

暑熱環境の違いが周産期乳牛のルーメンバイパスナイアシン 給与効果に及ぼす影響

西川清文・奥島慎太郎・堀川明彦

要 約 暑熱環境の異なる県内2牧場（K牧場，O牧場）において，ルーメンバイパスナイアシン（RB-NA）を周産期乳牛に給与したときの効果を検討した。各牧場6頭の周産期乳牛をRB-NA給与区（20g/日）と対照区に3頭ずつ分け，分娩予定日前28日から分娩後28日までの呼吸数，直腸温，血液性状，分娩後60日時点での繁殖性を調査した。温湿度指数（THI）を比較したところ，K牧場はO牧場よりも高い傾向があり，急性の暑熱ストレスが疑われた。O牧場はK牧場よりも夜間から早朝にかけてのTHIが68を連続して超えることが多く，慢性の暑熱ストレスが疑われた。呼吸数は両牧場ともRB-NA給与区で低い傾向があり，直腸温はK牧場の給与区で低い傾向が認められた。K牧場では給与区の分娩後NEFAの上昇が抑えられており，T-cho，Gluともに分娩後高く推移する傾向を示した。O牧場では給与区の分娩後NEFAが高く，T-cho，Gluともに対照区と同程度の値で推移したことから，慢性の暑熱ストレスによりRB-NAの効果が打ち消された可能性が考えられた。分娩後の子宮回復日数は両牧場とも区間で同程度であり，子宮内膜炎が疑われる牛はいなかった。これらのことから，RB-NAの給与効果は暑熱環境の影響を受ける可能性が示唆された。

キーワード：乳牛，環境対策，ルーメンバイパスナイアシン

緒 言

近年，日本では夏の開始日や終了日，気温のピーク日が遅れ，夏の前倒しと後ろ倒しが双方存在する気候となっており¹⁾，暑熱期間が延長している。このことは畜産業にも大きな影響を与えている。牛の適温は20℃前後であるが，乳用牛では25℃を超えると暑熱ストレスを感じ，体温が上昇する²⁾。気温だけでなく湿度も家畜の暑熱ストレスに影響し，温度および湿度から算出される温湿度指数：Temperature Humidity Index（THI）が暑熱ストレスの指標となっている。乳用牛では，一般的にTHIが68を超えると暑熱ストレスの影響を受け，生理的変化が現れる³⁾。暑熱環境が牛の繁殖性に与える影響として，分娩後初回授精時期の延長や受胎率の低下などが知られており，飼養管理全体を念頭に置いた暑熱

対策が必要と考えられている²⁾。

暑熱対策として，送風機やミスト冷却などを使用した方法が知られているが，その導入は牛舎の既設構造の制約を受けること，大規模な設備投資は農家負担が大きく，直ちに実施できないことも多い。

飼料面からの暑熱対策の1つとして，ルーメンバイパスナイアシン（RB-NA）の給与が知られている。ナイアシンはビタミンB群の1つで，皮膚における毛細血管の血流量増加による体温放出が誘導される⁴⁾。また，ナイアシンは抗脂肪分解作用による肝機能の負荷を軽減させるなど，多面的な機能を有しており，これまでに，RB-NAの給与による乳牛生産性への効果が報告されている^{5) 6)}。

一方，牛舎の飼養環境は農場ごとに異なり，暑熱ストレスの質や程度も異なることが予想される。このことがRB-NAの給与効果に影響を及

ばす可能性が考えられた。そこで、暑熱環境の異なる県内2牧場において、周産期乳牛にRB-NAを給与したときの効果を比較検討した。

材料および方法

1 試験期間

令和7年6月20日～12月23日

2 調査場所

奥越地域に所在するK牧場（福井県大野市）、O牧場（福井県勝山市）を調査場所とした。両牧場の飼養条件を表1に示した。令和7年5月および8月に両牧場の飼養環境調査を行い、牛舎内の気流の可視化、換気状況、自然条件下での入気・排気方向を確認した。この結果をもとに送風機の増設や位置変更を行った。K牧場では、牛舎に垂直方向に設置されていた送風機を牛床に向けて斜めに角度調整し、リレー配置に変更した。O牧場では、分娩房内で気流の動きが確認できなかったため、分娩房外に送風機を配置した。平均風速は、ベーン式風速計を使用し、週3回、K牧場では14:00、O牧場では11:30に計測地点を決めて1分間の平均風速を測定した。

3 試験区分

各牧場で7月から10月分娩予定の牛6頭をRB-NA給与区（給与区）と対照区で各3頭ずつとした。給与区3頭には、牛用混合飼料 ナイアコート「ニッサン」（日産合成工業株式会社、東京）20gを朝の飼料給与時に、濃厚飼料の上からトップドレスで給与した。

4 調査項目

（1）牛舎内温湿度

RB-NA給与期間中の牛舎内温湿度は、データロガー（おんどとりRTR503B、株式会社ティア

ンドデイ、長野）を牛舎内の直射日光のあたらない壁面に設置し、10分ごとに測定した。K牧場は2025年6月12日から11月6日まで、O牧場は2025年6月20日から11月21日までに得られた温度および湿度から温湿度指数（ $THI=0.8 \times \text{温度} + 0.01 \times \text{湿度} \times (0.99 \times \text{温度} - 14.3) + 46.3$ ）を算出した。

得られたデータから、両牧場で一日のTHIが68を超えた期間（6/20～9/17、90日間）を抽出し、一日で最も高いTHI（THI_max）と最も低いTHI（THI_min）の推移を比較した。また、両牧場の暑熱ストレスの性質を相対的に評価するため、THI強度と連続日数により以下の係数を設定し、90日間のTHI累積負荷を算出した。なお、係数は本調査において独自に設定した。

係数

THI強度		連続日数			
≥68	≥72	≥1	≥3	≥5	≥7
1.0	1.5	1.0	1.2	1.5	2.0

THI累積負荷 = $\Sigma(\text{THI}-68) \times \text{係数}(\text{THI強度} \times \text{連続日数})$

（2）直腸温・呼吸数

分娩予定4週間前から分娩後4週目までの直腸温および呼吸数を、K牧場では14:00、O牧場では11:30に測定した。直腸温は電子体温計（C205、テルモ株式会社、東京都）を用いて計測し、呼吸数は横臥時の1分間の呼吸数を計測した。各調査での体温および呼吸数から各区の平均体温および平均呼吸数を算出、比較した。

（3）血液生化学性状

分娩予定3週間前から分娩後4週間まで週1回、分娩後60日に、K牧場では14:00、O牧場では11:30に尾動静脈から採血した。採血には、血清採取用に9 ml 血清分離剤入りプレイン真空採血管（ベノジェクトⅡ真空採血管、テルモ株式会

表1 飼養条件

飼養規模	舎内温度 (℃)*	飼養形態	送風環境	
			送風機設置方法	風速 (m/s) *
K牧場	40頭	分娩前	フリーストール（別飼）	吊下げ, 斜め送風
		分娩後	フリーストール	吊下げ, 斜め送風（リレー配置）
O牧場	20頭	分娩前	分娩房（別飼）	定置（分娩房外）, 水平吹き
		分娩後	フリーストール	吊下げ, 斜め送風

*RB-NA給与期間平均

社、東京都)と血漿採取用に同ブレイン管に抗凝固剤(ヘパリンナトリウム)が入った採血管を使用した。

ヘマトクリット(Ht)値とポータブル測定器(Precision Xtra meter, Abbott Laboratories, Abbott Park, IL, USA)を用いてβ-ヒドロキシ酪酸(BHB)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, 富士フイルムメディカル(株), 東京)を用いて各項目を測定した。検査項目は、グルコース(Glu), 総コレステロール(T-cho), 血中尿素態窒素(BUN), グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ(GOT), γ-グルタミルトランスアミナーゼ(GGT), カルシウム(Ca), 無機リン(iP), 血清マグネシウム(Mg), 血清総タンパク質(TP)とした。

NEFAは、採血後-20℃で保管した血清を遊離脂肪酸(NEFA)測定キット(ラボアッセイ(TM) NEFA (FFA), 富士フイルム和光純薬(株), 東京)とマイクロプレートリーダー(MULTISKAN Sky, サーモフィッシュャーサイエンティフィック株式会社, 東京)を用いて測定した。

(4) 繁殖性

両牧場調査牛を分娩後10日おきに、直腸検査と超音波画像診断装置(Veterinary Ultrasonic System HS-103V, 本多電子株式会社, 愛知県)を用いて子宮の長さや子宮角の太さを確認し、その大きさや太さが一定になり、子宮内に貯留物や子宮内膜肥厚、高エコーラインが確認できなくなるまでに要した日数を子宮回復日数とした。卵巣は、直腸検査で初めて黄体確認できた日(黄体確認日数)を調査した。また、分娩60日後に、子宮内膜炎の評価としてサイトブラシ(メトリブラシ, 富士平工業株式会社, 東京)を用いて子宮内膜を採取、スライドグラスにスメアし、簡易迅速染色法(ディフ・クイック, シスメックス株式会社, 東京)で染色後、光学顕微鏡(システム生物顕微鏡BH2, OLYMPAS, 東京都)で100細胞中の好中球の割合(PMN%)を算出し、4%以上を子宮内膜炎とした⁷⁾。

なお、本調査は各区の供試頭数が3頭であったため、統計解析は行わなかった。

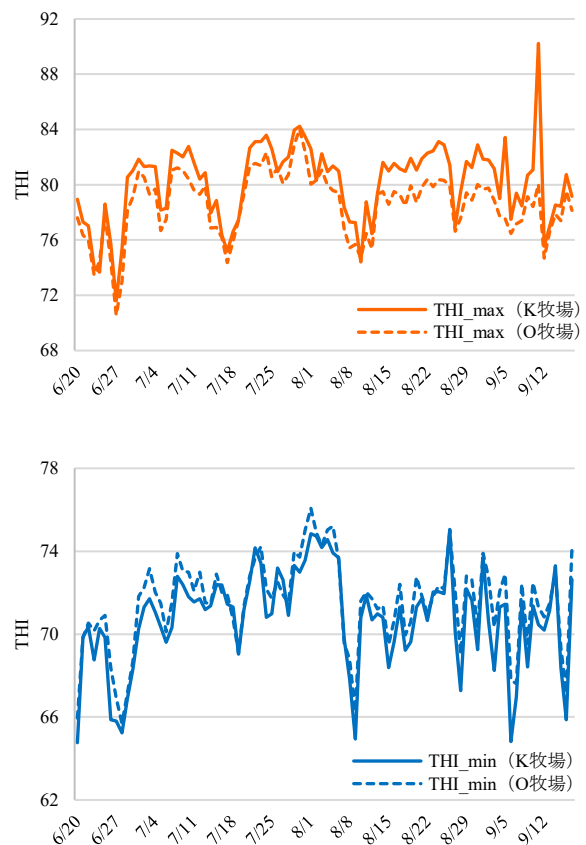


図1 THI_maxおよびTHI_minの推移

結 果

1 牛舎内温湿度

(1) THI_max, THI_minの推移

一日のTHIが68以上を連続して記録した90日うち、THI_maxおよびTHI_minの推移を図1に示した。THI_max≥72はK牧場で89日、O牧場で89日、THI_max≥80はK牧場で35日、O牧場で25日であった。K牧場ではTHI≥90を超えた日も確認され、O牧場と比較してTHI_maxは高い日が多かった。

THI_min≥68はK牧場で79日、O牧場で82日、THI_max≥72はK牧場で25日、O牧場で41日であった。THI≥68が連続した期間は、K牧場は順に39日、18日、8日、O牧場は順に40日、27日、8日で、特にO牧場では7月上旬から8月上旬にかけて、THI_minがK牧場よりも高い日が多かった。

両牧場のTHI累積負荷を比較したところ、O牧場は7月上旬からK牧場より大きくなり、8月から9月にかけて更に大きく推移した(図2)。

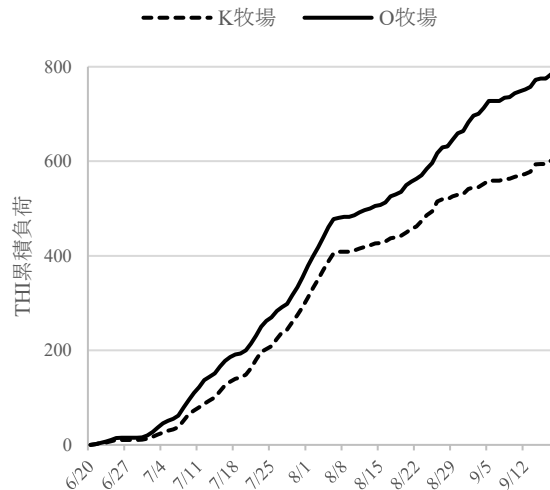


図2 THI累積負荷の推移

（2）呼吸数，直腸温度

RB-NA給与期間中の呼吸数，直腸温度の平均値を分娩前後で比較した（図3）。K牧場の呼吸数（分娩前／分娩後）は，給与区で44.3／49.1回，対照区で38.4／54.9回であった。O牧場の呼吸数（分娩前／分娩後）は，給与区で40.5／50.8回，対照区で46.7／54.8回であった。K牧場の直腸温（分娩前／分娩後）は，給与区で39.3／39.2℃，対照区で39.1／39.5℃であった。O牧場の直腸温（分娩前／分娩後）は，給与区で39.3／39.1℃，対照区で39.3／39.3℃であった。

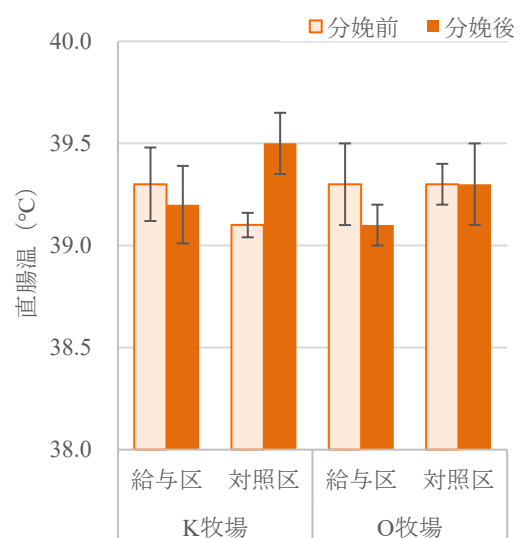
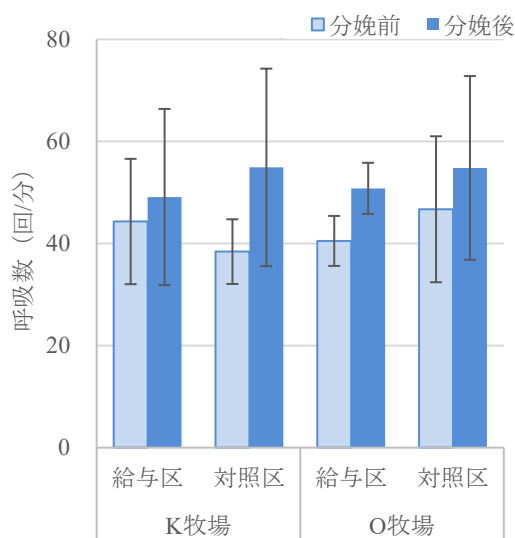


図3 分娩前後の呼吸数および直腸温（平均値±標準偏差）

（3）血液性状

T-cho, NEFA, Gluの結果を図4に示した。平均値を比較したところ，K牧場では，分娩後のT-choは対照区よりも給与区の方で高く推移した。分娩後のNEFAは給与区の方が数値の上昇が抑えられていた。分娩後のGluは給与区の方が高く推移した。O牧場では，分娩後のT-choは対照区よりも給与区の方でやや高く推移した。分娩後のNEFAは給与区，対照区ともにK牧場よりも高い値を示した。さらに，対照区の値は給与区よりも大きく上昇した。分娩後のGluは給与区と対照区で同程度に推移した。

他の項目については，両牧場ともに給与区と対照区で傾向の違いは認められず，正常範囲内で推移した。

（4）繁殖性

分娩後繁殖性の調査結果を表2に示した。K牧場の子宮回復日数は，給与区，対照区ともに平均33.3日，黄体確認日数は給与区で平均26.7日，対照区で平均33.3日であった。O牧場の子宮回復日数は，給与区，対照区ともに平均50.0日，黄体確認日数は給与区で平均33.3日，対照区で平均30.0日であった。

サイトブラシによる子宮内膜検査は，両牧場のすべての牛でPMNが5%以下となり，潜在性子宮内膜炎を疑う牛はいなかった。

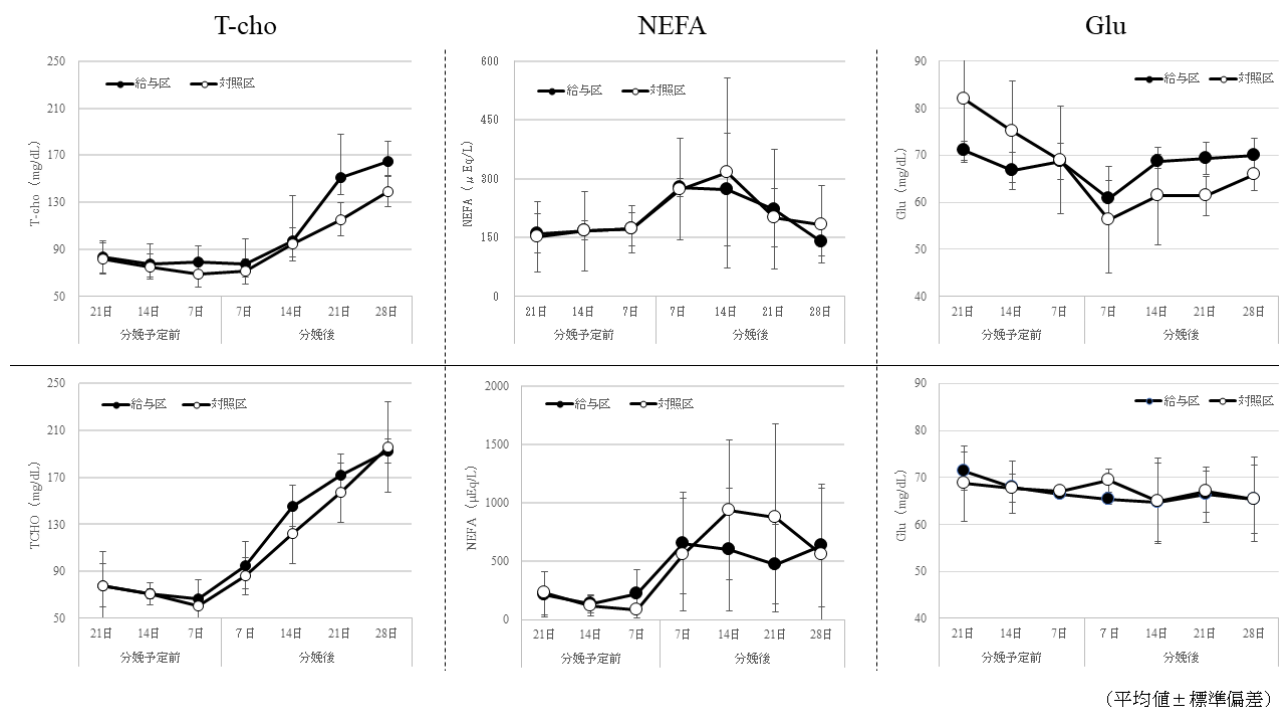


図4 RB-NA給与期間におけるT-cho、NEFA、Gluの推移（上段: K牧場、下段: O牧場）

考 察

本調査では、THIの推移から牧場ごとの暑熱ストレスの性質や程度を検討した。K牧場は日中のTHIが高くなる急性の暑熱ストレスが疑われた。K牧場では牛舎開口部が大きく、舎内の温度・湿度が夜間から早朝に下がることで、その間は牛が回復できたかもしれない。一方、O牧場は、一日のTHIが68を下回らない日が続く、慢性的暑熱ストレスが疑われた。本調査ではそのような連続的な暑熱ストレスをTHI累積負荷として比較したが、O牧場はK牧場よりも負荷が積みあがる傾向が視覚化された。このように、両牧場では異なる性質の暑熱ストレスが生じていると考えられた。最大THIよりも最小THI（夜間THI）が乳量などの生産性に影響する¹¹⁾。日中だけでなく夜間に牛体を冷却することでDIMや乳量が向上する¹³⁾。また、夜間に暑熱対策をする重要性が指摘されている¹⁴⁾。これらのことから、O牧場はK牧場よりも暑熱ストレスが強い環境であったと考えられた。

THIが70を超えると暑熱ストレスの影響で体

温上昇などの生理現象が現れる³⁾。K牧場の対照区で分娩後の直腸温が上昇したことから、給与区ではRB-NAにより体温上昇が軽減された可能性が考えられた。また、この傾向は日中のTHIが高いK牧場で確認されたことから、急性な暑熱ストレス環境においてもRB-NAは効果的であると考えられた。一方、O牧場の直腸温は両区とも同程度であった。これは、両牧場で生じている暑熱ストレスの性質の違いを反映した結果と考えられた。

分娩前後の血液性状の推移を牧場ごとに比較した。T-cho⁸⁾、NEFA⁹⁾、Gluの推移から、K牧場の給与区では、RB-NA給与による抗脂肪分解特性により肝機能の負担が軽減され、分娩後のエネルギー代謝が向上している可能性が示唆された。一方、O牧場の給与区では対照区と同程度に推移し、K牧場と異なるパターンを示した。NEFAは、カウコンフォートの低下や潜在的に炎症性疾患があった場合には増加傾向を見せる。慢性的暑熱ストレスが疑われたO牧場では、血糖値が下がっていないにもかかわらずNEFAが高値であった。このことは、RB-NAの効果は飼養環境の影響を受けること、特に慢性的暑熱ストレス環境では効果が得られない可能性を示唆し

表2 繁殖性調査結果

	区	子宮回復 日数	黄体確認 日数	子宮内膜炎 頭数
K牧場	給与区	33.3±5.8	26.7±11.5	0
	対照区	33.3±5.8	33.3±23.1	0
O牧場	給与区	50±10.0	33.3±23.1	0
	対照区	50±10.0	30.0±10.0	0

（平均値±標準偏差）

ている。さらに、NEFAの上昇はDMIの低下や免疫細胞の機能低下、子宮炎や乳房炎にも関与する¹⁰⁾。暑熱期は牛がルーメン発酵を抑えるためにDMIが低下しやすい。そのため、暑熱期に分娩前からRB-NAを給与することは、NEFAの上昇抑制によるDMIの維持と、周産期の肝機能負荷の軽減につながる可能性が考えられた。そして、RB-NAの効果を引き出すためには、分娩前から飼養環境を整えることが重要である。

分娩後の子宮回復日数、黄体確認日数は両牧場とも区間で同程度の結果であった。また、本調査の供試牛ではエネルギー不足は確認されなかった。そのため、両牧場の暑熱ストレスは繁殖性に影響が出るレベルに至っていなかった可能性がある。体温やNEFAの上昇は、卵子の品質低下や成熟阻害、受胎率の低下と関係することが報告されている²⁾。RB-NA給与とその効果を引き出す飼養環境を整えることで、分娩後繁殖性の向上につなげられるか、今後検証していきたい。

本調査では、乾乳牛床、搾乳牛床ともに1.2～2.0m/sの送風を行ったが、全供試牛の送風条件を常時揃えることは困難であった。体感温度は、風速が2.0m/sになると約8℃低下する¹²⁾。そのため、風速を考慮した修正THIで評価することが望ましい。また、本調査では両牧場間で飼料設計の違いを考慮しておらず、このことが血液性状等の代謝指標に影響を及ぼした可能性がある。今後は送風条件や飼料設計を揃えた調査が必要である。

以上のことから、暑熱期の周産期乳牛にRB-NAを給与することで、牛の体温上昇を軽減し、肝機能の負担軽減によりエネルギーバランスを改善する可能性が示唆された。一方、このことから暑熱環境の影響を受けること、特に慢性の

暑熱ストレス環境では効果が得られない可能性も示唆された。

謝 辞

飼養環境調査の実施においては、メルコエアテクノロジー（株）営業部 山本久義氏、今井敬裕氏のご協力を賜った。給与飼料においては、森永酪農販売（株）網優作氏よりご助言いただいた。ここに記して、感謝の意を表す。

文 献

- 1) 滝川真央・立花義裕，長期化する日本の夏，令和5年度「異常気象と長期変動」研究集会報告，23-25，2024
- 2) 阪谷美樹，暑熱ストレスと牛の繁殖性，The Journal of Farm Animal in Infectious Disease, Vol.7 No.2 45-51，2018
- 3) De Rensis, F., Lopez-Gatius, F. et al. 2017. Causes of declining fertility in dairy cows during the warm season. Theriogenology 91:145–153.
- 4) ナイアシンと暑熱対策，ニッサン 酪農・豆知識 第118号，2018
- 5) 大澤玲・吉川結夏子ほか，暑熱期の乳牛におけるバイパスナイアシン給与効果，埼玉県調査研究成績報告書第61報，2018
- 6) 玉置弓弦・大野真美子ほか，バイパスナイアシンが暑熱期の乳牛に及ぼす影響，日本畜産学会第125回大会抄録，2019
- 7) 日下祐美・坂口実，乳牛の子宮内膜炎の診断と治療，産業動物臨床医誌，14（1）：1-9，2023
- 8) 水谷尚，臨床獣医師のための牛の血液検査学 第25回 総コレステロール（TCHO），臨床獣医，38（8）：57-61，2020
- 9) 水谷尚，臨床獣医師のための牛の血液検査学 第23回 遊離脂肪酸（NEFA），臨床獣医，38（5）：51-56，2020
- 10) 鈴木保宣，乳牛の移行期の栄養管理と繁殖，日本獣医師会誌，66:689-695，2013

- 11) 上野孝志・田鎖直澄ほか, 時系列解析による日乳量変動に対する暑熱環境の影響評価, 北海道畜産草地学会誌, 40:35-38, 1998
- 12) 乳牛を暑熱ストレスから守るには, 畜産の情報, 9:57-63, 2022
- 13) J. B. Gaughan et al. 2022. The effect of day-only versus day-plus-night cooling of dairy cows. J. Dairy Sci, 106:5002–5017.
- 14) Roman Mylostyvyi, Olena Izhboldina. 2025. An integrated approach Using Temperature-humidity index, productivity, and welfare indicators for herd level heat stress assessment in dairy cows. Animals, 15:3341.

Effects of Different Heat Stress Environments on the Efficacy of Rumen-Protected Niacin Supplementation in Periparturient Dairy Cows

Kiyofumi NISHIKAWA, Shintaro OKUSHIMA and Akihiko HORIKAWA
Fukui Prefectural Livestock Experiment Station

Abstract

This study evaluated the effects of rumen-protected niacin (RB-NA) supplementation in periparturient dairy cows under different heat stress conditions at two dairy farms in Fukui Prefecture (Farm K and Farm O). At each farm, six periparturient cows were assigned to either an RB-NA supplementation group (20 g/day; n = 3) or a control group (n = 3). Supplementation was provided from 28 days before calving until 28 days after calving. Respiratory rate, rectal temperature, blood biochemical parameters, and reproductive performance up to 60 days postpartum were evaluated. Comparison of the temperature-humidity index (THI) indicated that Farm K tended to experience higher daytime THI values than Farm O, suggesting acute heat stress. In contrast, Farm O frequently showed THI values exceeding 68 continuously from nighttime to early morning, suggesting chronic heat stress. Respiratory rates tended to be lower in the RB-NA group at both farms, and rectal temperature tended to be lower in the RB-NA group at Farm K. At Farm K, postpartum increases in non-esterified fatty acids (NEFA) were suppressed in the RB-NA group, while total cholesterol (T-Cho) and glucose (Glu) tended to remain at higher levels after calving. At Farm O, postpartum NEFA concentrations were higher in the RB-NA group, whereas T-Cho and Glu were similar to those in the control group, suggesting that the effects of RB-NA may have been attenuated under chronic heat stress conditions. Uterine recovery time after calving was similar between groups at both farms, and no cows were suspected of having endometritis. These results suggest that the efficacy of RB-NA supplementation in periparturient dairy cows may be influenced by the nature and severity of heat stress.

Keywords: dairy cow, environmental management, rumen-protected niacin