

## 第 8a 章

### 動物飼料としての DDGS の使用

#### 肉牛

#### はじめに

米国の肉牛業界はこの数十年間、湿潤および乾燥状態のトウモロコシ・ジスチラーズ副産物の主要な消費業界である。そのため、トウモロコシ・ジスチラーズ副産物を畜牛に給与した場合の飼料価値を評価するための試験を相当数実施している。こうした試験の大半がジスチラーズ・グレインの仕上期肉牛への給与に関するものである。優れた研究をまとめた文献や給与に関する推奨事項が記載された文献が数件発表されている (Erickson ら、2005; Tjardes と Wright、2002; Loy ら、2005a; Loy ら、2005b; Schingoethe、2004)。新しいところでは、Klopfenstein ら (2008) が様々な割合で湿潤ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルを配合した飼料を飼養牛に給与した 9 件の試験のメタ分析を含む優れた文献レビューを発表した。

#### 肉牛用ジスチラーズ副産物の栄養成分

肉牛に給与する場合の DDGS の栄養成分および消化率についての詳しい情報は、第 3 章「DDGS の栄養成分と消化率: ばらつきと In Vitro 測定」を参照されたい。

ウェット・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルおよびドライド・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルは比較的タンパク質の含有率が高く (27~30%)、古くから飼養牛用飼料のタンパク質補給原材料として用いられてきた (Klopfenstein ら、2008)。トウモロコシ DDGS に含まれるタンパク質の大半が第一胃の分解を逃れる率の高いゼインであり (Little ら、1968)、第一胃で分解されるのは 40% である (McDonald、1954)。第一胃の分解を逃れるタンパク質はばらつきが大きいことが知られているが (Aines ら、1987)、ドライド・ジスチラーズ・グレインのタンパク質は大豆粕の約 2.4 倍で、DDGS のタンパク質は約 1.8 倍である。

DDGS の炭水化物最大の分画成分は NDF (中性デタージェント繊維) である。トウモロコシ粒の果皮部分 (ふすま) は NDF を約 69% 含んでおり、DDGS の NDF の多くはこの部分から得られ、大部分 (87%) が急速 (1 時間に 6.2%) に消化される (DeHaan ら、1983)。DDGS に含まれる消化率が高く急速に発酵可能な繊維であることから、現在では仕上期の飼養牛用の飼料に高エネルギー、高タンパク質源として配合されている。Farlin (1981) はウェット・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブル (WDGS) の乾物ベース kg 当たりのエネルギーがトウモロコシの値を上回ることを初めて見だし、これは後に Firkins ら (1985) および Trenkle (1996) によって裏付けられた。

DDGS に含まれるトウモロコシ油もエネルギー含量に大きく貢献している。Vander Pol ら (2007) はトウモロコシ油の消化率が 70% で、WDGS の油の消化率は 81% になることを示した。これは WDGS の油の一部が第一胃で加水分解および水素化を免れることに起因すると考えられる。脂肪酸摂取レベルが上昇すると消化が低下する (Plascencia ら 2003) が、これは恐らく DDGS の飼料配合率が上昇すると飼料価値が低下する理由を示していると考えられる (表 1)。

## 仕上期畜牛への DDGS の給与

米国ではジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルの多くは湿潤状態で仕上期の畜牛に給与されており、結果としてこうした畜牛は DDGS よりも高いエネルギー価を得ることができる。しかしながら、米国から輸出され、肉牛用飼料用として用いられるジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルはすべて乾燥させたものである。現在では、DDGS は主として仕上期畜牛用飼料のエネルギー源とみなされている。トウモロコシ DDGS は嗜好性が非常に優れ、積極的に摂取されるため、結果として高い乾物摂取量が得られる。DDGS を仕上期畜牛に給与した場合と比較すると、WDGS では発育成績が上回る (Erickson ら, 2005)。30~40%のトウモロコシ粒を WDGS に置換すると、確実に飼料要求率が 15~25%改善される結果となる (DeHaan ら, 1982; Farlin, 1981; Firkins ら, 1985; Fanning ら, 1999; Larson ら, 1993; Trenkle, 1997a,b; Vander Pol ら, 2005a)。飼料要求率がこのように改善されるのは、主として WDGS のエネルギー価がトウモロコシの 120~150%に相当するためである (Erickson ら, 2005)。乾燥させることによって、ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルのエネルギー価は粗飼料率の高い飼料に用いられる乾燥圧ペントウモロコシのエネルギー価の 102~127%程度へと低下すると考えられる。WDGS および DDGS のエネルギー価が高いのはアシドーシス管理によるものと考えられる (Erickson ら, 2005)。



Buckner ら (2007) は仕上期の去勢牛に DDGS の配合率を変えて給与し、発育成績および枝肉特性に及ぼす影響を評価する試験を実施した (表 1)。この試験結果では、DDGS の配合率を引き上げても乾物摂取量、第 12 肋骨脂肪厚さ、腰部筋肉面積および霜降り度に影響は見られなかったが、ADG (1 日平均体重増加率) および温枝肉重量に二次効果、増体効率に二次傾向が観察された。DDGS を飼料に加えると飼料価値はトウモロコシの値を大幅に上回ったが、飼料配合率が上昇するに従ってこの値は低下した (表 1)。Klopfenstein ら (2008) は他の 4 件の試験結果とともに Buckner ら (2007) のデータを加えてメタ分析を行った。その結果においても、DDGS の配合率を引き上げて給与した場合に ADG (1 日平均体重増加率) に二次反応が見られたが、G:F (飼料効率) では三次反応が観察された。加えて、このメタ分析では飼料に 20~30% の割合で DDGS を配合した場合に最大の ADG が得られ、10~20%の配合率では G:F が最大になることが明らかになった。Klopfenstein ら (2008)

は WDGS では DDGS より高い配合率で ADG および G:F 反応が最大になり、配合率の上昇による飼料価値の低下の割合は WDGS よりも DDGS を給与した場合に高いことを見いだした。

表 1. 各種飼料配合率で DDGS を仕上期去勢牛に給与した場合の発育成績および枝肉特性<sup>3</sup>

反応分類	0% DDGS	10% DDGS	20% DDGS	30% DDGS	40% DDGS
DMI kg/d	9.25	9.47	9.52	9.71	9.47
ADG kg	1.50	1.61	1.68	1.62	1.59
G:F	0.162	0.171	0.177	0.168	0.168
飼料価値 <sup>1</sup>	100	156	146	112	109
温枝肉重量 kg	351	362	370	364	359
第 12 肋骨脂肪 cm	1.42	1.37	1.50	1.40	1.47
腰部筋肉面積 cm <sup>2</sup>	80.0	80.6	82.6	81.3	81.3
霜降り度 <sup>2</sup>	533	537	559	527	525

<sup>1</sup>. トウモロコシとの比較、G:F の差を DDGS 配合率で除して算出

<sup>2</sup>. 霜降り度 400 = 僅少<sup>0</sup>、500 = 少<sup>0</sup>

<sup>3</sup>. Buckner ら 2007 に基づく

### DDGS によるアシドーシス低減

DDGS を含む飼料を給与すると、穀物が多く含まれる飼料を摂取する飼養牛のアシドーシスが低減される。発酵速度の速いデンプンが多く含まれる高穀物飼料を仕上期の畜牛に給与すると、しばしば亜急性アシドーシスの問題が発生する。DDGS はデンプンの含有率が低く（2~5%）、繊維、タンパク質および脂肪の含有率が高いため、乾物摂取量の 20%以上を DDGS に置換した飼料を給与する場合には、飼料中の粗飼料の割合を引き下げることができる。DDGS はタンパク質含有率が高いため、DDGS を 20%以上含む飼料を給与する場合には、質の低い粗飼料でも効果的に用いることが可能になる（Klopfenstein ら、2008）。

### DDGS 高配合飼料によるタンパク質およびリンの過剰摂取

DDGS をエネルギー源として用い、15~20%の範囲を超えて飼料に配合すると、タンパク質およびリンを過剰に摂取させることになる。過剰なタンパク質はアミノ酸の脱アミノ作用によってエネルギーに用いられ、結果として尿素が排泄されることになる。Vander Pol ら（2005b）は乾物の 10%または 20%が DDGS である飼料を仕上期畜牛に給与した場合には、飼料に尿素を添加しても何らの利益も得られないことを明らかにし、窒素の再利用が発生していることを示唆した。しかしながら、Erickson ら（2005）は、慎重を期すためには、DDGS の配合率が 20%を下回る飼料を調製する場合、分解性摂取タンパク質の補給に関する NRC（1996）ガイドラインに従うのが最善の策であると提案した。飼養牛に DDGS によるリンが過剰に含まれる飼料を給与しても、許容できる Ca:P 比率が維持されるようにカルシウムを適切に補給している場合には、成績および枝肉特性に悪影響を及ぼすことはないと考えられる。

### DDGS が硫黄を高率で含有する可能性

DDGS における硫黄の高含有率は飼養肉牛にとっての懸念事項となる可能性がある（Lonergan ら、2001）。エタノールプラントではエタノールおよび DDGS の製造中にクリーニングおよび pH 調整を目的として硫酸を使用している。その結果、DDGS の硫黄含有率には大きなばらつきが生まれ、その範囲は 0.6%から 1.8%という高率にまで至る。第一胃の微生物は適切な量の食餌性硫黄を必要としているが、飼料に過剰な硫黄が含まれると灰白質脳軟化症を引き起こすことがあり、乾物摂取量、ADG および肝臓の銅濃度の減少にもつながる可能性がある。

### DDGS 給与がもたらす優れた肉質および歩留

DDGS を含む飼料を給与しても枝肉の品質または歩留に変化はなく、牛肉の官能特性および採食特性に影響を及ぼすこともない（Erickson ら、2005）。ジステラーズ・グレインを給与した畜牛から得られた牛肉の品質および官能特性を評価する試験がこれまで数件実施されている。Roerber ら

(2005) は、ウェット・ジスチラーズ・グレインおよびドライド・ジスチラーズ・グレインを最大 50%まで配合した飼料を給与した 2 件の試験の供試牛であるホルスタイン去勢牛から得られた牛肉のストリップロインの色、柔らかさおよび官能特性を評価した。柔らかさ、風味、および肉汁に差は認められなかった。同様に Jenschke ら (2006) も、ウェット・ジスチラーズ・グレインを最大 50% (乾物ベース) まで配合した飼料を仕上期肉牛に給与し、得られたステーキ肉の柔らかさ、結合組織の量、肉汁および異臭の程度に差がないことを明らかにした。実際のところ、ウェット・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルを 30%および 50%配合した飼料を給与した場合と比較すると、0%および 10%配合した飼料を給与した肉牛から得られたステーキに異臭が存在する可能性が非常に高い。最後の試験は Gordon ら (2002) が実施したもので、135 日間の仕上期試験期間中に DDGS を 0%、15%、30%、45%、60%または 75%含む飼料を仕上期未経産牛に給与し、DDGS の配合率が高くなるとステーキの柔らかさに多少の一次的改善がみられることを明らかにした。

### DDGS 給与が大腸菌 O157:H7 排菌に及ぼす影響

2007 年、米国では牛挽肉の大腸菌 O157:H7 汚染が増加し、その原因を突き止め理解しようとする動きが急激に活発化した。同時期、エタノールおよびジスチラーズ・グレインの生産が爆発的に増加したため、ジスチラーズ・グレインの給与がこの問題に関わっているのではないかという疑念が生まれた。そのため、研究者らはジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルの給与と牛肉の大腸菌 O157:H7 汚染の増加に関係があるのか否かを突き止めるための試験に着手した。

最初に報告された試験はカンザス州立大学の研究者らによるものであった (Jacob ら、2008a)。彼らは DDGS を 25%含む飼料を給与した場合には、大腸菌 O157:H7 の発生率は比較的低い (< 10%) もの、飼養牛については給与期間の第 122 日目にこの菌を排出する可能性が非常に高くなり、給与期間第 136 日目では排菌が認められないことを示した。この両日に排菌の差が生まれる理由は明らかになっていない。その後の試験では、Jacob ら (2008b) はジスチラーズ・グレイン飼料を給与した畜牛から毎週糞便のサンプルを採取 (飼育ペンの床から) し、12 の試料採取時期のうち 5 つの時期で排出される大腸菌 O157:H7 が増加していることがわかった。こうした採取期間中の時期によって糞便中の排菌に違いがでる理由は明らかにされていない。彼らの三度目の試験では、ナリジクス酸耐性大腸菌 O157:H7 を畜牛に投与し、42 日間糞便サンプルを採取して糞便中に排出された大腸菌 O157:H7 の菌数を推計した (Jacob ら、2008c)。試料採取期間のうちの最初の 35 日は、ジスチラーズ・グレインの給与は大腸菌 O157:H7 の糞便中の排菌数に影響を及ぼさなかったが、試料採取期間の最終週では糞便排菌数が増加した。これら 3 件の試験に基づき、カンザス州立大学の研究者らは、多少一貫性のない結果ながら、ジスチラーズ・グレインの給与は大腸菌 O157:H7 の糞便排菌を増加させると結論付けた。

ネブラスカ大学の研究者ら (Peterson ら、2007) はウェット・ジスチラーズ・グレインを 0%、10%、20%、30%、40%および 50% (乾物ベース) 配合した飼料を給与し、大腸菌 O157:H7 排菌の有意な影響を明らかにしたが、いずれのジスチラーズ・グレインの配合率でも対照飼料との差は認められず、実際のところジスチラーズ・グレインを 10%、20%および 30%配合した飼料を給与すると大腸菌 O157:H7 の排菌数は減少した。こうした結果は Jacob ら (2008a,b,c) の報告とは一致しない。さらに、Nagaraja ら (2008) は 150 日間対照飼料および DDGS 飼料を給与した 700 頭の畜牛のフロアサンプルを採取 (存在している場合には統計学的な有意差を示すことができる十分数) し、全体としての大腸菌 O157:H7 の発現率は低く (5.1%)、DDGS 給与による影響がないことを示した。Jacob ら (2009) による最新の試験では、DDGS および乾燥圧ペントウモロコシを畜牛に給与し、大腸菌 O157:H7 およびサルモネラ菌の糞便排菌率に及ぼす影響を評価した。それまで DDGS または乾燥圧ペントウモロコシ給与とサルモネラ菌の糞便排菌率との間の関係性については報告されておらず、この試験によりサルモネラ菌の糞便排菌率は DDGS または乾燥圧ペントウモロコシ給与の影響を受けないことが示された。この試験ではこの他に、大腸菌 O157:H7 と DDGS または乾燥圧ペントウモロコシとの間にも関係性が存在しないことが示されたが、これは以前の試験結果とは一致しない。この筆者らは大腸菌 O157:H7 の糞便排菌率に関する各試験結果の相違、ならびに DDGS および穀物処理プロセスとの関係性の相違を明らかにするために更なる試験を実施することが求められると結論付けた。

こうした試験結果は、肉牛への DDGS 給与が大腸菌 O157:H7 の排菌に及ぼす影響については一貫

性のないことを示している。大腸菌 O157 : H7 の排菌反応は DDGS の飼料配合率およびトウモロコシ処理方法その他の飼料原材料の影響を受けると考えられる。現在のところ、DDGS の配合率が牛挽肉の大腸菌 O157 : H7 汚染の原因のひとつであることを示唆する科学的根拠は存在しない。

### DDGS のその他の飼料用途

その他の年齢の畜牛に給与するトウモロコシ DDGS に関する試験は多くは行われていない。しかしながら、質の低い粗飼料を摂取させている場合には、DDGS は飼料に効果的に用いることのできる優れた補給用エネルギー源でありタンパク質源となる。リンの含有率が低い粗飼料を含む飼料を給与している場合には、DDGS を加えると DDGS に含まれるリンがより大きな価値を持つことになる。この他の DDGS の使用用途には授乳中の親牛に用いる餌付け飼料としての使用、放牧牛のための補給飼料としての使用が含まれるだけでなく、低品質粗飼料および作物残渣を給与している成長期の仔牛および妊娠期の肉牛繁殖用雌牛または育成期の肉牛繁殖用未経産牛への補給飼料として使用できる可能性がある。

### 肉牛繁殖用雌牛への DDGS 給与

仕上期の肉牛とは異なり、肉牛繁殖用雌牛への DDGS 給与試験はそれほど多く行われているわけではない。Loy ら (2005a) は肉牛繁殖用雌牛の飼料に DDGS を配合した試験結果をまとめ、優れた論文を発表した。肉牛繁殖用雌牛の飼料に DDGS を配合することがもっともふさわしい状況は、1) コーングルテンフィードまたは大豆粕を置換することのできるタンパク質補給源が必要な場合 (特に低品質粗飼料を給与している場合) 2) コーングルテンフィードまたは大豆外皮を置換することのできる低デンプン、高繊維、高エネルギー源が必要な場合、および 3) 脂肪補給源が必要な場合である。

### タンパク質補給源としての DDGS

研究者らは、コロラド州の冬期放牧地に放牧されている肉牛繁殖用雌牛に 1 日 0.18 kg のタンパク質を補給する目的で DDGS を給与すると、アルファルファ乾草やカルネイビー・ビーンよりも良好な結果が得られることを示した (Smith ら、1999)。Shike ら (2004) は泌乳期のシンメンタル牛に給与する乾燥粉碎アルファルファへの栄養補給源としてコーングルテン飼料を給与した場合と DDGS を給与した場合とで生育成績を比較し、DDGS を給与した牛は増体量でコーングルテンフィードを給与した牛を上回り、乳量では下回ることを見いだ



した。しかしながら、仔牛の体重および繁殖成績には差は見られなかった。その後の研究では、イリノイ大学の研究者である Loy ら (2005a) は泌乳期のアンガス牛とシンメンタル牛に粉碎トウモロコシ茎と DDGS またはコーングルテンフィードを組み合わせた飼料を補給してその結果を比較した。仔牛への授乳中の親牛に全配合飼料を制限給餌し、DDGS を補給した雌牛とコーングルテンフィードを補給した雌牛の間に乳量および仔牛の増体量の差は見られなかった。

### エネルギー補給源としての DDGS

低品質の粗飼料を給与している場合には、ドライド・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブル

は効果的なエネルギー補給源となる。Summer と Trenkle (1998) は、DDGS およびコーングルテンフィードがコーンストーバー飼料ではトウモロコシに勝る補給源となるが、高品質アルファルファ飼料ではそうならないことを示した。コーンストーバー（トウモロコシの茎葉）のタンパク質、エネルギーおよびミネラルの含有率は低いが、価格が安く、米国の主要トウモロコシ生産州では入手が容易である。良好な状態にある妊娠期の雌牛に低品質の粗飼料（「例えば、コーンストーバー」）を給与している場合には、妊娠期の最後の 3 分の 1 の期間中 1 日 1.4~2.3 kg の DDGS を摂取させると、タンパク質およびエネルギー要求量を満たすことができる (Loy ら、2002)。泌乳期の初期に低品質の粗飼料（例えば、トウモロコシの茎葉）を給与している場合には、1 日 2.7~3.6 kg の DDGS を摂取させると、タンパク質およびエネルギー要求量を満たすことができる (Loy ら、2002)。

### 脂肪補給源としての DDGS

妊娠率がやや劣る (<90%) 雌牛に脂肪を補給すると繁殖改善につながる。Loy ら (2002) はトウモロコシ油と同様の脂肪酸組成 (DDGS の脂肪酸組成) を有する補給飼料を給与すると妊娠率が改善することを示した。この他に、彼らは、タンパク質またはエネルギーの補給がすぐに必要とされる状況下での脂肪補給が最も効果的であることを示した。

Engle ら (2008) は妊娠後期の未経産牛用の飼料に DDGS を配合した場合と大豆外皮を配合した場合の動物成績および繁殖成績に及ぼす影響を比較評価した。この試験結果によって、脂肪および非分解性摂取タンパク質の補給源として DDGS を分娩前の飼料に加えると、良好な状態を維持している初産の未経産肉牛では妊娠率が改善することが示された。

Shike ら (2009) は制限給餌でトウモロコシ併産物を給与した場合の、動物成績、泌乳、栄養成分の産出およびその後の繁殖に及ぼす影響を評価した。コーングルテンフィードを給与した雌牛と比較して、DDGS を給与した雌牛は体重が 16 kg、乳量は 1 日当たり 0.9 kg 下回り、仔牛の ADG も下回る傾向が見られた。2 度目の試験では、粉碎トウモロコシ茎を 2.3 kg/d、さらに栄養要求量を満たすために、コーングルテンフィード (7.7 kg/d) または DDGS (7.2 kg/d) を等カロリー量雌牛に給与した。DDGS を給与した雌牛の体重はコーングルテンフィードを給与した雌牛の値を下回ったが、1 度目の試験とは異なり、乳量および仔牛の ADG には違いが認められなかった。いずれの試験でも繁殖成績には差が見られず、制限給餌では DDGS もコーングルテンフィードも最高 75%まで配合することができるが、DDGS はコーングルテンフィードよりも高い脂肪含有率を有するものの繁殖改善にはつながらないことを示唆している。

### 更新用未経産牛

更新用未経産牛への DDGS 給与に関する試験は極く僅かしか実施されていない。しかしながら、仕上期の畜牛を対象とした数多くの試験に基づき、DDGS は更新用未経産牛を育成するための優れたバイパスタンパク質源およびエネルギー源になると考えられる。MacDonald と Klopfenstein (2004) の試験では、スズメノチャヒキを自由採食している更新用未経産牛に 1 日当たり 0 kg、0.45 kg、0.90 kg、1.36 kg、1.81 kg の DDGS を補給した。研究者らは DDGS の補給量が 0.45 kg 増加するに従って、粗飼料消費量は 1 日につき 0.78 kg 減少し、1 日平均増体量は 27 g 増加することを見いだした。

Loy ら (2003) は交雑種未経産牛の飼育用として用いている粗飼料率の高い飼料に毎日または週に 3 回 DDGS を加えて、その補給価値を評価した。この未経産牛には干し草を不断給与し (粗タンパク質 8.7%)、DDGS または乾燥圧ペントウモロコシを栄養補給用として用いた。これらの補給飼料の配合率は 2 種類とし、同じ分量で毎日または 1 週間に 3 回給与した。毎日補給した未経産牛では干し草摂取量および増体速度が 1 週間 3 回給与の未経産牛の値を上回ったが、飼料要求率は下回った。補給飼料の配合率の高低の違いに問わず、DDGS を給与した未経産牛の ADG および飼料要求率は乾燥圧ペントウモロコシを給与した未経産牛の値を上回った (表 2)。この筆者らは DDGS の正味エネルギー価はトウモロコシ粒の値を 27%上回ると算定した。

表 2. 現地の干し草に DDGS またはトウモロコシを 2 種類の配合率で加えて給与した成長期の未経産牛の発育成績

		低 <sup>a</sup>	高 <sup>b</sup>
ADG kg/d	トウモロコシ	0.37	0.71
	DDGS	0.45	0.86
DM 摂取/ADG	トウモロコシ	15.9	9.8
	DDGS	12.8	8.0

<sup>a</sup>低 = 体重の 0.21%量を補給

<sup>b</sup>高 = 体重の 0.81%量を補給

出典: Loy ら (2003) .

引き続き実施した試験では、Loy ら (2004) はカニューレを挿入した未経産牛に補給飼料なし、DDGS を毎日補給、DDGS を 1 日おきに補給、乾燥圧ペントウモロコシを毎日補給、乾燥圧ペントウモロコシを 1 日おきに補給した。予期されたように、補給飼料を給与しなかった未経産牛の干し草摂取量は給与した未経産牛の値を上回ったが、DDGS を補給した場合とトウモロコシを補給した場合では飼料摂取量に差はみられなかった。DDGS を補給した未経産牛の第一胃繊維消失率はトウモロコシを補給した未経産牛の値を上回った。

Stalker ら (2004) は粗飼料主体飼料のエネルギー源として DDGS を給与した場合の、補給用分解性タンパク質要求量の影響を評価するため 2 件の試験を行った。飼料は分解性タンパク質が不足し (> 100 g/日)、代謝性タンパク質は過剰に含まれるように調製した。この試験の結果により、粗飼料主体飼料のエネルギー源として DDGS を給与した場合には、分解性タンパク質摂取要求量を満たすために尿素を添加する必要のないことが示された。

Morris ら (2005) は未経産牛それぞれに高品質または低品質の粗飼料を給与し、いずれの場合も 1 日当たり 0 kg、0.68 kg、1.36 kg、2.04 kg または 2.72 kg の DDGS を補給すると、粗飼料の摂取量が減少し、1 日平均体重増加率が向上することを示した。こうした結果により、粗飼料の入手が制限を受ける可能性のある場合には、DDGS は成長を促進させるための効果的な粗飼料用の補給飼料原材料となり得ることが示唆された。

Loy ら (2008) は交雑種未経産牛 120 頭それぞれに給与し、補給飼料の種類、配合率および給与頻度が摂取量および生育成績に及ぼす影響を見極め、粗飼料の割合が多い飼料に加えた DDGS のエネルギー価を推計した。この試験の結果により、育成期の未経産牛用として給与した DDGS の TDN 価 (可消化養分総量) は乾燥圧ペントウモロコシを給与した場合の値を 18~30%上回ることが示された。

## まとめ

トウモロコシ DDGS は肉牛のあらゆる生産段階のエネルギー源およびタンパク質源として優れている。エネルギー源として効果的に使用することが可能で、仕上期の畜牛に乾物摂取量の 40%を限度として DDGS を配合した飼料を給与することで、優秀な発育成績、枝肉の質および肉質を得ることができる。ただし、DDGS の配合率が高いと、タンパク質およびリンを過剰に摂取させることになる。

肉牛に DDGS を給与した場合の大腸菌 O157 : H7 の排菌に及ぼす一貫性のある影響はなく、議論の分かれる問題である。DDGS の配合率およびトウモロコシ処理の種類 (乾燥圧ペントウモロコシ、高湿潤トウモロコシ、スチームフレイクコーン) が大腸菌 O157 : H7 の排菌に対する反応に影響を及ぼす可能性がある。現在のところ、DDGS の配合率が牛挽肉の大腸菌 O157 : H7 汚染の原因のひとつであることを示唆する科学的根拠は存在しない。

肉牛繁殖用雌牛の飼料に DDGS を配合することがもっともふさわしい状況は、1) コーングルテンフィードまたは大豆粕を置換するためのタンパク質補給源が必要な場合 (特に低品質粗飼料を給与している場合) 2) コーングルテンフィードまたは大豆外皮を置換することのできる低デンプン、高繊維、

高エネルギー源が必要な場合、および 3) 脂肪補給源が必要な場合である。

成長期の未経産牛では、粗飼料主体飼料にエネルギー源として DDGS を加えている場合には、分解性摂取タンパク質の要求量を満たすために尿素を添加する必要がない。育成期の未経産牛では、粗飼料の入手が制限を受ける可能性のある場合には、DDGS は成長を促進させる効果的な粗飼料用の補給飼料原材料となり得るだけでなく、DDGS の TDN 価は乾燥圧ペントウモロコシの値を 18~30% 上回る。

## References

- Aines, G., T. Klopfenstein, and R. Stock. 1987. Distillers Grains. MP51, Nebraska Agric. Res. Div., Lincoln.
- Buckner, C.D., T.L. Mader, G.E. Erickson, S.L. Colgan, K. Karges, and M.L. Gibson. 2007. Optimum levels of dry distillers grains with soluble for finishing beef steers. Nebraska Beef Rep. 35-38
- DeHaan, K.D., T.J. Klopfenstein, and R. Stock. 1982. Corn gluten feed-protein and energy source for ruminants. Nebraska Beef Cattle Report. MP43-33-35.
- DeHaan, K., T. Klopfenstein, R. Stock, S. Abrams, and R. Britton. 1983. Wet distiller's co-products for growing ruminants. Nebraska Beef Rep. MP 43:33-35.
- Engel, C.L., H.H. Patterson, and G.A. Perry. 2008. Effect of dried corn distiller's grains plus solubles compared with soybean hulls, in late gestation heifer diets, on animal and reproductive performance. J. Anim. Sci. 86 (7) :1697-1708.
- Erickson, G.E., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams, and R.J. Rasby. 2005. Utilization of corn co-products in the beef industry. - A joint project of the Nebraska Corn Board and the University of Nebraska-Lincoln, Institute of Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research Division, Cooperative Extension Division. www.nebraskacorn.org
- Fanning, K., T. Milton, T. Klopfenstein, and M. Klemesrud. 1999. Corn and sorghum distiller's grains for finishing cattle. Nebraska Beef Rep. MP 71 A:32.
- Farlin, S.D. 1981. Wet distiller's grains for finishing cattle. Anim. Nutr. Health 36:35.
- Firkins, J.L., L.L. Berger, and G.C. Fahey, Jr. 1985. Evaluation of wet and dry distiller's grains and wet and dry corn gluten feeds for ruminants. J. Anim. Sci. 60:847-860.
- Gordon, C.M., J.S. Drouillard, R.K. Phebus, K.A. Hachmeister, M.E. Dikeman, J.J. Higgins, and A.L. Reicks. The effect of Dakota Gold Brand dried distiller's grains with solubles of varying levels on sensory and color characteristics of ribeye steaks. Cattleman's Day 2002, Report of Progress 890. Kansas State University. pp. 72-74.
- Jacob, M.E., J.T. Fox, S.K. Narayanan, J.S. Drouillard, D.G. Renter, and T.G. Nagaraja. 2008a. Effects of feeding wet corn distiller's grains with soluble with or without monensin and tylosin on the prevalence and antimicrobial susceptibilities of fecal food-borne pathogenic and commercial bacteria in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 86:1182-1190.
- Jacob, M.E., J.T. Fox, J.S. Drouillard, D.G. Renter, and T.G. Nagaraja. 2008b. Effects of dried distiller's grains on fecal prevalence and growth of *Escherichia coli* O157 in batch culture fermentations from cattle. Appl. Environ. Microbiol. 74:38-43.
- Jacob, M.E., G.L. Parsons, M.K. Shelor, J.T. Fox, J.S. Drouillard, D.U. Thomson, D.G. Renter, and T.G. Nagaraja. 2008c. Feeding supplemental dried distiller's grains increases fecal shedding *Escherichia coli* O157 in experimentally inoculated calves. Zoonoses Publ. Hlth. 55:125-132.
- Jacob ME, J.T. Fox, J.S. Drouillard, D.G. Renter, and T.G. Nagaraja. 2009. Evaluation of feeding dried distiller's grains with solubles and dry-rolled corn on the fecal prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in cattle. Foodborne Pathog. Dis. 6 (2) :145-53.
- Jenschke, B.E., J.M. James, K.J. Vander Pol, C.R. Calkins, and T.J. Klopfenstein. 2006. Wet distiller's grains plus solubles do not increase liver-like off-flavors in cooked beef. Nebraska Beef Report, University of Nebraska-Lincoln, pp. 115-117.
- Klopfenstein, T.J., G.E. Erickson, and V.R. Bremer. 2008 Board-Invited Review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. J. Anim. Sci. 86:1223-1231.
- Larson, E.M., R.A. Stock, T.J. Klopfenstein, M.H. Sindt, and R.P. Huffman. 1993. Feeding value of wet distiller's co-products from finishing ruminants. J. Anim. Sci. 71:2228.
- Little, C. O., G.E. Mitchell Jr., and G.D. Potter. 1968. Nitrogen in the abomasums of wethers fed different protein sources. J. Anim. Sci. 27:1722-1726.
- Lonergan, G.H., J.J. Wagner, D.H. Gould, F.B. Garry, and M.A. Toren. 2001. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers.

- J. Anim. Sci. 79:2941-2948.
- Loy D.D., D.R. Stro hbehn, and R.E. Martin. 2005a. Ethanol co-products for cattle: Distillers grains for beef cows. IBC 26. Iowa Beef Center. Iowa State University.
- Loy, D.D., D.R. Strohbahn, and R.E. Martin. 2005b. Ethanol co-products for cattle: Factors affecting the economics of corn co-products in cattle feeds. IBC 28. Iowa Beef Center, Iowa State University.
- Loy, D. and W. Miller. 2002. Ethanol co-products for cattle – The process and products. Iowa Beef Center. Iowa State University IBC-18.
- Loy, T.W., T.J. Klopfenstein, G.E. Erickson, and C.N. Macken. 2003. Value of dry distiller's grains in high fiber diets and effect on supplementation frequency. Nebraska Beef Cattle Report MP 80-A:8.
- Loy, T.W., J.C. MacDonald, T.J. Klopfenstein, and G.E. Erickson. 2004. Effect of distiller's grains or corn supplementation frequency on forage intake and digestibility. Nebraska Beef Cattle Report MP 80-A:22-24.
- Loy, T.W., T.J. Klopfenstein, G.E. Erickson, C.N. Macken, and J.C. MacDonald. 2008. Effect of supplemental energy source and frequency on growing calf performance. J. Anim. Sci. 86 (12) :3504-3510.
- MacDonald, J.C. and T.J. Klopfenstein. 2004. Dried distiller's grains as a grazed forage supplement. Nebraska Beef Cattle Report MP 80-A:22-24.
- McDonald, I.W. 1954. The extent of conversion of feed protein to microbial protein in the rumen of sheep. Biochem. J. 56:120-125.
- Morris, S.E., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams, G.E. Erickson, and K.J. Vander Pol. 2005. The effects of dried distiller's grains on heifers consuming low or high quality forages. Nebraska Beef Report MP 83-A:18-20.
- Nagaraja, T.G., J. Drouillard, D. Renter, S. Narayanan. 2008. Distiller's grains and food-borne pathogens in cattle: Interaction and intervention. KLA News and Market Report Vol. 33, No. 35.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle (7<sup>th</sup> ed.) . National Academy Press, Washington, DC.
- Owens, F.N., D.S. Secrist, W.J. Hill, and D.R. Gill. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. J. Anim. Sci. 75:868-879.
- Peterson, R.E., T.J. Klopfenstein, R.A. Moxley, G.E. Erickson, S. Hinkley, G. Bretschneider, E.M. Berberov, D. Rogan, and D.R. Smith. 2007. Effect of a vaccine product containing type III secreted proteins on the probability of *E. coli* O157:H7 fecal shedding and mucosal colonization in feedlot cattle. J. Food Protection 70:2568-2577.
- Plascencia, A., G. D. Mendoza, C. Vásquez, and R. A. Zinn. 2003. Relationship between body weight and level of fat supplementation on fatty acid digestion in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 81:2653–2659
- Roeber, D.L., R.K. Gill, and A DiCostanzo. 2005. Meat quality responses to feeding distiller's grains to finishing Holstein steers. J. Anim. Sci. 83:2455-2460.
- Schingoethe, D.J. 2004. Corn Co products for Cattle. Proceedings from 40<sup>th</sup> Eastern Nutrition Conference, May 11-12, Ottawa, ON, Canada. pp 30-47.
- Shike, D.W., D.B. Faulkner, and J.M. Dahlquist. 2004. Influence of limit-fed dry corn gluten feed and distiller's dried grains with solubles on performance, lactation, and reproduction of beef cows. J. Anim. Sci. 82 (Suppl. 2) :96.
- Shike, D.W., D.B. Faulkner, D.F. Parrett, and W.J. Sexten. 2009. Influences of corn co-products in limit-fed rations on cow performance, lactation, nutrient output, and subsequent reproduction. Professional Animal Scientist. 25:2, 132-138.
- Smith, C.D., J.C. Whitlier, D.N. Schutz, and D. Conch. 1999. Comparison of alfalfa hay and distiller's dried grains with solubles alone and in combination with cull beans as protein sources for beef cows grazing native winter range. Beef Program Report. Colorado St. Clin.
- Stalker, L.A., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams, and G.E. Erickson. 2004. Urea inclusion in forage-based diets containing dried distiller's grains. Nebraska Beef Cattle Report MP 80-A:20-21.
- Summer, P., and A. Trenkle. 1998. Effects of supplementing high or low quality forages with corn or corn processing co-products upon digestibility of dry matter and energy by steers. Iowa State University Beef Research Report ASL-R1540.
- Tjardes, J. and C. Wright. Feeding corn distiller's co-products to beef cattle. SDSU Extension Extra.

- ExEx 2036, August 2002. Dept. of Animal and Range Sciences. pp.1-5.
- Trenkle, A.H. 1996. Evaluation of wet distiller's grains for finishing cattle. Beef Research Rep., Iowa State Univ., Ames. AS632:75-80.
- Trenkle, A. 1997a. Evaluation of wet distiller's grains in finishing diets for yearling steers. Beef research Report – Iowa State University ASRI 450.
- Trenkle, A. 1997b. Substituting wet distiller's grains or condensed solubles for corn grain in finishing diets for yearling heifers. Beef Research report – Iowa State University ASRI 451.
- Vander Pol, K.J., G. Erickson, T. Klopfenstein, and M. Greenquist. 2005a. Effect of level of wet distiller's grains on feed lot performance of finishing cattle and energy value relative to corn. J. Anim. Sci. 83 (Suppl. 2) :25.
- Vander Pol, K.J., G.E. Erickson, and T.J. Klopfenstein. 2005b. Degradable intake protein in finishing diets containing dried distiller's grains. J. Anim. Sci. 83 (Suppl. 2) :62.
- Vander Pol, K.J., M.K. Luebke, G.I. Crawford, G.E. Erickson, and T.J. Klopfenstein. 2007. Digestibility, rumen metabolism and site of digestion for finishing diets containing wet distillers grains or corn oil. Nebraska Beef Cattle Report. MP88-A:51-53.