

# 添加木质素或小麦粉 以及制粒前或制粒后添加脂肪 对仔猪料制粒作业和颗粒质量的影响<sup>1</sup>

## EFFECTS OF LIGNIN VS WHEAT FLOUR AND PRE-VS POST-PELLETING FAT ADDITION ON PELLETING OPERATION AND PELLET QUALITY IN NURSERY GROWER

熊易强 博士，美国大豆协会饲料技术主任

### 摘 要

用下列 3 种仔猪饲料配方进行了制粒试验：1) 对照组：添加 3.7% 脂肪和 2.5% 木质素 2X (相当于 6.25% 普通木质素)；2) 小麦粉组：对照组添加的全部木质素和部分脂肪以 5% 小麦粉 (面粉) 取代。3) 玉米组：小麦粉组的小麦粉以粉碎玉米取代。用这 3 种配方进行了两种添加脂肪方法的比较：1) 在蒸汽调制和制粒之前将脂肪加进混合物料中；2) 将脂肪喷涂在冷却后的颗粒上。两种方法比较的结果，对照组的产率最高，电耗 (EEE) 最低，比机械能投入 (SMEI) 最高；而玉米组产率最低，EEE 最高，SMEI 最低。颗粒稳定性指标值 (PDI)，在蒸汽调制之前将脂肪与其他原料混合时，对照组、小麦粉组、玉米组分别是 92.2%、85.3%、81.1%；将脂肪喷涂在冷却的颗粒上时，对照组、小麦粉组、玉米组分别是 98.1%、96.0%、95.7%。

### 前 言

目前的仔猪饲料配方加入了 2.5% 营养价值很低<sup>2</sup>的木质素 (脱水磺酸木质素，

<sup>1</sup> 此文是作者在美国一家公司从事饲料科技开发工作中未发表的研究报告 (1994)，现经美国大豆协会组织翻译发表 (单行本编号 FE3(1)-2001)。希望这些科研结果能给同行们提供有用的资料；更希望在如何使科研服务于生产 (或者说如何在生产中推进学科) 这个老话题上与大家交流。

<sup>2</sup> 该配方的数据将木质素对猪的能量值设定为 2200kcal/kg，这对 10kg 仔猪来说太高。

IFN8 - 02627) 作为粘结剂。同时, 1994 年春由于能量——脂肪浓度的限定且玉米价格又高, 一家美国饲料公司的饲料配方添加了 3.7% 脂肪, 而在制粒之前添加脂肪超过 1.5% 即会降低颗粒稳定性, 因此这家公司的作法致使颗粒稳定性难以保证。小麦粉(面粉)或粉碎的小麦(全麦粉)是一种具有良好粘结力的营养成分。在根据相同 ME 值制订配方时, 如果以 5% 小麦粉或粉碎小麦取代全部木质素和部分添加的脂肪, 有可能保持颗粒稳定性并节省一些原料费。解决这类饲料颗粒稳定性问题的另一途径是在制粒之后添加脂肪, 这会减少产品碎末和粉尘, 还可能改善饲料的适口性。

本试验的目的是考查用 5% 小麦粉取代木质素和脂肪以及制粒前或制粒后添加脂肪对制粒作业和颗粒稳定性的影响。

## 材料和方法

本试验设计了下列 3 种饲料配方: 1) 对照组, 即当前采用的添加 3.7% 脂肪和 2.5% 木质素<sup>1</sup>的配方; 2) 小麦粉组, 即对照组添加的木质素和部分脂肪以 5% #2 小麦粉取代, 同时使饲料的脂肪含量保持在不低于 5% 的水平; 3) 玉米组, 即小麦粉组的小麦粉以粉碎玉米取代。3 种配方如表 1 所列。这 3 种配方都进行了以下两种添加脂肪方法的比较: 1) 在制粒之前将脂肪与其他原料混合(前添加); 2) 制粒之后将脂肪喷涂在颗粒上(后添加)(表 1)。

每种处理以 400kg 批量制作。前添加处理在蒸汽调制之前搅拌物料时添加脂肪; 后添加处理在颗粒饲料冷却之后于双螺片搅拌机内添加液体脂肪。

制粒试验是用一家美国饲料公司的 40 马力 CPM 制粒机进行的, 使用 4.8mm 直径环模, 模孔有效长度为 48mm, 带导角式释放口。锅炉蒸汽压设定为 3.9 - 4.2kg/cm<sup>2</sup>, Cospect 蒸汽阀后的蒸汽压为 1.0kg/cm<sup>2</sup>。其他加工参数, 诸如喂料速度、蒸汽调制和磨辊间隙等, 按操作员的经验设为最佳值。

记录的加工参数有: 蒸汽调制前、后的物料温度, 环模出口颗粒温度, 环模出口两次连续 30 秒接料所得的湿颗粒产率(细碎物返机未计在内), 制粒电耗。

采集蒸汽调制前的物料样品测定水分和粒度; 采集蒸汽调制后样品测定水分。最终产品采样测定颗粒稳定度指标 (pellet durability index, PDI)。将湿颗粒产率按调制后物料水分换算成 12% 水分(假定制粒中的水分丢失可忽略不计)记录

---

<sup>1</sup> 事后发现, 本试验用的木质素是一种改进产品(木质素 2X), 其粘结力为普通产品的 2.5 倍。

表 1 仔猪饲料配方 ( % )

成 分	对照组*	小麦粉组*	玉米组*
玉米	58.175	57.375	62.375
豆粕	28.150	27.600	27.600
食用猪油	3.700	2.500	2.500
面筋粉油	2.500	2.500	2.500
木质素 2X, 干品	2.500	——	——
仔猪基础预混料	1.500	1.500	1.500
磷酸氢钙 21%料	1.450	1.400	1.400
碳酸钙钙	1.100	1.200	1.200
盐	0.500	0.500	0.500
赖氨酸 - HCL98%	0.150	0.150	0.150
维生素预混料	0.100	0.100	0.100
微量元素预混料	0.100	0.100	0.100
氯化胆碱 60%	0.075	0.075	0.075
2 号粉小麦粉	——	5.000	——

\* 对照组：添加 3.7%脂肪和 2.5%木质素 2X；小麦粉组：以 5%小麦粉取代对照组的木质素和部分添加脂肪；玉米组：以粉碎玉米取代小麦粉组的小麦粉

为产率。根据产率和安培读数计算电耗，单位为 kwh/ton。根据产率及生产时安培读数减去无负荷安培读数（即当制粒机零负荷运转时的安培数，该饲料厂加工条件下的观察值为 45 A），计算比机械能投入，单位是 kwh/ton。物料的温度、水分升值由蒸汽调制器前、后读数之差得出，制粒升温值由环模出口颗粒温度与调制机出口物料温度之差得出。

本试验起初设计为 3 × 2 因子，按每个处理连续 3 次运转（作为重复）进行。第

一次运转所得结果与养猪研究组交换意见后，决定在配方限定方面作某些变动。于是发展出一个更实际更有利的方案，并形成一个新的研发项目（见另文：“小麦粉、次粉、添加脂肪数量和脂肪来源对仔猪料制粒作业和颗粒质量的影响”，原文 1995），本项目即告结束。由于每个处理只有一次运转，故按单因子方差分析作统计处理，即固定两个因子中的一个，看一个因子对另一因子的影响。

## 结果和讨论

本试验的加工和产品参数结果列入表 2。配方和脂肪添加方式的主要影响列入表 3 和表 4。

如表 3 所示，两种脂肪添加方式结果表明，对照组接受的蒸汽量大，因而物料温度升幅比其他处理更高（ $P < 0.5$ ）。这是不是由于木质素较强的持水力使得物料达到“阻塞”点之前能接收更多蒸汽的缘故呢？虽然数据有限不能给出明确答案，但物料温度的上升应能说明或部分说明对照组之所以有更高的产率和颗粒稳定性。将小麦粉组与玉米组加以比较，单是加进 5% 小麦粉（取代玉米）就提高了产率（ $P < 0.05$ ）和颗粒稳定性指标数值，尽管没有达到添加 2.5% 木质素 2X 的改善效果。本试验所用的改进型木质素 2X 的粘结力相当于普通木质素的 2.5 倍，因此，添加的 2.5% 木质素 2X 应具有相当于 6.25% 普通木质素的粘结效果。如果原来添加的是 2.5% 普通木质素，对照组与小麦粉组之间的差别会小一些。每吨制粒产品的 EEE，对照组最低，玉米组最高（ $P < 0.05$ ）；而用于压制每吨产品的实际机械能量 SMEI，处理之间的关系与此相反（ $P < 0.05$ ）。这可能是由于“零负荷”电耗（10.8kwh）分摊到每吨产品的数量随产率提高而下降，使得真正用于挤压的能量数值加大的缘故。配方对 PDI 的影响只有数字上的差别（表 3）。这可能是由于试验运行只有一次，无法从统计学上将饲料配方与脂肪添加方式之间的互作影响从机误中分开的缘故。当制粒前添加脂肪时，各处理之间的 PDI 差别较大（对照、小麦粉组、玉米组分别为 92.2%、85.5%、81.1%）；将脂肪喷涂在冷却的颗粒上时，各处理的产品 PDI 之间的差别甚微（分别为 98.1%、96.0%、95.7%）。

脂肪添加方式对 PDI 的巨大影响不仅如表 4 所示，从以下事实也得到反映。后添加处理最低的 PDI 值（玉米处理 - 后添加，其 PDI 为 95.7%）也高于前添加处理的最高 PDI 值（对照 - 前添加，其 PDI 为 92.2%）。这说明，不用粘结剂，只需在颗粒上喷涂脂肪即可获得质量上乘的颗粒饲料。该公司很久前购置了几套脂肪喷涂设备，但因这些设备使用情况不佳，多数被拆卸（与公司总工程师和几个饲料厂管

表 2 配方和制粒前、后添加脂肪对仔猪料加工/产品参数的影响

参 数	前 添 加 <sup>*</sup>			后 添 加 <sup>*</sup>		
	对照组 <sup>*</sup>	小麦粉组 <sup>*</sup>	玉米组 <sup>*</sup>	对照组 <sup>*</sup>	小麦粉组 <sup>*</sup>	玉米组 <sup>*</sup>
水分：						
调制前水分，%	11.9	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7
调制后水分，%	14.4	14.2	14.3	14.9	14.7	14.9
水分升幅，%	2.5	2.1	2.0	2.5	2.1	2.2
温度：						
调制前温度，	36.7	37.8	40.6	38.9	40.6	38.9
调制后温度，	74.4	71.1	71.1	75.6	73.3	71.1
温度升幅，	37.7	33.3	30.5	36.7	32.7	32.2
制粒：						
环模出口温度，	82.2	82.2	76.7	85.0	87.2	90.6
温度升幅，	6.7	11.1	5.6	9.4	13.9	19.4
产率，ton/h	2.57	2.48	2.22	2.69	2.41	2.20
EEE <sup>**</sup> ，kwh/ton	6.34	6.46	6.73	61.8	6.44	6.68
SMEI <sup>**</sup> ，kwh/ton	2.14	2.11	1.87	2.17	1.96	1.77
PDI <sup>**</sup> ，%	92.2	85.3	81.1	98.1	96.0	95.7

<sup>\*</sup>前添加：制粒前添加脂肪；后添加：制粒后喷涂脂肪；对照组：添加 3.7%脂肪和 2.5%木质素 2X；小麦粉组：以 5%小麦粉取代对照组的木质素和部分添加的脂肪；玉米组：以 5%粉碎玉米取代对照组的木质素和部分添加的脂肪

<sup>\*\*</sup> EEE = 电耗；SMEI = 比机械能投入；PDI = 颗粒饲料稳定性指标

表 3 饲料配方对仔猪料加工参数和颗粒质量的影响

参 数	对照组 <sup>*</sup>	小麦粉组 <sup>*</sup>	玉米组 <sup>*</sup>	P 值
蒸汽调制：				
水分升幅，%	2.5a	2.1b	2.1b	0.0251
温度升幅，	36.7	33.1	31.4	0.0422
制粒：				
温度升幅，	8.1	12.5	12.5	0.7131
产率，ton/h <sup>2</sup>	2.63a	2.45b	2.21c	0.0121
EEE <sup>**</sup> ，kwh/ton	6.26b	6.45b	6.71a	0.0172
SMEI <sup>**</sup> ，kwh/ton	2.16a	2.04ab	1.82b	0.0450
PDI <sup>**</sup> ，%	95.15	90.65	88.40	0.7064

<sup>\*</sup> 对照组：添加 3.7%脂肪和 2.5%作为粘结剂的木质素 2X；小麦粉组：以 5%小麦粉取代对照组的木质素和部分添加的脂肪；玉米组：以 5%粉碎玉米取代对照组的木质素和部分添加的脂肪。

<sup>\*\*</sup> EEE = 电耗；SMEI = 比机械能投入；PDI = 颗粒饲料稳定性指标

a, b, c, 差异 (<0.05)

理人员私人通信)。本文作者发现，其中一个饲料厂将喷咀安装在环模出口下面，该厂制粒操作不当而产生大量粉末，结果使大部分添加的脂肪没有喷涂在颗粒上而与粉末混合。本试验是在除去粉末待颗粒冷却后添加脂肪的，喷涂效果很好。这就暗示一种可能性，即问题不是在于喷涂设备而是在于喷咀位置。据文献记载和作者现场观察，市上可以买到一种离心盘式喷涂设备，使用情况很好。在制粒之后喷涂液体还可以让其他热敏成分如有些维生素、杀虫药物、酶等得以更有效地利用。从这种产品配方中去掉木质素可能节省的原料费用估计是 \$ 5 - 6/ton。“后添加”的制粒温升平均比“前添加”高 65 ，但这差异并未达到统计上 0.05 显著差异水平 (P=0.1245)，因此较高的制粒温升可能加快环模磨损的影响应当是可以忽略的。鉴

表 4 制粒前或制粒后添加脂肪对加工参数和颗粒质量的影响

参 数	制粒前添加脂肪	制粒后添加脂肪	P 值
蒸汽调制：			
水分升幅，%	2.20	2.27	0.7984
温度升幅，	33.9	33.5	0.8820
制粒：			
温度升幅，	7.8	14.3	0.1245
产率，ton/h <sup>2</sup>	2.42	2.43	0.9575
EEE <sup>*</sup> ，kwh/ton	6.51	6.43	0.6995
SMEI <sup>*</sup> ，kwh/ton	2.04	1.97	0.6367
PDI <sup>*</sup> ，%	86.20	96.60	0.0352

\* EEE = 电耗；SMEI = 比机械能投入；PDI = 颗粒饲料稳定性指标

于改善颗粒质量和对喷涂热敏原料的好处，这种制粒后添加脂肪/液体的技术值得进一步研究。

(刘瑞征 翻译)