

研 究 成 果 報 告 書

---

放牧牛の乳中脂肪酸組成の変動要因の解明

---

16580218

平成 16 年度～平成 17 年度科学研究費補助金

(基盤研究 (C) 研究成果報告書)

平成 18 年 6 月

研究代表者 花 田 正 明

帯広畜産大学畜産学部助教授

## 目 次

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| はしがき                           | 1  |
| 研究成果の要約                        | 3  |
| 試験 1 放牧形態・放牧時期が牛乳の脂肪酸組成に及ぼす影響  | 5  |
| 試験 2 脂肪酸摂取量が乳中の共役リノール酸割合に及ぼす影響 | 10 |
| 試験 3 生草摂取時における十二指腸内容物の脂肪酸組成    | 14 |
| 試験 4 チーズ製造過程における共役リノール酸の動態     | 18 |
| Summary                        | 23 |
| 研究発表資料                         | 25 |

<はしがき>

本研究は、反芻胃および十二指腸カニューレを装着した牛を用いて反芻胃内における脂肪酸の消化動態を調べ、共役リノール酸および体組織において共役リノール酸の合成原料と考えられているバクセン酸の生成量を測定し、放牧飼養された牛の乳への脂肪酸供給の特徴、特に共役リノール酸などの生理活性作用が期待できる脂肪酸の供給経路および供給量に及ぼす影響を明らかにしようとしたものである。草地の利用形態と牧草の脂肪酸組成との関係、リノール酸および $\alpha$ リノレン酸摂取量と反芻胃内における共役リノール酸およびバクセン酸生成量との関係、放牧形態と乳中の共役リノール酸などの脂肪酸との関係を明らかにすることにより、放牧飼養された牛の乳中の脂肪酸組成の特徴を明らかにするとともに、乳中における共役リノール酸などの有益な脂肪酸含量を高めるための放牧条件や飼料給与方法の提示を試みた。さらにこれら脂肪酸が乳製品に移行するか否かについても検討を行い、機能性を有する乳製品の開発の可能性についても検討した。

## 研究組織

研究代表者 花田正明 (帯広畜産大学畜産学部助教授)

交付決定額 (配分額)

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費 | 合計        |
|--------|-----------|------|-----------|
| 平成16年度 | 1,100,000 | 0    | 1,100,000 |
| 平成17年度 | 800,000   | 0    | 800,000   |
| 総計     | 1,900,000 | 0    | 1,900,000 |

## 研究発表

(1) 学会誌等 該当無し

(2) 口頭発表

- 1) Aibibura Yimamu, 花田正明, Maimaijiang Zunog, 奥村大, 岡本明治 (2005), 放牧飼養した非乳牛へのポテトパルプサイレージの給与が給料ならびに脂肪酸組成に及ぼす影響, 日本草地学会, 51(別号): 392-393.
- 2) 花田正明, Maimaijiang Zunog, 浜辺一貴, Aibibula Yimamu, 岡本明治, 田中桂一(2006), 昼夜放牧・制限放牧および混合飼料給与牛群におけるバルク乳の脂肪酸組成, 日本草地学会誌 52(別号): 102-103.

- 3) Masaaki Hanada, Maimaijiang Zunong, Kazutaka Hamabe, Abdulrazak Okine, Aibibula Yimamu, Meiji Okamoto(2006), Changes of fatty acids composition in milk produced from grazing and non-grazing dairy farms with season, XIth Asia-Australasian Animal Production, Animal Science Congress. (2006年9月 韓国・釜山で発表予定)

(3) 出版物 該当無し

研究成果による工業所有権の出願・取得状況：該当無し

## 研究成果の要約

放牧飼養させた乳牛の乳中脂肪酸組成に及ぼす影響を、抗ガン作用を有する機能性を有する共役リノール酸(CLA: C18:2cis9・trans11)などを中心に検討した。

試験1では泌乳牛を昼夜放牧もしくは制限(昼間)放牧させている牛群と混合飼料(TMR)のみを給与した非放牧条件で飼養された牛群において、給与飼料(牧草・混合飼料)および乳中の脂肪酸組成を4月から12月まで1ヶ月ごとに調べた。その結果、牧草およびTMRの脂肪酸組成の季節変動は小さく、牧草ではリノレン酸(C18:3)の割合が65%以上と多く、混合飼料はリノール酸(C18:2)・オレイン酸(C18:1)・パルミチン酸(C16:0)で脂肪酸割合の80%を占めていた。乳の脂肪酸組成は、C16:0、C18:1、ミリスチン酸(C14:0)などの主要な脂肪酸は、飼養方法や季節の違いによる差は認められなかったが、放牧期間中(5月から10月)のCLA割合は昼夜放牧>制限放牧>TMRの順になり、乳中のCLA割合は昼夜放牧、制限放牧およびTMRでそれぞれ1.5mol%、1.0mol%、0.5mol%であった。このように放牧飼養させることによりCLA割合が増加することが確認できたが、放牧期間における乳中のCLA割合は6月にピークに達した後、以降、漸減する傾向を示した。牧草の脂肪酸組成や脂質含量の季節変動が少なかったことや、放牧への依存割合が高まるに連れて乳中のCLA割合が高まったことから、放牧期間における乳中のCLAの変動割合は、牧草摂取量、特に $\alpha$ リノレン酸の摂取量と関連が高いと推察された。

試験2では放牧および非放牧条件で乳牛を飼養し、乳中の共役リノール酸の合成原料となる脂肪酸である $\alpha$ リノレン酸とリノール酸の摂取量と乳中の共役リノール酸割合との関係を検討した。その結果、 $\alpha$ リノレン酸の摂取量と乳中の共役リノール酸割合との間に正の相関が認められたのに対して、リノール酸摂取量と乳中の共役リノール酸割合との間には有意な相関が認められなかった。これらことから放牧飼養時にみられる乳中の共役リノール酸割合の増加は、 $\alpha$ リノレン酸の摂取量の増加により乳腺へのバクセン酸供給量が増加によるものであると推察された。

試験3では、放牧飼養時における十二指腸内容物の脂肪酸組成を調べるとともに、デンプンの給与形態を変えて反芻胃内環境の変化が反芻胃内でのバクセン酸生成に及ぼす影響について検討した。その結果、十二指腸へのバクセン酸移行量は共役リノール酸の10倍近くあり、放牧飼養時における乳中の共役リノール酸割合の増加は主としてバクセン酸供給量の増加によるものと判断された。一方、反芻胃内での不飽和脂肪酸への水素添加度合いや十二指腸へのバクセン酸移行量は、デンプンの給与量の違いによる影響を受けにくいことが示唆された。

さらに試験4では乳に含まれる共役リノール酸が乳製品に移行するか否かを検討するため、放牧飼養させた乳牛の乳を用いてゴーダチーズを製造し、乳ならびにチーズ中の共役

リノール酸含量を比較した。その結果、乳中の共役リノール酸 (CLA) 割合とゴータチーズ中の共役リノール酸割合との間には直線的な関係が認められ ( $r = 0.86$ ,  $P < 0.01$ )、下記の一次式が得られた。この式から乳中の共役リノール酸割合の増加に伴いチーズ中の共役リノ

$$\text{チーズ中 CLA 割合 (\%)} = 1.01 \times \text{乳中 CLA 割合} + 0.21$$

ール酸割合も増加するとともに、チーズ中の共役リノール酸割合は、乳中の共役リノール酸割合を概ね反映し、共役リノール酸割合の高い乳原料を使用することにより共役リノール酸割合の高いゴータチーズを製造できることが示された。

## 試験 1 放牧形態・放牧時期が牛乳の脂肪酸組成に及ぼす影響

### 【目的】

これまで寒地型草地に放牧飼養された乳牛の乳には共役リノール酸が多く含まれることが報告されており、乳牛を放牧飼養させることにより抗ガン性など人間の健康にとって有益な成分を含む乳を生産できることが示されている。しかし、乳中の脂肪酸組成は様々な条件によって変動し、乳中の共役リノール酸含量も例外ではない。そこで試験 1 では放牧形態ならびに放牧時期の違いによって乳中の共役リノール酸含量がどの程度変動するかを調べ、放牧飼養された乳に含まれる共役リノール酸含量に影響を及ぼす要因を検討した。

### 【研究方法】

北海道十勝地方で経営を行っている酪農家 12 戸から 2005 年 4 月から 2005 年 12 月までの 9 ヶ月間、毎月 1 回バルク乳を採取し、乳の脂肪酸組成を調べた。酪農家 12 戸の内訳は、昼夜放牧を行っている酪農家(昼夜放牧区)4 戸、昼間のみ時間制限放牧を実施している酪農家(制限放牧区)4 戸、および放牧をせず通年混合飼料(TMR)を給与している(TMR 区)4 戸であった。昼夜放牧区、制限放牧区ともに 5 月から 10 月まオーチャードグラス、チモシー、ケンタッキーブルーグラス、メドウフェスク、シロクロバを主体とする寒地型放牧地に放牧しており、併給飼料として牧草サイレージと配合飼料等を給与していた。それ以外の 4、11、12 月は牧草サイレージもしくは乾草と乳牛用配合飼料を給与していた。昼夜放牧区における 1 日の放牧時間は搾乳時間を除いた約 19 時間であり、制限放牧区の放牧時間は朝の搾乳から夕方の搾乳までの約 9 時間であった。一報、TMR 区では牧草サイレージ、トウモロコシサイレージおよび配合飼料等を混合した TMR を給与していた。

採取した乳はガスクロマトグラフにより脂肪酸組成を分析するとともに、近赤外線法により乳脂肪等の一般成分も測定した。乳の採取と同時に牧草および TMR の試料を採取し、飼料中の脂肪酸組成をガスクロマトグラフを用いて調べた。

### 【結果】

表 1-1 に牧草および TMR 中の脂肪酸組成を示した。牧草中の主要な脂肪酸は、 $\alpha$ リノレン酸(C18:3)、パルミチン酸(C16:0)、リノール酸(C18:2)であり、牧草中の脂肪酸に占めるそれぞれの脂肪酸割合は、67、13、12mol%であった。牧草中の C18:3 割合は季節の進行に伴い低下する傾向が認められたが、放牧シーズン終盤の 10 月においても牧草中の C18:3 の割合は 63mol%あり、TMR における C18:3 の割合よりも高い値を示した。牧草中の C16:0 の割合は季節の進行に伴い増加する傾向がみられたが放牧期間中の変動幅は、11.6~14.0mol%であった。また、C18:2 の割合は夏季間で高くなる傾向がみられたが放牧期間中の変動幅は、

11.7~12.8mol%であった。このように C16:0、C18:2 とともに季節によって変動することが認められたが、変動係数はそれぞれ 9.1、6.2%であり牧草の主要な脂肪酸組成の季節変動は小さいことが示された。

一方、TMR 中の主要な脂肪酸は、C18:2、オレイン酸(C18:1)、C16:0 であり、TMR 中の脂肪酸に占める各脂肪酸の割合は、それぞれ 43、20、18mol%、変動係数はそれぞれ 11、14、16%であった。また、TMR 中の C18:3 の割合は 13mol%であった。

表1-1 牧草および混合飼料(TMR)中の脂肪酸組成(mol%)

|       | 牧 草                |                     |                     |                     |                     |                    | TMR   |
|-------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|
|       | MAY                | JUN.                | JUL.                | AUG.                | SEP.                | OCT.               |       |
| C14:0 | 0.70 <sup>c</sup>  | 0.66 <sup>c</sup>   | 0.96 <sup>b</sup>   | 1.14 <sup>a</sup>   | 0.86 <sup>b</sup>   | 0.96 <sup>b</sup>  | 0.59  |
| C16:0 | 11.69 <sup>c</sup> | 12.62 <sup>bc</sup> | 13.10 <sup>ab</sup> | 13.26 <sup>ab</sup> | 13.16 <sup>ab</sup> | 14.03 <sup>a</sup> | 18.46 |
| C18:0 | 1.27 <sup>b</sup>  | 1.18 <sup>b</sup>   | 1.38 <sup>b</sup>   | 1.59 <sup>b</sup>   | 2.04 <sup>a</sup>   | 2.19 <sup>a</sup>  | 3.18  |
| C18:1 | 1.72 <sup>d</sup>  | 2.18 <sup>cd</sup>  | 2.23 <sup>cd</sup>  | 2.70 <sup>bc</sup>  | 3.37 <sup>b</sup>   | 5.52 <sup>a</sup>  | 19.98 |
| C18:2 | 11.93 <sup>b</sup> | 12.67 <sup>a</sup>  | 12.67 <sup>a</sup>  | 12.80 <sup>a</sup>  | 11.82 <sup>b</sup>  | 11.65 <sup>b</sup> | 42.82 |
| C18:3 | 69.75 <sup>a</sup> | 68.03 <sup>ab</sup> | 67.08 <sup>bc</sup> | 66.02 <sup>c</sup>  | 66.35 <sup>bc</sup> | 62.83 <sup>d</sup> | 13.06 |

<sup>a,b,c,d</sup>:異なる符号間に有意差あり (P<0.05)

昼夜放牧区、制限放牧区および TMR 区の乳脂肪率の推移を図 1-1 に示した。乳脂肪率は、昼夜放牧区で 3.65 から 4.25%、制限放牧区で 3.70 から 4.14%、TMR 区で 3.58 から 4.03% の範囲であった。昼夜放牧区では非放牧期間に比べ放牧期間で乳脂肪率が低下する傾向がみられたが、放牧期間中では月間に有意な差は認められなかった。一方、制限放牧区の 5 月の乳脂肪率が 6~10 月の値よりも高い傾向がみられたが、6 月から 10 月の乳脂肪率には有意な差は認められなかった。TMR 区の乳脂肪率は昼夜放牧区や制限放牧区より安定的に推移し、6 月の乳脂肪率は昼夜放牧区よりも高い値を示したが 6 月以外の放牧期間の乳脂肪率には飼養形態の違いによる差は認められなかった。

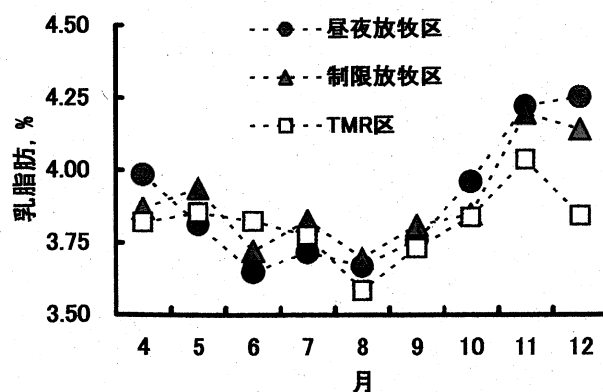


図1-1 各飼養形態における乳脂肪率の推移



表 1-2 に乳の脂肪酸組成を示した。昼夜放牧区、制限放牧区、TMR 区のいずれも乳中に最も多く含まれる脂肪酸は C16:0 であり、全体の平均値は 34mol%であった。7 月から 10 月にかけて昼夜放牧区のカプリン酸(C10:0)やラウリン酸(C12:0)の割合はそれぞれ 3.1~3.8mol%、3.4~4.3mol%と TMR 区の 3.9~4.7mol%、4.9~5.1mol%よりも低くなった。また、有意な差はみとめられなかったがミリスチン酸(C14:0)や C16:0 の割合も放牧期間中、TMR 区に比べ昼夜放牧区で低い値を示す傾向がみられた。乳中のステアリン酸(C18:0)およびオレイン酸(C18:1)割合は放牧することにより増加する傾向がみられ、昼夜放牧区、制限放牧区では 4、11、12 月の非放牧期間よりも 5 月から 10 月までの放牧期間で C18:0 と C18:1 の割合が高くなった。

放牧開始前の 4 月では乳中の共役リノール酸割合は、昼夜放牧区、制限放牧区および TMR 区の間の差は小さく、それぞれ 0.61、0.56、0.53mol%であり、放牧期間終了後の 11、12 月も飼養形態間の差は小さく 0.41~0.55mol%の範囲であった。しかし、放牧開始直後、昼夜放牧区と制限放牧区における乳中の共役リノール酸割合は急激に上昇し、6 月の共役リノール酸割合は昼夜放牧区および制限放牧区でそれぞれ 1.79、1.12mol%となった。これに対して 6 月の TMR 区の共役リノール酸割合は 0.54mol%と 4 月と同程度の値であった。放牧期間である 5 月から 10 月までの間の共役リノール酸の平均値は、昼夜放牧区、制限放牧区、TMR 区でそれぞれ 1.4、0.9、0.4mol%であり、放牧期間を通じて乳中の共役リノール酸割合は、昼夜放牧区>制限放牧区>TMR 区の順で推移した。乳に含まれる共役リノール酸(C18:2<sub>cis9trans11</sub>)の合成経路は、リノール酸(C18:2<sub>cis9cis12</sub>)が反芻胃内で異性化を受けて合成され小腸から吸収され乳腺に移行する経路と、 $\alpha$ リノレン酸とリノール酸が反芻胃内で水素添加を受けてバクセン酸(C18:1<sub>trans11</sub>)となり、小腸で吸収された後、乳腺で不飽和化酵素の作用を受けて共役リノール酸となる経路の 2 つがあるといわれている。表 1-1 に示したように牧草の主要脂肪酸は $\alpha$ リノレン酸であり、TMR の主要脂肪酸はリノール酸であった。また、図 1-2 に示したように乳中の共役リノール酸割合とバクセン酸割合との間には正の直線関係( $r = 0.920$ ,  $P < 0.01$ )が認められたことから乳中の共役リノール酸の主要合成経路はバクセン酸経由で、放牧による乳中の共役リノール酸割合の増加は $\alpha$ リノレン酸摂取量の増加によるものと考えられた。このように乳牛を放牧させることにより乳中の共役リノール酸割合が増加するとともに、共役リノール酸割合の増加の程度は放牧時間によって異なることが示された。

昼夜放牧区、制限放牧区における乳中の共役リノール酸割合は、6 月以降漸減する傾向を示し、10 月にはそれぞれ 1.01、0.69mol%まで低下した。この試験では牧草摂取量の測定はしていないが、寒地型草地において季節の進行に伴い泌乳牛の放牧地からの牧草摂取量は減少することが知られており、季節の進行に伴う乳中の共役リノール酸割合の低下は、放牧地からの $\alpha$ リノレン酸摂取量の低下によるものではないかと考えられた。Lock and

表1-2 昼夜放牧区(WG)、制限放牧区(TG)およびTMR区(NG)の乳の脂肪酸組成

| 月   | C8:0              |                    |                   | C10:0             |                    |                    | C12:0             |                    |                   |
|-----|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|     | WG                | TG                 | NG                | WG                | TG                 | NG                 | WG                | TG                 | NG                |
| 4月  | 1.08 <sup>a</sup> | 1.17 <sup>a</sup>  | 0.59 <sup>b</sup> | 3.49 <sup>b</sup> | 3.96 <sup>a</sup>  | 3.71 <sup>ab</sup> | 4.31 <sup>b</sup> | 4.81 <sup>a</sup>  | 5.05 <sup>a</sup> |
| 5月  | 1.57 <sup>a</sup> | 1.49 <sup>ab</sup> | 1.34 <sup>b</sup> | 4.47              | 4.40               | 4.20               | 5.05              | 5.02               | 4.87              |
| 6月  | 1.45              | 1.40               | 1.66              | 4.39              | 4.12               | 4.50               | 5.00              | 5.01               | 4.91              |
| 7月  | 1.32 <sup>b</sup> | 1.37 <sup>ab</sup> | 1.67 <sup>a</sup> | 3.77 <sup>b</sup> | 4.13 <sup>b</sup>  | 4.72 <sup>a</sup>  | 4.26 <sup>b</sup> | 4.64 <sup>b</sup>  | 5.14 <sup>a</sup> |
| 8月  | 1.15 <sup>c</sup> | 1.49 <sup>b</sup>  | 1.65 <sup>a</sup> | 3.07 <sup>c</sup> | 4.02 <sup>b</sup>  | 4.62 <sup>a</sup>  | 3.42 <sup>c</sup> | 4.46 <sup>b</sup>  | 5.07 <sup>a</sup> |
| 9月  | 1.25              | 1.42               | 1.51              | 3.42 <sup>b</sup> | 4.02 <sup>ab</sup> | 4.63 <sup>a</sup>  | 3.89 <sup>b</sup> | 4.55 <sup>ab</sup> | 5.22 <sup>a</sup> |
| 10月 | 0.81              | 0.99               | 0.95              | 3.06 <sup>b</sup> | 3.64 <sup>ab</sup> | 3.90 <sup>a</sup>  | 3.93 <sup>b</sup> | 4.59 <sup>ab</sup> | 4.93 <sup>a</sup> |
| 11月 | 1.55              | 1.48               | 1.60              | 4.38 <sup>b</sup> | 4.62 <sup>ab</sup> | 5.05 <sup>a</sup>  | 4.97              | 5.23               | 5.58              |
| 12月 | 1.74 <sup>b</sup> | 1.82 <sup>ab</sup> | 1.95 <sup>a</sup> | 4.23 <sup>b</sup> | 4.52 <sup>ab</sup> | 4.88 <sup>a</sup>  | 4.66              | 4.88               | 5.21              |

| 月   | C14:0               |                    |                     | C16:0              |                    |                     | C18:0              |                    |                    |
|-----|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|     | WG                  | TG                 | NG                  | WG                 | TG                 | NG                  | WG                 | TG                 | NG                 |
| 4月  | 15.55 <sup>ab</sup> | 15.96 <sup>a</sup> | 14.85 <sup>b</sup>  | 39.55 <sup>a</sup> | 38.08 <sup>a</sup> | 33.78 <sup>b</sup>  | 7.35 <sup>b</sup>  | 8.00 <sup>b</sup>  | 10.43 <sup>a</sup> |
| 5月  | 14.68               | 14.92              | 14.60 <sup>d</sup>  | 31.17              | 32.36              | 33.32               | 10.65              | 10.35              | 11.04              |
| 6月  | 14.78 <sup>ab</sup> | 15.25 <sup>a</sup> | 14.34 <sup>b</sup>  | 29.98              | 32.31              | 32.50               | 11.24              | 10.85              | 11.09              |
| 7月  | 14.11 <sup>b</sup>  | 15.05 <sup>a</sup> | 14.71 <sup>ab</sup> | 31.07 <sup>b</sup> | 33.97 <sup>a</sup> | 33.45 <sup>ab</sup> | 12.04 <sup>a</sup> | 10.70 <sup>b</sup> | 10.64 <sup>b</sup> |
| 8月  | 12.67               | 14.58              | 14.57               | 30.57              | 33.30              | 33.05               | 13.11 <sup>a</sup> | 11.32 <sup>b</sup> | 10.88 <sup>b</sup> |
| 9月  | 13.85               | 14.94              | 15.09               | 32.34              | 34.35              | 34.52               | 11.25              | 10.17              | 10.10              |
| 10月 | 14.84               | 15.48              | 15.43               | 36.09              | 36.40              | 36.79               | 9.91               | 9.30               | 9.70               |
| 11月 | 16.40 <sup>a</sup>  | 16.44 <sup>a</sup> | 15.69 <sup>b</sup>  | 42.33 <sup>a</sup> | 39.71 <sup>b</sup> | 35.07 <sup>c</sup>  | 6.91 <sup>b</sup>  | 7.87 <sup>b</sup>  | 9.32 <sup>a</sup>  |
| 12月 | 15.32               | 15.58              | 14.85               | 40.35 <sup>a</sup> | 39.91 <sup>a</sup> | 34.72 <sup>b</sup>  | 8.22 <sup>b</sup>  | 8.54 <sup>ab</sup> | 10.15 <sup>a</sup> |

| 月   | C18:1 <sup>cis9</sup> |                     |                    | C18:1 <sup>trans11</sup> |                    |                   | C18:2 <sup>cis9,11</sup> |                   |                   |
|-----|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|
|     | WG                    | TG                  | NG                 | WG                       | TG                 | NG                | WG                       | TG                | NG                |
| 4月  | 18.78 <sup>b</sup>    | 18.58 <sup>b</sup>  | 21.67 <sup>a</sup> | 2.04                     | 1.96               | 1.89              | 1.11 <sup>c</sup>        | 1.35 <sup>b</sup> | 2.80 <sup>a</sup> |
| 5月  | 20.16                 | 20.97               | 21.88              | 4.18 <sup>a</sup>        | 3.04 <sup>b</sup>  | 1.46 <sup>c</sup> | 1.21 <sup>b</sup>        | 1.42 <sup>b</sup> | 2.81 <sup>a</sup> |
| 6月  | 20.87                 | 20.26               | 21.75              | 4.08 <sup>a</sup>        | 3.59 <sup>a</sup>  | 1.54 <sup>b</sup> | 1.11 <sup>b</sup>        | 1.38 <sup>b</sup> | 2.89 <sup>a</sup> |
| 7月  | 22.25                 | 20.90               | 21.41              | 4.17 <sup>a</sup>        | 2.79 <sup>b</sup>  | 1.36 <sup>c</sup> | 1.14 <sup>b</sup>        | 1.25 <sup>b</sup> | 2.77 <sup>a</sup> |
| 8月  | 24.98 <sup>a</sup>    | 22.14 <sup>ab</sup> | 21.88 <sup>b</sup> | 4.17 <sup>a</sup>        | 2.63 <sup>b</sup>  | 1.31 <sup>c</sup> | 1.32 <sup>b</sup>        | 1.27 <sup>b</sup> | 2.90 <sup>b</sup> |
| 9月  | 23.55                 | 22.20               | 20.55              | 3.76 <sup>a</sup>        | 2.01 <sup>ab</sup> | 1.38 <sup>b</sup> | 1.02 <sup>b</sup>        | 1.22 <sup>b</sup> | 2.70 <sup>a</sup> |
| 10月 | 21.47                 | 21.05               | 20.13              | 3.42 <sup>a</sup>        | 2.36 <sup>b</sup>  | 1.50 <sup>c</sup> | 0.93 <sup>b</sup>        | 1.22 <sup>b</sup> | 2.50 <sup>a</sup> |
| 11月 | 15.73 <sup>c</sup>    | 17.61 <sup>b</sup>  | 19.45 <sup>a</sup> | 1.31 <sup>ab</sup>       | 1.15 <sup>b</sup>  | 1.42 <sup>a</sup> | 0.78 <sup>b</sup>        | 1.08 <sup>b</sup> | 2.41 <sup>a</sup> |
| 12月 | 17.63 <sup>b</sup>    | 17.47 <sup>b</sup>  | 20.00 <sup>a</sup> | 1.17                     | 1.29               | 1.37              | 1.23 <sup>b</sup>        | 1.06 <sup>b</sup> | 2.44 <sup>a</sup> |

| 月   | CLA(C18:2 <sup>cis9trans11</sup> ) |                    |                   |
|-----|------------------------------------|--------------------|-------------------|
|     | WG                                 | TG                 | NG                |
| 4月  | 0.61 <sup>a</sup>                  | 0.56 <sup>ab</sup> | 0.53 <sup>b</sup> |
| 5月  | 1.37 <sup>a</sup>                  | 0.86 <sup>b</sup>  | 0.44 <sup>c</sup> |
| 6月  | 1.79 <sup>a</sup>                  | 1.12 <sup>b</sup>  | 0.54 <sup>c</sup> |
| 7月  | 1.41 <sup>a</sup>                  | 0.97 <sup>b</sup>  | 0.45 <sup>c</sup> |
| 8月  | 1.29 <sup>a</sup>                  | 0.73 <sup>b</sup>  | 0.39 <sup>c</sup> |
| 9月  | 1.27 <sup>a</sup>                  | 0.79 <sup>b</sup>  | 0.39 <sup>c</sup> |
| 10月 | 1.01 <sup>a</sup>                  | 0.69 <sup>b</sup>  | 0.42 <sup>c</sup> |
| 11月 | 0.49 <sup>a</sup>                  | 0.40 <sup>b</sup>  | 0.41 <sup>b</sup> |
| 12月 | 0.55                               | 0.45               | 0.42              |

a,b,c:異なる符号間に有意差あり(P<0.05).

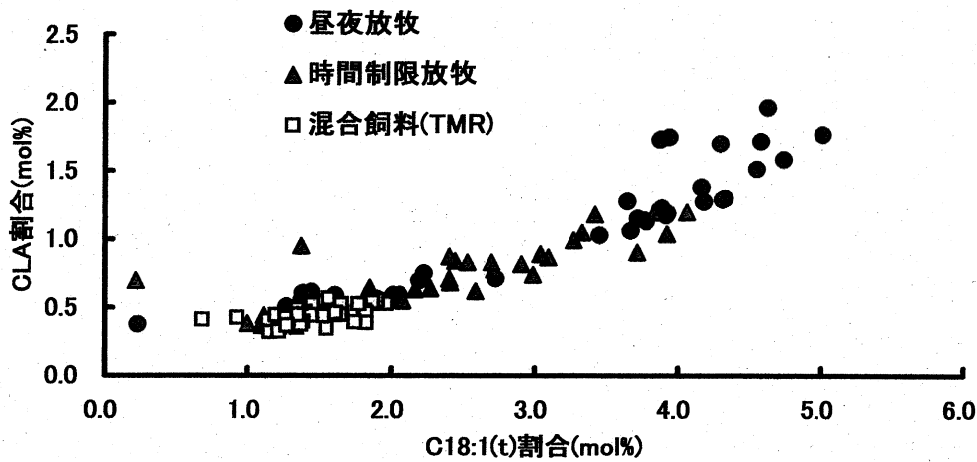


図1-2 乳中脂肪酸に占めるバクセン酸(C18:1(t))と共役リノール酸(CLA)割合との関係

Garnsworthy (2003)は、乳中の共役リノール酸割合は6月に最高値に達した後、併給飼料の給与量の増加に伴い漸減したと報告している。

このように試験1では放牧形態ならびに放牧時期の違いによって乳中の共役リノール酸含量がどの程度変動するかを調べ、放牧飼養された乳に含まれる共役リノール酸含量に影響を及ぼす要因を検討した。その結果、乳牛を放牧させることにより乳中の共役リノール酸割合は増加し、放牧による乳中の共役リノール酸割合の増加は $\alpha$ リノレン酸摂取量の増加によるものと考えられた。また、乳中の共役リノール酸割合は放牧時間や季節によって変動することが示され、その変動には放牧地からの $\alpha$ リノレン酸摂取量の変動によるものではないかと考えられた。

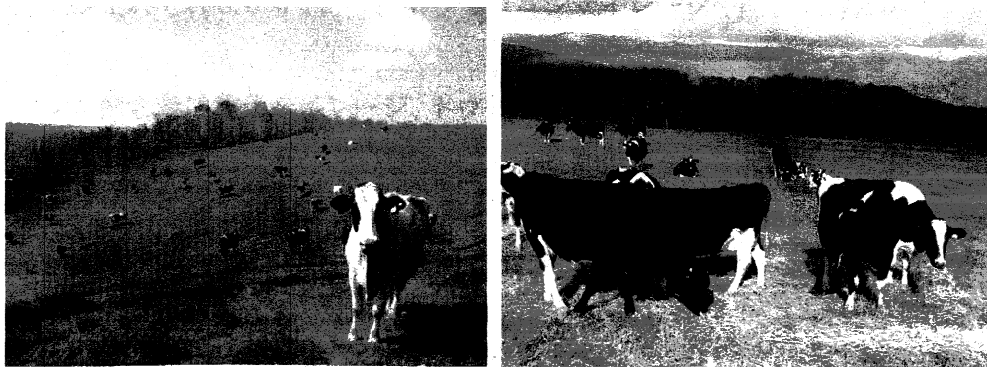


写真1-1 春の放牧風景(左)：春牧草の栄養価が高く放牧地からの牧草摂取量が多い、晩秋の放牧風景(右)：秋には草量の不足を併給飼料(乾草)で補う

## 試験2 脂肪酸摂取量が乳中の共役リノール酸割合に及ぼす影響

### 【目的】

試験1において乳牛を放牧させることにより乳中の共役リノール酸割合が高まることが示され、放牧による共役リノール酸割合の増加は放牧地からの $\alpha$ リノレン酸摂取量の増加によるものではないかと考えられた。そこで試験2では放牧および非放牧条件で乳牛を飼養し、乳中の共役リノール酸の合成原料となる脂肪酸である $\alpha$ リノレン酸とリノール酸の摂取量と乳中の共役リノール酸割合との関係を検討した。

### 【方法】

帯広畜産大学畜産フィールド科学センターで繋養されているホルスタイン種初産泌乳牛6頭を供試し、始めに泌乳牛を6週間昼夜放牧させた後、放牧を止め粗飼料源を牧草サイレージとトウモロコシサイレージに切り替え6週間飼養し、 $\alpha$ リノレン酸とリノール酸の摂取量と乳中の共役リノール酸割合との関係を検討した。放牧期間中、乳牛を1日19時間、オーチャードグラス、ケンタッキーブルーグラス、シロクローバ主体草地に放牧させ、朝夕の搾乳時に併給飼料として配合飼料とトウモロコシサイレージを定量給与した。併給飼料の給与基準はTDN要求量の45%を併給飼料から補う量とし、45%の内、トウモロコシサイレージ、配合飼料およびトウモロコシから、それぞれ10.0、17.5、17.5%供給されるように給与した。一方、サイレージ給与期間では、TDN要求量の30.0%を配合飼料から、さらに30.0%をトウモロコシサイレージから定量給与し、牧草サイレージを自由採食させた。両期間中とも水およびミネラルブロックを自由採食できるようにした。

### 【結果】

表2-1に供試飼料の化学成分ならびに脂肪酸含量を示した。粗脂肪含量は放牧草、牧草サイレージがそれぞれ5.8%であり、トウモロコシサイレージや配合飼料に比べ2%単位ほど多かった。

$\alpha$ リノレン酸含量は牧草サイレージ、トウモロコシサイレージ、配合飼料でそれぞれ12.0、1.7、1.1mg/gであったのに対して、放牧草では22.1mg/gと最も高い値を示した。放牧草の全脂肪酸に占める $\alpha$ リノレン酸の割合は66mol%であり、酪農家の放牧地から得られた試験1の値と同程度であった。一方、リノール酸含量はトウモロコシ、配合飼料、トウモロコシサイレージでそれぞれ24.0、18.4、15.2mg/gと、放牧草(4.38mg/g)や牧草サイレージ(3.8mg/g)よりも多く含まれていた。

飼料摂取量を表2-2に示した。放牧期間の乾物摂取量は182g/MBS/日であり、その内放牧地からの乾物摂取量は103g/MBS/日であったのに対して、非放牧期間の乾物摂取量は

173g/MBS/日であった。 $\alpha$ リノレン酸摂取量は放牧期間、非放牧期間でそれぞれ 2.38、1.03g/MBS/日となり、非放牧期間に比べ放牧期間で $\alpha$ リノレン酸摂取量が2倍以上多かった。一方、リノール酸摂取量は放牧期間、非放牧期間でそれぞれ 1.96、1.94g/MBS/日となり、両者の間に有意な差は認められなかった。また、オレイン酸摂取量も放牧期間と非放牧期間との間には有意な差は認められなかったが、パルミチン酸およびステアリン酸摂取量は非放牧期間よりも放牧期間で多かった。

表2-1 放牧草、サイレージ、配合飼料、トウモロコシの化学成分ならびに脂肪酸含量

|                       | 放牧草   | 牧草サイレージ | トウモロコシサイレージ | 配合飼料  | トウモロコシ |
|-----------------------|-------|---------|-------------|-------|--------|
| 化学成分, 乾物中%            |       |         |             |       |        |
| 有機物                   | 90.4  | 90.0    | 94.4        | 94.5  | 98.8   |
| 粗タンパク質                | 23.1  | 13.9    | 7.9         | 20.5  | 8.1    |
| 粗脂肪                   | 5.8   | 5.8     | 3.9         | 3.8   | 4.7    |
| NDF <sup>1)</sup>     | 33.7  | 62.7    | 36.2        | 14.7  | 8.3    |
| 脂肪酸含量, mg/gDM         |       |         |             |       |        |
| パルミチン酸(C16:0)         | 5.48  | 3.52    | 4.37        | 5.88  | 4.30   |
| ステアリン酸(C18:0)         | 0.65  | 0.39    | 0.90        | 0.90  | 0.71   |
| オレイン酸(C18:1)          | 0.71  | 0.63    | 9.58        | 12.31 | 13.24  |
| リノール酸(C18:2)          | 4.38  | 3.77    | 15.17       | 18.39 | 24.03  |
| $\alpha$ リノレン酸(C18:3) | 22.06 | 12.02   | 1.73        | 1.12  | 0.78   |

<sup>1)</sup>NDF:Neutral detergent fiber, 中性デタージェント繊維

表2-2 放牧期間と非放牧期間における乾物および脂肪酸摂取量の比較

|                       | 放牧期間              | 非放牧期間             | P-値    |
|-----------------------|-------------------|-------------------|--------|
| 乾物摂取量, g/MBS/日        |                   |                   |        |
| 放牧草                   | 103.5             | NF                |        |
| 牧草サイレージ               | NF                | 74.2              |        |
| トウモロコシサイレージ           | 25.1 <sup>b</sup> | 46.8 <sup>a</sup> | <0.000 |
| 配合飼料                  | 29.0 <sup>b</sup> | 51.7 <sup>a</sup> | <0.000 |
| トウモロコシ                | 24.7              | NF                |        |
| 合計                    | 182.2             | 172.6             | 0.335  |
| 脂肪酸摂取量, g/MBS/日       |                   |                   |        |
| パルミチン酸(C16:0)         | 0.95 <sup>a</sup> | 0.77 <sup>b</sup> | 0.003  |
| ステアリン酸(C18:0)         | 0.13 <sup>a</sup> | 0.12 <sup>b</sup> | 0.031  |
| オレイン酸(C18:1)          | 1.00              | 1.13              | 0.024  |
| リノール酸(C18:2)          | 1.96              | 1.94              | 0.841  |
| $\alpha$ リノレン酸(C18:3) | 2.38 <sup>a</sup> | 1.03 <sup>b</sup> | <0.000 |

NF: 給与せず

<sup>a,b</sup>: 異なる符号間に有意差あり(P<0.05)

表 2-3 に乳量および乳成分の結果を示した。乳量および FCM 量は放牧期間に比べ非放牧期間で低くなる傾向を示したが、これは供試牛の乳期の進行によるものと思われる。乳脂肪率は非放牧期間に比べ放牧期間で低い値となったが、乳脂肪生産量は放牧期間、非放牧期間でそれぞれ 976、950g/日とほぼ同程度の値となった。乳中尿素態窒素濃度は非放牧期間に比べ放牧期間で高い値を示したが、乳糖、SNF 含量は両者の間に明確な差は認められなかった。

表2-3 放牧期間および非放牧期間における乳量と乳成分

|                            | 放牧期間              | 非放牧期間             | P-値   |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 乳量, kg/日                   | 28.9              | 24.8              | 0.089 |
| FCM <sup>1)</sup> 乳量, kg/日 | 26.2              | 24.1              | 0.320 |
| 乳成分, %                     |                   |                   |       |
| 乳脂肪                        | 3.38 <sup>b</sup> | 3.83 <sup>a</sup> | 0.023 |
| 乳タンパク質                     | 3.20              | 3.53              | 0.112 |
| 乳糖                         | 4.72              | 4.51              | 0.159 |
| SNF <sup>2)</sup>          | 8.94              | 8.96              | 0.891 |
| 乳中尿素態窒素, mg/dl             | 17.5 <sup>a</sup> | 14.0 <sup>b</sup> | 0.478 |

<sup>1)</sup>FCM:Fat corrected milk, 脂肪補正乳

<sup>2)</sup>SNF:solids non fat, 無脂固形物

<sup>a,b</sup>:異なる符号間に有意差あり(P<0.05)

表 2-4 に乳の脂肪酸組成の結果を示した。乳中脂肪酸の内、最も割合の高い脂肪酸は放牧期間、非放牧期間ともに C16:0 であり、次いで C18:1、C14:0、C18:0 の順であるが、C14:0 と C16:0 の割合は非放牧期間で多く、C18:0、C18:1、C18:2 の割合は放牧期間の乳で高い割合を示した。共役リノール酸およびバクセン酸の割合は、いずれも放牧期間で高い値を示した。

表2-4 放牧期間および非放牧期間における乳の脂肪酸組成

|  | 放牧期間               | 非放牧期間              | P-値    |
|--|--------------------|--------------------|--------|
| 脂肪酸組成, g/100g                          |                    |                    |        |
| ミリスチン酸(C14:0)                          | 13.18 <sup>b</sup> | 15.16 <sup>a</sup> | 0.035  |
| パルミチン酸(C16:0)                          | 27.54 <sup>b</sup> | 36.96 <sup>a</sup> | <0.000 |
| ステアリン酸(C18:0)                          | 11.69 <sup>a</sup> | 8.17 <sup>b</sup>  | <0.000 |
| オレイン酸(C18:1)                           | 26.66 <sup>a</sup> | 23.12 <sup>b</sup> | 0.037  |
| バクセン酸(C18:1 <sup>trans11</sup> )       | 1.17 <sup>a</sup>  | 0.23 <sup>b</sup>  | <0.000 |
| リノール酸(C18:2)                           | 2.67 <sup>a</sup>  | 1.74 <sup>b</sup>  | <0.000 |
| 共役リノール酸(C18:2 <sup>cis9trans11</sup> ) | 2.21 <sup>a</sup>  | 0.96 <sup>b</sup>  | <0.000 |
| αリノレン酸                                 | 0.81 <sup>a</sup>  | 0.66 <sup>b</sup>  | 0.043  |

<sup>a,b</sup>:異なる符号間に有意差あり(P<0.05)

図 2-1 には $\alpha$ リノレン酸摂取量と乳中脂肪酸に占める共役リノール酸およびバクセン酸割合との関係を示した。 $\alpha$ リノレン酸摂取量と共役リノール酸・バクセン酸割合のいずれとの間にも正の相関が認められ( $r=0.896$ ,  $r=0.934$ )、 $\alpha$ リノレン酸摂取量の増加に伴い乳中の共役リノール酸割合が増加することが認められた。しかし、リノール酸摂取量と乳中の共役リノール酸割合の間には有意な相関は認められなかった。

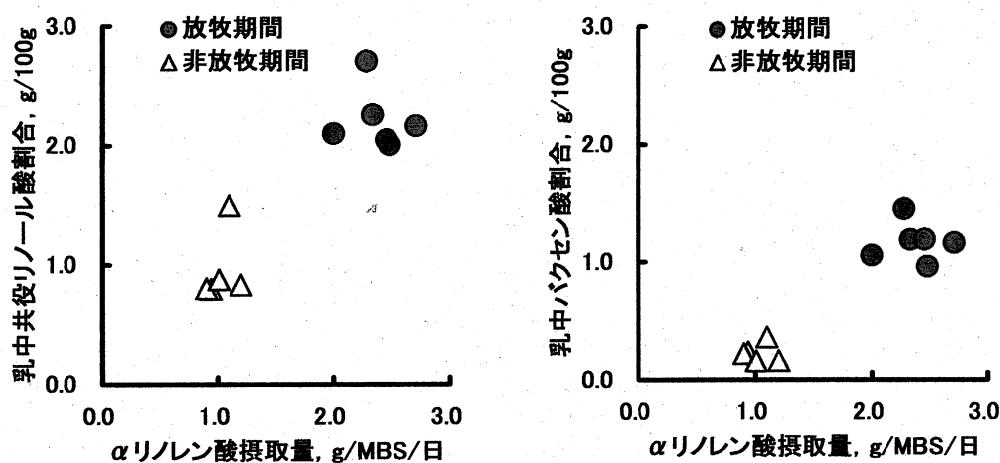


図2-1  $\alpha$ リノレン酸摂取量と乳中の共役リノール酸およびバクセン酸割合との関係

このように試験 2 では、脂肪酸摂取量と乳中脂肪酸に占める共役リノール酸割合との関係について検討した。その結果、 $\alpha$ リノレン酸の摂取量と乳中の共役リノール酸割合との間に正の相関が認められたのに対して、リノール酸摂取量と乳中の共役リノール酸割合の間には有意な相関が認められなかったことから、放牧飼養時にみられる乳中の共役リノール酸割合の増加は、 $\alpha$ リノレン酸の摂取量の増加により乳腺へのバクセン酸供給量が増加によるものであると考えられた。

### 試験 3 生草摂取時における十二指腸内容物の脂肪酸組成

#### 【目的】

これまでの試験の結果から、放牧飼養時にみられる乳中脂肪酸に占める共役リノール酸割合の増加は、 $\alpha$ リノレン酸摂取量の増加に伴い共役リノール酸の前駆物質であるバクセン酸の乳腺への供給量が増加するためであると推察された。もし、バクセン酸の供給量の増加によって乳腺での共役リノール酸の合成量が増加するのなら、十二指腸へ移行する内容物中の共役リノール酸割合よりバクセン酸の割合の方が高くならなければならない。一方、バクセン酸は反芻胃内で $\alpha$ リノレン酸もしくはリノール酸が微生物による異性化を受けた後に水素添加を受けて合成されるが、異性化や水素添加の程度は反芻胃内環境によって影響を受けることが予想される。そこで試験 3 では、放牧飼養時における十二指腸内容物の脂肪酸組成を調べるとともに、デンプンの給与形態を変えて反芻胃内環境の変化が反芻胃内でのバクセン酸生成に及ぼす影響について検討した。

#### 【方法】

反芻胃および十二指腸にカニューレを装着した去勢牛 3 頭に青刈り牧草を給与するとともにデンプン源としてトウモロコシもしくはポテトパルプサイレージを給与した。青刈り牧草はチモシー主体草地から毎日刈り取ったものを、各区とも日増体重量 0.8kg の可消化エネルギー要求量の 90% 量を給与した。青刈り牧草の他にデンプン源としてトウモロコシを可消化エネルギー要求量の 10% 量を給与した CORN 区、CORN 区とデンプン摂取量が等しくなるようにポテトパルプサイレージを給与した PPS1 区、PPS1 区の 2 倍量のポテトパルプサイレージを給与した PPS2 区の 3 区を設けた。試験は、1 期 16 日からなる 3×3 のラテン方格法に基づいて実施した。十二指腸内容物移行量を推定するために外部指示物質として乾物摂取量の 0.1% に相当する酸化第二クロムを、1 日 2 回に分けて給与した。飼料および十二指腸内容物の脂肪酸組成を測定するとともに、反芻胃内性状として pH、揮発性脂肪酸、アンモニア態窒素および微生物合成量を測定した。さらに、脂肪酸の摂取量と十二指腸への移行量の値を用いて反芻胃内における不飽和脂肪酸への水素添加度合いの指標である Biohydrogenation (BH) を計算した。

$$\text{BH}(\%) = 100 - (\text{D18:1} + \text{D18:2} \times 2 + \text{D18:3} \times 3) / (\text{D18:0} + \text{D18:1} + \text{D18:2} + \text{D18:3}) \div (\text{I18:1} + \text{I18:2} \times 2 + \text{I18:3} \times 3) / (\text{I18:0} + \text{I18:1} + \text{I18:2} + \text{I18:3}) \times 100$$

I: 摂取量(g/日), D: 十二指腸移行量(g/日), 18:0 ステアリン酸,

18:1 オレイン酸+バクセン酸, 18:2 リノール酸+共役リノール酸

18:3  $\alpha$ リノレン酸



【結果】

表 3-1 に供試飼料の化学成分ならびに脂肪酸含量を示した。粗脂肪含量は青刈り牧草で 4.4%、トウモロコシで 2.6%であったのに対してポテトパルプサイレージにはほとんど含まれていなかった。デンプン含量はトウモロコシで 62%と最も多く、ポテトパルプサイレージのデンプン含量はトウモロコシの約半分であった。

牧草の脂肪酸含量は $\alpha$ リノレン酸含量が 18mg/gDM と最も多く、次いでパルミチン酸、リノール酸の順に多かった。オーチャードグラス、ケンタッキーブルーグラスおよびシロクロローバ混播草地を供試した試験 2 の牧草の脂肪酸含量に比べ、チモシーとシロクロローバ混播草地から採取した本試験の牧草の脂肪酸含量は多少低い値を示したが、脂肪酸組成は両者の間に差はみられなかった。トウモロコシの主要脂肪酸はリノール酸であり、 $\alpha$ リノレン酸含量は 0.37mg/gDM と僅かしか含まれていなかった。一方、ポテトパルプサイレージではいずれの脂肪酸も僅かしか含まれておらず、C16、C18 系の脂肪酸含量はいずれも 0.2mg/gDM 以下であった。

表3-1 供試飼料の化学成分ならびに脂肪酸含量

|                       | 青刈り牧草 | トウモロコシ | ポテトパルプサイレージ |
|-----------------------|-------|--------|-------------|
| 化学成分, 乾物中%            |       |        |             |
| 有機物                   | 89.0  | 98.6   | 96.9        |
| 粗脂肪                   | 4.4   | 2.6    | 0.5         |
| 窒素                    | 2.6   | 1.3    | 0.7         |
| デンプン                  | 0.9   | 61.7   | 30.8        |
| 脂肪酸含量, mg/gDM         |       |        |             |
| パルミチン酸(C16:0)         | 4.05  | 3.11   | 0.16        |
| ステアリン酸(C18:1)         | 0.81  | 0.45   | 0.05        |
| オレイン酸(C18:1)          | 1.46  | 7.05   | 0.00        |
| リノール酸(C18:2)          | 3.65  | 16.16  | 0.05        |
| $\alpha$ リノレン酸(C18:3) | 18.93 | 0.37   | 0.04        |

表 3-2 に飼料摂取量の結果を示した。乾物摂取量は PPS2 区で多くなったが、青刈り牧草の摂取量は CORN 区や PPS1 区に比べて少なくなる傾向を示した。粗脂肪摂取量も、CORN 区や PPS1 区に比べ PPS2 区で少なくなった。一方、デンプン摂取量は PPS2 区で最も多く、PPS1 区、CORN 区の順に少なくなった。窒素摂取量は処理間に明確な差はみられず、110g/日前後であった。

脂肪酸摂取量で最も多かった脂肪酸はいずれの区も $\alpha$ リノレン酸であったが、青刈り牧草の摂取量が少ない PPS2 区で $\alpha$ リノレン酸摂取量も少なくなる傾向を示した。リノール酸

摂取量は CORN 区に比べて PPS2 区で少ない値を示した。

表 3-3 には反芻胃内の pH、揮発性脂肪酸含量、アンモニア態窒素濃度および微生物合成量を示した。デンプン摂取量に処理間に差がみられたものの、反芻胃内容液の pH は処理間に差はみられず 6.7 前後であった。反芻胃内における揮発性脂肪酸含量は、酢酸、酪酸、プロピオン酸といずれもデンプン摂取量の多かった PPS2 区で高い値を示し、微生物態窒素合成量も PPS2 区で最も多かった。このことからデンプン摂取量の最も多かった PPS2 区では、反芻胃内微生物へのエネルギー供給量が多く、CORN 区に比べ微生物合成が盛んに行われていたこと推察された。

表3-2 乾物、粗脂肪、窒素、デンプンおよび脂肪酸摂取量

|                       | CORN               | PPS1                | PPS2               |
|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 摂取量, g/日              |                    |                     |                    |
| 乾物                    |                    |                     |                    |
| 青刈り牧草                 | 4038               | 4059                | 3466               |
| トウモロコシ                | 388                | 0                   | 0                  |
| ポテトパルプサイレージ           | 0                  | 1057                | 2100               |
| 合計                    | 4426 <sup>b</sup>  | 5116 <sup>ab</sup>  | 5566 <sup>a</sup>  |
| 粗脂肪                   | 188 <sup>a</sup>   | 184 <sup>a</sup>    | 163 <sup>b</sup>   |
| 窒素                    | 110                | 112                 | 105                |
| デンプン                  | 277 <sup>c</sup>   | 364 <sup>b</sup>    | 680 <sup>a</sup>   |
| 脂肪酸                   |                    |                     |                    |
| パルミチン酸(C16:0)         | 2.15               | 2.15                | 1.81               |
| ステアリン酸(C18:0)         | 3.43               | 3.28                | 2.98               |
| オレイン酸(C18:1)          | 8.56               | 5.74                | 5.18               |
| リノール酸(C18:2)          | 21.09 <sup>a</sup> | 15.05 <sup>ab</sup> | 12.70 <sup>b</sup> |
| $\alpha$ リノレン酸(C18:3) | 77.09              | 77.90               | 64.44              |

a,b,c:異なる符号間に有意差あり(P<0.05)

表3-3 反芻胃内容液のpH、揮発性脂肪酸含量、アンモニア態窒素濃度および反芻胃内における微生物態窒素合成量

|                   | CORN              | PPS1               | PPS2               |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| pH                | 6.82              | 6.67               | 6.66               |
| 揮発性脂肪酸, mmol/l    |                   |                    |                    |
| 酢酸+酪酸             | 87.8 <sup>b</sup> | 91.7 <sup>ab</sup> | 112.1 <sup>a</sup> |
| プロピオン酸            | 16.2 <sup>b</sup> | 18.6 <sup>a</sup>  | 23.6 <sup>a</sup>  |
| アンモニア態窒素濃度, mg/dl | 9.3 <sup>a</sup>  | 6.2 <sup>b</sup>   | 6.8 <sup>b</sup>   |
| 微生物態窒素合成量, g/日    | 15.3 <sup>c</sup> | 20.4 <sup>b</sup>  | 28.8 <sup>a</sup>  |

a,b,c:異なる符号間に有意差あり(P<0.05)

表 3-4 に十二指腸への脂肪酸移行量と反芻胃内における不飽和脂肪酸への水素添加指数である Biohydrogenation の値を示した。十二指腸に移行する最も多い脂肪酸はいずれの区もステアリン酸であり、次いで乳中の最多脂肪酸であるパルミチン酸であった。バクセン酸および共役リノール酸の移行量は、いずれも処理間に差はみられなかったが、共役リノール酸の十二指腸移行量はバクセン酸の移行量の 1/10 程度であった。このことは放牧飼養時における乳中の CLA 割合の増加は、反芻胃内で合成される CLA よりも乳腺でバクセン酸から合成される CLA の方が多いという試験 2 までの推察を裏付けるものである。

反芻胃内での不飽和脂肪酸への水素添加の指標である Biohydrogenation の値も処理間に差は認められず、82~84%の範囲であった。表 3-3 に示したように反芻胃内の揮発性脂肪酸含量や微生物合成量はデンプン摂取量の違いによって影響を受けたが、このような反芻胃内の性状の変化は反芻胃内における不飽和脂肪酸への水素添加や十二指腸への脂肪酸移行量には影響を及ぼさなかった。

表3-4 十二指腸への脂肪酸移行量とBiohydrogenation

|                           | CORN  | PPS1  | PPS2  |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| 脂肪酸移行量, g/日               |       |       |       |
| パルミチン酸(C16:0)             | 17.71 | 18.40 | 15.61 |
| ステアリン酸(C18:0)             | 57.21 | 56.34 | 44.44 |
| オレイン酸(C18:1)              | 11.78 | 13.42 | 11.07 |
| バクセン酸(C18:1trans11)       | 4.07  | 4.04  | 4.06  |
| リノール酸(C18:2)              | 3.21  | 3.12  | 3.36  |
| 共役リノール酸(C18:2cis9trans11) | 0.42  | 0.50  | 0.39  |
| αリノレン酸                    | 2.46  | 2.53  | 2.97  |
| Biohydrogenation(%)       | 84.4  | 84.5  | 81.8  |

このように試験 3 では生草摂取時における十二指腸へのバクセン酸と共役リノール酸移行量を比較するとともに、デンプンの給与量の違いによる反芻胃内環境の変化が反芻胃内でのバクセン酸生成に及ぼす影響について検討した。その結果、十二指腸へのバクセン酸移行量は共役リノール酸の 10 倍近くあり、放牧飼養時における乳中の共役リノール酸割合の増加は主としてバクセン酸供給量の増加によるものと判断された。一方、反芻胃内での不飽和脂肪酸への水素添加度合いや十二指腸へのバクセン酸移行量は、デンプンの給与量の違いによる影響を受けにくいことが示唆された。

## 試験4 チーズ製造過程における共役リノール酸の動態

### 【目的】

共役リノール酸含量の高い乳製品を用いてチーズを作成し、乳に含まれる共役リノール酸がチーズに移行するか否かを調べ、機能性の高い乳製品製造の可能性を検討する。

### 【方法】

北海道足寄町で昼夜放牧ならびに時間制限放牧を実施している酪農家それぞれ1戸で生産された乳を用いて、2005年4月から2005年12月にかけて毎月1回、ゴーダタイプチーズを作成した。各酪農家における放牧期間は5月から10月までであり、4月および11・12月は放牧は行われなかった。1日の放牧時間は、昼夜放牧農家、時間制限放牧農家でそれぞれ、19、8時間であり、両農家ともに牧草サイレージと濃厚飼料を給与していた。放牧地の草種構成は、両農家ともオーチャードグラス、チモシー、ケンタッキーブルーグラスおよびシロクロバであり、輪換放牧によって草地を放牧利用していた。毎月各農家のバルク乳を70kg採取し、あしよろ農産公社に搬入してゴーダチーズを製造した。ゴーダチーズの製造工程は下記に示したとおりであり、3ヶ月間の熟成後、脂肪酸組成の分析に供した。脂肪酸の分析はガスクロマトグラフィー法で行った。

#### ○ゴーダチーズ製造工程

- 1)原料乳：受入時に乳温、酸度、pHを測定
- 2)殺菌：63℃・30分
- 3)スターター添加：*Streptococcus lactis*と*Streptococcus cremoris*の混合菌
- 4)静置：15~30分間
- 5)レンネット添加：添加量：0.02%
- 6)静置
- 7)初期凝固：15分以内
- 8)カッティング：初期凝固時間×2.5でカット 5mm角
- 9)攪拌：10分間(途中攪拌停止不可)
- 10)ホエー排除：乳量の38%
- 11)加温：乳量の50%以上の温水で39℃まで昇温(1℃/3分間)
- 12)攪拌：30分間以上
- 13)ホエー排除：全量
- 14)片寄せ
- 15)プレプレス：10~15分間・重りを載せカードの粒をマット状にする

- 16)型詰 : 8kg 用モールド(円形の型)
- 17)プレス : 4 時間以上, 終了時 pH 5.20
- 18)水漬 : 10°C・一晚
- 19)塩漬 : 10°C, Be'21, pH 5.20, 8kg で 48 時間
- 20)熟成① : 10°C, RH : 85~90%, 1 ヶ月間
- 21)包装 : 真空包装、またはワックス
- 22)熟成② : 10°C, 2 ヶ月間
- 23)冷蔵 : 5°C前後
- 24)カット包装 : 必要に応じてカット・真空包装
- 25)細菌検査 : 大腸菌群
- 27)出荷

#### 【結 果】

昼夜放牧ならびに時間制限放牧を行っている乳牛の乳から製造したゴーダチーズの脂肪酸組成を表 4-1 に示した。乳と同様にチーズ中で最も含有割合が高かった脂肪酸は C16:0 であり、昼夜放牧・時間制限放牧のいずれにおいても放牧の開始に伴い乳中の C16:0 割合は低下した。これに対して C18 系の脂肪酸割合は放牧の開始に伴い増加し、特にバクセン酸(C18:1trans11)の増加割合が高く、昼夜放牧区の放牧前の 4 月では 391mg/100g であったのに対して、最高値を示した 8 月では 1,652mg/100g となり 4 倍以上も増加した。また、チーズ中の共役リノール酸含量も放牧によって増加し、放牧前の 4 月では昼夜放牧、時間制限放牧でそれぞれ 164、208mg/100g であったのに対して最高値を示した 6 月ではそれぞれ 532mg/100g、450mg/100g となり、放牧開始前に比べ放牧期間中ではチーズ中の共役リノール酸含量は 2~3 倍増加した。このことから放牧飼養させた乳牛から生産された乳を用いることにより抗ガン作用などの機能性を有する脂肪酸を多く含むチーズを製造できることが示された。

しかし、図 1 に示したようにチーズ中の共役リノール酸およびバクセン酸含量の季節変動は原料乳の変動と同様に大きく、春季から夏季にかけて増加しその後、減少する傾向を示し、機能性を有する乳製品として製造販売するためには乳およびチーズ中の共役リノール酸含量の変動要因についてさらに検討していく必要がある。

乳中の共役リノール酸(CLA)割合とゴーダチーズ中の共役リノール酸割合との関係を図 4-2 に示した。両者の間には直線的な関係が認められ( $r = 0.86$ ,  $P < 0.01$ )、下記の一次式が得られた。この式から乳中の共役リノール酸割合の増加に伴いチーズ中の共役リノール酸

$$\text{チーズ中 CLA 割合 (\%)} = 1.01 \times \text{乳中 CLA 割合} + 0.21$$

表4-1 放牧飼養された乳牛の乳を用いて製造したチーズの脂肪酸組成(mg/100gチーズ)

| 放牧形態           | 脂肪酸<br>飼養形態    | 4月          |            | 5月        |           | 6月       |          | 7月        |           | 8月         |           | 9月       |    | 10月 |    | 11月 |    | 12月 |    |
|----------------|----------------|-------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|----|-----|----|-----|----|-----|----|
|                |                | 製造月<br>飼養形態 | 舎飼         | 放牧        | 放牧        | 放牧       | 放牧       | 放牧        | 放牧        | 放牧         | 放牧        | 放牧       | 放牧 | 放牧  | 放牧 | 放牧  | 舎飼 | 舎飼  | 舎飼 |
| 昼夜放牧           | C16:0          |             | 11088±1961 | 8712±327  | 7674±107  | 8018±258 | 7642±32  | 7609±164  | 5949±1048 | 12186±146  | 6409±289  |          |    |     |    |     |    |     |    |
|                | C16:1          |             | 708±130    | 572±20    | 509±7     | 529±18   | 509±2    | 505±15    | 385±66    | 685±9      | 415±17    |          |    |     |    |     |    |     |    |
|                | C18:0          |             | 2600±470   | 3164±106  | 3293±38   | 3472±95  | 4201±17  | 3859±85   | 2633±456  | 3073±41    | 2203±97   |          |    |     |    |     |    |     |    |
|                | trans-11 C18:1 |             | 391±80     | 1115±35   | 1431±33   | 1048±65  | 1652±23  | 1269±15   | 810±137   | 474±2      | 294±10    |          |    |     |    |     |    |     |    |
|                | C18:1          |             | 5488±980   | 6325±212  | 6084±71   | 6640±194 | 7296±46  | 7132±138  | 4861±843  | 5733±78    | 4228±185  |          |    |     |    |     |    |     |    |
|                | C18:2          |             | 381±80     | 430±15    | 365±4     | 401±10   | 406±4    | 383±10    | 296±53    | 403±7      | 454±20    |          |    |     |    |     |    |     |    |
|                | C18:3          |             | 147±25     | 246±8     | 192±0     | 284±9    | 218±1    | 198±4     | 166±28    | 203±3      | 91±8      |          |    |     |    |     |    |     |    |
|                | CLA            |             | 164±27     | 389±12    | 532±4     | 397±12   | 527±3    | 449±7     | 272±44    | 198±2      | 117±9     |          |    |     |    |     |    |     |    |
|                | 時間制限放牧         | C16:0       |            | 14075±246 | 7226±1492 | 8874±57  | 9079±243 | 6443±1038 | 7242±1307 | 12565±1816 | 8700±1213 | 6409±289 |    |     |    |     |    |     |    |
|                |                | C16:1       |            | 921±18    | 483±99    | 577±6    | 592±22   | 403±62    | 478±86    | 823±120    | 544±77    | 415±17   |    |     |    |     |    |     |    |
| C18:0          |                |             | 3539±16    | 2772±571  | 3542±24   | 3624±86  | 2726±487 | 2700±476  | 3601±512  | 2214±389   | 2203±97   |          |    |     |    |     |    |     |    |
| trans-11 C18:1 |                |             | 376±160    | 779±158   | 1406±21   | 1118±48  | 979±130  | 878±184   | 722±140   | 376±107    | 294±10    |          |    |     |    |     |    |     |    |
| C18:1          |                |             | 7470±103   | 5407±1105 | 6440±68   | 6649±159 | 4773±769 | 5170±881  | 7452±1060 | 4303±741   | 4228±185  |          |    |     |    |     |    |     |    |
| C18:2          |                |             | 608±33     | 427±86    | 474±10    | 500±15   | 306±33   | 356±66    | 586±87    | 342±51     | 454±20    |          |    |     |    |     |    |     |    |
| C18:3          |                |             | 172±1      | 212±43    | 199±6     | 208±6    | 126±15   | 132±24    | 252±36    | 118±21     | 91±8      |          |    |     |    |     |    |     |    |
| CLA            |                |             | 208±2      | 240±48    | 450±12    | 367±10   | 326±34   | 295±51    | 284±41    | 151±41     | 117±9     |          |    |     |    |     |    |     |    |

割合も増加するとともに、チーズ中の共役リノール酸割合は、乳中の共役リノール酸割合を概ね反映し、ゴーダチーズ製造過程における脂肪酸組成の変動は小さいことが示された。

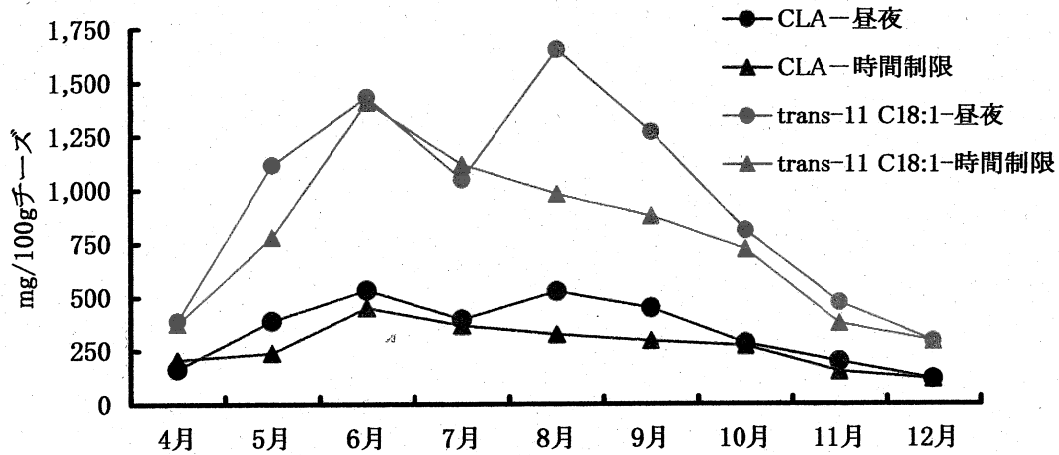


図4-1 チーズ中の共役リノール酸(CLA, C18:2cis9,trans11)およびバクセン酸(C18:1trans11)含量の季節変化

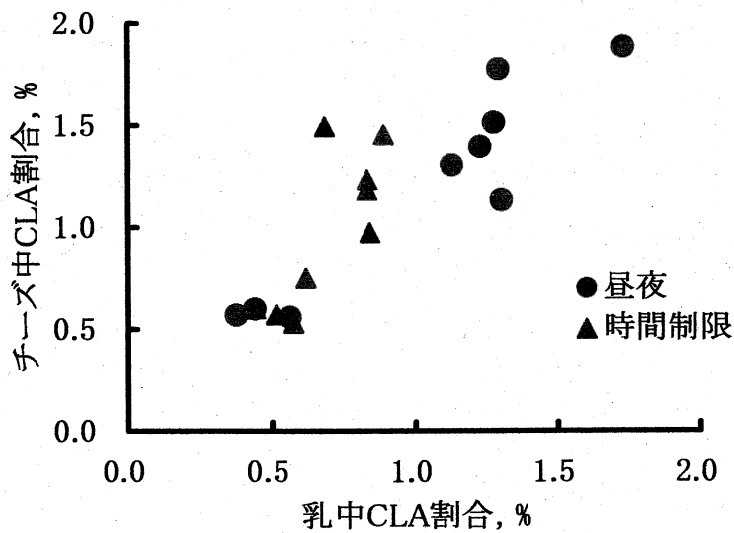


図4-2 乳とチーズ中の共役リノール酸(CLA)割合の関係



写真 4-1 放牧飼養された乳牛の乳を用いて製造したチーズの試験販売



## Summary

Four trials were carried out to investigate the factors affecting fatty acids composition, especially focused on CLA (conjugated linoleic acid, C18:2 *cis9-trans11*), in milk of cows grazed on temperate pasture.

In experiment 1, fatty acids composition in Holstein's milk collected from whole day grazing dairy farms (WG), time restricted grazing farms (TG) and non grazing farms (NG) in northern Japan were measured from April to December in 2005. The cows in WG and TG were grazed on temperate pasture from May to October and were offered some supplements. The cows in NG were offered total mixed ration (TMR) throughout the season. The most abundant fatty acid in the herbage and TMR were linolenic acid (C18:3) and linoleic acid (C18:2), respectively. In contrast, the most abundant fatty acid in the milk from all farms was palmitic acid (C16:0), representing about 34 mol% of total fatty acids. From July to October, the cows in WG had lower proportions of capric acid (C10:0) and lauric acid (C12:0) in milk compared with that in NG. The proportion of C18:0 and C18:1 in the milk tended to increase when the cows grazed herbage. Across the grazing season, proportions of CLA (conjugated linoleic acid, C18:2 *cis9-trans11*) to total fatty acids in milk of WG, TG and NG were 1.4, 0.9 and 0.4 mol%, respectively. The proportions of CLA in the milk from grazing farms were highest in June, but decreased gradually with progress of the season.

In experiment 2, six milking cows were kept under grazing and non-grazing condition to investigate the effect of linoleic acid and linolenic acid intake on the conjugated linoleic acid content in the milk. There was a positive linear relationship between linolenic acid intake and the proportion of conjugated linoleic acid to the total fatty acids in milk, but there was no significant relationship between linoleic acid intake and conjugated linoleic acid in milk. These results suggested that the increase of conjugated linoleic acid in milk under grazing condition was due to the increase of vaccenic acid supply, which was synthesized from linolenic and linoleic acids in the rumen, to mammary gland rather than increase of conjugated linoleic acid supply.

In experiment 3, three steers fitted with rumen and duodenum cannulae were offered fresh herbage to investigate the fatty acid composition in duodenum digesta and the effect of starch supplement on vaccenic acid production in the rumen. The steers were also fed corn grain or potato pulp silage as an energy source. The amount of vaccenic acid flow to the duodenum of steers fed fresh herbage was about ten times more than that of conjugated linoleic acid flow to the duodenum, suggesting that the conjugated linoleic acid in the milk of grazing cows are

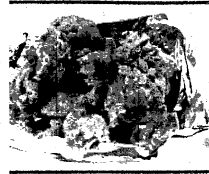
mainly synthesized from vaccenic acid produced in the rumen. Volatile fatty acid concentration and bacteria synthesis in the rumen were enhanced by increase of starch supplement, but there was no significant difference in vaccenic acid flow to the duodenum among the treatments. This results suggested that hydrogenate to unsaturated fatty acids in the rumen and the amount of vaccenic acid flow to the duodenum were not affected by starch supplementation.

In experiment 4, a semi-hard type of cheese was made from the milk of the grazing cows to test whether the conjugated linoleic acid in milk could remain in the cheese. The cheeses were made once a month from April to December using the milk collected from grazing dairy farms. The proportion of conjugated linoleic acid in the cheese increased when the milk was yield from grazing cows. The proportion of conjugated linoleic acid to total fatty acids in cheese increased linearly by increase of the proportion of conjugated linoleic acid in milk, suggesting that it could be possible to make a cheese containing high level of conjugated linoleic acid using the milk produced from grazing cows.

# 放牧飼養した泌乳牛へのポテトパルプサイレージの給与が乳量ならびに脂肪酸組成に及ぼす影響

AIBIBULA YIMAMU、花田正明、买买江祖农、奥村 大、岡本明治 (帯広畜産大学)

## 目的】



ポテトパルプサイレージ (PPS) は:  
 可消化エネルギー含量≒12MJ/kgDM  
 採食量良好 (DMI:体重の1.6%)  
 圧片コーンと同程度の増体効果  
 血中コレステロールの低下など効果

## 泌乳牛への給与効果は?

採食量  
 乳量および乳成分  
 血液性状



## 材料および方法】

供試家畜: ホルスタイン種初産泌乳牛12頭  
 供試草地: オーチャードグラス主体草地  
 放牧方法: 昼夜輪換放牧 (放牧20時間/日、毎日転牧)  
 併給飼料: TDN要求量の45% (右表)

併給飼料の給与基準 (TDN要求量に対する割合、%)

|             | RC区  | PPS区 |
|-------------|------|------|
| コーンサイレージ    | 10.0 | 10.0 |
| 配合飼料        | 17.5 | 17.5 |
| 圧片トウモロコシ    | 17.5 | —    |
| ポテトパルプサイレージ | —    | 17.5 |

## 結果】

表1. 飼料の脂肪酸含量および組成

|                   | 牧草   | RC   | PPS  |
|-------------------|------|------|------|
| 脂肪酸含量(g/kgDM)     | 34.5 | 43.1 | 4.2  |
| 脂肪酸組成 (g/100g脂肪酸) |      |      |      |
| <C16              | 1.4  | 0.2  | 12.1 |
| C16:0             | 14.2 | 9.8  | 34.2 |
| C18:0             | 1.9  | 1.6  | 21.2 |
| C18:1             | 2.1  | 30.7 | 9.0  |
| C18:2             | 12.7 | 55.8 | 8.3  |
| C18:3             | 63.9 | 1.3  | 2.9  |

RC:圧片トウモロコシ; PPS:ポテトパルプサイレージ

表2. DM、脂肪酸摂取量および摂取飼料の脂肪酸組成

|                   | RC区  | PPS区 | 有意差 |
|-------------------|------|------|-----|
| DM摂取量(kg/日)       | 21.3 | 22.9 | NS  |
| 脂肪酸含量(g/kgDM)     | 0.74 | 0.61 | **  |
| 脂肪酸組成 (g/100g脂肪酸) |      |      |     |
| <C16              | 1.3  | 2.0  | **  |
| C16:0             | 14.4 | 16.2 | **  |
| C18:0             | 2.1  | 2.9  | **  |
| C18:1             | 13.5 | 10.2 | **  |
| C18:2             | 26.9 | 20.8 | **  |
| C18:3             | 37.0 | 42.0 | **  |

NS:P>0.05, \*\*:P<0.01

表3. 乳量、乳成分および乳脂肪の脂肪酸組成

|                       | RC区  | PPS区 | 有意差 |
|-----------------------|------|------|-----|
| 乳量(kg/日)              | 29.0 | 29.2 | NS  |
| FCM量(kg/日)            | 27.0 | 26.5 | NS  |
| 乳成分                   |      |      |     |
| 乳脂肪(%)                | 3.33 | 3.38 | NS  |
| 乳タンパク質(%)             | 3.15 | 3.26 | NS  |
| 乳糖(%)                 | 4.74 | 4.61 | NS  |
| 乳脂肪の脂肪酸組成 (g/100g脂肪酸) |      |      |     |
| ≤C12                  | 9.5  | 12.3 | **  |
| C14:0                 | 13.2 | 15.7 | *   |
| C16:0                 | 27.6 | 33.7 | *   |
| C16:1                 | 2.3  | 1.6  | *   |
| C18:0                 | 11.2 | 7.7  | **  |
| C18:1                 | 29.7 | 22.3 | **  |
| C18:2                 | 2.8  | 2.5  | NS  |
| CLA                   | 1.7  | 1.8  | NS  |
| 不飽和脂肪酸の合計             | 37.6 | 29.2 | **  |

NS:P>0.05, \*:P<0.05, \*\*:P<0.01

表4. 血液性状

|                    | RC区  | PPS区 | 有意差 |
|--------------------|------|------|-----|
| 総コレステロール(mg/dl)    | 212  | 197  | NS  |
| HDL-コレステロール(mg/dl) | 113  | 103  | NS  |
| 中性脂肪(mg/dl)        | 4.7  | 5.7  | NS  |
| リン脂質(mg/dl)        | 251  | 232  | NS  |
| NEFA (mEq/l)       | 0.23 | 0.25 | NS  |
| 血糖(mg/dl)          | 58.0 | 59.0 | NS  |
| BUN (mg/dl)        | 19.4 | 14.5 | **  |

NS:P>0.05, \*\*:P<0.01

## 【まとめ】

放牧時にPPSの給与(4kgDM/日程度)により:

- ◇ 採食量は同程度であったが、脂肪酸摂取量は減少
- ◇ 乳生産量は同程度であったが、乳脂肪中、C18系脂肪酸の割合は減少、≤C16の中一長鎖脂肪酸の割合が増加、
- ◇ 血中総コレステロール濃度は低下しなかった

## 昼夜放牧・制限放牧および混合飼料給与牛群における バルク乳の脂肪酸組成の比較

ハナダマサアキ マイマイジャン ズノン ハマベカズタカ アイビブラ イمام オカモトメイジ タナカケイイチ

○花田正明<sup>1</sup>、Maimaijiang Zunong<sup>1</sup>、浜辺一貴<sup>1</sup>、Aibibula Yimamu<sup>2</sup>、岡本明治<sup>1</sup>、田中桂一<sup>3</sup>

(1: 帯畜大、2: 三重大、3: 北海道農業企業化研究所)

key words : grazing, milk, fatty acids,

【目的】乳の脂肪酸組成は摂取飼料の影響を受け、生草の脂肪酸組成はリノレン酸割合が高く放牧飼養時では、機能性を有する共役リノール酸(CLA)の割合が高まることが認められている。しかし、放牧飼養された乳牛の乳中の脂肪酸組成は、牧草のリノレン酸割合だけではなく、草地の状態や放牧方法の違いなど多くの要因によって変動することが予想される。本報告では寒地型草地に放牧飼養させた牛群を対象に、放牧時間ならびに放牧季時期が乳中の脂肪酸組成に及ぼす影響について検討した。

【方法】北海道十勝北部地域において昼夜放牧を実施している酪農家4戸(昼夜放牧区)、時間制限(昼間)放牧を実施している酪農家4戸(時間制限放牧区)および混合飼料を通年給与し、放牧を行っていない酪農家4戸(混合飼料区)、合計12戸の酪農家において2005年4月から12月までの9ヶ月間、1ヶ月ごとにバルク乳を採取し、乳の一般成分ならびに脂肪酸組成を調べた。毎月のバルク乳の採取時に放牧地の牧草、粗飼料および混合飼料を採取し、飼料中の脂肪酸組成も調べた。

【結果】昼夜放牧区では5月上旬より放牧を開始し、時間制限放牧区は5月中旬より放牧を開始し、各酪農家とも11月上旬には放牧を終えた。放牧地の主要イネ科牧草は各酪農家ともオーチャードグラス、チモシー、ケンタッキーブルーグラスであり、ペレニアルライグラスはほとんど観察されず、シロクロバ以外のマメ科牧草もほとんど観察されなかった。一方、混合飼料区のTMRの配合組成は酪農家によって異なっていたが、粗飼料源には各酪農家とも牧草サイレージとトウモロコシサイレージの両者を用いていた。牧草の脂肪酸組成は放牧形態の違いによる差は認められなかったが、季節の進行に伴い変動した(表1)。牧草の脂肪酸の中で最も割合の高かった脂肪酸はC18:3であり、牧草中のC18:3は5月に最も高い値を示し、その後漸減した。一方、TMRの脂肪酸組成は酪農家間で多少異なったが、季節による変動は小さく、TMRの中で最も割合の多かった脂肪酸はC18:2であった(表2)。乳脂肪率は放牧期間(5月~10月)を通じて昼夜放牧区で低い値を示したが、6月以外は有意な差ではなかった( $P>0.05$ , 図1)。乳中の脂肪酸の中で最も脂肪酸割合の高かった脂肪酸はC16:0であり、C16:0は季節によって変動はしたものの、飼養形態間には差は認められなかった。C18:1(t)およびCLA(cis9-trans11)割合は放牧開始前の4月では飼養形態間には差は認められず、0.5mol%程度であったが、昼夜放牧区と時間制限放牧区では放牧開始とともにC18:1(t)およびCLA割合は上昇し、放牧期間中は昼夜放牧区>時間制限放牧区>混合飼料区となった(図2)。昼夜放牧区・時間制限放牧区ともに乳中のCLA割合は6月に最も高い値を示し、昼夜放牧区、時間制限放牧区、混合飼料区の6月のCLA割合はそれぞれ1.8mol%、1.1mol%、0.5mol%であった。6月以後、CLA割合は漸減し、放牧が終了した11月以降は、飼養形態間の差は認められなかった。乳中のC18:1(t)割合の増加に伴いCLA割合も増加し(図3)、乳中のCLA割合にはC18:1(t)が関与していることが伺われた。

表1 牧草の脂肪酸組成(mol%)

|       | 放牧形態  |        | 月                  |                     |                     |                     |                     |                    |    | 有意差 | 交互作用 |
|-------|-------|--------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----|-----|------|
|       | 昼夜放牧  | 時間制限放牧 | 5                  | 6                   | 7                   | 8                   | 9                   | 10                 |    |     |      |
| C16:0 | 12.92 | 13.03  | 11.69 <sup>c</sup> | 12.62 <sup>bc</sup> | 13.10 <sup>ab</sup> | 13.26 <sup>ab</sup> | 13.16 <sup>ab</sup> | 14.03 <sup>a</sup> | NS | **  | NS   |
| C16:1 | 2.17  | 2.29   | 2.61 <sup>a</sup>  | 2.15 <sup>b</sup>   | 2.12 <sup>b</sup>   | 2.07 <sup>b</sup>   | 2.06 <sup>b</sup>   | 2.35 <sup>ab</sup> | NS | **  | NS   |
| C18:0 | 1.56  | 1.66   | 1.27 <sup>b</sup>  | 1.18 <sup>b</sup>   | 1.38 <sup>b</sup>   | 1.59 <sup>b</sup>   | 2.04 <sup>a</sup>   | 2.19 <sup>a</sup>  | NS | *** | NS   |
| C18:1 | 2.89  | 3.01   | 1.72 <sup>c</sup>  | 2.18 <sup>c</sup>   | 2.23 <sup>c</sup>   | 2.70 <sup>b</sup>   | 3.37 <sup>b</sup>   | 5.52 <sup>a</sup>  | NS | *** | NS   |
| C18:2 | 12.43 | 12.09  | 11.93 <sup>b</sup> | 12.67 <sup>a</sup>  | 12.67 <sup>a</sup>  | 12.80 <sup>a</sup>  | 11.82 <sup>b</sup>  | 11.65 <sup>b</sup> | NS | **  | NS   |
| C18:3 | 66.76 | 66.60  | 69.75 <sup>a</sup> | 68.03 <sup>ab</sup> | 67.08 <sup>bc</sup> | 66.02 <sup>c</sup>  | 66.35 <sup>c</sup>  | 62.83 <sup>d</sup> | NS | *** | NS   |

表2 混合飼料の脂肪酸組成(mol%)

|       | 混合飼料給与酪農家No.       |                    |                     |                     |
|-------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|       | 9                  | 10                 | 11                  | 12                  |
| C16:0 | 15.59 <sup>b</sup> | 19.34 <sup>a</sup> | 16.92 <sup>b</sup>  | 17.39 <sup>ab</sup> |
| C16:1 | 0.22               | 0.51               | 0.27                | 0.28                |
| C18:0 | 2.63 <sup>ab</sup> | 2.65 <sup>ab</sup> | 2.60 <sup>b</sup>   | 2.98 <sup>a</sup>   |
| C18:1 | 20.26 <sup>a</sup> | 16.67 <sup>b</sup> | 20.09 <sup>a</sup>  | 22.67 <sup>a</sup>  |
| C18:2 | 47.17 <sup>a</sup> | 41.38 <sup>b</sup> | 44.91 <sup>a</sup>  | 44.48 <sup>ab</sup> |
| C18:3 | 11.24 <sup>b</sup> | 17.29 <sup>a</sup> | 13.30 <sup>ab</sup> | 10.20 <sup>b</sup>  |

a,b:P<0.05

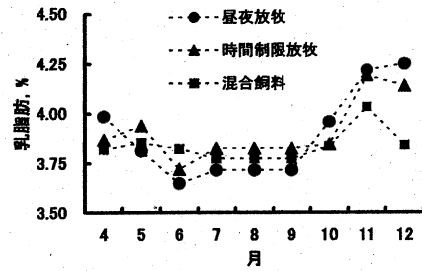


図1 各飼養形態における乳脂肪率の推移

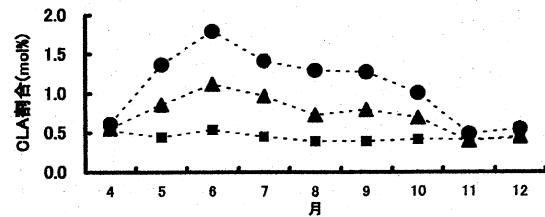
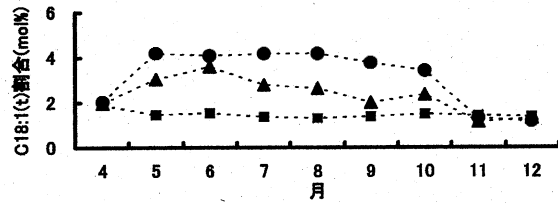
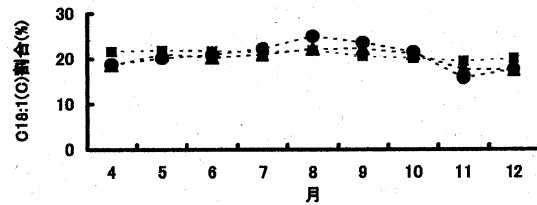
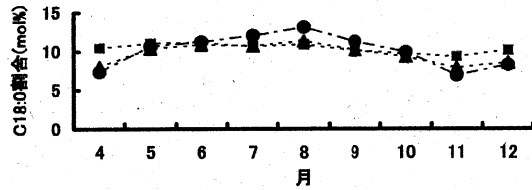
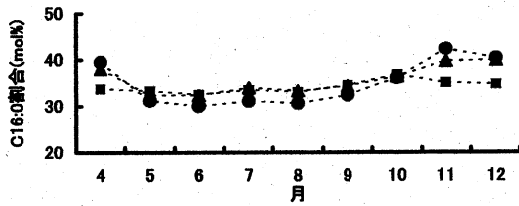


図2 各飼養形態における乳中脂肪酸組成の季節変動  
●: 昼夜放牧, ▲: 時間制限放牧, ■: 混合飼料(TMR)

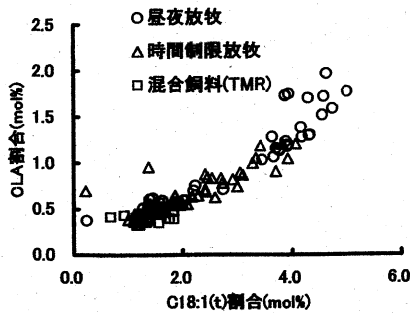


図3 乳中脂肪酸に占めるC18:1(c)とCLA割合との関係

**Proceeding for XIth Asian Australasian Animal production, Animal Science  
Congress 2006**

**Title: CHANGES OF FATTY ACIDS COMPOSITION IN MILK PRODUCED FROM  
GRAZING AND NON-GRAZING DAIRY FARMS WITH SEASON**

**Masaaki Hanada, Maimaijiang Zunong, Kazutaka Hamabe, Abdulrazak Okine, Aibibula  
Yimamu, Meiji Okamoto**

**Department of Animal Science, Obihiro University, Inada Obihiro Hokkaido, Japan**

**ABSTRACT**

Fatty acids composition in Holstein's milk collected from whole day grazing dairy farms (WG), time restricted grazing farms (TG) and non grazing farms (NG) in northern Japan were measured from April to December in 2005. The cows in WG and TG were grazed on temperate pasture from May to October and were offered some supplements. The cows in NG were offered total mixed ration (TMR) throughout the season. The most abundant fatty acid in the herbage and TMR were linolenic acid (C18:3) and linoleic acid (C18:2), respectively. In contrast, the most abundant fatty acid in the milk from all farms was palmitic acid (C16:0), representing about 34 mol% of total fatty acids. From July to October, the cows in WG had lower proportions of capric acid (C10:0) and lauric acid (C12:0) in milk compared with that in NG. The proportion of C18:0 and C18:1 in the milk tended to increase when the cows grazed herbage. During the grazing season, proportions of CLA (conjugated linoleic acid, C18:2 *cis9-trans11*) to total fatty acids in milk of WG, TG and NG were 1.4, 0.9 and 0.4 mol%, respectively. The proportions of CLA in the milk from grazing farms were highest in June, but decreased gradually with progress of the season.

**Key Words:** cow, grazing, milk, fatty acids

**INTRODUCTION**

Recently, an interest for fatty acids composition of cows' milk has been gained prominence due to the beneficial effects of some fatty acids such as CLA, C10:0, C12:0, myristic acid (C14:0) and C16:0 to human health. It has been reported that the proportion of CLA in milk increases when cows graze herbage on temperate pasture. However, the proportion of CLA in milk of the grazing cow varies with the grazing season according to the fatty acid composition of the milk as affected by type of diet, level of intake and physiological state. However, little work has been conducted to assess

seasonal change in fatty acid composition in the grazing cows' milk under Japanese condition. The object of this study was to investigate seasonal variation of fatty acid composition of cows' milk produced from grazing and non-grazing farms in the northern Japan.

## MATERIALS AND METHODS

Milk samples were obtained from 12 dairy farms: 4 for cows grazing for a whole day (WG), 4 for cows grazing during daytime (TG) and 4 offering TMR to cows without grazing (NG), respectively, to measure fatty acids composition in milk from April to December in 2005. All farms were located in the northern Japan, and were milking from Holstein cows. The cows in WG and TG were offered grass silage and/or hay and concentrate in April, November and December, and were grazed on temperate pasture from May to October with grass silage and concentrate supplementation. The main species of the pastures were orchardgrass (*Dactylis glomerata* L), timothy (*Phleum pratense* L.), Kentucky-bluegrass (*Poa pratensis* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). The cows in NG were fed TMR and kept in the barns throughout the season. The TMR consisted of grass and corn silages and a concentrate. Milk samples were collected once a month and kept at -30°C until analyses. Feed samples from the herbage, TMR and concentrate in each farm were also collected once a month. The feed samples were freeze-dried and ground to pass a 1mm screen. Fatty acids compositions of milk and feeds were determined by gas chromatography. Fat and lactose contents in milk were measured using an infra-red spectrophotometer. Effects of type of farm and season on fatty acid composition of diets and milk were tested by ANOVA. Mean separation was performed using the Least Significant Difference procedure when the treatment effect was significant. Significance was declared at  $P < 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

Fatty acids composition of herbage and TMR are shown in Table 1. The major fatty acids in herbage were C18:3, C16:0 and C18:2 and the proportions of these fatty acids to total fatty acids were 67, 13, and 12 mol%, respectively. The proportion of C18:3 in herbage decreased with progress of the season and was lowest in October, but still much higher compared with that of the TMR. The most abundant fatty acid in the TMR was C18:2, which amounted to 43 mol% of total fatty acids.

Milk fat content of cows in WG, TG and NG ranged from 3.65 % in June to 4.25 % in November, from 3.70 % in August to 4.14 % in November, and from 3.58 % in August and 4.03 % in November, respectively. Lactose content of 4.37 % for WG and 4.40 % for TG were lower than 4.57 % for NG ( $P < 0.01$ ).

Fatty acids compositions of the milk are presented in Table 2. The most abundant fatty acid in the

milk obtained from all farms was C16:0 representing about 34 mol% of total fatty acids in the milk. From July to October, the cows in WG had lower proportions of C10:0 and C12:0 in milk compared with that in NG. The proportion of C14:0 was relatively constant across the season in WG, TG and NG. Decreases in the proportions of C16:0 in the milk collected from WG were observed in summer, but there was no significant difference in C16:0 between WG and NG during the grazing season. When the cows grazed fresh herbage, the proportion of C18:0 and C18:1 in the milk tended to increase. Increases in proportion of C18:0 and C18:1 in milk and decreases in proportion of C10:0 and C12:0 have been also reported in cows grazing pasture as opposed to cows fed a total mixed diet (Kelly, et al., 1998).

The proportion of CLA in the milk did not differ among farms when the cows did not graze any herbage in April, November and December. However, increases in the proportion of CLA in the milk were observed in WG and TG when the cows were switched to pasture in May. During the grazing period, cows in WG and TG had higher proportions of CLA than those fed TMR. The proportion of CLA in WG, TG and NG from May to October averaged 1.4, 0.9 and 0.4 mol%, respectively. The high CLA proportion in WG compared with TG suggested that the proportion of CLA in milk of grazing cows was affected by the consumption of fresh herbage containing C18:3 as the most abundant fatty acid. The proportion of vaccenic acid (C18:1 *trans11*) showed a pattern similar to that of CLA, and there was a positive relationship between the proportions of C18:1 *trans11* and CLA ( $r = 0.920$ ,  $P < 0.01$ ). The proportion of CLA in the milk of the grazing cows peaked in June and then decreased gradually. In contrast, cows in NG had relatively constant proportion of CLA across the experimental period. One of the reasons for the seasonal variation in the proportion of CLA in the milk was probably due to decrease of herbage intake from pasture in agreement with several researchers who reported the decrease of herbage intake of cows grazed on temperate pasture with progress of the season. Lock and Garnsworthy (2003) also reported the proportion of CLA in grazing cows was highest in June but decreased with increasing buffer feeding level given as the summer progressed.

#### REFERENCES

- Kelly, M.L., E.S. Kolver, D.E. Bauman, M.E. Van Amburgh and L.D. Muller. 1998. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81:1630-1636.
- Lock, A.L. and P.C. Garnsworthy. 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and  $\Delta^9$ -desaturase activity in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 79:47-59.
- Schroeder, G.F., J.E. Delahoy, I. Vidaurreta, F. Bargo, G.A. Gagliostro and L.D. Muller. 2003. Milk



fatty acid composition of cows fed a TMR or pasture plus concentrates replacing corn with fat. J. Dairy Sci. 86:3237-3248.

**Table 1.** Fatty acids compositions (mol% to total fatty acids) in herbage and total mixed ration (TMR)

|       | Herbage            |                     |                     |                     |                     |                    | TMR   |
|-------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|
|       | MAY                | JUN.                | JUL.                | AUG.                | SEP.                | OCT.               |       |
| C14:0 | 0.70 <sup>c</sup>  | 0.66 <sup>c</sup>   | 0.96 <sup>b</sup>   | 1.14 <sup>a</sup>   | 0.86 <sup>b</sup>   | 0.96 <sup>b</sup>  | 0.59  |
| C16:0 | 11.69 <sup>c</sup> | 12.62 <sup>bc</sup> | 13.10 <sup>ab</sup> | 13.26 <sup>ab</sup> | 13.16 <sup>ab</sup> | 14.03 <sup>a</sup> | 18.46 |
| C18:0 | 1.27 <sup>b</sup>  | 1.18 <sup>b</sup>   | 1.38 <sup>b</sup>   | 1.59 <sup>b</sup>   | 2.04 <sup>a</sup>   | 2.19 <sup>a</sup>  | 3.18  |
| C18:1 | 1.72 <sup>d</sup>  | 2.18 <sup>cd</sup>  | 2.23 <sup>cd</sup>  | 2.70 <sup>bc</sup>  | 3.37 <sup>b</sup>   | 5.52 <sup>a</sup>  | 19.98 |
| C18:2 | 11.93 <sup>b</sup> | 12.67 <sup>a</sup>  | 12.67 <sup>a</sup>  | 12.80 <sup>a</sup>  | 11.82 <sup>b</sup>  | 11.65 <sup>b</sup> | 42.82 |
| C18:3 | 69.75 <sup>a</sup> | 68.03 <sup>ab</sup> | 67.08 <sup>bc</sup> | 66.02 <sup>c</sup>  | 66.35 <sup>bc</sup> | 62.83 <sup>d</sup> | 13.06 |

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row of herbage with different superscripts differ (P<0.05)

**Table 2.** Fatty acid composition (mol % to total fatty acid) of milk produced in whole day grazing farms (WG), time restricted grazing farms (TG) and non-grazing farms (NG)

| Month | C8:0              |                    |                   | C10:0             |                    |                    | C12:0             |                    |                   | C14:0               |                    |                     | C16:0              |                    |                     |
|-------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|       | WG                | TG                 | NG                | WG                | TG                 | NG                 | WG                | TG                 | NG                | WG                  | TG                 | NG                  | WG                 | TG                 | NG                  |
| APR.  | 1.08 <sup>a</sup> | 1.17 <sup>a</sup>  | 0.59 <sup>b</sup> | 3.49 <sup>b</sup> | 3.96 <sup>a</sup>  | 3.71 <sup>ab</sup> | 4.31 <sup>b</sup> | 4.81 <sup>a</sup>  | 5.05 <sup>a</sup> | 15.55 <sup>ab</sup> | 15.96 <sup>a</sup> | 14.85 <sup>b</sup>  | 39.55 <sup>a</sup> | 38.08 <sup>a</sup> | 33.78 <sup>b</sup>  |
| MAY   | 1.57 <sup>a</sup> | 1.49 <sup>ab</sup> | 1.34 <sup>b</sup> | 4.47 <sup>b</sup> | 4.40               | 4.20               | 5.05              | 5.02               | 4.87              | 14.68               | 14.92              | 14.60               | 31.17              | 32.36              | 33.32               |
| JUN.  | 1.45              | 1.40               | 1.66              | 4.39              | 4.12               | 4.50               | 5.00              | 5.01               | 4.91              | 14.78 <sup>ab</sup> | 15.25 <sup>a</sup> | 14.34 <sup>b</sup>  | 29.98              | 32.31              | 32.50               |
| JUL.  | 1.32 <sup>b</sup> | 1.37 <sup>ab</sup> | 1.67 <sup>a</sup> | 3.77 <sup>b</sup> | 4.13 <sup>b</sup>  | 4.72 <sup>a</sup>  | 4.26 <sup>b</sup> | 4.64 <sup>b</sup>  | 5.14 <sup>a</sup> | 14.11 <sup>b</sup>  | 15.05 <sup>a</sup> | 14.71 <sup>ab</sup> | 31.07 <sup>b</sup> | 33.97 <sup>a</sup> | 33.45 <sup>ab</sup> |
| AUG.  | 1.15 <sup>c</sup> | 1.49 <sup>b</sup>  | 1.65 <sup>a</sup> | 3.07 <sup>c</sup> | 4.02 <sup>b</sup>  | 4.62 <sup>a</sup>  | 3.42 <sup>c</sup> | 4.46 <sup>b</sup>  | 5.07 <sup>a</sup> | 12.67               | 14.58              | 14.57               | 30.57              | 33.30              | 33.05               |
| SEP.  | 1.25              | 1.42               | 1.51              | 3.42 <sup>b</sup> | 4.02 <sup>ab</sup> | 4.63 <sup>a</sup>  | 3.89 <sup>b</sup> | 4.55 <sup>ab</sup> | 5.22 <sup>a</sup> | 13.85               | 14.94              | 15.09               | 32.34              | 34.35              | 34.52               |
| OCT.  | 0.81              | 0.99               | 0.95              | 3.06 <sup>b</sup> | 3.64 <sup>ab</sup> | 3.90 <sup>a</sup>  | 3.93 <sup>b</sup> | 4.59 <sup>ab</sup> | 4.93 <sup>a</sup> | 14.84               | 15.48              | 15.43               | 36.09              | 36.40              | 36.79               |
| NOV.  | 1.55              | 1.48               | 1.60              | 4.38 <sup>b</sup> | 4.62 <sup>ab</sup> | 5.05 <sup>a</sup>  | 4.97              | 5.23               | 5.58              | 16.40 <sup>a</sup>  | 16.44 <sup>a</sup> | 15.69 <sup>b</sup>  | 42.33 <sup>a</sup> | 39.71 <sup>b</sup> | 35.07 <sup>c</sup>  |
| DEC.  | 1.74 <sup>b</sup> | 1.82 <sup>ab</sup> | 1.95 <sup>a</sup> | 4.23 <sup>b</sup> | 4.52 <sup>ab</sup> | 4.88 <sup>a</sup>  | 4.66              | 4.88               | 5.21              | 15.32               | 15.58              | 14.85               | 40.35 <sup>a</sup> | 39.91 <sup>a</sup> | 34.72 <sup>b</sup>  |

|      | C18:0              |                    |                    | C18:1 <sup>cis9</sup> |                     |                    | C18:1 <sup>trans11</sup> |                    |                   | C18:2 <sup>cis9,11</sup> |                   |                   | CLA(C18:2 <sup>cis9trans11</sup> ) |                    |                   |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|
|      | WG                 | TG                 | NG                 | WG                    | TG                  | NG                 | WG                       | TG                 | NG                | WG                       | TG                | NG                | WG                                 | TG                 | NG                |
| APR. | 7.35 <sup>b</sup>  | 8.00 <sup>b</sup>  | 10.43 <sup>a</sup> | 18.78 <sup>b</sup>    | 18.58 <sup>b</sup>  | 21.67 <sup>a</sup> | 2.04                     | 1.96               | 1.89              | 1.11 <sup>c</sup>        | 1.35 <sup>b</sup> | 2.80 <sup>a</sup> | 0.61 <sup>a</sup>                  | 0.56 <sup>ab</sup> | 0.53 <sup>b</sup> |
| MAY  | 10.65              | 10.35              | 11.04              | 20.16                 | 20.97               | 21.88              | 4.18 <sup>a</sup>        | 3.04 <sup>b</sup>  | 1.46 <sup>c</sup> | 1.21 <sup>b</sup>        | 1.42 <sup>b</sup> | 2.81 <sup>a</sup> | 1.37 <sup>a</sup>                  | 0.86 <sup>b</sup>  | 0.44 <sup>c</sup> |
| JUN. | 11.24              | 10.85              | 11.09              | 20.87                 | 20.26               | 21.75              | 4.08 <sup>a</sup>        | 3.59 <sup>a</sup>  | 1.54 <sup>b</sup> | 1.11 <sup>b</sup>        | 1.38 <sup>b</sup> | 2.89 <sup>a</sup> | 1.79 <sup>a</sup>                  | 1.12 <sup>b</sup>  | 0.54 <sup>c</sup> |
| JUL. | 12.04 <sup>a</sup> | 10.70 <sup>b</sup> | 10.64 <sup>b</sup> | 22.25                 | 20.90               | 21.41              | 4.17 <sup>a</sup>        | 2.79 <sup>b</sup>  | 1.36 <sup>c</sup> | 1.14 <sup>b</sup>        | 1.25 <sup>b</sup> | 2.77 <sup>a</sup> | 1.41 <sup>a</sup>                  | 0.97 <sup>b</sup>  | 0.45 <sup>c</sup> |
| AUG. | 13.11 <sup>a</sup> | 11.32 <sup>b</sup> | 10.88 <sup>b</sup> | 24.98 <sup>a</sup>    | 22.14 <sup>ab</sup> | 21.88 <sup>b</sup> | 4.17 <sup>a</sup>        | 2.63 <sup>b</sup>  | 1.31 <sup>c</sup> | 1.32 <sup>b</sup>        | 1.27 <sup>b</sup> | 2.90 <sup>b</sup> | 1.29 <sup>a</sup>                  | 0.73 <sup>b</sup>  | 0.39 <sup>c</sup> |
| SEP. | 11.25              | 10.17              | 10.10              | 23.55                 | 22.20               | 20.55              | 3.76 <sup>a</sup>        | 2.01 <sup>ab</sup> | 1.38 <sup>b</sup> | 1.02 <sup>b</sup>        | 1.22 <sup>b</sup> | 2.70 <sup>a</sup> | 1.27 <sup>a</sup>                  | 0.79 <sup>b</sup>  | 0.39 <sup>c</sup> |
| OCT. | 9.91               | 9.30               | 9.70               | 21.47                 | 21.05               | 20.13              | 3.42 <sup>a</sup>        | 2.36 <sup>b</sup>  | 1.50 <sup>c</sup> | 0.93 <sup>b</sup>        | 1.22 <sup>b</sup> | 2.50 <sup>a</sup> | 1.01 <sup>a</sup>                  | 0.69 <sup>b</sup>  | 0.42 <sup>c</sup> |
| NOV. | 6.91 <sup>b</sup>  | 7.87 <sup>b</sup>  | 9.32 <sup>a</sup>  | 15.73 <sup>c</sup>    | 17.61 <sup>b</sup>  | 19.45 <sup>a</sup> | 1.31 <sup>ab</sup>       | 1.15 <sup>b</sup>  | 1.42 <sup>a</sup> | 0.78 <sup>b</sup>        | 1.08 <sup>b</sup> | 2.41 <sup>a</sup> | 0.49 <sup>a</sup>                  | 0.40 <sup>b</sup>  | 0.41 <sup>b</sup> |
| DEC. | 8.22 <sup>b</sup>  | 8.54 <sup>ab</sup> | 10.15 <sup>a</sup> | 17.63 <sup>b</sup>    | 17.47 <sup>b</sup>  | 20.00 <sup>a</sup> | 1.17                     | 1.29               | 1.37              | 1.23 <sup>b</sup>        | 1.06 <sup>b</sup> | 2.44 <sup>a</sup> | 0.55                               | 0.45               | 0.42              |

<sup>a,b,c</sup> Means in the same row of each fatty acid with different superscripts differ (P<0.05).