

海外農業技術セミナー

Overseas Agricultural Technique Seminar

日時／2007年7月19日(木)13:00～17:00

会場／酪農学園大学 中央館1階 学生ホール



サスカチュワン大学 名誉教授
デイヴィッド・クリステンセン
Dr. David A. Christensen



Department of Animal and Poultry Science
Faculty of Agriculture and Bioresources

University of Saskatchewan



デイヴィッド・クリステンセン 名誉教授 Dr. David A. Christensen

カナダ・サスカチュワン大学 農・生物資源学部 家畜家禽学科

Department of Animal and Poultry Science

Faculty of Agriculture and Bioresources

University of Saskatchewan

クリステンセン教授は、サスカチュワン大学を卒業後、ケベック州にあるマックギル大学で修士と博士号を取得。乳牛の飼料管理に重点を置いた反芻動物栄養学を研究している。また肉用牛の栄養学研究も行っている。主な研究内容は、飼料とその栄養利用、タンパク質と炭水化物の特性、各種飼料の品質、処理加工の方法が、泌乳牛によるタンパク質とエネルギー利用に与える影響等である。カナダ西部で使われている大部分の飼料やタンパク質添加剤、穀物飼料の評価も行っており、粗飼料と他の飼料の嗜好特性についても研究している。最近ではシンクロトロン (Canadian Light Source)を利用した飼料のタンパク質と炭水化物特性の解明について、最新の手法を用いた研究にも取り組んでいる。酪農・農業開発のプロジェクトにも取り組み、28カ国において講演活動も行っている。教育活動においてはこれまでに52名の修士および博士課程の大学院生の指導も行っている。

司会進行：北海道アルバータ酪農科学技術交流協会 事務局長 堂地 修

13:00 開 会

開会あいさつ：北海道アルバータ酪農科学技術交流協会 副会長 金川 幹司

13:05 セミナー 高泌乳達成のための飼養管理

デイヴィッド・クリステンセン 教授

通訳：加藤和代 氏

途中休憩有

16:30 質 疑 応 答

17:00 閉 会

閉会あいさつ：北海道アルバータ酪農科学技術交流協会 常任理事 干場信司

高泌乳達成のための飼養管理

David A. Christensen, Peiqiang Yu and Marlene Fehr

サスカチュワン大学 家畜・家禽学科

はじめに

高レベルの牛乳生産を達成し、それを維持することは、高収益を上げるための重要な要因である。最も重要な点は牛の栄養要求量を充足することであるが、飼料給与管理および飼料の品質とその組成の知識も重要な要素である。飼料への自由なアクセス、照明管理、嗜好性と飼料選択性、飼料の物理的特性、カウコンフォート、水質と水への自由なアクセスも重要である。産乳量に関する遺伝的潜在能力は過去 50 年間で倍増し、成牛の体も大きくなっている。成牛の大型化は牛舎設計ならびに飼料給与法にも変化をもたらした。粗飼料の品質は乳牛の健康とその生産性を維持するために極めて重要な要因である。粗飼料の品質については多くの報告があるため、本稿ではその一部の側面について述べる。

飼養標準

初期に広く用いられていた乳牛の飼養標準はドイツの Weende 研究所で開発された。これは時代とともに改良され、Henry and Morrison (1917) によって Wolf-Lehman 飼養標準として発表された（表 1）。

長年 Morrison (1958) により改訂され、最終的に US-NRC 飼養標準になった。初期のころは J. K. Loosli を筆頭執筆者として 1945 年に発表された。その後改訂版が NRC によって 1956、1978、1989 および 2001 年に発表された。1993 年には、Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) がコンピュータモデルとして使用されるようになった。2006 年には、市販版の Cornell-Penn-Miner (CPM-Dairy) モデルが発売された。これは CNCPS モデルの改良版をベースにしている。1917 年から 1989 年の間に維持粗蛋白質量にわずかな変更があったが、2001 NRC および CPM モデルでは大幅な増加があった。可消化粗蛋白質を Wolf-Lehman および 1945 NRC 標準における粗蛋白質に変換し、さらに CPM モデルにおける代謝蛋白質に変換するには、いくつかの条件が必要である。NRC 1956 では維持 TDN 量が減少し、その後増加した。カルシウム量およびリン量は上昇傾向を示している。粗蛋白質に対する乳量要求量は 1989 年以降減少し、4% 脂肪乳 1 kg 当たりの TDN は 1978 年以降ほぼ一定であった。エネルギー変換を行う際に NRC 1989 の変換式に基づいて、カルシウム量およびリン量は 1956 年以降増加していた。表 1 は重要な養分に関する傾向をまとめたものである。NRC 1989 に基づく Spartan 乳牛プログラムがカナダ西部ではまだ広く用いられているが、多くの飼料業界の栄養学研究は CPM-Dairy プログラムまたは飼料会社によるその修正版を採用している。NRC 2001 は重要な技術指針として用いられているが、主要な飼料評価・配合設計プログラムとしてはまだ業界では広く用いられていない。このモデルは高レベ

ルの牛乳生産（産乳量：60 kg/日）においては、飼料の正味泌乳エネルギー（NEL）量が低く評価され、そのため現実的には食べきれない程の高い乾物摂取量として算定される（Robinson, 2007）。NRC Dairy 2001 を用いて飼料のエネルギー値を推定するためには、乾物、粗蛋白質（CP）、酸性デタージェント纖維（ADF）、酸性デタージェント纖維粗蛋白質（ADFCP）、中性デタージェント纖維（NDF）、中性デタージェント纖維粗蛋白質（NDFCP）、エーテル抽出物、灰分およびリグニンの分析を行い加工調整要因（processing adjustment factor）（PAF）で補正を行う必要がある。すなわち可消化養分総量（TDN）値を求め、正味エネルギーおよび代謝エネルギーに変換する。初期 TDN 値は維持エネルギー摂取量（TDN_{lx}）であり、飼料 TDN id が 60%以上の場合には飼料摂取量の増加に伴ってこの値をディスカウントする。3 倍の維持量におけるディスカウントは約 12%である。ディスカウントの式は以下のとおりである。

$$\text{ディスカウント} = (\text{TDN}_{lx}) - [((0.18 \times \text{TDN}_{lx}) - 10.3) \times \text{摂取量}] / \text{TDN}_{lx}$$

摂取量は維持量の倍数として表される。最近 Robinson (2007) がこのディスカウントシステムの妥当性について評価した結果、NEL 飼料濃度の予測に不正確であることが明らかになった。この知見は過去の研究論文の 92 種類の飼料に基づくものである。予想されるレベルの乾物摂取量および予想産乳量正味泌乳エネルギーを用いるほうが、飼料正味泌乳エネルギー量を正確に推定できる。

表 1. 乳牛の飼養標準の発達

維持 650 kg 牛	粗蛋白質 g/d	TDN kg/d	カルシウム g/d	リン g/d
Wolf-Lehman 1917	476	5.4	---	---
US-NRC, 1945	504	5.00	14	14
US-NRC, 1956	694	4.33	11.2	11.2
US-NRC, 1978	515	4.53	22	18
US-NRC, 1989	428	4.51	26	19
US-NRC, 2001	1.30	(4.51)	21	27
CPM-Dairy, 2006	1.34	(4.73)	(60)	(41)
産乳量				
1 kg、4%脂肪	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Wolf-Lehman 1917	39	0.157	---	---
US-NRC, 1945	45	0.32	1.0	0.70
US-NRC, 1956	32	0.145	1.0	0.70
US-NRC, 1978	87	0.326	2.70	1.80
US-NRC, 1989	90	0.322	3.21	1.98
US-NRC, 2001	66	(0.324)	1.72	1.58
CPM-Dairy, 2006	68	(0.324)	(2.48)	(2.06)

飼養標準のモデル予測

維持および泌乳に必要な養分要求量を計算するためのコンピュータモデルが数多く存在する(表2および3)。

表2. 48か月齢の650 kg ホルスタイン牛(維持、BCS 3.0、20°C、非妊娠)の各飼養標準値

	DM	DE	ME	NEL	TDN
US-NRC Dairy, 1988	8.0	22.2	18.9	11.4	5.0
Spartan	13.0	-	-	13.0	-
CPM Dairy	13.0	-	18.7	-	-
US-NRC Dairy, 2001	12.8	-	17.3	10.3	-
Cowbytes	13.1	26.9	-	-	6.1
US-NRC Beef, 1996	13.3	-	-	14.2	-

表3. 第2産泌乳期650 kg ホルスタイン牛(40 kg 日乳量: 3.6%脂肪および3.2% CP BCS 3.0, 20°C)の各飼養標準値

	DM	DE	ME	NEL	TDN	CP	MP	Ca	P	Vit A
US-NRC Dairy, 1988	23.4	75.6	65.9	39.2	17.2	3831	-	150	95	49.4
Spartan Dairy	24.8	-	-	38.2	-	3800	-	162	102	97.0
CPM Dairy	23.5	-	62	-	-	-	2763	161	100	79.0
US-NRC Dairy, 2001	26.0	-	-	38.3	-	-	2649	70(A)	62(A)	71.5

(A)、利用可能なカルシウムおよびリン

NRC Dairy 1989 では、最近の他のモデルと比較して乾物摂取量を低く予測している。泌乳期について NRC Dairy 2001 は最も高い推定値を与え、これはサスカチュワントマト大学乳牛群における飼料摂取量と合致している。乳量 40 kg (3.6% 脂肪乳) の維持+泌乳の正味泌乳エネルギー量は、NRC Dairy 1989 および 2001、Spartan ならびに CPM Dairy で同程度である (38.2~39.2 Mcal)。CPM Dairy と NRC Dairy 2001 では、この生産レベルについては同等の代謝蛋白質量を算定している。これら 2 つのプログラムは、牛乳生産の制約要因を特定するための多くの有用な情報を得ることができるが、そのためには総合的な飼料情報を必要とする。両モデルとも、特定の飼料分析に基づいて修正可能な多量の飼料組成データベースが用いられている。飼料給与に関する重要な課題の 1 つは、乾物摂取量のレベルを最大限にすることである。NRC Dairy 2001 および CPM Dairy モデルでは、ミネラル利用能の推定値を用いている (表 4)。摂取可能なミネラル量は飼料成分によって変化しないが、飼料ミネラルレベルの総量はミネラルの供給源とその利用能によって大きく変動する。

表4. ミネラル利用能

		利用可能率%
カルシウム	牧草	30
カルシウム	濃厚飼料	60
カルシウム	石灰岩	70
カルシウム	塩化物	95
カルシウム	Dical Phos	94
リン	牧草	64
リン	濃厚飼料	70
リン	Dical Phos	80
マグネシウム	牧草	16
マグネシウム	Magox	70
カリウム	牧草	90
銅	牧草	4
銅	硫酸イオン	5
マンガン	牧草	0.75
マンガン	塩化物	1.2
亜鉛	牧草	15
亜鉛	硫酸イオン	20
セレン	牧草	100

NRC Dairy, 2001

乾物摂取量

泌乳牛が高い乾物摂取量とエネルギー摂取量を得ることは、高泌乳量と健康を維持するために不可欠である。飼料摂取量に及ぼす影響については Allen (2000) および Allen および Bradford (2006) が総説している。

粗飼料については多くの文献で広く論じられているため、本稿では一部の側面についてのみ述べる (Mertens, 1997; Hall, 1999; Yu ら, 2003; Robinson, 2006; および Zinn および Ware, 2007)。

Varga (1998) は NDF を飼料摂取量に対する制限要因であるとして、Mertens が当初発見した体重の 1.2%を最大飼料摂取量と報告した。Varga の総説によると、TMR 中の粗飼料 NDF 摂取量が体重の 1%を超えることはまれであると報告している。Allen (2000) は、25%以上の NDF を含む飼料において、NDF が飼料摂取量を制限する場合が多いと結論している。粗飼料の理論的な切断長が 1 cm 以下の場合に飼料摂取量が増加することが明らかになった。牧草 NDF 消化率が 1 単位上昇すると乾物摂取量が 1 日 0.17 kg 増加することも明らかになった。発酵が早いと粗飼料粒子の水和が急速かつ多量に起こる。マメ科牧草中の NDF はイネ科牧草より飼料摂取量に対する制限が少ないと考えられる。ある研究では、サイレージの摂取量は乾草などと同じような粗飼料よりも少なかった。これはサイレージ中に含まれるアンモニアおよび酪酸によるものである。

粗飼料 NDF 以外にも多くの要因が乾物摂取量に関連している。高脂肪飼料は乾物摂取量を低下させる。これは、少量の飼料によってエネルギー要求量が満たされるか、あるいは脂肪が微生物

発酵を妨げるためであると考えられる。Allen (2000) も、脂肪がコレシストキニン (CCK) 放出を刺激して満腹感をもたらし、胃の運動性を低下させると述べている。飼料摂取量に対する脂肪供給源の影響については一定の結果は得られていない (Choi ら, 2000)。

飼料中の蛋白質含量が 18% (乾物換算) までは飼料摂取量が増加し、それ以上のレベルでは影響がないかまたは減少傾向にあること示した報告がある。一方、飼料中のアミノ酸のアンバランスは摂取量を減少させる。飼料または唾液に由来する生物活性ペプチドが胃運動性を低下させると考えられているが、その重要性は不明である。ある種の植物成分が嗜好性と飼料選択性に影響することが知られている。また、ナトリウムまたは他のミネラルの摂取によって第一胃液の浸透圧が上昇しても満腹感が得られて飼料摂取量が減少する。

第一胃内 pH および慢性/急性アシドーシスは飼料摂取量の減少に関連している。1 日平均 pH が 5.7 以下になると飼料摂取量が減少する。第一胃内 pH の低下は高い第一胃内発酵澱粉レベルによると考えられる。反芻動物以外では、血中グルコースの増加が満腹感に関連している。反芻動物では、第一胃によるプロピオノン酸の産生・吸収の増加が満腹感および飼料摂取量の減少をもたらす。Allen および Bradford (2006) は、第一胃内発酵澱粉摂取量が増加すると乾物摂取量が 13% 減少し飼料のカサも減少したことを示した研究について総説している。Allen および Bradford (2006) は、肝臓内でのプロピオノン酸の酸化がアセチル CoA の酸化および ATP の産生によって満腹感をもたらすという肝酸化理論を提唱した。第一胃から小腸への澱粉消化のシフトは、プロピオノン酸産生を減少させて飼料摂取量を増加させる。しかし、分娩前後にはエストロゲン産生の増加、循環インスリンの減少、脂肪組織インスリン感受性の低下、脂肪分解および脂肪酸酸化の亢進ならびに非エステル化脂肪酸 (NEFA) の蓄積が起こる。この状況下では、プロピオノン酸ではなくある種のグルコース前駆体が NEFA の除去、脂肪分解の抑制および飼料摂取量の増加をもたらす働きをする。この理論には今後の研究による裏付けが必要である。飼料摂取量に対するこれらの栄養・代謝の影響以外にも、飼料摂取量に影響する要因が数多く存在する。

嗜好性と飼料選択性

食欲は空腹または飼料への欲求と定義することができる。嗜好性は食事を摂る際の活力である。嗜好性は飼料摂取速度 (g/min) として測定される。選択性は、数種類の飼料がある場合にどの飼料を好むかということである。

味覚、嗅覚、触覚および視覚に加えて過去の経験や代謝効果が嗜好性および選択性に影響する。ミネラルやビタミン、揮発性化合物、可溶性炭水化物、有機酸、タンニンなどのある種の栄養素も飼料選択性に影響を与える。カビ胞子は摂取量を減少させるが、カビおよび真菌は粗飼料構造を破壊してより早く完全な発酵を可能にし、摂取量を増加させる。

Mayland (2002) は、日没時に刈り取ったアルファルファ乾草が日の出時に刈り取ったものよりも多量に摂取されることを報告している (表 5)。これは午後に刈り取った乾草のほうが、糖が多く

ADF および NDF 含量が少ないとによるものであった。Mayland はリグニンおよび硝酸イオンが飼料摂取量にマイナスの影響を与えることも明らかにした。これらの試験は米国の北緯 40 度線以南で実施された。カナダ・マニトバ州の北緯 51 度で実施した同様の試験からは、アルファルファ-チモシー乾草を与えた牛の成長、飼料摂取量および飼料効率に対する切断時刻の影響は認められなかった。

表 5. 午後と午前に刈り取ったアルファルファ乾草の差

	PM	AM	確率
粗蛋白質、%	22.4	22.3	0.75
NDF、%	39.6	41.1	0.09
ADF、%	30.4	32.0	0.18
リグニン、%	64.0	67.0	0.08
IVDMD、%	78.2	76.3	0.02
硝酸イオン-N、g/kg	0.73	0.81	0.01
単糖、g/kg	14.3	10.8	0.01
NSC、g/kg	53.2	41.9	0.01

Mayland, 2002

乾草には 100 種類以上の揮発性化合物（通常牧草の約 2 倍）が含まれていることが知られている。破碎、虫害および植物病は保護的に働く化合物の産生を促進する。たとえば、牛は 6-メチル-5-ヘプテン-2-オンに選択性を示すが、3-ヘキセニルプロピオノン酸は嫌う。飼料選択性を測定するためにサスカチュワン大学牛群で使用する研究プロトコールが開発された。たとえば、Kroeker (2004) は生または焼いたヒマワリ種子に牛は選択性を示さないことを明らかにした。泌乳牛は慣れない飼料を摂取したがらない傾向がある。子牛の時期に摂取した飼料は受け入れられやすい。

泌乳牛は TMR 成分を選択的に摂取する優れた能力を示す。多くの牛は粗飼料より濃厚飼料を好むが、サスカチュワン大学牛群では約 20% が粗飼料に選択性を示す。TMR に水を加えて水分を 50% にして粗飼料粒子サイズを慎重に管理することによって牛による飼料の各成分の選別を抑制することができる。

光周期、光強度および飼料給与時刻の役割

光は酪農における重要な要因であり、飼料摂取量、産乳量および衛生に影響を与える。光周期は 1 日の明期と暗期の長さである。光強度はルーメン（ランプからの光出力）に基づくものであり、ルクスは表面上の光強度の指標である。1 ルクスは 1 ルーメン/m² に相当する。牛舎のフリーストール区域には 200 ルクスの照明が必要であり、搾乳室には最低 500 ルクスが必要である。暗期は 5 ルクスであり、耳標および発情牛は 10 ルクスで識別することができる。太陽光は 35,000～100,000 ルクスである。光周期は乳組成および体細胞数に影響を与えないが、飼料摂取量および産乳量には影響を与える。明期・暗期 12 時間と比較して明期 18 時間・暗期 6 時間は、産乳量を 1 日 2 kg 増加させ飼料摂取量を 2.3% 増加させる (Dahl ら, 2000)。光の影響は松果体を介したもの

であり、インスリン様成長因子 1 (IGF-1) の血漿中濃度の上昇を伴う。Dahl が報告したすべての試験は 39 度線以北で実施された。Auchtung ら (2004) は、短光周期（明期 8 時間・暗期 16 時間）に 2 か月間曝露した牛は長光周期（明期 16 時間・暗期 8 時間）の場合と比較して分娩後 16 週間の飼料摂取量が多く、産乳量も多い傾向があることを報告した。これは 10% の確率レベルであった。4~8 週目の産乳量の増加（約 4 kg）は有意であった。乳組成に対する影響はなかった。いくつかの指標による免疫反応の改善が報告されている。

乳牛の飼料給与回数については広く研究が行われている。Mantysaari (2006) は文献を検証して、1 日 2~6 回の飼料給与による影響が一定でないことを示した。一部の試験では飼料給与回数が多いほど飼料摂取量が多くなっていたが、最大飼料摂取量は 1 日 1 回給与によって達成されることが最近明らかになった。頻繁な飼料給与は休息時間を減少させ、総飼料摂取量も減少させる。Kennedy (2004) はマニトバ州（北緯 49.8°・西経 100°）で、未経産肉牛を用いた飼料給与試験において、寒冷条件では夕刻の 1 日 1 回給与が朝の 1 日 1 回給与と比較して増体を 10%、飼料効率を 9% 改善させる（ただし温暖条件では改善させない）ことを明らかにした。

飼料給与回数と時刻の影響については、カナダ・マニトバ大学の Nikkhah (2007) らが詳細に総説している。泌乳牛（ホルスタイン種）の試験において、Nikkhah (2007) は 9 時と比較して 21 時の 1 日 1 回飼料給与が飼料摂取量および 4% FCM 乳量を増加させることを明らかにした。温度は 20°C に維持し、光周期は明期 18.75 時間・暗期 5.25 時間であった。ピーク飼料摂取量は給与後 3 時間であった。粗蛋白質、ADF、NDF および乾物の消化率は未経産牛でも経産牛でも 21 時の飼料給与によって上昇した。給与後 2 時間の血中グルコースは 21 時に給与した場合のほうが低かった（表 6）。

表 6. 9 時と 21 時の 1 日 1 回飼料給与の産乳成績への影響 (Nikkhah, 2007)

項目	経産		未経産	
	9 時	21 時	9 時	21 時
乾物摂取量	20.4b	20.6b	18.5a	20.4b
産乳量 4% F	32.1b	34.8a	26.3d	28.8c
脂肪、kg/d	1.05b	1.22a	0.89c	1.00b
蛋白質 kg/d	1.11	0.97	0.93	0.98
DM dig %	60.8b	62.8a	60.2b	62.8a
NDF dig %	45.2b	49.9a	44.5b	49.6a

血中グルコースは 9 時に給与した場合が 3.2% 高かった (75 mg/dL 対 72.7 mg/d)

水質および基準

水は乳牛にとって最も重要な栄養素の 1 つである。高品質の水が十分に摂取されないと、飼料摂取量が制限され泌乳量が減少する。水質は乳組成およびヒトの飲用としての安全性にも影響を与える。

地球上の水の総量は莫大であるが、真水は 2.5%に過ぎず 97.5%が海水である。地球上の真水の総量（2.5%）のうち、29.9%が地下水、0.3%が淡水湖および川の水、0.9%が土壤、湿地および永久凍土に含まれる水分であり、68.9%が氷河および万年雪に存在する。世界の水資源量の大半は地表への降雨である。日本の降水量が年間平均水資源量（ 430 km^3 ）に相当する。取水量は 90 km^3 であり、そのうち 64%が農業用、19%が家庭用、17%が工業用である。水質は綿密にモニターし、サンプルの 93%は国家基準を満たしている。ヒ素、硝酸塩およびフッ素がときに基準を超過していることがある。NRC Dairy 2001 では牛用の水質ガイドラインを示している（表7および8）。塩度が総固形物の 3000 mg/L 以下の水は、牛が飲水としてもほとんど問題にはならない。

表7. 家畜用の水質ガイドライン

項目	推奨上限 (ppm)	
	カナダ, 1987	NRC, 2001
主要イオン		
カルシウム	1,000	----
硝酸イオン-N + 亜硝酸イオン-N	100	44
亜硝酸イオン-N	10	10
硫酸イオン	1,000	500
重金属および微量イオン		
アルミニウム	5.0	0.5
ヒ素	0.5	0.05
ベリリウム	0.1	-
ホウ素	5.0	5
カドミウム	0.02	0.005
クロム	1.0	0.1
コバルト	1.0	1.0
銅	5.0	1
フッ化物	2.0	2.0
鉛	0.1	0.015
水銀	0.003	0.01
モリブデン	0.5	-
ニッケル	1.0	0.25
セレン	0.05	0.05
ウラン	0.2	-
バナジウム	0.1	0.1
亜鉛	50.0	5.0

水質ガイドライン作業部会, 1987

国立研究機構 (NRC), 2001

表8. 家畜・家禽用食塩水の使用の指針

水の総可溶性塩含量 (mg/L)	コメント
1,000 以下	これらの水は塩度が比較的低く、あらゆる家畜・家禽に重大な負荷を与えない。
1,000 - 2,999	これらの水は条件を満たしている。これらは慣れていない動物に一過性で軽度の下痢を引き起こすことがある。
3,000 - 4,999	これらの水は慣れていない動物に拒否されることや一過性の下痢を引き起こすことがある。水分摂取量が最大に達しないため、家畜・家禽の成績が最適以下となることがある。
5,000 - 6,999	これらの水を妊娠動物または泌乳期動物に与えてはならない。最高の飼養成績が要求されない場合に、ある程度安全に与えることができる。
7,000 - 10,000	これらの水を牛に与えてはならない。健康問題や生産性低下が生じる。

国立研究機構（NRC）, 2001

水分要求量は主に乾物摂取量と泌乳量によって決定される。飼料中の蛋白質と塩の含量および1日の温度も摂取量に影響を与える。NRC Dairy 2001 では、摂取量を推定するいくつかの公式を示している。

泌乳牛は1日に100 L以上の水を消費するが、乾乳牛/非搾乳牛の水分摂取量は40 L以下である。牛は一般に搾乳直後に水を必要とする。すぐに飲水できないと飼料摂取量が減少し、泌乳量も減少する。

推定水分摂取量

1日1頭当たりのL数

$$\begin{aligned}
 L = & 15.99 + (2.15 \times \text{乾物摂取量, kg/day}) \\
 & + 0.90 \times \text{産乳量, kg/day} \\
 & + 0.05 \times \text{ナトリウム摂取量, g/day} \\
 & + 1.20 \times \text{日最低体温, C}
 \end{aligned}$$

NRC Dairy, 2001

硬水は60 mg/L以上のカルシウムまたはカルシウム+マグネシウムを含有する。硬水は界面活性剤の効果を低下させるが、ミネラル要求量を満たすには有用である。水中の有毒ミネラルは牛乳中の汚染物質として問題であるばかりでなく、組織への蓄積によってヒトに対する肉製品の安全性という牛の生産成績に影響を与える。

産乳量試験における養分レベル、飼料特性および飼料効率

市販の乳牛用飼料中の養分レベルは現行の要求量と若干異なる場合が多い。サスカチュワン大学生群の飼料に用いられている栄養レベルは、NRC Dairy 1989 および 2001、CPM Dairy モデルならびにカナダ西部の飼料会社で用いられている方法などの様々な情報ソースに由来する（表9）。実験室での分析ができる場合は、その結果によって飼料組成を決めている。各地の飼料組成データベースも数多く利用できる。様々なプレミックスが市販されており、飼料中の仮の栄養レベルに応じて使用できる。サスカチュワン大学では、約 30% ディスクアントしたヒストリック（歴史的）飼料分析法に基づいて乳牛用プレミックスを開発した（表10）。このプレミックスは、多くの市販サプリメントよりマイクロミネラルのレベルが低く抑えてある。その理由は、第一胃内微生物に対する高レベルでの毒性作用を示した Barnet および Reid (1961) および Martinez および Church (1970) の報告に基づいている。

表9. 泌乳牛の TMR 栄養ガイドライン
サスカチュワン大学 (40 kg 日乳量 : 3.7% 脂肪)

項目	乾物中の量	項目	量 (DM)
乾物, kg	24-26	カルシウム, % DM	0.9-1.1
牧草, %DM	49-53	リン	0.46-0.5
粗蛋白質, %	17.5 18.5	マグネシウム	0.3-0.4
RUP, %CP	30-35	カリウム	0.9-1.4
MP, %DM	10.5-11	ナトリウム	0.3-0.45
RDP, %DM	9.7-9.8	塩素	0.3-0.4
NEL, Mcal/kg DM	1.57-1.63	硫黄	0.22-0.25
ADF, %DM	19-21	コバルト, mg/kg	0.3-0.35
NDF, %DM	30-35	銅	12-20
NFC, %DM	33-39	マンガン	60
澱粉, %DM	23-27	亜鉛	80
糖, %DM	5-9	ヨウ素	0.9-1.4
エーテル抽出物, % DM	3-5	セレン	0.3
乾乳後期 (late dry) および必乳初期 (early fresh) 牛用のビオチン、コリンおよびナイアシン		Vit A, 1000 IU/day	100-200
		Vit D	25-35
		Vit E	1000

表 10. ミネラル・ビタミンプレミックス組成
サスカチュワン大学配合設計

養分	%	加える場合のある他の養分
カルシウム %	16	
リン %	8.0	ルメンシン, 22 mg/kg DM
塩化物 %	10.4	ナイアシン, 6 - 8 g/day
ナトリウム %	7.6	炭酸水素ナトリウム, 200 g/day
カリウム %	1.8	酵母
硫黄 %	1.0	追加ビタミン E
マグネシウム %	4.5	コリン
銅 ppm	535	ビオチン
亜鉛 ppm	2100	
マンガン ppm	1500	
鉄 ppm max	1050	
セレン ppm	16	
ヨウ素 ppm	45	
コバルト ppm	16	
ビタミン A '000 i.u.	330	
ビタミン D '000 i.u.	60	
ビタミン E i.u.	2500	

濃厚飼料の 3%に配合

表 11 に示す飼料は、サスカチュワン大学牛群での多くの飼料給与試験における対照試料として使用したものである。アルファルファ乾草および大麦サイレージの割合は、纖維および蛋白質の含量に応じて調整する。市販の飼料では大麦が唯一の穀物として使用されることが多い。トウモロコシも唯一の穀物として使用される。大麦を少量の小麦およびエンバクと配合するとトウモロコシと同等の生産性が得られることが明らかになっている。CPM Dairy モデルを用いた多くの産乳量試験によって、キャノーラミール、大豆ミール、トウモロコシグルテンミールおよび小麦ジスティラーズ・グレイン (wheat distillers grain) (WDG) の配合が、高い生産性を支えることが明らかになった。脂肪酸のカルシウム塩、キャノーラ油およびエクストルーダ処理（注：飼料をエキストルーダによって蒸煮、粉碎したもの、安宅）した高脂肪製品はエネルギー摂取量を調節するために使用する。カナダ西部の高い熱単位 (heat unit) 地域の一部ではトウモロコシサイレージが生産可能であるが、アルファルファ乾草/サイレージまたは大麦サイレージが広く使用されている。大麦サイレージは NDF 含量が高く摂取量を制限する傾向があり、飼料摂取量を最大化するためにアルファルファを配合して使用が多い。

表 11. 標準的な乳牛管理研究飼料
サスカチュワン大学
高生産 TMR - 50:50 粗飼料・濃厚飼料

40 kg 日乳量の TMR 成分 (乾物)		12 kg 濃厚飼料	%
6 kg	大麦サイレージ	大麦	57.00
		小麦	3.40
		燕麦	5.00
12 kg	アルファアルファ乾草 乳牛用濃厚飼料 7.8 kg 穀粒 4.2 kg サプリメント	キャノーラミール	10.50
		大豆ミール	9.60
		小麦 DDG	4.30
		トウモロコシ GM	2.40
		Mini-Vit プレミックス	3.00
		糖蜜	2.10
		Co-I 塩	0.70
		キャノーラ油	0.50
		Golden Flake	0.80
		その他*	0.70
*バッファー、Dynamate、ナイアシン、香料			

キャノーラミールおよび大豆ミールの代わりにエンドウ豆濃厚飼料（20%代替）を使用して、対照飼料と等しい 43 kg 日乳量(3.5%脂肪調整乳量)の生産性を維持してきた（表 12）。NRC Dairy 2001 モデルではエンドウ豆飼料についての予想産乳量が低く評価されていたため、これは意外な結果であった。その理由として、第一胃内微生物蛋白質が予想より多かったことが考えられた。エンドウ豆蛋白質は非常に溶けやすいが、可溶性蛋白質の分解速度はほとんど注目を集めていない（表 13）。Hedqvist および Uden (2006) は、可溶性エンドウ豆蛋白質の分解速度がカゼインの 100%に対して 1 時間当たり 39%であり、可溶性大豆ミール蛋白質では 1 時間当たり 46%であることを明らかにした。

表 12. 微粉化エンドウ豆給与の産乳量に対する影響

	処置		
	対照	生エンドウ	微粉化エンドウ
産乳量, Kg/d			
実値	40.8	41.1	40.8
3.5% FCM	43.1	43.3	41.8
残存性, %	93.9	92.6	90.2
組成, %			
脂肪	3.86	3.84	3.68
蛋白質	3.13	3.14	3.13
乾物摂取量, kg/d	27.5	27.2	28.1

Jackman, M.Sc.論文, サスカチュワン大学

表 13. 蛋白質分画と分解速度

CPM フラクション	説明	第一胃内分解速度 (%/h)	組成 (% of CP)			
			大麦	エンドウ	キャノーラ	大豆粕
A	可溶性の NPN および ペプチド	瞬間	1	7	11	11
B1	不溶性の蛋白質およ び細胞内容物	200~300	16	68	21	9
B2	不溶性の細胞内容物	5~15	75	23	57	77
B3	不溶性の細胞壁	0.1~1.5	3	0	4	1
C	細胞壁、摂取不可能 なリグニン結合 N	0	3	1	6	2

*CPM 乳牛モデルから改変

脂質はいくつかの理由から乳牛用飼料に添加される。油は埃を防ぐ目的やペレット化に必要なエネルギーを減少させるために加える。また、エネルギー源として、乳脂肪酸組成を変化させるため、あるいは免疫系や繁殖性を改善するためにも脂肪を加える。ヒトおよび牛に有用な健康増進脂肪酸としては、オレイン酸、CLA、オメガ-3 脂肪酸などがある。亜麻、キャノーラ、大豆およびその他の植物油の効果が多く報告されている (Petit, 2002)。オメガ-3 脂肪酸含量を増加させるために、魚油を牛に与えるかミルクに直接加えられている。キャノーラ、亜麻、大豆およびアルファルファをベースとしたエクストルーダ処理製品がサスカチュワン大学および地元の飼料会社で開発された。135°C でのエクストルーダ処理はバイパス蛋白質およびバイパス脂肪を増加させ、細菌数を大幅に減少させる。蛋白質含量は 32%、エーテル抽出物は乾物の 22% である。31~200 日間の飼料給与試験において、対照飼料と比較して産乳量 (38 kg/day) は維持されるか増加し、乳組成は維持されていた (表 14)。乳脂肪酸組成はオレイン酸、CLA およびオメガ-3 脂肪酸の増加によって好ましい変化を示した (表 15)。

表 14. エクストルーダ処理製品 (DairyPro) を用いた産乳試験結果

	対照	DairyPro
産乳量, kg/d	37.7b	38.6b
3.5% FCM	37.6a	39.4a
乳脂肪, %	3.54	3.61
脂肪収量, kg/d	1.31	1.40
乳蛋白質, %	3.30a	3.27a
乳蛋白質, kg/d	1.25	1.26
重量変化, g/d	142	-29
乾物摂取量, kg	26.7	26.0

1.5 kg の DairyPro を毎日与えた。

DairyPro の組成は 65% 大豆、10% 亜麻種子、10% エンドウ豆、5% キャノーラ種子および 10% アルファルファである。

表 15. エクストルーダ処理製品 (DairyPro) の乳脂肪酸組成に対する影響

脂肪酸	対照	DairyPro
	飼料	飼料
C10:0 デカン酸	2.15	2.21
C12:0 ラウリン酸	4.33	3.55
C14:0 ミリスチン酸	14.2	12.5
C16:0 パルミチン酸	36.8	31.4
C16:1 パルミトレイン酸	1.76	1.56
C18:0 ステアリン酸	10.8	13.5
C18:1 オレイン酸	19.4	25.4
C18:2 リノール酸	2.09	2.62
C18:2 CLA	0.51	0.99
C18:3 α -リノレン酸	0.49	0.75
EPA + DPA + DHA	0.13	0.26

EPA, エイコサペンタエン酸 (20:n-3)

DPA, ドコサペンタエン酸 (22:5n-3)

DHA, ドコサヘキサエン酸 (22:6n-3)

サスカチュワン大学, 未発表データ

新しい飼料分析法

大半の飼料分析システムは湿式化学法によっている。過去 30 年間でこれらは専門化が進み、乳牛用には第一胃および消化管を用いるようになっている。これらの湿式化学法は飼料の細胞構造を破壊し、蛋白質、化学物質および炭水化物の物理的関係や相互作用を壊してしまう。シンクロトロン光学法を用いることによって養分の物理的関係および相互作用を明らかにすることができる (Yu, 2003)。これは、赤外線反射および数学解析（フーリエ変換など）を利用した革新的な手法である。

まとめ

栄養学的知識および飼養・管理方法は産乳能力が遺伝学的に改良された乳牛の要求量を満たすべく過去 100 年間で大きく前進した。飼養標準の理解は重要であるが、飼料特性や牛の飼養行動を理解して牛の環境やカウコンフォートを満たすことも極めて重要である。

参考文献

- Allen. M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. dairy. Sci.* 83:1598-1624.
- Allen M.S. and B. J. Bradford. 2005. The cow as a model to study food intake regulation. *Annu. Rev. Nutr.* 25:523-547.
- Allen M.S. and B. J. Bradford. 2006. From the liver to the brain: Increasing feed intake in transition cows. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Barnett A. J.G, and R. L. Reid. 1961. The minerals involved in rumen function. Page 170 in *Reactions in the Rumen*. Edward Arnold, London.
- Choi, B. R. D. L. Palmquist and M. S. Allen. 2000. Cholecystokinin mediates depression of feed intake in dairy cattle fed high fat diets. *Domestic Animal Endocrinology*. 19: 159-175.
- Dahl, G. E., B.A. Buchanan and H.A. Tucker. 2000. Photoperiodic effects on dairy cattle: A review. *J Dairy Sci.* 83:885-893.
- Environment Canada. 1987. Canadian Water Quality Guidelines. Task Force on Water Quality Guidelines of the Canadian Council of Resource and Environment Ministers, Ottawa, Canada.
- Fisher, D. S., H. F. Mayland and J.C. Burns. 2002. Variation in ruminant preference for alfalfa hays cut at sunup and sundown. *Crop Sci.* 42:231-237.
- Hedqvist, H. and P. Uden. 2006 Measurement of soluble protein degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 126:1-21.
- Hall, M. B., W.H. Hoover, J.P. Jennings and T.K.M. Webster. 1999. A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. *J. Sci. Food Agric.* 79:2079-2086.
- Henry W. A., F. B. Morrison. 1917. Feeds and feeding: A handbook for the student and stockman. 17th Edition. The Henry-Morrison Company, Madison, Wisconsin.
- Ingvartsen, K. L. and J. B. Andersen. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *J. dairy Sci.* 83:1573-1597.
- Jackman, J. A., 2001. Processing of feed protein sources to improve milk yield and composition in dairy cows. M.Sc. Thesis. 103pp. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
- Kennedy, A.D., R.D. Bergen, T.J. Lawson, J. A. Small, and D. M. Veira. 2004. Effects of evening feeding and extended photoperiod on growth, feed efficiency, live carcass traits and plasma prolactin of beef heifers housed outdoors during two Manitoba winters. *Can. J. Anim. Sci.* 84:491-500.
- Martinez A. and D. C. Church. 1970. Effect of various mineral elements on in vitro rumen cellulose digestion. *J. Animal Sci.* 31:982-990.
- Mayland, H. F., R.A. Flath and G. E. Shewmaker. 1997. Volatiles from fresh and air-dried vegetative tissues of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.): relationship to cattle preference. *J. Agric. food Chem.* 45:2004-2210.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463-1481.

- Morrison, F. B., 1958. Feeds and Feeding: a handbook for the student and stockman. The Morrison Publishing Co., Ithaca, New York.
- National research Council. 1945. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Number 2. Natl. Acad. Sc., Washington, DC
- National research Council. 1956. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Number 3. Natl. Acad. Sc., Washington, DC
- National research Council. 1978. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 5th rev. ed. Natl. Acad. Sc., Washington, DC.
- National research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sc., Washington, DC.
- National Research Council. 1974. Nutrients and Toxic Substances in Water for Livestock and Poultry. National Academy of Sciences, Washington, D.C. USA.
- Nikkhah, A., 2007. Feed delivery at 2100 vs 0900 hours for lactating Holsteins. PhD thesis, University of Manitoba, Winnipeg, Canada.
- Petit, H. V. 2002. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flax seed. *J. dairy Sci.* 85: 1482-1490.
- Soita, H. W., M. Fehr and T. Mutsvangwa. 2005. Effects of corn silage particle length and forage:concentrate ratio on milk fatty acid composition in dairy cows fed supplemental flaxseed. *J. dairy Sci.* 88: 2813-2819.
- Rius, A. G. and G. E Dahl. 2006. Exposure to long-day photoperiod prepubertally may increase milk yield in first-lactation cows. *J. Dairy Sci.* 89: 2080-20-83.
- Robinson, P.H. 2005. The changing role of forage fiber in dairy rations. Proceedings, California Alfalfa and Forage Symposium, December, 2005, Visalia, CA. University of California, Davis.
- Robinson, P. H. 2007. A new look at energy discounts: Using published studies to calculate discounted net energy values for dairy cows fed ad libitum. *Can. J. Anim. Sci.* 87: 57-70.
- Yu, P., J.J. McKinnon, C. R. Christensen and D.A. Christensen. 2004. Using synchrotron FTIR microspectroscopy as a rapid, direct and non-destructive analytical technique to reveal molecular microstructural-chemical features within tissues of grain barley. *J. Agric. Food chem.* 52: 1484-1494.
- Yu, P., D. A. Christensen, J.J. McKinnon and J. D. Markert. 2003. Effect of variety and maturity stage on chemical composition, carbohydrate and protein subfractions, in vitro rumen degradability and energy values of timothy and alfalfa. *Can. J. Anim. Sci.* 83: 279-290.
- Zinn, R.A. and R. A. Ware. 2007. Forage quality: digestive limitations and their relationships to performance of beef and dairy cattle. 22nd Annual Southwest Nutrition and Management Conference, February, 2007. University of California, Davis.

Feeding and Management of Dairy Cows for High Milk Production



UNIVERSITY OF
SASKATCHEWAN

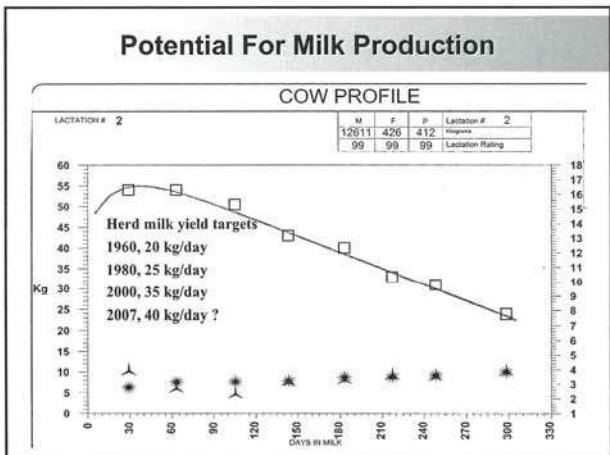
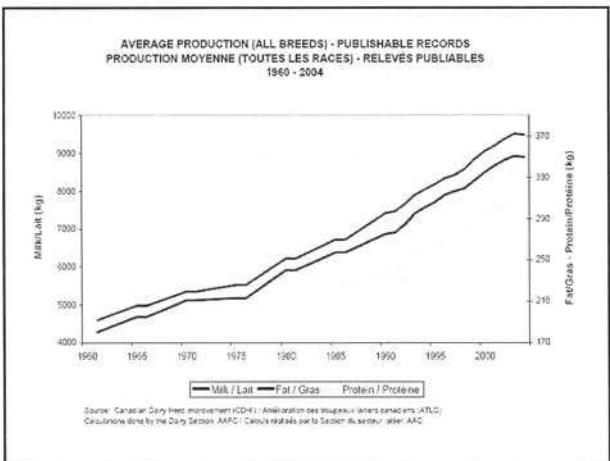
*David Christensen
John McKinnon
Peiqiang Yu*

Eighty Percent of Milk Production is in Ontario and Quebec



The Canadian Dairy Industry: 2005 Statistics

- Population of Canada, 33 million.
- Number of dairy farms, 16,224.
- Cows, 1.07 million, 0.50 million heifers.
- Average herd, 66 cows: western Canada, 110 cows
- Holstein milk yield, Canada 9,624kg, 3.71% fat
 - 10,014 kg, 3.58% fat, 3.17% protein in western Canada.
- \$ 4.8 billion in Canadian farm revenue.
- \$11.5 billion in Canadian retail dairy sales.
- Number of Holstein bulls proven per year, 750.
- Value of dairy cattle exports in 2002, \$130 million.
- Value of semen and embryo exports, \$66 million.



Milk Processing and Utilization in Canada

- There are 460 processing plants in Canada.
- Saputo, Parmalat and Agropur own 15% of Plants but process 70% of milk.
- Agropur is the only large producer owned Coops.
- Fluid milk and cream are 38% of processed milk.
- Fluid milk consumption is 80 Litre per person. Cheese 12 kg and butter 9 kg.

Key Feeding and Management Concepts

- Nutrient requirements and nutrient models.
- Feed dry matter intake
 - Feed, animal and environment factors
 - Palatability and preference
 - Light management
 - Cow comfort.
- Water requirements and quality.
- Practical rations and feed selection
 - Milk yield and composition
 - New methods of feed evaluation.

Development of Nutrient Requirements of Lactating Dairy Cows

Maintenance 650 kg cows	Crude Protein g/d	TDN kg/d	Calcium g/d	Phos g/d
Wolf-Lehman 1917	476	5.4	----	----
US-NRC, 1945	504	5.00	14	14
US-NRC, 1956	694	4.33	11.2	11.2
US-NRC, 1978	515	4.53	22	18
US-NRC, 1989	428	4.51	26	19
US-NRC, 2001	1.30	(4.43)	22	39
CPM-Dairy, 2006	1.34	(4.73)	23	15

Development of Nutrient Requirements of Lactating Dairy Cows

Milk requirement One kg, 4% Fat	Crude Protein g/kg	TDN kg/kg	Calcium g/kg	Phos g/kg
Wolf-Lehman 1917	39	0.157	----	----
US-NRC, 1945	45	0.32	1.0	0.70
US-NRC, 1956	32	0.145	1.0	0.70
US-NRC, 1978	87	0.326	2.70	1.80
US-NRC, 1989	90	0.322	3.21	1.98
US-NRC, 2001	66	(0.324)	2.69	1.34
CPM-Dairy, 2006	68	(0.324)	2.98	1.88

US-NRC 2001 and Other Nutrient Requirement Estimates

- In Canada US -NRC 2001 is not widely used by the feed industry.
- Spartan (Michigan State) is often used by the feed industry field staff.
- The CPM model is used by many senior feed industry nutritionists.
- The Major feed companies have developed their own adaptations of CPM and Spartan.

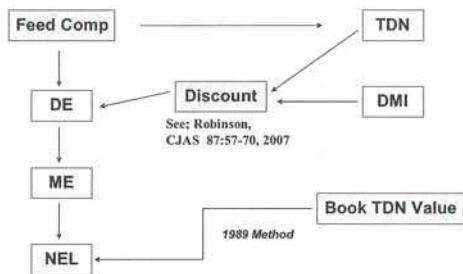
Dry Matter Intake; Lactating Cows

- Inputs; Body weight
Fat corrected milk
Week of lactation
- Higher than 1989 estimate
- No adjustment for Environment
Parity
Diet

Feed Analyses to Estimate Energy Values, US-NRC 2001

Dry matter	ADF (Acid Detergent Fiber)
Crude protein	ADFCP
Ether extract	NDF (neutral detergent Fiber)
Ash	NDFICP
Lignin	PAF (Processing Adjustment)

NRC, 2001 Feed Energy Scheme



Implications of the NRC 2001 Energy Discount System

- The 1978 and 1989 NRC systems discounted intakes by about 4% for each level of maintenance.
- Many cows produce over 60 kg of milk in early lactation. This is about 5x maintenance.
- Estimates of feed intakes can be over 5% of body weight.
- Robinson, CJAS 2007, questions the need to discount diet energy intakes above 3X maintenance.
- Most of the discount research was done with restricted feed intakes rather than free choice.

Effect of the NRC Dairy Energy Discount System

680 kg cow producing 3.70% and 3.2% protein milk

Maintenance requirement, 10.7 Mcal NEL

NEL per kg milk is 0.70 Mcal per kg.

TDN at 1x = 78% in DM (1.79 NEL Mcal/kg)

	NEL Intake X maint	NEL, Mcal per Day	NRC and 1989 Discount	NRC 2001 Discount	Milk kg/day	Feed Required kg/day
1	10.7	1.79	1.70	1.70	0	6.3
2	21.4	1.72	1.70	1.70	15.3	12.6
3	32.1	1.65	1.55	1.55	30.6	20.7
4	42.8	1.58	1.46	1.46	45.8	29.3
5	53.5	1.51	1.38	1.38	61.1	38.8

Based on Robinson, 2007

Nutrient Requirements of a 650 kg Holstein cow
in 2nd lactation producing 40 kg of milk
containing 3.6% fat and 3.2% CP,
BCS of 3.0, 160 days in milk, 20° C

	DM	DE	ME	NEL	TDN
US-NRC Dairy, 1988	23.4	75.6	65.9	39.2	17.2
Spartan	24.8	-	-	38.2	-
CPM Dairy	23.5	-	62	-	-
US-NRC Dairy, 2001	26.0	-	-	38.3	-

Dry Matter Intake, General Influences

- Silage as compared to hay.
- Increasing dietary protein up to 18% of dry matter, no effect if higher.
- Nutrient intake in relation to requirement.
- Excess body condition.
- Days before calving, Days in milk.
- Increased estrogen release.
- Acute stress.

Physical Regulation of Dry Matter Intake

- Neutral Detergent Fiber
reduced dry matter intake if NDF exceeds 25% of ration dry matter.
- Forage particle size and density. Reduced intake if forage particles longer than 1 cm.
- Faster NDF fermentation of dense particles increases intake.
- Dense or fragile forage particles have a faster rate of passage and increase intake.

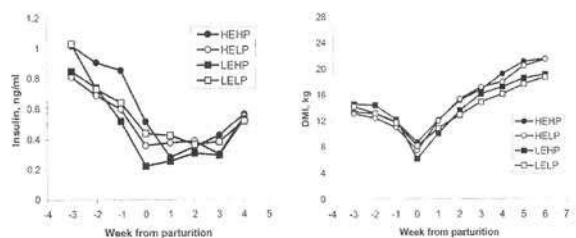
Rumen Effects on Dry Matter Intake

- Low rumen pH reduces intake rate and amount of rumen fermented starch.
- High fat intake, more than 5% of dry matter
 - Release of CCK (Cholecystokinin)
 - Physical effects on feed and microbes
 - Type of fat.
- Bioactive peptides of plant or animal origin.
- Increased rumen fluid osmolality may reduce intake.

Environmental Effects on Dry Matter Intake

- Light regime (Photoperiod)
 - Long day length (light) for high DMI in lactating cows.
 - Shorter day length for dry cows and heifers increases DMI and milk yield in the following lactation.
- Time and frequency of feeding
- Specific information later.

Insulin And Dry Matter Intake at Calving



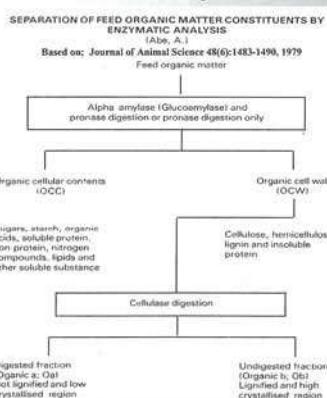
Rations are High Energy-High Protein, High Protein-Low Protein
Low Energy-High Protein, Low Energy-Low Protein

Doepel et al. 2002

Rumen Propionate Production Prior to Calving, and the Hepatic Oxidation Theory of Allen (2006).

- Reduced plasma insulin and insulin adipose tissue sensitivity before calving, leading to increased lipolysis, and increased NEFA and ketones due to limited acetyl CoA synthetase.
- Rumen fermentation of starch increases propionate reaching the liver, leading to satiety and reduced feed intake.

Enzyme Feed Carbohydrate Analysis



Cows Can Selectively Eat Feed Ingredients



Feed Choice and Feed Intake

- Appetite, hunger, desire to eat
- Palatability, vigor with which feed is eaten
rate of feed intake, g/minute
- Preference, feed selection when a choice is offered

Palatability and Preference Factors

- Taste
 - Smell
 - Touch
 - Sight
 - Past experience
 - Metabolic effects
- 
- Soluble carbohydrates
 - Volatile compounds
 - Protein or nitrogen compounds
 - Minerals
 - Carotene
 - Vitamins
 - Organic acids
 - Tannins
 - Silica

BEAUMONT (1933); FACTORS AFFECTING PASTURE PALATABILITY

-
- Plant Species
- Use of fertilizer
- Soil Type
- Stem and Leaf Toughness (Inconsistent)
- Stage of growth
- Chemical composition
- Positive; N, Ca, P, K, Na, Cl, ASH
- Negative; fiber

ALFALFA HAYS CUT AT SUNUP AND SUNDOWN

	Intake, g	Intake, g Rate/min	Time eating Min
PM, Mean	987	108	9.0
AM, Mean	785	117	7.3

Cattle Offered 2 kg of forage for 30 minutes

Mayland, 2002

FACTORS INFLUENCING DRY MATTER INTAKE OF AM AND PM CUT FESCUE HAY BY CATTLE

- Increase preference for PM hay was associated with
 - Total non structural carbohydrate
 - In vitro dry matter disappearance
 - Lower, NDF
 - ADF
 - Cellulose
 - Lignin

Mayland, 1999

MANITOBA PM – AM STUDY

- Alfalfa; no difference in PM – AM composition including non-structural carbohydrate (NSC)
- Timothy; no difference in composition, except for lower AM NSC.
- No differences in intake by Gelbvieh steers or gain or feed conversion

93 % Alfalfa, 7 % Timothy, Cut Sept 11, 1999

INSECT DAMAGE AND FORAGE PREFERENCE

- Crushing or insect damage may release volatile aldehydes and alcohols that inhibit further insect damage.
- Some of these compounds also reduce palatability of forages (3 – Hexenyl propionate and acetate)
- Some of this work has been done with forages, more with fruits, tomato leaves and tobacco

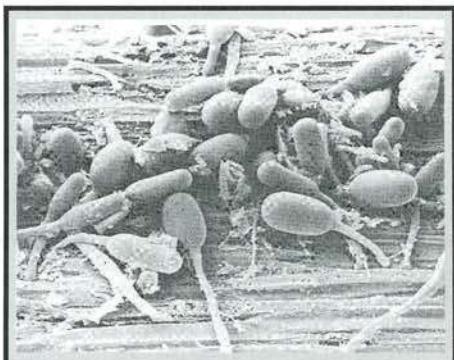
J. Chem. Ecology 19:1875, 1993

WHY DO SOME FORAGES CONTAIN PALATABLE CHEMICALS

- Fresh forages emit up to 50 volatile compounds
- Hay emits over 100 volatile compounds
- These compounds are common to all forages, but the amounts vary with species.
- Cattle like 6-Methyl-5-Hepten-2-one, but not 3-Hexenyl propionate
- Should forages be selected for palatable volatiles
- Do palatable volatiles vary with time of day

J. Agric. Food Chem. 45: 204, 1997

Fungi on Alfalfa Mold cells and spores reduce intake



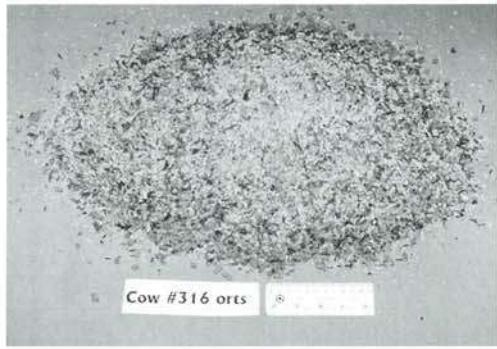
The TMR That Was Fed



This Cow Liked Concentrate



This Cow Liked Forage



Feed Palatability and Preference Summary

- High production dairy cows are very selective in feed choices.
- There are differences in preference for forage species
- Forages cut in the pm may be preferred to those cut in the am. Several reasons. Are there regional differences?
- Forages may contain unpalatable or toxic constituents
- Cows can select forage or concentrate in a TMR, based on particle size, palatability and moisture content.

Photoperiod, Feed Intake and Milk Production

- Photoperiod is defined as the length of light and dark periods each day (long or short days).
- Long photoperiod is typically 16 hours light and 8 hours dark (16h L: 8h D) (simulates summer). Lactating cows.
- Short photoperiod is typically 8h light and 16h dark (winter). Dry cows and heifers.

Light intensity

- Lumen is a measure of the light output from a lamp.
- Lux is a measure of light intensity falling on a surface. One Lux is equal to one lumen per square meter.
- Foot candle (fc) is a measure of the number of lumens per square foot (used mainly in the USA).
- One foot candle = 10.76 Lux.

Recommended light intensities in Lux (Lx) at 1 meter above the floor

- Freestall feeding, resting, areas 200
- Milking parlour: general 200
pit 500
- Milk room: general 200
wash up 1000
bulk tank 1000
- Utility 200
- Office 500
- Perceived as dark by cows 10
Enough light to read ear tags
- Sunlight is 35,000 to 100,000 lux

Impact of Photoperiod on Milk Composition and Performance

- No change in composition or SCC.
- Cows increase feed intake to support higher milk production.
- Cows and heifers consistently respond at all production levels in about 4 weeks.
- The effect is through the pineal gland.
- Works with 2 times or 3 times per day milking.

Short photoperiod management in dry cows and close-up heifers

- Why? Increases milk production 3.2 kg/d for the first 120 d or extended for whole lactation.
- Use short day photoperiod 8h L:16 h D during the dry period in cows or during close-up in heifers
- The minimum period suggested prior to calving is unknown but likely 2-3 weeks.
- At calving switch to long day photoperiod 16 h Light and 8 hours dark.
- Facilities for dry cows and close-up heifers must be separate from main herd for dark photoperiod control – building alteration cost (summer black out problem)

The Effect of Feeding Frequency and Time of Feeding on Feed Intake and Milk Production

- Most experiments have shown no consistent effect of feeding frequency on dry matter intake.
- Frequent feeding may reduce lying time.
- Frequent feeding may reduce sorting.
- One trial found increase digestibility, growth rate and feed efficiency in growing animals fed once daily in the evening.

Effect of Time of Once Daily Feeding on Feed Intake and Milk Production (Nikkhah PhD thesis, 2007)

- Heifers and cows fed at 0900 or 2100 hours for 42 day periods.
- The Total Mixed Ration was 50% forage (25% alfalfa and 25% barley silages).
- Concentrate based on barley grain, canola meal, soybean meal, dry distillers grain, fish meal.
- TMR contained 17.2% protein, 19.4%ADF, 33.8% NDF, 35.9% NFC, and 5.3% lipid.

The Effect of Once daily Feeding at 0900 or 2100 hours on Performance (Nikkhah, 2007)

Item	Multiparous		Primiparous	
	900 h	2100 h	900 h	2100 h
DM Intake	20.4b	20.6b	18.5a	20.4b
Milk, 4%F	32.1b	34.8a	26.3d	28.8c
Fat, kg/d	1.05b	1.22a	0.89c	1.00b
Protein kg/d	1.11	0.97	0.93	0.98
DM dig %	60.8b	62.8a	60.2b	62.8a
NDF dig %	45.2b	49.9a	44.5b	49.6a

Blood glucose was 3.2 % higher over 5 time periods when fed at 0900 h (75 mg/dL vs 72.7)

Dairy Cattle Water Quality and Requirements

- Japan total annual renewable water supply averages 430 cubic km.
- Japan total annual water withdrawal averages 90 cubic km.
- 64 % of water withdrawal is for agriculture, 19% for domestic use and 17% for industry.
- The Ministry of the Environment, The Ministry of Health and Welfare and the Japan Water Research Center monitor water quality at over 5,000 sites. Less than 7% of samples do not meet national standards.
- Arsenic, nitrate and fluorine are occasionally in excess of guidelines.

The Importance of Water Quality

- Milking cows require an abundant supply of readily available water.
- If water consumption is not adequate feed intake will be reduced which will limit milk production and cause loss of body condition.
- Some water sources may contain high levels of minerals and toxic chemicals that may impair cow performance or milk composition.

Factors Affecting Water Quality

- Total Dissolved Solids (TDS)
- Total Suspended Solids (TSS)
- Alkalinity
- Mineral Concentrations
- Biological Toxins
- Pesticide Residues and other man made toxins

A Guide to the Use of Saline Waters for Livestock and Poultry

Total Soluble Salts Content of Waters (mg/liter)	Comment
Less than 1,000	These waters have a relatively low level of salinity and should present no serious burden to any class of livestock.
1,000 – 2,999	These waters should be satisfactory. They may cause temporary and mild diarrhea in animals not accustomed to them.
3,000 – 4,999	These waters may be refused at first by animals not accustomed to them. Animal performance may be less than optimum because water intake is not maximized.
5,000 – 6,999	Avoid these waters for pregnant or lactating animals. May be offered with reasonable safety to animals where maximum performance is not required.
7,000 – 10,000	These waters should not be fed to cattle. Health problems and poor production will result.

National Research Council, 2001.

Water Quality Guidelines for Livestock

Item	Recommended Maximum (ppm)	
	Canada, 1987	NRC, 2001
<i>Major ions</i>		
Calcium	1,000	-
Nitrate-N + Nitrite-N	100	44
Nitrite-N	10	10
Sulfate	1,000	-500
<i>Heavy metals and trace ions</i>		
Aluminum	5.0	0.5
Arsenic	0.5	0.05
Beryllium	0.1	-
Boron	5.0	5
Cadmium	0.02	0.005
Chromium	1.0	0.1
Cobalt	1.0	1.0

Canadian Task Force on Water Quality Guidelines, 1987

National Research Council, 2001

Water Quality Guidelines for Livestock

Cont.

Item	Recommended Maximum (ppm)	
	Canada, 1987	NRC, 2001
<i>Heavy metals and trace ions</i>		
Copper	5.0	1
Fluoride	2.0	2.0
Lead	0.1	0.015
Mercury	0.003	0.01
Molybdenum	0.5	-
Nickel	1.0	0.25
Selenium	0.05	0.05
Uranium	0.2	-
Vanadium	0.1	0.1
Zinc	50.0	5.0

Task Force on Water Quality Guidelines, 1987

National Research Council, 2001

Water Requirements

Factors Affecting Requirement

Many variables; provide ad libitum good quality water

- Feed dry matter intake
2 to 4 L/kg of feed dry matter for livestock
- Species and individual animal
- Quality of water, availability of water
- Protein intake
- Salt and mineral intake
- Water content of feces
- Environmental temperature
- Temperature of drinking water
- Milk production

Estimated Water Consumption

Liters per cow per day (NRC Dairy, 2001)

$$\begin{aligned}\text{Liters daily} = & 15.99 + (2.15 \times \text{DMI, kg/day}) \\ & + 0.90 \times \text{milk, kg} \\ & + 0.05 \times \text{sodium intake, g/day} \\ & + 1.2 \times \text{minimum daily} \\ & \text{temperature, } ^\circ \text{C}\end{aligned}$$

Murphy et al. 1983, J. Dairy Sci. 66:35-38

Water intake ranges from 38L/day for dry cows
to 110L/day at high milk production.

Water Hardness: Calcium Plus Magnesium Expressed as Calcium Carbonate Equivalent

Hardness Range (mg/liter)	Description
0 – 60	Soft
61 – 120	Moderately hard
121 – 180	Hard
> 180	Very hard

Hardness per se is not a problem in livestock
drinking water.

Hardness measures the tendency of water to
precipitate soap.

Drinking Water as a Mineral Source

- Individual animal variation in water intake; up to four fold
- Hard waters may supply significant amounts of calcium, magnesium and sulfur
- Water minerals contribute to mineral availability interactions
- Some areas may contain toxic levels of sulfur
Fluoride (5-40 mg/l in deep wells)

Underwood and Suttle, 1999.

Impact of Water Quality on Mineral Intake of Dairy Cattle

	Ave. Water Content ¹ ppm	Range in Water Content, ppm	Estimated Daily Intake ²	Daily Req.
Calcium	167	0.5-507	17g	132g
Chloride	121	0-692	13g	57g
Copper	0.07	0-0.45	7mg	227mg
Iron	0.23	0.01-0.91	24mg	1135mg
Magnesium	55	0.9-250	9mg	45g
Manganese	0.09	0.003-0.29	9mg	900mg
Molybdenum	0.08	0.01-0.18	8mg	-
Phosphorus	0.71	0.03-2.1	0.07g	84g
Potassium	3	0.7-9	0.3g	204g
Sodium	138	7.6-811	14g	42g
Sulfate	556	1.2-1020	58g	45gS
Zinc	0.2	0.01-0.77	21mg	900mg

Socha et al. 2001.

Water Summary

- Maximizing milk production requires an abundant supply of good quality water.
- Ground water contains variable amounts of major and minor minerals and may be contaminated by agriculture and industry.
- Water intake is at least 2 to 4 times dry matter intake, but individual animal intake is variable.
- Maximum dietary mineral levels are much higher than amounts consumed in most waters.
- Processing water to remove minerals and organic matter has an inconsistent effect on performance.
- Availability of minerals in water has received little attention. Availability may be equal to that in feeds and mineral supplements. Interactions are important.
- Some waters may provide significant amounts of calcium magnesium, sodium, chloride and sulfur.

**University of Saskatchewan Dairy Nutrition
Research, and Western Canadian Feeding Practices**

- **55 milking cows.**
- **36 to 40 kg daily standard milk yield (4% fat and second lactation).**
- **Research and teaching for Agriculture and Veterinary students.**
- **Closed herd since 1956 (artificial insemination).**
- **Two freestall milking groups, TMR since 1972. 18 tie stalls for individual feeding.**



Lactating Herd TMR Nutrient Guidelines

University of Saskatchewan; 40 kg of 3.7% fat milk

Item	Amount in DM	Item	Amount in DM
Dry Matter kg	24-26	Calcium, %DM	0.9-1.1
Forage, % of DM	49-53	Phosphorus	0.46-0.5
Crude Protein, %	17.5 18.5	Magnesium	0.3-0.4
RUP, % of CP	30-35	Potassium	0.9-1.4
MP, % of DM	10.5-11	Sodium	0.3-0.45
RDP, % of DM	9.7-9.8	Chlorine	0.3-0.4
NEL, Mcal/kg DM	1.57-1.63	Sulfur	0.22-0.25
ADF, % of DM	19-21	Cobalt mg/kg	0.3-0.35
NDF, % of DM	30-35	Copper	12-20
NFC, % of DM	33-39	Manganese	60
Starch, % of DM	23-27	Zinc	80
Sugar, % of DM	5-9	Iodine	0.9-1.4
Ether extract, %DM	3-5	Selenium	0.3
Biotin, Choline, and niacin, for late dry and Early fresh cows		Vit A, 1000 IU/day	100-200
		Vit D	25-35
		Vit E	1000

**Composition of University of Saskatchewan
Mineral-Vitamin Pre-Mix**

Nutrient	%
Calcium %	16
Phosphorus %	8.0
Chloride %	10.4
Sodium %	7.6
Potassium %	1.8
Sulfur %	1.0
Magnesium %	4.5
Copper ppm	535
Zinc ppm	2100
Manganese ppm	1500
Iron ppm max	1050
Iodine ppm	16
Cobalt ppm	45
Vitamin A '000 i.u.	330
Vitamin D '000 i.u.	60
Vitamin E i.u.	2500

3% of concentrate

Other Nutrients that may be added

Rumensin 22 mg/kg DM
Niacin 6 to 8 g/day
Sodium bicarbonate, 200 g/day
Yeast
Additional Vitamin E
Choline
Biotin

Typical Dairy Control Research Ration
University of Saskatchewan

High Production TMR - 50:50 Forage and Concentrate

TMR Ingredients (Dry Matter)
for 40 kg milk/day

6 kg Barley silage

6 kg Alfalfa hay

12 kg Dairy concentrate
7.8 kg grains
4.2 kg supplements.

Formulated using NRC 2001
and CPM, 2006.

12 kg concentrate contains

	%
Barley	57.0
Wheat	3.4
Oats	5.0
Canola meal	10.5
Soybean meal	9.6
Wheat DDG	4.3
Corn GM	2.4
Mini-Vit Premix	3.0
Molasses	2.1
Co-I salt	0.7
Canola oil	0.5
Golden Flake	0.8
Other *	0.7

* Butter, Dynamate, Niacin, Flavor

Concentrate Ingredients: Grain

- Barley. Can be used as the only cereal grain. Rate of starch fermentation is faster than corn. May contribute to rumen acidosis. A coarse roll that breaks all kernels is preferred.
- Corn. Can be used as the only cereal grain. Slow starch fermentation. Protein has low solubility and good bypass value. Use a medium roll or steam roll. Steam rolling speeds starch fermentation. Protein% is low and amino acid content is poor.
- Oat grain. The energy value is usually too low for use as the only cereal grain. Up to 50% of cereal grain may be satisfactory. Roll or very coarse grind.
- Wheat. Equal to corn in energy. Some varieties cause rumen fermentation upsets and reduced feed intake. Limit to 50% of cereal grain. Use a coarse roll.

Protein Sources

- Canola meal, Soybean meal, distillers dried grains, corn gluten meal, sunflower meal, cottonseed meal, and safflower meal are all suitable protein supplements. Not more than half of the protein supplement is usually from one source. Cottonseed or cottonseed meal should not be fed to bulls.
- Pea grain can be used as a protein and energy source. They should be coarsely processed. They can be fed at 10 to 15% of the total ration dry matter.
- Dehydrated alfalfa can be used up to 10% of ration dry matter but may reduce milk fat percentage.
- Canola press cake from bio -diesel production may be used as a protein and energy source up to 8 to 10 % of ration dry matter.
- MHA (methionine hydroxy analogue and rumen protected amino acids do not usually provide an economic increase in milk or protein yield

Special Nutrients And Ration Additives For The Dry Cow

- Niacin, helps metabolize ketones and prevent ketosis. Feed 6 to 12 g/day in close up ration.
- Propylene glycol for a few days before calving.
- Yeast cultures, may improve feed intake and reduce rumen acidosis
- Meet all mineral and vitamin requirements
- The protein requirement for 28 days before calving is 14% of DM and 25-35% should be soluble
- Choline (or rumen protected choline) may reduce ketosis. 45 to 60 g / day reduce blood ketones and NEFA
- Rumensin may reduce ketosis
- Biotin, 20 mg/day, improves hoof health and milk yield

Pea Canola Rations

Jackman, MSc, U of Saskatchewan

Production Trial:

- 50:50 forage:concentrate in DM
- Barley silage
- 17% CP ration
- 20% of concentrate as peas. Raw or micronized for one minute at 125°C
- Latin square design
- 30 day feeding periods
- Concentrate based on barley grain, SBM and canola

Effects of Feeding Micronized Field Peas on Milk Production

	Treatment		
	Control	Raw Peas	Micronized Peas
Milk Yield, kg/d			
Actual	40.8	41.1	40.8
3.5% FCM	43.1	43.3	41.8
Persistency, %	93.9	92.6	90.2
Composition, %			
Fat	3.86	3.84	3.68
Protein	3.13	3.14	3.13
Dry Matter Intake, kg/d	27.5	27.2	28.1

Jackman, M.Sc. Thesis, University of Saskatchewan.

Protein Fractions and Degradation Rates

CPM Fractions	Description	Rumen Degradation Rate (%/h)	Composition (% of CP)			
			Barley	Peas	Canola	SBM
A	Soluble NPN and Peptides	Instantaneous	1	7	11	11
B1	Soluble proteins and cell contents	200 – 300	16	68	21	9
B2	Insoluble cell contents	5 – 15	75	23	57	77
B3	Insoluble cell wall	0.1 – 1.5	3	0	4	1
C	Cell wall, unavailable N bound to lignin	0	3	1	6	2

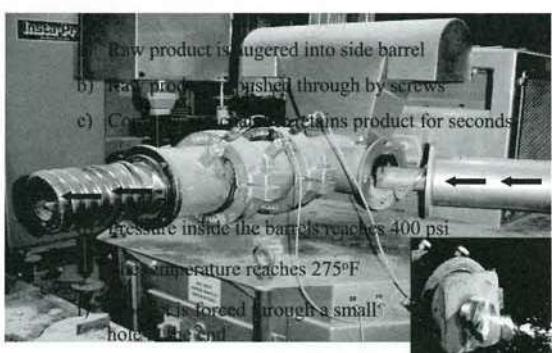
* Adapted from the CPM Dairy Model

In Vitro Degradation Rate and Effective Degradability of Soluble Proteins

	Degradation %/hour	EDCP %
Casein	100	85
Red Clover, fresh	33	67
Pea grain	39	71
SBM, solvent	46	73
Rape seed meal	19	54
Linseed meal	18	46
Wheat DDG + Solubles	62	79

EDCP = Effective degradability of crude protein
Hedqvist, 2006

Extruded Soy, Pea, Canola, Flax and Alfalfa Dairy Feed. 20% lipid, 33% Crude Protein



Extruded Product (DairyPro) Production Trial Results

	Control	DairyPro
Milk yield, kg/d	37.7b	38.6b
3.5 % FCM	37.6a	39.4a
Milk fat, %	3.54	3.61
Fat yield, kg/d	1.31	1.40
Milk protein, %	3.30a	3.27a
Milk protein, kg/d	1.25	1.26
Weight change, g/d	142	-28.8
Dry Matter intake,kg	26.7	26.0

1.5 kg of DaityPro fed per cow daily.
DairyPro contains 65% whole soybeans, 10% flax seed,
10% pea grain, 5% canola seed and 10% alfalfa.

Health Promoting Fatty Acids

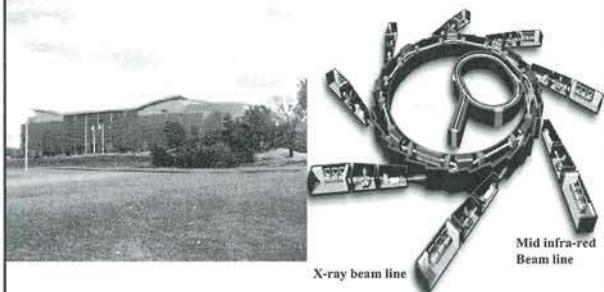
- Oleic acid, canola
- CLA, milk and meat
- Omega-3
 - α-linolenic, flax
 - EPA, fish oil, cattle cell membranes
 - DPA, “
 - DHA, “

Effect of Extruded Product on Milk Fatty Acid Composition

Fatty Acid	Control Ration	Extruded Product Fed
C10:0 Decanoic	2.15	2.21
C12:0 Lauric	4.33	3.55
C14:0 Myristic	14.2	12.5
C16:0 Palmitic	36.8	31.4
C16:1 Palmitoleic	1.76	1.56
C18:0 Stearic	10.8	13.5
C18:1 Oleic	19.4	25.4
C18:2 Linoleic	2.09	2.62
C18:2 CLA	0.51	0.99
C18:3 α-Linolenic	0.49	0.75
EPA+DPA+DHA	0.13	0.26

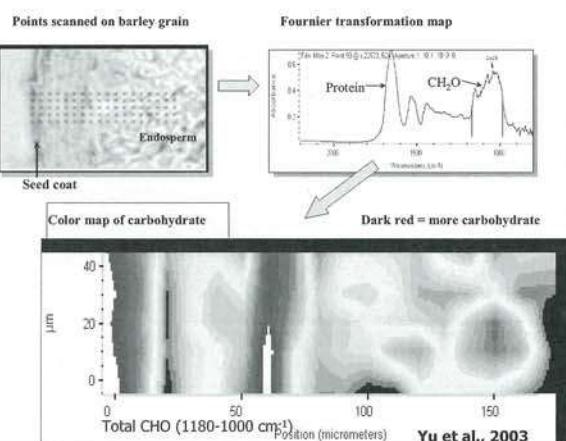
EPA, Eicosapentaenoic acid (20:n-3)
DPA, Docosapentaenoic acid (22:5n-3)
DHA, Docosahexaenoic acid (22:6n-3)

Use of the Canadian Light Source For Feed Evaluation



Use of Synchrotron Light To Characterize Feeds

- A synchrotron is a giant electron accelerator that manipulates electrons to give off full spectrum high intensity light.
- This light can be subdivided into specific spectra such as near, mid and far infra-red and x-rays.
- X-rays can be used to identify oxidation states of minerals, and starch granule structure. Mid infrared can be used to identify different protein types, lipids, lignin and carbohydrates.
- Type and distribution of protein or other constituents may be related to fermentation rates in the rumen.



Summary

- Nutritional requirements for dairy cattle have been studied intensively for over 100 years.
- Knowledge of nutrient requirements and feed characteristics are well developed.
- Factors affecting feed intake and energy utilization at high levels of production require further clarification.
- Management of the feeding system, palatability of feeds, lighting systems, water quality and knowledge of specific feeds are important in maintaining high milk yields.



What is Forage Quality ?

- Nutrient content of the forage
- Availability (digestibility) of nutrients
- The amount that cows (can, or will) eat
- The presence of toxic constituents

Which Ration Does a Cow Eat ?

- The ration that was formulated
- The ration that was mixed
- The ration in the feed bunk at a given time, and what the cow eats
 - Sorting (panning)
 - Sequence of feed selection

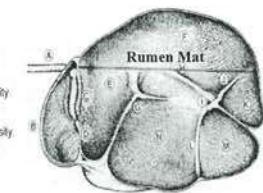
REGULATION OF FEED INTAKE

Metabolic

- Related to the need for energy
 - Lactating cows need more energy
 - How the animal feels, toxic?
 - Some minerals and nutrients, zinc and salt
- Physical Fill of rumen and digestive tract
 - Stretch receptors set a limit
 - Often related to feed NDF content (1.3% of body weight)

What happens in the Rumen May Affect Forage intake

Light particles that float
stay in the rumen
longer than do heavy
particles that sink.



Effective Fiber

- Must be retained in the rumen long enough to be fermented
 - produces VFA's (70% of absorbed energy)
 - sustained energy for microbial growth
- Chewing and rumination
 - 4 hrs eating/day. Long forage and less preferred forages are eaten slower or later
 - 6 to 8 hrs rumination
 - chewing stimulates saliva production, which buffers the rumen and keeps pH above 5.8



Example Feed Composition

Composition of Available Feeds (Dry Matter Basis)

Feed	TON %	NEL Mcal/ kg	CP %	Ca% %	P %	ADF %	RUP %	(%BPP) %	NDF %	K %
Silage (barley)	64	1.45	11.5	0.40	0.22	39	2.7	27	52	1.82
Grass-legume hay	57	1.28	14.8	0.80	0.23	36	4.4	30	62	2.27
Alfalfa hay	60	1.35	18	1.10	0.22	30	45	25	45	2.5
Barley grain	82	1.89	12.8	0.06	0.33	7	3.4	27	19	0.44
32% CP Supp	69	1.57	35.6	3.6	2.10	9	13.5	38	15	2.2
16% CP Conc	78	1.79	8.0	0.89	0.56	11	6	34	20	1.82
Oat grain	76	1.74	12.2	0.07	0.39	15	2.1	17	32	0.44
Corn grain	89	2.08	10.0	0.03	0.30	3	5.1	52	9	0.36
Wheat grain	91	2.11	16.1	0.07	0.39	7	3.6	22	9	0.42
Distillers grains	78	1.79	31.1	0.13	0.67	22	18.9	60	42	1.00
Dairy alfalfa	68	1.50	18.9	1.56	0.22	33	11.1	59	47	2.67
Canola meal	72	1.64	41.1	0.72	1.11	20	11.6	28	28	1.33
Soybean meal	87	2.01	53.3	0.28	0.72	5	18.7	35	8	2.33
Limestone	0	0	0	38	0.00	0	0	-	-	0.10
Mineral	0	0	0	20	0.00	0	0.0	-	-	0.06
Dairy premix	28	0.56	11.1	11.11	9.0	7	2.8	25	9	4.44
Salt	0	0	0	0.00	0.00	0	0.0	-	-	0.00

Example Feed Composition Cont.

Continued. Composition of Available Feeds (Dry Matter Basis)

Feed	S %	Mg %	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Iodine mg/kg	Co mg/kg	Se ppm	Vit A IU/kg	Vit D IU/kg	Vit E IU/kg
Silage (barley)	0.18	0.18	6	33	24	0.15	0.18	0.09	14	-	15
Grass-legume hay	0.20	0.18	5	34	45	0.17	0.11	0.11	23	1	17
Alfalfa hay	0.22	0.23	4	20	30	0.11	0.011	0.11	10	1.0	15
Barley grain	0.20	0.20	4	33	22	0.06	0.11	0.22	1	0.0	28
32% CP Supp	0.50	0.75	100	500	400	4.0	1.4	2.00	30	10	80
18% CP Conc	0.22	0.22	28	100	56	1.11	0.22	0.33	7	2	22
Oat grain	0.22	0.13	7	30	42	0.11	0.06	0.26	0.0	-	14
Corn grain	0.13	0.13	4	18	11	-	0.06	0.08	1	-	26
Wheat grain	0.18	0.18	7	50	42	0.10	0.13	0.29	-	-	17
Distillers grains	0.42	0.07	13	50	22	0.04	0.20	0.44	-	-	*
Dairy alfalfa	0.27	0.31	8	22	33	0.20	0.33	0.56	73	-	111
Canola meal	1.11	0.56	11	78	60	0.89	-	1.11	1	-	*
Soybean meal	0.44	0.33	22	61	40	0.11	0.06	0.11	-	-	3.3
Limestone	0.03	1.77	-	281	-	0.0	-	-	-	-	*
Mineral	1.04	0.52	9	94	281	-	1.04	-	-	-	*
Dairy premix	2.22	3.33	1111	2222	1667	44	22	11	333	83	1667
Salt	0	0	0	0	420	26	26	26	0	0	0

FESCUE HAYS CUT AT SUNUP AND SUNDOWN

Mayland, 1999

	PM	AM	PM	AM
DM Intake, g/Meal	DM Intake, g/Min			
	Preference		Palatability	
Cut 1	987	544	98	74
Cut 2	788	427	124	173
Cut 3	1460	1310	115	104

Methods of Measuring Readily Available Carbohydrates

Non Fiber Carbohydrate (NFC)
 $= 100 - [CP+EE+Ash+(NDF - NFNICP)]$

Non Structural Carbohydrate (NSC)
 $= NFC \text{ minus organic acids and pectin}$
 It includes starch, fructan, sucrose, fructose and some other non structural carbohydrates.

Information on Light for Dairy Cattle

- University of Illinois DairyNet:
 - <http://www.traili.uiuc.edu/photoperiod>
 - <http://www.traili.uiuc.edu/dairynet/>
- Ontario Ministry of Agriculture
 - <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/dairy>
- G. Dahl. Photoperiod management of dairy cattle.
- J. Rodenburg. Responding to the practical implications of dry cow photoperiod research
- Manitoba Hydro Power Smart Profiles. July 2004. Agricultural Buildings. Dairy producers switching to Power Smart lighting.
- MWPS-MidWest Plan Service. 2000. Dairy Housing and Equipment Systems, Lighting, Chapter 10 pp 141-146, Iowa State University

Calculating the NEL of a TMR

Robinson, CJAS, march, 2007

Daily energy (NEL) output is made up of:

- Maintenance, Mcal/day = $0.08 \times BW^{0.75}$
- Milk energy, Mcal/kg = $(0.0929 \times \text{Milk Fat \%}) + (0.0457 \times \text{milk CP \%}) + (0.0395 \times \text{Lactose})$
- Weight change, $5.02 \times \text{daily weight change in kg}$

NEL/kg TMR DM = Daily NEL output/kg feed DM

Actual and Predicted Performance of Four Cows

U of S May, 2007,	NRC 2001 and measured performance				
	Cow 512	Cow 519	Cow 552	Cow 555	Composite
DMI actual	27.9	29.2	27.2	30.1	29.4
DMI predicted	28.1	30.3	31.2	29.6	29.8
NEL for Wt Change					
Actual	6.98	5.02	11.35	10.49	8.46
Predicted	2.57	-3.01	-4.02	1.00	0.50
Milk yield					
Actual	53.5	56.5	56.4	55.6	55.5
NEL predicted	58.3	51.8	49.7	57.4	56.1
MP predicted	46.9	38.8	41.5	48.4	45.8
NEL, Mcal/kg DM					
Robinson prediction	1.64	1.71	2.09	1.77	1.80
NRC 2001 prediction	1.53	1.52	1.55	1.51	1.52

Based on a 23 day feeding period, daily milk yields, initial and final cow weights, 4 individual milk analyses, 5 feed samples.

Dairy Herd Improvement Program

Monthly Average Herd Production

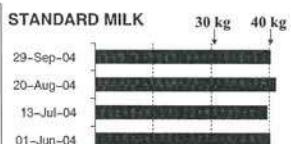
Herd Monitor

PAGE TEST DATE
1 of 1 29 Sep 2004
SERVICE
P10



1-800-549-4373

Standard milk is herd
milk yield adjusted to
4% fat and second
lactation based on the
monthly test yield and
composition



Mineral Availability, NRC Dairy 2001

Availability %

Calcium	Forages	30
Calcium	Concentrates	60
Calcium	Limestone	70
Calcium	Chloride	95
Calcium	Dical Phos	94
Phosphorus	Forages	64
Phosphorus	Concentrates	70
Phosphorus	Dical Phos	80
Magnesium	Forages	16
Magnesium	Magox	70
Potassium	Forages	90
Copper	Forages	4
Copper	Sulfate	5
Manganese	Forages	0.75
Manganese	Chloride	1.2
Zinc	Forages	15
Zinc	Sulfate	20
Selenium	Forages	100



主催／北海道アルバータ酪農科学技術交流協会

〒069-8501

北海道江別市文京台緑町582番地

TEL.011-386-1292 FAX.011-387-2805

E-mail : exc-alt@rakuno.ac.jp

後援／酪農学園大学エクステンションセンター