

粉碎工艺对饲料加工、营养价值以及动物生产性能的影响*

周庆安¹, 姚军虎², 刘文刚³, 雷宁莉⁴

(1 杨凌职业技术学院 动物工程系, 陕西 杨陵 712100; 2 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨陵 712100;
3 西安易发饲料科技有限公司, 陕西 西安 710086; 4 陕西省饲料厂, 陕西 杨陵 712100)

[摘要] 粉碎是饲料生产的一道重要工序, 对饲料生产成本、产量、后续加工工序、饲料的营养价值及动物的生长生产性能影响很大。文章通过分析影响粉碎工艺参数的因素, 提出了提高粉碎质量的综合措施, 对饲料粉碎参数与饲料营养价值、胃肠道形态学和动物生产性能的影响进行了讨论, 并对粉碎工艺需要研究的内容与方向进行了展望。

[关键词] 粉碎工艺; 饲料生产; 加工性能; 饲料营养价值; 动物生产性能

[中图分类号] S816 34 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387 (2002) 06-0247-06

粉碎是饲料生产7大工序(原料接受、清理、粉碎、配料、混合、成形及计量打包)中重要的环节之一。一般饲料中需粉碎的原料占配方比例的50%~80%, 粉碎工序的电耗占饲料厂生产车间总电耗的30%~70%^[1]。谷物经粉碎后, 表面积增大, 与肠道消化酶或微生物作用的机会增加, 消化利用率提高; 粉碎使配方中各组分均匀地混合, 减少了混合后的自动分级, 可提高饲料的调质与制粒效果以及适口性等^[2]。

粉碎工艺中的重要指标是原料粉碎的粒度、粒度的均匀性、粉碎产量和加工电耗等^[3,4]。这些指标对饲料加工生产性能、饲料营养价值和动物的生产性能均有一定的影响。随着动物营养科学与饲料加工科学的发展, 两者相互渗透, 只有将营养科学与加工科学两者有机地结合起来, 才能充分利用饲料的营养价值, 提高畜牧业的经济效益。

1 粉碎对饲料加工工艺的影响

1.1 粉碎与饲料生产加工成本

1.1.1 粒度 饲料粉碎粒度是指粉碎后成品物料颗粒的大小, 一般表示方法有筛上残留物百分数法、锤片粉碎机筛片筛孔直径法、算术平均粒径法、几何平均粒径法(GMD)、粒度模数(MF)与均匀

度模数(MU)法、几何平均粒度与对数正态几何标准偏差法(S_{gw})等, 其中几何平均粒度与对数正态几何标准偏差法最科学^[5]。试验表明, 控制粉碎粒度几何标准偏差对改善动物生产性能及饲料利用效率的效果不明显, 一定的粒度差异可能比粉碎粒度非常均匀的饲料更有益于养分的连续吸收利用, 但粒度差异不能太大^[6]。所以, 控制饲料粉碎粒度应着重控制饲料的几何平均粒径, 同时将粒度的差异控制在一定范围之内。一般讲, 粉碎越细, 增加的表面积越多, 越有利于酶的消化。表1^[7]为颗粒大小对消化率及饲养效果的影响。但过度粉碎需要更多的电耗, 从而增加饲料加工生产的成本, 因而畜禽饲料的粉碎粒度应选取一定的范围, 不能追求过细。有时, 即就是谷物粒度减少可使饲料利用率有所提高, 也应考虑其成本效益比。

1.1.2 粉碎机的类型 锤片式粉碎机排料不畅, 粉碎粒度的均匀性较差, 且易造成过度粉碎, 产生的细粉过多, 电耗急剧增加^[8]。锤片式粉碎机的锤片磨损之后应及时更换。有时重新安排整理锤片比购买新锤片更省钱, 但应检测锤筛间隙, 如间隙过大则粉碎效率降低, 过小则筛片磨损加快。对辊式粉碎机可以产生颗粒均匀的粉料, 降低饲料粉尘, 且

* [收稿日期] 2001-11-20

[作者简介] 周庆安(1969-), 男, 陕西礼泉人, 硕士, 讲师, 主要从事动物营养与饲料科学的研究。

其电耗远低于锤片式粉碎机, 但产量较低。目前, 国内著名饲料机械生产厂家相继推出了各种型号的新型粉碎机, 如立式粉碎机等^[9], 与传统的粉碎机相比, 电耗降低很多。

表 1 颗粒大小对消化率及饲养效果的影响

Table 1 Effects of particle size on digestibility and feeding effectiveness

颗粒/ μm Particle size	消化率/% Percentage of nutrient digestibility			料肉比 Feed-meat ratio
	干物质 Dry matter	氮 Nitrogen	能量 Energy	
< 700	86.1	82.9	85.8	1.74:1
700~1000	84.9	80.5	84.4	1.82:1
> 1000	83.7	79.1	82.6	1.93:1

1.1.3 一次粉碎工艺与二次粉碎工艺 一次粉碎工艺设备投资较少, 但电耗高。使用二次粉碎工艺或循环粉碎工艺可取得理想的粉碎粒度, 且电耗减少约 22% 以上, 产量提高 25% 以上^[10], 但设备投资较大。在微粉碎时, 应选择高效的分级设备, 在粉碎前或粉碎后将物料分级, 符合粒度要求的作为粉碎成品进入下道工序, 过大的物料再回到粉碎机继续粉碎, 直到满足粒度要求为止^[11], 对极难粉碎且量极少的残渣应设置旁路通过^[12]。

1.1.4 先配后粉工艺与先粉后配工艺 前者在我国应用较少, 因为粉碎机不是单一原料粉碎, 粉碎机不可能一直处于稳定的工作状态, 因而单位成品电耗较高^[13], 但粉碎粒度的均一性好, 有利于某些油性物料的粉碎; 后者可使粉碎机处在高效区运行, 经济效益较好。

1.1.5 粉碎机喂料装置与吸风装置 进入粉碎机的待粉物流必须稳定而连续, 自动喂料装置可根据粉碎机主电流进行负反馈调节, 从而使粉碎机处于最佳运行状态。为了提高锤片式粉碎机的产量, 防止筛孔堵塞及物料在粉碎室内过度粉碎, 一般粉碎机的出料口采用负压吸风或吸风加机械输送的方式。采用负压吸风后, 可提高粉碎机的产量, 吸去粉碎过程中产生的热量与水分, 保证饲料质量。

1.1.6 其他因素 原料的种类及含水量。物料的种类及其含水量对粉碎机的度电产量及粉碎效率的影响很大。由于各种物料的淀粉含量、纤维含量、结构形态的差异, 粉碎时耗用的能量也不相同。高淀粉含量的谷物如玉米较易粉碎, 高粱也易粉碎, 而大麦较难粉碎, 燕麦更难粉碎。饶应昌^[7]认为, 粉碎含水量 170 g/kg 的玉米比粉碎含水量 100 g/kg 的玉米, 度电产量降低 33% ~ 38%。因此, 当玉米的含水量大于 150 g/kg 时, 用锤片式粉碎机粉碎是不经济的。易损易耗件。粉碎工艺易损易耗件主要是锤片、筛片及销轴, 不同厂家、不同品牌及不同规格的锤片、筛片及销轴的使用寿命和销售价格均

不相同, 饲料厂通过大量的生产记录与统计分析可找到性能价格比最佳的厂家、品牌。可惜我国大多数饲料厂的饲料生产与设备采购相互脱节, 或是没有引起足够的重视。饲料损耗。粉碎工艺中损耗的有水分及粉尘, 前者要控制原料含水量及选择粉碎升温低的粉碎机, 后者通过饲料车间的除尘系统予以回收, 并重新加入饲料中去。安全工作。粉碎工序易产生人员伤亡事故, 也易产生粉尘爆炸, 因此, 必须做到安全工作, 包括设备的安全及人员的安全, 避免不必要的损失。加强设备的维护保养与维修。按时对设备进行保养, 正确地操作使用, 对有故障的机械设备及时维修, 使其处于完好运行状况, 对降低生产加工成本也较重要^[14]。

1.2 粉碎工艺对饲料加工后序工艺的影响

1.2.1 粉碎与混合 混合工序是饲料生产工艺中的关键工序, 而粉碎粒度又是影响饲料混合均匀度的重要因素, 日粮各组分的物理性状 (含粒度) 越接近则越容易混匀^[15], 且越不易出现分级现象。因而粒度的均一性越好则自动分级越少。

1.2.2 粉碎与物料的流动性 粉碎粒度越小, 物料的流动性就越差, 同时由于表面积增大, 物料易吸收空气中的水分, 使物料的流动性更差。这样, 物料在生产设备中容易接拱堆积, 特别是在料仓中。

1.2.3 粉碎与制粒 物料经过粉碎后, 淀粉的糊化作用改善^[16-20]。随着粉碎细度的加大, 淀粉的糊化率增加, 有利于制粒, 也有人认为压粒用的物料以粗、中、细比例适当为宜。

2 粉碎粒度对饲料营养成分的影响

粉碎可以促进淀粉的糊化, 有利于动物的消化吸收^[21]; 粉碎粒度对饲料活性成分基本没有影响^[21]; 美国堪萨斯州州立大学研究表明: 用辊式粉碎机粉碎的玉米与用锤片式粉碎机粉碎的玉米喂猪, 前者的养分消化率要高, 粪中干物质及氮的排出量分别减少 19% 和 12%^[22]。

3 粉碎粒度对动物生产性能及胃肠形态学的影响

尽管粉碎具有不少的优点, 但过度粉碎需要消耗过多的电能, 降低饲料厂的生产效率, 造成物料流动不畅, 甚至堵塞, 同时还会引起粉尘飞扬, 损害工作人员身体健康, 导致动物呼吸道疾病和环境污染, 所以饲料粉碎粒度应有一定的适宜范围, 且不同种类动物对饲料粒度要求不同^[23]。现在许多动物营养学者认为大颗粒饲料能刺激胃肠蠕动, 刺激消化液分泌, 促进消化道发育, 因而饲料粉碎粒度有增大的趋势^[24]。

3.1 家禽

周岩民^[25]报道, 玉米、高粱颗粒粒径小时未能改善 7~28 日龄肉鸡的生产性能, 将粉碎粒度由 1 000 μm 降为 400 μm 时, 产蛋鸡产蛋率、蛋重及饲

料转化率有所提高。研究表明^[26], 粒度与饲料组分之间还有交互效应, 将饲料粒度从 1 000 μm 降到 500 μm 时, 采食组分复杂饲料的肉鸡增重速度提高, 而对采食组分简单饲料的肉鸡影响较小。家禽采食量与饲料的粒度有关, 颗粒饲料或碎粒料可增加采食量。相对粗糙的饲料有利于消化道的发育^[27] (表 2)。通过对消化道的观察发现, 当喂粉碎较细的细粉料时, 饲料以较快的速度经胃进入十二指肠、空肠和回肠, 导致肌胃萎缩 (重量减轻, 内容物 pH 值升高), 小肠肥大, 肠道食糜 pH 值降低, 细菌发酵加强, 生成挥发性脂肪酸 (VFA) 增加。此变化将影响食欲, 导致采食量下降, 进而影响动物的生产性能^[28]。有研究^[29]认为, 肉鸡日粮中谷物的粉碎粒度以中颗粒为宜, 几何平均粒径 (GMD) 为 0.7~0.9 μm , 随日龄的增加, 粉碎粒度也应增加。

表 2 饲料颗粒大小对鸡的影响

Table 2 Effects of particle size on chicken

颗粒/mm Particle size	21 日龄体重/g Bw. of 21 d of age	7~21 d 采食量/g Eaten fed 7- 21 days	嗉囊占活体重率/% Crop percentage of live body weight
0.6 (小) Small	491	591	2.22
1.1 (中) Middle	568	662	2.80
2.3 (大) Big	540	645	3.13

王卫国^[22]建议, 对蛋鸡后备前期、后备中后期及产蛋期的饲料粒径为 0.7, 1.0 和 1.3 mm, 相应的筛片孔径取 1.6, 2.5 和 3.0 mm。根据笔者的实践经验, 认为筛片孔径可再大一些。王小霞等^[30]用不同粒度的石粉加入蛋鸡饲料 8 周后, 表明石粒大小对蛋壳质量、强度、壳重及单位面积壳重有显著影响, 而对平均蛋重、蛋壳厚度、蛋壳重量百分率及蛋壳含钙量的影响差异不显著, 建议大小粒度石粉混合, 适当增加大粒石粉有利于提高蛋壳质量。

3.2 猪

一般乳仔猪咀嚼能力强于生长育肥猪, 颗粒大小不影响仔猪生长速度。国外研究了饲料粒度对猪胃肠溃疡指数的影响^[31] (表 3), 当饲料粉碎太细时, 可显著增加生长肥育猪胃肠角质化程度, 胃肠损害程度加剧。从饲料种类上讲, 玉米的影响程度最大。从料型上讲, 粉料的影响大于颗粒料。当粉碎粒度为 300 μm 时, 可观察到明显的角化病和胃肠脓肿^[32]。

表 3 饲料加工粒度与猪胃肠溃疡指数的关系

Table 3 Relationship between feed processing particle size and index of gastro intestinal ulcer

饲料 Feeds	料型 Kinds	动物 Animals	粒度/ μm Particle size				资料来源 Source
			> 1 000	800	600	400	
玉米 Corn	粉料 Powder feed	生长猪 Growing pig	0.2	0.1	0.1	0.9	[33]
玉米 Corn	颗粒料 Pellet	生长猪 Growing pig	0.0	0.8	0.6	0.7	[34]
玉米 Corn		母猪 Female pig	1.59	2.00	2.77	3.15	[35]
软胚高粱 Soft blastogenic sorghum		肥育猪 Fattening pig	/	1.2	1.0	1.4	[36]
硬胚高粱 Hard blastogenic sorghum		肥育猪 Fattening pig	/	1.0	1.3	1.6	[36]

研究表明^[37], 大麦粒度为 635 μm 组猪的生长速度比 768 μm 组的高 5%。美国堪萨斯州立大学的

科研人员研究了制粒后粒径大小对断奶仔猪及肥育猪生产性能的影响^[38, 39] (表 4), 结果表明断奶仔猪颗粒饲料的粒径从 2 38 mm 增加到 3 97 mm 时, 饲料效率有改善的趋势。颗粒饲料对肥育猪的试验表明, 颗粒饲料的饲料效率高于粉料, 随着粒径由 2 38 mm 增加到 12 7 mm, 猪增重加快, 采食量增加, 但饲料报酬率有变差的趋势, 粒径大小几乎不影响肉品品质。猪采食粉料时胃部角质化评分与颗粒料相比, 有较低的趋势。粉料与颗粒料间胃溃疡评分差异很大, 但随颗粒料粒径由 2 38 mm 增加到 12 7 mm, 溃疡的程度降低, 所以肥育猪颗粒料的粒径以 3 97 mm 为宜。无论单一日粮还是复合日粮, 制粒用的粉料的粒度也影响猪的饲料转化率^[40], 1 000 μm 与 500 μm 相比, 后者的饲料转化

率高。

王卫国^[22]研究表明, 随粉碎粒度的减小, 仔猪粪便排出量降低, 饲料中干物质、蛋白质消化率以及增重、料肉比均以中粒度组 (3 mm 筛片组) 为最好。研究表明^[41, 42], 肥育猪饲料中玉米粉碎粒度在 400~ 1 200 μm 时, 粒度每减小 100 μm , 饲料转化率提高约 1. 3%。孙剑等^[34]认为, 粒度影响哺乳母猪生产性能。研究表明, 玉米粉碎粒度从 1 200 μm 减小至 400 μm , 母猪采食量和消化能摄入量提高 14%, 窝增重提高 11%。粉碎过细的饲料会增加家畜胃溃疡的机会和角质化程度, 因此对猪来讲, 适宜的粒度大小为: 仔猪断奶后为 500 μm 左右, 生长肥育猪为 600 μm 左右, 母猪为 400~ 600 μm 。

表 4 颗粒料的大小对肥育猪生产性能的影响

Table 4 Effects of pellet particle size on performance in fattening pig

测定项目 Items	粉料 Powder feed	颗粒料粒径/mm Diameter of pellet feed				变异系数/% C. V.
		2 38	3 97	7. 94	12 7	
日增重/kg Daily gain of weight	1. 03	0. 95	1. 01	1. 02	1. 05	6. 2
日采食/kg Daily intake	3. 02	2. 62	2. 77	2. 86	3. 051	6. 8
料肉比 Feed:meat ratio	2. 93	2. 78	2. 74	2. 81	2. 91	5. 6
屠宰率/% Dressing percentage of hog	72. 4	72. 4	72. 5	72. 5	72. 1	1. 3
背膘厚/mm Thickness of dorsal fat	24. 6	23. 1	23. 1	23. 6	23. 4	11. 6
干物质消化率/% Digestibility of dry matter	85	89. 5	89. 7	90. 1	89. 3	3. 8
氮消化率/% Digestibility of nitrogen	78. 8	85. 0	85. 7	87. 1	85. 0	
胃部角质化总观察数 Total observed number of gastric keratinization	16	16	15	16	16	
其中正常数 Normal	5	1	2	3	3	
轻度数 Light	6	6	7	4	3	
重度数 Serious	1	0	2	2	2	
平均 Average	1. 22	1. 75	1. 60	1. 69	1. 50	49. 5
胃溃疡总观察数 Total observed number of gastric ulcer	16	16	15	16	16	
其中正常数 Normal	14	16	5	8	11	
糜烂数 Erosion	2	4	6	2	4	
溃疡数 Ulcer	0	0	2	2	0	
严重溃疡数 Serious ulcer	0	0	2	2	0	
平均指数 Average index	0. 19	1. 19	1. 10	1. 09	0. 50	112. 4

3.3 反刍动物

陈于平等^[26]报道, 泌乳母牛饲料中玉米细粉时, 淀粉在瘤胃与全消化道的消化率及产奶量明显增加, 但乳脂率下降, 饲料转化率提高。姚军虎^[43]认为, 将各种精饲料细粉有害而无益, 粗粉、压扁甚至整粒饲喂, 是经济且实用的方法。对 10 月龄以下的青年牛及各类羊, 可饲喂整粒玉米、压扁小麦; 10 月龄以上的牛, 只需将谷物粗粉或简单破碎后饲喂^[44]。我国奶牛精料补充料标准^[45]中规定的粉碎粒

度全部通过 8 目 (2 38 mm) 分析筛, 16 目 (0. 841 mm) 分析筛, 筛上物不得超过 20%。我国肉牛精料补充料标准要求: 一级料 99% 通过 2 8 mm 编织筛, 但不得有整粒谷物, 1. 4 mm 编织筛筛上物不得大于 20%。无论是肉牛还是奶牛对粗饲料或秸秆以适度粗粉或切短为宜。

3.4 鱼、虾等

对此类动物, 饲料必须细粉才能提高制粒时淀粉的糊化度和蛋白质变性, 进而提高营养物质的消

化和吸收^[46]。

4 粉碎工艺需要研究的问题

1) 目前对粉碎粒度研究的对象主要集中在玉米、大麦、高粱等能量饲料以及石粉和牛羊采食的秸秆类粗饲料上, 而对植物蛋白质原料及其他原料的粉碎粒度研究较少^[47], 应开展多种饲料粉碎粒度对动物营养及生产性能影响的研究。

2) 积极研制开发和生产高效、节能、低噪、升温低、耐磨损的新型粉碎机、微粉碎机、粉碎机零部件(锤片、筛片等)和粉碎工艺^[48], 研制高效秸秆和草类粉碎机, 研制适合新型饲料原料如高油玉米等的新型粉碎工艺与设备。

3) 深入研究饲养动物对不同饲料原料与配方最适粒度的要求及消化吸收机理、不同粒度对动物胃肠形态的影响。

4) 对最佳粒度均匀性控制技术的研究。除研究

特定动物对特定饲料最佳粒度要求之外, 还应研究粒度的变异范围, 掌握粉碎粒度均一性控制技术。

5) 研究粉碎粒度对饲料营养价值、生产性能、生产效果、节约电耗、环保等因素的影响, 从而确定最佳的粉碎工艺参数。

6) 加强粉碎粒度、制粒、膨化^[49]、混合、输送与饲料中各种活性物质之间交互作用的研究, 为确定最佳工艺参数提供依据。

7) 加强水产动物、经济动物、观赏动物及伴侣动物所需要最佳粉碎粒度的研究。

随着科学技术的不断发展, 各学科之间相互融合、相互渗透, 各学科之间已经没有明显的界线。饲料加工学与动物营养学间的边缘交叉部分, 为动物营养学的发展与研究提供了一条新的途径, 这对于提高饲料营养价值、节约饲料资源、节省饲料生产加工成本、提高动物生产性能及畜牧业经济效益必将起到积极的促进作用。

[参考文献]

- [1] 庞声海, 饶应昌, 张华珍, 等. 配合饲料机械 [M]. 北京: 农业出版社, 1989. 68- 127.
- [2] 刘继业. 饲料工业手册 [M]. 北京: 新华出版社, 1990. 227- 272.
- [3] 周小秋, 朱贵水, 曾小波, 等. 加工工艺对饲料营养价值和动物生长性能的影响 (上) [J]. 中国饲料, 1999, 22 (12): 8- 9.
- [4] 周小秋, 朱贵水, 曾小波, 等. 加工工艺对饲料营养价值和动物生长性能的影响 (下) [J]. 中国饲料, 1999, 22 (14): 11- 13.
- [5] 王卫国, 陈四勇, 宁峰, 等. 仔猪配合饲料的粉碎粒度研究 [J]. 饲料工业, 2000, 20 (11): 22- 24.
- [6] 苏永亮. 饲料加工中产品粒度的控制 [J]. 饲料工业, 1999, 20 (8): 25- 26.
- [7] 饶应昌. 饲料加工工艺与设备 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1993. 43- 76.
- [8] 陈四清, 于东祥, 马爱军. 微颗粒饲料的研究与应用 [J]. 饲料工业, 2001, 22 (1): 25- 27.
- [9] 宿留根, 冯艳, 陈惠. 立式粉碎机和其粉碎机的差异与应用前景 [J]. 中国饲料, 1998, 21 (21): 15- 16.
- [10] 李忠平. 饲料加工工艺对产品质量的影响 [J]. 饲料工业, 1998, 19 (8): 7- 9.
- [11] 谭鹤群, 熊先安, 牛智有. 饲料加工中的筛分技术 [J]. 中国饲料, 1998, 21 (21): 17- 18.
- [12] 林建斌, 赵文祺, 郑诚. 不同加工条件对大豆饼粕品质的影响 [J]. 饲料工业, 1994, 15 (4): 1- 9.
- [13] 姚军虎, 周庆安, 李秉荣, 等. 动物营养与饲料 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001. 142- 144.
- [14] 宿留根. 饲料厂设备的保养与维修 [J]. 中国饲料, 1999, 22 (9): 15- 16.
- [15] 史清河. 加工工艺对饲料营养价值与畜禽生产性能的影响 [J]. 中国饲料, 2000, 23 (2): 27- 29.
- [16] 李德发. 加工工艺对饲料营养价值的影响 [A]. 许振英, 张子仪. 动物营养研究进展 [C]. 北京: 中国农业科技出版社, 1994. 298- 308.
- [17] 肖承沪, 吴红霞. 影响制粒机产量因素的分析与讨论 [J]. 饲料工业, 1999, 20 (7): 31- 32.
- [18] 陈中兵. 原料粒度及蒸汽添加量对颗粒饲料加工的影响 [J]. 中国饲料, 1999, 22 (9): 24- 25.
- [19] 熊先安, 宗力, 刘梅英. 影响颗粒饲料颗粒质量的因素分析 [J]. 饲料研究, 1999, (7): 23- 25.
- [20] 宿留根, 况世华. 特种水产饲料的粉碎工艺和设备 [J]. 中国饲料, 2001, (4): 21- 22.
- [21] 李忠平. 饲料在制粒中的物理变化和化学变化的探讨 [J]. 饲料工业, 1996, 17 (9): 1- 4.
- [22] 王卫国. 饲料粉碎粒度对营养价值、动物生产性能的影响及粉碎成本的控制 [J]. 饲料工业, 1999, 20 (10): 9- 13.
- [23] 刘建平, 冯斌. 饲料加工工艺与饲料质量 [J]. 中国饲料, 2001, 24 (9): 27.
- [24] O laisen V, Nesse N, Volden H. Technical note: use of laser diffraction for particle size distribution measurement in duodenal digesta [J]. J Anim Sci, 2001, 79 (3): 761- 765.
- [25] 周岩民. 加工工艺过程对饲料养分及动物生产性能的影响 [J]. 饲料工业, 1999, 20 (5): 36- 39.
- [26] 陈于平, 丁利敏译. 配方与原料粒度对畜禽生产性能的影响 [J]. 国外畜牧学——饲料, 1998, (3): 5- 6.

- [27] 张惠玲译 饲料颗粒大小对蛋鸡的重要性 [J]. 国外畜牧学——饲料, 1999, (5): 27.
- [28] 张丽英译 谷物粉碎粒度对肉鸡生产性能的影响及机理 [J]. 国外畜牧学——饲料, 1995, (3): 38.
- [29] 林玉蕴译 配合饲料和饲料粒子的粒度 [J]. 国外畜牧学——猪与禽, 1997, (5): 14- 15.
- [30] 王小霞, 霍启光 影响钙源对产蛋母鸡生物学效价的因素 [J]. 饲料工业, 1998, 17 (8): 1- 3.
- [31] 陈容生译 粉碎和制粒对谷物和猪日粮营养价值的影响 [J]. 国外畜牧学——猪与禽, 1996, (3): 4- 11.
- [32] 李凯年译 日粮颗粒大小对猪胃溃疡的影响 [J]. 国外畜牧学——饲料, 1998, (2): 45.
- [33] 王根虎, 嵇新跃, 林泉 饲料粉碎粒度的研究 [J]. 国外畜牧科技, 1996, 23 (3): 19- 23.
- [34] 孙剑, 周小秋 饲料粉碎粒度与饲料营养价值及动物生产性能的关系 [J]. 饲料研究, 1999, (3): 25- 28.
- [35] 汤芹摘译 适宜的饲料原料粒度可提高猪的生产性能 [J]. 国外畜牧科技, 1998, 25 (2): 13- 14.
- [36] 姜文华译 饲料粒度同家禽性能之间的关系 [J]. 国外畜牧学——猪与禽, 1998, (3): 12- 14.
- [37] Cast D J, 汪尧春, 吕明斌 猪配合饲料与加工最新进展 [J]. 国外畜牧学——饲料, 1996, (2): 35- 38.
- [38] 洪琛铨译 粉碎机类型和日粮细度对肥育猪生产性能的影响 [J]. 国外畜牧学——猪与禽, 1996, (1): 18- 20.
- [39] 王春林译 幼猪用的颗粒料是否应该小一些 [J]. 国外畜牧学——猪与禽, 1998, (2): 18- 19.
- [40] 陆地 颗粒饲料对猪生产性能的益处 [J]. 饲料广角, 2000, (16): 17- 19.
- [41] 王放银译 粉碎、压片和蒸煮对饲料营养价值的影响 [J]. 国外畜牧学——饲料, 1996, (2): 33- 38.
- [42] 张丽英, 朱凤华译 饲料粉碎形式与粒度对肥育猪生产性能的影响 [J]. 国外畜牧学——饲料, 1996, (6): 29- 31.
- [43] 姚军虎 设计奶畜日粮的饲料营养学要点 [J]. 饲料工业, 2001, 22 (4): 2- 4.
- [44] 姚军虎, 张长青, 王金良, 等 玉米不同粉碎粒度对产奶羊生产性能的影响 [J]. 中国养羊, 1993, (1): 23- 24.
- [45] 全国饲料工业标准化委员会, 中国饲料工业协会 饲料工业标准汇编 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1996 265- 296.
- [46] 邓君明, 张曦 加工工艺对饲料营养价值及动物生产性能的影响 [J]. 饲料工业, 2001, 22 (9): 10- 14.
- [47] 李忠平 粉碎粒度对饲料生产性能的影响 [J]. 饲料工业, 2001, 22 (4): 5- 7.
- [48] 沈晶 粉碎加工技术及其他事项 [J]. 饲料广角, 2000, (24): 14- 15.
- [49] 程美玲, 高士争, 张曦 膨胀加工对饲料营养成分的影响 [J]. 饲料工业, 2001, 22 (4): 7- 9.

Effects of grinding on feed processing and nutritional value and animal reproduction performance

ZHOU Qing-an¹, YAO Jun-hu², LIU Wen-gang³, LEI Ning-li⁴

¹Animal Engineering Department, Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China;

²College of Animal Science and Technology, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

³Xi'an Yifa Feed Sci-Tech Co., Ltd, Xi'an, Shaanxi 710086, China;

⁴Shaanxi Province Feed Mill, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Grinding is a very important process in feed production, which prominently influences feed production cost, feed productivity, following feed processing, feed nutritional value, and animal growing and reproductive performance. With systematical analysis of the factors which affect grinding, this paper puts forward the comprehensive measures to improve grinding processing quality, and discusses the effects of feed grinding parameter on feed nutritional value, gastrointestinal morphology, animal production performance, prospect feed grinding processing orientation and content which must be studied in future.

Key words: grinding processing; feed production; processing performance; feed nutritional value; animal production performance