

## 第五章 DDGS 在猪日粮中的利用

### DDGS 在猪日粮中的使用历史

自2000年以后,酒糟副产品才开始在猪日粮中使用,而且用量有限(低于总产量的3%)。在过去的60年,研究者对三种类型的酒糟副产品在猪日粮中的使用效果进行了评定—包括干酒糟可溶物(DDS)、干酒糟(DDG)和含可溶物的干酒糟(DDGS)。在上个世纪四十年代和五十年代,主要研究酒糟副产品饲喂猪的效果,着重对DDS进行评定。生产性能试验用于测定DDS添加于猪开食料(Krider等,1944; Catron等,1954)和生长-育肥日粮(Fairbanks等,1944; Beeson等,1959)时的生长速度和饲料转化效率。有几个研究试验同时用来确定DDS是否可以替代不同生产阶段以玉米为基础日粮中的粗蛋白(Fairbanks等,1945; Hanson, 1948; Winford等,1951)和维生素(Krider和Terrill,1949)的添加。

上世纪五十年代后期开始,研究者继续评定饲喂酒糟副产品猪的生长性能(Livingstone and Livingstone, 1966; Combs and Wallace, 1969; and Combs and Wallace, 1970),但鉴别酒糟副产品中的“未知生长因子”及其对猪生长性能的作用是当时研究者的兴趣和关注的热点(Beeson et al., 1959; Couch et al., 1960; Conrad, 1961; Wallace and Combs, 1968)。

七十和八十年代,大规模酒精厂建成,研究者开始重点评定DDGS。相继开展了一系列滴定试验,以确定开食期和生长育肥期日粮中DDGS的最高比例(Wahlstrom and Libal, 1980; Orr et al., 1981; Cromwell et al., 1985)。另外一些试验着重研究DDGS的氨基酸含量和添加赖氨酸对饲喂含DDGS日粮猪生产性能的影响(Wahlstrom和Libal, 1980; Cromwell等, 1983; Cromwell和Stahly, 1986)。

自1986年至1998年,很少人研究酒糟副产品在猪饲料中的使用效果,尽管当时有几个新的干磨法生产燃料酒精的酒精厂建成。与那些数十年前建成和经营的老厂相比,这些相对较新的干磨酒精生产厂使用的是艺术级的工程设计、发酵技术和干燥方法。因此,这些现代酒精厂生产的DDGS的营养物含量及其消化率高于NRC(1988版)发布值。

### DDGS 对于猪的营养价值

高质量的DDGS的可消化能和可代谢能值等于或高于玉米。Spiehs等(1999)首次报道DDGS的消化能(DE)和代谢能(ME)与玉米的能值近似(分别为3.49兆卡/千克和3.37兆卡/千克)。Fu等(2004)报道,DDGS的代谢能和净能(NE)值分别为3.25兆卡/千克和2.61兆卡/千克,而Hastad等(2004)报道的DE、ME和NE高得多(分别为3.87兆卡/千克、3.60兆卡/千克和2.61兆卡/千克)。Stein等(2006)证实猪DDGS的DE和ME值等于或高于玉米(DE为3,639兆卡/千克,ME为3,378兆卡/千克)。

正如低蛋白质量(低赖氨酸含量、氨基酸不平衡)的玉米一样,相对于粗蛋白含量,DDGS的赖氨酸也较低。苏氨酸是继赖氨酸之后的第二限制性氨基酸,因此,当猪日粮中使用10%

以上 DDGS 时，计算日粮配方时应密切关注苏氨酸的含量。不同的 DDGS 来源，氨基酸消化率也会有所不同。Stein 等（2006）的试验表明，DDGS 的真氨基酸消化率在 43.9%-63.0%。Fastinger 和 Mahan（2006）报道的标准化回肠赖氨酸消化率范围相似（38.2-61.5%），这是对五种来源的 DDGS 评定的结果。DDGS 颜色的亮度和黄色度看起来可以用来合理预测猪 DDGS 的可消化赖氨酸含量（Pederson 等，2005）。当在猪日粮中添加 10% 以上 DDGS 时，为了确保猪的最佳性能，应该只使用浅色 DDGS，同时以可消化氨基酸为基础配制日粮。

DDGS 是猪非常好的有效磷来源。Whitney 等（2001）指出，与用磷酸钙作为无机磷源相比，DDGS 的磷可利用率相对为 90%。

### DDGS 在开食日粮中的使用

Whitney 和 Shurson（2004）开展了两个试验以确定提高日粮中 DDGS 水平（0-25%）对早期断奶仔猪生长性能的影响。在两个生长性能试验中，分别采用 96 头杂种猪（体重 = 6.18 ± 0.14 千克），按性别和家系进行区组设计，每个区组随机分配六种日粮处理中的一种（4 头 / 栏，4 栏 / 处理）。在三阶段保育饲喂程序中，第二和第三阶段日粮处理的 DDGS 供给量为 0, 5, 10, 15, 20 或 25%。试验 1 试猪初始年龄比试验 2 稍大（分别为 19.0 和 16.9 日龄），初始体重也较大（7.10 比 5.26 千克）。断奶后前 4 天，所有试猪都供给一种商品颗粒日粮，然后换成各自第二阶段试验用日粮（饲喂 14 天），最后换成第三阶段试验日粮（饲喂 21 天）。在第二和第三试验阶段，各试验日粮配合成含有相等表现回肠可消化赖氨酸（1.35% 和 1.15%）和蛋氨酸 + 胱氨酸（0.80% 和 0.65%）、钙（0.95% 和 0.80%）和总磷（0.80% 和 0.70%）。两个试验结果显示，无论日粮中 DDGS 水平高低，不同日粮处理之间，猪的总生长率、期末体重和饲料转化效率相似。试验 1 猪的采食量未受日粮处理的影响，对于试验 2 则随日粮中 DDGS 水平提高，第二阶段采食量呈线性下降，而且有降低整个试验期自由采食量的趋势。

这些结果表明，保育猪第三阶段日粮中可含有高达 25% 的高质量 DDGS，在两个星期的适应期后对生长性能未产生负面影响。对于体重至少 7 千克的猪第二阶段添加高达 25% 的 DDGS，也可获得满意的生长性能。但如果是断奶后立即添加如此高水平的 DDGS，就可能对采食量产生负面影响，结果导致早期生长性能较差。

最近 Gaines 等（2006）进行了两个试验以评定日粮 DDGS 水平和白色油脂的选用对保育后期（体重大于 11 千克）生长性能的影响。第一个试验评定不添加脂肪时日粮含 15% 和 30% DDGS 对生长性能的影响。第二个试验采用与第一个试验相同的 DDGS 水平，同时在日粮中添加 0 或 5% 白脂对生长性能的影响。日粮 DDGS 水平或脂肪来源对平均日增重没有影响。第二个试验里，两种日粮均含有 DDGS 和添加 5% 白脂，提高了增重：饲料比，主要由于采食量的降低。

### DDGS 在生长 - 育肥日粮中的使用

Whitney 等（2006c）进行了一项研究，测定了饲喂含 0, 10, 20 或 30% DDGS 日粮对生长肥育猪生长性能和胴体性能的影响。试验共使用了 240 头杂种猪，初始体重大约为 28.6 千克，分配到四种日粮中去，试猪采用 5 阶段生长 - 育肥饲喂程序。以总赖氨酸为基础配制玉米 - 豆粕型日粮，同时添加大约 4% 大豆油作为脂肪来源。本研究之所以选择大豆油作为补充脂

肪源，是因为试验所在地无法使用动物性油脂。因此，与现今美国养猪业相比，这些试验日粮通常含有高水平的饱和脂肪酸。

如表1所见，饲喂含10%DDGS日粮的猪具有与大豆粕对照组猪相同的生长速度，消耗相同量的饲料，饲料转化效率相同。与饲喂大豆粕对照日粮或含10%DDGS日粮相比，饲喂含20%DDGS日粮导致生长速度和饲料转化效率下降。这种高DDGS水平下性能的降低很可能由于以总氨基酸为基础配制日粮，而未以DDGS中氨基酸消化率计算，导致当日粮中DDGS为20%和30%时，不能满足猪对氨基酸的需要。

表1 日粮DDGS水平对生长肥育猪总的生长性能的影响

	0% DDGS	10% DDGS	20% DDGS	30% DDGS
平均日增重 (ADG), 千克	0.86 <sup>a</sup>	0.86 <sup>a</sup>	0.83 <sup>bc</sup>	0.81 <sup>bd</sup>
平均日采食量(ADFI), 千克	2.38	2.37	2.31	2.35
饲料/增重 (F/G)	2.76 <sup>a</sup>	2.76 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	2.92 <sup>b</sup>
期末体重, 千克	117 <sup>a</sup>	117 <sup>a</sup>	114 <sup>b</sup>	112 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> 同行上标字母不同表示差异显著(P < 0.05)。

<sup>c,d</sup> 同行上标字母不同表示差异显著(P < 0.10)。

试验饲喂末期，将试猪屠宰，进行胴体（见表2）、肌肉（见表3）和脂肪（见表4）质量测定。饲喂0和10%DDGS日粮组猪的胴体重和屠宰率相同，但高于20%和30%DDGS日粮组。饲喂20%和30%DDGS日粮组的胴体重较轻，是由于与0和10%DDGS日粮组相比，生长速度和活重下降，但不同DDGS饲喂水平下的背膘厚和胴体瘦肉率没有差异。饲喂0%DDGS日粮组的眼肌厚度大于30%DDGS日粮组，10%和20%DDGS组的眼肌厚度居中。眼肌厚度的差异受四种日粮处理组的屠体重的影响。这些结果表明，尽管饲喂20%和30%DDGS日粮对生长性能有负面影响，但胴体组成基本不受影响，表现为各日粮处理组之间的背膘厚和胴体瘦肉率相似。

此外，除11天净化损失指标，其它肌肉质量测定指标未受日粮DDGS水平影响（见表3）。目前还不清楚为何饲喂20%DDGS组11天的净化损失高于对照组，但0，10%和30%DDGS日粮组之间没有差异。这些数据表明，日粮中添加高达30%DDGS对猪肉质量没有显著影响。

随着日粮DDGS浓度增加，碘值线性增加，腹肉脂肪变得更加不饱和（见表4）。研究者已明确地确定饲喂不饱和脂肪可以改变猪肉脂肪的饱和度。Boyd (1997)建议美国猪肉脂肪的碘值阈值应设为74。在我们的研究中，含30%DDGS日粮组碘值高于70，但低于74，含20%DDGS日粮组的碘值大约为70。本研究中除存在于DDGS中的玉米油外，还在试验日粮中补加了一定量的饱和脂肪酸。以NRC (1998)为基础，我们估计一种部添加脂肪的猪典型育肥日粮（85%玉米，11%豆粕）大约含3%饱和脂肪酸。通过比较，我们估计阶段5的对照日粮含4.33%饱和脂肪酸，阶段5的20%DDGS日粮含4.96%饱和脂肪酸。我们期望如果将某种饱和脂肪酸浓度较低的动物脂肪源添加到这些日粮中，或者不额外添加脂肪，那么饲喂高浓度DDGS日粮猪的胴体脂肪碘值较低，日粮中添加高水平DDGS对猪肉脂肪质量的负面作用就较少。饲喂DDGS对碘值的影响反映在腹肉硬度评分值上。较低的腹肉硬度评分表明饲喂30%DDGS猪比0和20%组的腹部软。较软的腹部主要是日粮中大豆油和DDGS

提供的饱和油脂浓度提高的结果。

**表2 日粮DDGS水平对生长肥育猪胴体性能的影响**

	0% DDGS	10% DDGS	20% DDGS	30% DDGS
屠体重,千克	117	119	113	112
胴体重,千克	38.9 <sup>c</sup>	39.3 <sup>c</sup>	37.0 <sup>d</sup>	36.6 <sup>d</sup>
屠宰率 %	73.4 <sup>c</sup>	72.8 <sup>c</sup>	72.1 <sup>d</sup>	71.9 <sup>d</sup>
背膘厚,毫米	21.3	21.8	21.1	20.6
眼肌厚,毫米	56.5 <sup>ac</sup>	53.9 <sup>b</sup>	54.8 <sup>c</sup>	51.6 <sup>d</sup>
胴体瘦肉率%	52.6	52.0	52.6	52.5

<sup>a, b</sup> 同行上标字母不同表示差异显著(P < 0.05)。

<sup>c, d</sup> 同行上标字母不同表示差异显著(P < 0.10)。

**表3 生长肥育猪饲喂含0, 10, 20和 30% DDGS日粮的肌肉质量特性**

	0%	10%	20%	30%
亮度 <sup>c</sup>	54.3	55.1	55.8	55.5
颜色评分 <sup>d</sup>	3.2	3.2	3.1	3.1
坚实度评分 <sup>e</sup>	2.2	2.0	2.1	2.1
大理石花纹评分 <sup>f</sup>	1.9	1.9	1.7	1.9
最终pH	5.6	5.6	5.6	5.6
11-天净化损失, %	2.1 <sup>a</sup>	2.4	2.8 <sup>b</sup>	2.5
24-小时滴水损失, %	0.7	0.7	0.7	0.7
蒸煮损失, %	18.7	18.5	18.3	18.8
总水分损失, % <sup>g</sup>	21.4	21.5	21.8	22.1
Warner-Bratzler剪切力, 千克 <sup>h</sup>	3.4	3.4	3.3	3.3

<sup>a, b</sup> 同行上标字母不同表示差异显著(P < 0.05)。

<sup>c</sup> 0 = 白色, 100 = 白色

<sup>d</sup> 1 = 苍白, 略带桃色, 灰暗/白色; 2 = 浅灰, 粉; 3 = 微红, 粉; 4 = 黑暗, 微红, 粉; 5 = 紫红; 6 = 深紫红

<sup>e</sup> 1 = 软, 2 = 硬, 3 = 很硬

<sup>f</sup> 肉眼可见的肌内脂肪近似% (NPPC, 1999)

<sup>g</sup> 总水分损失 = 11天净化损失 + 24小时滴水损失 + 蒸煮损失

<sup>h</sup> 嫩度测定

**表4 饲喂含 0, 10, 20和 30% DDGS玉米-豆粕型日粮的上市猪脂肪质量特性**

	0% DDGS	10% DDGS	20% DDGS	30% DDGS
腹肉厚, 厘米	3.15 <sup>a</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	2.84 <sup>bc</sup>	2.71 <sup>c</sup>
腹肉坚实度评分, 度	27.3 <sup>a</sup>	24.4 <sup>a</sup>	25.1 <sup>a</sup>	21.3 <sup>b</sup>
校正腹肉坚实度评分, 度	25.9 <sup>d</sup>	23.8 <sup>de</sup>	25.4 <sup>d</sup>	22.4 <sup>e</sup>
碘值	66.8 <sup>d</sup>	68.6 <sup>e</sup>	70.6 <sup>f</sup>	72.0 <sup>f</sup>

<sup>a, b, c</sup> 同行上标字母不同表示差异显著(P < 0.05)。

<sup>d, e, f</sup> 同行上标字母不同表示差异显著(P < 0.10)。

从这些结果可以看出, 常规生长-肥育猪日粮中含10%DDGS对猪的生产性能、胴体质量或猪肉质量不会产生有害作用。如果以总氨基酸为基础配合日粮, 日粮中DDGS含量为20%

或以上似乎会抑制生长性能。当日粮中含有 20% 至 30%DDGS 时，使用大豆油作为生长 - 肥育猪的脂肪补充源，不影响肌肉的组成或质量，但降低脂肪酸的饱和度，导致腹脂较软，进而对进一步的加工性状产生负面影响。

最近一项商业猪场试验于 2006 年夏天由明尼苏达大学和 Land O' Lakes/Purina 饲料公司完成，目的是进一步评定饲喂不含或含 10%DDGS 的常规玉米-豆粕型生长-育肥日粮对猪肉脂肪质量的影响。本研究选择在两家猪肉协作生产场进行。每个生产场都具有 1000 头商品育肥猪典型猪舍，位于明尼苏达南部。每栋猪舍 40 栏，双帘建筑，粪坑 2.44 米，使用风机通风。两个场具有相同的遗传材料，即用 Monsanto EB 终端父系公猪精液与 Monsanto Genepacker 母猪配种。两组猪健康状况良好。两个场的饲料都由 Land O' Lakes/Purina 饲料公司配制供给。生产场 A 饲喂典型的玉米-豆粕型日粮，生产场 B 饲喂含 10%DDGS 的玉米-豆粕型日粮。使用八阶段公母混合饲喂程序，最后的育肥日粮含有 4.5 克 Paylean。每个阶段日粮含有相似的营养物水平，不含或含有 10%DDGS。每个阶段的所有日粮都有相同水平的白色油脂作为脂肪补充源（依日粮阶段不同，添加水平在 1.25%-3.75% 之间）。

从每个组随机选取 128 头猪进行胴体性状评定。屠宰后 24 小时，每个日粮处理组共收集 48 个中腹部猪肉样品，每个场的阉公猪（12 头）和小母猪（12 头）数相等。从 48 个腹肉样品中，视觉颜色评分（尺度为 1-4，1= 苍白，4= 深色）由 6 人评审小组使用日本猪肉脂肪颜色视觉评分体系进行测定，然后所有腹肉脂肪样品都被用来测定全部脂肪酸的浓度。使用每个样品的脂肪酸数据计算碘值和平均熔点。

如表 5 所示，与不饲喂 DDGS 的猪相比，饲喂 10% DDGS 日粮猪生长良好，耗料量较少，饲料转化效率更好，单位增重的饲料成本较低。胴体重、背膘厚或腿肉率、眼肌和腹肉脂肪相对于总胴体重没有差异（见表 6）。此外，两组之间的眼肌厚度和胴体瘦肉率没有差异。这些结果与 Whitney 等（2006c）报道的生长性能和胴体组成结果是一致的，这些清楚地表明，饲喂含 10%DDGS 的玉米-豆粕型日粮对生长-育肥猪的生长和胴体性能没有负面作用。事实上，本研究与不喂 DDGS 的生产场相比，饲喂 DDGS 日粮以较低的单位增重耗料成本获得了相同的胴体质量。

**表5 生长肥育猪饲喂含 0 或 10% DDGS 日粮时的生长性能、饲料用量及饲料成本**

	0% DDGS	10% DDGS
平均日增重千克	0.82	0.83
平均日采食量, 千克	2.24	2.10
饲料/增重	2.73	2.54
千克饲料/头	258.5	251.2
饲料成本/千克增重, 美元	0.170	0.161

对这些猪的腹肉脂肪组成和质量特性进行的评定结果显示，依据日本猪肉脂肪质量标准进行的颜色评分没有差异（见表 7），腹肉脂肪的熔点也没有任何差异。但饲喂 10% DDGS 日粮比不饲喂 DDGS 猪的腹肉脂肪具有较高的碘值，这与 Whitney 等（2006）报道的结果一致（见表 4）。碘值近似，在建议的最大阈值 70 以下。这些结果清楚表明，生长-肥育猪饲喂含 10%DDGS 日粮，对猪肉脂肪质量具有负面作用。如所期望的一样，当饲喂含 10%DDGS 日粮

时, 腹肉脂肪中亚油酸、多不饱和脂肪酸和 $\omega$ -6脂肪酸增加, 但还在可接受猪肉脂肪质量标准范围内。

**表6 饲喂含0或10% DDGS日粮生长肥育猪的胴体性能**

	0% DDGS	10% DDGS
胴体重, 千克	96.1	95.2
最后肋处背膘厚, 毫米	27.3	27.8
第十肋处背膘厚, 厘米	64.3	63.0
腿肉率, %	11.74	11.74
眼肌率, %	7.93	7.91
腹肉率, %	10.51	10.41
眼肌厚, 毫米	68.0	68.0
胴体瘦肉率, %	56.36	56.47

**表7 饲喂含0%或10%DDGS 日粮猪的腹肉脂肪质量特性**

测定项目	0% DDGS	10% DDGS
日本脂肪颜色评分	1.76	1.81
平均熔点, $^{\circ}\text{C}$	29.3	28.7
碘值	66.7 <sup>a</sup>	68.3 <sup>b</sup>
油酸(18:1), %	47.39 <sup>c</sup>	45.12 <sup>d</sup>
亚油酸(18:2), %	11.94 <sup>c</sup>	13.98 <sup>d</sup>
饱和脂肪酸, %	33.99	34.26
单不饱和脂肪酸, %	51.78 <sup>c</sup>	49.47 <sup>d</sup>
多不饱和脂肪酸, %	14.02 <sup>c</sup>	16.11 <sup>d</sup>
总 $\omega$ -3脂肪酸, %	0.98	0.96
总 $\omega$ -6脂肪酸, %	13.02 <sup>c</sup>	15.14 <sup>d</sup>
$\omega$ -6: $\omega$ -3	13.28 <sup>c</sup>	15.78 <sup>d</sup>

<sup>a, b</sup> 同行上标字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。

<sup>c, d</sup> 同行上标字母不同表示差异显著( $P < 0.0001$ )。

根据这些研究结果, 不必担心饲喂含10%DDGS生长-育肥猪日粮会对胴体或猪肉质量产生负面影响。玉米-豆粕型日粮中添加DDGS, 猪肉脂肪中某些脂肪酸组分(亚油酸、多不饱和脂肪酸和 $\omega$ -6脂肪酸)增加, 但没有超出现行行业标准中规定的可接受性, 而且没有证据表明饲喂含10%DDGS的生长-育肥猪会降低出口日本市场美国猪肉的质量和可接受性。

Gralapp等(2002)进行了两个试验以评定生长-育肥日粮中添加DDGS对粪便特性、异味和生长性能的影响。用三种分别含0%, 5%或10%DDGS的日粮饲喂72头育肥猪, 发现较高日粮DDGS水平使平均日增重和饲料转化效率降低, 但饲喂10%DDGS时, 采食量有增加的趋势, 为2.91千克/天, 而5%和0%组分别为2.73千克/天和2.75千克/天。这些结果证实, 与饲喂典型玉米-豆粕型日粮相比, 饲喂含10%DDGS日粮猪的生长性能不受影响。DeDecker等(2005)报道, 生长-育肥猪饲喂含30%DDGS日粮, 对生长性能没有负面影响, 但随日粮中DDGS水平增加, 胴体产量直线下降。

### DDGS 在妊娠和泌乳日粮中的使用

三个研究用来测定妊娠和泌乳母猪日粮中DDGS的最佳用量 (Thong等, 1978 ; Monegue和Cromwell, 1995 ; Wilson等, 2003), 在Thong等 (1964) 和Monegue和Cromwell (1995) 的研究结果基础上, 公布了日粮中最大比例推荐量 (Weigel等, 1997; Pork Industry Handbook, 1998)。有关母猪饲喂DDGS的资料有限, 因此目前母猪日粮中DDGS用量推荐量有所不同。饲料副产品手册 (Weigel等, 1997) 列出妊娠母猪日粮中DDGS最大用量可达到50%, 泌乳母猪日粮中可达20%。但猪肉生产手册推荐的DDGS用量较低, 建议妊娠日粮中最高40%, 泌乳母猪最高10% (PIH factsheet #112)。

Thong等 (1978) 使用64头小母猪进行了一次试验, 以评定在妊娠期用DDGS替代玉米-豆粕型日粮中豆粕的效果。试验在妊娠期饲喂0, 17.7%或44.2%的DDGS。所有日粮配合成含0.42%总日粮赖氨酸。窝仔数和平均窝重未受日粮处理的显著影响。作者认为, 在赖氨酸水平相当的基础上, DDGS可以替代豆粕, 妊娠母猪日粮中的使用水平可达44.2%。

Monegue和Cromwell (1995) 比较了妊娠期饲喂强化玉米-豆粕日粮和含40%或80%玉米蛋白饲料 (CGF) 或40%或80% DDGS的母猪的繁殖性能。共90窝杂种母猪 (18头母猪/日粮处理) 用于本研究。日粮含有相似水平的总氨基酸, 但饲喂水平不同, 以使每头母猪每天的代谢能采食量为6.2兆卡。在随后的28天泌乳期, 母猪可以自由采食强化的玉米-豆粕日粮。平均产仔率为91%, 未受日粮处理的影响。饲喂CGF和DDGS的母猪妊娠期增重较多, 表明这些产品的能量被很好地利用。不同日粮处理之间, 泌乳期采食量和母猪体重损失相似。窝仔数和出生重不受日粮处理的影响, 尽管从数字上看, 饲喂80%DDGS日粮组的窝仔数稍少; 日粮处理之间, 尽管泌乳期饲喂80%CGF和DDGS从数字上减少了断奶窝仔数, 提高了断奶体重, 但断奶窝仔数和窝重没有显著差异。日粮处理之间断奶窝重和断奶仔猪存活率没有差异。不同日粮处理组之间, 断奶后母猪再发情的天数相近, 平均为4.7天。作者认为, 妊娠母猪日粮中含高水平CGF和DDGS, 甚至高达80%, 仍然能较好地利用, 未显示对繁殖和泌乳性能产生影响。

Wilson等 (2003) 最近利用两胎次93头经产母猪测定了妊娠期饲喂含50%DDGS和泌乳期含20%DDGS日粮对母猪繁殖性能的影响, 同时测定了14头母猪100-105天妊娠期的营养平衡。以胎次和初始体重为基础, 母猪被分配到两种妊娠日粮 (0或50%DDGS, 玉米-豆粕型基础日粮) 和两种泌乳日粮 (0或20%DDGS, 玉米-豆粕型基础日粮) 中去。母猪日饲喂量的计算方法是: 以母猪体重的1%为基础, 在妊娠期0-30, 31-60和61-90天每天再分别加上100克, 300克和500克, 泌乳期母猪自由采食。在母猪两个繁殖周期采用对应相同的日粮处理组合。观察两个繁殖周期妊娠母猪饲喂0和50%DDGS日粮条件下, 母猪妊娠期体增重、每窝活仔数、初生窝重或平均初生重。结果表明, 在第一个繁殖周期, 日粮处理组合对窝仔数、初生窝重或断奶窝重没有影响, 但妊娠期和泌乳期饲喂0%DDGS日粮的母猪第二繁殖周期的断奶窝仔数减少。在第一繁殖周期, 与其它日粮组合相比, 母猪妊娠期饲喂50%DDGS和泌乳期饲喂20%DDGS的日粮组合组的断奶前死亡率较高, 但在第二繁殖周期, 日粮处理组合对断奶前死亡率没有影响。母猪饲喂0%DDGS妊娠期日粮和20%DDGS泌乳期日粮, 泌乳期采食量较低, 主要发生在泌乳期前7天, 但这种影响未发生于第二繁殖周期。在第一繁殖周期, 与妊娠期饲喂50%DDGS、泌乳期饲喂20%DDGS日粮组合和妊娠期饲喂50%DDGS、泌乳期饲喂0%DDGS日粮组合相比, 妊娠期和泌乳期饲喂0%DDGS日粮组合的断奶-发情

间歇期较长。第二繁殖周期未观察到断奶-发情间歇期长短差异。与饲喂0%DDGS妊娠日粮的母猪相比,妊娠期饲喂50%DDGS日粮的母猪消耗更多的能量、氮、硫和钾,氮、硫和磷的存留量较高。这些结果表明,饲喂含50%DDGS的妊娠日粮,会支持较好的繁殖性能表现。但如果母猪在妊娠期饲喂的是玉米-豆粕型日粮,且未提供适应期让母猪去适应泌乳期的高DDGS日粮,那么饲喂含20%DDGS的泌乳日粮会降低产后第一周的采食量。

Hill等(2005)进行了一项研究,旨在测定泌乳母猪是否能利用含15%DDGS的日粮,在维持体重和泌乳性能的同时,减少粪便中磷的排泄。结果表明,泌乳日粮中含15%DDGS能支持较好的母猪生产性能,同时能维持-或许是减少-粪便中磷的排泄。

### DDGS 与粪便的处理

Spiehs等(2000)进行了一项为期10周的试验,以测定饲喂含0%或20%DDGS的玉米-豆粕型日粮的生长-肥育猪猪粪的气味和气体特性以及能量、氮和磷的平衡。采用16头PIC阉公猪,体重为 $57.6 \pm 53.8$ 千克,随即分配到两种日粮处理中(每个处理8头):对照组(0%DDGS)和20%DDGS组。采用三阶段日粮制。每个阶段两种日粮的总赖氨酸和磷的水平一致。试猪个体笼养,单独收粪。收集每天的粪便,第2,6,10周的最后3天除外。收集所有排泄的粪尿,以测定营养物的平衡。各种相应日粮的粪和尿分别混合在一起,倒入模拟厌氧粪坑。每周从每个模拟坑的顶部收集气体样本,分析二氧化硫(H<sub>2</sub>S)和氨气(NH<sub>3</sub>)。分别在0,2,5,8周收集气体样本,采用人气味仪和嗅觉仪进行异味水平的探测。

为期10周的试验表明,日粮处理对H<sub>2</sub>S、NH<sub>3</sub>或异味探测水平没有影响。在三个生长阶段,饲喂DDGS日粮猪的氮(N)和总能(GE)采食量较高,但各日粮处理间的日平均采食量没有差异。两种试验日粮的DE和ME(兆卡/千克)没有差异。两种日粮的氮存留率也没有差异,但饲喂DDGS日粮组三个阶段的N采食量和排泄量趋于增加。日粮处理间磷存留率没有差异。这些结果表明,与饲喂玉米-豆粕日粮相比,饲喂20%DDGS日粮,对粪便10周贮存期内的H<sub>2</sub>S、NH<sub>3</sub>和异味水平没有影响。在育肥后期,饲喂DDGS提高了GE采食量,提高了磷的利用率,但同时增加了N的排泄。如果含DDGS日粮采用Whitney等(2001)的有效磷值,并以有效磷为基础计算配方,猪粪便中磷的排泄有望减少。

### 饲喂 DDGS 对生长猪肠道健康的影响

Whitney等(2006a, b)进行了两个试验,测定青年生长猪日粮中含有DDGS是否会减少经劳森氏胞内菌攻毒后的临床症状、粪便稀度、肠道损伤、和/或细菌感染引起猪回肠炎的发生率或严重程度。在第一个试验里,80头仔猪于17日龄断奶后随即分配(按性别和体重划分区组)到4个处理组中。对照组未进行攻毒,饲喂玉米-豆粕对照日粮,其余3组在经过4周的对照玉米-豆粕日粮或含10%或20%DDGS的类似日粮适应期后,每头试猪口服接种 $1.5 \times 10^9$ 劳森氏胞内菌。在攻毒后的第21天,所有试猪实施无痛致死术,检测小肠粘膜的损伤程度。分析回肠组织样品以确定劳森氏胞内菌是否繁殖。在攻毒期后的3周里,被攻毒试猪的ADFI、ADG和G/F分别下降25%,55%和40%。日粮处理未影响生长性能。攻毒组63%试猪受到损害,而负对照组损害为0%。日粮中DDGS的添加并未正向影响损伤的普遍性、劳森氏胞内菌的增殖或损害的严重程度。在第二个试验里,100头试猪的管理与试验1相似,但攻



毒猪使用的劳森氏胞内菌剂量减少 50%。处理组包括一个对照组和 4 种处理，采用 2x2 因子设计，检测日粮中添加 10%DDGS 和 / 或抗菌治疗的效果。抗菌治疗的内容为：提供 30 毫克 BMD / 千克日粮（在日粮中连续供给），在攻毒后的第 3-11 天用氯四环素（金霉素）500 毫克 / 千克脉动供给。与其它攻毒猪相比，饲喂含 10%DDGS 的日粮，减少了回肠和结肠的损害长度和普遍程度，同时降低了回肠和结肠损害的严重程度。饲喂抗菌药的试猪，空肠损害的普遍程度和严重程度降低，肠道总损害长度趋于缩短。DDGS 和抗菌药结合试验的结果是，损害的长度、普遍程度或严重程度没有差异，但攻毒后第 14 天劳森氏胞内菌引起的粘膜脱落减少。饲喂 DDGS 或抗菌药，肠道细胞感染劳森氏胞内菌的比例降低。总之，日粮中含有 DDGS，似乎有助于青年猪抵抗中等程度的回肠炎挑战，类似于美国批准的抗菌疗法，但在更为严重挑战条件下，DDGS 可能无效。

### 猪日粮中 DDGS 的最大推荐用量

在现有研究结果基础上，猪日粮中 DDGS 的最大用量如下：

生产阶段	日粮中最高%
保育猪 (>7 千克)	30
生长-肥育猪	20
生长小母猪	20
妊娠母猪	50
泌乳母猪	20
公猪	50

这些推荐量是假定高质量 DDGS 中不含有毒枝菌素。如果以可消化氨基酸和有效磷为基础计算日粮配方，保育猪日粮中含有高达 30% 的 DDGS 可以使生长性能达到与饲喂玉米-豆粕基础日粮相当的水平。类似地，与饲喂玉米-豆粕日粮相比，如果以可消化氨基酸和有效磷为基础配制日粮，生长-育肥猪和后备母猪日粮含有高达 30% DDGS，也可以提供相当的生长性能。但考虑到高含量 DDGS 日粮会降低腹肉脂肪坚实度和猪肉脂肪变软，我们推荐生长-育肥猪日粮中 DDGS 的用量不超过 20%。如果 DDGS 供应商具有质量控制程序，包括筛除玉米和 / 或 DDGS 中的毒枝菌素，那么小母猪日粮中 DDGS 的用量可以达到 20%。

对于母猪，如果 DDGS 不含毒枝菌素，高达 50% 的 DDGS 可以成功地应用于妊娠日粮，20% DDGS 可以用于泌乳日粮。如果不能确保 DDGS 中不含毒枝菌素，则妊娠日粮中 DDGS 不要超过 20%，泌乳母猪日粮中不要超过 10%，以将毒枝菌素的风险降到最小。值得注意的是，当母猪从玉米-豆粕型日粮变换为含 DDGS 的日粮时，妊娠期日粮开始就应该配合成含 20% DDGS 的日粮，以后每批新的日粮才能提高 DDGS 水平，这样做主要是使母猪适应 DDGS，以避免采食量的降低。同样当泌乳母猪从玉米-豆粕型日粮转换为含 DDGS 日粮时，在饲喂最大推荐量之前，先饲喂含 10% DDGS 日粮，以让母猪对 DDGS 有一个适应过程（约 5-7 天）。

### 参考文献

Beeson, W.M., D.L. Jeter, and J.H. Conrad. 1959. Effect of organic and inorganic sources of unidentified growth factors on the growing pig. Proc. Distillers Feed Conf. 14:62-69.

Boyd, R.D. 1997. Relationship between dietary fatty acid profile and body fat composition in growing pigs. PIC USA T & D Technical Memo 153. Pig Improvement Company, USA, Franklin, Kentucky.

Catron, D.V., F. Diaz, V.C. Speer and G.C. Ashton. 1954. Distillers dried solubles in pig starters. Proc. Distillers Feed Conf. 9:49-51.

Combs, G.E. and H.D. Wallace. 1969. Dried distillers' grains with solubles in pig starter diets. Florida Agric. Expt. Station, Gainesville. Mimeograph Series No. AN69-14.

Combs, G.E. and H.D. Wallace. 1970. Dried distillers' grains with solubles for growing finishing pigs. Florida Agric. Expt. Station, Gainesville. Mimeograph Series No. AN70-13.

Conrad, J.H. 1961. Recent research and the role of unidentified growth factors in 1961 swine rations. Proc. Distillers Feed Conf. 16:41-51.

Couch, J.R., H.D. Stelzner, R.E. Davies, and C.W. Deyoe. 1960. Isolation of an unidentified factor from corn distillers dried solubles. Proc. Distillers Feed Conf. 15:11-19.

Cromwell, G.L., T.S. Stahly, H.J. Monegue, and J.R. Overfield. 1983. Distillers dried grains with solubles for growing-finishing swine. Kentucky Agric. Expt. Station, Lexington. Progress Report 274. p. 30-32.

Cromwell, G.L., T.S. Stahly, and H.J. Monegue. 1985. Distillers dried grains with solubles and antibiotics for weanling swine. Kentucky Agric. Expt. Station, Lexington. Progress Report 292. p. 10-11.

Cromwell, G.L. and T.S. Stahly. 1986. Distillers dried grains with solubles for growing finishing swine. Proc. Distillers Feed Conf. 41:77-87.

Cromwell, G.L., K.L. Herkelman, and T.S. Stahly. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. J. Anim. Sci. 71:679-686.

DeDecker, J.M., M. Ellis, B.F. Wolter, J. Spencer, D.M. Webel, C.R. Bertelsen and B.A. Peterson. 2005. Effects of dietary level of distiller dried grains with solubles and fat on the growth performance of growing pigs. J. Anim. Sci. 83(Suppl. 2):49.

Fairbanks, B.W., J.L. Krider, and W.E. Carroll. 1944. Distillers by-products in swine rations. I. Creep-feeding and growing-fattening rations. J. Anim. Sci. 3:29-40.

Fairbanks, B.W., J.L. Krider, and W.E. Carroll. 1945. Distillers by-products in swine rations. III. Dried corn distillers' solubles, alfalfa meal, and crystalline B-vitamins compared for growing-fattening pigs in drylot. J. Anim. Sci. 4:420-429.

Fasting, N.D. and D.C. Mahan. 2006. Determination of the ideal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. J. Anim. Sci. 84:1722-1728.

Fu, S.X., M. Johnston, R.W. Fent, D.C. Kendall, J.L. Usry, R.D. Boyd, and G.L. Allee. 2004. Effect of corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) on growth, carcass characteristics and fecal volume in growing finishing pigs. J. Anim. Sci. 82 (Suppl. 2):50.

Gaines, A, B. Ratliff, P. Srichana, and G. Allee. 2006. Use of corn distiller's dried grains and

solubles in late nursery pig diets. *J. Anim. Sci.* 84(Suppl.2):89.

Gralapp, A.K., W.J. Powers, M.A. Faust, and D.S. Bundy. 2002. Effects of dietary ingredients on manure characteristics and odorous emissions from swine. *J. Anim. Sci.* 80:1512-1519.

Hanson, L.E. 1948. Swine feeding trials with distillers solubles. *Proc. Distillers Feed Research Conf.* 3:47-56.

Hastad, C.W., M.D. Tokach, J.L. Nelssen, R.D. Goodband, S.S. Dritz, J.M. DeRouchey, C.N. Groesbeck, K.R. Lawrence, N.A. Lenehan, and T.P. Keegan. 2004. Energy value of dried distillers grains with solubles in swine diets. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 2):50.

Hill, G.M., J.E. Link, M.J. Rincker, K.D. Roberson, D.L. Kirkpatrick, and M.L. Gibson. 2005. Corn distillers grains with solubles in sow lactation diets. *J. Anim. Sci.* 83 (Suppl. 2):82.

Krider, J.L., B.W. Fairbanks and W.E. Carroll. 1944. Distillers by-products in swine rations. II. Lactation and growing-fattening rations. *J. Anim. Sci.* 3:107-119.

Krider, J.L. and S.W. Terrill. 1949. Recent work at the Illinois station on distillers grain solubles in swine rations. *Proc. Distillers Feed Research Conf.* 4:21-33.

Lea, C. H., P. A. T. Swoboda, and D. P. Gatherum. 1970. A chemical study of soft fat in crossbred pigs. *J. Agric. Sci. Camb.* 74:1-11.

Livingstone, R.M. and D.M.S. Livingston. 1966. A note on the use of distillers' by-products in diets for growing pigs. *Anim. Prod.* 11:259-261.

Monegue, H.J. and G.L. Cromwell. 1995. High dietary levels of corn byproducts for gestating sows. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1):86.

National Research Council. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. 10th ed. National Academy Press, Washington, D.C.

Orr, D.E., W.F. Owsley and L.F. Tribble. 1981. Use of corn distillers dried grains, dextrose, and fish meal. *Proc. 29th Swine Short Course, Texas Agric. Expt. Station, Lubbock*, pp. 48-50.

Pederson, C., A. Pahm, and H.H. Stein. 2005. Effectiveness of in vitro procedures to estimate CP and amino acid digestibility coefficients in dried distillers grain with solubles by growing pigs. *J. Anim. Sci.* (Suppl. 2) 83:39.

Pork Industry Handbook. 1998. Relative value of feedstuffs for swine. Purdue University, Factsheet 112.

Smelski, R.B. and S.C. Stothers. 1972. Evaluation of corn distillers dried grains with solubles for finishing pigs. *Proc. Western Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 23:122-127.

Spiehs, M.J., G.C. Shurson, and M.H. Whitney. 1999. Energy, nitrogen, and phosphorus digestibility of growing and finishing swine diets containing distiller' s dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 77:188 (Suppl. 1).

Spiehs, M.J., M.H. Whitney, G.C. Shurson, and R.E. Nicolai. 2000. Odor characteristics of swine manure and nutrient balance of grow-finish pigs fed diets with and without distillers dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 78:69 (Suppl. 2).

Spiehs, M.J., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller' s dried

grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639.

Stein H. H., M. L. Gibson, C. Pedersen, and M. G. Boersma. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 853-860.

Thong, L.A., A.H. Jensen, B.G. Harmon, and S.G. Cornelius. 1978. Distillers dried grains with solubles as a supplemental protein source in diets for gestating swine. *J. Anim. Sci.* 46:674-677.

Wahlstrom, R.C., C.S. German, and G.W. Libal. 1970. Corn distillers dried grains with solubles in growing-finishing swine rations. *J. Anim. Sci.* 30:532-535.

Wahlstrom, R.C. and G.W. Libal. 1980. Effect of distillers dried grains with solubles in pig starter diets. SDSU Swine Day. Bull. No. 80-6. p. 14-16. Brookings, SD.

Wallace, H.D. and G.E. Combs. 1968. Distillers' dried corn solubles as a source of unidentified nutritional factor(s) for the gestating-lactating sow. Florida Agric. Expt. Station, Gainesville. Mimeograph Series No. AN69-3.

Weigel, J.C., D. Loy, and L. Kilmer. 1997. Feed Co-Products of the Dry Corn Milling Process. Renewable Fuels Association and National Corn Growers Association. Washington, D.C. and St. Louis, MO.

Whitney, M.H., M.J. Spiels, and G.C. Shurson. 2001. Availability of phosphorus availability of distiller's dried grains with solubles for growing swine. *J. Anim. Sci.* 79 (Suppl. 1):108.

Whitney, M.H. and G.C. Shurson. 2004. Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn distiller's dried grains with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 82:122-128.

Whitney, M.H., G.C. Shurson, and R.C. Guedes. 2006a. Effect of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1860-1869.

Whitney, M.H., G.C. Shurson, and R.C. Guedes. 2006b. Effect of including distillers dried grains with solubles in the diet, with or without antimicrobial regimen, on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1870-1879.

Whitney, M.H., G.C. Shurson, L.J. Johnston, D. Wulf, and B. Shanks. 2006c. Growth performance and carcass characteristics of pigs fed increasing levels of distiller's dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 84:(in press).

Wilson, J.A., M.H. Whitney, G.C. Shurson, and S.K. Baidoo. 2003. Effects of adding distiller's dried grain with solubles (DDGS) to gestation and lactation diets on reproductive performance and nutrient balance. *J. Anim. Sci.* 81: (Suppl. 1).

Winford, E.J., W.P. Garrigus, and C.E. Barnhart. 1951. Distillers dried solubles as a protein supplement for growing and fattening hogs in drylot. Kentucky Ag. Expt. Station. Bull. No. 577. p.3-16. Lexington, KY.