

北海道草地研究会賞受賞論文

野幌層丘陵地における飼料作物生産量の実測と
それに基づく土地面積当たり乳生産に関する研究

野 英二

Study of Milk Productivity per Land Area on the Basis of Measurement of Forage Production
on the Rolling Hills of the Nopporo Horizon

Eiji No

はじめに

酪農は土地を基盤とした物質循環、つまり「土-草-牛」のサイクルの中で発達してきた。しかし、乳生産に対する評価は、乳牛個体の乳生産量を追求した結果、濃厚飼料に依存した給与体系に変化してきた。このような酪農経営の中にあつて、酪農の本来の姿である飼料作物の生産と利用を重視し、土地面積当たりの乳生産を高めることが重要である。我が国においても近年、乳生産性を土地単位当たりで評価する概念が高まってきた(松中2004)。物質循環を念頭に置いた酪農経営は、土地面積当たりの飼料生産量とその可食量に見合った頭数の飼養が基本であり、このことが乳生産性の評価を決定するといえよう。

本研究は、一酪農場(酪農学園大学附属農場)において4年間(2000~2003年)の飼料作物生産から給与量までを実測し、それに基づいて土地面積当たりの乳生産性を検討した。

1. 調査酪農場の概要

調査酪農場は酪農学園大学附属農場(本学農場)であり、ここは野幌層丘陵地の北側に位置し、高位段丘(標高約50~60m、黄色土と灰色台地)、移行斜面(標高約45~50m、腐植質の黄色土)、低位段丘(標高約45m以下、黄色土と黒ボク)からなる(天野・水野2002)。

本学農場の圃場は、35区(0.7~2.0ha/区)に区分されており、そこでチモシーとアルファルファを主体とした牧草およびトウモロコシが栽培された(表1)。牧草は主にロールラップとバンカーサイロ、トウモロコシは全てバンカーサイロを用いてサイレージ調製をした。

調査年の4~10月の気象概況は図1のとおりであった。

2. 土地区分別および年次別の飼料作物生産量

地形および圃場管理の面から調査農場の圃場を高位段丘、低位段丘および移行斜面に区分し、飼料作物生産量を実測した。

4年間の飼料作物の全収量からの単位面積当たりのDM収量は、チモシーが884 kg/10a、アルファルファが

表1. 調査農場の経営概況

| | 00年 | 01年 | 02年 | 03年 |
|-----------------|------|------|------|------|
| 総面積(ha) | 55.4 | 55.7 | 54.8 | 54.2 |
| 牧草 | 50.9 | 51.2 | 48.1 | 46.3 |
| チモシー | 22.5 | 22.5 | 26.3 | 26.8 |
| アルファルファ | 16.9 | 15.1 | 11.7 | 5.2 |
| 新播草 | 2.8 | 2.8 | 5 | 4.7 |
| 放牧地 | | | | 1.5 |
| トウモロコシ | 11.5 | 13.6 | 10.1 | 14.3 |
| その他 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 |
| 経産牛頭数(頭) | 69.4 | 73.3 | 74.3 | 66.8 |
| 産乳量(t/年) | 590 | 644 | 707 | 624 |
| 経産牛一頭当り乳量(kg/年) | 8506 | 8777 | 9508 | 9378 |
| 飼料効果 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |

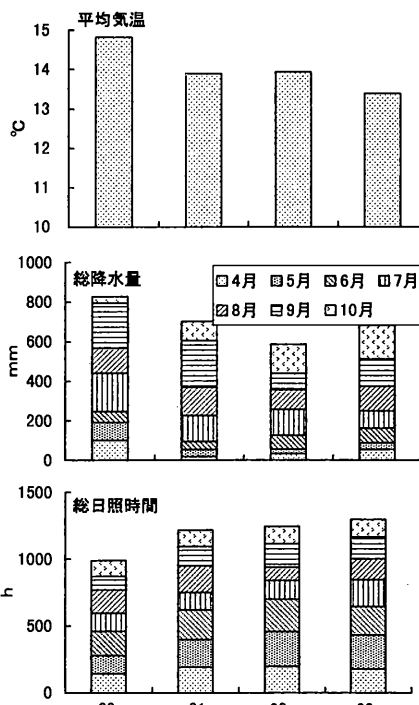


図1. 調査年の気象概要

924 kg/10aであった。また、トウモロコシは1359kg/10aであった。チモシーのDM収量は、道央道南のもの(竹田2004)と比較すると、約90kg/10a低かった。また、2003年のトウモロコシDM収量について、同年の石狩支庁の収量(北海道農林水産統計年報2003)に比べ、約120kg/10aの減量と試算した。本試験での収量は、圃場

損失量が含まないことを考慮すると、調査農場全体における圃場の飼料作物生産力は低いものではないと思われる。チモシーの DM 収量は、2000 年と 2001 年の高位段丘の収量は少なかった。また、高位段丘は低位段丘および移行斜面より約 50kg/10a 少なかった。しかし、圃場間差異が大きく、これらの差は有意でなかった。また、アルファルファにおいても土地区分間および年次間に有意差は認められなかった(図 2)。

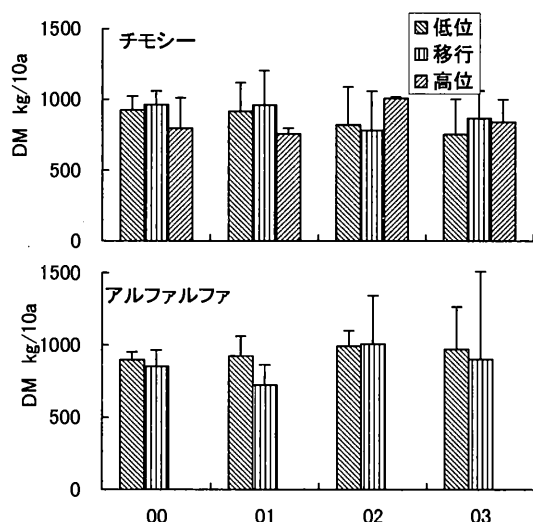


図 2. 牧草の DM 収量

トウモロコシの年平均 DM 収量は、1030(2000 年)~1660(2002 年)kg/10a の範囲であり、年次間に有意な差異が示された(図 3)。2000 年は、4 月から 10 月までの降水量が多く、また、日照時間が最も少なかったことから、トウモロコシの生育に対して気象環境が悪かったことから DM 収量が低くなったと思われる。また、収穫直前の降水による圃場状態の悪化と強風による倒伏が収穫時期の遅れも収量減収の大きな原因となった。

土地区分別の 4 ヶ年の平均収量は、低位段丘、移行斜面、高位段丘の順で高かった。低位段丘と高位段丘の収量差は約 340kg/10a であり、土地区分間差異が大きかった(図 4)。このことは、トウモロコシの栽培は、土壌特性に強く影響されることを示唆するものであった。

調査農場でのトウモロコシ栽培は、同一圃場の栽培年数(連作)は最大で 4 年であった。同一圃場での連作年ごとの平均収量は、栽培年数の経過に伴って減少した。とりわけ、栽培 3 年目からの低下が顕著であった。土地区分別では、低位段丘は連作による収量の減収が顕著であり、毎年約 10% 程度の減収量であった。一方、高位段丘の収量は、1 年目が最も低く、2 年目が最も多かった。牧草地からトウモロコシ畑への転換 1 年目の土壌は、作物栽培に対する土壌環境としては物理的に不良なものである。つまり、前作の草地土壌の表層土は非常に固い状態にあり、トウモロコシ播種前の耕起、整地作業後の土壌は十分に細砕されず、大小の土塊が目立つ状態にある。これがトウモロコシ種子の発芽低下、その後の生育抑制

の原因になると思われる。2 年目では不良な状態が緩和されるためにトウモロコシは増収するものと考えられる(戸澤 1981)。

牧草とトウモロコシ収量を比較すると、トウモロコシは牧草に比べ、気象条件、圃場環境(土壌の特性)に大きく影響され、DM 収量の変動が大きくなることが示唆された。しかし、トウモロコシの DM 収量は、牧草よりも確実に多かった。

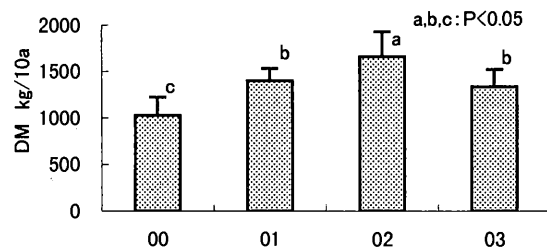


図 3. トウモロコシの年次別 DM 収量

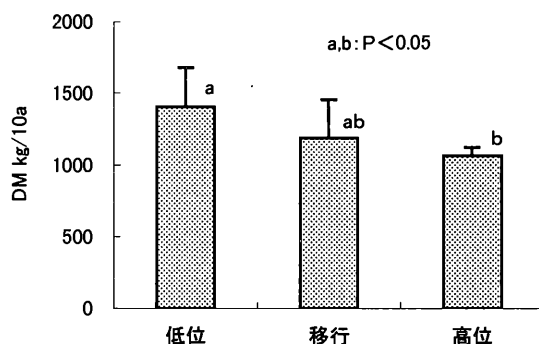


図 4. 土地区分別のトウモロコシ DM 収量

チモシーの 4 年間における総平均 TDN 含量は 59.5% であった。土地区分別の TDN 含量は、高位段丘が低い傾向にあった。CP 含量の平均値は 11.6% であった。年次間と土地区分間で多少の差異が見られたが、有意な差ではなかった。

アルファルファの平均 TDN 含量は 59.2% であった。年次および土地区分間の平均は概ね近似した値であった。CP 含量は 15.8% であった。土地区分間には差異が認められなかった。

トウモロコシの平均 TDN 含量は、68.8% であった。また、2001 年の TDN 含量は有意に低かった($P < 0.05$)が、土地区分には差がなかった。TDN 含量には連作年の影響はなかったが、CP 含量は、連作が進むにつれ低下し、3 年目以降は有意に低下した($P < 0.01$)。4 年間の平均 CP 含量は 7.2% であり、各年の平均は 7.0~8.0% の範囲であった。

3. サイレージの乾物回収率

バンカーサイロおよびロールラップで調製したサイレージの全給与量を実測し、DM 回収率と発酵品質の関係を検討した。

牧草バンカーサイレージの DM 回収率は平均 80% であ

った。しかし、サイロ間差が大きく、90~53%の範囲であった。2002年Dと2003年Eサイロの回収率は低く、特に、後者は53%と極端に低かった。また、2003年Eサイロのサイレージ水分含量は73%と高かった。これらのサイレージのV-スコアは40点以下であり、発酵品質は劣質なものであった(図5)。サイレージの発酵品質低下の原因としては、原料草の水分含量が考えられる。適水分含量は60~70%とされている(名久井 1986)。2003年Dサイレージの水分含量は73.0%の高水分であり、これが品質低下の原因であったと推察される。また、2002年のサイレージの水分含量は65%であったにもかかわらず、発酵状態は良くなかった。特に、Dサイロの発酵品質は極めて劣質であり、DM回収率も低かった。これは、詰込み時間に5日間を要し、貯蔵期間は285日さらに給与時期は夏季間に集中したことが考えられる。さらに、材料草の水分含量が65%と低かったことから、サイロ内が好気的環境になりやすく、開封後の好気的変敗を助長したと思われる。

トウモロコシサイレージのDM回収率は、平均で80%であった。しかし、牧草サイレージの場合と同様に、サイロ間の変動が大きかった。つまり、バンカーサイロでは98~61%、チューブバッグでは92~46%の範囲であった。サイレージの水分含量は、2000年に調製したものは62~67%と低く、2001年度のもの73~74%と高かった(図6)。サイロ間におけるサイレージ発酵品質の差異は大きくなかった。しかし、2000年のサイレージのV-スコアは低い傾向にあった。なお、図示した発酵品質は、給与したサイレージのものであって、品質が悪く、給与に問題があると判断して廃棄したものは含まれていない。従って、実際の発酵品質はこれらよりも低質であった。

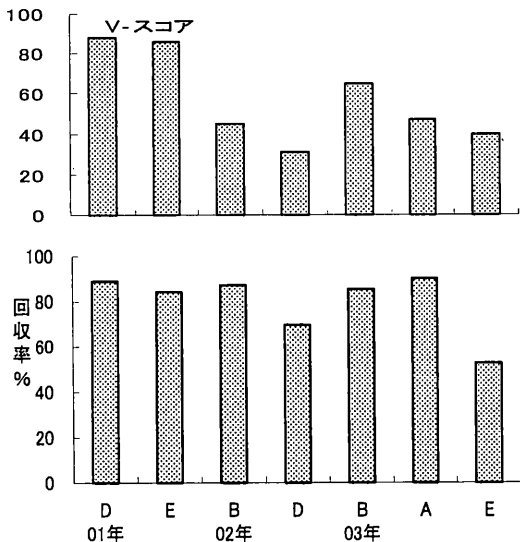


図5. 牧草サイレージのDM回収率とV-スコア

原料の水分含量が70%以上になると排汁の損失量が増加することが知られている(Gordon, C. H 1967, Miller, W. J. and C. M. Clifton 1965)。2001年の原料の水分含量は約75%であり、多くの排汁も観察された。一方、

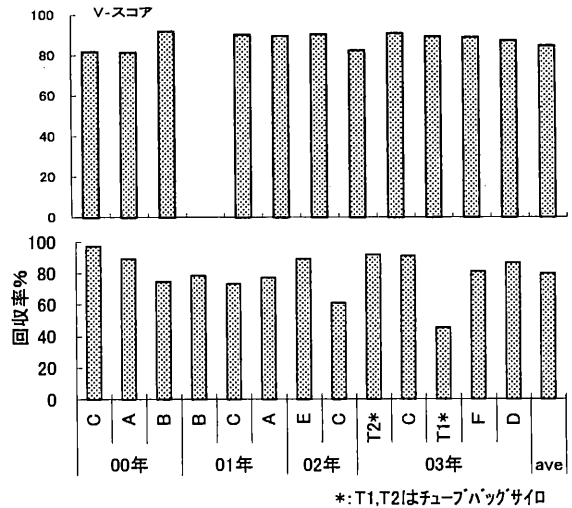


図6. トウモロコシサイレージのDM回収率とV-スコア

2000年の原料の水分含量は65%と低く、排汁での損失はほとんど観察されなかった。しかし、BサイレージのDM回収率はCおよびAサイロのものより低かった。これは、貯蔵期間中にネズミがサイロシートを破損したため、長期間にわたり好気的変敗が進行したことにある。2002年Cサイロおよび2003年チューブバッグサイロも同様の被害に遭遇し、DM回収率は極めて低かった。また、貯蔵期間が長くなるほど品質の劣化の危険度が高まるため、DM回収率の低下防止にはネズミ防除などのサイロの保守管理が極めて重要であることが検証された。

ロールラップサイレージの平均回収率はバンカーサイレージに比べ格段に高く、98%以上であった。ロールサイレージの水分含量は、一般的に60%以下といわれている(萬田 1994)。しかし、水分含量60%のサイレージにおいてVBN比が高く、不良発酵の様相を呈するものが見られた(図7)。水分含量が50%以下のものでは、ほぼ満足するものであった。従って、ラップサイレージ調製の水分含量の基準は50%であると思われた。

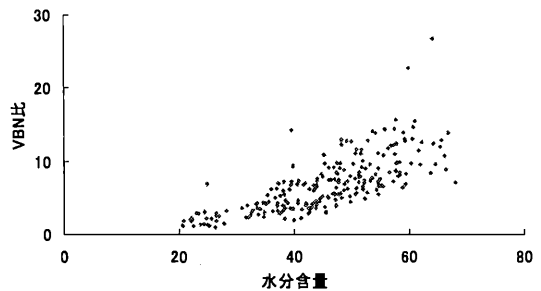


図7. ロールサイレージの水分含量とVBN比

また、ロールペール重量(X kg)と水分含量(Y%)との間に以下の有意な回帰式が得られた。

$$Y = 0.0838X + 4.0748 \quad (R^2 = 0.5592)$$

酪農現場においても簡易な水分測定が可能である(増子 1996)。従って、水分含量を測定することで、ロール

サイレージ重量が予測できるものであり、飼料設計に対し有効に活用できると思われた。

4. 土地面積当たりの乳生産

飼料作物の生産量およびサイレージの DM 回収率のデータから、土地面積当たりの乳生産性を検討した。

トウモロコシのDMやTDN収量から換算した土地面積当たりの乳生産性は、牧草より格段に高いことが明白であった。しかし、トウモロコシは、成分特性から牧草との併用給与がなされる。そこで、土地面積当たりの乳生産性を論ずるには、牧草との併用給与ならびに一乳期における乳量を考慮して検討する必要がある。トウモロコシの併用給与は乾物摂取量が多くなり、トウモロコシサイレージの給与比率の増加に伴い DM 摂取量は増加することが認められている(坂東ら 1988, 影山ら 1992)。また、アルファルファサイレージとの併用給与はチモシーとの併給よりも乾物摂取量、DCP と TDN 摂取量および乳量が多かったことも示されている(坂東・出岡 1990)。本研究における飼料給与メニューの試算でもトウモロコシと牧草(特にアルファルファ)の併用給与が効率的であるとの結果が得られた。

高泌乳牛(305 日間乳量 10,000~9,000kg)の給与飼料の粗濃比が 60 : 40 ないし 65 : 35 の場合、トウモロコシとアルファルファの DM 給与比率が 2 : 3 ないし 3 : 2 の給与メニューが良好であった(表 2)。この時の一乳期一頭当たりが必要とする作物栽培面積は 36~39a となる。これは 1ha 当たり 2.7~2.5 頭に相当するものであった。また、乳量水準が低いほど、チモシーとの組み合わせでの適正給与メニューは、粗濃比が低くなる傾向にあった(表 3)。

一乳期乳量が 10,000 あるいは 9,000kg の場合、粗濃比が 60 : 40 の時、牧草サイレージとトウモロコシサイレージの DM 給与比率は 3 : 2 ないし 2 : 3 となった。トウモロコシサイレージの回収率が 80% 場合、乳量 10,000kg 生産に対する必要面積は高位段丘が 51.6a、低位段丘が 44.6a であった。これは、ha 当たりそれぞれ 1.94、2.24 頭の飼養頭数に換算され、乳量は 19,400、22,400kg/ha となる。チモシーでの ha 当たりの飼養頭数は、高位段丘が 1.95、低位段丘が 2.0 頭であり、乳量はそれぞれ 19,500、20,300kg であった。

乳量水準が低くなるにつれ濃厚飼料の依存度は低く、また、牧草サイレージ主体とした給与体系になることが示された。粗飼料給与割合を高め、個体乳量水準を高く維持するには、トウモロコシサイレージの利用が有効であり、飼料作物生産量の向上とサイレージ回収率の改善の必要性を示唆するものであった。

5. 結論

乳生産量を決定する要因は、飼料作物の DM 生産量とサイレージの DM 回収率である。従って、土地面積当たりの

乳生産を高めるための課題は、低位生産土壌の改良と適切な肥培管理システムの構築およびサイレージ発酵品質の向上と好気的変敗の防止対策である。前者は、飼料作物の乾物生産量増加のため、後者はサイレージの DM 回収率を高めるための課題である。

表 2. トウモロコシとアルファルファの作付け例

| 乳量(kg/305日) | 10,000 | | 9,000 | | 8,000 | |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 60:40 | 65:35 | 65:35 | 65:35 | 65:35 | 70:30 |
| 粗濃比 | | | | | | |
| DM給与比 | GS | 24 26 | 39 26 | 39 26 | 39 26 | 42 28 |
| | CS | 36 39 | 26 39 | 26 39 | 26 39 | 28 30 |
| | Con. | 40 35 | 35 35 | 35 35 | 35 30 | |

| | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TDN充足率 % | 101.4 | 100.0 | 100.4 | 102.1 | 102.8 | 101.2 |
| Conc CP%(原物) | 18.3 | 19.0 | 15.2 | 18.8 | 14.8 | 14.8 |
| CP充足率 % | 101.7 | 100.0 | 100.5 | 102.7 | 102.8 | 101.2 |
| 必要面積 10a | 3.5 | 3.8 | 3.8 | 3.6 | 3.6 | 3.9 |
| アルファルファ | 1.7 | 1.8 | 2.6 | 1.7 | 2.4 | 2.6 |
| トウモロコシ | 1.8 | 2.0 | 1.2 | 1.9 | 1.2 | 1.3 |
| 生産費 円/kg | 18.3 | 17.0 | 17.9 | 17.8 | 17.8 | 16.5 |

GS: 牧草サイレージ, CS: トウモロコシサイレージ, Conc. 配合飼

表 3. トウモロコシとチモシーの作付け例

| 乳量(kg/305日) | 10,000 | | 9,000 | | 8,000 | |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 55:45 | 60:40 | 60:40 | 60:40 | 60:40 | 65:35 |
| 粗濃比 | | | | | | |
| DM給与比 | GS | 33 36 | 48 36 | 48 36 | 48 36 | 52 35 |
| | CS | 22 24 | 12 24 | 12 24 | 12 13 | |
| | Con. | 45 40 | 40 40 | 40 40 | 40 35 | |

| | | | | | | |
|--------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| TDN充足率 % | 101.3 | 99.7 | 100.2 | 101.8 | 102.5 | 100.8 |
| Conc CP%(原物) | 18.5 | 19.1 | 17.3 | 19.0 | 17.1 | 17.5 |
| CP充足率 % | 101.5 | 99.6 | 100.2 | 102.3 | 102.9 | 100.9 |
| 必要面積 10a | 3.6 | 3.9 | 4.0 | 3.7 | 3.7 | 4.0 |
| チモシー | 2.5 | 2.7 | 3.4 | 2.6 | 3.2 | 3.4 |
| トウモロコシ | 1.1 | 1.2 | 0.6 | 1.1 | 0.5 | 0.6 |
| 乳生産費 円/kg | 19.6 | 18.4 | 19.2 | 19.2 | 20.3 | 18.9 |

GS: 牧草サイレージ, CS: トウモロコシサイレージ, Conc. 配合

表 4. トウモロコシの収量およびサイレージ回収率別必要面積 (10a/頭)

| 乳量 | 10,000 | | 9,000 | | 8,000 | |
|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 60:40 | 60:40 | 60:40 | 65:35 | 65:35 | 70:30 |
| 粗濃比 | | | | | | |
| DM給与比 | GS | 36 24 | 36 39 | 39 52 | 42 42 | 42 42 |
| | CS | 24 36 | 24 26 | 13 28 | 13 28 | |
| | Con. | 40 40 | 40 35 | 35 30 | 30 30 | |
| 回収率 段丘 | | | | | | |
| 100% 低位 | 3.90 | 3.57 | 3.66 | 3.97 | 4.03 | 4.00 |
| 移行 | 4.12 | 3.89 | 3.87 | 4.19 | 4.13 | 4.22 |
| 高位 | 4.27 | 4.13 | 4.01 | 4.35 | 4.20 | 4.38 |
| 90% 低位 | 4.33 | 3.96 | 4.07 | 4.41 | 4.47 | 4.44 |
| 移行 | 4.57 | 4.32 | 4.30 | 4.65 | 4.59 | 4.69 |
| 高位 | 4.75 | 4.59 | 4.46 | 4.83 | 4.67 | 4.87 |
| 80% 低位 | 4.87 | 4.46 | 4.58 | 4.96 | 5.03 | 5.00 |
| 移行 | 5.14 | 4.86 | 4.83 | 5.23 | 5.16 | 5.27 |
| 高位 | 5.34 | 5.16 | 5.02 | 5.43 | 5.26 | 5.47 |
| 70% 低位 | 5.57 | 5.09 | 5.23 | 5.67 | 5.75 | 5.71 |
| 移行 | 5.88 | 5.56 | 5.52 | 5.98 | 5.90 | 6.03 |
| 高位 | 6.10 | 5.90 | 5.73 | 6.21 | 6.01 | 6.26 |

GS: 牧草サイレージ, CS: トウモロコシサイレージ, Conc. 配合飼
回収率: サイレージ乾物回収率

謝辞

本賞にご推薦頂きました酪農学園大学 松中照夫氏、同小阪進一氏、雪印種苗 山下太郎氏、北海道立畜産試験場 大原益博氏に厚くお礼申し上げます。また、北海道草地研究会会員の皆様にご心よりお礼申し上げます。

引用文献

- 天野洋司・水野直治 (2002) 酪農学園の自然(土壌篇)―野幌層の誕生と学園の土壌―. p. 23-41. 酪農学園大学. 江別.
- 坂東 健・出岡謙太郎・岡本全弘・曾根章夫(1988)チモシー乾草とトウモロコシサイレージの採食比率が飼料摂取量および乳生産に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, 16:1-7.
- 坂東 健・出岡謙太郎(1990)トウモロコシサイレージ主体飼養におけるマメ科牧草サイレージの併給が乳牛の飼料摂取量と乳生産に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, 17:13-19.
- Gordon, C. H (1967) Storage loss in silage as affected by moisture content and structure. J. Dairy. Sci., 50:397 - 403.
- 影山 智・岡本明治・中西雅昭・吉田則人・中川健作・池滝 孝(1992)泌乳牛に対する牧草サイレージとトウモロコシサイレージとの組み合わせ給与. 北草研報, 26:128-131.
- 萬田富治(高野信雄・安宅一夫 監修)(1986)サイレージバイブル(第 5 章 ロールベールサイレージの調製技術). p. 67-73. 酪農学園短期大学酪農学校. 江別.
- 萬田富治(1994)ロールベールサイレージシステムの基本と実際. p. 36-37. 酪農総合研究所. 札幌.
- 増子義孝(1996)現場でサイレージを科学的に評価しよう(デーリィ・ジャパン1996年4月号付録). p. 7 - 10. デーリィ・ジャパン社. 東京.
- 松中照夫 編著 (2004) 牧草・トウモロコシの生産量から乳生産を考える―単位面積当たりの土地からどれくらいの乳生産が可能か―. 酪農総合研究所. 札幌.
- Miller, W. J. and C. M. Clifton (1965) Relation of dry matter Content in Ensiled Material and Other Factors to Nutrient Losses by Seepage. J. Dairy Sci. , 48 : 917-923.
- 名久井 忠(高野信雄・安宅一夫 監修) (1986) サイレージバイブル(第 4 章 サイレージの調製技術). p. 55-64. 酪農学園出版部. 江別.
- 農林水産省北海道統計・情報事務所 (2003) 北海道農林水産統計年報(農業統計市町村別編).
- 竹田 芳彦 (2004). 持続的な草地生産 北海道における草地生産の現状と草地更新. 日草誌, 50(1):75-82.
- 戸澤英男 (1981) トウモロコシの栽培技術. p. 93-95. 農山漁村文化協会. 東京.