

第 17 章

乳牛飼料としての DDGS の使用

はじめに

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・グレインは泌乳期の乳牛用飼料に用いられる優れた飼料原材料である。米国の家畜および家禽すべての業界のうち蒸留併産物をこれまで最も多く消費してきたのは酪農部門で、現在もこの傾向は続いている。泌乳期の乳牛、仔牛および更新用未經産牛にとって、ジスチラーズ・グレインはエネルギー、易発酵性繊維(readily fermentable fiber)、およびタンパク質の優れた供給源である。乳牛用の飼料設計で用いる DDGS の栄養価についての詳しい情報は、第 4 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。

DDGS の乳牛飼料としての栄養価値

Schingoetheら (2009) は、乳牛へのジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルの給餌価値に関する様々な研究をまとめている。ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルは粗タンパク質の優れた供給源(乾物重量ベースでCP30%以上)であり、反芻胃で消化されないたんぱく質が高い(粗タンパク質の55%以上)。ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルは優れたエネルギー源でもある(泌乳のための賞味エネルギーは乾物重量あたり約2.25Mcal/kg)。中間的な脂肪濃度(乾物重量ベースで10%)と消化性繊維(約39%中性デタージェンと繊維)が、DDGSの高エネルギー含量に貢献している。泌乳成績は、ウェットとドライド・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルで通常は違いがみられないが、ウェット・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルが若干有利な結果を示している研究もある。ジスチラーズ・グレインは濃厚飼料と粗飼料の両方を部分的に置換することができるが、一般的にはDDGSは濃厚飼料の置換として使われる。

泌乳牛飼料の粗飼料の置換としてDDGSを与える際には、乳脂肪低下を避けるために適切な効果的な繊維が必要である。泌乳期乳牛飼料は、飼料の栄養バランスがとられている限り、乾物重量で20%以上のDDGSを含むことが可能である。30%までDDGSを含むDDGS飼料を給餌すると、従来の飼料を給餌した牛と比較して乳生産は同様あるいは上昇する。DGSを乾物重量あたり30%以上飼料に加えることができるが、20%以上のウェットDDGSを添加すると満腹感により乾物摂取量と生産性が制限されることがある。DDGS中の繊維は、通常はトウモロコシのような高デンプン飼料原料の代替と考えられ、アシドーシスの問題を最小限にするが、必ずしも問題の排除ということにはならない。

泌乳期乳牛用飼料に用いる DDGS

ジスチラーズ・グレインの配合率および含水率(ウェット・ジスチラーズ・グレイン vs. ドライド・ジスチラーズ・グレイン)が乾物摂取量、産乳量および乳組成に及ぼす影響を理解するため、Kalscheur (2005) は、泌乳期の乳牛を対象としたジスチラーズ・グレイン給与試験を含めて、これまでに実施された 23 件の試験および 96 種類の飼料の比較から得られたデータのメタ分析を実施した。ここに含まれた試験は 1982 年から 2005 年までの間に発表されたものである。この期間にジスチラーズ・グレインの品質および栄養組成は変化しているが、乳牛にジスチラーズ・グレインを給与した場合の全体的な影響を見極めるため、これらすべての試験を分析対象とした。ジスチラーズ・グレインの配合率が泌乳成績に及ぼす影響を評価するため、配合率を乾物ベースで 0%、4~10%、10~20%、20~30%および 30%超の 5 グループに分類した。この分析では反応を分類するためにジスチラーズ・グレインの形態区分(湿潤または乾燥)も取り入れた。

ジスチラーズ・グレイン給与が乾物摂取量に及ぼす影響

乾物摂取量 (DMI) はジスチラーズ・グレインの配合率および形態の影響を受ける (表 1)。乳牛用飼料にジスチラーズ・グレインを配合すると摂取量が増加した。DDGS を給与した乳牛の摂取量は DDGS の配合率が上昇するにつれて増加し、配合率が 20% から 30% の範囲にあるときに最大値となった。これらの乳牛は DDGS が含まれない対照飼料を給与した乳牛よりも 0.7 kg 多く飼料を摂取した (乾物ベース)。DDGS の配合率が 30% を超えると、対照飼料を給与した乳牛の摂取量と同じになった。

DDGS を 20~30% まで配合した飼料を給与した乳牛では DMI が増加したが、WDGS を給与した乳牛ではこれよりも低い配合率 (4~10% および 10~20% の配合率) で最大値が得られた。20% を超えた配合率で WDGS を加えると DMI は減少した。さらに、WDGS の配合率が 30% を超えると、対照群の DMI を 2.3 kg/d 下回り、4~10% の配合率で給与した場合と比較すると 5.1 kg/d 下回った。

一般に、ジスチラーズ・グレインは嗜好性に優れていると考えられているが、乳牛用飼料に乾物ベースで 20% までジスチラーズ・グレインを配合すると DMI が増加したため、試験でもこれが裏付けられたことになる。配合率がこれを上回ると飼料摂取量が減少するが、これは食餌性脂肪含有率が高いためか、WDGS の場合では食餌性水分含有率が高いためと考えられる。

ジスチラーズ・グレイン給与が産乳量に及ぼす影響

産乳量はジスチラーズ・グレインの形態の影響を受けないが、乳牛用飼料に加えたジスチラーズ・グレインの配合率に対して曲線反応を示した (表 1)。ジスチラーズ・グレインの配合率が 4~30% の範囲内では産乳量に差はなく、ジスチラーズ・グレインを含まない飼料を給与した場合の産乳量を約 0.4 kg/d 上回った。ジスチラーズ・グレインを最高配合率 (>30%) で加えた飼料を乳牛に給与すると、産乳量は減少傾向を示した。これらの乳牛の産乳量はジスチラーズ・グレインを含まない飼料を給与した乳牛の産乳量を 0.8 kg/d 下回った。WDGS の配合率が 20% を超える飼料を給与した乳牛の産乳量は減少したが、これは DMI の減少と関係があると考えるのが妥当と思われる。

表 1. ドライド・ジスチラーズ・グレインとウェット・ジスチラーズ・グレインの配合率別の乳牛の乾物摂取量および産乳量

配合率 (DM ベース)	DMI kg/d			産乳量 kg/d		
	ドライド	ウェット	全体	ドライド	ウェット	全体
0%	23.5 ^c	20.9 ^b	22.2 ^b	33.2	31.4	33.0
4 - 10%	23.6 ^{bc}	23.7 ^a	23.7 ^a	33.5	34.0	33.4
10 - 20%	23.9 ^{ab}	22.9 ^{ab}	23.4 ^{ab}	33.3	34.1	33.2
20 - 30%	24.2 ^a	21.3 ^{ab}	22.8 ^{ab}	33.6	31.6	33.5
> 30%	23.3 ^{bc}	18.6 ^c	20.9 ^c	32.2	31.6	32.2
SEM	0.8	1.3	0.8	1.5	2.6	1.4

^{a,b,c} 同一縦列の異なる上付文字は有意差のあることを示す (P<0.05)。

同一縦列に上付文字がない場合はジスチラーズ・グレインの飼料配合率間で有意差のないことを示す。

ジスチラーズ・グレイン給与が乳組成に及ぼす影響

乳脂肪率はジスチラーズ・グレインの飼料配合率によって異なるが、配合率または形態による有意差は認められない (表 2)。この広範なデータセットで観察された乳組成の反応は、ジスチラーズ・グレインの給与が乳脂肪の減少につながるという説と一致しない。乳脂肪の減少には多くの要素がからんでいると考えられる。泌乳期の乳牛を対象として飼料設計を行う場合に第一に注意すべきことは、適正な第一胃機能を維持することができるよう粗飼料から十分な繊維を摂取させることである。ジスチラーズ・グレインはその 28~44% が中性デタージェント繊維であるが、この繊維は十分に処理されているため、第一胃で素早く消化される。従って、ジスチラーズ・グレインの繊維は第一胃にとっては有効繊維と見なされておらず、粗飼料中の繊維と同等であると考えべきではない。第二に、ジスチラーズ・グレインでは脂肪の含有率が高いため、第一胃の機能にも影響を及ぼし、これが乳脂肪の減少につながる可能性がある。しかしながら、乳脂肪率の有意な減少は複数の食餌性要素の組み合わせで発生することが多い。

乳タンパク質率はジスチラーズ・グレインを 0~30%配合した飼料を給与した乳牛の間で差は見られず、ジスチラーズ・グレインの形態の違いによる乳タンパク質組成の変化も認められなかった(表 2)。ただし、配合率 30%を超えてジスチラーズ・グレインを飼料に配合すると、乳タンパク質率は対照飼料を給与した乳牛の値を 0.13 パーセントポイント下回った。ジスチラーズ・グレインを高配合率で用いると、飼料中の他のタンパク質源がすべてジスチラーズ・グレインで置換されてしまう可能性が高い。このような高配合率が用いられると、タンパク質の腸内消化率およびリジン含有率が低下し、アミノ酸組成のバランスがくずれ、これらすべてが乳タンパク質率の低下に結びつく可能性がある。乳タンパク質率の低下は 1980 年代および 1990 年代に実施された試験で特に著明であることに注意しなければならない。それ以降の試験ではこの影響に一貫性が見られなくなった。リジンは非常に熱に敏感で、エタノールプラントでの製造工程および乾燥工程で用いられる高熱によって DDGS 中のリジンが悪影響を受けることがある。近年建設された燃料エタノールプラントでは改善された加工方法や乾燥方法が用いられており、DDGS のアミノ酸消化率の上昇につながっている。

表 2. 各種配合率でジスチラーズ・グレインを給与した乳牛の乳脂肪率および乳タンパク質率

配合率 (DM ベース)	脂肪 %	タンパク質 %
0%	3.39	2.95 ^a
4 – 10%	3.43	2.96 ^a
10.1 – 20%	3.41	2.94 ^a
20.1 – 30%	3.33	2.97 ^a
> 30%	3.47	2.82 ^b
SEM	0.08	0.07

^{a,b} 同一縦列の異なる上付文字は有意差のあることを示す (P<0.05)。

同一縦列に上付文字がない場合はジスチラーズ・グレインの飼料配合率間で有意差のないことを示す。

泌乳期乳牛用の飼料設計時に考慮すべき他の要素

泌乳期乳牛用の飼料設計を行うときに考慮すべき要素はジスチラーズ・グレインの配合率だけではない。ジスチラーズ・グレインを配合する場合には、産乳量および乳組成に影響を及ぼすその他複数の食餌性要素にも配慮しなければならない。こうした要素にはウェット・ジスチラーズ・ウィズ・ソリュブル vs. ドライド・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブル、粗飼料の種類、粗飼料対濃厚飼料の比率、ジスチラーズ・グレインの高脂肪およびアミノ酸ベースの飼料設計が含まれる。こうした食餌性の要素が産乳量および乳組成に及ぼす影響については、先に記載したものと同一 23 件の発表文献を用いた評価が行われている。このデータベースには 96 種類の飼料比較が含まれている。

粗飼料の種類

粗飼料の種類が乳牛の成績に影響を与えるか否かを見極めるため、各飼料について粉碎トウモロコシ対アルファルファの比率を調べた。粗飼料源として粉碎トウモロコシを 100%含む飼料が 23、粉碎トウモロコシを 55~75%含む飼料が 38、45~54%含む飼料が 19、アルファルファサイレージまたはアルファルファ乾草のみの飼料(粉碎トウモロコシ 0%)が 16 であった。栄養要求量をバランス良く満たし、正常な第一胃発酵に有効な繊維を供給する必要があるため、一般に 1 種類の粗飼料原材料を用いるより複数を組み合わせる方が好まれる。しかしながら、乳牛用飼料に含まれる粗飼料の種類の大半が現地での供給状態に左右される。米国にはアルファルファを効率的に栽培できる地域があり、そうした地域では乳牛用の粗飼料の大半がアルファルファになっており、別の地域では粉碎トウモロコシが主要粗飼料源となっている。

このレビューの結果によれば、粗飼料の種類は乾物摂取量、産乳量または乳脂肪組成に影響を及ぼさない。ただし、乳タンパク質組成には影響を及ぼす。乳タンパク質率が最も高かったのは (3.04%) 粉碎トウモロコシを 55~75%含む飼料を給与した乳牛であった。乳タンパク質率がもっと低かったのは (2.72%) アルファルファ/草が 100%で、粉碎トウモロコシを全く含まない粗飼料を給与した乳牛であった。粉碎トウモロコシを 45~54%含む飼料を給与した乳牛および 100%粉碎トウモロコシの飼料を給与した乳牛の乳タンパク質率は中程度(それぞれ 2.98%、2.82%)であった。粉碎トウ

モロコシとアルファルファを組み合わせて給与した乳牛の乳タンパク質率が上昇したことから、1 種類の粗飼料から成る飼料では乳タンパク質率を最大限に引き上げるために必要とされるアミノ酸が不足する可能性の高いことが示唆された。

粗飼料対濃厚飼料の比率

ジスチラーズ・グレインが飼料に含まれている場合には、粗飼料対濃厚飼料の比率も乳牛の産乳成績に影響を及ぼす要素となる。粗飼料対濃厚飼料の比率による影響を評価するため、飼料を粗飼料 <50%、粗飼料対濃厚飼料が 50%対 50%、粗飼料>50%の 3 種類に分類した。粗飼料対濃厚飼料の比率は乾物摂取量、産乳量および乳タンパク質率に影響を及ぼさなかった。ただし、粗飼料<50%の飼料では乳脂肪率が 0.36 パーセントポイント下回った。こうした結果は、単に飼料にジスチラーズ・グレインが含まれていることが原因ではなく、飼料中に十分量の粗飼料が含まれていないことが、恐らくは有効繊維の不足につながり、結果として乳脂肪率の低下を引き起こす主要原因のひとつとなるとする仮説を裏付けるものである。当初は、ジスチラーズ・グレインによって繊維が供給されるため、中性デタージェント繊維（NDF）レベルは十分であると考えられていた。しかしながら、この繊維の粒子は粒径が小さく、正常な第一胃機能に必要なとされる有効繊維の供給には結びつかない。最近になってサウスダコタ州立大学でこの仮説を直接的に調べる試験が実施された（Cyriac ら、2005）。NDF 率はいずれの飼料でもほぼ一定であったが、粗飼料の割合が 55%から 34%に減少するに従って、乳脂肪率は 3.34%から 2.85%へと一次減少を示した。従って、ジスチラーズ・グレインを高率で配合する飼料設計においては、十分なレベルの有効繊維が粗飼料から得られることを確認する必要がある。ジスチラーズ・グレイン中に残存する繊維は素早く消化され、第一胃での VFA（揮発性脂肪酸）の生成に用いられる。

ジスチラーズ・グレインの高脂肪含有率

ジスチラーズ・グレインを乳牛用飼料に配合した場合には、比較的高率で含まれる脂肪が潜在的な懸念材料となる。ジスチラーズ・グレイン中のトウモロコシ油には、長鎖不飽和脂肪酸であるリノール酸が比較的多く含まれている（~60%）。植物油の含有率が高いと、第一胃において不完全な生物水素化の原因となり、乳脂肪の減少につながる。以前に発表された研究をこのようにレビューした結果からは、ジスチラーズ・グレインの配合率と乳脂肪の減少との間の確固たる関連性は認められなかった。とは言え、ジスチラーズ・グレインの脂肪含有率と有効繊維の欠如とが相互に作用して、乳脂肪の減少を引き起こす可能性はあると考えられる。

アミノ酸ベースの飼料設計

この文献レビューではアミノ酸ベースの乳牛用飼料設計 vs. 粗タンパク質ベースの飼料設計の影響についても評価を行っている。この分析に用いられたデータには、第一胃で分解しないようにしたりジンおよびメチオニンまたはリジンを相当量補給することのできる高タンパク飼料原材料（例えば血粉）を飼料に添加した試験が含まれている。トウモロコシ飼料原材料が飼料の大半を占める場合には、乳牛用飼料ではリジンが不足する可能性がある。この分析から得られた結果は、飼料にリジン補給用の原材料が含まれている場合には乳タンパク質率は上昇する傾向があることを示唆している。しかしながら、リジンを補給することによって、乳牛用飼料にさらに多くのジスチラーズ・グレインを配合することが可能になるか否かを見極めるには更なる試験が必要とされる

成績に関する最近の試験結果

Kleinschmit ら（2006）は 3 個所の異なる供給源から入手した DDGS を 20%配合した完全混合飼料を給与して、乳牛の産乳量および乳組成に及ぼす影響を評価する試験を実施した。飼料中の粉碎トウモロコシおよび大豆粕の一部を DDGS で置換し、粗飼料対濃厚飼料の比率を 55:45 とした。いずれの飼料でも乾物摂取量（21.4 kg/d）はほぼ一定であったが、DDGS を含む飼料を給与した乳牛では産乳量（34.6 kg/d vs. 31.2 kg/d）、4%脂肪補正乳量（32.7 kg/d vs. 29.6 kg/d）およびエネルギー補正乳量（35.4 kg/d vs. 32.3 kg/d）が DDGS を含まない飼料を給与した乳牛の値を上回った。DDGS を給与した乳牛の飼料効率は対照飼料を給与した乳牛の値を上回った（1.78 vs. 1.63）。DDGS を給与した乳牛の乳脂肪量は対照飼料を給与した乳牛の値を上回った（1.26 vs. 1.14 kg/d）が、乳タンパ

ク質率は対照飼料を給与した乳牛の値が DDGS を給与した乳牛の値を上回り、DDGS-1 を給与した乳牛の乳タンパク質率は DDGS-2 および DDGS-3 を給与した乳牛の値を下回る傾向が見られた（対照飼料、DDGS-1、DDGS-2 および DDGS-3 がそれぞれ 3.28%、3.13%、3.19%、3.17%）。しかしながら、乳タンパク質量は DDGS を給与した乳牛の値が対照飼料を給与した乳牛の値を上回った（1.09 vs. 1.02 kg/d）。この試験結果は試験に用いられた供給源の DDGS が泌乳成績には影響を及ぼさないことを示している。

Anderson ら（2006）は粉碎トウモロコシ 25%、アルファルファ乾草 25%、濃厚飼料 50%から構成される飼料に 10%または 20%の配合率でドライド・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルまたはウェット・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルを加えて乳牛に給与し、泌乳成績に及ぼす影響を見極めた。ドライド・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブルまたはウェット・ジスチラーズ・ウィズ・ソリュブルの給与によって産乳量、タンパク質、および脂肪が増加したことで、飼料効率および DMI 1kg 当たりのエネルギー補正乳量は改善されたが、乾物摂取量は減少傾向を示した。

Kleinschmit ら（2007）は粉碎トウモロコシ、アルファルファ乾草、粉碎トウモロコシとアルファルファ乾草を組み合わせたものを主要な粗飼料源として用いるとともに、配合率 15%の DDGS を泌乳期乳牛に給与してその影響を比較した。15%の DDGS を含む飼料では、粉碎トウモロコシをアルファルファ乾草に置換すると産乳量が増加し、泌乳期の後半に乳タンパク質量が直線的に増加する傾向が見られた。この他に、粗飼料としてアルファルファ乾草のみを給与すると、粉碎トウモロコシを含む粗飼料を給与した場合に比べ、飼料効率が改善された。

Janicek ら（2008）は粗飼料および濃厚飼料の一部を置換する方法で、0%、10%、20%および 30%の配合率で DDGS を加えた飼料を給与し、その影響を評価する 2 件の試験を実施した。30%DDGS 飼料を給与した場合の乾物摂取量は 0%DDGS を給与した場合の値を上回ったが、産乳量、乳脂肪率、乳タンパク質については対照飼料と DDGS 飼料との間に差は見られなかった。従って、これらの結果は泌乳期乳牛の飼料用として DDGS を最大 30%まで配合することが可能であり、良好な泌乳成績および乳組成の手助けとなることを示唆している。

Sasikala-Appukuttan ら（2008）はトウモロコシ濃縮ジスチラーズ・ソリュブル（CCDS）を 10%および 20%配合した場合と DDGS を 18.5%配合した場合、および DDGS18.5%と CCDS10%とを同時に配合した場合で、泌乳期のホルスタイン牛の乾物摂取量、産乳量および乳組成への効果を比較した。飼料は粗タンパク質がいずれも 17%で、酸性デタージェント繊維、中性デタージェント繊維および脂肪濃度（2~4%）が異なるように調製した。この試験結果は、完全混合飼料の大豆粕およびトウモロコシ粒を置換する方法で用いた場合には、CCDS は DDGS と同様に効果的であることを示した。

高温多湿の亜熱帯気候下での泌乳期乳牛への DDGS 給与

乳牛を対象としたものを含む DDGS 試験の大半が温暖気候下で実施されたものである。高温多湿気候下での泌乳期乳牛の産乳反応を調べるため、アメリカ穀物協会は 2003 年 9 月から 11 月にかけて台湾中部の商業酪農場で給与試験を実施した（Chen と Shurson、2004）。この給与試験の目的は、泌乳期乳牛用飼料として給与する DDGS とトウモロコシ、大豆粕および炒り大豆の飼料価値を比較し、高温多湿の亜熱帯環境下で乳牛用飼料として DDGS が利用可能かどうかを調べることであった。



アメリカ穀物協会後援による台湾の商業牛試験期間中の DDGS 保管状況



アメリカ穀物協会後援による台湾の飼料試験で用いられた泌乳期ホルスタイン乳牛

初産のホルスタイン牛 50 頭をそれぞれの泌乳日数 (DIM)、処理前産乳量およびボディコンディションスコア (BCS) に基づいて、無作為に対照群と DDGS 群とに割り付けた。両群の平均 DIM は同じで (149 d)、平均産乳量は対照群が 22.3 kg、DDGS 群が 22.4 3.7 kg であった。対照群と DDGS 群の平均 BCS はそれぞれ 3.0 kg と 3.1 kg であった。この給与試験には供試牛が飼育ペンに馴染むための 2 週間の調整期間が含まれ、その後データを収集するための 8 週間の試験期間が続いた。

乳牛には乾物比で DDGS を 0% (対照) または 10% (DDGS) 含む完全混合飼料 (TMR) を給与した。DDGS は TMR 飼料中の大豆粕、トウモロコシ、煮沸フレークド・コーンおよび炒り大豆の一部を置換する方法で配合した。コーネル正味炭水化物タンパク質システム (Barry ら、1994) を用いて代謝タンパク質 (MP)、代謝エネルギー (ME)、カルシウムおよびリンの要求量が満たされるように飼料調製を行った。

対照群および DDGS 群の 1 日当たりの平均乾物摂取量 (DMI) はそれぞれ 17.8 kg と 17.6 kg であった。DDGS を配合しても DMI は影響を受けなかったが (表 3)、DMI 実測値はコーネル正味炭水化物タンパク質システム (4.26 版; Barry ら、1994) を用いて予測された DMI 値を下回った。この差は試験中の乳牛が熱ストレス条件下にあったことによると考えられる。

図 1 は、対照群および DDGS 群の乳牛すべてについて DHI (Dairy Herd Improvement : 牛群改良事業) 検定日の平均産乳量を示したものである。DDGS 群の乳牛の平均産乳量は対照群の乳牛の産乳量を上回る傾向が認められた。DDGS 飼料を給与した乳牛の産乳量は対照群の乳牛よりも多くなった。DDGS 飼料を給与した乳牛の平均産乳量の増加は、恐らく DDGS の飼料価値が高いことに起因すると考えられる。従って、DDGS には、熱ストレス条件下で泌乳中期にある乳牛の産乳量の増加に役立つというメリットがあると言える。両群とも最終 DHI テストでは産乳量が著明な減少を示した。考え得る減少理由として、この期間の温度-湿度指数の上昇および低品質の粉碎トウモロコシの給与をあげることができる。

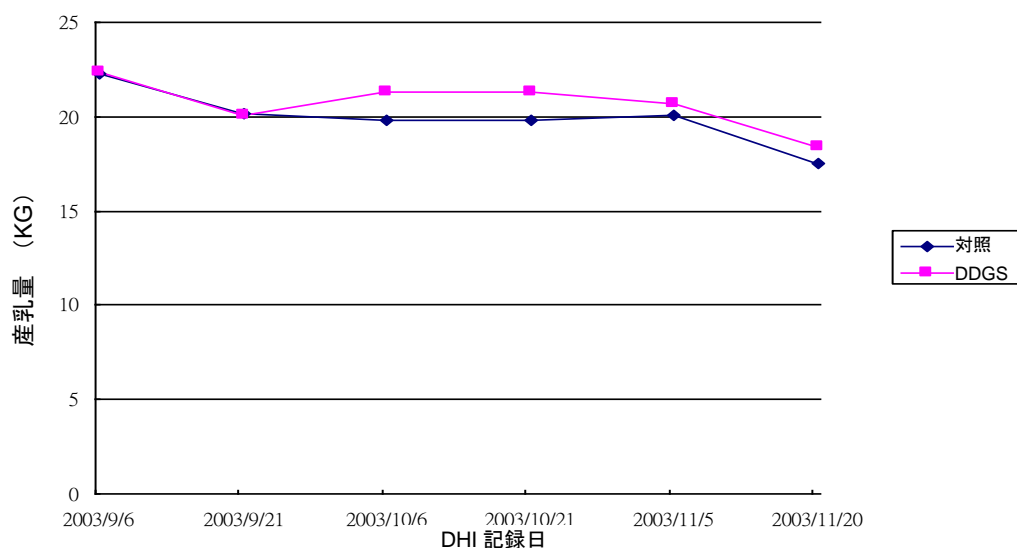


図 1. 対照飼料および DDGS TMR を給与した乳牛の平均産乳量

表 3 から分かるように、DDGS を給与した乳牛の産乳量は対照群の乳牛の産乳量を有意に上回った (0.9 kg/d)。DDGS 群の乳牛は給与された飼料に含まれる DDGS から対照飼料よりも多くの脂肪およびエネルギーを摂取したことになり、これが恐らく産乳量の上昇につながったと考えられる。両群間に乳脂肪率の違いは見られなかったが、DDGS 群の乳牛の 1 日当たりの乳脂肪量は対照群の乳牛の値を上回る傾向が認められた。これは DDGS を給与した乳牛の産乳量が上回ったためと考えられる。飼料に DDGS を 10% 配合すると乳タンパク質率は減少したが、1 日当たりの乳タンパク質量には影響を及ぼさなかった。泌乳期乳牛用飼料に DDGS を用いる場合の懸念材料の一つは、脂肪含有率が高いことで、これが第一胃の発酵を妨げる可能性があり、微生物タンパク質生成および乳タンパク質量を減少させる可能性がある。しかしながら、DDGS 群の乳牛の産乳量の上昇は DDGS 給与が乳タンパク質率に及ぼす悪影響を補償する。乳牛のボディコンディションスコアについては、両飼料間で有意差は認められなかった。

表 3. TMR¹ 給与および TMR と 10% DDGS との組み合わせ給与が熱ストレス条件下の泌乳中期乳牛の産乳量、乳組成およびボディコンディションスコアに及ぼす影響

反応項目	飼料 (T)		ペン (P)		SE	P 値		
	対照	DDGS	1	2		T	P	T×P
DMI kg/d ²	17.8	17.6	17.8	17.6	0.20	0.32	0.29	0.012
乳量 kg/d	19.5	20.4	19.8	20.1	0.44	0.04	0.46	0.003
脂肪 %	4.51	4.45	4.43	4.53	0.13	0.61	0.41	0.69
脂肪 kg/d	0.86	0.91	0.87	0.91	0.03	0.10	0.22	0.07

タンパク質 %	3.45	3.32	3.41	3.37	0.04	0.001	0.17	0.73
タンパク質 kg/d	0.66	0.68	0.67	0.67	0.02	0.40	0.97	0.02
ラクトース %	4.85	4.90	4.92	4.83	0.03	0.07	0.004	0.84
総固形分 %	13.5	13.4	13.5	13.4	0.16	0.36	0.77	0.63
MUN mg/dL ³	11.2	11.8	12.3	12.8	0.50	0.23	0.80	0.04
SCC 10 ⁴ /ml ⁴	26.9	35.4	35.9	26.4	13.8	0.54	0.49	0.76
BCS ⁵	2.96	3.01				0.21		

¹ TMR = 完全混合飼料

² DMI = 乾物摂取量

³ MUN = 乳中尿素窒素

⁴ SCC = 体細胞数

⁵ BCS = ボディコンディションスコア

育成期末経産乳牛への DDGS の給与

DDGS は反芻胃動物にとっての優れたエネルギー源でありタンパク質源であると見なされているが、育成期末経産乳牛への DDGS 給与に関する情報は極くわずかしか存在しない。Kalscheur と Garcia (2004) は育成期肉用牛に DDGS を給与する試験から得られたデータを慎重に当てはめることで、成長期乳牛の反応を予測することが可能であることを示唆した。ウェット・ジスチラーズ・グレインまたはドライド・ジスチラーズ・グレインを育成期肉牛に給与しても、生育速度および体内タンパク質増加は影響を受けなかった (Kalscheur と Garcia, 2004)。しかしながら、乾燥圧ペントウモロコシを乾物摂取量の 40%相当量のウェット・ジスチラーズ・グレインまたは DDGS で置換した場合には、生育速度および飼料要求率が改善された (Kalscheur と Garcia, 2004)。一般に、ウェット・ジスチラーズ・グレインを給与した育成期の畜牛の飼料要求率は DDGS を給与した場合の値を上回る。DDGS の配合率が高い飼料を給与した場合、DDGS 供給源間でばらつきのある熱損傷タンパク質の問題は育成期の畜牛についてはさほど大きな懸念材料とならないが、これは要求量を上回るタンパク質を摂取することになる (Kalscheur と Garcia, 2004) ためである。従って、生育速度および飼料要求率を改善する目的で、乾物摂取量の最大 40%まで DDGS を配合した飼料を育成期の未経産牛に給与することは可能である。

まとめ

トウモロコシ DDGS は泌乳期乳牛にとって、良好なタンパク質、脂肪、リンおよびエネルギーの供給源となる。乾物摂取量、産乳量、乳脂肪率および乳タンパク質率を減少させることなく、ジスチラーズ・グレインを乳牛用飼料の 20%まで配合することができる。DDGS を 20%から 30%までの範囲で配合した場合でも、DDGS を配合しない飼料を給与した場合の乳産量と同等またはこれを上回る結果を得る上で役立つ。しかしながら、20%を超えてウェット・ジスチラーズ・グレインを飼料に配合すると、乳牛の産乳量は減少する。乳脂肪率にはばらつきがあるが、飼料にジスチラーズ・グレインを配合しても有意差は認められなかった。最も高率でジスチラーズ・グレインを配合した飼料では、乳タンパク質率が減少した。ジスチラーズ・グレインの品質向上が成績向上に結びつくのか否かを見極めるには、新しいエタノールプラントから入手したジスチラーズ・グレインを用いた更なる試験が求められる。そうした試験を実施すれば、現在のエタノールプラントから得られるジスチラーズ・グレインは、1980 年代および 1990 年代のジスチラーズ・グレインとは異なり、乳タンパク質率に影響を及ぼさないという結果が得られる可能性がある。更に、ジスチラーズ・グレインが乳脂肪率に及ぼす影響を見極めるためには、第一胃の機能についての研究が必要とされる。

ジスチラーズ・グレインは乳牛用飼料に用いられる割高のタンパク質源、エネルギー源およびミネラル源を代替することができる。しかしながら、DDGS を配合した飼料のバランスを考えると時には、栄養の偏りを回避するために広く受け入れられている栄養ガイドラインに従う必要がある。トウモロコシ DDGS は、熱ストレス気候条件下にある泌乳中期の乳牛用完全混合飼料に配合すれば効果的なだけでなく、世界中の亜熱帯および熱帯地域の酪農業界で効果的に使用することのできる高品質な併産物である。これまで実施された育成期末経産乳牛への DDGS 給与の評価試験は少数ではあるが、優れた生育速度および飼料要求率を達成する目的で、乾物摂取量の最大 40%まで DDGS を配合した飼料を育成期の肉用牛に給与してきた。DDGS を育成期の更新用未経産牛に給与した場合にも同様

の結果が得られるであろうことに疑問を差し挟む理由はない。

References

- Anderson, J.L., D.J. Schingoethe, K.F. Kalscheur, and A.R. Hippen. 2006. Evaluation of dried and wet distiller's grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3133-3142.
- Barry, M.C., D.G. Fox, T.P. Tylutki, A.N. Pell, J.D. O'Connor, C.J. Sniffen, and W. Chalupa. 1994. The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 3rd ed. Cornell University, Ithaca, NY.
- Chen, Y-K. 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%20\(Yuan-Kuo%20Chen%202004\).pdf](http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese%20(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. Dairy Sci.* 88(Suppl. 1):252.**
- Janicek, B.N., P.J. Kononoff, A.M. Gehman, and P.H. Doane. 2008. The effect of feeding dried distiller's grains plus solubles on milk production and excretion of urinary purine derivatives. *J. Dairy Sci.* 91:3544-3553.
- Kalscheur, K.F. Impact of feeding distiller's grains on milk fat, protein, and yield. *Distiller's Grains Technology Council. 9th 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.
- Kleinschmit, D.H., D.J. Schingoethe, A.R. Hippen, and K.F. Kalscheur. 2007. Dried distillers grains plus solubles with corn silage or alfalfa hay as the primary forage source in dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 90(12):5587-5599.
- Kleinschmit, D.H., D.J. Schingoethe, K.F. Kalscheur, and A.R. Hippen. 2006. Evaluation of various sources of corn dried distiller's grains plus solubles for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:4784-4794.
- Sasikala-Appukuttan, A.K., D.J. Schingoethe, A.R. Hippen, K.F. Kalscheur, K. Karges, and M.L. Gibson. 2008. The feeding value of corn distiller's solubles for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:279-287.
- Schingoethe, D.J. 2004. Corn Co products for Cattle. Proceedings from 40th Eastern Nutrition Conference, May 11-12, Ottawa, ON, Canada. pp 30-47.
- Schingoethe, D.J., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen, and A.D. Garcia. 2009. Invited review: The use of distillers products in dairy cattle diets. *J. Dairy Sci.* 92:5802-5813.