

## 第 8d 章

## 動物飼料としての DDGS の使用

## 豚

## はじめに

トウモロコシ・ドライド・ジステラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルは豚用飼料の優れた原材料であり、概ね経済的でもある。更に、DDGS を使用すると養豚のあらゆる段階で優秀な成績を達成することができる。豚用飼料に DDGS を配合することで、トウモロコシ、大豆粕および無機リンの一部を置換することができる。最近の科学レビューの中で、Stein と Shurson (2009) は豚への DDGS 給与に関して発表されたすべての科学情報をまとめた。本章の目的はこの包括的な文献レビューの主要部分を要約して記載することであり、その他の様々な研究から得られた最近の試験結果についても参照する。レビューのすべてを参照するためのリンクは本ハンドブックの第 16 章に記載した。

## 豚に給与する場合の DDGS の栄養価

豚用飼料設計で用いる DDGS の栄養組成および消化率・有効率は第 3 章「DDGS の栄養成分と消化率：ばらつきと In Vitro 測定」に詳細に記載している。

## 離乳飼料への DDGS の使用

最大 30%まで DDGS を配合した飼料を離乳期の豚に給与してその影響を評価する試験が 10 件実施されており、その結果を（表 1）に示した。実施されたすべての試験において、DDGS を含まない対照飼料との比較で ADG（1 日平均体重増加率）の変化はみられなかった。試験の 80%で ADFI（1 日平均飼料摂取率）に変化はみられず、試験の 50%で増体効率に改善がみられたが、豚死亡率への影響は認められなかった。こうした試験結果は、生育成績および死亡率に悪影響を及ぼすことなく、DDGS は最大 30%まで離乳期豚用飼料に配合して、離乳後 14 日から 21 日（21 日齢で離乳）まで効果的に用いることが可能であることを示唆している。

表 1. 離乳期豚用飼料に最大 30%までトウモロコシ DDGS またはソルガム DDGS を配合した場合の反応の要約<sup>1</sup>

項目	N	トウモロコシ DDGS 飼料に対する反応		
		増加	減少	変化なし
ADG	10	0	0	10
ADFI	10	0	2	8
G:F	10	5	0	5
死亡率	2	0	0	2

<sup>1</sup> Whitney と Shurson (2004)、Gaines ら (2006)、Linneen ら (2006)、Spencer ら (2007)、Barbosa ら (2008) および Burkey ら (2008) による試験結果から算出したデータ  
出典：Stein and Shurson (2009) .

## 成長期-仕上期飼料への DDGS の使用

成長期-仕上期の豚または仕上期の豚にトウモロコシ DDGS を配合した飼料を給与した場合の生育成績と DDGS を含まない飼料を給与した場合の生育成績を比較した 25 件の試験 (Stein と Shurson, 2009) から得られた結果を表 2 にまとめた。こうした試験の大半で、ADG (試験の 72%)、ADFI (試験の 65%)、および G:F 比率 (試験の 64%) に豚の成績に変化はみられず、残りの試験では成績の上昇または低下がみられた。こうした 25 件の試験の報告書から得られた情報に基づいて豚の成績が維持された理由を説明することは困難である。これらの試験の大半が DDGS 配合飼料を使用した。全試験で使用されたわ

けではないためである。ただし、成績が低下した試験で用いられた DDGS の品質が期待以下のもの（栄養成分の消化率が低い）であった可能性はある。この他に、成績低下が認められた試験の中には、DDGS を飼料に配合すると粗タンパク質含有率が大幅に増加したものがあり、これによって飼料中に過剰な窒素が含まれる結果となった可能性もある。ADG が減少した試験の大半で、ADFI の減少も認められた。豚に選択肢が与えられている場合には、DDGS を配合していない飼料を好んで摂取することが実証されているため、ADFI のこの減少は低品質の DDGS を使用したことが原因とも考えられる（Hastad ら、2005；Seabolt ら、2008）。

表 2. 成長期-仕上期豚用飼料へのトウモロコシ DDGS の配合が生育成績および枝肉特性に及ぼす影響<sup>1,2</sup>

項目	N	トウモロコシ DDGS 飼料に対する反応		
		増加	減少	変化なし
ADG	25	1	6	18
ADFI	23	2	6	15
G:F	25	4	5	16
枝肉歩留	18	0	8	10
背脂肪、mm	15	0	1	14
枝肉赤身率、%	14	0	1	13
腰肉厚み、cm	14	0	2	12
腹肉厚み、cm	4	0	2	2
腹肉の締まり	3	0	3	0
ヨウ素価	8	7	0	1

<sup>1</sup> 2000 年以降に発表された試験に基づくデータで、使用されている DDGS の配合率は最大で 30%。

<sup>2</sup> Galapp ら (2002)、Fu ら (2004)、Cook ら (2005)、DeDecker ら (2005)、Whitney ら (2006a,b)、McEwen (2006,2008)、Gaines ら (2007a,b)、Gowans ら (2007)、Hinson ら (2007)、Jenkin ら (2007)、White ら (2007)、Widyaratne と Zijlstra (2007)、Xu ら (2007a,b,2008a,b)、Augsburger ら (2008)、Drescher ら (2008)、Duttlinger ら (2008)、Hill ら (2008a)、Linneen ら (2008)、Stender と Honeyman (2008)、Weimer ら (2008) および Widmer ら (2008) によって実施された試験結果をまとめたデータ

DDGS 飼料を給与した豚の枝肉歩留を測定した 18 件の試験のうち 10 件で、DDGS を含まない飼料を給与した豚の値との差が認められなかった (Fu ら、2004；McEwen、2006；2008；Xu ら、2007b；Augsburger ら、2008；Drescher ら、2008；Duttlinger ら、2008；Hill ら、2008a；Stender と Honeyman、2008；Widmer ら、2008)。しかしながら 8 件の試験では、DDGS を配合した飼料を給与した結果として枝肉歩留が減少した (Cook ら、2005；Whitney ら、2006a；Gaines ら、2007a と b；Hinson ら、2007；Xu ら、2007a；Linneen ら、2008；Weimer ら、2008)。以前の試験では、成長期-仕上期の豚に繊維が多く含まれる飼料原材料を配合すると腸内充満感が増し、腸内質量も増すため、枝肉歩留が減少する可能性があることが示された (Kass ら、1980)。複数の試験において、DDGS 飼料を給与した豚の枝肉歩留が減少したのはこのためと考えられるが、他の試験でこの影響が観察されなかった理由は不明である。

通常、飼料に DDGS を配合しても背脂肪の厚み、腰肉厚みおよび枝肉赤身率 (%) は影響を受けない (表 2)。1 件の試験のみで DDGS 飼料を給与した結果としての背脂肪厚みの減少が報告されており (Weimer ら、2008)、2 件の試験で腰肉厚みの減少が報告されている (Whitney ら、2006a；Gaines ら、2007b)。腰肉厚みの減少が報告された試験では、DDGS を給与した豚は ADG が低下し、出荷時体重は軽かった。枝肉赤身率 (%) の減少が報告された試験は 1 件のみである (Gaines ら、2007b)。

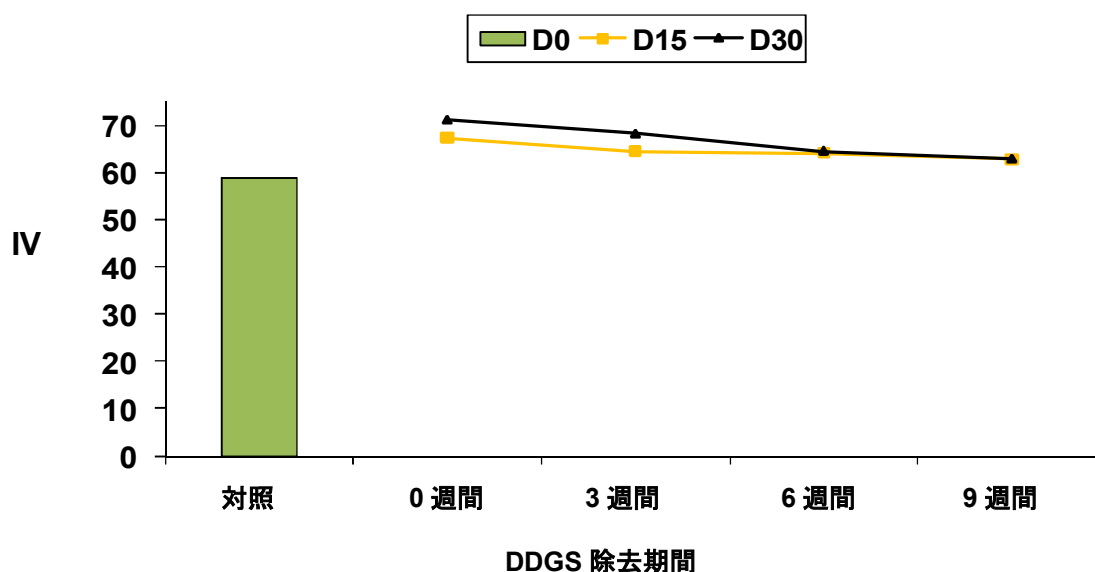
成長期-仕上期の豚用飼料に DDGS を加えた場合、特にその配合率が上昇すると、腹肉および豚肉脂肪の質に悪影響を及ぼす。DDGS には約 10% の脂肪が含まれており、50% 以上が長鎖不飽和脂肪酸であるリノール酸である。不飽和脂肪酸、特にリノール酸を多く含む飼料を給与すると、脂肪の締まりが低下し、豚肉脂肪中の不飽和脂肪酸の量が増加する。DDGS を成長期-仕上期の豚に給与した複数の試験結果から、飼料に配合するトウモロコシ DDGS の割合が増加すると、腹肉の厚みが 1 次減少を示すことが分かった (Whitney ら、2006a；Weimer ら、2008)。しかしながら、この 2 件の試験結果によれば DDGS 飼料を給与した豚の ADG も減少しており、結果として DDGS 飼料を給与した豚の出荷時体重は対照飼料を給与した豚の値を下回った。この体重減少により、DDGS 給与豚の腹肉厚みが減少したと考えられる。腹肉厚みに差異が認められなかった試験では (Widmer ら、2008 および Xu ら、2008b)、豚の最終体重にも違いが認められなかった。腹肉の締まりを測定したすべての試験 (3 件) で (Whitney

ら、2006a ; Xu ら、2007a ; Widmer ら、2008) 、DDGS を含む飼料を給与した豚の腹肉の締まりが DDGS を含まない飼料を給与した豚の値を下回った。この結果は、DDGS を給与した豚に腹肉脂肪のヨウ素価の増加が認められたと報告している 8 件の試験 (Whitney ら、2006a ; White ら、2007 ; Xu ら、2007a : 2008a ; Hill ら、2008a ; Linneen ら、2008 ; Stender と Honeyman、2008) の結果と一致している。ヨウ素価は不飽和脂肪酸と飽和脂肪酸の比率を示すひとつの指標である。



ヨウ素価が高いと腹肉が柔らかくなるため、枝肉脂肪のヨウ素価は枝肉脂肪の質を示す合理的な指標となり得る。DDGS の配合率を引き上げて豚に給与すると枝肉の豚脂肪のヨウ素価が増加したため、研究者らは DDGS がヨウ素価に及ぼす悪影響を低減させるための代替栄養戦略の評価を行ってきた。White ら (2007) はトウモロコシ DDGS を 20% または 40% 配合した飼料に 1% の共役リノール酸を加えて出荷前の 10 日間給与すると、脂肪ヨウ素価および n6:n3 比率が低下することを示した。Pompeu ら (2009) によって実施されたさらに最近の試験では、DDGS を 30% 含む仕上期豚用飼料に共役リノール酸を添加すると脂肪酸および豚脂肪の質が改善することが確認された。このように、DDGS が配合された飼料に共役リノール酸を加えて仕上後期の豚に給与すると、枝肉脂肪のヨウ素価低減に役立つ可能性がある。加えて、出荷前最終の 3~4 週間にわたり飼料から DDGS を除去しても、枝肉脂肪のヨウ素価に及ぼす DDGS の悪影響を低減させることができ、結果として豚のヨウ素価は許容可能な値になる (Hill ら、2008a ; Xu ら、2008b ; 図 2) )。Stevens ら (2009) は、26 日間の DDGS 除去プログラムの期間中、トウモロコシ-大豆粕飼料に選択したホワイトグリスを 5% 加えたもの、またはホワイトグリスを加えないものを給与すると、DDGS 飼料中で増加したリノイン酸に起因する脂肪の質への悪影響をある程度部分的に排除することが可能であることを示した。しかしながら彼らによれば、豚脂肪の質を完全に回復するにはさらに長い除去期間が必要であるという。飽和脂肪酸が多く含まれる (70%) 乾燥動物脂肪原材料 (飼料の 4%) を加えても、DDGS を 30% 配合した飼料を給与した結果上昇したヨウ素価は低減されなかったが (Freitas ら、2009) 、これは恐らく試験で使用した飽和脂肪の消化率の低さが原因と考えられる。

図 2. DDGS の飼料配合率 (0%、15%および 30%) ならびに除去期間 (出荷前 0、3、6、9 週間) が腹肉脂肪のヨウ素価 (IV) に及ぼす影響<sup>1</sup>



注 : D15-9 週間および D30-9 週間 = 対照、その他 > 対照

<sup>1</sup>Xu ら、2008b.

## 妊娠期および泌乳期飼料への DDGS の使用

妊娠期および泌乳期の豚用飼料に DDGS を配合した場合の影響を調べるために実施された試験はわずかしかない。最近の試験結果によれば (Wilson ら、2003 ; Hill ら、2008b ; Song ら、2007 ; Greiner ら、2008)、DDGS は雌豚飼料に配合して効果的に用いることが可能である。DDGS は、成績に悪影響を及ぼすことなく、妊娠期の雌豚用飼料中のすべての大豆粕を代替することができ、産子の大きさを増加させることもある。雌豚および産子の成績に悪影響を及ぼすことなく、DDGS は泌乳期飼料に最大 30%まで配合することができるが、DDGS を泌乳期の飼料に配合する場合には、飼料摂取量減少の可能性を排除するため、妊娠期間中に雌豚を DDGS 配合飼料に順応させておくことが必要であろう。

## DDGS と排泄物管理

トウモロコシ-大豆粕飼料または DDGS を 20%配合した飼料を豚に給与し、得られた排泄物を 10 週間以上保管しても、 $H_2S$  (硫化水素)、 $NH_3$  (アンモニア) および臭気の検出レベルに影響はみられなかった (Spiehs ら、2000)。DDGS が配合された飼料を給与すると窒素の排出量は増加する傾向が認められるが、いずれの飼料でもリンの保持量に差はみられなかった。Gralapp ら (2002) は DDGS を 0%、10%および 20%配合した飼料を仕上期の豚に給与し、飼料中の DDGS 配合率が異なっても排泄物中の総固形分、揮発性固形分、化学的酸素要求量、総窒素濃度および総リン濃度に違いのないことをみいだした。ただし、飼料中の DDGS の割合が増加するに従って臭気濃度が上昇する傾向が認められた。より最近の試験では、McDonnell ら (2009) が飼料中の DDGS の割合が増加すると排泄物中の総窒素排泄量が増加することを確認した。

Hill ら (2008b) は、泌乳期の豚用飼料に DDGS を配合すると、糞尿中のリン濃度が DDGS を含まないトウモロコシ-大豆粕飼料を給与した場合の値を下回ることを示したが、飼料中の DM 消化率が明らかにされていないため、総リン排泄量が減少したのか否かは不明である。

飼料調製法、DDGS の飼料配合率および微生物フィターゼが幼豚および成長期-仕上期の豚の栄養バランスに及ぼす影響を評価する 4 件の試験が実施された (Xu ら、2006a, b, c, d)。これらの試験結果から、幼豚用飼料に DDGS を配合すると通常乾物消化率が低下し、結果として糞尿中の排泄量が増加すること、および糞尿中の総リン排泄量を低下させるためには DDGS よりもフェターゼが効果的であることが分かった。更に、20%DDGS およびフェターゼを配合した飼料を幼豚に給与する場合には、NRC (米国学術研究会議) (1998) が定めた Ca : 有効 P 比率 (2:1~3:1) になるように飼料調製すると、

糞尿中のリン排泄量を最小限にとどめるために役立つ。幼豚とは異なり、フィターゼ添加の有無を問わず、DDGS を含む飼料を成長期-仕上期の豚に給与しても、DM 消化率および糞尿中の排泄量は変化しない。

### DDGS が成長期豚の腸の健康に及ぼす影響

Whitney ら (2006 b,c) は、飼料に DDGS を配合して成長期の若齢豚に給与すると、*Lawsonia intracellularis* の投与後に豚増殖性腸炎 (回腸炎) を示す臨床的徴候、糞便排菌、腸障害、または細胞感染の発生件数が減少するか、またはその重症度を軽減するかを見極めるため、2 件の試験を実施した。最初の試験では、DDGS を飼料に加えても障害発現率および障害期間、*L. intracellularis* の増殖、および障害の重症度に対する効果はみられなかった。2 番目の試験では、供試豚への *L. intracellularis* の投与率を最初の試験の 50% 減とした。DDGS を 10% 配合した飼料を給与した結果、回腸および大腸の障害の期間が他の供試豚よりも短縮し、発現率が低下し、また、回腸および大腸の障害の重症度が軽減した。抗菌剤を適正投与した豚では空腸の障害の発現率および重症度が改善し、全体的に消化管障害期間が短くなる傾向がみられた。DDGS と抗菌剤 (BMD およびクロルテトラサイクロン) とを組み合わせて摂取させても、障害の期間、重症度および発現率の一層の改善は認められなかった。こうした結果により、若齢豚の中程度の回腸炎に対する抵抗性という点では、飼料に DDGS を配合することによって米国で承認されている抗菌剤の適正投与と同様の効果が得られるが、さらに重症化した場合では DDGS は効果的でないと考えられる。

### DDGS を豚用飼料として用いる場合の推奨最大配合率

現時点での試験結果に基づき、以下の値を豚用飼料に用いる DDGS の最大配合率とする。

生産段階	最大飼料配合率
幼豚 (>7 kg)	30
成長期-仕上期の豚	30
発育中の未経産若齢雌豚	30
妊娠期雌豚	50
泌乳期雌豚	30
雄豚	50

こうした値はマイコトキシンに汚染されていない高品質 DDGS の使用を前提としたものである。可消化アミノ酸および有効リンの値に基づいて飼料調製する場合には、DDGS を最大 30% 配合した幼豚用飼料にはトウモロコシ-大豆粕主体飼料を給与した場合と同等の生育成績を期待することができる。成長期-仕上期の豚および発育中の未経産若齢雌豚も同様に、可消化アミノ酸および有効リンの値に基づいて飼料調製する場合には、DDGS を最大 30% 配合するとトウモロコシ-大豆粕飼料を給与した場合と同等の生育成績を達成できるに相違ない。しかしながら、DDGS を高率で配合すると腹肉の締まりの低下および豚脂肪の軟化の問題が発生するため、市場によっては望ましい豚脂肪品質を達成するために成長期-仕上期全体を通じて DDGS の配合率を 20% 以下に抑えるか、出荷前の 3、4 週間は飼料から DDGS を除去することが求められる場合もある。同様に、発育中の未経産若齢雌豚用飼料には最大 30% の DDGS を配合することができる。DDGS がマイコトキシンに汚染されていなければ、雌豚の場合には妊娠期飼料に最大 50% まで、泌乳期飼料に最大 30% まで DDGS を配合して効果的に用いることができる。

## References

- Augspurger, N.R., G.I. Petersen, J.D. Spencer, and E.N. Parr. 2008. Alternating dietary inclusion of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) did not impact growth performance of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 1) :523.
- Barbosa, F.F., S.S. Dritz, M.D. Tokach, J.M. DeRouchy, R.D. Goodband, and J.L. Nelsen. 2008. Use of distillers dried grains with solubles and soybean hulls in nursery pig diets. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 1) :446.
- Burkey, T.E., P.S. Miller, R. Moreno, S.S. Shepherd, and E.E. Carney. 2008. Effects of increasing levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2) :50.
- Cook, D., N. Paton, and M. Gibson. 2005. Effect of dietary level of distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, mortality, and carcass characteristics of growfinish barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 83 (Suppl. 1) :335.
- Cromwell, G.L., T.S. Stahly, H.J. Monegue, and J.R. Overfield. 1993. Distillers dried grains with solubles for growing-finishing swine. Kentucky Agric. Expt. Station, Lexington. Progress Report 274. p. 30-32.
- 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.
- Drescher, A.J., L.J. Johnston, G.C. Shurson, and J. Goihl. 2008. Use of 20% dried distillers grains with solubles (DDGS) and high amounts of synthetic amino acids to replace soybean meal in grower-finisher swine diets. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2) :28.
- Duttlinger, A.W., M.D. Tokach, S.S. Dritz, J.M. DeRouchy, J.L. Goodband, R.D. Goodband, and H.J. Prusa. 2008. Effects of increasing dietary glycerol and dried distillers grains with solubles on growth performance of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 1) :607.
- Fastinger, N.D. and D.C. Mahan. 2006. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 84:1722-1728.
- Freitas, L.S., M.J. Azain, C.R. Dove, and T.D. Pringle. 2009. Effect of dietary distillers dried grains with solubles on performance and carcass characteristics in finishing hogs *J. Anim. Sci.* 87 (E.Suppl. 2) :332.
- 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.M., G.I. Petersen, J.D. Spencer, and N.R. Augspurger. 2007a. Use of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 2) :96.
- Gaines, A.M., J.D. Spencer, G.I. Petersen, N.R. Augspurger, and S.J. Kitt. 2007b. Effect of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) withdrawal program on growth performance and carcass yield in grow-finish pigs. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 1) :438.
- Gaines, A., B. Ratliff, P. Srichana, and G. Allee. 2006. Use of corn distiller's dried grains and solubles (DDGS) in late nursery pig diets. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl. 2) :120.
- Gowans, J., M. Callaahan, A. Yusupov, N. Campbell, and M. Young. 2007. Determination of the impact of feeding increasing levels of corn dried distillers grains on performance of growing-finishing pigs reared under commercial conditions. *Adv. Pork Prod.* 18:A-22.
- 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.
- Greiner, L.L., X. Wang, G. Allee, and J. Connor. 2008. The feeding of dry distillers grain with solubles to lactating sows. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2) :63.
- Hastad, C.W., J.L. Nelssen, R.D. Goodband, M.D. Tokach, S.S. Dritz, J.M. DeRouchey, and N.Z. Frantz. 2005. Effect of dried distillers grains with solubles on feed preference in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 83 (Suppl. 2) :73.
- Hill, G.M., J.E. Link, D.O. Liptrap, M.A. Giesemann, M.J. Dawes, J.A. Snedegar, N.M. Bello, and R.J. Tempelman. 2008a. Withdrawal of distillers dried grains with solubles (DDGS) prior to slaughter in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2) :52.
- Hill, G.M., J.E. Link, M.J. Rincker, D.L. Kirkpatrick, M.L. Gibson, and K. Karges. 2008b. Utilization of distillers dried grains with solubles and phytase in sow lactation diets to meet the phosphorus

- requirement of the sow and reduce fecal phosphorus concentrations. *J. Anim. Sci.* 2008. 86:112-118.
- Hinson, R.G. Allee, G. Grinstead, B. Corrigan, and J. Less. 2007. Effect of amino acid program (low vs. High) and dried distillers grains with solubles (DDGS) on finishing pig performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 1) :437.
- Jenkin, S., S. Carter, J. Bundy, M. Lachmann, J. Hancock, and N. Cole. 2007. Determination of P-bioavailability in corn and sorghum distillers dried grains with solubles for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 2) :113.
- Kass, M.L., P.J. van Soest, and W.G. Pond. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.* 50:175-191.
- Linneen, S.K., J.M. DeRouchy, S.S. Dritz, R.D. Goodband, M.D. Tokach, and J.L. Nelssen. 2008. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment. *J. Anim. Sci.* 86:1579-1587.
- Linneen, S.K., M.U. Steidinger, M.D. Tokach, J.M. DeRouchy, R.D. Goodband, S.S. Dritz, and J.L. Nelssen. 2006. Effects of dried distillers grain with solubles on nursery pig performance. *Kansas State University Swine Day 2006. Report of Progress 966.* 100-102.
- McDonnell, P., J.J. Callan, and J.V. O'Doherty\*. 2009. The effect of dried distillers grains with solubles in the diet of the growing-finishing pig on performance and nitrogen and phosphorus excretion. *Lyons Research Farm, University College Dublin, Newcastle, Co Dublin, Ireland*
- McEwen, P. 2008. Canadian experience with feeding DDGS. Pages 115-120 in *Proc. 8th 632 London Swine Conf.*, London, ON, Can.
- McEwen, P. L. 2006. The effects of distillers dried grains with solubles inclusion rate and gender on pig growth performance. *Can. J. Anim. Sci.* 86:594.
- National Research Council. 1998. *Nutrient Requirements of Swine.* 10<sup>th</sup> ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Pompeu\* D., R.B. Hinson, Z.P. Zhu, B.R. Wiegand, J.W. Rickard, and G.L. Allee. 2009. Dietary inclusion of CLA changes fatty acid profiles of pigs fed 30% DDGS during the growing-finishing phase. *University of Missouri, Columbia.*
- Seabolt, B.S., E. van Heughten, K.D. Ange-van Heughten, and E. Roura. 2008. Feed preference in nursery pigs fed diets containing varying fractions and qualities of dried distillers grains with solubles (DDGS). *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 1) :447.
- Song, M., S.K. Baidoo, G.C. Shurson, and L.J. Johnson. 2007. Use of dried distillers grains with solubles in diets for lactating sows. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 2) :97.
- Spencer, J.D., G.I. Petersen, A.M. Gaines, and N.R. Augsburger. 2007. Evaluation of different strategies for supplementing distillers dried grains with solubles (DDGS) to nursery pig diets. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 2) :96-97.
- 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) .
- Stein, H.H., and G.C. Shurson. 2009. Board-invited review: The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. *J. Anim. Sci.* 87 (4) :1292-1303.
- Stender, D., and M.S. Honeyman. 2008. Feeding pelleted DDGS-based diets to finishing pigs in deep-bedded hoop barns. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2) :50.
- Stevens, J. A. Schinckel, B. Richert, and M. Latour\*. 2009. The impact of dried distillers grains with solubles withdrawal programs on swine carcass fatty acid profiles and bacon quality. *Purdue University, West Lafayette, IN.*
- Weimer, D., J. Stevens, A. Schinckel, M. Latour, and B. Richert. 2008. Effects of feeding increasing levels of distillers dried grains with solubles to grow-finish pigs on growth performance and carcass quality. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2) :51. (Abstr.)
- White, H., B. Richert, S. Radcliffe, A. Schinckel, and M. Latour. 2007. Distillers dried grains decreases bacon lean and increases fat iodine values (IV) and the ratio of n6:n3 but conjugated linoleic acids partially recovers fat quality. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 2) :78.
- 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, L.J. Johnson, D.M. Wulf, and B.C. Shanks. 2006a. Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grain with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 84:3356-3363.
- Whitney, M.H., G.C. Shurson, and R.C. Guedes. 2006b. 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. 2006c. 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.
- Widmer, M. R., L. M. McGinnis, D. M. Wulf, and H. H. Stein. 2008. Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *J. Anim. Sci.* 86:1819–1831.
- Widyaratne, G.R., and R.T. Zijlstra. 2007. Nutritional value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: Digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutrient excretion and growth performance of grower-finisher pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 87 (1) :103-114.
- 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. 2) 47-48.
- Xu, G., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2006a. Effect of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS), and formulating diets on total or available phosphorus basis, on phosphorus retention and excretion in nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl. 2) :91.
- Xu, G., G. He, S.K. Baidoo, and G.C. Shurson. 2006b. Effect of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS), with or without phytase, on nutrient digestibility and excretion in nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl. 2) :91.
- Xu, G., G. He, M. Song, S.K. Baidoo, and G.C. Shurson. 2006c. Effect of Ca:available P ratio on dry matter, nitrogen, phosphorus, calcium, and zinc balance and excretion in nursery pigs fed corn-soybean meal diets containing DDGS and phytase. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl.2) :91.
- Xu, G., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2006d. Effects of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS), with or without phytase, on nutrient digestibility and excretion in grow-finish pigs. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl. 2) :92.
- Xu, G., S.K. Baidoo, L.J. Johnston, J.E. Cannon, and G.C. Shurson. 2007a. Effects of adding increasing levels of corn dried distillers grains with solubles (DDGS) to corn-soybean meal diets on growth performance and pork quality of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 2) :76.
- Xu, G., G.C. Shurson, E. Hubby, B. Miller, and B. de Rodas. 2007b. Effects of feeding corn-soybean meal diets containing 10% distillers dried grains with solubles (DDGS) on pork fat quality of growing-finishing pigs under commercial production conditions. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 2) :113.
- Xu, G., S.K. Baidoo, L.J. Johnston, J.E. Cannon, D. Bibus, and G.C. Shurson. 2008a. Effects of adding increasing levels of corn dried distillers grains with solubles (DDGS) to corn soybean meal diets on pork fat quality of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl.2) :51.
- Xu, G., S.K. Baidoo, L.J. Johnston, J.E. Cannon, D. Bibus, and G.C. Shurson. 2008b. Effects of dietary corn dried distillers grains with solubles (DDGS) and DDGS withdrawal intervals, on pig growth performance, carcass traits, and fat quality. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2) :52.