组织中

郑建婷,甘肃农业大学动物科学技术学院,730070,甘肃兰州。

淡瑞芳(通讯作者),江苏畜牧兽医职业技术学院。

郑中朝,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-06-28

积累过量氮而损害犬的肾脏和肝脏。为了降低蛋白质过高给犬带来的负担,在老龄犬的干食物中,全价蛋白质宜限量在 16%。

5 国外学者对犬蛋白质需要的研究

高蛋白质日粮(蛋白质含量是最小需要量的 2 倍,即为干物质的 22%)常常被认为对犬有害^[2-4]。然而, Kronfeld 等(1977)通过对雪橇犬日粮添加不同水平的碳水化合物的研究发现,即使是高蛋白日粮,对尿素、肌氨酸酐、胆红素、红血球、淀粉酶,特别是碱式磷酸酶的综合观察并未发现有肝肾功能紊乱的迹象。这与之前对此的短期观察的结果^[5]相一致。另外 Kronfeld 等还发现身体的物理训练可以提高肾功能,如肾小球滤过率。因此,剧烈的运动训练期间,犬对食入的高蛋白有较强的忍耐力。

Bernard Humbert 等(2002)通过对犬采食后吸收阶段蛋白质水平对蛋白质代谢影响的研究,报道不管蛋白质水平是多少,吸收后机体蛋白质氧化的整个水平保持不变。但在日粮能量及蛋白质水平从 17.97 kJ/g、7.66 g/(MJ ME)改变到 15.68 kJ/g、23.9 g/(MJ ME)时,蛋白质氧化水平有上升的趋势。适宜的蛋白质水平对蛋白质周转无显著影响,但在高的蛋白质水平的基础上增加日粮蛋白质将减少整个机体的蛋白质周转,蛋白质合成和分解将减少,而蛋白质氧化无重大改变。未满一岁的幼犬其日粮蛋白质水平和与氨甲基环乙烷甲酸和氨基酸氧化有关的酶的活性有关^[6]。在近期的研究中,未观察到日粮蛋白质水平对蛋白质氧化有什么影响。Bernard Humbert 等的试验同时显示出像在人的研究中一样,低蛋白日粮对缺少食物的犬的蛋白质合成和分解无重大影响,然而增加日粮蛋白质水平将显著的减少蛋白质分解和合成。我们评定吸收后蛋白质的分解和合成可以反映出犬对日粮适应性的残留效应,这在人上还未发现。Pannemans 等报道,犬对日粮蛋白质水平的适应是不同的,取决于这个水平比需要量低还是高。当日粮蛋白质水平低于需要量时,日粮蛋白质通过显著地减少蛋白质分解而优先用于机体存留氨基酸;当日粮蛋白质过量而超过需要量时,过量氨基酸造成中毒而且不能被机体存留,而有被迅速分解代谢的倾向。在这种情况下,外源蛋白质过高使氨基酸代谢超负荷,以至于内源蛋白质(体蛋白分解)流量减少,从而使蛋白质流量不再增加。总之,对整个机体禁食 24 h 后的蛋白质代谢的评定不能指示对日粮蛋白质水平可能发生的反应的调整。然

而,现在的研究表明:在犬上蛋白质的氧化和周转被不同的机制所调节,并且日粮蛋白质水平在蛋白质周转比在蛋白质氧化上具有更多的持久效应。这些数据表明:尽管日粮蛋白质水平对整个机体蛋白质氧化无残留作用,但日粮蛋白质水平在禁食 24 h 后对整个机体的蛋白质周转仍然起作用。这个实验发现,这两种途径被不同时间过程的两个单独机制所控制,这种控制蛋白质氧化的特殊机制还不清楚。Humbert 等(未发表的数据)报道:可能是通过胃内给予谷氨酸限制氨基酸氧化,并且在分解亢进的犬的饲喂状态下对整个机体氨基酸表现保守效应。然而,当氨基酸静脉供给时,谷氨酸的合成代谢作用在没有食物的分解亢进的犬上还未被发现^[7]。

对母犬的分类研究表明,日粮蛋白质水平显著地影响产奶量^[8]。母犬的乳中也含有大量的脂肪,所以当饲喂含有丰富的蛋白质和脂肪的日粮时,母犬可以达到产奶量的最大遗传潜力。对参加竞赛的雪橇犬的研究表明:维持红细胞正常,需要有占有效能 32% 的高质量蛋白质^[9]。老年犬可能比年纪小的成年犬需要更高的日粮蛋白,这不仅因为要用来最大限度地沉积体组织蛋白,而且像人类一样因为其蛋白利用效率降低并且处在压力的可能性增加^[10]。

Barbul(1986)报道,精氨酸是犬的一种必需氨基酸,它的作用表现在:提高细胞免疫力,伤口愈合能力和维持氮平衡。

Lacey、Wilmore(1990)和 Mobrahan(1992)报道,谷氨酸是快速分裂细胞(包括肠上皮细胞)的主要能源物质(Critical Care of the Dog),是重要的酶作用底物。谷氨酸缺乏会导致小肠绒毛萎缩,并且威胁到粘膜屏障,最终导致细菌入侵和脓血症。谷氨酸是一种在血液和其它组织中普遍存在的数量很多的氨基酸。谷氨酸有多种功能,包括:在酸平衡中起重要作用,是嘌呤和嘧啶的前体物质;在消除放射性污染中起重要作用,是组织间的氮转载体;肝脏蛋白质合成的调控者,在一些组织中提供呼吸能。内脏粘膜 IgA 分泌细胞的维持依赖谷氨酸,因此需要足够的谷氨酸供应来确保完整的肠粘膜屏障。谷氨酸对犬而言并不是必需氨基酸,但在犬处于压力和损伤状态下,谷氨酸的合成不足以满足胃肠道对其代谢和摄取的增加。谷氨酸因此被描述成条件性必需氨基酸。

Dietmar Ranz 等(2002)报道,商品犬粮中,用于幼犬的代乳料中缺乏必需氨基酸,导致幼犬发生营养性

白内障,主要是精氨酸、苯丙氨酸和组氨酸的不足。一项对代乳料的分析表明,根据美国 NRC 和欧洲 AAFCO、FEDLAF^[11-13]的需要量配制的代乳料足以满足各种必需氨基酸的需要,而对商品代乳料的分析表明其中蛋白质和精氨酸的含量均低于母犬的母乳,精氨酸的含量甚至低于母犬乳的一半。Backus 等(2000)^[14]报道,根据 AAFCO 规定提供的必需氨基酸并不是对于所有品种的幼犬都合适,特别是大型品种像纽芬兰犬,其对必需氨基酸蛋氨酸有较高的需要。

6 国内学者对宠物犬蛋白质需要的研究成果

国内目前对宠物犬蛋白质需要量的相关研究报道很少,仅见刘源等(2002、2001)用国内常用的多种蛋白原料配合日粮分别饲喂生长比格犬和成年比格犬,确定其对蛋白质和可消化蛋白质的需要量,结果表明:在犬的生长性能上,增重随日粮蛋白质供给水平升高而增加,差异显著($P<0.05$);在蛋白质消化率和蛋白质存留上,在进食低蛋白日粮时,蛋白质消化率也低($P<0.05$),随着进食蛋白质水平提高,可消化蛋白质增加,存留蛋白质也增加,但日粮蛋白质水平达到 21.3%以上后,组间存留蛋白质表现差异无显著性($P>0.05$)^[15]。而在成年比格犬,每天总氮最低需要量为 4.29 g/d,蛋白质最低需要量为 26.81 g/d,每天最低可消化氮需要量为 2.12 g/d,最低可消化蛋白质需要量为 13.25 g/d。高于国外文献报道的用单一蛋白源(如乳蛋白、酪蛋白、牛血清蛋白等)^[16]获得的数据,这缘于蛋白质消化率不同和蛋白质品质的差异。因此,以天然组分日粮为基础研究犬在多蛋白源混合日粮条件下对蛋白质的需要量对我国犬的营养模型的建立更有实际的指导意义^[17]。

综上所述,国外的研究报道多以含生物利用率较高的单一蛋白原料来配制试验日粮^[18-20],与目前我国实际应用的多种蛋白原料配合日粮在蛋白质消化率及氨基酸组成上存在较大差异,而日粮中各种蛋白质原料的氨基酸组成和蛋白质消化利用率影响动物对蛋白质的需要量。因此,为合理地给我国宠物犬提供所需的蛋白质,研究我国犬的蛋白质需要是十分必要的。

参考文献

[1] 吴晋强.动物营养学(第二版)[M].合肥:安徽科学技术出版社,1999.
[2] Price D A. "All meat" dog food problem not resolved (editorial)[J]. J. Am. Vet. Med. Assoc., 1971(159): 952.
[3] Committee on Animal Nutrition. Nutrient Requirements of Dogs[M].

Washington, D.C.: National Academy of Sciences - National Research Council, 1972: 3, 7, 26.
[4] Newberne P M. Problems and opportunities in pet animal nutrition [J]. Cornell Vet., 1974, 64: 159.
[5] Kronfeld D S. Diet and the performance of racing sled dogs. J. An. Vet. Med. Assoc., 1973, 162: 470.
[6] Schaeffer M C, Rogers Q R, Morris J G. Protein in the nutrition of dog and cat. In: Nutrition of the Dog and Cat, 1st ed. (Burger, I. H. & Rivers, J.P.W., eds.)[D]. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1989: 159-205.
[7] Humbert B, Le Bacquer O, Nguyen P, et al. Protein restriction and dexamethasone as a model of protein hypercatabolism in dogs: effect of glutamine on leucine turnover[J]. Metabolism, 2001,50:293-298.
[8] Daggs R G. Studies on lactation: I. Production of milk in the dog as influenced by different kinds of food proteins. J. Nutr.,1931(4):443.
[9] Kronfeld D S. Home cooking for dogs[J]. Pure-bred Dogs American Kennel Gazette, 1978, 95: 55.
[10] D. S. Kronfeld. Nutrition in Orthopaedics. Textbook of Small Animal Orthopaedics, C. D. Newton and D. M. Nunamaker (Eds.) Publisher: International Veterinary Information Service (www.ivis.org), Ithaca, New York, USA. 1985.
[11] NRC. Nutrient Requirements of Domestic Animals: Nutrient Requirements of Cats. National Academy of Sciences[C].National Research Council, Washington, DC. 1986.
[12] AAFCO. Pet food regulations. AAFCO official publication[M]. The Association of American Feed Control Officials, Atlanta, GA. 1998.
[13] FEDIAF. Guideline for Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs Federation Europeenne de l'Industrie des Aliments pour Animaux Familiers[M]. Brussels, Belgium. 2001.
[14] Backus R C, Cohen G, Pion P D, et al. Taurine deficiency of Newfoundland dogs maintained on commercial diets[M]. The 2000 Purina Nutrition Forum, 2000(19-22):140
[15] 刘源,冯于明,安星兰,等. 生长比格犬蛋白质需要量研究[J]. 中国实验动物学杂志,200,12(6):336-339.
[16] National Research Council. Nutrient requirements of dogs. Washington, DC: National Academy Press. 1985.
[17] 刘源,冯于明,安星兰,等. 成年比格犬蛋白质需要量研究[J]. 实验动物科学与管理, 2001,18(3):41-43.
[18] Burns R A,Lefavre M H,Milner J A.Effects of dietary protein quantity and quality on the growth of dogs and rats [J]. J. Nutr., 1982, 112: 1 843-1 853.
[19] Gessert C G, Phillips P H.Protein in the nutrition of the growing dog[J]. J. Nutr., 1956, 58: 415-421.
[20] Wannemacher RW Jr, McCoy J R. Determination of optimal dietary protein requirements of young and old dogs[J]. J. Nutr.,1966, 88: 66-74.

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

犬的钙、磷营养研究进展

程 栋 丁丽敏 刘丹丽

摘 要 钙和磷是犬体内必需的常量矿物元素,也是犬配合饲料中的重要营养素。犬对钙、磷的需要量与畜禽存在很大的差异。日粮中钙和磷的含量、比例都会影响机体钙、磷代谢状况。不同品种不同生命阶段的犬,对钙、磷的最小需要量和适宜供给量有很大差异。文中从钙、磷的生理功能,犬对钙、磷的吸收率,犬的钙、磷需要量等方面进行了综述。

关键词 犬;钙;磷;需要量;吸收率

中图分类号 S829.2

随国内养犬数量的日渐增加,犬的营养越来越引起人们的关注。钙、磷是犬体内重要的常量矿物质元素,占机体总灰分的70%以上。当犬钙、磷营养失衡便可引起一系列的机体代谢紊乱,进而出现犬的异嗜癖、软骨症、饲料利用率降低等症状。大多数钙、磷需要量推荐值是根据“剂量-反应”和“析因法”试验方法得出的,“剂量-反应”法即给犬添加钙、磷含量不同的日粮,当观察到犬的生产性能最佳,此时的含量即为推荐需要量;析因法则是将需要量分成维持需要、代谢需要和产品需要等几部分,求出各个部分最后得出总的需要量。犬的三个比较典型的生命阶段为幼年期、成年期、妊娠和哺乳期,三个阶段的钙、磷营养需要不同,分开讨论才有指导意义。钙、磷的吸收率受钙、磷的来源和溶解度、其它矿物元素的相互作用和钙、磷本身的影响。犬对钙、磷的吸收率变化较大,也因日粮的不同而变化。本文就犬的不同阶段钙、磷的吸收规律以及对钙、磷的营养需要作一综述,以期对犬的疾病防治和犬粮的研制开发提供参考。

1 钙、磷的生理功能

钙是犬体中含量最高的矿物元素,在营养上为必需的常量矿物质元素之一。犬体中的钙99%以上存在于骨骼中,其余存在于血液、淋巴液及软组织内。在幼犬的体内,钙是构成骨骼的主要原料;血液中钙离子浓度高于正常水平时,能抑制神经和肌肉的兴奋性;反之,则神经肌肉的兴奋性增强。钙也是血液凝固作用所必需的,在钙参与下能促进凝血酶原变为凝血酶;钙还是大量的细胞膜内化学反应的第二信使。犬缺钙和过量的钙均可引起较为严重的后果。钙的缺乏

症状有,病犬运步艰难、步态拘谨、步幅短小及跛行。并且发生骨组织病变,幼犬表现为佝偻病、骨端形成软的和未骨化的组织,脊柱和胸骨弯曲变形。成年犬则发生软骨症,骨质变疏、骨壁变薄而易发生骨折。而当钙供给过量时,则脂肪消化率下降,过量钙还使犬体内的磷、锰、铁、镁、碘等元素的代谢紊乱。豆科饲料一般含钙较多,其它除了动物性食品外,含钙均较少。钙可以从多种食物中获得。日常产品如牛奶和奶酪是普遍的良好来源。一些蔬菜像甘蓝和卷心菜也是合理来源。然而,在犬粮或猫粮中,这些都是不常用的。在犬饲料中常用的钙源包括肉粉、骨粉、石粉、贝壳粉等。

磷则是身体软组织、神经磷脂、DNA和RNA的组成成分,参与体内广泛的酶反应尤其是与能量代谢及转移有关的反应;磷也是传递遗传信息所必需的,磷还是机体内缓冲体系的重要组成部分,作为高能磷酸盐的一部分,它对能量代谢包括能量运输有重要功能;它也对酸碱平衡有着重要的作用。另外,磷还能够维持细胞壁的结构和完整性。犬日粮中缺乏磷会使犬饲料利用率降低、生长性能下降,磷过量则会使得钙的吸收率下降,使得钙磷比值变小,从而可能产生营养性甲状旁腺机能亢进。相比于钙,磷更普遍存在于饲料中。犬饲料的磷源除了肉外,还包括肉骨粉、鱼粉、磷酸氢钙、磷酸氢氨和磷酸。

2 犬对钙、磷的吸收和利用

2.1 钙、磷的吸收和转运

钙进入肠吸收部位后,在具有类激素活性的维生素D₃刺激下,与蛋白质形成钙结合蛋白质(CaBP),经过异化扩散吸收进入细胞膜内,少量以钙盐形式或游离形式吸收,主要在十二指肠吸收。肠细胞内CaBP与日粮中钙、磷含量呈正相关。CaBP位于刷状缘上吸收和转运钙。钙的排泄途径主要是粪。

磷吸收以离子态为主,也可能易化扩散,大多数磷是在小肠后段被吸收的。其吸收的形式虽然有少量磷脂,但以无机磷酸根为主。小肠细胞的刷状缘上的

程栋,中国农业大学动物科技学院,100193,北京市海淀区圆明园西路2号西校区D571信箱。

丁丽敏(通讯作者)、刘丹丽,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-03-10

碱性磷酸酶能解离一些有机化合物结合的磷,如磷酸糖、磷酸化氨基酸及核苷。磷的排泄途径主要是尿。

2.2 影响钙、磷吸收的因素

影响钙、磷吸收的因素有很多。首先,钙、磷源的溶解度对钙、磷的吸收起着决定性作用,吸收率随着溶解度的增高而加大。凡是在吸收细胞接触点可溶解的,不管以任何形式都能吸收;其次,肠道中镁、铁、铝及维生素 D 等物质的水平影响钙、磷吸收,镁、铁、铝可与磷形成不溶解的磷酸盐降低磷的吸收率;饲料中过量脂肪酸可与钙形成不溶钙皂,大量草酸和植酸可与钙形成不溶的螯合钙,降低钙的吸收;而饲料中的乳糖能增加吸收细胞通透性,促进钙吸收;还有,钙、磷本身的影响,钙含量太高抑制钙的吸收,钙、磷之间的比例不合理也可抑制钙、磷的吸收。

2.3 犬对钙、磷的吸收率和生物利用率

犬对钙、磷的吸收率和生物利用率的变异较大,因犬的品种、年龄、日粮种类的不同而变化。

2.3.1 犬对钙的吸收和利用

犬对钙的吸收率随着饲料钙浓度的增加而降低。Gershof 等(1958)对 8~12 周龄的杂种幼犬饲喂纯合干性日粮,钙含量分别为 1.3、7.0、13.7 g/(kg DM),得到表观吸收率分别约为 90%、46%、27%。Nap 等利用动态分析,将钙浓度为 3.3、11.0、33.0 g/(kg DM)的混合干性日粮(含等量碳酸钙和磷酸氢钙),饲喂 13~25 周龄的微型长卷毛幼犬,观测得真吸收率变化范围分别为 70%~90%、28%~53%、37%~50%。Hazewinkel 等(1991)将钙浓度为 5.5、11、23 g/(kg DM)的混合干性日粮(含等量碳酸钙和磷酸氢钙)饲喂 14~26 周龄的大丹犬,得到钙的真吸收率变化范围为 70%~97%、45%~66%、23%~43%。

犬对钙的吸收率随年龄增长而降低,但在钙浓度较低时,两者的差异不大。Hedhammar 等(1980)报道,成年犬对钙的表观吸收率范围为 30%~50%。Chanard 等(1980)给 15~25 kg 成年犬饲喂含钙 13 g/(kg DM)的日粮,得到钙的真吸收率为 27%。在另一项研究中,Sheffy 等(1985)对青年猎犬(1 岁)和老年猎犬(10 岁)饲喂含钙 7 g/(kg DM)的商品粮,测得表观吸收率分别为 27.4%和 26.9%。两个年龄组的表观消化率没有显著差异。

此外,Hoff-Jorgensen(1945)报道,植酸盐可降低犬粮中钙的利用率。目前测得的犬对钙的吸收率是比较合理的,因为饲喂的干性日粮很相似。也有证据表明,能使小肠末段和结肠 pH 值降低的日粮,有助于提高

钙的消化率。日粮中的钙磷比是另一个影响钙吸收的因素。然而,最近的研究显示,如果饲料中钙、磷的浓度合适,对钙的吸收并无显著影响。提高饲料中脂肪浓度有可能降低钙的吸收,但 Jenkins 和 Phillips(1960b)发现含脂肪 3%和 20%的日粮,钙有着相近的表观吸收率。

2.3.2 犬对磷的吸收和利用

关于犬对磷吸收率的研究数据较少。钙浓度增高时,磷的吸收率下降,尤其当钙、磷比大于 2:1 时。犬像其它单胃动物一样,体内植酸磷比无机磷的生物利用率要低。Jenkins 和 Phillips(1960)报道,饲喂含磷 1.7~5.3 g/kg(磷酸钠形式)的日粮,德国牧羊犬(6~16 周龄)的表观吸收率变化范围为 30%~76%。在随后对德国牧羊犬、西班牙长耳犬和小猎犬幼犬的研究中,钙浓度 6 g/kg、磷浓度 3.3 g/kg 的标准日粮(钙:磷为 1.8:1),磷的表观吸收率为 66%。当钙浓度增加到 9 g/kg 和 12 g/kg 时,摄入磷的表观吸收率分别降到 57%和 49%。日粮含植酸磷时,磷的表观吸收率与钙磷比的增加成反比。日粮中脂肪从 3%增加到 20%并不能改变含磷 3.3 g/kg 或 4.1 g/kg 的日粮中磷的吸收率。在 Schoenmakers 等(1999)的研究中,饲喂含磷 8.2 g/kg 以及含钙 10.4 g/(kg DM)或 31.1 g/(kg DM)的日粮,大丹幼犬的磷表观吸收率分别为 65%~70%(在 9 周龄)以及 25%~50%(在 15 周龄),可见高钙含量可显著降低磷的吸收率。虽然如此,所有的幼犬体内的磷都处于正平衡。Sheffy 等(1985)发现,将含磷 9.9~20.7 g/kg 及含钙 12.3~36.0 g/kg 的日粮喂给成年犬,其磷的表观吸收率平均为 40%。

3 犬对钙、磷的需要量

犬对钙、磷的需要量,因犬的品种和生长期年龄不同而变化。犬比较典型的阶段分别是幼犬、成年犬、妊娠和泌乳期犬,结合不同品种,对钙、磷的营养需要如下。

3.1 幼犬的需要量

钙的最小需要量取决于幼犬的品种和体型。Hazewinkel 等(1991)报道,每 4.18 MJ ME 含钙 1.5 g 的标准日粮,可提供钙摄入量为 150~250 mg/kg(标准体重,BW),真吸收钙为 120~180 mg/(kg BW),尽管真吸收率接近 100%,但仍不能满足大丹幼犬的正常生长需要。然而,每 4.18 MJ ME 含钙 3.0 g 的日粮,真吸收率只有 45%~75%,真吸收钙 200 mg/(kg BW),便能满足正常的营养需要。Goodman(1998)和 Lauten 等(1998)报道,每 4.18 MJ ME 含 2 g 钙的日粮也能满足大丹幼

犬的生长。可见,随着钙含量的提高,钙的吸收率下降。能满足绝大多数犬的需要并保证生长良好的钙含量,可设定为最小需要量。Nap等(1993)发现饲喂每4.18 MJ ME 含钙0.9 g的干性日粮,小型卷毛幼犬生长正常,饲喂每4.18 MJ ME 含钙3.0 g的相同日粮,仍然正常生长。

那么,Goodman(1998)和Lauten等(1998)所提出的每4.18 MJ ME 含钙2.0 g,可设定为犬对钙的最小需要量,尽管有可能超出某些巨型犬的最小需要量,但可满足大型和小型类幼犬的正常生长需要。然而,Lafamme(2000)表示,这个钙浓度可能并不能保证一些大型犬的最佳生长,在这些实验的日粮中,可能钙的吸收率比以前研究的要低,因为它们只是能量浓度适量的标准日粮,可能含有降低钙吸收率的成分。

Hazewinkel等(1991)和Nap等(1993)的数据表明,钙的推荐供给量为每4.18 MJ ME 含钙3.0 g,这对于所有品种都应该足够。

犬对磷的吸收与钙的吸收密切相关。通过以上吸收率的有关数据,幼犬对无机磷的表观吸收率至少在70%。如果钙磷比超过2:1或日粮中有较高含量的植酸磷,磷的吸收率就会下降。那么,给幼犬喂以标准生长日粮,尤其是干性日粮,磷的吸收率设为50%是合理的。在Jenkins和Phillips的研究中,为保证幼犬的基本正常生长,结合摄入量和吸收率,估计磷的最小真吸收量为2.6 g/(kg DM)。因此,适宜幼犬的日粮磷浓度约为5.2 g/(kg DM)。

Schoenmakers等(1999)发现,当给10~15周龄大丹幼犬饲喂含磷0.82%或每4.18 MJ ME 含磷2.2 g的日粮(钙磷比为1.3:1),其磷的表观吸收率为70%,磷的净保留量为190 mg/(kg BW)。但是,当钙、磷比增加到3.6:1时,磷的净保留量会降到95 mg/(kg BW)。

3.2 成年犬的需要量

随着年龄的增大,犬对钙、磷的需要量下降。Hedhammar等(1980)和Gershoff(1958)的研究结果表明,饲喂钙浓度约为1.5 g/kg的日粮,每天可提供钙20 mg/(kg BW),成年犬可处于维持状态。假定最大真吸收率为90%,那么成年犬的最小需要量不超过30 mg/(kg BW),这可由每4.18 MJ ME 含钙0.5 g的日粮来满足。假定安全因子为50%(生物利用率为40%),来补偿部分吸收和能量摄入的变化,那么成年犬对日粮中钙的推荐供应量设为65 mg/(kg BW)是合理的。每4.18 MJ ME 含钙1.0 g的日粮可满足15 kg成年犬的钙需要。

Sheffy等(1985)报道,喂给成年和老年猎犬含磷10.0~25.0 g/(kg DM)的日粮,磷的表观吸收率在40%~50%之间。如果能量消耗正常,这些犬的平均磷摄入量约为220 mg/(kg BW)。据上面吸收率的有关数据,磷的真吸收率平均约为40%,那么犬的真吸收量约为90 mg/(kg BW)。这比成年犬的钙需要量要高很多。

最近,Hill等(2001)将含各种不同动植物蛋白源的日粮喂给成年犬,测出了磷的表观吸收率平均约为22%。在Hill的研究中,日粮中磷浓度10.5 g/(kg DM),钙磷比为2:1,磷摄入量估计为132 mg/(kg BW),那么磷的纯摄入量约为30 mg/(kg BW)。基于Kienzle(1998)关于猫的数据,每天每千克体重磷的内源性尿损失仅几克而已,那么可知真吸收量可能不会高于35 mg/(kg BW)。日粮中的钙磷比较低(接近1:1)很可能造成磷的吸收率变高,大概接近由Jenkins和Phillips(1960a,b)所报道的70%,这表明成年犬磷的适宜供给量为50 mg/(kg BW)。

3.3 妊娠和哺乳期犬的需要量

因为妊娠和哺乳期的犬有额外的产奶需要,所以研究其对钙、磷的需要量时要利用到“析因法”。并且,哺乳期的钙、磷需要比妊娠期的要高。

Meyer(1984)利用析因法,假设钙利用率为40%,母犬怀孕期最后3周对钙的最小需要量为160 mg/(kg BW)。这个数值在后来多个品种妊娠母犬的研究中也得到证实。

Meyer等再次利用析因法,假设钙利用率为50%,计算出一只哺育8只幼犬的22 kg母犬,哺乳期钙的需要量约为360 mg/(kg BW)。

通过分析产奶量和奶中的钙浓度可推测哺乳期的钙需要量。Lonnerdal等(1981)和Lonnerdal(1986)报道,哺育6只幼犬的小猎犬和德国牧羊犬,泌乳高峰每天的产奶量分别是1050 ml和1700 ml。假设供维持的钙最小需要量为30 mg/(kg BW),最大利用率为90%,那么供维持和泌乳的钙最小需要量在150~200 mg/(kg BW)之间。为了校正利用率的变异,假设钙平均利用率为65%,结果哺乳母犬的最小需要量为200~300 mg/(kg BW)。这与Meyer得出的数据很接近。

有关磷需要量的数据很少。Meyer等(1985)推荐妊娠母犬在最后五周孕期磷的需要量为133 mg/(kg BW)。对于处于哺乳期的母犬,Meyer等(1985)推荐磷的需要量为145~290 mg/(kg BW)。

(参考文献30篇,刊略,需者可函索)

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

不同粒径的饲料对育成狐蛋白质消化率及其相应营养指标的影响

常忠娟 张海华 李光玉 钟伟 王凯英 葛全刚

摘要 玉米膨化粉碎后,在现有采购饲料的基础上,按上述饲料配方配制混匀后,在筛片直径分别为 2.0、1.5、1.0 mm 下的粉碎机加工而成,在进行饲养和消化代谢试验中,观察了狐的采食效率,计算了该饲料的蛋白质消化率和有关营养代谢指标,结果表明:在喂干料平均 150 g 折合湿料 405 g 的情况下,第一组的采食效率为 50~74.7 g/min,第二组的采食效率为 36~77.1 g/min,第三组的采食效率 44.4~100 g/min;在平均 200 g 干料折合湿料 540 g 的情况下,第一组的采食效率为 69.2~136.7 g/min,第二组的采食效率为 49.1~108 g/min,第三组则为 41.6~77.1 g/min。随着饲料粒度的逐渐变细,狐的采食效率逐渐减慢。随着粒度的逐渐变细,粗蛋白质的消化率和代谢率逐渐增加,而且第一组和第二组、第一组和第三组之间差异显著($P<0.05$),但第二组和第三组之间差异不显著;干物质采食量、磷的消化率和脂肪的消化率有逐渐增加的趋势,但统计结果表明 3 组之间差异不显著;引起注意的是,钙的消化率有逐渐递减的趋势,经比较表明,第一组和第二组之间差异显著($P<0.05$),而且第二组和第三组之间差异显著($P<0.05$)。

关键词 粒径;育成狐;饲料;蛋白质消化率;营养指标

中图分类号 S816.32

国内养狐业日趋饱和,市场狐皮价也有所回落,各养殖场的经济效益不如从前,在这种情况下,如何降低饲养成本成了国内养狐场家需要绞尽脑汁琢磨的大问题;如何在保证幼狐营养的情况下,使用全价饲料代替含动物肉类的鲜料,来解决饲料价格居高不下的难题,这正是养狐业主和特种饲料厂家需要解决的共同问题。为此中农特研饲料有限公司推出了系列狐用全价饲料,并采用各种加工技术,即在饲料原材料制成全价饲料时,适当的加工调制,经过机械的、物理的和化学的加工后,使饲料的物理性状发生变化,由此影响采食行为和采食量;不仅如此,这样做还可提高饲料中营养成分利用率,有利于饲料厂节省开支、增加利润。而影响饲料产品质量的因素有多种,其中饲料配方是否合理、科学以及饲料加工处理环节如不同筛片处理形成不同粒径的饲料产品等,均影响饲料

产品最终质量,本试验仅介绍一种育成狐全价饲料。

1 材料与方法

1.1 试验动物选择

选择当年出生、体重相近、健康的 17 周龄蓝狐 72 只。试验于 2006 年 9~12 月在中国农业科学院特产研究所毛皮动物养殖基地进行。

1.2 试验设计

本试验采用单因素随机试验设计,选择育成蓝狐 30 只,随机分成 3 组(I 组、II 组、III 组),每组 10 只,分别喂粒径为 2.0、1.5、1.0 mm 的 3 种日粮,定时分批观察育成公狐采食情况;用全收粪法,计算育成狐的蛋白质消化率和有关营养指标。

1.3 饲料配方(见表 1)

表 1 饲料配方

饲料种类	含量(%)
膨化大豆	14.87
膨化玉米	32
豆粕	10
肉骨粉	10
玉米胚芽	8
鱼粉	20
豆油	4
添加剂	1
赖氨酸	0.3
蛋氨酸	0.09

注:上表为每 50 kg 饲料所占成分。

常忠娟,中国农科院特产研究所,副研究员,132109,吉林省吉林市左家镇。

张海华、钟伟、王凯英,单位及通讯地址同第一作者。

李光玉,中农特研饲料有限公司。

葛全刚,永吉县牧业管理局。

收稿日期:2008-06-02

1.4 试验方法

1.4.1 饲养试验

饲养试验在9月14日~10月7日进行。试验过程中,记录每只蓝狐的饲料采食量,计算日采食量。每天观察并记录试验狐的健康状况。整个试验期内,由固定人员进行专门饲养以消除外界环境和管理不同对试验狐的影响。每天早晚饲喂两次,自由饮水,确保充足采食和饮水。试验在室外自然光照下进行,试验狐单笼饲养,笼子尺寸为100 cm×80 cm×80 cm。

1.4.2 消化代谢试验

消化代谢试验在10月1日~10月4日进行,从每一处理组中分别选出采食与排便正常的健康公狐10只,作为该处理的消化代谢试验狐。采用全收粪尿法收集粪尿,收集期为3 d,每日早8:00收集粪便,尿液为3 d一次性收集。每日称重收集的粪便,将粪样分成两份:一份先在80℃下杀菌2 h,然后降到65~70℃烘干至恒重,测初水分。烘干后粉碎过40目筛,制成样品测定脂肪、钙和磷;另一份鲜粪样加10%硫酸处理后,再置于100~105℃下烘干,粉碎过40目筛制成样品测定氮。尿样收集前在桶内加入20 ml的浓硫酸固氮,测定尿中氮和尿素氮。

2 试验结果与分析

2.1 育成公狐采食行为和采食效率

狐特别喜爱鱼腥味和肉味儿鲜美的食物,香味浓的食物也可以刺激其食欲增加。颗粒料和粉料相比,狐比较爱吃颗粒料;干料和湿料比,狐则偏爱湿料,观察结果表明,狐吃湿料时,进食速度快,而且大多数一次性快速完成进食;吃湿料的狐能够减少日饮水量,

采食时间为早8:00~9:00、晚16:00~17:00。

采食是维持自身生命活动、获得营养物质的一种最重要的行为。动物对饲料的采食包括觅食、识别定位、感知、食入、咀嚼和吞咽等一系列过程。作为犬科动物的狐狸,其嗅觉极其发达,能够辨别食物中多种不同食物的气味。根据以往经验,先喂水,给水时,一般狐狸一次性饮足水量,再喂给全价湿料,料:水比最好为1:(1.5~1.7),本试验中的料水比为1:1.7,搅拌均匀后,盛入食盆内,可直接将食盆放入笼内,令其自由采食,因为料水比例恰当,尽管育成公狐很活跃,一般到饮食结束时,都不洒饲料,这样做能使饲料浪费降至最低。在幼狐断奶2~3个月时,上午给干料150 g,下午给干料200 g,该饲料喂给量比较合适,因为据观察,大多数狐的采食时间根据驯养后养殖饮食规律的调整为白天采食,也有少数夜间采食,但一般认为狐有夜食习惯,故早上喂量少而傍晚喂量大。

狐的采食效率,在料水比为1:(1.5~1.7)时,根据饲料粉碎的粒径(2.0、1.5、1.0 mm)不同,3组幼狐采食效率见表2。从表2可以看出,随着饲料粒度的逐渐变细,狐的采食效率逐渐减慢。在食物充足时,也存在采食量降低的趋势,尤其第三组即粒径为1.0 mm时,反应比较明显。

表2 不同粉碎粒径对幼狐采食效率的影响(g/min)

项目	150 g 干料(405 g 湿料)	200 g 干料(540 g 湿料)
2 mm	50~74.7	69.2~136.7
1.5 mm	36~77.1	49.1~108
1 mm	44.4~100	41.6~77.1

2.2 饲料蛋白质的消化率(见表3)

表3 育成狐对不同粒度饲料蛋白质的消化率以及其它指标的影响

项目	粒度1(2.00 mm)	粒度2(1.50 mm)	粒度3(1.00 mm)
干物质采食量(g/d)	336.196 6±138.359 7	368.487 2±108.843 3	373.139 6±97.814 5
粗蛋白消化率(%)	49.249 3±3.543 2 ^a	51.474 6±6.752 4 ^b	60.587 1±3.944 3 ^b
粗蛋白代谢率(%)	19.169 9±3.545 1	20.884 0±7.831 [†]	33.551 0±6.048 1 [†]
粗脂肪消化率(%)	76.686 7±4.543 1	76.967 2±6.193 4	80.609 8±4.844 3
钙消化率(%)	27.956 3±6.012 6 ^a	25.944 9±6.820 4 ^b	22.665 3±5.398 4 ^c
磷消化率(%)	21.865 0±6.059 6	24.937 6±7.751 5	31.444 6±3.910 0

注:*、a、b为差异显著。

动物营养研究者在做全价日粮时,非常重视和密切关注饲料成分即饲料的营养成分,而饲料的进一步加工可以充分利用饲料所含的营养物质,进一步提高蛋白质的消化率和代谢率。某种方式的粉碎可以加大谷物的表面积,与消化酶系和化学物质更好地发生反应;也能使搅拌混合及加工等工序容易进行。粉碎是提高饲料质量的必要条件,是使饲料得到合理利用的

必要手段之一。一般原料及大块饼粕等都需要进行粉碎,而各种饲料原料只有粉碎到一定的粒度,才能混合均匀,从而减少了混合后的自动分级;粉碎可提高饲料的调质效果使颗粒饲料的制作便于进行,从而提高了制粒的效率与质量。

由表3可知,随着粒度的逐渐变细、粒径变小,粗蛋白质的消化率和代谢率逐渐增加,而且第一组和第

二组、第一组和第三组之间差异显著($P<0.05$),但第二组和第三组之间差异不显著;干物质采食量、磷的消化率和脂肪的消化率有逐渐增加的趋势,但统计结果表明3组之间差异不显著;值得注意的是,钙的消化率有逐渐递减的趋势,经比较表明,第一组和第二组之间差异显著($P<0.05$),而且第二组和第三组之间差异显著($P<0.05$)。一般毛皮动物对植物蛋白质(谷物粉、豆类)的消化率为58%~65%;从表中看出,只有在粒径为1.0 mm的情况下,蛋白质消化率才达到这个范围,粒径过大对于蛋白的消化和吸收不利,即粒径在1.5 mm或2.00 mm时,其蛋白质消化率明显降低;在生命活动过程中,体组织不断进行着新陈代谢,形成代谢最终产物尿素等含氮物质由尿排出体外。毛皮动物必需从饲料中获得足够的蛋白质以满足体组织新陈代谢的需要,尤其是生长期,必需依靠大量吸收氨基酸形成其新的组织和血液。蛋白质供给不足则阻碍动物的生长、性成熟和繁殖。反之,蛋白质饲喂过量,增加肝脏与肾脏负担,甚至造成肝、肾组织损伤,发生病理变化。

3 讨论

3.1 粉碎粒度

粉碎粒度是指粉碎后成品物料颗粒的大小。粉碎的粒度又根据不同家畜种类、年龄、生理状态及工艺要求决定。从理论上讲,每一种畜禽在其不同的生理阶段或不同种畜禽之间都有其最适粒度,如肉鸡饲料的粒度可大些,在15~20目即可;鱼虾饲料的粒度要求细度高,一般在40~60目;特殊饲料的粒度要求更高,在80~120目。狐饲料的粒径为1.0 mm大致和鸡饲料的粒度相当。日粮中谷物的种类也决定饲料的颗粒度。含纤维素高的饲料,如大麦等,粉碎后会大幅度地改善其饲喂价值,细粉碎的大麦对猪的增长速度高于粉碎中度的大麦;小麦面筋较粘糊,粉碎过细会减少猪的饲料采食量,所以在加工小麦时一般采用挤压粉碎机,可生产颗粒度均匀,且粉面少的饲料。

3.2 粉碎与饲料营养利用率的关系

3.2.1 采食量与饲料的粒度有关。许多饲料原料尺寸较大,不便于采食,须经适当粉碎才便于摄入,提高采食量,进而提高生产性能。

3.2.2 粉碎破坏了皮对谷物的保护,增大了饲料的表面积,增加了饲料与消化酶或微生物的接触机会,且对饲料活性成分基本没有影响,从而提高了饲料养分的消化率。

3.2.3 粉碎可以促进淀粉的糊化,有利于狐的消化吸收。

3.2.4 粉碎粒度过粗或过细都对消化产生不利影响。如果粉碎过粗,将会影响采食及采食后的物理性消化;如果粉碎过细,则因过细的微尘易引起呼吸系统和消化系统障碍,导致消化道溃疡、降低采食量等营养上的不良后果。并且过度粉碎会使饲料的温度因筛孔的缩小而升高,从而增加由于水分损失造成的重量损耗,增加饲料的加工成本。

数据证明,玉米粉碎到更小粒度时,能量消耗加大且生产率下降。但本试验则不存在这一问题,粉碎粒度分别为2.0、1.5和1.0 mm;其能耗差异不显著($P<0.05$);McElhiney(1986)的费用分析法分析表明,当粒度从900 μm 降到500 μm 时,日粮费用因粉碎费用加大而增加,但是,提高的谷物利用率足够抵销这点增加的日粮费用,谷物在降低粒度之后每100 kg增重的费用都有所下降。Wondra等(1995)研究对哺乳母猪的试验结果表明,用4种粒度(1 200、900、600、400 μm)的玉米配制日粮,饲喂100头初产母猪,当时担心细粉碎的玉米日粮适口性差,但情况并不如此,降低玉米粒度确实提高了饲料摄入量。饲料摄入量的增加和养分消化率的明显提高使得可消化能(DE)摄入增加了14%,一窝增重增加了11%。由于降低粒度提高了养分消化率,粪便干物质(DM)减少了21%,粪便排出的氮(N)减少了31%。养分排泄量的减少对养殖户处理粪便的负担立即产生了明显影响。

4 小结

日粮的最佳粒度问题,一直有许多含糊不清之处,这是一贯存在多种多样日粮粒度分级方法所造成的。近来已经建立了更为精确的粒度分级法,是按颗粒的几何学平均粒径(以 μm 为单位)分级,还附有颗粒的几何学平均标准差(表示粒度分布)。这种方法可以更精确地确定粒度,也使我们可以对数据作出更好的解释。精细粉碎或碾磨都会使饲料利用率有所改善,数据表明,粒度在700~800 μm 的饲料转化率最高。本试验根据饲料配方,把各种原料按照原始的粒度先混匀后,再在不同粒径的筛片下进行粉碎,到1.0 mm筛片下,可以比较顺利的进行,换成0.8 mm筛片粉碎机则不能正常工作。根据经验,对于含蛋白比较少的谷物类,预先进行细度或精细度粉碎效果会很好,而蛋白、脂肪含量高的原料粉碎至1.0 mm,基本达到其粉碎极限了,最后按饲料配方混匀。

(参考文献若干篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

肥肝鹅饲料技术研究进展

范永存 王宝维 于世浩 王雷

鹅肥肝是一种高科技含量、高附加值的鹅产品,它是在短时间内人工强制填饲高能量饲料使其快速育肥,从而导致肝脏积贮大量脂肪,形成比原肝重5~10倍的鹅肥肝。这种肥肝营养丰富、质地细嫩、风味鲜美、肥而不腻、香味独特,除含有一般动物肝脏所具有的营养成分外,还具有低胆固醇的特点,富含多种维生素、微量元素及磷脂,特别是不饱和脂肪酸含量极高(占脂肪的60%~70%),能促进食欲,清热祛暑,有效预防心血管疾病,健身益寿。因此,鹅肥肝一直是美国、日本、法国等发达国家食品市场的抢手货,享有“世界绿色食品之王”的美誉。为了生产大而优质的肥肝,必须采用肥肝鹅用配合饲料和专门技术来强制添喂。肥肝生产主要受遗传、品种、超饲养技术和饲料等若干因素相互作用的影响。其中,饲料因素占15%,包括填饲饲料的质量、数量以及加工方法和填饲前或填饲过程中饲料的配合等^[1]。因此,肥肝鹅的饲料配方与调制将直接影响到鹅肥肝的生产效果和经济效益。国外,特别是法国、匈牙利等国家,研究鹅肥肝生产技术的历史悠久,经验技术相对丰富成熟。而我国进行肥肝的研究与生产起步较晚,主要是借鉴国外的技术知识,并且大多数研究集中在鹅的品种、体重、超饲养期长短、温度等对生产鹅肥肝的影响,关于饲料营养因子方面影响鹅肥肝的研究则较少,现将国内外影响鹅肥肝生产的营养因子等方面研究进展综述如下。

鹅肥肝生产一般要进行两个阶段的饲养管理,即预饲期和超饲养期。一般鹅养到3个月左右,就可以进行填饲。在填饲之前,有预饲期,肥肝生成的效果与预饲期有极其重要的联系,其目的在于培育体质健壮经得起填饲的肥肝鹅,转入超饲养期,使鹅每天摄取大量的高能饲料,促使其在短期内快速育肥,并在肝脏中大量积贮脂肪,从而迅速形成肥肝。

范永存,青岛农业大学动物科技学院,266109,山东省青岛市城阳区。

王宝维(通讯作者)、于世浩,单位及通讯地址同第一作者。

王雷,胶南市大村畜牧兽医中心。

收稿日期:2008-06-12

1 预饲期营养配合

肥肝鹅群在强制填饲前的预饲养阶段是十分重要的。养鹅户大都采用以放牧为主补喂精料的方式,收购后由放牧转入舍饲到填饲,需要一个逐渐适应的过程。其次,由于各养殖户养鹅的条件与管理水平不一,鹅群的体况也很难一致,为此必须根据鹅的具体情况,有针对性地进行饲养调理,使鹅群的体质能渐趋一致。再者,以往鹅饲喂的都是较小的颗粒料,而超饲养期却以整粒的玉米为主,需要训练鹅群逐渐习惯采食玉米粒。超饲养阶段遇到的各种应激的积累,会引起鹅的酸血症和肾脏肿大尿酸沉积,在预饲阶段加喂抗应激剂,能有效的改善酸血症和恢复肾脏功能,提高抗应激能力。预饲阶段还要对鹅群进行普遍的驱虫,加大对肥肝鹅青饲料和精料的喂量,锻炼和扩大肥肝鹅消化道的容积,并刺激消化液的分泌,为以后强制填饲大量的能量饲料打下基础,预饲期的饲料内补充一定量蛋白质饲料,可使肝增重增加13.3%~43.4%,同时能加强肝脏网状结构,使肝细胞更加健壮,这样肝脏增大后也不易破裂。

2 超饲养期营养配合

超饲养期肥肝鹅的饲料主要是由大量高能量饲料、油脂和其它的添加物配合而成的。

2.1 主要能量饲料

玉米、糙米和小麦是世界上使用最为广泛的能量饲料原料。

2.1.1 玉米

目前国内外多采用玉米为主要的能量饲料。因为玉米是低蛋白、高碳水化合物饲料,本身胆碱含量又低,对肝脏的保护性就差,大量饲喂高能玉米后会在肝脏沉积脂肪,易于形成肥肝。浙江农科院畜牧研究所试验证明:用玉米填饲组的鹅肥肝重量要比用稻谷组、大麦组、薯干组和碎米组分别提高20%、31%、45%和27%^[2]。同时应选取优质的玉米来填饲,因为玉米的质量包括玉米的类型、颜色、生产期、纯度及有无霉变等,这些直接影响填肥效果和肥肝质量。在国外一般是用隔年的陈玉米来填饲,不仅含水量低、价格便宜,淀粉也能更好地被吸收;当年的新玉米含水量高,影响育肥效果。玉米的色泽对肥肝的颜色有影响,用黄玉米或红玉米填成的鹅肥肝,色泽较深,质量等级高

些;用白玉米填成的鹅肥肝,色泽就淡。玉米要用整粒的,一些研究指出:基于增加体重和肝脏考虑,玉米颗粒比碎玉米调成糊状的产肝效果要好,可能是由于玉米颗粒在消化道中停留时间较长,这样淀粉能被很好地消化。另外据试验显示:玉米粒组肥肝重 366.7 g,比玉米粉组肥肝重 307.7 g 高 59 g,说明玉米粒比玉米粉填肥效果好 16%^[2]。此外还可考虑用小粒种玉米,因为小粒种玉米容易通过填饲管,而大粒种的玉米填饲时容易轧住无法填入。因此,基于以上几点,生产中可考虑使用国产的小粒种优质无霉的黄玉米,作为肥肝鹅的主要能量饲料。

2.1.2 糙米

糙米作为主要超饲养原料是充分利用我国水稻资源丰富的优势。稻谷、小麦和玉米是我国主要的农作物,其中稻谷总产量最高,但稻谷一直被作为人的口粮,在畜牧生产中的应用远不及玉米和小麦。近年来,我国南方诸省对稻谷和糙米加工转化饲料技术的推广应用进行了大量的研究,结果表明,糙米可替代玉米加工饲料饲喂猪、鸡和肉牛^[3-5],随着饲料专用稻和超级杂交水稻新品种的推广种植,稻谷或糙米在畜牧业中的推广应用将具有更广阔的前景;而且糙米的常规营养成分、氨基酸及总能含量和利用率均高于玉米^[6-8],利于进行鹅肥肝形成期异常脂肪代谢。李翔等^[9]运用早稻的糙米作填饲原料,与小麦和玉米对照,进行超饲养试验,超饲养 2 周后,除体重均明显增加外,小麦、玉米和糙米组朗德鹅肥肝重分别为 546.67、554.67 和 754.00 g,糙米组肥肝重显著高于玉米组和小麦组($P<0.05$),可见糙米型饲料对肥肝鹅增重效果均优于玉米和小麦,是一种可替代玉米的优质超饲养原料。

2.1.3 小麦

小麦的代谢能水平约为 12.97 MJ/kg,粗脂肪含量少,仅为 1.8%,小麦的粗蛋白质含量较高,但赖氨酸和苏氨酸明显不足。小麦种皮钙、镁含量高,磷多属植酸磷,利用率低。小麦与玉米相比的差距是代谢能低,原因是小麦中的抗营养因子,主要是水溶性非淀粉多糖(NSP):阿拉伯木聚糖、 β -甘露聚糖、纤维素及果胶,这些水溶性非淀粉多糖成为抗营养因子,引起胃肠道内容物粘稠度增加,阻碍动物对营养物质的消化吸收。因此小麦作为能量饲料有其局限性,应用小麦作为能量饲料的前提条件就是要解决非淀粉多糖的问题,比如添加外源酶制剂等,降低非淀粉多糖抗营养因子的作用。杨正梅等^[10]研究小麦对骡鸭的

超饲养效果,探讨小麦代替玉米用于骡鸭肥肝生产的可行性。结果表明,小麦作为超饲养原料,在骡鸭上的超饲养效果显著劣于传统的玉米原料,不适于完全直接替代玉米用于骡鸭肥肝生产,但是在鹅上研究未见报道。

2.2 油脂

填饲饲料为高能饲料,饲料中添加适量的油脂起润滑作用,便于填饲,更能提高能量水平,又能与营养物质协同作用,有效地提高对饲料能量和营养物质的利用率^[11],能够提高适口性和产肝性能。国内外研究表明:生产鹅肥肝的填饲料中添加油脂能加快脂肪沉积,增加肥肝重量,显著提高肥肝形成速度。以色列 Volcani 家禽中心研究表明:添加 2%~5%的鹅脂肪或其它家禽脂肪、牛脂肪、大豆油等几种脂肪均可使鹅肥肝增加 10%。鹅和其它家禽的脂肪可以缩短超饲养期,提高饲料转化率,牛脂肪和大豆油则对超饲养期的长短没有影响。李翔等^[9]采用单因子试验设计方法,在以糙米为主要原料的超饲养饲料中分别添加水平为 0、2%、4%和 6%的豆油,试验结果为 0、2%、4%和 6%油脂添加组肥肝重分别为 745、721、638 和 612.36 g,6%油脂水平肥肝重显著低于其它油脂组($P<0.05$),因此在糙米型超饲养饲料中油脂添加水平以不超过 2%为宜。鲍明道等^[12]研究在超饲养饲料基础上分别添加 2%猪油和菜油进行填饲,结果表明对增重、屠宰性能和肥肝性状的影响差异不显著,但菜油组肥肝重略大于猪油组。廉传江等^[13]研究在超饲养饲料基础上分别添加 2%的鹅油、豆油和玉米油,结果表明植物油组产肝性能明显优于动物油组,添加 2%豆油组产肝性能最佳。

2.3 添加物

2.3.1 食盐

添加食盐不仅可以提高适口性,增加肥肝鹅的食欲,促进饲料的消化,而且对肝重有显著的作用,使肝的色泽和质量都比较好。一般添加 0.5%~1.5%,据陈烈等^[14]试验表明,添加 1.6%的食盐肝重明显高于添加 0.8%的肝重($P<0.01$)。但如果食盐含量过高,易引起不良反应甚至中毒,必须慎重添加。

2.3.2 维生素

添加维生素可以提高肝重,减少应激,促进代谢和帮助消化吸收。生产上一般添加复合维生素,按 0.01%~0.02%的添加量拌匀使用(配方中不加胆碱)。

胆碱和肉碱对维持肝脏正常的组织形态有重要作用,目前的肥肝鹅饲料中一般不另添加胆碱,但国外

研究表明,在玉米为主的饲料中添加胆碱将改变肥肝的大小。李翔等^[9]以糙米为主要原料的超饲养饲料中添加不同水平胆碱和肉碱(均为 0、0.05%、0.1%和 0.2%),超饲养后结果表明不同胆碱和肉碱水平组朗德鹅肥肝重差异均不显著。

维生素 E 是体内重要的抗氧化剂,能被动物完整的吸收,可以在体内贮存。维生素 E 可以消除自由基,从而促进超饲养过程中肥肝鹅的生长性能,特别是产肥肝性能。范文娜等^[10]采用单因子梯度设计方法,对对照组、试验 2、3、4、5 组在玉米基础日粮中分别添加不同水平的维生素 E(0、50、100、200、400 IU/kg),试验结果表明:除第 5 组外,试验组的肥肝重、肝体比均高于对照组,料肝比均低于对照组。试验 3、4 组肥肝重分别比对照组提高 23.32%、28.80%,料肝比下降 13.95%、14.14%,与对照组差异显著($P<0.05$);第 4 组的肝体比比对照组高 11.52%,差异显著($P<0.05$)。

茶多酚是一种优良的天然抗氧自由基清除剂,促进超饲养过程中的肥肝鹅的生长性能,特别是产肥肝性能。魏建军^[16]在以玉米为超饲养基础饲料中,对照组(第 1 组)饲喂基础日粮,试验组(第 2~5 组)依次添加不同水平的茶多酚(40、80、160、320 mg/kg)。经 21 d 的超饲养,结果表明:在玉米型超饲养日粮中添加不同水平的茶多酚,其中添加 160 mg/kg 茶多酚能显著提高肥肝均重。

2.3.3 微量元素

一般可以参照营养需要,适量添加。试验表明,添加钙、磷可以增加肥肝重量,而添加微量元素作用不显著。国内关于钙、磷及其它微量元素的添加对产肝性能影响的研究尚未开展。

2.3.4 其它

由于填饲是一个较强的应激过程,因此,在填肥期间,可以加入复合抗应激剂,在填饲几天后,添加一些消化酶制剂,可收到较好的效果,在饲料中添加某些乳糖酵母,能限制肠道球菌素的繁殖,这样可以减少因肠炎而导致消化率降低的危险。于世浩等^[17]在以玉米为主要原料的超饲养饲料中添加益生菌和酶制剂,益生菌添加组与酶制剂添加组肥肝重分别为 1 099.53 g 和 1 073.79 g,分别比对照组高 12.12%和 9.49%($P<0.05$)。刘景盛等^[18]在超饲养饲料添加 EM 菌。结果证明:使用 EM 菌实验组肥肝鹅的平均肥肝重、料肝比等重要经济技术指标,均显著高于常规试验组。

3 小结

综上所述,我国对肥肝鹅饲料营养因子研究还比

较缺乏,生产上存在一些问题,例如使用的饲料较单一,饲料成本高,产品达不到出口质量检验标准等。因此,可考虑通过改变肥肝鹅饲料配方,即在饲料中添加其它一些营养物质或调制方法来改变,达到生产高质量鹅肥肝的目的。肥肝鹅饲料配方对鹅肥肝产品质量影响的研究仍值得进一步深入,这对优化肥肝鹅饲料、降低饲料报酬、改善鹅体的健康状况、大力推进我国鹅肥肝产业的发展都具有十分重要的意义。

参考文献

- [1] 卢素芳,何瑞国.肥肝鹅饲料技术的研究近况[J].饲料广角,2003(3):35-38.
- [2] 李昂.实用养鹅大全第一版[M].北京:中国农业出版社,2003(9):319.
- [3] 高国海,董桃喜.用糙米替代玉米饲喂杜湖猪的初步研究[J].湖北农业科学,1993(11):25-26.
- [4] 何瑞国,王玉莲,马立保.早杂稻糙米替代玉米日粮对肉仔鸡增重效果的研究[J].华中农业大学学报,1999,18(2):166-168.
- [5] 汪汉华.早稻在肉牛日粮中的应用及营养价值研究[D].武汉:华中农业大学,2001.
- [6] 郑艺梅,何瑞国,徐三平,等.不同品种早稻糙米养分含量分析[J].中国粮油学报,2002,17(6):44-47.
- [7] 李翔,周沂,何瑞国,等.金优 402 等 4 种早稻糙米氨基酸含量及利用率的研究[J].中国粮油学报,2004,19(4):1-4.
- [8] 李翔,何瑞国,等.金优 402 等 4 种早稻糙米蛋白质和能量含量及代谢率的研究[C].2004 年湖北省畜牧兽医学学会学术年会论文集.
- [9] 李翔.糙米型饲料对鹅鸭肥肝性能影响及朗德鹅肥肝脂肪沉积规律的研究[D].武汉:华中农业大学,2005.
- [10] 杨正梅.玉米、糙米和小麦型饲料对骡鸭肥肝生产性能的影响[D].武汉:华中农业大学,2004.
- [11] 程伶摘译,杭友才校.油脂对家禽的特殊能量效果[J].国外畜牧科技,1991,18(2):32-45.
- [12] 鲍明道,王亚琴,等.鹅填肥饲料中添加动植物油对肥肝性能的影响[J].畜禽业,2006(16):18-19.
- [13] 廉传江,牛淑玲,等.不同脂肪源对填饲鹅肥肝及生产性能影响的研究[J].饲料工业,2007,28(19):30-32.
- [14] 陈烈,胡锦涛.鹅肥肝生产若干技术因素的研究[J].中国畜牧兽医杂志,1985(6):16-19.
- [15] 范文娜,刘辉,何瑞国.维生素 E 对溆浦鹅超饲养期生长性能和产肥肝性能的影响[J].饲料工业,2007,28(2):11-15.
- [16] 魏建军,王信美,金武,等.茶多酚对朗德鹅产肝性能、屠宰性能及体脂沉积的影响[J].饲料工业,2007,28(1):25-28.
- [17] 于世浩,王宝维,等.益生菌和酶制剂对鹅产肝性能与主要盲肠菌群的影响[J].动物营养学报,2008(2):211-216.
- [18] 刘景盛,刘立冬.EM 菌液在鹅肥肝填饲生产中的应用实验研究[J].吉林畜牧兽医,2004(1):29.

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

日粮营养物质对猪粪中氮、磷、铜、锌和氨气含量的影响

周丽 黄彪

摘要 为了减少猪粪中氮、磷和小分子物质的含量,近年来正在建立猪日粮需求量与饲喂量之间的较好平衡,提高饲料养分利用率的研究也已经开始。分阶段饲喂并调整日粮的氨基酸水平使其达到较好的平衡,猪粪中氮的含量就会实质性地减少。猪日粮中低含量的氮能减少猪粪中氨气的散发并在一定程度上降低恶臭复合物的排泄量。分阶段饲喂对排泄物中磷的减少也有一定效果。虽然饲料中磷的低消化率引起了一些问题的出现,但是在日粮中补充植酸酶和高消化率的矿物硫酸盐可以缓解这些问题带来的后果。同样,低铜低锌日粮明显地降低了猪粪中铜和锌的含量。从畜牧业的长远前景看,提高日粮养分的利用率是降低饲养成本、减少环境污染的有效途径。

关键词 猪;环境;氮磷;铜;锌

中图分类号 S816.11

为了猪肉生产的健康发展,畜牧场污染物质的排放和不可恢复资源的利用都应该尽早减少。粪、尿中的氮、磷可能对淡水和海水的超营养化有一定影响。此外,世界矿物磷酸盐的储存量是有限的,应该受到保护。同样,铜和锌在土壤中的积聚对植物和微小生物体有间接或长期的毒性作用。粪中氮的酸化和超营养化作用已经被公认为对土壤状况、森林和生物多样性有害。

过去几十年,为了缓解氮、磷和小分子物质对环境的影响常常从猪肉产品的生产方面去研究。目前,从营养学途径去研究得到了一些研究人员和有关立法机构的关注(Jongbloed等,1999b)。这要求我们对猪生理学方面的知识要有充分的了解,因为只有这样才能实现猪日粮的精准供给。提高饲料养分利用率是我们研究的下一个目标。本文论证了通过营养学途径来减少猪粪中氮、磷和氨气排放的可能性,同时也阐述了可能的或已经实施的试验方法。

1 猪粪中含氮排泄物的减少

猪对蛋白质的利用率取决于猪本身的生理结构和生长阶段,在育成期喂给谷物大豆型日粮,摄食中约有32%的氮被吸收(Dourmad,1999b)。猪粪中氮的排泄量约占摄食量的17%,包括小部分未被消化的食物、内源性氮损失、主要消化分泌物和肠细胞脱落物。蛋白质一般是以氨基酸的形式被消化,而通常氨基酸

又用于合成蛋白质。氨基酸的必然损耗与蛋白质新陈代谢及皮肤和头发的更新有关。除了必要的损耗和蛋白质的沉积,残留的氨基酸大部分以尿素的形式被排出体外。对于传统日粮而言,尿中含氮量占很大部分。大母猪氮的平均存留率最低(23%)、生长猪居中(34%)、断奶仔猪最高(48%)(Dourmad,1999a)。

在日粮补充营养物质的两种措施常常被用于提高猪对蛋白质的利用率,进而减少排泄物中氮的含量。其一,根据动物的生长潜力和生理状态长期给予充足的氨基酸供应量。这要求每天的氨基酸和能量供给量是精准的,并且决定于动物的生长潜力、生产阶段和生产目的。在经产母猪的怀孕期和泌乳期用不同日粮来代替单一日粮可以使氮的排泄量减少到20%~25%。怀孕期分阶段饲喂方式可能进一步减少排泄物中氮的含量。

表1 粗蛋白对育肥猪生长性能和含氮排泄物的影响(30~120 kg)

项目	粗蛋白含量(%)		
	17.8	15.5	13.6
平均日增重(g)	846	867	852
总能(MJ/kg)	27.5	27.4	27.6
代谢能(MJ/kg)	38.2 ^a	37.4 ^b	37.2 ^b
产肉率(%)	51.3	52.3	51.6
氮的排泄量(kg)	3.90 ^a	3.10 ^b	2.50 ^c

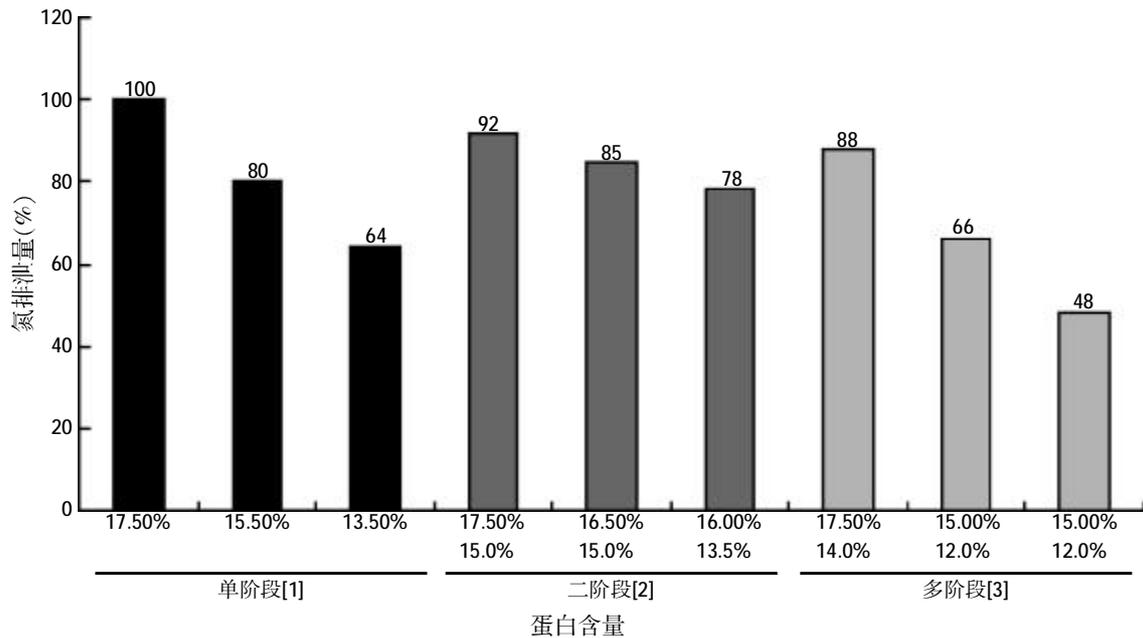
注:标注不同字母的为差异显著(P<0.05)。

实际上,怀孕后期需要的蛋白质比前期多(Dourmad和Etienne,2002)。在肥育猪的生长和育成阶段喂给不同日粮,粪尿混合物中所排出的氮比两阶段喂同样饲料要低10%(Latimier和Dourmad,1993)(见图1)。

周丽,南京农业大学动物科技学院,210095,江苏省南京市卫岗一号。

黄彪,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-05-23



注:100%表示在某一阶段日粮中含17.5%的粗蛋白时氮的排泄量。

图1 日粮中蛋白质的含量和其饲喂策略对氮排泄量的影响

其二,提高日粮氨基酸平衡,从而减少猪对日粮中粗蛋白的需求量。不同来源的蛋白质或不同自由氨基酸的结合可以优化氨基酸平衡。提高日粮中氨基酸的生物蛋白效价可使育肥猪排泄物中氮含量减少35%,而且不影响采食量、平均日增重、饲料利用率和胴体品质(见表1)。

分阶段饲喂,日粮蛋白质中氨基酸的平衡与非必需氨基酸的最优化供给相结合可以使排泄物中氮含量降到最低。Bourdon等所做的试验已经评估了这种饲喂方法的效果。在试验研究中,整个生长育肥阶段采用两种不同的饲喂方式。一是用单一日粮饲喂,其中粗蛋白含量为17.5%。二是分阶段饲喂(日粮由两种不同的蛋白质源组成,分别含粗蛋白为13.0%和10.7%)。每天蛋白质的饲喂比例都是最优化的。两种饲喂方式下,猪生长性能和胴体品质没有差异,而分阶段饲喂的猪排泄物中氮含量减少50%(见表1)。这种饲喂方式排泄物中氮含量只占摄入氮的50%。这可以被认为是近乎最少的氮排泄量。必须指出,应用这种饲喂方式来减少排泄物中氮含量应建立在对饲料养分氨基酸利用率有关知识非常熟悉的基础上,而且还要根据猪不同生长阶段和生理状况调节氨基酸的需要量。结合猪营养需求模拟技术(NRC,1998;van Milgen等;Dourmad等)和对饲料养分中氨基酸变化的了解(NRC,1998;CVB,2000;INRA-AFZ,2004)可以做到这些。在实际饲养中可以应用计算机混合饲料系

统,这一系统配合出的日粮可满足日粮组成的基础需要(Feddes等,2000;Pomar等,2007)。与猪粪中氮含量相比,日粮中蛋白质含量的减少降低了尿中氮含量,其可能影响作为土壤肥料氮的利用价值(Sorensen和Fernandez,2003)。在Portejoie(2004)等的研究中氮氮比例为:含粗蛋白20%的新鲜粪中总含氮量为0.79%,而含粗蛋白12%的总含氮量为0.63%(Germann,1999等)。Sorensen、Fernandez(2003)在研究中指出粪、尿中氮对植物的利用价值不会受到日粮中蛋白质含量的影响。

2 降低氮损失

改变饲喂方式可能影响尿中尿素浓度和pH值,进而影响氨气的释放(van de Peet-Schwering等,1999)。猪日粮中含较低粗蛋白,尿中的尿素浓度和pH值也会随之降低(Canh等,1998;Portejoie等,2004)。在饮水中加入钒酸钠,日粮中粗蛋白的含量降低会减少尿的生成量,这是由于饮水量减少而引起的(Pfeiffer等,1995;Portejoie等,2004)。粪、尿性状发生改变可降低在储存过程中氨的损失和在其后的利用价值(Canh等,1998;Hayes等,2004;Portejoie等,2004)。例如,在Portejoie等(2004)的研究中从粪、尿排出到被用于肥料的整个阶段,育肥猪日粮中的粗蛋白从20%降到12%,氨气排放量减少63%(见表2)。

营养学家通常用电解质平衡即钠离子加上钾离子减去氯离子来评估日粮酸碱度,电解质平衡中阳离

子的减少会引起尿 pH 值减少。日粮中粗蛋白含量减少,电解质平衡的总离子浓度也会减少,这是因为大多数蛋白质饲料含较高的钾离子。这是粗蛋白影响尿 pH 值的部分原因。但是,Canh 等(1998)的研究表明尿 pH 值和氨气散发的显著变化是由于其中的钙盐(如碳酸钙)被硫酸钙或氯化钙所代替。在 Canh 等(1998)和 Guiziu 等(2006)的研究中分别指出安息香酸钙和安息香酸能够明显地减少尿 pH 值和氨气的散发。因为这些物质最终被代谢为马尿酸,而马尿酸随尿液被迅速排出。在 Guiziu 等(2006)的研究中,日粮中加入 1%的安息香酸约可减少 40%的氨气释放。Van Kempen(2001)得到相似的结论,在日粮中加入脂肪酸可减少 25%的氨气排出,因为部分脂肪酸随尿液排出。

表 2 饲料中蛋白质对育肥猪粪、尿性状和氨释放量的影响(Portejoie 等,2004)

项目	日粮中粗蛋白含量(%)		
	20	16	12
粪尿合成物数量[kg/(头·d)]	5.7	5.6	3.6
干物质量(%)	4.4	4.6	5.9
总氮(g/kg)	5.48	4.30	3.05
氨总氮(g/kg)	4.32	3.13	1.92
pH 值	8.92	8.61	7.57
氮平衡[g/(头·d)]			
氮保留量	23.2	23.5	21.9
氮的排泄量	40.7	27.6	15.0
氨的释放量	17.4	13.8	6.4
可利用的植物	23.3	13.8	8.6

日粮中粗纤维可减少尿素氮排出。日粮中含较多可发酵非淀粉多糖,部分尿蛋白在粪中就会转化为细菌蛋白(Canh 等,1998;Kreuzer 等,1998;Sorensen Fernandez,2003),但这不会影响总氮排泄量。此外,由于挥发性脂肪酸在猪的后肠和粪、尿中的发酵作用,日粮中加入非淀粉多糖可使粪、尿 pH 值降低(Canh 等,1998)。建立了非淀粉多糖摄入量与粪、尿 pH 值和氨气释放量的线性关系。每增加 100 g 的非淀粉多糖,尿 pH 值就会减少 0.12 个单位,氨气释放量减少 5.4%。

日粮中非淀粉多糖含量的多少会影响粪、尿中的氮作为肥料的施肥效果,因为大部分氮是以较复杂的有机物形式被排出。日粮中粗纤维的发酵率越低,粪、尿中氮的利用率就越低(Sorensen 和 Fernandez,2003)。但是,日粮中可发酵的结构碳水化合物的含量增加并不影响粪、尿中氮的利用率(Gerdmann 等,1998;Sorensen 和 Fernandez,2003)。然而,喂给上述日粮中的任何一种都会减少尿中氮的排出量。结合部分尿氮,粪中纤维含量的多少可以作为粪、尿中氮对植物利用性优劣

的指示器(Sorensen 和 Fernandez,2003)。

3 日粮对粪、尿气味的影响

粪、尿气味主要与一些可挥发性复合物有关,这些复合物随粪、尿一起排出或在粪、尿的储存阶段被释放(de Lange 等,1999)。这些可挥发性复合物在猪的大肠和粪、尿的贮存池里由饲料中的微生物转化物产生。总结前人的报道,Le 等(2005)认为日粮中粗蛋白和可发酵的碳水化合物在猪排泄物的气味产生过程中起主导作用。

目前,只有很少研究评估日粮的处理效果对排泄物气味的直接作用,主要是因为对气味作出客观评定存在一定的困难。前面提到的蛋白质营养会影响氨气的产生,但是氨气与粪、尿气味的浓度并不密切相关(Le,2006)。Hayes 等(2004)应用嗅觉测量仪研究表明,日粮中粗蛋白含量减少会显著降低氨气的量和臭味,但这并非在所有试验中都得到证明。Hobbs 等(1996)报道,用含低蛋白的日粮喂猪显著减少弥散在空气中绝大多数的臭味气体。Le(2006)用嗅觉测量法研究发现,日粮中粗蛋白含量从 18%降到 12%,臭味气体量就会减少 80%。此外,Le 的研究结果还表明粗蛋白和可发酵的碳水化合物对臭味气体的产生有交互作用,这表明日粮中粗蛋白和可发酵碳水化合物的平衡对排泄物臭味的产生也有影响。动物内脏的发酵作用也会改变臭味复合物的产生,如:粪臭素(de Lange 等,1999)。用不同方法评估臭味所带来的感觉,分别用“舒适”、“非常不愉快”和“强烈刺鼻”表示臭味的强弱程度。Moeser 等(2003)在试验中能很明确地区别出日粮组分的不同,含硫量高(尤其是富含大蒜和羽毛粉)的日粮所产生的粪、尿的臭味就越强,但是主要含淀粉和酪蛋白的单纯日粮所产生的粪、尿的气味并不令人感到不舒适。这与 Le(2006)的报道一致,Le(2006)在日粮中添加高含量硫磺的氨基酸时,所排出的粪、尿中臭味气体增加 7 倍多。

4 猪粪中含磷量的减少

生长育肥猪喂以谷物大豆型日粮,45%磷被吸收,约 30%被机体利用,15%经尿排出(Poulsen 等,1999)。总摄入磷的 70%经粪和尿排出。为了减少尿的损失,磷的供给量应与需要量一致;磷的利用率也应该被提高(Poulsen,2000;Knowlton 等,2004)。这主要依赖于对磷的生物利用性有充分认识,并且要能根据猪的不同生理阶段确定对其磷的精准需要量。

减少粪中磷排出的第一个措施是在日粮中补充高消化率的矿物质磷从而提高磷的吸收率。例如,应

该用二钙代替单钙,因为前者的消化率高(INRA-AFZ,2004)。然而,大部分减少猪粪中磷排出的措施都与提高植酸磷的利用率有关(Jongbloed等,1992)。

在一些国家,微生物植酸酶被普遍地添加到猪日粮中,因为它已经被证明能够提高磷的消化率。总磷的减少可使排泄物中的磷减少40%~50%(Jongbloed Lenis,1992;Latimier等,1994)(见表3),但是,可消化磷与微生物植酸酶的水平呈线性相关,即使补充高含量的植酸酶,磷的最大消化率不会超过60%~70%。基于前人的研究,Kornegay、Johansen和Poulsen(2003)建立了磷的消化率与微生物植酸酶的方程式,可以运用到对家畜日粮中磷需要量的评估中去。

表3 三种不同磷添加形式对生长育肥猪(30~102 kg)生长性能和磷排出量的影响(Latimier等,2004)

项目	空白组	矿物质磷组	植酸酶组
磷含量(g/kg)	3.9	5.2	3.7
植酸酶活性(FTU/kg)	210	205	735
平均日增重(g/d)	764 ^a	805 ^b	795 ^b
料肉比	2.73	2.65	2.66
骨的韧性(Nm)	11.9 ^a	13 ^b	14.3 ^b
粪、尿的量(l/头)	358	337	31
粪、尿中磷的含量(kg/头)	0.36	0.50	0.26

注:a和b表示差异显著性,对粪、尿中磷的含量没有进行数据统计分析。

与蛋白质和氨基酸的供应模式一样,减少粪中磷排出的第二个措施是根据动物的生长潜力和不同阶段的生理状态来确定其精准的磷供给量。这要求我们对猪磷的实际需求量有一个准确估测,同时对磷作为

日粮营养成分的生物利用性有充分掌握。在实际生产中,CVB(2000)、INRA-AFZ(2004)和Jingbloed(1999a)、Doumad(2005)在磷表观消化率基础上确定了磷需要量的决定因素和磷的生物利用性。最后,确定猪日粮中磷含量时可以在其安全用量的范围内稍微地减少以降低磷的排泄量。

5 减少猪粪中铜和锌含量的方法

铜和锌有多种生理代谢功能,它们在猪日粮中的充足供给量是确保猪快速生长和健康必不可少的(Revy,2003;Jondreville,2002)。然而,它们作为促生长剂使用时的剂量已经达到了药理作用水平,这表明铜和锌在日粮中添加量常常超过其最大安全用量。因此,大量的铜和锌随猪粪被排出并在土壤中积聚,进而对植物和微生物产生间接和长期的毒性作用(Jondreville等,2003)。此外,由于铜和锌附着在固体物上,在处理猪的粪、尿作为有机肥料时铜和锌的量能够达到最大。减少猪粪中铜和锌残余物的唯一途径就是限制日粮中磷的添加量。

作为促生长剂,铜在日粮中的剂量为150~250 mg/kg,已经被应用了很长时间(Braude,1980)。目前欧洲权威机构允许:0~12周龄的猪日粮中最大铜含量为170 mg/kg;12周龄以后,铜不允许作为促生长剂被使用,日粮中的最大含量不得超过25 mg/kg(而先前对铜的用量规定为:16周龄以前为175 mg/kg;16周龄以后为100 mg/kg)。这样猪粪中的铜含量就会减少60%(见表4)。然而,生产实践中的供给量常高于推荐供给量(在10%以内),在体内的平均残留率仍然少于1%。

表4 根据猪不同的饲料供给对铜、锌平衡的估测

项目	铜			锌			
	A	B	C	D	E	F	G
日粮中浓度(mg/kg)							
1号猪	175	170	10	2 500	250	150	70
2号猪	175	170	10	250	250	150	50
育肥猪	120	25	10	250	250	150	30
大母猪	35	25	10	25	250	150	70
平衡(0~110 kg的猪)							
吸收(g/头)	38.7	13.5	3.3	84.1	68.3	41.7	9.0
排泄(g/头)	38.6	13.4	3.2	81.7	65.9	39.3	6.3
粪尿组成[mg/(kg DM)]	1 119	351	84	2 542	2 128	1 269	284
每千克土壤干物质中铜达到50 mg和锌达到150 mg所需年数	47	160	941	79	95	167	1 160

表4由Jondreville等(2003)计算所得。A、D和E饲养条件是前欧洲有关法令所允许的,饲养条件B和

F是目前欧洲有关法令所允许的。饲养条件C和G中铜和锌的添加量与动物对其的需要量一致。已有报道

表明,在断奶仔猪日粮中以氧化锌的形式添加 1 500~3 000 mg/kg 锌能促进仔猪生长(Poulsen,1995)。实际上,2003 年,猪日粮中锌的最大含量已减少到 150 mg/kg,此前为 250 mg/kg(EC1334/2003)。这样的水平与推荐需要量非常接近,根据不同的生长阶段推荐量确定为 100~500 mg/kg(Revy 等,2006)。相比较而言在 8~15 kg 断奶仔猪和其后的日粮中分别添加 2 500 和 250 mg/kg 锌(目前欧洲对其规定为 150 mg/kg 锌),排泄物中锌的量会减少 51.89%(见表 4,饲养条件 F)。

与减少磷排出量的措施一样,降低猪粪中铜和锌含量的主要方法也是调整供给量与需求量一致,提高猪对铜和锌的生物利用率。最近确定断奶仔猪对锌的需要量约为每千克日粮 90 mg(Revy 等,2006),这与先前的推荐量一致,稍低于实际供给量。日粮中含微生物植酸酶时,锌的供给量可以相对减少一些,因为其优化了锌的生物利用性。在断奶仔猪日粮中添加 500 单位的植酸酶相当于 30 mg/kg 的锌(以硫酸盐的形式)(Jondreville 等,2005)。目前,欧洲规定:粪中干物质中铜和锌的含量分别为每千克干物质为 350 和 1 250 mg,这低于法国污水中铜和锌的含量(分别为每千克干物质 1 000 和 3 000 mg),但超过了有机肥料中

铜和锌的含量(分别为每千克干物质 300 和 600 mg)。假设,每年有 170 kg 的粪氮被排出,那么 160~170 年后每千克土壤干物质中铜和锌的量会分别达到 50 和 150 mg(见表 4)。而按先前规定,50~100 年后每千克土壤干物质中铜和锌的量就会分别达到 50 和 150 mg。

虽然这些新的法令和规定对缓解目前的状况起了非常重要的作用,但是由粪尿进入土壤的铜和锌的量及每年从肥料中释放的 170 kg 的粪氮仍然远远超过农作物的吸收量。将来,铜和锌的排泄量有可能进一步的减少(见表 4,饲养条件 C 和 D),形成铜和锌排出与植物吸收的更好平衡。这要求我们进一步了解铜和锌的生物利用性以及动物对其的精准需要量。

6 结论

提高家畜对营养物质中养分的利用率是减少其在粪、尿中含量的最有效途径。就整个畜牧业而言,这也是减少营养物质损失的有效途径,尤其是氮、磷和其它一些小分子物质。此外,由于排泄物的化学组分发生了变化,家畜的营养物质一旦改变畜舍和蓄粪池散发出的氨气也会改变。

(参考文献 44 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

· 信息采撷 ·

肉禽蛋制品标准即将出台

经国家标准化管理委员会批准,全国肉禽蛋制品标准化技术委员会日前正式成立,秘书处设在中国商业联合会。其主要职责是负责禽畜肉制品门类(腌腊制品类、酱卤制品类、熏烧制品类、干制品类、油炸制品类)和蛋制品门类(再制蛋类、蛋粉类、冰全蛋类、蛋黄类)等领域的国家标准制定工作,包括制定或修订产品质量标准、检测标准、基础标准等。

据全国肉禽蛋制品标准化技术委员会秘书长张丽君介绍,该标委会已制订出肉禽蛋制品标准体系框架草案,将在近几年做四项工作:一是组织制定、修订《肉禽蛋制品检测方法》等 30 多项标准;二是组织制定《肉与肉制品术语》、《肉松》、《肉干》、《中式香肠》、《酱卤肉制品》等国家标准;三是组织制定建立肉制品安全体系的《肉与肉制品的射频识别码(RFID)追溯技术要求》国家标准;四是计划立项《肉禽蛋制品分类》标准。

全国肉禽蛋制品标准化技术委员会主任何济海介绍,据不完全统计,我国肉及肉禽蛋制品生产规模化企业达 2 800 余家,肉禽蛋及其制品总产量达 6 865 万余吨。我国肉类总产量虽然稳居世界首位,但肉类制成品的产量占肉类总产量的比重还不到 10%,而发达国家熟肉制品已占到肉类总产量的 50%以上;目前我国深加工肉制品的比重仅为肉类总产量的 4%,远低于国外的 40%,发展的空间很大。未来精深加工的肉制品、冷却肉、小包装肉类需求有较大的增长。

有专家预测,未来几年,我国肉类加工业将进入一个新的稳定成长期,低温肉制品将会成为我国肉制品未来发展的主要趋势。到 2010 年,我国低温肉制品市场容量将达 4 100 多万吨;从肉类食品消费结构来看,国内肉类产量中猪肉占总量的 64%,禽肉占 20%,牛、羊肉产量分别占 10%和 6%。全国的肉制品行业应该抓住这个发展的机会,在标准化的基础上实现产业化和规模化。