

## 29 章:アメリカ穀物協会が行った 世界各国で行われた低脂肪 DDGS の飼育試験

### はじめに

2010 年以降、アメリカ穀物協会が日本、メキシコ、ベトナムで DDGS を評価するために行ったいくつかの実証試験の概要を説明する。以前にアメリカ穀物協会が支援した飼育試験に関する情報は、2012 年に発行された DDGS ハンドブックの第 3 版にまとめられている。

### 日本で最近行われた実証試験

#### 豚

肥育前期における低脂肪 DDGS の給与が豚の肥育成績に及ぼす影響

#### 要約

日本大学生物資源科学部で、豚の肥育前期に低脂肪 DDGS を給与し、その後の肥育成績に及ぼす影響を検討した。対照区は肥育前期(1 期)、後期(2 期)ともに DDGS は給与せず、試験区は 1 期用飼料に DDGS を 20% 配合し、2 期には対照区と同一の飼料を給与した。供試豚は、ランドレース種(L)、大ヨークシャー種(W)、交雑種(L×W)の計 67 頭を対照区と試験区に分けて群飼した。試験開始時体重は 50 kg とし、体重 75 kg までを 1 期、それ以降体重 115 kg 到達時までを 2 期として、各飼料を給与した。全供試豚について、体重、肥育日数、枝肉重量、背脂肪厚および格付を調査した。枝肉の分析にはランドレースの去勢雄 18 頭を用いた。その結果、全飼育期間の肥育日数、増体日量は区間に差がなかった。枝肉成績、枝肉ロース部の分析値(加熱損失率、テクスチャー、色調(L\*, a\*, b\*))、背脂肪の融点、脂肪酸組成)には区間差はなかった。これらの結果から、肥育前期飼料に対して DDGS を 20% 配合しても、肥育成績に対する悪影響はなく、一般的な飼料を給与した場合と同様の生産性があることが明らかになった。

#### 材料および方法

肥育前期における低脂肪 DDGS の給与が、豚の肥育成績に及ぼす影響を検討することを目的とした。試験は、2015 年 9 月から 2016 年 1 月まで、神奈川県豚肉生産者組合(神奈川県海老名市)の農場で実施した(写真 1)。

#### 供試豚の飼育

供試豚は、ランドレース種(L)、大ヨークシャー種(W)、交雑種(L×W)の計 67 頭を用い、第 1 グループ(9 月 10 日開始、25 頭)と、第 2 グループ(10 月 4 日開始、42 頭)に分けて実施した。各グループ内で、品種、性別(雌、去勢雄)、開始時体重ができるかぎり均等になるように対照区と試験区に割り付け、さらにそれらを 3 豚房ずつに分けて飼育した。個体識別は耳標を装着して行った。試験開始時体重は 50 kg として 75 kg までを肥育前期(1 期)、それ以降 115 kg までを肥育後期(2 期)とした。給与飼料の切り替えは豚房毎の平均体重に基づいて 75 kg を目標に行った。体重 115 kg に到達した個体は個別豚房に移して飼育し順次出荷した。と畜は出荷の翌日または当日であり、その枝肉の格付を全頭記録した。

#### 試験飼料

給与飼料の組成は表 1 に示した(写真 2)。対照区は 1 期、2 期ともに DDGS は給与せず、試験区は 2 期用飼料には低脂肪 DDGS を 20% 配合し、2 期は対照区と同一の飼料を給与した。1 期の試験飼料は、対照区中のトウモロコシおよび大豆粕の一部と代替し、両飼料の TDN(可消化養分総量)および CP(粗たん白質)を同水準に設計した。

#### 発育成績の測定

体重は 1 週間毎に測定し、出荷目標体重(115 kg)に近づいた個体は適宜測定した。飼料給与量は群毎に測定し、それ以外の日齢、日増体量は個体別に測定した。なお、豚房内のすべての供試豚が同時に出荷できな

表 1. 供試飼料の配合割合(%、原物)

	1期用飼料		2期用飼料
	対照飼料	試験飼料	
低脂肪DDGS	-	20.00	-
トウモロコシ	56.28	47.73	56.22
マイロ	20.00	20.00	20.00
大豆粕	16.00	4.35	14.40
フスマ	3.00	3.00	7.00
魚粉 (CP 65%)	2.00	2.00	-
炭酸カルシウム	0.88	1.10	0.98
リン酸二石灰	0.41	0.15	0.48
動物性油脂	0.50	0.50	-
食塩	0.30	0.30	0.30
塩酸L-リジン	0.03	0.27	0.02
ビタミンB群プレミックス	0.20	0.20	0.20
ビタミンADE	0.20	0.20	0.20
微量ミネラルプレミックス	0.20	0.20	0.20
計		100.00	100.00

日本飼養標準による要求量に対する充足率 (%)

TDN (可消化養分総量) : 104.0、CP (粗たん白質) : 103.0、カルシウム : 107.7、リジン : 107.7

ったため、それぞれの個別の飼料摂取量は総給与量を測定日時点での供試豚数を基に豚房ごとに算出した。

### 屠体形質の測定

全供試豚の枝肉重量、背脂肪厚、格付を記録した。枝肉の分析にはランドレースの去勢雄、対照区 9 頭、試験区 9 頭を用いた。分析部位は左側ロース部とし、肩、背、腰に 3 分割した背部分を用い、ロース芯の加熱損失、テクスチャー、色調(L\*, a\*, b\*)、ならびに背脂肪の内層の色調(L\*, a\*, b\*)、脂肪融点、脂肪酸組成とした。加熱損失率は、(加熱前肉塊重量－加熱後肉塊重量)÷加熱前肉塊重量×100 によって求めた。テクスチャーはテンシプレッサーを、色調は色差計を用いて測定し、脂肪の融点は衛生試験法注解(1990 年版)の方法で測定した。脂肪酸組成はガスクロマトグラフィーによって測定した。

### 統計処理

t 検定により対照区と実験区の平均値の差を検定した。

### 結果および考察

試験飼料の一般成分を表 2 に、供試豚の品種、性別毎の結果を表 3 に示した。屠畜日齢は雌よりも去勢雄が

早く、日増体量は去勢雄が多く、背脂肪厚は去勢雄が厚いという一般的な肥育豚と同様の傾向を示し、品種間に平均値の差は認められなかった。そのため、以降の結果は供試個体全頭の平均値で示した。

### 発育成績

増体成績は表 4 に示した。体重 50 kg から試験を開始して 75 kg を超えてから 2 期用飼料に切り替え、115 kg に達したことを確認して出荷した。開始時と切り替え時は、群の平均値で管理し、出荷は個体管理したため、出荷時体重の標準偏差は小さくなった。期間全体の肥育日数は 80 日と 81 日で両区間に差はなく、増体日量も 0.84 kg と同じだった。最終的な屠畜日齢にも差はなかった。しかし、1 期と 2 期を比べると、1 期の飼育期間は試験区よりも対照区が数日長く、2 期は試験区が若干長い傾向を示した。飼料要求率は、DDGS を給与した試験区の 1 期(3.11)は、対照区(3.37)より優れる傾向を示したが、2 期では両区間に差がなかった。

### 屠体形質

枝肉成績には、枝肉重量、枝肉歩留、背脂肪厚、いずれにも違いは認められず、一般的な値を示した。格付に

表 2. 供試飼料の一般成分(%、原物)

	DDGS	1期用飼料		2期用飼料
		対照飼料	試験飼料	
水分	15.3	13.3	13.3	13.3
CP (粗たん白質)	26.9	14.9	14.2	13.2
粗脂肪	9.7	4.3	5.7	4.2
粗繊維	5.3	1.8	2.1	2.0
NFE (可溶性無窒素物)	38.4	61.9	60.9	63.6
粗灰分	4.4	3.8	3.8	3.7

表 3. 品種別の飼育成績

	性	動物数	と殺までの日数 (日)	増体日量 (kg)	背脂肪厚 (cm)
対照区					
ランドレース (L)	雌	8	203	0.76	2.0
	去勢雄	9	185	0.89	2.6
ヨークシャー (W)	雌	8	189	0.86	2.3
	去勢雄	5	187	0.86	2.3
交雑種 (L×W)	雌	1	185	1.04	2.3
	去勢雄	2	193	0.88	3.1
試験区					
ランドレース (L)	雌	8	200	0.80	2.2
	去勢雄	9	188	0.87	2.6
ヨークシャー (W)	雌	7	192	0.82	1.9
	去勢雄	4	190	0.88	2.3
交雑種 (L×W)	雌	5	194	0.85	2.4
	去勢雄	1	185	0.93	3.0

については、上物率は両区とも高くはなかったが、中物の頭数は対照区よりも試験区が多く、対照区は並の頭数が多くなる傾向があった。等外の理由はいずれも厚脂であった。全体の上物率が低かった理由は、試験農場側の事情で交雑種ではなく、純粋種を多く供試したためと考えられる。対照区に比べて試験区の中物率が高く、成績が良かった理由は不明だが、DDGSを給与した1期の発育が良好で、2期には対照区に比べて穏やかに発育したことが影響していた可能性がある。

ロース部の肉質分析にはランドレース種去勢雄の9頭ずつを供試し、表5に最長筋(ロース芯)の分析結果を示した。いずれの項目にも差は認められなかった(写真3)。表6にはロース背脂肪内層の結果を示した。これについ

ても各分析項目に差は認められなかった。脂肪の融点は約37℃と、いわゆる「脂肪がゆるい」と云われる30℃に近いような低い融点ではなく、良好な融点であった。脂肪酸組成の結果(表6)からも、リノール酸、リノレン酸のような多価不飽和脂肪酸は少なく、一価不飽和脂肪酸のオレイン酸、飽和脂肪酸のパルミチン酸とステアリン酸を多く含む標準的な脂肪酸組成であったと評価された。

### 結論

肥育前期飼料に対して低脂肪DDGSを20%配合して給与しても、肥育成績に対する悪影響はなく、一般的な飼料と同水準の生産性を得られることが明らかになった。

表 4. 発育成績および枝肉形質

	対照区 (n = 33)	試験区 (n = 34)
1期開始時体重 (kg)	50.1 ± 5.8	49.6 ± 6.6
2期開始時体重 (kg)	78.2 ± 6.1	79.2 ± 7.0
出荷体重 (kg)	117.2 ± 3.0	116.9 ± 2.7
肥育日数 (日)	82 ± 14	82 ± 12
1期	31 ± 5	32 ± 6
2期	51 ± 12	50 ± 11
飼料摂取量 (kg)	245.2 ± 47.5	235.8 ± 34.1
1期	92.1 ± 20.3	89.9 ± 15.0
2期	153.1 ± 43.8	145.9 ± 32.3
増体日量 (kg)	0.84 ± 0.11	0.83 ± 0.09
1期	0.93 ± 0.27	0.96 ± 0.21
2期	0.79 ± 0.14	0.76 ± 0.13
飼料要求率	3.61 ± 0.60	3.49 ± 0.38
1期	3.37 ± 0.93	3.11 ± 0.69
2期	3.94 ± 0.93	3.95 ± 0.90
と殺日数 (日)	192 ± 19	193 ± 16
屠体重 (kg)	77.5 ± 3.0	77.8 ± 2.4
枝肉歩留 (%)	66.1 ± 1.7	66.5 ± 1.4
背脂肪厚 (cm)	2.4 ± 0.6	2.3 ± 0.5
格付 (頭数)		
上	6	5
中	14	19
並	10	7
等外	3	3

平均値 ± 標準偏差    すべての項目で有意差なし

表 5. ロース芯の加熱損失、特性および色調

	対照区	試験区
加熱損失 (ドリップ率、%)	7.2 ± 1.4	8.4 ± 1.2
テクスチャー		
硬さ (kg/cm <sup>2</sup> )	7.95 ± 0.76	8.37 ± 1.20
凝集性	0.50 ± 0.03	0.51 ± 0.03
弾力性 (%)	81.2 ± 1.6	80.8 ± 1.6
付着性 (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	0.00 ± 0.01	0.00 ± 0.00
色調		
L*	51.8 ± 2.7	51.9 ± 2.6
a*	10.5 ± 1.1	10.4 ± 0.8
b*	10.8 ± 1.2	10.6 ± 1.0

平均値 ± 標準偏差    すべての項目で有意差なし

表 6. 背脂肪内層の色調、融点、脂肪酸組成

	対照区	試験区
色調		
L*	80.3 ± 1.5	79.5 ± 0.9
a*	6.7 ± 1.4	6.8 ± 1.0
b*	9.9 ± 1.9	10.4 ± 1.8
融点 (°C)	37.7 ± 1.3	37.0 ± 1.9
脂肪酸組成 (%)		
10 : 0 (デカン酸)	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
12 : 0 (ラウリン酸)	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
14 : 0 (ミリスチン酸)	1.3 ± 0.1	1.4 ± 0.1
16 : 0 (パルミチン酸)	27.0 ± 0.7	26.9 ± 0.8
16 : 1 (パルミトレイン酸)	1.5 ± 0.2	1.6 ± 0.2
17 : 0 (ヘプタデカン酸)	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
18 : 0 (ステアリン酸)	16.8 ± 1.0	15.9 ± 0.9
18 : 1 (n9) (オレイン酸)	39.4 ± 0.8	39.4 ± 1.2
18 : 2 (n6) (リノレン酸)	7.7 ± 0.6	6.7 ± 0.7
18 : 3 (n3) (αリノレン酸)	0.4 ± 0.0	0.4 ± 0.1
20 : 0 (アラキドン酸)	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0
20 : 1 (イコセン酸)	1.1 ± 0.1	1.0 ± 0.1
20 : 2 (n2) (イコサジエン酸)	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1
20 : 4 (n6) (アラキドン酸)	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0

平均値 ± 標準偏差    すべての項目で有意差なし

写真 1. 試験場所



豚房

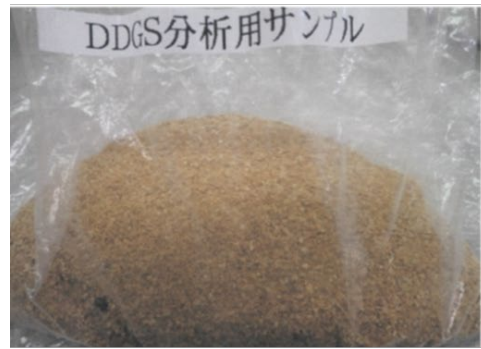


豚房

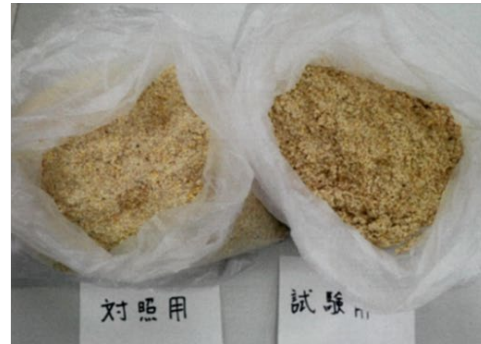


体重測定

写真 2. 供試飼料およびDDGS



DDGS



試験飼料および対照飼料



飼料

写真 3. 屠体



カット肉

## メキシコで最近行われた実証試験

### 肉用牛

#### 試験 1

様々な気象条件下での雄牛の発育成績と代償性発育について、1 kg/日の DDGS または、肉骨粉と DDGS を含む濃厚飼料を補足した場合の影響を調査するために 2014 年に試験を行った。肉骨粉は消化率が非常に低いことが文献でも示されている。BSE 感染の懸念があるため、多くの企業では反すう家畜に対する反すう家畜由来の肉骨粉の給与を認めていない。

この実証試験の結果を図 1 に示した。DDGS を給与した雄牛は、開始時体重は対照区に比べて約 38 kg 低かった、試験終了時体重は対照区より約 24 kg 増加した。DDGS 給与による日増体量の改善に関して、いくつかの重要な理由が考えられる。まず、対照区と DDGS 補給区ともに、供試雄牛は養分摂取量が非常に不足したままで農場に到着している。新しいパドックに適応した雄牛に対して濃厚飼料を補給すると、29 日目における日増体量が著しく高まった。これは代償性発育と考えられる(図 2)。次の体重測定日(55 日目)までの間の飼育環境は高温で乾燥していたため、飼料摂取量が低下し、その結果、日増体量が大きく低下した。しかし、DDGS を補給した場合の日増体量は、対照区に比べて 500g/日優れた。その

結果、DDGS を補給した場合の 1 日 1 頭当たりの純利益は約 15 ドル増加した(表 1 および図 3)。DDGS の補給による経済的な利点に加えて、試験の最終期間で対照区では体重は 24.5 kg 減少し、日増体量も 0.48 kg/日にとどまった。したがって、対照区では、DDGS を補給した雄牛と同じ最終体重に到達するまでにさらに 51 日間を要した。フィードロットで多頭数の牛が必要になる時期には、需給関係から牛の価格が急上昇するため、DDGS を補給することで、農場は、体重がより重い雄牛を販売出来る絶好の機会を得たことになる。これは、フィードロットでの飼育に適応するための日数を 5 日間短縮できる可能性があり、これは、1 日 1 頭あたり約 15 ドルの利益に相当する。

2016 年には、アルバグラン飼料工場近くの飼育場で別の実証試験を行った。多くの生産農場から総計 51 頭の交雑種雄牛を導入し、獣医師による検診と、ビタミンとワクチンの投与を行った後、体重に応じて 2 つの牛房に収容し、TMR を 1 日 2~3 回給与して 53 日間飼育した。濃厚飼料および TMR の組成を表 2 に示した。供試牛の平均 TMR 摂取量は 7.1 kg/日であり、平均日増体量は 1.17 kg/日だった。終了時体重は、最も軽い牛で 194 kg、最も重い牛で 234 kg だった。経済評価では、濃厚飼料に DDGS を配合すると、1 頭あたりの総収入が 61.03 ドル



図 1. 2014 年 2 月 28 日~6 月 24 日に DDGS を補給した雄牛の体重(kg)

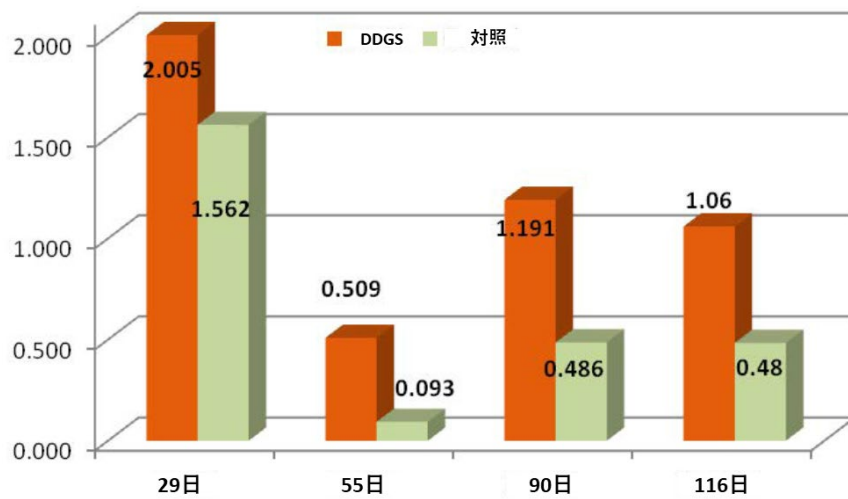


図2. 2014年2月28日～6月24日にDDGSを補給した雄牛の日増体量

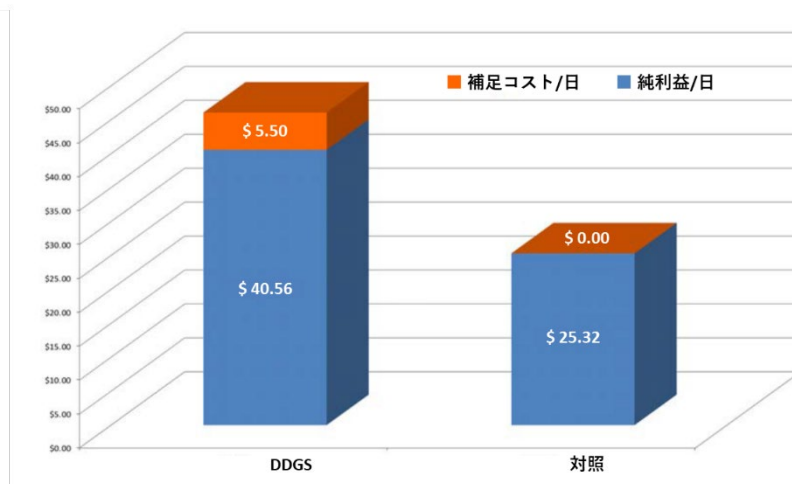


図3. 1頭あたりの平均純収入/日(ドル)

表1.DDGSを補給した牛の発育成績と経済性

	DDGS	対照
開始時体重 kg	237.5	276.4
終了時体重 kg	378.2	353.7
増体量 kg	140.6	77.3
飼育日数	116	116
日増体量 kg	1.212	0.666
\$/生体重 kg	\$38.00	\$38.00
総収入/日	\$46.06	\$25.32
補足に要する経費/日	\$5.50	
純利益/日	\$40.56	25.32



表 2. 濃厚飼料と TMR の組成

原料	kg/トン
<b>濃厚飼料の組成</b>	
DDGS	350
蒸気圧ペントウモロコシ	328
フスマ	110
糖蜜	100
大豆粕	85
ミネラル・プレミックス	27
計	1,000
<b>TMRの組成</b>	
細切乾草	165
濃厚飼料	835
計	1,000

となり、飼料コスト(40.49 ドル)を差引いた結果、純収入は 20.54ドルとなった(表 3)。

表 3.成長期の雄牛に対する DDGS 給与プログラムの経済評価

仕入れ価格/kg	\$52.00
販売価格/kg	\$52.00
開始時体重 kg	150.6
終了時体重 kg	212.8
補給量/日 kg	7.1
平均日増体量 kg	1.174
金利	\$2.610
補給に要する費用/日/頭	\$32.802
雑費	\$5.074
総収入	\$40.486
総利益	\$61.026
純利益	\$20.540
飼育日数	53.0
投資金額/期間	
\$/金利	\$138
\$/DDGS補給期間	\$1,739
\$/その他の期間	\$269
小計	\$2,146
仕入金額/頭	\$7,831
合計金額/期間	\$9,977
総収入	\$11,066
差	\$1,089
回転資金/年	6.887
純利益/年	\$7,497
費用/増体kg	\$34.50

## 試験 2

2017 年には、メキシコ湾に面するベラクルス州のティエラコロラダで未経産牛を用いた実証試験を実施した。ベラクルス州では、ほとんどの牧場が乳生産と更新用雌牛育成を行っており、1 日 1 回 3 分房から搾乳し、残りの 1 分房は更新用の子牛にほ乳させている。このような農場では、更新用雌子牛をどの時期(225~400 kg)まで飼育して販売するかを、その時点での酪農家のニーズと、子牛価格により決定している。更新用交雌牛の需要は毎年ほぼ一定している。更新用交雌牛を飼育するための一般的なガイドラインが存在し、多くの生産者はそれを知っているが、一部の生産者はあまり注意を払っていない。理想的には、更新用雌牛は 15 か月齢までに成熟体重の 60%に達し、最初の種付け時の最低体高は 145 cm でなければならない。ティエラコロラダにおける成熟牛の体重は平均 555 kgであり、この 60%体重は 330 kgとなる。15 か月齢で体重を 350 kgに到達させることが、未経産雌牛を種付けするための一般的な指標として使用されている。

2016 年 12 月、100 頭の更新用雌牛を用いて DDGS の給与実証試験を行った。供試牛の月齢と体重は表 4 に示したとおりである。ティエラコロラダ牧場での未経産雌牛の実際の体重と理想体重の比較は図 4 に示したとおりである。

試験は、幅広い月齢と体重の未経産牛 100 頭を用い

て実施し、DDGS の補給により日増体量を高め、目標体重到達までの日数の短縮の可能性を調査した。月齢毎の群分けは不可能なため、供試牛は、体重が軽い群(50頭、平均体重214 kg、平均年齢13.3か月)と、重い群(50頭、平均体重 275 kg、平均年齢 16.6 ヶ月)に分けて試験を行った。

表 4. ティエラコロラダ牧場での実証試験の供試牛

平均月齢	経産牛数	平均体重 kg
8 to 10	12	206
11 to 12	22	238
13 to 14	11	228
15 to 16	25	256
17 to 18	24	282
19 to 20	5	300
21 to 22	1	240
計	100	254

両群とも、試験開始後の1か月は慣行にしたがって放牧した。この間の平均日増体量は、軽量群では 4.4 kg/日、重量群では 10.6 kg/日であった。この増体傾向がそのまま維持されたと仮定した場合、軽量群では体重が 350 kgに到達するまでに 951 日間、重量群では 198 日間を要すると推定され、放牧した場合には、日増体量の最低目標(0.65 kg)を達成できないことが明らかとなった。

放牧地において、実際の乾物摂取量を測定することは非常に難しいため、供試牛の毎月の平均日増体量に基づいて TMR を設計した(表 5)。TMR の価格は 3.878

ペソ/kgで、1 頭あたりの給与量は 3.5 kg/日であったため、1 日 1 頭あたりの飼料費は 13.573 ペソとなる。

表 5. 更新用未経産牛用飼料の組成

ペソ/トン	原料	kg/トン
650	トウモロコシサイレージ	100
4,035	トウモロコシ	350
4,673	DDGS	405
2,725	糖蜜	125
10,156	ミネラル・プレミックス	20
	計	1,000

軽量群の開始時体重は 219 kg、終了時体重は 313 kg であり、重量群では同 285 および 393 kgだった。したがって、試験期間中に、軽量群の増体量は 94 kg(日増体量 0.79 kg/日)、重量群では 108 kg(同 0.90 kg/日)であった。4 月には、重量群の体重が 350 kgに達し、種付けを開始した。2017 年 1 月 20 日までの日増体量の実績から、重量群では体重 350 kg到達までに要する日数を 198 日間と予測していたが、今回の試験では、わずか 94 日間に短縮され、種付けが 104 日早まった。一方、軽量群では体重 350 kg到達までの日数は 153 日間であった。

図 5 および 6 に、ティエラコロラダ牧場において DDGS を給与した未経産雌牛の試験期間中の体重変化と、体重が 350 kg体重に到達するまでの日数を示した。試験期間中に、ほぼすべての供試牛は、日齢に応じた希望体重に到達した。図 7 中の青い線は、理想的な体重の推

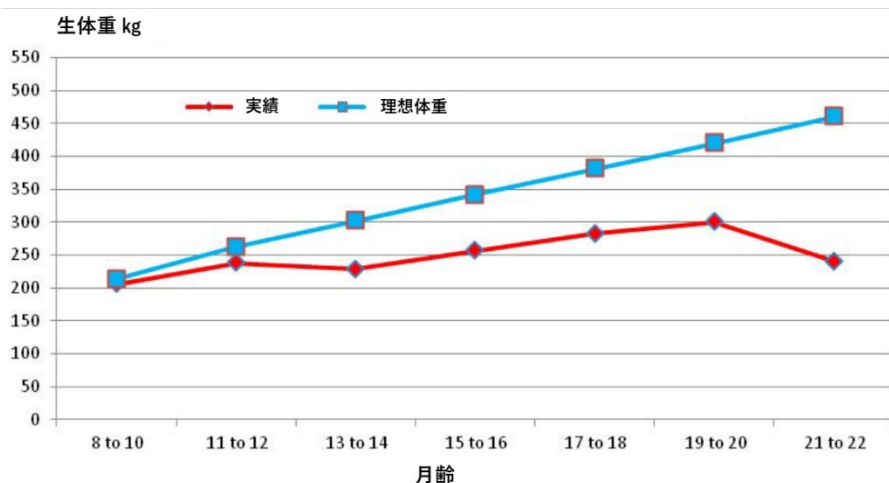


図4. ティエラコロラダ牧場における未経産雌牛の実際の体重と理想体重の比較

移を示し、赤い線は実証試験における軽量群の体重推移を示しており、緑の線は初回種付後の体重推移を示している。表6 および表7 に、DDGS 補給による収支バラ

ンスを示したが、軽量群、重量群のいずれにおいても、DDGS を補給すると純利益が著しく増加し、軽量群では以前の収支はマイナスであったものが、プラスに転じた。

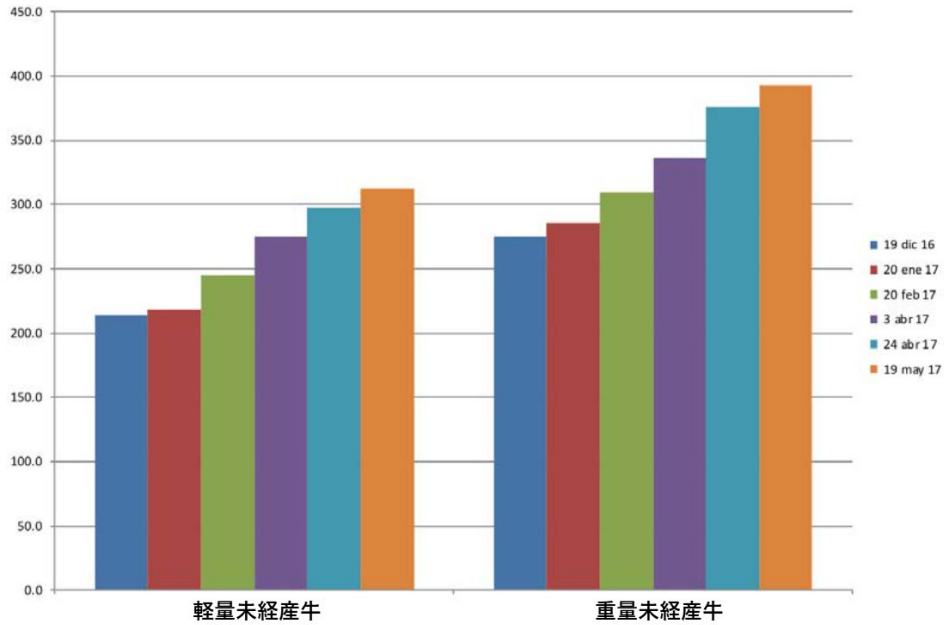


図5. ティエラコロラダ牧場における実証試験中の軽量および重量群の体重変化

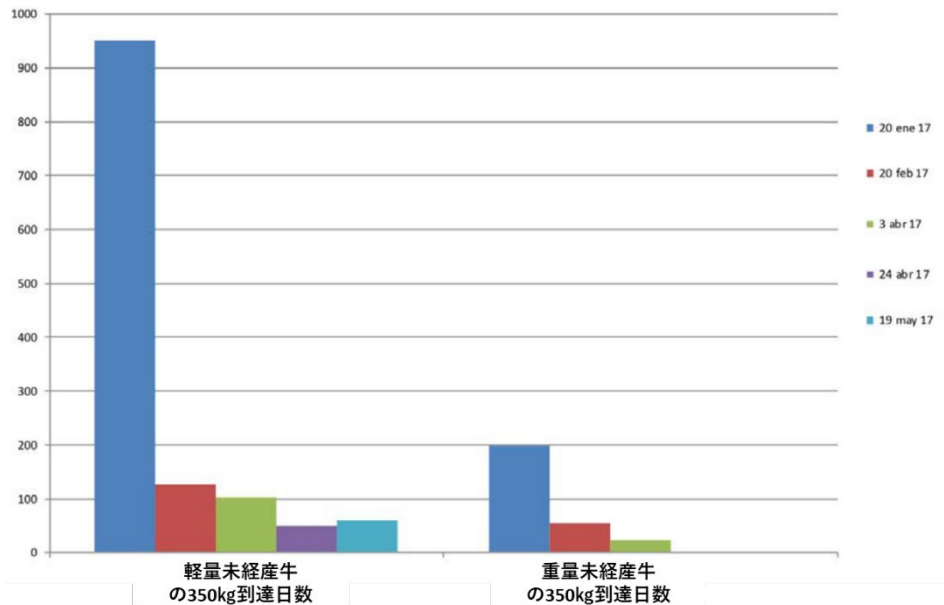


図6. 軽量および重量群が体重 350 kg到達までに要した日数

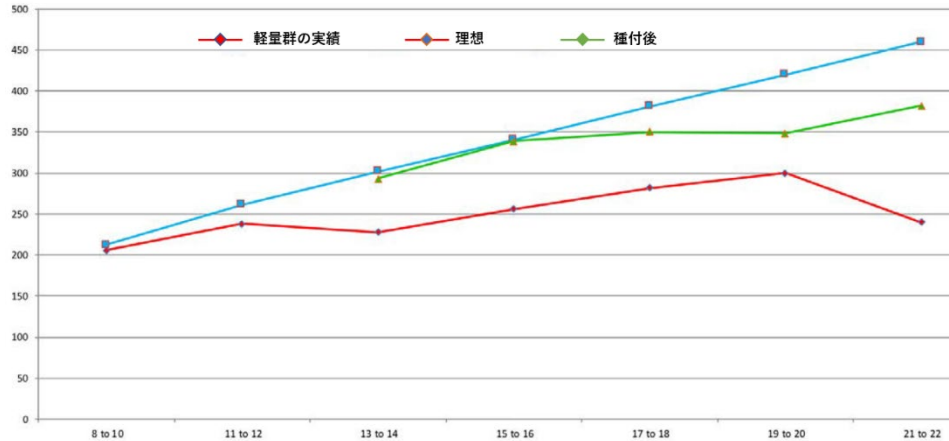


図 7. ティエラコロラダ牧場 DDGS 実証試験中に交換用未経産牛の理想的な体重(350 kg)に到達するための体重増加のシナリオ

表 6. 軽量未経産牛群における経済性の検討

1日あたりの経費		
1日あたり補給量/頭	0	3.5
日増体量 kg	0.138	0.791
金利 年10%	\$2,186	\$2,186
畜房レンタル料/牧草地	\$4,250	\$4,250
補給費用 3.5kg/頭	\$0.000	\$13,573
雑費	\$1,500	\$1,500
計	\$7,936	\$21,509
総収入	\$4,968	\$28,476
収支	-\$2,968	\$6,967

目標体重到達日数	952.2	166.1
開始時体重	218.6	218.6
終了時体重	350.0	350.0

総経費/期間		
金利 \$	\$2,081	\$363
畜房レンタル料 \$	\$4,047	\$706
DDGS 費用 \$	\$0	\$2,255
諸経費 \$	\$1,428	\$249
計	\$7,556	\$3,573
仕入れ価格/頭	\$7,870	\$7,870
調査費/期間	\$15,426	\$11,443
総収入 350kg × \$35/kg	\$12,600	\$12,600
差額	-\$2,826	\$1,157
回転資金/年	0.383	2.197
純収益/年	-\$1,083.3	\$2,543.0
費用/増体kg	\$57.51	\$27.19

表 7. 重量未経産牛群における経済性の検討

1日あたりの経費		
1日あたり補給量/頭	0	3.5
日増体量 kg	0.326	0.902
金利 年10%	\$2,750	\$2,750
畜房レンタル料/牧草地	\$4,250	\$4,250
補給費用 3.5kg/頭	\$0.000	\$13,573
雑費	\$1,500	\$1,500
計	\$8,500	\$22,073
総収入	\$11,736	\$32,472
収支	\$3,236	\$10,399

目標体重到達日数	230.1	83.1
開始時体重	275.0	275.0
終了時体重	350.0	350.0

総経費/期間		
金利 \$	\$633	\$229
畜房レンタル料 \$	\$978	\$353
DDGS 費用 \$	\$0	\$1,129
諸経費 \$	\$345	\$125
計	\$1,956	\$1,835
仕入れ価格/頭	\$9,900	\$9,900
調査費/期間	\$11,856	\$11,735
総収入 350kg × \$35/kg	\$12,600	\$12,600
差額	\$744	\$865
回転資金/年	1.587	4.390
純収益/年	\$1,181.1	\$3,795.6
費用/増体kg	\$26.07	\$24.47

### 試験 3

#### 2017年2月23日から6月26日までのオズルアマベラクルスにおけるアメリカ穀物協会による実証試験

ベラクルス州は、メキシコ湾を取り巻く長さ約 850 km (528 マイル) の州で、州の西側にはシエラマドレオリエンタル山脈があり、東側はメキシコ湾に面している。この地理的特性より、ベラクルス州は年間を通じて降雨量が非

常に多い。州は、北部、中央部、南部の3つに分けられ、それぞれの地域で気象条件が異なる。

北部地域は他の2地域と比べて乾燥して冷涼なため、肉用牛および乳用牛農家は、コブウシとヨーロッパの品種(例えば、シャロレー、アンガス、モンベリアード、ジンメンタール、ブラウンビエ、ヨーロップススイス)との交雑種を飼育している。これらの牛は放牧に適している。ヨーロ

ツパタイプの肉牛にとって好ましい気象条件は、逆に粗飼料生産には適しておらず、放牧地では少量の低消化性の牧草しか生育出来ない。この結果、遺伝的に低栄養条件下でも飼育出来る品種にはメリットがあるが、低発育、低乳量、低繁殖性等、様々な望ましくない状態となっている。

ベラクルス州北部地域の肉用牛および乳用牛農家において DDGS の使用を促進するための最初の試験は、DDGS は濃厚飼料中に配合するのではなく、消化性が高

い牧草との組合せることで行った。牛が乾物摂取量を最大に出来ない場合には、ほとんどすべての濃厚飼料はこれらの牛の遺伝的可能性を十分に発揮することは出来ない。1 月から 5 月の乾季で寒冷期にあたり、十分な量の牧草が得られないため、230 kg未満の子牛飼育に必要な飼料費は、体重がより重い牛に比べて高くなる。このため、アメリカ穀物協会は、オズルアマベラクルスの生産者に対して DDGS の実証試験の実施を依頼した。

表 1 に示したとおり、合計 32 頭の供試牛(平均体重

表 1. 2つの実験群の性別と体重の分布

オズルアマベラクルス、ELパイサジョ農場 2017年2月23日							
群	性	ID No.	kg	群	性	ID No.	kg
1	雌	3740	70	2	雌	3715	75
1	雌	3729	83	2	雌	3724	80
1	雌	3747	95	2	雌	3741	94
1	雌	8301	97	2	雌	3728	98
1	雌	3726	98	2	雌	8299	100
1	雌	3745	107	2	雌	3730	107
1	雌	3717	109	2	雌	8303	108
1	雌	3718	110	2	雌	8353	112
1	雌	3723	147	2	雌	3720	124
1	雄	5347	50	2	雄	8319	64
1	雄	3739	88	2	雄	3738	71
1	雄	3742	90	2	雄	3744	90
1	雄	3791	93	2	雄	3746	100
1	雄	3725	104	2	雄	8307	114
1	雄	8356	116	2	雄	3716	123
1	雄	8311	139	2	雄	3727	136
		合計 kg	<b>1,596</b>			合計 kg	<b>1,596</b>
16		平均 kg	<b>99.75</b>	16		平均 kg	<b>99.75</b>

表 2. DDGS 配合カーフスターターおよび TMR の飼料配合

原料	Kg/トン
カーフスターター (CP (粗たん白質) 18%)	
DDGS	480
粉碎トウモロコシ	300
糖蜜	100
トウモロコシ皮	90
ビタミン・ミネラル・プレミックス	30
計	1,000
給与飼料	
カーフスターター	680
細切牧草	230
糖蜜	90
計	1,000

表 3. 飼料の給与量

開始	2017年2月17日	2017年3月17日	2017年4月17日	2017年5月17日
終了	2017年3月17日	2017年4月17日	2017年5月17日	2017年6月17日
飼料給与量 kg/日/頭	3.5	4.5	5.5	6.5
濃厚飼料	2.39	3.07	3.75	4.43
細切牧草	0.80	1.02	1.25	1.48
糖蜜	0.32	0.41	0.50	0.59

表 4. 第 2 回体側までの発育状況

ELパイサジョ農場		33日目							
		2017年2月23日	2017年3月17日						
体重測定日		kg	kg	増体量 kg	増体日量 kg	230kg到達日数	雄	雌	
対照区	平均	105.0	124.7	19.7	0.597	176.5	4	9	
DDGS区	平均	105.7	135.7	30.0	0.909	103.7	5	8	

99.8 kg)を 2 群(各群、雌 9 頭および雄 7 頭)に分け、うち、一方は慣行法で飼育した(対照区)。他方には DDGS を配合したカーフスターターを含む TMR(表 2)を表 3 に示す量で給与した(DDGS 区)。DDGS 区の供試牛では畜房飼育への馴化に 10 日間要したが、最初の 33 日間の日増体量は対照区より優れていた。日増加量に基づいて体重 230 kg到達までの日数を計算した(表 4)。

ほぼ 1 か月間隔で、供試牛の個体別体重を測定した。第 4 回体重測定(5 月 24 日)時点で、DDGS 区の何頭かは 230 kgに非常に近づいたことから、230 kg到達前に販売した。これらの牛を販売した後、新たな若い供試牛を追加した。

平均体重、増体量および増体日量の推移を図 1~3 に示した通りであり、DDGS 区では対照区に比べて、発育が改善され、生産コストも節減された。

DDGS 区では、DDGS 補給のための追加費用が発生

するものの、1 日あたりの純収益(11.21 メキシコペソ/頭)は対照区より多かった。すべての農場主は、より短期間で牛乳を生産する、あるいは、子牛を得ることを目標としている。慣行の飼育方法で飼育した対照区の供試牛が目標体重(230 kg)に到達するまでに約 206 日間を要するのに対して、DDGS 区では 100 日間であった。子牛を販売する毎に、DDGS 区では対照区に比べて 2,700 メキシコペソの増収が実現する。ほとんどの生産者は、サプリメントを使用しない方が経済的であると考えているが、この試験結果は、DDGS を給与すると収益がプラスとなる機会は年間 3.77 回であるのに対して、対照区では 1.77 回である。DDGS 区での年間収入は 8,860.8 メキシコペソであるのに対して、対照区では 4,769.1 メキシコペソに過ぎない。日増体量だけではなく、目標体重に到達するまでに要する日数も非常に重要となる。

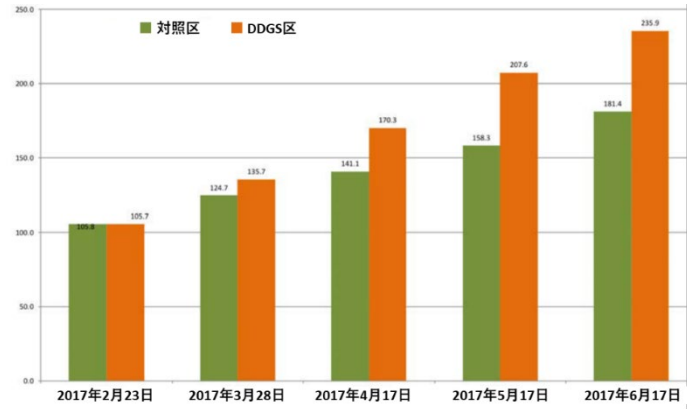


図 1. DDGS の給与が牛の体重に及ぼす影響

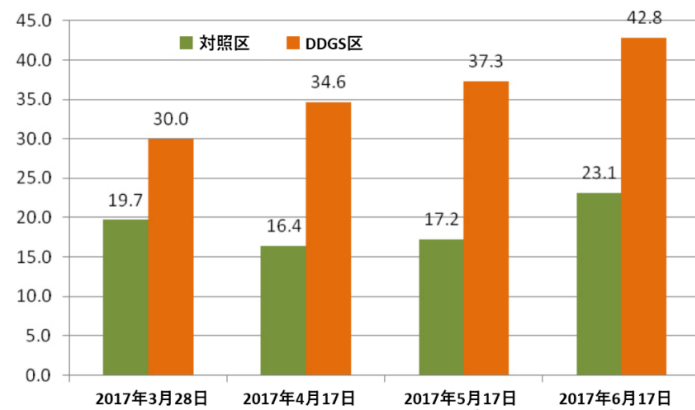


図 2. DDGS の給与が牛の増体量に及ぼす影響

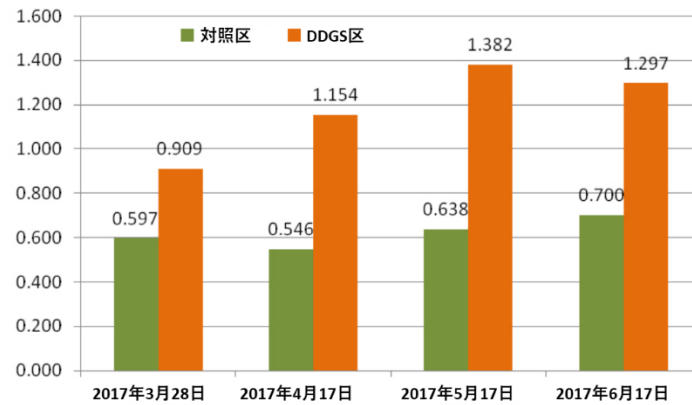


図 3. DDGS の給与が牛の増体日量に及ぼす影響

#### 試験 4

2017年2月24日～6月27日にオズルアマベラクルスのロスシエラ牧場で行った実証試験

ロスシエラ牧場では、1日に1回、約60頭から搾乳し、牛乳を地元のチーズ工場に販売している。また、雄牛は

年間放牧している。1歳の雄牛の市場価格で雄牛を販売するかどうかは、350 kgまたは400 kgに達した時点で決定している。この実証試験では、平均体重が100、150、200、250、300、350 kgの雄牛のグループを用いて実施した。そのため、現在用いている市販の濃厚飼料(Dulce

20)と、DDGS を含む濃厚飼料との比較を行った。この牧場では、体重の 1%量の市販濃厚飼料を給与している。平均体重 100 kgの子牛への濃厚飼料給与量は 1 kg/日であり、平均体重 350 kgへの牛への給与量は 3.5 kg/日になる。粗飼料は乾草を用いた。この濃厚飼料は通常「taco」と呼ばれている。合計 32 頭の供試牛を 2 群(各 16 頭、平均体重 112 kg)に分け、1 群には DDGS を含む濃厚飼料を、他の 1 群には Dulce 20 を給与した。表 1 に供試牛の詳細を示した。

給与試験は 2017 年 2 月 24 日に開始した。牧草地には自動給与器を設置し、水は自由飲水させた。毎朝、濃厚飼料 2 kgと乾草 1 kgを給与した。毎月末に全供試牛の体重を測定した。両区の開始時体重は 113 kgだった。試験開始後 1 か月目の体重には区間差はなかった(DDGS 区: 136 kg、対照区: 135 kg)が、2 か月目では、DDGS 区の体重(152 kg)は、対照区(147 kg)に比べて大きく、日増体量(DDGS 区: 0.57 kg/日、対照区: 0.38 kg/日)から予測した体重 230 kg到達日数は、それぞれ、138 日および 218 日となった。しかし、実証試験実施の際には放牧地の牧草の生育状況が悪かったため、日増体量は両区ともにそれほど優れたものではなかった。3 か月目(5 月)の日増体量(DDGS 区: 0.58 kg/日、対照区: 0.31 kg/日)も前月と大きく変わらなかったことから、牧場主と協議し

て、TMR(DDGS を含む濃厚飼料 680 kg、細切乾草 230 kg、糖蜜 90 kg)を要求量の 100%量を給与するように変更した。供試牛放牧地でそのまま飼育し、TMR を 1 日 4 kg/頭給与することとしたが、この変更が従業員に徹底されていなかったため、給与量は以前のプログラムのままとなった。しかし、試験終了時の結果では、DDGS を含む濃厚飼料の補給により、増体量あたりの利益が高まり、体重 230 kg到達日数が 10 日短縮された。供試牛の体重、増体量および日増体量の推移を図 1~3 に示した。

この実証試験では、2 種類の濃厚飼料を同じ給与方法で比較した。濃厚飼料の一方は DDGS を多く配合したもので、もう一方は Dulce 20 として知られている市販の濃厚飼料である。Dulce20 の価格は 8.00 ペソ/kgで、DDGS を含む濃厚飼料の価格は 6.75 ペソ/kgである(表 2)。濃厚飼料 2 kgと粗飼料 1 kgを給与した場合、Dulce 20 を給与する対照区の飼料価格は 1 頭あたり 16.50 ペソであり、DDGS を含む濃厚飼料を給与した DDGS 区では 14.00 ペソとなる。

123 日間の給与期間後、DDGS 区の平均日増体量が高まり、試験期間中の増体量が増加した。さらに、DDGS 区の 1 日当たりの収支バランスはプラス 10.129 ペソであり、対照区(プラス 4.010 ペソ)に比べて収益性が高まった(表 3)。この試験における供試牛の日増体量(0.80 kg/

表 1. 供試牛の詳細

オズルアマベラクルスのロスシエラ牧場				2017年2月24日			
群	ID	日齢	体重 kg	群	ID	日齢	体重 kg
1	209	92	82	2	219		84
1	206	79	86	2	217		86
1	230		99	2	174	103	92
1	225	84	99	2	196	88	100
1	189	98	101	2	194	65	101
1	213	102	103	2	183	87	102
1	200	81	107	2	181	90	105
1	211	85	110	2	185	67	110
1	223	69	111	2	204	58	111
1	186	55	118	2	229	97	112
1	171	101	120	2	167		120
1	154	73	121	2	203	74	121
1	184	96	132	2	161	56	122
1	172	94	132	2	164	59	132
1	177	68	138	2	87	72	137
1	158	71	143	2	153	66	167
16		合計 kg	1,802	16		合計 kg	1,802
		平均 kg	112.6			平均 kg	112.6



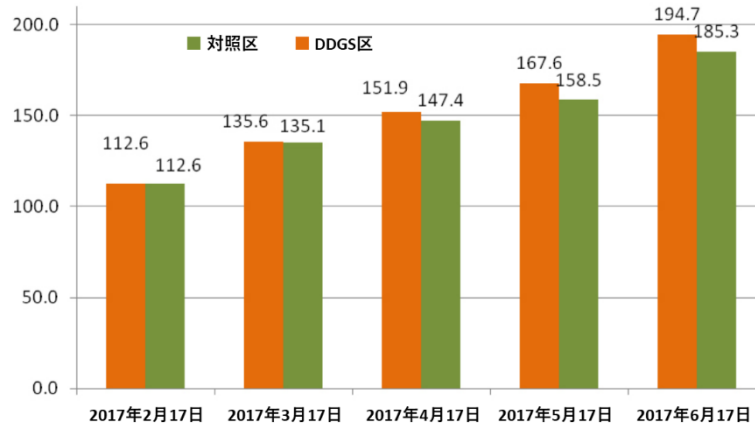


図 1. DDGS の給与が牛の体重に及ぼす影響

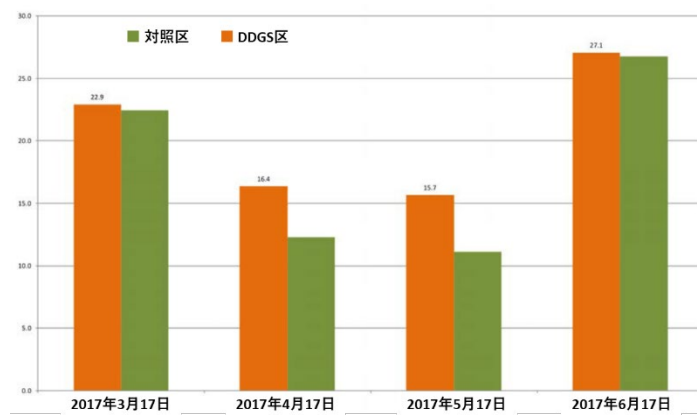


図 2. DDGS の給与が牛の増体量に及ぼす影響

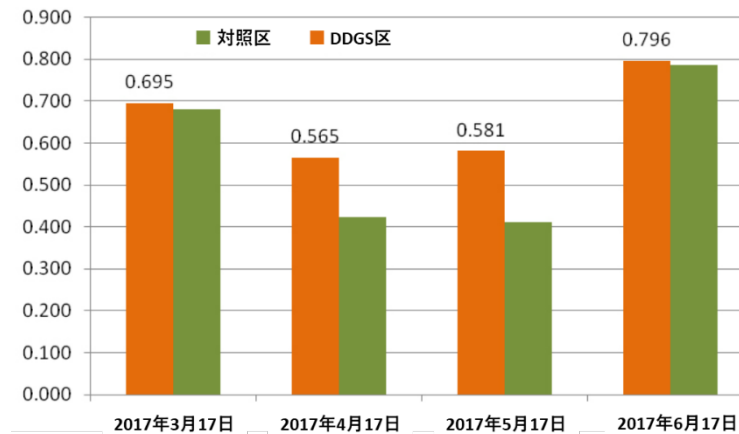


図 3. DDGS の給与が牛の日増体量に及ぼす影響

日)は、同じ体重の牛を供試したメキシコでの他の実証試験の成績(1.3 kg/日)より低かったが、DDGS 区の試験期間中の 1 頭あたりの経済的利益は、対照区に比べて約 1,000 ペソ高まった。DDGS 区における増体量 1 kg あ

たりの費用は、対照区に比べて約 8.2 ペソ節減された。結論として、この牧場の雄牛の遺伝的背景は、農家が飼料摂取量の制限を行わずに、養分要求量を充足させた給与を行った場合には、より大きな利益をもたらす。

表 2. 市販濃厚飼料または DDGS 配合濃厚飼料の価格

Dulce 20使用	kg/頭/日	\$/kg	価格
濃厚飼料	2	\$8.00	\$16.00
細切乾草	1	\$0.50	\$0.50
計	3		\$16.50

kg = \$5.50

DDGS使用	kg/頭/日	\$/kg	価格
濃厚飼料	2	\$6.75	\$13.50
細切乾草	1	\$0.50	\$0.50
計	3		\$14.00

kg = \$4.67

表 3. オズルアマベラクルスのロスシエラ牧場における対照区と DDGS 区の収支バランスのコスト比較

1日あたりの経費	DDGS区	対照区
1日あたり補給量/頭	3	3
日増体量 kg	0.667	0.590
金利 年10%	\$1,470	\$1,470
畜房レンタル料/牧草地	\$4,250	\$4,250
補給費用 3.5kg/頭	\$14,000	\$16,500
雑費	\$1,500	\$1,500
計	\$21,220	\$23,720
総収入	\$31,349	\$27,730
収支	\$10,129	\$4,010

目標体重到達日数	176.0	199.0
開始時体重	112.6	112.6
終了時体重	230.0	230.0

総経費/期間	DDGS区	対照区
金利 \$	\$259	\$293
畜房レンタル料 \$	\$748	\$846
DDGS 費用 \$	\$2,464	\$3,283
諸経費 \$	\$264	\$298
計	\$3,735	\$4,720
仕入れ価格/頭	\$5,292	\$5,292
調査費/期間	\$9,027	\$10,012
総収入 350kg × \$35/kg	\$10,810	\$10,810
差額	\$1,783	\$798
回転資金/年	2,074	1,834
純収益/年	\$3,697.1	\$1,463.6
費用/増体kg	\$31.81	\$40.20

### 試験 5

肉牛を用いた実証試験は、ユカタン州ティジミン近郊のサンフランシスコ牧場で 2016 年に行った。ユカタン州における放牧地は、主にユカタン半島の東部に位置する

ティジミン、ブクツオッツ、パナバおよびスチラにあり、州内における牛の生産システムは多岐にわたるが、自然牧野または誘導牧野で放牧されている。一般的に、補足資料は乾季にのみ使用されており、牛の維持要求量をほとんど充足していない。家禽敷料は、牛用飼料の主原料となっている。多くの牧場主は、補足飼料を投資ではティジミンンと考えており、伝統的なユカタン州の農場では、牛の平均日増体量は 400~600g/日である。従来の繁殖牛群の繁殖成績も、この地域における期待値を下回っている。一般的に、ユカタン州の牧場主は保守的で、結果が悪いにもかかわらず、飼育方法を変更することはめったにない。しかし、農家はお互いを見て何をするかを決める傾向がある。他の牧場において新しい製品が購入された場合、特に、その牧場主が地域の牛生産者のリーダー格であった場合には、その傾向が強い。ペドロ・クー氏は、ユカタン州の牛生産者の間では有名な牧場主であり、純血種のブラウンスイス種と F1 牛の飼育を行っている。このため、氏が所有するサンフランシスコ牧場で実証試験を行うことになった。この結果は、この地域の他の牛生産者にプラスの影響を与えるものと思われる。

### 牧場の説明:

サンフランシスコ牧場は、ユカタン州ティジミンにある。この地域は熱帯低湿機構で、月平均気温は 26°C、年間降水量は 1100 mm である。牧場では、純血種のブラウンスイス牛と F1 交雑種を生産している。この牧場では、半集中的な飼育方法を使用しており、飼育牛は、日中は気温が上昇するため、フリーストールの畜舎で飼育されており、夜間には放牧地で暖地型イネ科牧草のルジグラス (*Brachiaria ruziziensis*)、ブリザンサ (*Brachiaria brizantha*)、タンザニア (*Panicum maximum*) を摂取している。飼育設備はよく整備されており清潔である。牧場には、牛の体重を測定するデジタルスケールを設置して生産記録を保管している。また、この地域に特化した予防獣医保健プログラムに従って衛生管理を行っている。

### 材料と方法

ブラウンスイス純血種および F1 牛を対照区および DDGS 区に 12 頭ずつ(各区:雄牛、未経産牛各 6 頭)に

割り当て、日増体量に及ぼす DDGS 補給の効果の評価した。試験開始時体重は、DDGS 区では 305 kg、対照区では 297 kg だった。終了時体重は、DDGS 区では 366 kg、対照区では 348 kg だった。供試牛には耳標を装着し、15 日間隔で体重測定を行って、日増体量を算出した。試験期間は、2016 年 7 月から 10 月までの 75 日間であった。

対照区では、1 日 1 頭あたり、市販飼料(CP(粗たん白質) 16%) 3 kg と、家禽敷料とトウモロコシを含む「Productor Plus(表 1)」3 kg を給与した。DDGS 区で、DDGS を含む補足飼料(表 2) 3 kg と、Productor Plus 3 kg を給与した。75 日間の試験期間中の 1 頭あたりの総飼料費は、DDGS 区では 1946.45 メキシコペソ、対照区では 1991.25 メキシコペソだった(表 3 および 4)。

表 1. 家禽敷料混合物(Productor Plus)の組成

原料	割合 %
家禽敷料	70
トウモロコシ	30
計	100

表 2. DDGS 補給飼料の組成

原料	割合 %
DDGS	85.47
糖蜜	12.82
ミネラル・プレミックス	1.71
計	100

## 結果

全試験期間を、体重測定を行った 15 日間隔で 5 期に分割して、試験成績を検討した。日増体量は、これらの期間毎に、試験全体の累積と性別で求めた。DDGS 区の全体的な日増体量は 1 kg を超え、対照区(0.84 kg)より優れた。DDGS 区は、4 期では増体率が低かったが、その他の期間では両区はほぼ同様の傾向を示した(図 1)。両区のグループの日増体量の比較は図 2 に示したとおりである。

DDGS 区の雄牛の累積日増体量は 1.42 kg/日であり、対照区では 1.07 kg/日だったが、各期の傾向は一定ではなかった(図 3 および 4)。

DDGS 区の未経産牛の累積日増体量は 1.08 kg /日、対照区では 1.02 kg/日であり、未経産牛においても各期の傾向は一定ではなかった。(図 5)

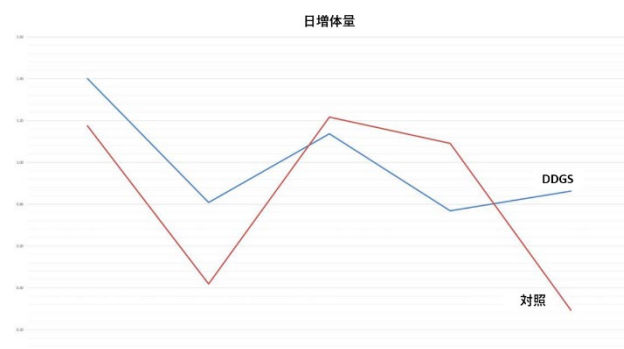


図 1. 対照区および DDGS 区の日増体量の変動(全体)

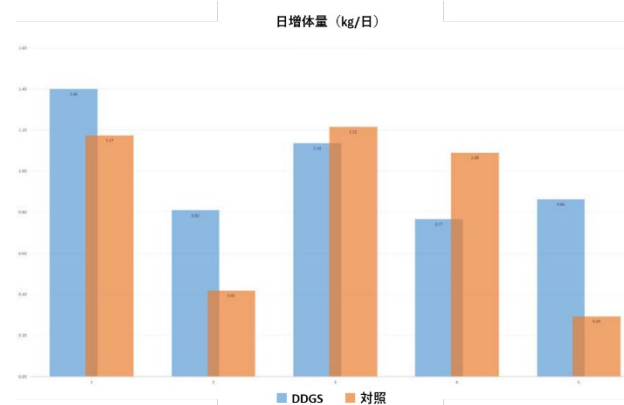


図 2. 期別日増体量(全体)

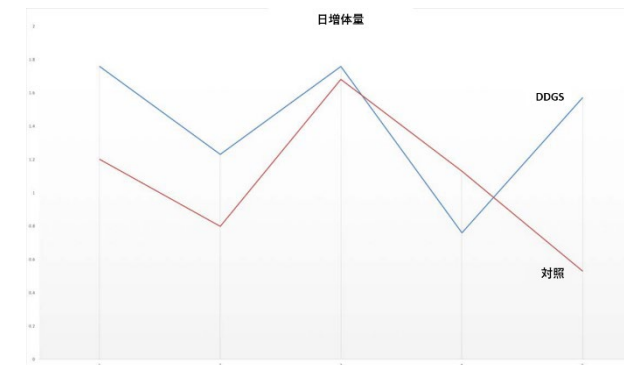


図 3. 対照区および DDGS 区の雄牛の日増体量の変動

## 雄牛の繁殖能力検査

雄牛は繁殖用として販売されるため、販売前に行う繁殖能力検査は、牧場主が雄牛の繁殖力を顧客に保証するために重要であり、内性器および外性器の検査と採取した精液の評価を行った。両区の供試牛の性器はいずれも正常であり、精液も質量的に正常だった。

表 1. 対照区に給与した飼料のコスト

	費用 メキシコペソ/kg	kg/頭/日	費用 メキシコペソ/日
市販飼料 16%	\$6.10	3.0	\$18.30
Producer Plus	\$2.75	3.0	\$ 8.25

表 2. DDGS 区に給与した飼料のコスト

	費用 メキシコペソ/kg	kg/頭/日	費用 メキシコペソ/日
DDGS補給	\$5.90	3.0	\$17.70
Producer Plus	\$2.75	3.0	\$ 8.25

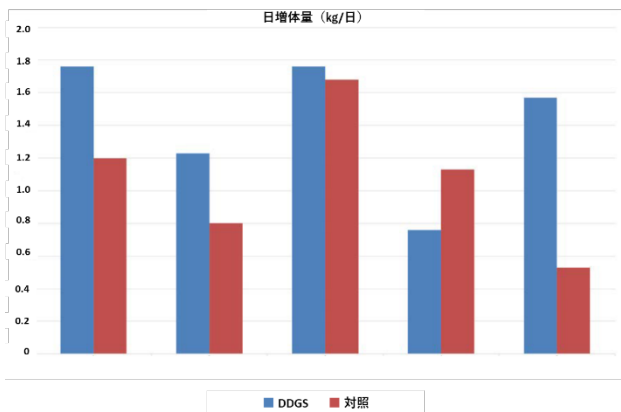


図 4. 期別日増体量(雄牛)

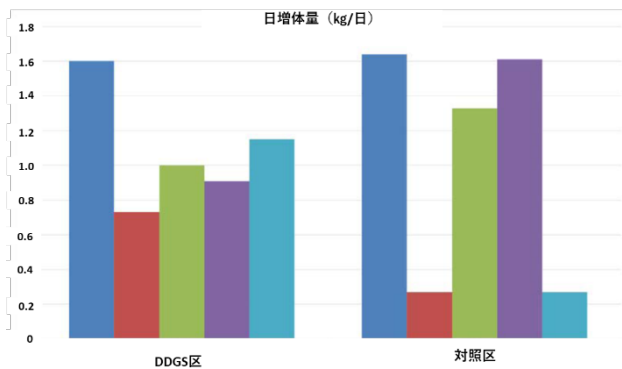


図 5. 期別日増体量(未經産雌牛)

### 動物の被毛と一般的な外観

DDGS 区の被毛状態と全体的な外観は、対照区より優れていた。

### 経済分析

試験全体の総コストと両区の日増体量を基に算出した増体量 1 kgあたりの費用は、DDGS 区では 31.91 メキシコペソ/kgであり、対照区(39.04 メキシコペソ/kg)に比べて 18%少なかった(表 5)。

### 結論

1. DDGS を含む補給飼料を給与した牛の日増体量は、一般的な市販の補給飼料を給与した対照区に肉食べて比べて優れていた。
2. DDGS は、ユカタン州の気候条件の下で、大規模および中規模飼育施設で飼育する牛用飼料原料として有効に使用できる。
3. DDGS は、ユカタン州で使用されている典型的な牛用飼料において費用対効果の高い原料である。
4. DDGS の給与は、若い雄牛の生殖能力に影響を与えない。
5. DDGS を給与すると、牛の被毛が改善される。

表 5. 費用/ 増体量 kg

	DDGS	対照
開始時体重 kg	305	297
終了時体重 kg	366	348
変動 kg	61	51
総飼料費/試験	\$1,946.45	\$1,991.25
費用/増体量 kg	\$ 31.91	\$ 39.04

## 乳用牛

メキシコのフイマンギロタバスコのフランシスコゲイタンで泌乳中の乳用牛への DDGS 給与試験を実施した。合計 34 頭の乳用牛(分娩後 105 日未満)を二分し、一方には市販の濃厚飼料を 2 kg/頭/日給与し(対照区)、他方には DDGS を含む飼料(表 1)を給与した(DDGS 区)。市販の濃厚飼料の価格は 5.00 ペソ/kg であり、DDGS を含む飼料は 5.76 ペソ/kg とのことである。生産した牛乳は地元のチーズ工場に販売(5.20 ペソ/L)されている。

表 1. DDGS を含む飼料の組成

原料	kg/トン
乾草	100.0
DDGS	559.2
糖蜜	111.4
粉碎トウモロコシ	155.9
尿素	17.8
ミネラル・プレミックス	55.7
計	1,000.0

試験結果を図 1 および 2 に示した。乳期が分娩後 50 日未満の乳用牛の産乳量は、DDGS 区が対照区より 2.88L/日多かった。この結果は、泌乳ピークに達した乳用牛に DDGS を含む飼料を給与することで、産乳量の大幅な改善が出来ることを示唆している。図 1 に示すように、DDGS 区では対照区より 2.77L/日産乳量が多く、この傾向は給与期間終了までにさらに大きくなった。

メキシコの多くの酪農家は、より安価な濃厚飼料をのぞむため、DDGS を含む濃厚飼料の価格が受け入れられない場合があるが、この試験において市販の濃厚飼

料を用いても高い乳生産性を期待出来ないことは明らかであった。表 2 に示すように、DDGS 区は対照区に比べて 1 日あたり 1.52 ペソ高かったが、表 3 に示すように、DDGS 区では対照区に比べて産乳量が多く、その結果、総収入と純利益が増加した。これらの結果は、DDGS を含む飼料の価格が高いにも係わらず、乳生産量が増加することを明らかにし、この牧場主は DDGS を含む飼料の製造と販売を始めることになった。

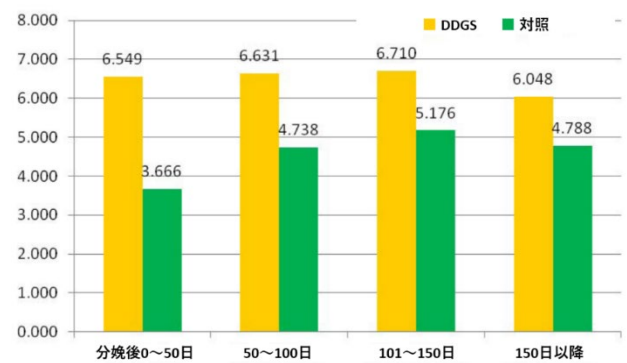


図 1. 牛乳の日別の平均乳量

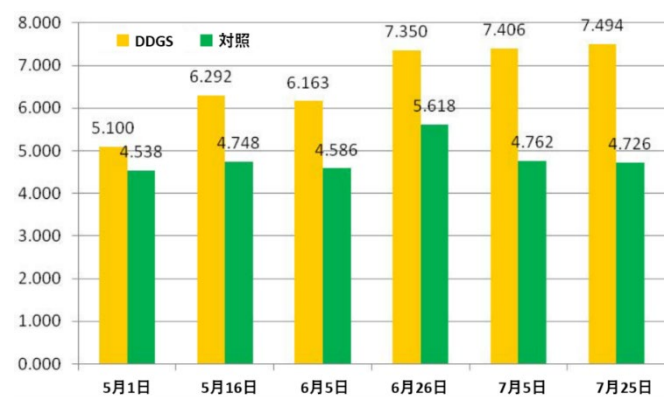


図 2. 各期の平均乳量

表 2. 市販濃厚飼料および DDGS を含む飼料のコストの比較

補足飼料	濃厚飼料 kg/頭/日	メキシコペソ/濃厚飼料 kg	メキシコペソ/頭/日
DDGS	2	\$5.76	\$11.52
市販	2	\$5.00	\$10.00
差	-	\$0.76	\$1.52

表 3. 市販濃厚飼料および DDGS を含む飼料給与による総収入と純収入

補足飼料	産乳量 L/頭/日	メキシコペソ/L	総収入 メキシコペソ
DDGS	7.494	\$5.20	\$38.97
市販	4.726	\$5.20	\$24.58
差			\$14.39

## ベトナムで最近行われた実証試験

### 乳用牛

#### ベトナムの高温気候条件下での乳生産に対するトウモロコシ DDGS 給与の影響

##### 要約

ベトナムにおける乳用牛に対するトウモロコシ DDGS の給与試験は、2010 年の暑熱時期に一般の酪農場で行われた。泌乳後期の乳用牛 156 頭を、対照区、DDGS 7.5%区および DDGS 15%区に対して、乳量の分布がほぼ均等となるように 52 頭ずつ割り付けた。各給与飼料 (TMR) は、トウモロコシ、エレファントグラス、アルファルファ乾草、乾草ビール粕、豆乳廃液、トウモロコシ、大豆粕、糖蜜および乳用牛用サプリメントで構成し、各区の栄養成分含量を均等に設計した。飼料は 1 日 2 回給与し、試験開始 5 日前から試験開始後、45 日までの産乳量、飼料摂取量および乳質を測定した。

その結果、DDGS の給与は飼料摂取量に影響を及ぼすことなく、より高い産乳性を得られることが示された。DDGS を 7.5 および 15% 給与すると、対照飼料に比べて、乳量が 2 および 4 kg/日増加した。飼料摂取量には区間で差がなく、約 35 kg/日だった。総固形分と乳脂肪量は、対照区と DDGS 7.5%区は類似していたが、DDGS 15%区では総固形分と乳脂肪量がわずかに増加する傾向を示した。飼料費は、対照区で 2537 ドン/kg、DDGS 7.5%区で 2460 ドン/kg、DDGS 15%区で 2399 ドン/kgであり、DDGS を給与することで飼料費が節減された。

##### 緒言

DDGS は、トウモロコシを用いたエタノール発酵における併産物であり、家畜用飼料原料として利用されている。過去 10 年間、米国におけるエタノール生産量の増加に伴って DDGS の製造量が増加している。2009 年の DDGS 製造量は 3,000 万トンであり、450 万トンが世界の様々な国に輸出されたと推定されている。

乳用牛への DDGS の給与に関する研究は、過去 20 年にわたり多くの大学で行われてきた。Kalscheur (2005) は、DDGS を含む乳用牛用飼料に関する 23 報に基づく、96 のデータについてメタ分析を行い、DDGS を 20%まで含

んだ飼料は、一般的に嗜好性が高まり、飼料摂取量増加の刺激となると報告している。産乳量は、給与する DDGS の形態には影響されなかったが、DDGS 給与量の増加に対応して二次曲線的に増加し、DDGS を 4~30% 含む飼料を給与すると、産乳量が約 0.4 kg/日増加した。乳用牛に DDGS の 30%以上給与すると産乳量が減少する傾向を示した。

米国では、初期には、エタノール工場近郊で飼育されている牛に対して未乾燥のまま給与されていたが、エタノール工場の増加に伴い、乾燥された DDGS が製造されるようになった。古い技術で製造された DDGS は色調が暗く、Power ら(1995)は、暗い色調の DDGS を給与すると、明るい色調の DDGS を給与した場合より産乳量が低いと報告している。

DDGS は、乳用牛にとって非常に優れたたん白質源である。Schingoethe (2004)によれば、高品質の DDGS のたん白質含量は通常 30%以上(乾物)であり、粗脂肪含量は 10%である。DDGS は、RUP(ルーメン非分解性たん白質)またはバイパスたん白質の優れた供給源であり、その含量は 55%である。また、DDGS は乳用牛にとって非常に優れたエネルギー源であり、TDN(可消化養分総量)は 77%、NE<sub>G</sub>(増体に要する真のエネルギー)価は 1.41Mcal/kg、NE<sub>L</sub>(泌乳に要する真のエネルギー)は 2.26 Mcal/kgである。これらのエネルギー価は、NRC (2001)による値よりも 10~15%高いと報告されている。乳用牛を含む DDGS 研究のほとんどは、温暖な気候条件下で行われてきた。Chen and Shurson (2004)は、台湾で夏季に実施された DDGS の乳用牛への給与試験から、DDGS を 10%含む TMR は、飼料摂取量に影響を及ぼさずに産乳量を 0.9 kg/日増加させると報告している。DDGS は成長期の未経産牛にも給与出来、報告は少ないが、Kalscheur and Garcia (2004)は、未経産牛に対して DDGS を 40%量まで給与できると報告している。

ベトナムの酪農業は主に南部熱帯地域で行われており、近年は中部と北部地域にも拡大している。北部地域では夏季に飼料消費量が大きく減少するため、DDGS が貴重な飼料原料となる可能性がある。ベトナムでは過去 4 年間、米国から DDGS を輸入してきたが、その用途は、

主に豚や家禽の飼料、そして最近では魚の飼料用である。現在、ベトナムでは乳用牛が25万頭飼育されているにも関わらず、乳用牛にはDDGSは使用されていない。過去5年間で乳製品の生産量は大幅に増加し、今後も毎年10%以上増加すると予測されている。乳用牛に対するDDGS給与の可能性は非常に大きく、毎日1kgのDDGSを乳用牛に与えた場合、ベトナムでは年間25万トンのDDGSを必要とする可能性があるかと推定される。

乳用牛用飼料は、通常、粗飼料とともに、大豆粕、ふすま、米ぬか、キャッサバ副産物、キャッサバ、糖蜜、ビタミン・ミネラル・プレミックス等を含む濃厚飼料を補給している。ベトナムでは、乳用牛へのDDGSの使用に関する情報がないため、今回の給与試験は有用な情報となると思われる。

#### 材料および方法

試験は、ベトナムのトゥエンクアンにあるフォーラム農場で行われた。試験は、以下の3処理を設定した。

1. DDGSを使用しないTMRを給与
2. DDGSを7.5%含むTMRを給与
3. DDGSを15%含むTMRを給与

試験は、産乳量が同様の乳用牛3群を用いて乱塊法実験計画により実施した。分娩後200日以上泌乳後期の乳用牛を計156頭用い、各区に52頭ずつ配して45日間各TMRを給与した。各TMRは、栄養成分組成がほぼ同一となるように設計し(表1)、農場内の飼料製造場所で製造した。

試験開始前5日から試験開始後45日の産乳量および飼料摂取量を測定した。

#### 給与方法

給与方法は、フォーラム農場の慣行により行った。TMRは、粗飼料(ネピアグラスおよびトウモロコシ茎葉)と、その他の原料(キャッサバ、豆乳廃液、乾燥ビール粕、粉碎トウモロコシ、大豆粕、乳用牛用濃厚飼料(CP40%)、糖蜜、粉末油脂、ビタミン・ミネラル・プレミックス)で構成し、NRC(2001)による乳用牛の養分要求量を充足し、飼料費が最少となるように設計した。飼料は1日2回給与し、乳量は毎日測定した。TMRの給与量は、牛の体重と

産乳量に基づいて計算した。

#### 測定

毎日の産乳量、飼料摂取量、乳たん白質、脂肪および総固形分率と乳比重を測定した。品質については、試験の中間と終了時に、各区から5試料採取して分析した(3区×5試料×2回)。

#### 統計解析

収集されたデータはProcを用いて、SASの分散分析プログラムにより解析し、Duncanの多重検定(SAS ver. 6.12)により各区間の差を検定した。

#### 結果および考察

##### 環境条件

試験を実施した2010年5月から6月までの平均気温と相対湿度を表2に示した。5月~6月は、ハノイ北部において最も暑い時期としてよく知られており、最高気温は摂氏37度または華氏99度に達し、湿度は88%に達している。畜舎は開放型で、ファンを稼働させた。

##### 乳生産と飼料消費

DDGS給与開始前後の平均飼料摂取量と産乳量を表3に示した。試験には泌乳後期の乳用牛を用いているため、DDGS給与開始前の産乳量はDDGS給与後より多く、試験の経過に伴って産乳量が減少した。DDGS給与開始前と、給与開始後の産乳量の差は、産乳性に対する給与飼料の影響を示している。表3によると、DDGSを給与しない対照区における産乳量の差は6.1kg/日であり、DDGS7.5%区では4.0kg/、DDGS15%区では2.1kg/日であって、DDGSの給与により、対照区に比べて産乳量が大幅に増加した。

各区の様々な産乳量の推移は図1に示したとおりであり、各区の産乳量は試験の経過とともに減少しているが、対照区における減少傾向はより顕著であり、DDGS15%区での減少傾向が穏やかであったことが明らかであった。

この結果は、DDGSを給与することでベトナムの暑熱時でも高い産乳性を維持できることを明確に示している。TMRにDDGSを15%配合すると、対照飼料に比べて牛と比較して、産乳量が4kg多くなった。これは、DDGSを

表 1. 供試 TMR の組成

原料	対照	DDGS 7.5%	DDGS 15%
トウモロコシサイレージ	29.40	29.40	29.40
エレファントグラス	28.01	29.40	29.40
アルファルファ乾草	9.80	5.91	5.00
乾燥ビール	7.35	7.35	7.35
豆乳廃液	7.35	7.35	4.51
粉碎トウモロコシ	6.00	1.80	
糖蜜	4.90	4.10	4.90
乳用牛用濃厚飼料 (40%、guyomarch)	3.40	3.40	3.40
大豆粕	2.75	2.75	
植物油	0.39	0.39	0.39
リン酸二石灰	0.30	0.30	0.30
重炭酸ナトリウム	0.30	0.30	0.30
ビタミン・ミネラル・プレミックス	0.05	0.05	0.05
DDGS %		7.50	15.00
栄養成分 (計算値、原物)			
水分 %	51.7	52.8	53.0
TDN (可消化養分総量) %	70.6	72.0	72.7
NE <sub>L</sub> (泌乳に要する真のエネルギー) Mcal/kg	1.72	1.76	1.78
CP (粗たん白質) %	15.1	17.1	17.0
NDF (中性デタージェント繊維) %	29.8	33.3	38.6
ADF (酸性デタージェント繊維) %	18.3	19.1	20.6
カルシウム %	1.02	0.91	0.87
リン %	0.45	0.51	0.54
塩素 %	0.27	0.29	0.32
マグネシウム %	0.21	0.20	0.20
イオウ %	0.18	0.19	0.21
UDP (ルーメン非分解性たん白質) %	8.6	9.7	9.3
RUP (ルーメン分解性たん白質) %	6.8	7.4	7.8
費用 (CND/kg)	<b>2537</b>	<b>2460</b>	<b>2399</b>

表 2. 試験期間中の気温と相対湿度

	温度 (°C)	相対湿度 (%)
最低	28	74
最大	37	88
平均	33	82

表 3. 試験開始前 5 日間で、試験開始後 45 日間の平均産乳量と飼料摂取量

処理	産乳量 (kg/日)		差 (kg/日)	飼料摂取量 (kg/日)	
	DDGS 給与後	DDGS 給与前		DDGS 給与後	DDGS 給与前
対照	20.5	14.4 <sup>a</sup>	6.1	36.8	35.6
DDGS 7.5%	19.2	15.2 <sup>ab</sup>	4.0	38.3	35.3
DDGS 15%	18.2	16.1 <sup>b</sup>	2.1	36.8	35.6

\*同じ列の異なる上付き文字は有意差 (p < 0.05) を示し、SEM (標準誤差平均) は 0.4 kg/日



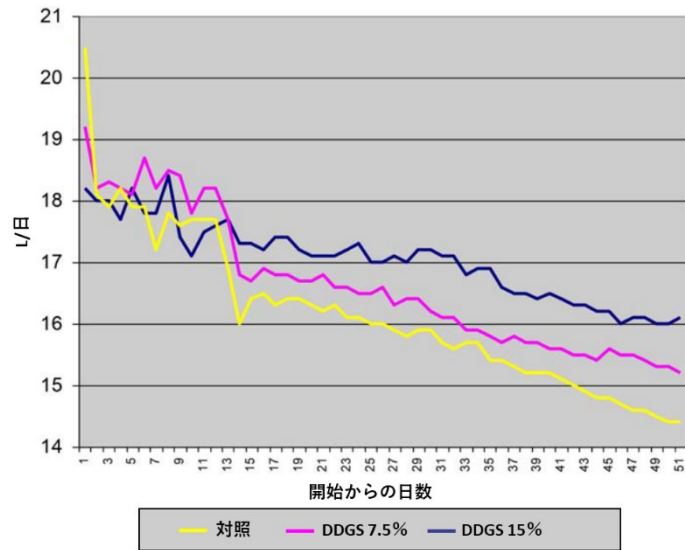


図1. 産乳量の推移

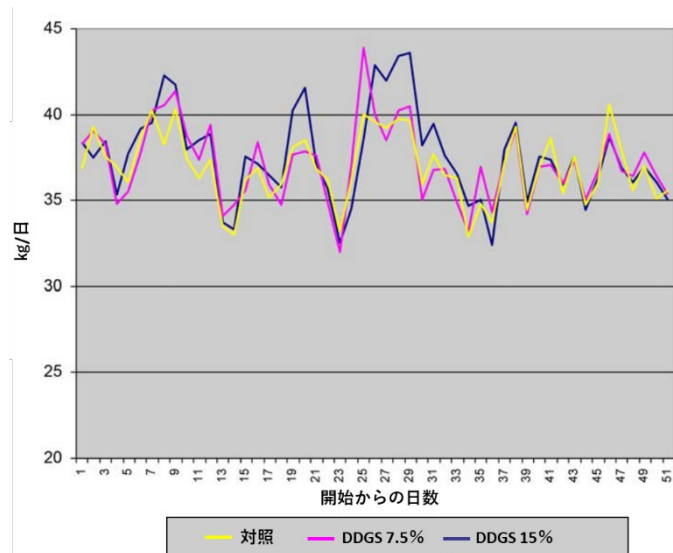


図2. 飼料摂取量の推移

表4. DDGS 給与開始前後の総固形分および乳脂率

処理	固形分 (%)		差 (%)	乳脂率 (%)		差 (%)
	DDGS給与後	DDGS給与前		DDGS給与後	DDGS給与前	
対照	12.5	12.1	-0.4	3.8	3.7	-0.1
DDGS 7.5%	12.4	12.1	-0.3	3.8	3.7	-0.1
DDGS 15%	12.0	12.4	0.4	3.6	4.0	0.4

10%給与すると産乳量が1 kg/日増加したとする夏季の台湾で行われた試験結果(Chen and Shurson, 2004)と一致しており、今回のベトナムでの試験結果は、台湾で行われた試験に比べて、効果がより優れていた。

また、表3は、飼料消費量は、対照区では35.6 kg/日であり、DDGS 7.5%区および15%区では、35.3 および35.6 kg/日であって、DDGS 給与による影響を受けないことを示している。試験開始前後の飼料消費量にも差はな

かった。供試牛は、DDGSを配合したTMRに数日以内に適応し、問題なく摂取した。さらに、対照飼料、DDGS 7.5%飼料および DDGS 15%飼料の価格は 2537、2460 および 2399 ドン/kgであり(表 1)、DDGS の配合により飼料費の削減が出来た。

給与試験中に飼料摂取量の推移を図 2 に示したが、各区間で差がなかった。飼料摂取量の変動は、日中の畜舎内温度と湿度に相関しており、気温と湿度が上昇すると飼料摂取量が減少し、温度が下がると増加した。

### 乳質

DDGS 給与開始前後の乳質の測定結果を表 4 に示した。DDGS 7.5%区の総固形分率と乳脂率は対照区と差がなかったが、DDGS 15%区ではわずかに高まる傾向を示した。この結果は、DDGS を 15%配合した TMR を給与すると乳質が改善されることを示している。

### 結論

1. 乳用牛は、DDGS を配合した TMR をすぐに摂取する。
2. DDGS の給与により、暑熱時の乳用牛の産乳量を改善する。
3. DDGS を 15%配合した TMR は、乳生産性を維持することができ、DDGS を配合していない TMR に比べて産乳量が 4 kg/日増加し、DDGS を 7.5%配合した TMR に比べて 2 kg/日増加した。
4. DDGS を 15%配合した TMR の給与により、DDGS を配合していない TMR および DDGS を 7.5%配合した TMR に比べて優れる傾向を示した。

### 謝辞

Vinamilk Dairy Farm Co.のマネージャー Huy 氏およびアメリカ穀物協会インターナショナルコンサルタントの Tran Trong Chein 氏の給与試験への協力に感謝する。

### 引用文献

Chen, Yuan-Kuo and J. Shurson. 2004. Evaluation of distiller's dried grains with solubles for lactating cows in Taiwan. [http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese \(Yuan-Kuo Chen 2004\).pdf](http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese(Yuan-Kuo%20Chen%202004).pdf)

Cyriac, J., M. M. Abdelqader, K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, and D. J. Schingoethe. 2005. Effect of replacing forage fiber with non-forage fiber in lactating dairy cow diets. *J. Animal Sci.* 88(Suppl. 1):252

Kalscheur, K. F. Impact of feeding distillers grains on milk fat, protein, and yield. Distillers Grains Technology Council. 9<sup>th</sup> Annual Symposium. Louisville, KY. May 18, 2005.

Kalscheur, K.F. and A.D. Garcia. 2004. Use of by-products in growing dairy heifer diets. Extension Extra, South Dakota State University. ExEx 4030, 3 pp.

National Research Council. 1981. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 5th Rev. Ed. National Academy of Sci., Washington, DC.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed. National Academy of Sci., Washington, DC.

Powers, W.J., H.H. Van Horn, B. Harris, Jr., and C.J. Wilcox. 1995. Effects of variable sources of distillers grains plus solubles on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 78:388-396.

Schingoethe, D.J. 2004. Corn Co products for Cattle. Proceedings from 40th Eastern Nutrition Conference, May 11-12, Ottawa, ON, Canada. pp 30-47.

USGC, 2007. Handbook of DDGS. U.S. Grains Council, Washington DC.

## 水産養殖動物

### DDGS の給与が *Pangasius* の発育成績と肉の色調に及ぼす影響

#### 要約

ナマズ (*Pangasius*) に対するトウモロコシ DDGS の給与試験は、2015 年にベトナムの民間農場で実施された。DDGS は米国から入手し、一般成分とアミノ酸組成を分析した。0.5 の池に深さ 3m ナイロン製ネットで作成した 16 基の浮き生け簀に、体重 40 g の *Pangasius* 幼魚 6 千尾を無作為に割り当てた。各区に 4 基の生け簀を割り付けた (4 反復群)。DDGS の配合量は、0、5、10 および 15% とし、それぞれ、大豆粕、米ぬか、キャッサバ、魚粉、小麦、ふすまを配合して、栄養成分含量が同一となるように設計した。供試飼料 (浮き餌) の CP は前期用では 28%、育成用では 26% とした。

試験は 118 日間実施し、試験開始後 42 および試験終了時に供試魚のサンプリングを行った。*Pangasius* は DDGS 配合飼料をすぐに摂取し、DDGS の配合割合は発育成績に影響を及ぼさなかった。DDGS 0、5、10 および 15% 区の体重は、それぞれ 471、472、470 および 490 g であり、飼料効率はそれぞれ 1.59、1.62、1.56 および 1.53 だった。斃死率には区間差はなかった。フィレ肉の収量は、DDGS 配合量の増加に伴い 526 g/kg から 531 g/kg までわずかに改善された。色差計によるフィレ肉の色調 (L、a および b 値) には区間差はなく、黄色味が強まる傾向はなかった。結論として、トウモロコシ DDGS は *Pangasius* に対して問題なく給与することができ、飼料に 15% 量を配合してもフィレ肉の色調には影響を及ぼさなかった。

#### 緒言

DDGS はエタノール産業の併産物であり、家畜用の飼料原料として使用されている。過去 15 年間における米国でのエタノール生産量の増加に伴い、飼料原料として利用できる DDGS の量が増加している。2014 年には 4,000 万トンを超える DDGS が生産され、1,000 万トン以上が様々な国に輸出されていると推定されている (USGC、

2014)。特に乳用牛、豚、家禽用の飼料原料として経済的に実現可能であることが示されている。

ナマズはベトナムにおける主要な魚種の一つであり、地元では食用魚として人気がある。ベトナムのナマズは、ヨーロッパ、アメリカ、アジア太平洋地域の多くの国に輸出されている。メコンデルタの河川地域の池または生け簀において、出荷体重 (500~1000 g) までの養殖されている。ナマズ用飼料は、通常、大豆粕、小麦副産物、魚粉、米副産物、キャッサバ等のいくつかの原料で構成されている。DDGS はナマズ養殖用飼料原料として利用されているが、*Pangasius* 用飼料原料としての DDGS の価値に関するデータは限られている。Tidwell ら (1990) は、DDGS を、トウモロコシと大豆粕の一部を置換して 0、10、20 および 40% 配合した飼料をアメリカナマズ幼魚に 11 週間給与している。1993 年に、Webster らはナマズ稚魚への給与試験を実施し、ナマズ飼料に DDGS を最大 30% 配合することが出来、発育成績、枝肉の組成またはフィレ肉の風味や品質に悪影響を及ぼさないことを示している。したがって、DDGS はナマズ用飼料の原料として使用できると考えられている (Tidwell ら、1990; Webster ら、1991)。

ただし、初期の DDGS に関する給与試験は古い工程で製造された DDGS を使用されているが、エタノール生産技術は、酵素と酵母の選択および最新の製造工程、発酵前の酵素処理等を用いることにより進化している。現在、米国では、20 年間で 200 以上のエタノール工場が出来ており、DDGS の品質は高く、黄色みも強くなっている。以前のデータは、ティラピア (Coyle ら、2004; Shelby ら、2008) およびアメリカナマズ (Robinson and Li、2008、Li ら、2010、2011、Zhou ら、2010) において植物性たん白を新しい DDGS で正常に置換できることを示している。Cheng and Hardy (2004) は、ニジマス用飼料に DDGS を最大 15% 配合することで魚粉と置換することができ、Overland ら (2013) による最近の研究では、DDGS をひまわり粕、ナタネ粕、エンドウ等の代替えとして最大 10% まで配合できるといえる。

養殖生産動物、特に淡水魚の養殖は、主にはアジアで行われており、ベトナムは自国での消費と輸出用のナ

マズを生産する主要国である。ベトナムのナマズは米国のアメリカナマズとは少し異なっている。ベトナムのナマズはメコン川に生息しており、*Pangasius hypohthalmus* と呼ばれている。ベトナムのナマズの生産量は過去数年間増加し続けており、*Pangasius* のフィレ肉は多くの国に輸出されている。

消費者の要望に応じて、白色のフィレ肉を要求する多くの輸出業者がいる。トウモロコシ DDGS を給与すると、DDGS からの色素成分がフィレ肉に移行する可能性があるため、フィレ肉の色調が変化する可能性がある懸念がある。この考えは、DDGS の給与がフィレ肉の香気品質に影響を及ぼさなかったと Webster ら(1993)が報告している以外に、証明する報告はない。したがって、試験の目的は、DDGS の摂食価値と *Pangasius* のフィレ肉の色調に対する影響を評価することとした。

#### 材料および方法

試験は、ベトナムのメコンデルタにあるサデック州の Hung Vuong Co.農場で行い、供試飼料は Hung Vuong 飼料工場で製造した。飼育には、深さ 3 m、容量 5000 m<sup>3</sup> の池に設置した 4×6×3m の浮き生け簀 16 器を用いた。池内の淡水はメコン川から得た。生け簀は、水の移動と交換が問題なく行えるように配置した。水質測定は毎日実施し、pH は 8 で安定しており、溶存酸素は 4、水温は 28~32°C だった。

#### 飼料

供試飼料は、1) DDGS を含まない対照飼料(対照区)、2) DDGS を 5% 配合した飼料(DDGS 5%区)、3) DDGS を 10% 配合した飼料(DDGS 10%区)および 4) DDGS を 15% 配合した飼料(DDGS 15%区)とし、ベトナムの養水産養殖業の一般的な慣行に従って、前期用と育成用飼料を調製した。前期用飼料の CP は 28%、育成用飼料では 26% であり、各飼料の栄養成分含量は同一となるように設計した(表 1)。前期用飼料のペレット径は 3~4 mm、育成用飼料は 5~6 mm とした。各食事療法は、40 g のサイズのパンガシウス魚に与えられた。供試魚は、ナイロン製の網(メッシュ 1)で製造された浮き生け簀(4×6×3 m、水の有効容積 72 m<sup>3</sup>)に 1 器あたり 300 尾を収容して

飼育した。試験は 118 日間行い、いずれも出荷体重(約 500 g)に到達した。試験終了後、50 尾をより小さな生け簀に移し、フィレ肉の色調を調査するために 6 月間継続飼育した。

#### 飼育方法

体重 40 g の *Pangasius* 幼魚約 6,000 尾を導入し、生け簀に馴化させた。導入時には、生け簀収容量の 5% 量の飼料を給与し、午前 7 時 30 分、午前 10 時 30 分、午後 1 時 30 分、午後 3 時 00 分の 1 日 4 回給与した。給与量は飽食量の 95% 量とし、最初は、給与後 10 分以内に全量を摂取できる量の 90% 量の飼料を 5 日間給与し、その後 5 日間は飽食量が与えられたため、平均は飽食量の 95% 量とした。給与量は 10 日毎に計算して調整した。

#### 飼料の採取および発育成績測定

前期用飼料給与期間(42 日間)および育成用飼料給与期間(78 日間)の各終了時に各生け簀から魚を採取して体重測定を行い、全期間終了時に総重量を測定した。毎日の斃死率と飼料消費量を記録した。試験終了に、各生け簀内の総重量を測定し、飼料の残量を計量した。飼料効率を算出し、斃死重量での補正を行った。供試した DDGS、フンヴォン研究所で NIR を用いて分析した。水分、CP、粗繊維、粗脂肪および粗灰分は、それぞれ測定方法(EC 152/2009、TCVN 4328-1:2007、AOCS Ba-6a-05、ISO 6492:1999 および EC 152/2009)に従って分析した。

各供試飼料のアミノ酸含量は、シンガポールのエボニック SEA 研究所において分析した。アミノ酸分析用の飼料は、窒素ガスで 24 時間冷却(-110°C)し、塩酸(6N)で加水分解した。過ギ酸酸化は、メチオニンおよびシステイン分析のための加水分解前に行った(AOAC International, 2000; 982.30 E [a, b, c])。加水分解物後のアミノ酸は、ポストカラム誘導体化後に高速液体クロマトグラフィーによって分析したアミノ酸濃度は、加水分解に起因する不完全な回復による補正を行わなかった。

#### フィレ肉の色調調査

試験終了時の各生け簀から 5 尾(各区 20 尾:5 尾×4 反復群)を選抜し、フィレ肉重量を測定し、フィレ肉収量(フィレ肉重量/魚体重、%)を算出した。色調の測定は、携帯用色差計(日本電工業、NR-3000)を用いて、ハンタ

ーラボシステムとして L、a および b 値を測定した。L 値は明度を、a 値は赤色味を、b 値は黄色味を示す。さらに、試験終了後、魚体重が 0.9～1.0 kg 程度になるまで DDGS 配合飼料を継続給与し、184 日後に同様の方法でフィレ肉の色調を測定した。

## 統計解析

各データについて、コンピュータープログラム(SAS バージョン 6.12)を使用して乱塊法により分散分析し、各区間の差はダンカン多重検定により解析した。

表 1. 供試飼料の成分組成

原料	前期用飼料 (CP28%)				育成用飼料 (CP26%)			
	DDGS 0%	DDGS 5%	DDGS 10%	DDGS 15%	DDGS 0%	DDGS 5%	DDGS 10%	DDGS 15%
大豆粕 <sup>1</sup>	487.0	468.2	456.2	428.2	447.0	428.0	424.0	412.0
全脂米ぬか	224.5	145.1	154.6	133.6	233.0	202.0	166.0	125.0
フスマ	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	50.0	15.0
脱脂米ぬか	50.0	100.1	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
キャッサバ	120.0	120.1	120.1	165.1	120.0	120.0	120.0	120.0
小麦	50.0	50.0	50.0	50.0	80.0	80.0	80.0	117.5
魚粉 CP62%	40.0	40.0	40.0	47.5	30.0	30.0	30.0	30.0
魚粉 CP55%	12.0	12.0	14.5	11.0	26.0	26.0	16.0	15.0
DDGS	0.0	50.0	100.0	150.0	0.0	50.0	100.0	150.0
プレミックス <sup>2</sup>	10.5	10.5	10.5	10.5	8.0	8.0	8.0	8.0
食塩	6.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0
リン酸一石灰	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
計	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

<sup>1</sup> アルゼンチン産

<sup>2</sup> kg/飼料: 鉄 50 mg、銅 30 mg、マンガン 20 mg、亜鉛 30 mg、コバルト 0.1 mg、セレン 0.1 mg、ビタミン A 7,000 IU、ビタミン D<sub>3</sub> 1,000 IU、ビタミン E 50 IU、ビタミン K 3 mg、チアミン 6 mg、リボフラビン 7 mg、パントテン酸 15 mg、ナイアシン 40 mg、ビリドキシン 6 mg、葉酸 2 mg、ビオチン 0.1 mg

## 結果

### DDGS および飼料の成分組成

供試したトウモロコシ DDGS の組成を表 2 に示した。CP 含量は 27.73%、粗脂肪含量は 9.88% であり、米国産 DDGS の一般的にみられる DDGS より粗脂肪含量が高かった。NIR による CP 含量は 27.65% であり、湿式化学分析値とほぼ同値であった。アミノ酸含量は、米国産トウモロコシ DDGS の一般的な値(リジン:0.8%、メチオニン:0.8%)であった。

DDGS を 0、5、10 および 15% 配合した前期用飼料および育成期用飼料は、それぞれ栄養成分含量が同一となるように設計した。供試飼料の成分組成は表 3 に示したとおり、各飼料の成分組成はほぼ設計通りの値を示したが、前期用飼料の CP 含量は 28.8～29.6%、育成期用

飼料は 27.4～28.4% であり、設計値よりわずかに高かった。供試飼料は、浮き餌を製造するためにでん粉含量を高めているが、各供試飼料のでん粉含量は約 30% と同一であった。

アミノ酸組成は表 4 に示したとおりであり、飼料によってアミノ酸含量に多少の違いが見られた。リジン含量は約 1.6 %、メチオニン含量は 0.59% に維持されていた。

### 発育成績

供試魚の体重を図 1 に示した。供試魚は順調に発育し、前期用飼料給与期間、育成期用飼料給与期間および全期間終了時の体重は、それぞれ、150、300 および 470 であった。試験終了時の体重には統計的な差はなかったが、前期用飼料給与期間終了時には、DDGS の配合により体重がわずかに重かった。

表 2. 供試した DDGS の組成と必須アミノ酸含量

分析値	量 g/kg
水分	114.1
CP (粗たん白質)	277.3
粗繊維	76.9
粗脂肪	98.8
粗灰分	45.0
必須アミノ酸	
たん白質 (NIRS値)	276.5
トレオニン %	10.02
シスチン %	5.02
バリン %	13.03
メチオニン %	5.08
イソロイシン %	9.58
ロイシン %	29.90
フェニルアラニン %	12.74
リジン %	7.91
ヒスチジン %	7.28
アルギニン %	11.79
トリプトファン %	2.21

表 3. 供試飼料の成分組成

飼料	水分	たん白質	脂肪	繊維	灰分	カルシウム	リン	でん粉
育成用飼料 CP28%								
DDGS 0%	103.6	290.2	56.2	35.2	88.0	14.0	13.1	301.2
DDGS 5%	88.6	287.7	52.6	40.3	88.9	13.8	10.5	311.4
DDGS 10%	88.7	296.3	51.3	39.1	85.4	13.4	11.5	310.5
DDGS 15%	84.5	292.8	52.6	40.0	83.8	14.0	11.3	317.6
育成用飼料 CP26%								
DDGS 0%	99.7	273.6	63.6	38.7	91.5	13.5	10.8	308.6
DDGS 5%	95.1	277.1	59.4	38.8	86.3	13.2	11.3	303.9
DDGS 10%	97.0	277.6	55.2	39.0	86.5	14.1	11.6	308.7
DDGS 15%	98.5	284.2	49.0	37.5	84.0	13.6	11.8	320.3

発育成績は表 5 に示したとおりであって、いずれの項目にも統計的な差はなかった。DDGS 15%区の終了時体重は 490 g であり、対照飼料(471 g)よりやや重い傾向を示したが、飼料消費量にも統計的な差はなく、DDGS を 15%まで配合しても *Pangasius* の嗜好性に影響を及ぼさなかったことを示している。飼料効率にも各区間に統計学的な差はなかったが、DDGS 15%区は最も優れた。斃死率は 3.7~4.9%であり、区間差はなかった。

### フィレ肉の色調

飼育試験終了時およびその後の 184 日間継続給与後のフィレ肉の色調測定結果を表 6 および 7 に、フィレ肉の写真を図 2 に示した。飼育試験終了時のフィレ肉の前部、中央部および後部の色調には統計学的な有意差はなかった。その後 184 日間継続給与した場合に、フィレ肉の前部の a 値に有意差が認められたが、a 値は赤色味の指標である。DDGS の黄色い色は、原料であるトウモロ

表 4. 供試飼料のアミノ酸組成(g/100 g)

アミノ酸	DDGS 0%	DDGS 5%	DDGS 10%	DDGS 15%
メチオニン	0.59	0.57	0.59	0.60
シスチン	0.42	0.42	0.44	0.43
メチオニン+シスチン	1.01	0.99	1.03	1.03
リジン	1.67	1.62	1.63	1.58
トレオニン	1.13	1.11	1.14	1.13
トリプトファン	0.37	0.37	0.37	0.36
アルギニン	2.07	2.03	2.05	2.00
イソロイシン	1.25	1.24	1.27	1.26
ロイシン	2.12	2.15	2.29	2.32
バリン	1.39	1.38	1.42	1.41
ヒスチジン	0.71	0.71	0.74	0.73
フェニルアラニン	1.37	1.37	1.42	1.41
グリシン	1.43	1.43	1.46	1.46
セリン	1.41	1.40	1.45	1.43
プロリン	1.54	1.60	1.70	1.72
アラニン	1.37	1.40	1.48	1.50
アスパラギン酸	3.02	2.96	3.00	2.93
グルタミン酸	4.74	4.72	4.89	4.84
計 (アンモニアを除く)	26.60	26.47	27.31	27.09
アンモニア	0.59	0.59	0.61	0.63
計	<b>27.18</b>	<b>27.06</b>	<b>27.93</b>	<b>27.72</b>

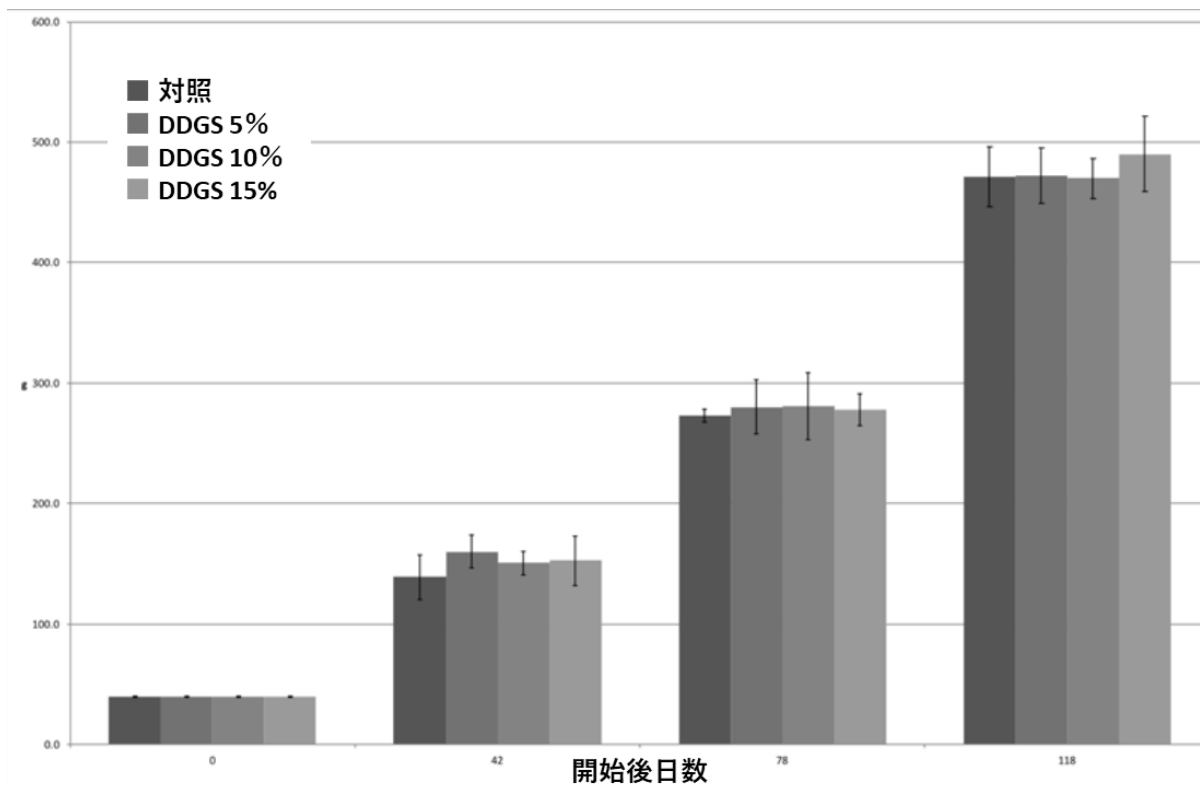


図 1. 体重の比較

表 5. 発育成績

測定項目	DDGS 0%	DDGS 5%	DDGS 10%	DDGS 15%	SEM**
尾数/ケージ	300	300	300	300	
開始時体重 g	39.8	39.8	39.8	39.9	0.17
終了時体重 g	471.3	472.0	470.0	490.2	24.6
増体量 g	431.5	432.2	430.1	450.3	24.6
飼料摂取量 g	698.2	708.7	674.4	691.5	48.0
斃死率 %	3.7	4.9	4.0	3.7	2.0
飼料効率	1.62	1.65	1.57	1.54	0.064
飼料効率 coor*	1.59	1.62	1.56	1.53	0.055

\*飼料効率corr: 斃死率を加味した飼料効率、\*\* SEM : 標準誤差

表 6. 飼育試験終了時のフィレ肉の収量と色調

区	収量 (g/kg)	L 前部	a 前部	b 前部	L 中央部	a 中央部	b 中央部	L 後部	a 後部	b 後部
DDGS 0%	525.6 <sup>a</sup>	46.48	-4.95	7.52	48.59	-5.52	6.04	47.97	-3.37	7.27
DDGS 5%	539.1 <sup>b</sup>	47.23	-4.04	7.93	47.23	-5.14	7.74	48.58	-3.19	7.82
DDGS 10%	535.6 <sup>b</sup>	46.81	-4.54	8.03	47.96	-3.50	7.53	47.83	-4.00	7.74
DDGS 15%	530.9 <sup>ab</sup>	46.67	-4.76	7.83	48.59	-4.56	7.67	48.90	-3.93	8.56
危険率	0.030	0.595	0.755	0.851	0.463	0.332	0.268	0.449	0.685	0.268

a - b異符号間有意差あり (p < 0.05)

表 7. 継続給与後のフィレ肉の色調

区	L 前部	a 前部	b 前部	L 中央部	a 中央部	b 中央部	L 後部	a 後部	b 後部
DDGS 0%	46.50	-4.44b	-0.84	46.28	-2.23	-1.59	46.94	-1.24a	-1.21
DDGS 5%	46.61	-3.20ab	-0.45	45.73	-1.82	-0.27	47.08	-2.19ab	-0.30
DDGS 10%	46.61	-2.23a	-0.20	47.45	-3.10	-1.23	47.03	-3.53b	-0.21
DDGS 15%	47.52	-4.86b	-0.41	46.40	-2.74	-0.58	46.58	-1.18a	-0.08
危険率	0.288	0.040	0.804	0.089	0.439	0.145	0.950	0.024	0.392

a - b異符号間有意差あり (p < 0.05)

コシのキサントフィルに由来し、エタノール生産中に DDGS へ濃縮されることから、DDGS を 15%まで配合するとフィレ肉が黄色みを帯びる可能性が示唆されるが、6 か月まで給与を継続してもフィレ肉の色調への変化はなかったと言える。

フィレ肉の収量(表 6)は、DDGS の配合によりわずかに改善された。

### 考察

エタノール生産時の併産物である DDGS の水産養殖

用飼料原料としての利用可能性が高まっている。DDGS の CP 含量は 27.7%、粗脂肪含量は 9.9%であって、淡水魚種用飼料の飼料原料として使用できる。本試験では、DDGS を米ぬかおよび大豆粕の一部と置換した。以前に行われたアメリカナマズに対する給与試験では、DDGS はトウモロコシと大豆粕と置換することが可能であり (Tidwell ら、1990、Zhou ら、2010)、リジンを追加していれば綿実粕と組み合わせることで大豆粕と置換できることが示されている (Robinson and Li、2008)。本試験では、*Pangasius* 用飼料に DDGS を 15%まで配合すると、リジ



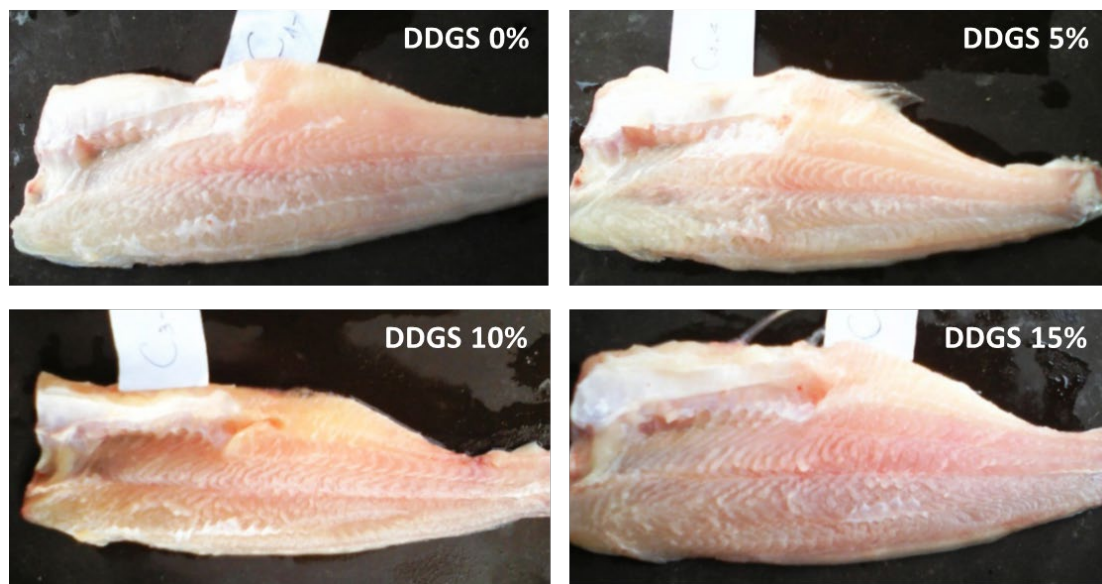


図2. 飼育試験終了時における *Pangasius* のフィレ肉

ンではなく、DL-メチオニンを添加(0.14%) 添加する必要があった。最近の試験では、飼料への大豆粕の配合量が非常に高い(40%以上)場合、メチオニンが不足する。

トウモロコシ DDGS のリジン含量(0.79%)は、大豆粕に比べてはるかに低く、DDGS 中のリジンは単胃動物では消化されにくい可能性がある(Waldroup ら、2007; Stein and Shurson、2009)。したがって、アミノ酸組成と消化率を考慮するために、水産養殖動物用飼料を精密設計することが重要である。残念ながら、魚における DDGS のアミノ酸消化率は不明であるが、家禽における消化率を流用することが出来る。本試験では、各供試飼料はアミノ酸含量の分析結果によってアミノ酸組成が同様となるように設計した。

しかし、DDGS の粗繊維含量(7.69%)は、脱皮大豆粕(3.5%)に比べてわずかに多い。高繊維は魚による利用を制限する可能性があるが、含有量と魚種によって影響は異なる。最近の報告では、ニジマス用飼料への DDGS の配合量は 10~20%に制限する必要がある(Welker ら、2014)が、結晶リジンとトリプトファンを添加すれば、ティラピア用の低たん白質飼料では 82%まで配合出来る(USGC、2012)。

*Pangasius* は、DDGS を 15%まで配合した飼料は問題なく摂取しており、DDGS の配合による嗜好性への影響がないことを示している。各供試飼料は、でん粉含量が

同一となるように設計されており(30%)、いずれも浮遊性で、製造工程での問題も散見されなかった。トウモロコシ中のでん粉の大部分は、発酵工程中にエタノールと二酸化炭素に変換されるため、DDGS にはでん粉はほとんど含まれていない。したがって、でん粉含量を考慮しても、DDGS を 15%まで配合しても、問題なく浮き餌が製造できるものと考えられる。

DDGS を 15%まで配合した飼料を給与しても、*Pangasius* は問題なく成長した。前期用飼料給与期間(42日間)では、DDGS 配合飼料の増体率が高かったが、育成用飼料給与期間には、その傾向は見られなかった。DDGS を配合すると、ティラピアにプラスの効果をもたらされる可能性がある。Wu ら(1994)は、トウモロコシグルテンミール(18%)または DDGS(29%)を配合した CP 含量が 32 および 36%飼料の増体率は、魚粉を含む CP 含量が 36%の飼料に比べて優れたと報告している。その後の研究で、Wu ら(1996)は、ティラピア稚魚(体重 0.4g)を用いて 8 週間給与試験を行い、DDGS を 32、36 および 40%配合した飼料と高たん白 DDG を 16~49%配合した飼料を給与しても、良好な増体量、飼料効率およびたん白効率を得られたと報告している。

ベトナムでのティラピアへの DDGS 給与に関する以前の研究では、DDGS を 15%まで配合した場合に生存率の改善が示されている(Tangendjaja and Chien、2007)。

今回の試験では、*Pangasius* の発育成績は区間で差がなく、5、10 および 15%配合しても、増体率、飼料消費量および飼料効率には影響がなく、斃死率も DDGS 給与による影響を受けなかった。ティラピアを用いた試験で見られた斃死率の改善は、今回の *Pangasius* を用いた試験では観察されず、DDGS の給与による斃死率への影響に種差があるか否かは明らかではない。Lim ら (2009) は、飼料に DDGS が配合されている場合の *Edwardsiella ictaluri* 暴露への耐性の可能性を報告しているが、Overland ら (2013) による最近の報告では、DDGS の給与はマスの血液性状には影響しないとしている。DDGS には、発酵時に使用した残留酵母 (*Sacharomyces cerevisiae*) が含まれており (Ingledew, 1999)、酵母の細胞、特に細胞壁は、マンナンオリゴ糖および  $\beta$ -グルカンの供給源であり、魚用飼料に免疫刺激剤として使用され、最終的に魚の健康状態を改善すると報告されている (Li and Gatlin III, 2006 および Refstie ら, 2010)。

DDGS がトウモロコシに由来する場合、キサントフィルが適量含まれている。キサントフィル含量は最大 59 mg/kg に達する可能性があり、DDGS のキサントフィルは卵黄に移行して卵黄の色調を改善出来ることが示されている (Tangendjaja and Wina, 2011)。黄身の黄色は消費者に好まれるが、黄色味を帯びたフィレ肉は消費者に好まれないと思われる。ベトナムの多くの *Pangasius* 養殖業界では、フィレ肉の色調は白色にする必要があり、黄色味のフィレ肉は望ましくない。本研究では、DDGS を 15% まで飼料に配合して 118 日間給与しても *Pangasius* のフィレ肉の色調は影響を受けず、さらに 6 か月まで継続給与して、魚体重が約 900 g に達しても、フィレ肉の色調には影響がなかった。ベトナムの養殖業界では、通常、魚体重が 1 kg に達した時点で輸出用のフィレ肉を製造する。以前の研究 (Tangendjaja ら, 2012, 未公表) では、キサントフィル含量が 30 ppm の DDGS を 15% 配合した飼料を給与したナマズのフィレ肉のキサントフィル含量は 1.1 ppm で、対照飼料を給与したナマズのフィレ肉 (2.0 ppm) と差がなかった。これは、DDGS を 15% 配合した飼料を給与してもナマズのフィレ肉のキサントフィル含量が増加しないことを示しており、表 6 および 7 に示したフィレ肉の色

調調査結果を裏付けている。キサントフィルを含むカロテノイドは脂溶性の化合物で、鶏卵の脂肪は卵白ではなく卵黄に存在している。対照的に、*Pangasius* のフィレ肉は大部分がたん白であるため、キサントフィルが移行しない可能性があり、飼料に DDGS を 15% 配合しても、*Pangasius* のフィレ肉は黄色味を帯びることはなかった。

## 結論

この試験の結果は、トウモロコシ DDGS を *Pangasius* のたん白質源およびエネルギー源として米ぬかと大豆粕の一部と置換できることを示している。*Pangasius* 用飼料に DDGS を 15% まで配合しても、発育成績 (増体率、飼料消費量および飼料効率) と斃死率には影響はなかった。DDGS を配合した飼料を 6 か月間給与しても、色差計で測定したフィレ肉の色調には影響を及ぼさなかった。

## 謝辞

飼育施設を提供いただいた Hung Vuong Co. Ltd.、Sadec Vietnam およびアミノ酸分析を実施して頂いた Evonik SEA Pte. Ltd., Singapore に謝辞を表します。

## 引用文献

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official methods of Analysis. 17th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Cheng, Z.J., Hardy, R.W., 2004. Nutritional value of diets containing distiller's dried grain with solubles for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. J. Appl. Aquac. 15 (3/4), 101–113.
- Coyle, S.D., Mengel, G.J., Tidwell, J.H., Webster, C.D., 2004. Evaluation of growth, feed utilization, and economics of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*, fed diets containing different protein sources in combination with distiller's dried grains with solubles. Aquac. Res. 35, 365–370.
- Ingledew, W.M., 1999. Yeast — Could you base a business on this bug? In: Lyons, T.P., Jacques, K.A. (Eds.), Under the Microscope — Focal Points for the New Millennium —

- Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's 15th Annual Symposium, pp. 27–47.
- Li, M.H., Oberle, D.F., Lucas, P.M., 2011. Evaluation of corn distiller's dried grains with solubles and brewer's yeast in diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Aquac. Res.* 42 1424–1430.
- Li, P., Gatlin III, D.M., 2006. Nucleotide nutrition in fish: current knowledge and future applications. *Aquaculture* 251, 141–152.
- Li, M.H., Robinson, E.H., Oberle, D.F., Lucas, P.M., 2010. Effects of various corn distillers byproducts on growth, feed efficiency, and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquac. Nutr.* 16, 188–193.
- Lim, C., Yildirim-aksoy, M., Klesius, P.H., 2009. Growth response and resistance to *Edwardsiella ictaluri* of channel catfish, *ictalurus punctatus*, fed diets containing distiller's dried grains with solubles. *J. World Aquaculture Society.* 40(2), 182–193
- Øverland, M., Krogdahl, A., Shurson, G., Skrede, A., Denstadli, V., 2013. Evaluation of distiller's dried grains with solubles (DDGS) and high protein distiller's dried grains (HPDDG) in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 416–417, 201–208.
- Refstie, S., Baeverfjord, G., Seim, R.R., Elvebø, O., 2010. Effects of dietary yeast cell wall  $\beta$ -glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed sun-flower and soybean meal. *Aquaculture* 305, 109–116.
- Robinson, E.H., Li, M.H., 2008. Replacement of soybean meal in channel catfish, *ictalurus punctatus*, diets with cottonseed meal and distiller's dried grains with solubles. *J. World Aquaculture Society.* 39(4), 521–527.
- SAS Institute, 2002. SAS/Stats User's Guide. Version 9.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Shelby, R.A., Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Klesius, P.H., 2008. Effects of distiller's grains with solubles-incorporated diets on growth, immune function and disease resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquac. Res.* 39, 1351–1353.
- Stein, H., Shurson, G.C., 2009. The use and application of distiller's dried grains with solubles in swine diets. *J. Anim. Sci.* 87, 1292–1303
- Tangendjaja, B., Chien, T.T., 2007. Use of dried distiller grain and solubles (DDGS) for feeding tilapia. *Proc. IndoAqua Bali*, July 30–August 1, 2007.
- Tangendjaja, B., Wina, E., 2011. Feeding value of low and high protein dried distilled grains and soluble, and corn gluten meal for layer. *Media Peternakan* 34(1) 133–139
- Tidwell, J.H., Webster, C.D., Yancey, D.H., 1990. Evaluation of distillers grains with solubles in prepared channel catfish diets. *Transactions of the Kentucky Academy of Science* 51:135–138.
- USGC. 2012. A guide to Distiller's Dried Grains with Solubles. Third edition. Washington, D.C.
- Waldroup, P.W., Wang, Z., Coto, C., Gerrate, S., Yan, F., 2007. Development of a standardized nutrient matrix for corn distiller's dried grains with solubles. *Int. J. Poult. Sci.* 6, 478–483
- Webster, C.D., Tidwell, J.H., Goodgame, L.S., Johnsen, P.B., 1993. Growth, body composition, and organoleptic evaluation of channel catfish fed diets containing different percentages of distiller's grains with solubles. *The Progressive Fish-Culturist* 55:95–100.
- Webster, C.D., Tidwell, J.H., Yancey, D.H., 1991. Evaluation of distillers grains with solubles as a protein source in diets for channel catfish. *Aquaculture* 96:179–190.
- Wu, Y.V., Rosati, R.R., Brown, P.B., 1996. Effect of diets containing various levels of protein and ethanol co products from corn on growth of tilapia fry. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 44:1491–1493.
- Wu, Y.V., Rosati, R.R., Brown, P.B., 1997. Use of corn-derived ethanol co products and synthetic lysine and tryptophan for growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 45:2174–2177.

Wu, Y.V., Rosati, R.R., Sessa, D.J., Brown, P.B., 1994. Utilization of protein-rich ethanol co-products from corn in tilapia feed. *Journal of American Oil Chemists Society* 71:1041–1043.

Zhou, P., Zhang, W., Davis, D.A., Lim, C., 2010. Growth

Response and Feed Utilization of Juvenile Hybrid Catfish Fed Diets Containing Distiller's Dried Grains with Solubles to Replace a Combination of Soybean Meal and Corn Meal. *North American Journal of Aquaculture* 72:298–303