

夏場の体温上昇抑制による乳牛の生産性改善技術の確立

和田卓也¹⁾・二本木俊英・西村友佑

¹⁾ 福井県奥越農林総合事務所

要 約

夏季の暑熱ストレスの軽減を図り、乳生産性を改善するため、高エネルギーでルーメン内での熱産生が少ないグリセリンなどの給与が乳牛に及ぼす影響について検討した。飼料給与方式の違いにより、次の2つの試験を行った。試験Ⅰでは泌乳中後期の乳牛6頭を用い1期3週間の3×3ラテン方格法で、フリーストール・TMR給与方式の飼養試験を行った。その結果、グリセリン300g/日、オリゴ糖含有資材200g/日の両区とも、乾物摂取量や乳生産性、ルーメン内容液性状に影響はなかったが、暑熱ストレスが軽減される可能性が示唆された。試験Ⅱでは、より暑熱ストレスを受けやすいとされる繋ぎ飼い・分離給与方式の農家で実証試験を行い、グリセリン300g/日の給与について、次のような知見を得た。1. 温度湿度指数が終日72を超える厳しい暑熱条件下で、体表面温度や直腸温度の上昇、呼吸数の増加を抑制する効果が認められた。2. 乳成分や血液生化学性状、暑熱ストレス指標は、両区間で差が無かった。3. 暑熱期間中(6～9月)の乳量は、対照区と比較して試験区で7%増加し、乳量減少を抑制する効果が認められた。

キーワード：乳牛、暑熱対策、グリセリン、体表面温度、呼吸数

緒 言

福井県は、湿度が高くフェーン現象で急激に高温となるなど、乳牛が暑熱ストレスを感じる期間が長い。乳牛は暑さに弱いため、夏季はエサの食い込みが落ち、それにともない乳量が低下、受胎率も低くなる。暑熱による乳牛の生産性の低下は酪農経営における大きな損失であり、地球規模で温暖化が進む今日、暑熱対策は極めて重要な課題である。

家畜の体温を下げる暑熱対策には、熱放散を促進することと、無駄な熱産生を抑制することの2通りの方法が考えられる。県内の酪農家においても、送風機、細霧装置の設置、畜舎屋根の断熱塗料、グリーンカーテン・寒冷紗の設置、毛刈りなどの対策をしている。これらは飼養環境の改善により、熱放散を促進する方法である。

粗飼料がルーメン内で発酵するとき、濃厚飼

料よりもたくさんの熱を放出する。この発酵熱を下げるため、選び喰いして粗飼料の採食量を減らすのは、夏季に牛自身が行う熱産生を抑制する暑熱対策といえる。同様に、良質な粗飼料を細断して給与することも、ルーメン内での熱産生を抑制するための飼養管理の改善となる。

夏季のエネルギー補給として、アシドーシスのリスクが少なく粗飼料よりも熱量増加の少ないバイパス油脂が活用されることがある。さらに最近では、グルコースは代謝による熱産生が油脂よりも13%程度少ないことから、ルーメン内での悪影響のない糖源物質の活用が期待されている。

本研究では、夏季の暑熱ストレスの軽減を図り、乳生産性を改善するため、乳牛のルーメン内の発酵熱が体温上昇に及ぼす影響に着目し、ルーメン内での熱産生が少ないと考えられるグリセリンおよびオリゴ糖の給与が乳牛に及ぼす

影響について検討した。

(試験 I)

材料および方法

1. 試験期間

2014年7月12日から9月12日まで実施した。

2. 試験場所

福井県勝山市畜産試験場奥越高原牧場、フリーストール、TMR方式、送風機（インバータ自動制御）

3. 供試牛

当場で繁養する泌乳中後期のホルスタイン種乳牛6頭（初産3頭、経産3頭）を供試した。試験開始時の平均搾乳日数は153日であった。

4. 試験区分・試験方法

グリセリン区、オリゴ糖区、ならびに対照区の3区分を設け、1期3週間（予備試験期間16日、本試験期間5日）、3×3ラテン方格法の飼養試験を実施した。I期：7月12日～8月1日、II期：8月2日～22日、III期：8月23日～9月12日。飼料給与の方法は、夕方16:00の1日1回TMR飼料（CP16.5%、TDN75%）を給与し、朝9:00に各区の資材を混ぜた配合飼料1kgをトップドレスで給与した（グリセリン区：食品添加物グリセリン300g+配合飼料700g、オリゴ糖区：オリゴ糖吸着飼料200g+配合飼料800g、対照区：配合飼料1,000g）。残飼料が10%となるよう給与量を調整した。

5. 調査項目および分析方法

1) 牛舎内温度湿度

試験期間中、温度・湿度データロガー（TR-7wf；株式会社ティアンドデイ，長野）を牛床からの高さ約1.5mに設置し、15分間隔で記録し、温度湿度指数（THI:temperature-humidity index）を算出（ $THI値 = 0.8 \times 温度（℃） + 0.01 \times 湿度（％） \times （温度（℃） - 14.3） + 46.3$ ）した。

2) 呼吸数

各本試験期間中10:00と15:00の2回、目視で呼吸数を30秒間計測し、1分間当たり呼吸数に換算した。

3) 体表面温度、直腸温度

各本試験期間中15:00に、体表面温度（赤外線サーモグラフィカメラ；携帯用小形熱画像カメラCPA-E60A，株式会社チノー，東京）および直

腸温度（獣医用水銀体温計）を測定した。体表面温度の測定部位は、頸部、肩部、胸腹部3点（胸底部、中央部、臍部）、臀部、乳房とした。

4) 体重およびボディコンディションスコア（BCS）

本試験期間の最終日11:00に、体重とBCSを測定した。

5) 乾物摂取量（DMI）

DMIは、個体ごとに給与量と残飼量を記録し、水分測定値をもとに算出した。

6) 乳量および乳成分

搾乳は6:00と17:00の2回行い、1日乳量は夕方・朝の搾乳量の合計とした。搾乳時にミルクメーター（オリオン機械株式会社，長野）を使用して毎日計測した。乳成分は、毎週、生乳を夕方・朝採取し、北陸酪農業協同組合連合会検査課に検査を依頼した。

7) 第一胃内容液性状

各本試験期間の最終日の14:00に経口カテーテルを用いて第一胃内容液を採取した。採取した第一胃内容液は二重ガーゼでろ過し、直ちにpHメーター（ガラス電極pHメーターK-620PH；（株）佐藤計量器製作所，東京）を用いてpHを測定するとともに分析に供した。プロトゾア数は試料1mlをFMS溶液で5倍に希釈後、フックスローゼンタール計算板（ディスポーザブル血球計算板C-Chip；Digital Bio社，ソウル）を用いて計測した。アンモニア態窒素はConwayの微量拡散法で測定した。

8) 血液生化学性状

血液は、毎週1回11:00に尾静脈より採取し、ヘマトクリット（Ht）値を計測後、血漿を分離し、血液生化学自動分析装置（富士ドライケム4000sV；富士フィルムメディカル（株），東京）を用いて、グルコース（GLU）、尿素態窒素（BUN）、カルシウム（Ca）、無機リン（IP）、総蛋白質（TP）、アルブミン（ALB）、総コレステロール（TCHO）、グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ（GOT:AST）、 γ -グルタミルトランスペプチダーゼ（GGT: γ -GTP）含量を測定した。また、暑熱による酸化ストレス指標として、活性酸素代謝産物濃度（d-ROMs:reactive oxygen metabolites）および脂質過酸化分解生成物の一つである2-チオバルビツール酸反応性物質濃度（TBARS:Thiobarbituric Acid Reactive Substances）の測定を行った。

結 果

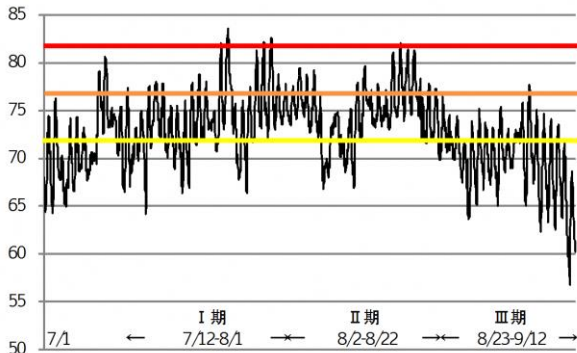


図-1 試験期間中の温度湿度指数（THI）の推移

「82」を超える：危険な領域で疾病が多発

「77」を超える：乳量の急激な低下が発生する

「72」を超える：暑熱ストレスが始まる

表-1 飼養成績

項 目	対照区	グリセリン区	オリゴ糖区
体重(kg)	621	633	620
BCS	3.08	3.04	3.04
乾物摂取量(kg)	21.0	20.4	21.5
乾物/体重比(%)	3.4	3.2	3.5
乳量(L)	29.4	30.1	29.2
乳成分率			
乳脂肪率(%)	3.81	3.74	3.68
乳蛋白質率(%)	3.35	3.36	3.42
乳糖率(%)	4.57	4.55	4.53
無脂固形分率(%)	8.91	8.92	8.95
MUN(mg/dl)	13.1	12.8	12.3
第一胃内容液性状			
pH	6.75	6.82	6.70
アンモニア態窒素(mg/d)	6.8	6.4	7.0
プロトゾア数($\times 10^5$)	4.0	2.7	3.3
血液生化学性状			
BUN(mg/dl)	10.5	9.8	10.4
GLU(mg/dl)	64	64	66
T-P(mg/dl)	8.5	8.3	8.4
T-CHO(mg/dl)	180	175	189
カルシウム(mmol/dl)	10.6	10.7	10.7
リン(mmol/dl)	6.7	6.6	7.1
GOT(IU/l)	90.9	83.7	93.8
GGT(IU/l)	36.5	35.9	38.1

1) 温度湿度指数の推移

試験期のうちI・II期は、乳牛で乳量の急激な低下が発生するとされるTHI値77を超える日が多かった。そして、本試験期間中の朝晩は、乳牛が暑熱ストレスを感じる72を下回る日はほとんど無く、厳しい暑熱環境下にあった。III期

になると77を超えることはほとんど無かった(図1)。

2) 乾物摂取量 (DMI)

グリセリン、オリゴ糖含有資材ともに嗜好性はよく、食べ残しは全く無かった。DMIは、グリセリン区でやや低かったが、有意な差は認められなかった(表1)。

3) 乳量・乳成分率

乳量や乳成分率は、各区分で有意な差は認められなかった(表1)。

4) 血液生化学性状

グリセリン区で、BUNならびにGOTが低くなる傾向がみられたが、有意な差は認められなかった。カルシウムなど、その他の項目についても、とくに差はみられず、いずれも正常値の範囲内であった。また、酸化ストレス指標のd-ROMsはグリセリン区で低く、TBARSはグリセリン区およびオリゴ糖区で低くなったが、各区分で有意な差は認められなかった(表2)。

5) 第一胃内容液性状

pH、アンモニア態窒素、プロトゾア数のいずれの項目も各区分で違いは認められなかった。

表-2 血液中の暑熱ストレス指標

項 目	対照区	グリセリン区	オリゴ糖区
d-ROMs(U.CARR)	107±23	99±18	109±38
TBARS(nmol/L)	4.5±1.8	3.7±0.5	3.7±1.0

表-3 体表面温度・直腸温度の比較(°C)

部 位	対照区	グリセリン区	オリゴ糖区
頸 部	37.3 ± 0.8	36.9 ± 1.2	36.9 ± 1.2
肩 部	37.1 ± 1.0	36.6 ± 1.4	36.8 ± 1.3
胸腹部① 胸底(脇)	37.1 ± 0.9	37.1 ± 1.0	37.1 ± 1.0
胸腹部② 中央	36.1 ± 1.1	35.7 ± 1.5	35.9 ± 1.5
胸腹部③ 臍	37.2 ± 1.0	36.7 ± 1.2	36.9 ± 1.3
腎 部	36.7 ± 1.2	36.7 ± 1.2	36.7 ± 1.4
乳 房	38.6 ± 1.0	38.9 ± 0.5	38.3 ± 1.0
直 腸	39.0 ± 0.5	38.9 ± 0.4	38.7 ± 0.3

6) 体表面温度、直腸温度

体表各部の温度を比較すると、胸底や臀部、乳房は各区分でほとんど差は見られなかった。頸部・肩部・胸腹部中央・臍部は、対照区に比べ、グリセリン区・オリゴ糖区で低くなる傾向がみられたものの、有意な差ではなかった(表3)。

7) 呼吸数

呼吸数は、10:00の時点では、対照区に比べ、グリセリン区やオリゴ糖区で低くなる傾向があったが、いずれも有意差は無かった(表4)。15:00の時点では、対照区に比べ、オリゴ糖区で低くなる傾向があったが、有意な差は認められなかった。

表-4 呼吸数

	対照区	グリセリン区	オリゴ糖区
10:00	68.7 ± 14.8	64.3 ± 14.8	62.8 ± 7.4
15:00	71.3 ± 15.8	73.3 ± 15.3	65.8 ± 11.6
平均	70.0 ± 13.4	68.8 ± 15.1	66.5 ± 10.0

8) コスト

1日1頭当たりの資材費は、グリセリン区が約180円、オリゴ糖区が約160円の増加となった。

考 察

試験Iでは、TMR給与方式で、ルーメン内での熱産生の少ないグリセリンおよびオリゴ糖の給与が乳牛の生理反応や生産性に及ぼす影響を検討した。

グリセリンは、3価の糖アルコール、無色透明のシロップ状で、ショ糖の半分の甘味があるため嗜好性は良好である。グリセリンは、ルーメン内微生物の攻撃を受けて分解し、プロピオン酸が生成され、速やかにエネルギー源として利用される。試験で給与したグリセリン300gは、経産牛の維持・乳生産に要するエネルギーの2.2%に値する。オリゴ糖は、フラクトースが2分子結合したもので、ルーメン内微生物に分解されにくく、主に下部消化管で利用され、ミネラル、特にカルシウムの吸収を高める作用があるとされる。

温度とともに湿度も乳牛に影響を及ぼすため、この2つを総合した温度湿度指数 (THI値) が、乳牛の暑熱ストレスを評価する方法として活用される。THI値が72を超えると乳牛は暑熱ストレスを受け始め、また、日中にTHI値が高くなっても朝晩に下がれば暑熱ストレスはやや緩和するとされる。本試験では、試験期間を通じて一定の暑熱環境下でなく、Ⅲ期になると9月下旬並みに暑さが和らいだ。

畜舎内の温度や湿度の上昇を受け、乳牛は生理的な反応をする。体温を上昇させる要因となるルーメンの発酵熱を抑えるため、夏季には、採食量、とくに粗飼料の採食量が落ち込む。今回の試験ではTMR給与であったこともあり、粗飼料だけ食べ残すということはなかった。またDMIや乳量についても、各区で有意な差は認められなかった。暑熱期間の試験ではないが、コーングルテンミールの代替として、グリセリンを飼料中5、10、15%DM(それぞれ約1.2、2.4、3.6kg)まで給与した試験 (Donkinら、2008) では、本試験と同様にDMIや乳生産性に影響はないとしている。一方、粉碎トウモロコシの代替として、グリセリンを飼料中0、200、400g/日給与した試験 (Boydら、2013) では、給与量を400g/日まで増加すると、DMI、乳量、乳脂率が低下するなど、グリセリンの給与がDMIや乳生産性に及ぼす影響は、まだよく分かっていない。

乳牛の生理的な変化は血液成分にも現れる。暑熱が泌乳牛の血液成分値に及ぼす影響を検討した生田ら (2010) の試験では、適温期に比べ暑熱期にHtとAST (GOT) が低下し、βリポ蛋白が上昇したとしている。本試験でも有意な差ではないものの、グリセリン区においてGOTが低くなる傾向があり、適温期により近い状態であったと推察される。夏季は、暑熱による採食量の低下などでミネラル不足となり、低カルシウム症状で平滑筋の収縮を低下させることから、ルーメンの動きも緩慢となる。オリゴ糖の給与は、カルシウムの吸収を促進する働きも期待されたが、カルシウム値に差は認められなかった。

呼吸数が増えると活性酸素の生成量も増加する。このため、暑熱ストレスの強弱で、活性酸素によって生じたd-ROMsやTBARSにも違いが見られると考えたが、ほとんど差はなかった。

本試験やBoydら (2013) が行った試験のように、グリセリン400g/日までの給与であればルーメンpHに影響は及ぼさないものの、グリセリン1.1kgを含む飼料の給与 (Schröderら、1999) では、ルーメンpHの低下が顕著であったとしている。グリセリンは多給することも可能だが、ルーメン内環境への影響やグリセリンが高価であることを考慮すると500g/日までとすることが望ましい。

グリセリンやオリゴ糖の給与は、ルーメン内での熱産生が少ないことに加え、高エネルギー飼料の給与でDMIが減少しルーメンの発酵熱が低くなることを期待した。体表面温度はルーメンの発酵熱の影響を受けると考えられる。グリセリンやオリゴ糖の給与により、ルーメンに近い胸腹部中央や臍部、乳牛の部位の中で比較的汗腺や血管が発達している頸部や肩部の体表面温度が低くなる傾向はあったが、統計学的な有意差はなかった。なお、温度と湿度が一定の条件下（室温20℃、湿度60%RH）で行った福井ら（2014）の試験と同様、暑熱環境下でも体表面温度に有意な左右差は認められなかった。

体温が高くなると、熱放散を促すため呼吸数が増加する。夏季以外は通常15～35回/分だが、夏季は50～60回/分、さらに厳しい暑熱環境となると80～100回/分を超えるまで増加し、開口呼吸（パンティング）するようになる。今回の試験では、呼吸数に違いは見られなかったが、グリセリンやオリゴ糖を給与することで、呼吸数の上昇を抑制する可能性が示唆された。また、暑熱期間中の飼料中のNDF供給源の違いが乳牛の生産性や生理等に及ぼす影響を検討した森ら（1998）の試験では、呼吸数（14:00、20:00、2:00、8:00を比較）は粗飼料の給与量の少ない区で有意に低かったが、差がみられたのは2:00のみであった。本試験では、10:00、15:00のどちらも差は認められなかったが、資材の給与後間もない10:00の方が呼吸数の上昇が抑制されていた。さらに、オリゴ糖は給与の効果持続時間が長いのに対して、グリセリンはルーメン内で急速に分解されることから効果の持続時間は短いことが推察された。日中で最も暑い時間帯に効果が現れるよう、資材を給与する効果的な時間帯についても検討する必要があると考えられた。

試験Ⅰの結果、ルーメン内で悪影響のないグリセリンやオリゴ糖の給与は、熱産生を抑え暑熱ストレスを緩和する技術として期待できた。また、TMR給与は分離給与に比べ、暑熱ストレスを受けにくい給与システムであるとされることから、続いて、より暑熱ストレスを受けやすい分離給与での農家実証試験を行うこととした。

（試験Ⅱ）

材料および方法

1. 試験期間

2015年6月15日～10月15日まで実施した。

2. 実証試験農家

福井県大野市A牧場

対頭式繋ぎ牛舎、分離給与方式

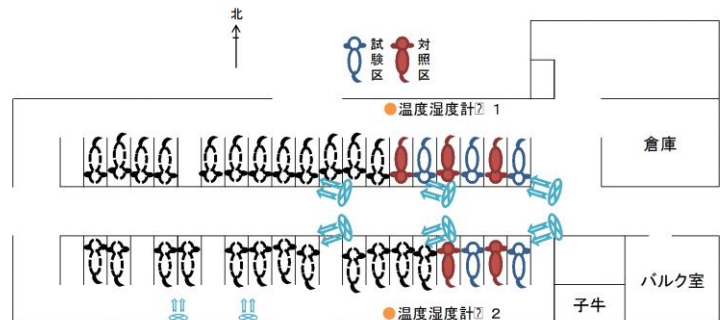


図2 牛舎内の状況

3. 試験区分・試験方法

搾乳牛10頭を5頭ずつ2グループ（試験区・対照区）に分け、飼養試験を実施。試験開始時の搾乳日数は、試験区138日、対照区132日であった。試験区はグリセリン300g /日を11:00頃に給与（7/10～9/30）。事前にグリセリンと配合飼料を混ぜておき、配合飼料2kgを給与すれば、およそ300gのグリセリンがあたるようにした。配合飼料は1日5回の給与で、グリセリンの給与は3回目にあたる。牛舎の状況は、図2のとおりである。

4. 調査項目および分析方法

1) 牛舎内温度湿度

温度・湿度データロガーを牛床からの高さ約1.5mに設置し、試験期間中15分間隔で記録し、THI値を算出した。

2) 呼吸数および体表面温度、直腸温度

毎月末の3日間、15:00を目安に呼吸数および体表面温度、直腸温度を測定した。方法は試験Ⅰと同様とした。

3) 乳量および乳成分

乳量および乳成分は、毎月実施している乳用牛群検定成績のデータを用いた。

4) 血液生化学性状

毎月末1回14:00に血液生化学性状を調査した。調査項目および分析方法は試験Ⅰと同様とした。

結果

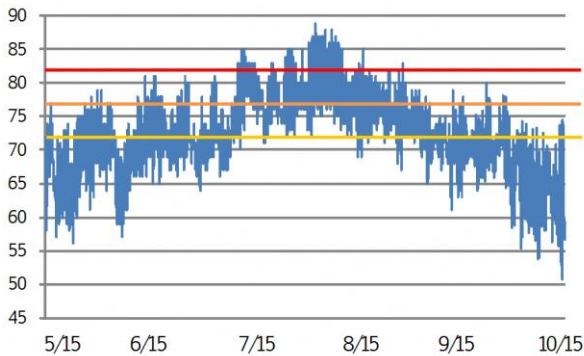


図3 試験期間中の温度湿度指数の推移

1) 温度湿度指数の推移

試験期間中のTHI値(図3)は、6月中旬から高くなり始めた。7月中旬～8月中旬は、昼夜を問わずTHI値が72を超え、乳牛はかなりの暑熱ストレスに曝されていた。8月下旬以降、暑さは和らいだ。

2) 乳生産性

6月の試験開始時点で両区の乳量に差があったので(棒グラフ)、6月の乳量を100とした相対値(折れ線グラフ)で比較した(図4)。実乳量は、泌乳ステージの進行に伴う乳量の漸減に加え、対照区では暑熱の影響も受け乳量が大きく減少していたのに対し、試験区では乳量の減少が抑制されていた。そして、両区の乳量が同程度だとすると、暑熱期間(6～9月)の乳量は試験区の方が7%多くなった。産次、搾乳日数など異なる条件下にある牛の日量を同じ土俵で比較できるように補正した標準乳量をみると、昼夜を問わずTHI値が72を超えた厳しい暑熱環境だった7月に対照区は乳量が10%近く低下していたが、試験区では同じ7月でも乳量の低下はみられなかった(表5)。なお、乳脂肪率や乳蛋白質率などの乳成分や体細胞数については、両区で差はみられなかった(表6)。

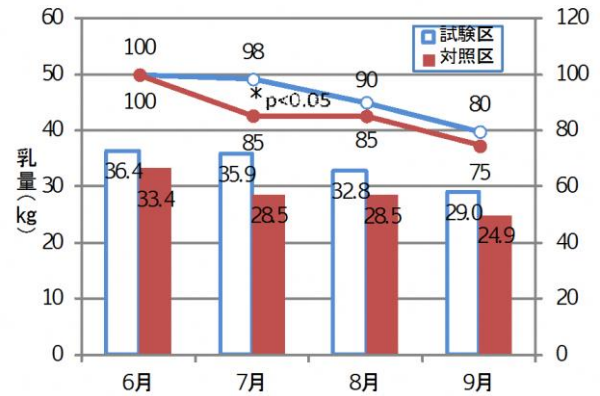


図4 実乳量の推移

折れ線グラフは6月の乳量を100とした相対値

表5 標準乳量の推移

	6月	7月	8月	9月
試験区	36.1 (100)	37.5 (104)	36.1 (100)	34.6 (96)
対照区	32.5 (100)	29.6 (91)	32.5 (100)	29.6 (91)

() 内は6月の標準乳量を100とした相対値

表6 乳成分の推移

区分	項目	6月	7月	8月	9月
試験区	乳脂肪率(%)	3.58	3.59	3.60	3.82
	乳蛋白質率(%)	3.03	3.12	3.20	3.35
	無脂固形分(%)	8.50	8.54	8.60	8.77
	MUN(mg/dl)	9.1	9.3	7.5	7.3
対照区	体細胞数(千個/ml)	284	61	106	171
	乳脂肪率(%)	3.89	4.22	3.91	4.08
	乳蛋白質率(%)	3.20	3.20	3.25	3.29
	無脂固形分(%)	8.64	8.73	8.74	8.75
	MUN(mg/dl)	7.7	9.2	8.0	7.3
	体細胞数(千個/ml)	291	356	311	64

3) 体表面温度と直腸温度

表7に身体の各部位の体表面温度と直腸温度を示した。試験区と対照区で、試験開始時の6月の時点で体温に差があり、両区を直接比較することができなかった。試験開始時の6月との温度差で両区を比較した。その結果、6～7月間の温度差で、臀部、乳房、胸底部(脇)などの部位と直腸温度が試験区で有意に低く抑えられていた。

表7 体表面温度・直腸温度の比較 (°C)

部位	6月	7月	8月	温度差		
				6-7月間	6-8月間	
試験区	頭部	35.9 ± 0.6	36.7 ± 0.9	37.2 ± 0.5	0.8	1.3
	肩部	35.7 ± 0.7	36.5 ± 0.9	36.9 ± 0.7	0.8	1.2
	胸腹部① 胸底(脇)	36.1 ± 1.2	36.9 ± 1.0	37.6 ± 0.3	0.8 *	1.5
	胸腹部② 中央	35.8 ± 0.9	37.1 ± 0.8	37.4 ± 0.6	1.3	1.6
	胸腹部③ 臍	36.2 ± 0.9	37.1 ± 0.6	37.4 ± 0.6	0.9	1.3
	臀部	35.9 ± 0.8	36.9 ± 0.5	37.2 ± 0.5	1.0 **	1.3
	乳房	37.5 ± 1.0	38.0 ± 0.5	38.8 ± 0.4	0.5 **	1.3
	直腸	38.7 ± 0.3	38.9 ± 0.3	39.0 ± 0.2	0.2 *	0.3
	対照区	35.4 ± 0.8	36.3 ± 1.1	36.8 ± 0.7	0.9	1.3
肩部	35.2 ± 1.0	36.3 ± 1.1	36.7 ± 0.6	1.1	1.5	
胸腹部① 胸底(脇)	35.5 ± 1.3	37.5 ± 0.8	37.2 ± 0.6	2.0	1.8	
胸腹部② 中央	35.5 ± 1.0	37.2 ± 0.9	37.0 ± 0.6	1.7	1.6	
胸腹部③ 臍	35.9 ± 0.8	37.1 ± 0.8	37.2 ± 0.5	1.2	1.3	
臀部	35.3 ± 1.0	37.0 ± 0.8	37.2 ± 0.4	1.8	1.9	
乳房	37.1 ± 0.7	38.3 ± 0.9	38.5 ± 0.3	1.2	1.4	
直腸	38.6 ± 0.1	39.2 ± 0.1	39.1 ± 0.4	0.6	0.4	

* p<0.05, ** p<0.01

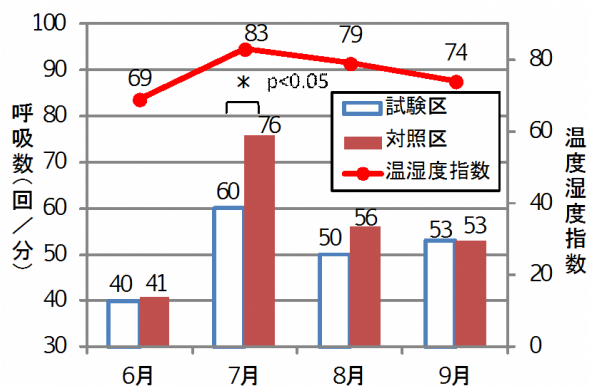


図5 呼吸数の比較

4) 呼吸数

図5に各月の呼吸数を示した。暑熱の厳しくなる前(6月)は呼吸数に両区間で差は認められなかったが、昼夜を問わずTHI値が72を超えた厳しい暑熱環境下(7月)は呼吸数が著しく増加し、対照区に比べると、試験区では有意に(p<0.05)少なく抑えられていた。暑さが和らいでくると(9月)呼吸数に両区間で差は認められなかった。

5) 血液生化学性状・血中暑熱ストレス指標

暑熱ストレス指標の血中の活性酸素代謝産物濃度(d-ROMs)と脂質過酸化分解生成物濃度(TBARS)は、両区で有意な差は認められなかった。また、血中のグルコースやBUNは両区でとくに差は認められなかった。

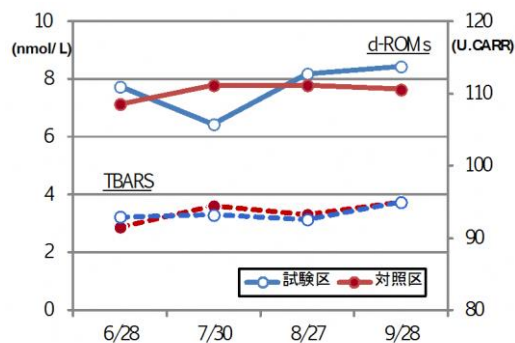


図6 暑熱ストレス指標の推移

表8 血液生化学性状の推移

区分	項目	6月	7月	8月	9月
試験区	BUN(mg/dl)	7.5	9.3	7.8	8.5
	GLU(mg/dl)	51	61	58	60
	T-P(mg/dl)	8.4	8.2	8.2	8.0
	T-CHO(mg/dl)	235	250	221	225
	カルシウム(mmol/dl)	11.8	11.2	10.7	10.9
	リン(mmol/dl)	6.0	6.0	5.5	5.9
	GOT(IU/l)	86	85	87	82
	GGT(IU/l)	33	37	38	35
対照区	BUN(mg/dl)	7.1	10.0	7.4	8.5
	GLU(mg/dl)	53	62	59	60
	T-P(mg/dl)	8.3	8.7	8.2	8.0
	T-CHO(mg/dl)	250	261	225	195
	カルシウム(mmol/dl)	11.8	11.7	10.9	10.5
	リン(mmol/dl)	5.9	6.9	5.7	6.2
	GOT(IU/l)	85	75	74	63
	GGT(IU/l)	38	39	39	34

6) コストの比較 (表9)

両区の乳量と同程度として考えた場合、試験区の方が約7%乳量は多くなる。この増収分と、グリセリンを補給するための支出を加味した収益は、試験区の方が1日1頭当たり68円増加した。搾乳牛30頭規模で試算すると、暑熱期間中(6~9月)の増収は約25万円になる(30頭×約70円/頭・日×4ヶ月間=約25万円)。

表9 コストの試算

項目	試験区	対照区	両区の差
乳量(kg/頭・日)	30.7	28.8	1.9 (+7%)
収入(円/頭・日)	3,597	3,373	224
支出(円/頭・日)	156	0	156
収益(円/頭・日)	3,441	3,373	68

注: 両区の乳量と同程度であったとして試算。乳価=117円/kgとした。支出はグリセリン300gの価格。

考 察

グリセリン300g/日の給与は、ルーメンでの熱産生を抑え、体表面温度や直腸温度の上昇抑制、呼吸数の上昇抑制など暑熱ストレスを軽減することが分かった。暑熱条件が異なるので単純に比較はできないが、TMR給与の試験Ⅰよりも分離給与の試験Ⅱの方が、グリセリン給与の効果は明確に現れていた。

夏季の乳量減少はDMIの低下だけでは説明できない。鈴木(2016)は、牛は生命活動などの体組織の代謝に糖を使う方が脂肪を使うより代謝熱が少なく、インスリンを高めて涼しい時より糖を優先的に使うことをあげ、糖は乳量を出すための牽引役をしており、その糖が代謝に優先して使われると乳量低下は大きくなるとしている。本試験でのグリセリン給与は、糖の不足を補う効果もあったものと考えられる。

実証試験を行った農家からの聞き取りでは、採食量や残飼量、また、健康状態や繁殖(発情兆候や種付け)などについて、両区でとくに差は感じられなかったとしている。また、乳量減少の抑制により所得向上につながるが、無理に乳量を増加させるよりは、農家としては乳牛の健康や繁殖に及ぼす効果への期待が大きい。

区分けをする際に、乳量が両区で同程度とならず、試験区の方に乳量の多い個体が偏った。高泌乳牛の方が採食量も多くなるなど熱産生が多くなる。このため、試験区で体温がやや高かったと考えられる。また、汗腺や血管が発達している頸部や肩部で、両区の体表面温度に差がみられなかったのは、送風機の風が直接あたっていることが影響したものと推察される。

グリセリンを給与した試験区では、体温(体表面温度や直腸温度)が上がっていないので、呼吸数を増加させ、放熱を促す必要がなかったと考えられる。しかし、グリセリン給与により体温上昇が抑制される時間は1日のうちで短く、大半は暑熱ストレスを受け続けている。血中の暑熱ストレス指標(d-ROMsとTBARS)は、両区間で差は無く9月になっても減少せず、次第に蓄積していく推移を示した。本試験では、繁殖成

績について調査していないが、この活性酸素の蓄積が、夏季だけでなく、9月以降も繁殖などに悪影響を及ぼしていることが考えられた。

グリセリンの給与時期については、厳しい暑熱条件下(THI>82)での補給が効果的であったことから、日常的にTHIに注意し、朝晩になってもTHIが72を下回らなくなった場合にグリセリンの給与を開始する方法が、無駄なコストを抑えることになる。また、分娩や泌乳の開始に伴う生理的なストレスの大きい分娩前後3週間の移行期や、受胎率低下を防止するため人工授精後に、期間限定で重点的に使うことも効果的である。とくに、直腸温度は腔内温度と高い相関があることから、グリセリン給与により、人工授精後に卵管内で発生を継続している初期胚への暑熱の影響が緩和され、夏季の受胎率向上につながることを期待される。なお、急に暑くなった場合に、資材の短期間給与で暑熱ストレス軽減効果があるのか検討したが、自然環境下では暑熱条件が一定にならず、明確な結果は得られなかった(未発表)。今後、環境制御室での試験を行い、効果の即効性などを検討していく必要がある。

ま と め

試験Ⅰ、Ⅱの結果、グリセリンの給与はルーメンでの熱産生を抑え、体表面温度や直腸温度の上昇抑制など暑熱ストレスを軽減する技術として有効であることが確認された。乳牛の暑熱対策には様々な方法があるが、いずれも単独では決定的な効果を示すことはなく、複数の方法を上手に組み合わせることが大切である。本技術がその一つとなり、酪農家の経営安定の一助となる可能性は大いにあると考えている。なお、グリセリンは、バイオディーゼル燃料製造時の副生成物(粗製グリセリン)でもあり、ヨーロッパでは、この粗製グリセリンが家畜の飼料添加物として認められている。日本では現時点では未承認だが、将来的に安価で手に入れることができれば、畜産での活用が広まると期待している。

文 献

- 1) 生田健太郎・岡田啓司・佐藤繁・安田準. 暑熱が泌乳牛の血液成分値に及ぼす影響. 産業動物臨床医誌, 1(4):190 - 196. 2010
- 2) 板橋久雄. 抗酸化能の増強による乳牛の酸化ストレスの改善. COWBELL, 123:8-10, 2014
- 3) 大井澄雄・岡部利雄. 家畜の皮膚表面温度に関する研究 II 牛の皮膚温について. 日畜会報, 29(3):151-156. 1958
- 4) 久米新一. 高泌乳牛の代謝特性と暑熱ストレスの影響. 畜産の研究, 65:881-891, 2011
- 5) 鈴木保宣. 夏場の乳量確保へ 牛舎環境快適へ. 農業共済新聞, 2016年7月4週号:13. 2016
- 6) (独) 農業・食品産業技術総合研究機構編, 日本飼養標準乳牛2006年版.
- 7) 日産合成株式会社 ニッサン情報 第27号 グリセリン飼料「グリセナージ」(その1)～第31号グリセリン飼料「グリセナージ」(その5)
- 8) 福井陽士・新井鐘蔵・榊原伸一・澤田浩. 赤外線サーモグラフィを用いた健康牛における体表各部の表面温度解析及び左右差の検討. 日獣会誌, 67:249-254. 2014
- 9) 古川修. 暑熱期の栄養ならびに飼料給与管理—暑熱ストレス緩和にむけた養分補給を—, 牧草と園芸, 56(4):8-12, 2008
- 10) 森浩一郎・田中和宏・川畑明治・児島浩貴・山下光則. 暑熱時における乳量乳質向上 2. 同一TDN, NDF水準下の飼料中NDF供給源の差(粗濃比の違い)が暑熱ストレス下の搾乳牛に及ぼす影響. 鹿児島県畜産試験場研究報告, 31:53-69, 1998
- 11) 渡辺裕恭・中井文徳・田岡弘文. 乳牛夏バテ症候群の実用的早期発見技術の開発と効果的対応技術の実証 異なる牛舎環境下で暑熱環境が乳牛に及ぼす影響. 徳島県畜産試験場研究報告, 12) Boyd J., J.K. Bernard, and J.W. West, Effects of feeding different amounts of supplemental glycerol on ruminal environment and digestibility of lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 96:470-476, 2013
- 13) Donkin S.D. and P. Doane. Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. R. Bras. Zootec., 37 suppl. :280-286, 2008
- 14) Hippen A.R., J.M. DeFrain, and P.L. Linke. Glycerol and other energy sources for metabolism and production of transition dairy cows. Florida Ruminant Nutrition Symposium 2008
- 15) Schröder, A. and K.H. Südekum. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In New Horizons for an Old Crop. Proc. 10th Int. Rapeseed Congr., 241:26-29, 1999

Effects of Supplemental Glycerol Feeding on Physiological Responses and Lactation Performance of Dairy Cows during the Hot Season

Takuya WADA¹⁾, Toshihide Nihongi and Yusuke Nishimura

Fukui Prefectural Livestock Experiment Station

¹⁾ Fukui Prefectural Okuetsu General Office of Agriculture and Forestry

The objective of this study was to evaluate the effect of supplemental glycerol feeding which has lower heat production in the rumen, for improving dairy milk performance by the mitigation of summer heat stress. Experiment 1: Six Holstein cows in mid-late lactation were used (free stall barn, Total Mixed Ration feeding) in a 3 x 3 Latin square design, each periods consisted of 3 wk for treatment adjustment followed by 1 wk for data collection. Treatments were 0g of glycerol/day (control, CO), 300g of glycerol/day (GL), and 200g of oligosaccharide containing feedstuff (OL). As a result, no differences were observed in dry matter intake, milk yield and rumen fluid characteristics. Body surface temperature and respiration rates were tending to be lower (not significant) for GL and OL cows in comparison with CO cows. Experiment 2: We conducted on-farm research. 10 Holstein cows (tie-stall barn, component feeding: this system is said to be subject to heat stress) were assigned to two treatments: no glycerol (control) and 300g of glycerol/day (test).

Results of Experiment 2 indicate that:

1. In severe summer heat conditions where the temperature humidity index exceeds all day 72, the group fed glycerol had a significantly lower body temperature ($p < 0.05$) and respiration rates ($p < 0.05$) compared to the untreated control group.
2. Milk composition, blood metabolites, heat stress index were similar in both groups.
3. Milk yield during the summer heat period (June to September) was increased by 7% in the test group.

Key words: Cow, heat stress management, glycerol, body surface temperature, respiration rates