

肉牛におけるアシドーシスの研究（２）

誌名	畜産の研究 = Animal-husbandry
ISSN	00093874
著者名	大成,清
発行元	養賢堂
巻/号	65巻9号
掲載ページ	p. 950-954
発行年月	2011年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



肉牛におけるアシドーシスの研究(2)

大成 清*

4. アシドーシス対策

○給与飼料の変動と給与時間

カナダ農業・農業食品省レースブリッジ研究センターの K. S. Schwartzkopf-Genswein らとマニトバ大学の A. D. Kennedy (2004) は、採食量の変動と飼料給与の時刻が、乾物摂取量、増体重、飼料効率、採食行動にどのように影響するかについて検討した。

供試牛はカニューレ装着の去勢牛(体重 797kg)6 頭で、1 期 28 日とする 2 処理の交差型配置法で実施した。

試験は飽食採食量を常時給与する対照区と、飽食時の 110% を 3 日間給与、その後 90% を 3 日間給与を繰り返した試験区の 2 区を設けた。

給与飼料は肉牛仕上げ用飼料を用い、その内容は乾物ベースで、スチーム圧片大麦 86.8%、ホールクロップ大麦サイレージ 8.3% に、サプリメント(ビタミン、ミネラル) 4.9% を配合した。含有成分は 1996 年の NRC 標準に準拠している。

試験日数は 209 日、飼料給与時間は 10 時とした。

試験結果をみると乾物摂取量(kg/日)は 1 区 8.66、2 区 8.81、この量は対飽食量の 88.9% と 94.1% であった。

ルーメン pH の平均は 5.73 : 5.63、最低 pH は 5.17 : 5.04、最高 pH は 6.45 : 6.53 で、これらは何れも有意差はなかった。

pH 5.8 以下の時間は 1 区 12.5 時間、2 区は 14.7 時間で、1 区は有意に短かった。この時間は 1 日中の 54.3% と 68.7% に相当する。

pH 5.8 以下の AUC(曲線下面積)、これは具体的な累積 pH の指標を示し、pH×時間で求められるが、1 区 6.23、2 区 7.67 で差はなかった。

pH 5.5 以下の時間は 9.0 : 11.2 時間、対 24 時% は 38.7 : 48.4、AUC は 2.98 : 3.77 で、ともに差はなかった。

対照区の平均 pH の 5.73 は、長時間にわたって、低い pH が継続されることを意味し、大麦ベースの飼料では常に潜在的アシドーシスにあることが窺われる。

この場合ルーメンの pH は乳酸の蓄積によるものではなく、揮発性脂肪酸の蓄積によるものと考えられる。

なお乳酸(PKa=3.86)は、酢酸(PKa=4.76)、プロピオン酸(PKa=4.87)、酪酸(PKa=4.82)よりも強力な酸で、ルーメン内 pH が 6.0 より低い場合、VFA よりもルーメン内 pH に大きく影響する。

ルーメン内の乳酸量はせいぜい 10mM であり(Gnorbani ら, 2002)、本試験のような低 pH は VFA によるものといえる。

試験 2 は交雑種去勢牛 234 頭を用いた。(体重 310kg)、試験導入から 56 日間馴致の後、肥育試験を開始した。給飼は朝夕 2 回行ない、試験区分は 1 区と 3 区はコンスタント給飼区、2 区と 4 区は変動給飼(110% 給与と 90% 給与の繰り返し)区である。

給与飼料は乾物ベースで、スチーム圧片大麦 86%、ホールクロップ大麦サイレージ 9%、サプリメント 5% である。

供試頭数は 1 区(夕方—一定給飼)59 頭、2 区(夕方—変動給飼)59 頭、3 区(朝方—一定給飼)56 頭、4 区(朝方—変動給飼)60 頭の計 234 頭である。

増体日量(kg)を比較すると、1 区 1.27、2 区 1.24、3 区 1.10、4 区 1.10 で差はなかった。

乾物摂取日量(kg)は 1 区 7.12、2 区 7.05、3 区 6.70、4 区 6.89 で差はなかった。

飼料効率は 1 区 0.182、2 区 0.189、3 区 0.189、4 区 0.177 である。

潜在性アシドーシスの一次徴候は、採食量の減少と変動であるが、本試験では一定区、変動区とも、乾物摂取量はほぼ同じであった。

変動区では計画的に 2~3kg 乾物/日の変動を 3 日ごとに繰り返したが、この程度の変動ではアシドーシスを招くどころか、かえって回避に役立ったのかも知れない。

1 回給飼の場合、夕方給飼の方が朝方給飼よりも、増体成績が良かった。特に肥育前期においてである。しかしこれは、カナダの寒い時期での試験開始が影響しているのかも知れない。

*家畜栄養コンサルタント(Kiyoshi Onari)

結局のところ、本試験のような給与時刻、給与量の変動条件では、アシドーシスの回避についての十分な解答がえられなかったことになる。

○DDGSによるルーメン pH の抑制

ネブラスカ大学の K. J. Vander Pol ら (2009) は、ジスチラス・グレイン、トウモロコシ、コーンオイルなどを含む肥育仕上げ飼料について、その給与成績、消化率などを3回の試験で検討している。

このなかで第3回試験はルーメンの pH などを調べているので、この試験だけを次に見てみる。

試験は2005年1月8日から4月23日まで、105日にわたって実施した。

供試牛は、ルーメンおよび十二指腸にフィステルを装着した、ホルスタイン種去勢牛5頭である。

試験は5×5のラテン方格法により実施、1期を3週間とした。試験区は5区を設けた。1区は乾物ベースで乾式圧片トウモロコシ51.0%、WDGS40.0%、その他9%、2区は乾式圧片トウモロコシ46.8%、トウモロコシヌカ29.6%、コーングルテンミール11.6%、その他12%である。

3区は乾式圧片トウモロコシ42.7%、トウモロコシヌカ29.6%、コーングルテンミール11.6%、コーンオイル4.1%、その他12%である。

(註)WDGS=wet distillers grains plus solubles

4区は乾式圧片トウモロコシ88.0%、その他12%、5区は乾式圧片トウモロコシ84.6%、コーンオイル3.4%、その他12%である。

その他12%のなかにはアルファルファ乾草5%、糖蜜、サプリメント(炭カル、粉碎トウモロコシ、尿素、食塩、塩化カリ、糖蜜、トレスミネラル、ルメンシン80、タイラン40、ビタミンADE)が含まれる。

1~3区の含有成分はCP17.9%、バイプロダクト由来NDF22.6%、粗脂肪3.2~7.2%、カルシウム0.70%、リン0.45~0.47%、カリ0.70%、硫黄0.19~0.36%である。

4~5区の含有成分はCP12.5%、バイプロダクト由来NDF0%、粗脂肪3.9~7.2%、カルシウム0.70%、リン0.28~0.29%、カリ0.70%、硫黄0.15~0.16%である。

ルーメン pH の変化と VFA 量を比較すると、ルーメンの平均 pH は1区5.24(b)、2区5.40(b)、3区5.66(a)、4区5.37(b)、5区5.38(b)で、3区以外は同じである。

最大 pH は1区5.77、2区6.06、3区6.30、4区5.91、5区5.92、最低 pH は1区4.95、2区4.90、3区5.09、4区4.88、5区5.00で、最大および最低 pH は各区間に有意な差はなかった。

pH の変化幅は1区0.82、2区1.15、3区1.21、4区1.02、5区0.91で、区間差はなかった。

1日のうち pH 5.6以下の時間(分)は、1区1251(a)、2区1,047(a)、3区652(b)、4区1,136(a)、5区1,050(a)で、3区だけが少なく、他の4区は同じであった。

pH 5.3以下の時間(分)は、1区916、2区515、3区166、4区630、5区634で差はなかった。

pH 5.0以下の時間(分)は、1区242、2区186、3区17、4区81、5区157であった。

VFA(mol/100mol)のうち酢酸は1区41.9(b)、2区48.8(a)、3区49.3(a)、4区48.2(a)、5区49.1(a)で、1区が他の4区よりも有意に少なかった。

プロピオン酸は1区40.0(a)、2区36.6(b)、3区34.8(b)、4区36.7(b)、5区34.7(b)で、酢酸の場合とは逆に1区だけが特に多かった。

酪酸は1区12.7、2区8.5、3区9.7、4区10.7、5区12.7で区間差はない。

酢酸:プロピオン酸比は1区1.05(b)、2区1.33(a)、3区1.42(a)、4区1.31(a)、5区1.41(a)で、1区だけは低く、他の4区は同じように高い。

WDGSの特長は pH が他区よりも低いこと。プロピオン酸が高く、酢酸が低く、pH の変化が一番少ない点といえる。

また pH 5.6以下の時間が1,251分/日と最も長く、pH 5.3以下、pH 5.0以下も同じ傾向である。

消化率については、まず1日の乾物、有機物、NDF、窒素、デンプン、脂肪の摂取量をみている。

これを基にルーメン消化率を調べたが、見かけの有機物の消化率は39.0~47.0%、真の消化率は58.2~64.1%、NDFは52.0~71.0で、各区間に差はなかった。

見かけのデンプン消化率(%)は1区79.5(a)、2区84.7(a)、3区76.6(a)、4区76.6(a)で差はないが、5区は62.1(b)と劣った。真のデンプン消化率(%)は、1区83.8(a)、2区87.9(a)、3区85.9(a)、4区81.5(a)と差はないが、5区は70.0(b)と劣った。

ルーメン以後(腸)の消化率(%)をみると、有機物は33.5~52.2で差はなかった。NDFは1区34.5(ab)、

2区 48.5(a), 3区 19.1(b), 4区 47.4(a), 5区 44.1(ab)で, 2区と4区が良かった。

デンプンの消化率(%)は1区 70.8(a), 2区 52.6(bc), 3区 39.7(b), 4区 56.7(ac), 5区 72.2(a)で, 3区が悪く, 1区と5区が良かった。2区と4区は中間である。

全消化管消化率(%)をみると, 乾物は1区 81.0(a), 2区 74.5(b), 3区 71.1(b), 4区 81.6(a), 5区 80.3(a)で, 2区と3区は悪かった。

NDFの消化率(%)は1区 78.9(a), 2区 65.9(b), 3区 64.5(b), 4区 78.2(a), 5区 78.8(a), デンプン消化率(%)は1区 94.6(a), 2区 91.7(ab), 3区 90.6(b), 4区 92.2(ab), 5区 89.0(b)で, 1区, 2区, 4区が良く, 3区と5区が悪い。

脂肪の消化率(%)は1区 81.0(a), 2区 64.1(c), 3区 67.6(bc), 4区 72.5(b), 5区 72.8(b)で, 1区だけが良かった。

WDGSはトウモロコシよりもエネルギー価が高い。この理由はルーメン内の高プロピオン酸濃度, 高い粗脂肪消化率, 十二指腸に達する高い不飽和脂肪酸濃度などが挙げられる。

脂肪酸組成については11項目について調べている。牛肉の食味を良くするのはオレイン酸といわれているが, 脂肪酸100g中のg数は1区 9.4(a), 2区 6.6(bc), 3区 5.8(b), 4区 7.0(c), 5区 6.5で, 1区が最も多く, 3区が最も少ない。

WDGSを肉牛に給与することは, アメリカでは拡大中であるという。

WDGSは原料トウモロコシの約3倍の脂肪分を含み, 不飽和脂肪酸はトウモロコシよりも, ルーメンにおける水素添加を受け難く, その利用率も高い。

ルーメンpHの抑制によるアシドーシスの防止の観点からすると, 残念ながらその効果はない。あるとすれば本試験の3区のような飼料で, 圧片トウモロコシ, トウモロコシヌカ, コーングルテンミールにコーンオイルを4%配合した飼料である。

○抗アシドーシス用飼料設計

肉牛肥育においては, 何よりも給与飼料の高カロリー化が求められる。

給与飼料のエネルギー価から採食量が, そしてその採食量から肉牛の発育を予想することが, ある時期考えられた。

高カロリー化のためには, 草類の代りに穀類(ト

ウモロコシ, マイロ, 大麦)と, その熱処理品の給与が, また穀類の一部を動物性脂肪で代替することが現在行なわれている。

穀類の多給は肉牛飼育上不可欠なことではあるが, 普通はデンプンによる高カロリー化を意味する。

デンプンはルーメン内で速やかに分解されるが, ここが問題でルーメンアシドーシスの端緒にもなっている。

このため, 実際の飼料計算においては, 非繊維性炭水化物(NFC. Nonfiber Carbohydrates)の量を制限する必要がある。

NFCは通常次式により計算して求められる。

$$(1) \text{式} \cdots \text{NFC}(\%) = 100 - (\text{CP} + \text{NDF} + \text{EE}(\text{エーテル抽出物}) + \text{灰分})$$

$$(2) \text{式} \cdots \text{NFC}(\%) = 100 - (\text{CP} + (\text{NDF} - \text{NDF中のCP}) + \text{EE} + \text{灰分})$$

NFCの内容を具体的にみると, 糖類, デンプン, ペクチン, 揮発性脂肪酸(VFA)ということになる。

ウエスト・バージニア大学のT. K. MillerとW. H. Hoover(1998)は, 主な飼料のNFCの分画をみている。

NFC中の%としてトウモロコシについてみると, 糖類は20.9, デンプン80.0, 大麦は糖類9.1, デンプン81.7, ペクチン9.2, ビートパルプは糖類33.7, デンプン1.8, ペクチン64.5である。

大豆皮は糖類18.8, デンプン18.8, ペクチン62.4, 大豆粕(CP48%)は糖類28.2, デンプン28.2, ペクチン43.6である。

アルファルファ・サイレージはデンプン24.5, ペクチン33.0, VFA42.5, イネ科乾草は糖類35.4, デンプン15.2, ペクチン49.4。トウモロコシ, サイレージはデンプン71.0, VFA28.7である。

NFCとよく似た言葉に非構造性炭水化物(NCS. Nonstructural carbohydrate)がある。これは計算により求めるのではなくD. Smith(1981)の酵素法により求める。

MillerとHoover(1998)は, 主な飼料のNFCとNSCを比較している。以下乾物中の含量(%)を示す。

アルファルファ・サイレージはNFC18.4, NSC7.5(245), アルファルファ乾草は22.0:12.5(176), イネ科主体の混播牧草の乾草は16.6:13.6(122), トウモロコシ・サイレージは41.0:34.7(118)である。

粉碎トウモロコシは67.5:68.7(102), 高水分トウモロコシは71.8:70.6(98), 大麦は60.7:62.0(102)である。

ビートパルプは 36.2:19.5(54), コーングルテンミールは 17.3:12.0(64), 大豆皮は 14.1:5.3(38), 全粒綿実 は 10.6:6.4(64), 大豆粕 (CP48%) は 34.4:17.2(50) で, () 内の数値は筆者の計算した (NSC/NFC×100) の値である。

こうしてみると, 粉碎トウモロコシ, 高水分トウモロコシ, 大麦などの穀類は NFC も MSC は殆んど変りはないが, 粗飼料は一般に NFC の評価が高く, 副産物飼料は低い。

わが国の飼養標準(2005)には, 炭水化物の要求量は示されていない。しかし 5 章 (P. 93) の飼料給与上注意すべき事項として, 「飼料中の繊維含量」を示している。

代謝病予防のため乾物中 NDF は 16%以上, 粗繊維なら 7%以上, ADF なら 10%以上を必要としている。

また P. 94 には, 乾物摂取量の増加を計り, 合理的な飼育を実現するには, 乾物中の含量として肥育前期は NDF30%以上, 中期 25%以上, 後期 20%以上の給与が奨められている。

アメリカでは上述の NFC を配合設計の指標にする動きがあった。NFC は立派な考え方であるが, よく考えてみると若干の短所がある。

植物性炭水化物を大別すると, 細胞壁部分と細胞内容物に分けられる。

前者に属す炭水化物は①セルロース, ②ヘミセルロース, ③ペクチン様物質, ④ガラクトン, ⑤β-グルカンが, 後者には⑥ショ糖, ⑦デンプン, ⑧モノオリゴ糖, ⑨有機酸が含まれる。

①のセルロースは ADF と呼ばれ, ①と②を NDF と呼んでいる。

厄介なのは細胞壁部分の③, ④, ⑤と, 細胞内容

物の⑥が, 栄養上同じような働きをするので, これらを一括して NDSF (Neutral detergent soluble fiber, 中性デタージェント可溶性繊維) と呼んでいる。

そして, NDSF と NDC の合計が NSPS (Non-Starch Poly saccharides, 非澱粉性多糖類) である。

また, ③④⑤⑥⑦⑧⑨を合計したものが NDSC (Neutral detergent-Soluble carbohydrates, 中性デタージェント可溶炭水化物) である。これらの関係は図 4 に示した。

NFC を飼料計算に用いた場合の欠点は, NDSC を一つの成分としている点である。

NDSC には細胞内容物だけでなく, 細胞壁部分の③, ④, ⑤, ⑥が含まれている。

⑨の有機酸のうち発酵飼料由来のものは, 微生物の基質とならないが, ⑥, ⑦, ⑧は微生物の基質となり, 発酵して乳酸に変わる。

そしてこれらは, 低 pH でも乳酸を産生するが, ③は低 pH では著しく発酵能が低下する。

なお, ⑦が基質の場合はプロピオン酸を, ③の場合には酢酸を, ショ糖の場合は酪酸を産生する傾向が強い。

フロリダ大学の M. B. Hall ら(1999)は, 80%エタノール抽出法による NDSC 分画システムを開発した。

これは NFC システムよりも一歩進んだもので, フロリダ, ジョージア, イリノイ, ペンシルバニア, テネシーから実際のデーターが集められ検討されているが, 残念ながら酪農に関するもので, 肉牛にまで研究が及んでいない。

アメリカの文献を見ると, まさに日進月歩の勢で研究が進んでいるが, わが国の場合は大きな動きがない。まさに「牛の涎」である。

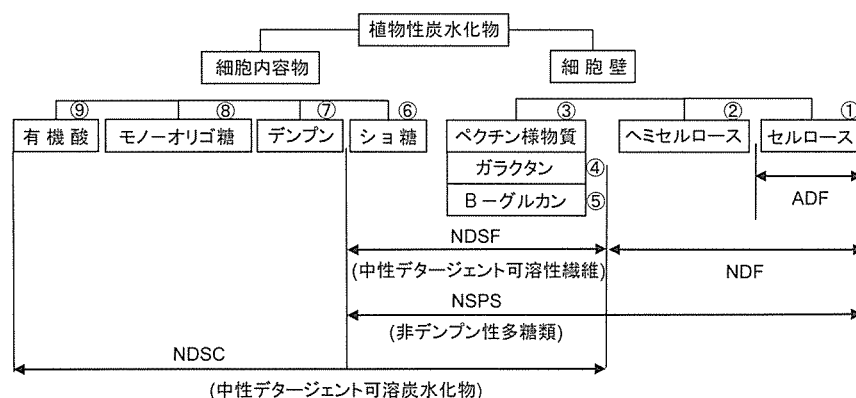


図 4 植物性炭水化物の分画 (M. B. Hall, 2000)

牛自体はそう簡単に変るものでなく、とりあえずは日本標準に示すように、乾物中の NDF として前期 30%以上、中期 25%以上、後期 20%以上の飼料を給与することである。

風乾物飼料の NDF としては前期 26%以上、中期 22%以上、後期 18%以上ということになる。

各期とも稲わらなどの粗飼料を、全給与飼料の 15%分を給与するとすると、これからの NDF 供給量は 9.5%となる。

濃厚飼料 85%中の NDF 必要量は前期 16.5%、中期 12.5%、後期 8.5%で、濃厚飼料 100%分としては前期用は 19.4%、中期用は 14.7%、後期用は 10.0%となる。

この分の NDF を含む飼料としては、前期用には特殊フスマ(製粉歩留 60%)、中期用には大麦、後期用はトウモロコシかマイロがある。

今かりにトウモロコシ、マイロ(NDF12.5%、10.5%)多用の飼料を前期、中期に給与すれば、ルーメンアシドーシスを招くのは必定である。

む す び

アシドーシス(acidosis)と一口にいうが、辞書によると炭酸ガスアシドーシス、代謝性アシドーシス、糖尿病性アシドーシス、乳酸アシドーシス、原発性および続発性尿細管性アシドーシス、呼吸性アシドーシス、ルーメンアシドーシス(第一胃過酸症)、非代謝性アシドーシスなど数多くある。

われわれの立場からみたアシドーシスは、乳酸アシドーシスとか、ルーメンアシドーシスで、これに限ってみると正常なルーメン内容液の pH は 6.5~7.5 であるのが、アメリカの文献では 5.0 またはそれ以下、わが国の場合は 4.5 またはそれ以下に低下するとしている。

これらの原因は言うまでもなく粗飼料の不足である。多くの畜産地帯にとって、粗飼料は輸入飼料であり購入飼料である。

したがって価格が高い。しかし肉牛は反芻動物であるので、粗飼料なしでは健全な飼育はできない。All concentrate 飼育も、極く短期間であれば出来ぬこともないが、長期ともなれば夢のまた夢である。

急性アシドーシスを原因とする肉牛のボックリ病は、イオノホア剤の出現により姿を消し、エンドトキシンにその席を委ねた。肉牛牧場における問題点は、粗飼料の給与限界を合理的に決めることである。

参 考 文 献

- 1) Martin, S. A., and G. F. Dean. *Feedstuffs* 61(8)17. 1989
- 2) Goad, D. W., C. L. Goad, and T. G. Nagaraja. *J. Anim. Sci.* 76(1)234. 1998
- 3) Bevans, D. W., K. A. Beauchemin, K. S. Schwartzkopf-Genswein, J. J. Kckinnon, and T. A. McAllister. *J. Anim. Sci.* 83(5)1116. 2005
- 4) Schwartzkopf-Genswein, K. S., K. A. Beauchemin, T. A. McAllister, D. J. Gibb, M. Streeter, and A. D. Kennedy. *J. Anim. Sci.* 82(11)3357. 2004
- 5) Vander pol, K. J., M. K. Luebbe, G. I. Chawford, G. E. Ericksov, and T. J. Klopfenstein. *J. Anim. Sci.* 87(2)639. 2009
- 6) Hall, M. B. *Feedstuffs* 72(42)11. 2000