

黒毛和種繁殖雌牛における細霧装置および暑熱期用サプリメントの活用による 夏季繁殖成績向上効果の検討

中川もも・可児宏章・森川繁樹・田渕雅彦

要 約

近年、地球温暖化の影響により平均気温の上昇が顕著になってきており、猛暑による黒毛和種の繁殖性低下が問題となっている。そこで、本研究では黒毛和種繁殖雌牛の夏季繁殖成績向上を目的とし、暑熱対策試験を実施した。当課飼養の黒毛和種繁殖雌牛を、扇風機での送風に加えて、細霧装置利用、暑熱期用サプリメント（以下、サプリメント）給与、あるいはその両方により暑熱対策を行う試験区、送風のみ行う対照区に各区5頭/年ずつ供試し、牛舎内の温湿度指数(THI)、供試牛の体温、呼吸数、血液性状、受胎成績および採卵における未受精率を調査した。結果、サプリメント給与のみ実施した試験区では、血中総コレステロールの月平均値が試験開始前および対照区と比較して有意に高く ($p<0.05$)、サプリメント給与および細霧装置とサプリメントを併用した試験区では、体温と呼吸数の9月平均値が対照区より有意に低かった ($p<0.05$, $p<0.01$)。3年間の結果を合算して比較したところ、未受精率は試験区の方が低くなり、試験期間中、初回人工授精で受胎した牛は試験区100% (5/5)、対照区62.5% (5/8) であった。

以上の結果より、黒毛和種繁殖雌牛において、細霧装置やサプリメントを活用した暑熱対策を行うことで、繁殖成績が向上する可能性が示唆された。

目 的

近年、地球温暖化により、平均気温の上昇や真夏日、猛暑日の増加が顕著になってきており¹⁾、畜産業も大きく影響を受けている。黒毛和種の適温域は気温約20℃とされ、30℃を超えると暑熱ストレスにより体温維持機能が破綻し、体温が上昇する²⁾。また、暑熱ストレスは採食量減少や内分泌異常を引き起こし、増体性および繁殖性低下の原因にもなる。温暖化は今後ますます進行すると予測されるが、和牛肉を安定的に供給するためには子牛の安定生産が必要不可欠であることから、黒毛和種繁殖雌牛における暑熱対策は喫緊の課題である。そこで、本研究では、黒毛和種繁殖雌牛の夏季繁殖成績向上を目的とし、細霧装置の利用

と暑熱期用サプリメント（以下、サプリメント）給与による体の中と外からの暑熱対策を実施し、その効果を検討した。

材料および方法

1) 供試牛

当課飼養の黒毛和種繁殖雌牛を、扇風機での送風に加えて、細霧装置利用、サプリメント給与あるいはその両方により暑熱対策を行う区（以下、試験区①～③）、扇風機での送風のみ行う区（以下、対照区）、各区5頭/年ずつ供試した。

供試牛は、午前8時30分と午後1時の1日2回、1時間程度牛舎内のスタンションに繋留し給餌した。給餌時以外は牛舎内で放し飼いとした。ただ

し、令和4年のみ、給餌時以外は屋外のパドックに放牧した。1日の給餌内容は、イタリアンライグラスストロー2.5 kg, イタリアンライグラスサイレージ3 kg, チモシー0.5kg, 繁殖牛用配合1 kg, ヘイキューブ0.5kgを基本とした。なお、粗飼料の給与量については、牛群全体の給与量/頭数とした。

2) 細霧装置の利用：体外からの暑熱対策

細霧装置（ノズルユニット：パナソニック環境エンジニアリング株式会社. 大阪府）を用い、牛体および牛舎内に水分を噴霧し（水圧2.5MPa）、飼養環境改善による暑熱対策を実施した。細霧装置の設定については福井らの報告³⁾に従って、気温28℃以上で細霧装置を稼働させ、28℃以上30℃未満では噴霧20秒・休止40秒、30℃以上35℃未満では噴霧30秒・休止30秒、35℃以上では噴霧40秒・休止20秒と設定した。なお、永井らの報告⁴⁾に従い、湿度が70%以上にならないよう、夜間および雨の日は噴霧を停止した。

3) 暑熱期用サプリメントの給与：体内からの暑熱対策

血管拡張成分（カプサイシン）や抗酸化物質（天然ポリフェノール）により暑熱ストレスを軽減するというサプリメント（アイス：フィード・ワン株式会社. 神奈川県）を1頭あたり150g/日給与し、飼養管理による暑熱対策を行った。

4) 試験区と試験期間

試験区①細霧装置の利用：令和3年7月～9月

試験区②サプリメントの給与：令和4年7月～9月

試験区③細霧装置とサプリメントの併用：令和5年7月～9月

5) 人工授精・採卵

供試牛に取り付けた発情検知システム（SCR Da

taFlow™ II：SCR社）により検出された活動量のピークから3～18時間後に人工授精（AI）を行った。

採卵については、発情検知システムで検知した発情の7日後に黄体確認を行い過剰排卵処置（SOV）を発情後9～13日目から開始した。SOVはFSHを3日間漸減投与することにより行った。過剰排卵処置終了日の2日後にAIを行い、AI後7日目に採卵を行った（表1）。

表1 採卵プログラム

発情後 日数	D0	D7	D9~ D13				D0	D7
SOV			D1 (開始)	D2	D3 (終了)	D4	D5	
AM	発情	黄体 確認	FSH 5AU	FSH 3AU	FSH 2AU +PG 2.5 ml		発情 →AI	採卵
PM			FSH 5AU	FSH 3AU	FSH 2AU +PG 2.5 ml			

6) 調査項目・測定方法

温湿度指数（THI）、体温、呼吸数の測定は週3日～5日、14時前後に行った。THIについては、牛床より高さ約1.5mに設置したデータロガー（おんどとりTR-72U：株式会社ティアンドデイ. 長野県）により気温と湿度を測定し、次式⁵⁾にて算出した【 $THI = 温度 \times 0.8 + (相对湿度 / 100) \times (温度 - 14.4) + 46.4$ 】。体温については動物用体温計（直腸式デジタルサーモメーター TV-714A：アステック）により直腸温度を測定した。呼吸数については、目視で30秒間数え、1分間あたりの回数に換算した。

供試牛について、試験開始前および試験期間中（15日間隔で計6回）に、真空採血管にて採血し、遠心分離した上清をサンプルとして血液検査を実施した。検査項目はコルチゾール、総コレステロール（T-cho）、アルブミン（Alb）、尿素窒素（BUN）、γ-グルタミルトランスペプチダーゼ（GGT）、グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ（GOT）、グルコース（Glu）とし、コルチゾール以外の6項目はドライケム（DRI-CHEM 7000V. 富士ドライケム：FUJIFILM. 東京）にて測定した。血中

コルチゾールの測定は株式会社四国中検に依頼し、cobas8000e801モジュール（日立ハイテクノロジー株式会社、東京）により測定した。

繁殖成績は、暑熱対策実施の有無による影響を総合的に評価することとし、受胎率および採卵における未受精率を指標として試験区①～③の結果を合算して比較した。受胎率は、AI後40日および60日で超音波画像診断装置（7.5MHz：本多電子HS-101V、愛知）を用いて受胎もしくは不受胎を診断し、算出した。採卵時の未受精率は、未受精卵数/総回収卵数で算出した。

7) 統計処理

体温、呼吸数および血中コルチゾール値の月平均値の比較、血中コルチゾール値以外の血液性状における試験開始前および試験期間中の平均値の比較は、Microsoft Excel for Microsoft 365を用いてt検定を行った。未受精率の比較については、角変換を行い、角変換値によりt検定を実施した。

結 果

1) 細霧装置活用によるTHIの変化

試験期間中のTHI週平均値は、試験区①で対照区よりも低く推移した（図1）。しかし、試験区③の週平均値は対照区より高くなる傾向がみられた（図2）。

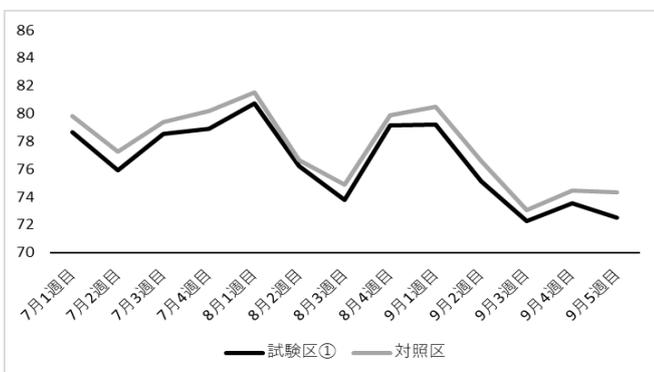


図1 THIの推移（R3年）

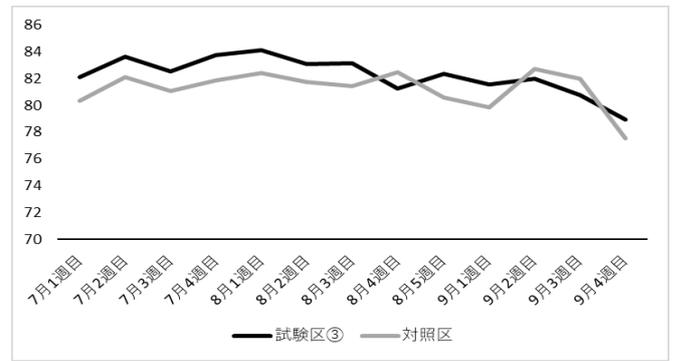
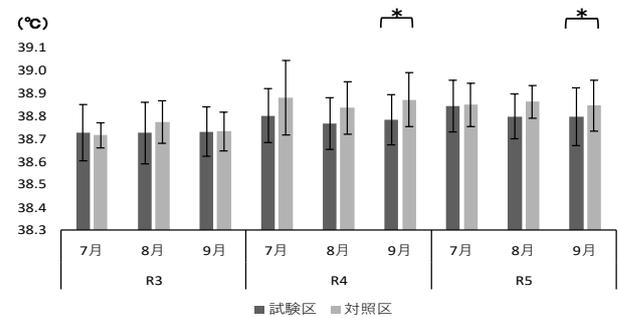


図2 THIの推移（R5年）

2) 体温の比較（月平均）

各区体温の月平均値を比較したところ、いずれの試験区も対照区より低く推移する傾向を示した（図3）。特に、試験区③の9月平均値は、対照区より有意に低かった（ $p < 0.05$ ）。

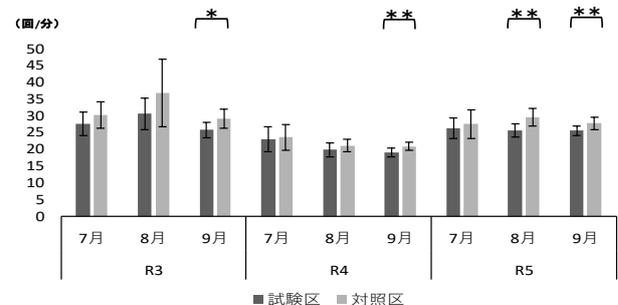


* 両区間に有意差 $p < 0.05$

図3 体温の月平均値

3) 呼吸数の比較（月平均）

体温と同様に呼吸数の月平均値を比較すると、いずれの試験区も対照区より少ない傾向がみられた（図4）、試験区③の8月および9月の月平均値は、対照区より有意に少なかった（ $p < 0.01$ ）。



* 両区間に有意差 $p < 0.05$ ** 両区間に有意差 $p < 0.01$

図4 呼吸数の月平均値

4) 血液性状

血中コルチゾール月平均値に有意差は確認されなかったが、試験区②の平均値は対照区と比較して低く推移する傾向がみられた(図5)。

その他6項目については、試験期間中の各区の平均値を比較したところ、試験区②の血中T-cho値および試験区③の血中GOT値は、対照区より有意に高かった(p<0.05, p<0.01)(表2)。試験区②の血中T-cho値を試験開始前の平均値と比較すると、試験期間中の方が有意に高かったが(p<0.05)(表3)、試験区③の血中GOT値については、試験開始前と試験期間中の平均値に有意差は認められなかった。

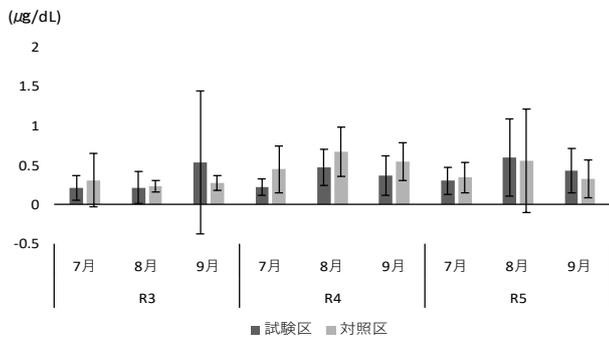


図5 血中コルチゾールの月平均値

表2 血液性状(6項目)

項目	R3		R4		R5	
	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区
Glu (mg/dl)	42.4 ± 6.0	42.7 ± 5.4	46.2 ± 7.8	43.2 ± 5.8	39.0 ± 7.5	39.7 ± 5.8
BUN (mg/dl)	10.7 ± 2.8	10.4 ± 2.6	10.8 ± 3.5	10.9 ± 3.1	11.3 ± 3.0	10.0 ± 3.1
Alb (g/dl)	3.1 ± 0.2	3.1 ± 0.2	3.4 ± 1.0	3.4 ± 0.3	3.2 ± 0.3	3.3 ± 0.3
GOT (U/l)	63.4 ± 12.0	67.7 ± 11.9	71.6 ± 10.2	69.7 ± 13.2	70.4** ± 9.2	63.6 ± 13.2
GGT (U/l)	23.8 ± 7.3	26.4 ± 4.9	26.3 ± 3.9	25.9 ± 5.3	27.7 ± 6.8	27.0 ± 5.3
T-cho (mg/dl)	82.1 ± 10.0	82.5 ± 24.2	111.2* ± 20.4	100.7 ± 18.2	103.8 ± 16.2	99.1 ± 25.8

平均値 ± 標準偏差 * 両区間に有意差p<0.05 ** 両区間に有意差p<0.01

表3 試験開始前と試験期間中の血中T-cho値の違い

		試験開始前	試験期間中
T-cho (mg/dl)	試験区	91.0 ^b ± 13.5	111.2 ^a ± 20.8
	対照区	96.4 ^b ± 10.6	100.7 ^b ± 18.5

平均値 ± 標準偏差 ab間で有意差あり (p<0.05)

5) 繁殖成績

3年間の試験期間中にAIを行った全13頭のうち、初回AIで受胎した割合は試験区100% (5/5)、対照区62.5% (5/8)であった。

採卵における未受精率については、有意差はみられなかったものの、3年間の平均未受精率は試験区7.7% (11回)、対照区29.4% (9回)と、試験区の方で低くなる傾向がみられた(表4)。

表4 繁殖成績

	受精頭数 (頭)	初回受胎率 (%)	採卵回数 (回)	平均未受精率 (%)
試験区(※)	5	100.0	11	7.7 ± 0.1
対照区	8	62.5	9	29.4 ± 0.4

※試験区①~③の合算 平均未受精率 ± 標準偏差

考 察

暑熱ストレスを感じると放熱のためにまず呼吸数が増加し、それだけでは平常体温を維持できなくなった場合に体温が上昇するとされている⁶⁾。本試験においても、試験区と対照区の間で最も顕著に差が認められたのは呼吸数の月平均値であった。特に試験区②および試験区③では、9月の月平均呼吸数が有意に少なかったことから、細霧装置とサプリメントの利用により暑熱ストレスが軽減されたと考えられた。また、暑熱ストレスにより、体内の代謝熱抑制のために採食量が減少することが報告されているが²⁾、本試験では試験区②で血中T-cho平均値が試験開始前および同年対照区の平均値より有意に高くなった。同じく試験区②では、試験期間中の血中コルチゾール平均値が対照区より低く推移する傾向がみられた。このことは、試験区②の供試牛はサプリメント給与により暑熱ストレスが軽減され、暑熱環境下でも十分に採食できていた可能性を示唆している。試験区③で同様の結果が得られなかったことについて

では、試験区③を設定した令和5年は、噴霧を行った試験区においても常に気温が30°C以上で推移し、噴霧の目的である冷却効果が十分に得られず、単に湿度が上昇したため試験区のTHIが高くなり、暑熱ストレス軽減効果が弱まったことが要因として想定される。繁殖成績について、夏季は他の季節より受胎率が低下するとの報告があり⁷⁾、これは、暑熱ストレスによる卵子の質の低下や²⁾、受精後0日から3日の受精卵が暑熱ストレスに影響を受けやすい⁸⁾ことが要因のひとつであると考えられている。本試験での初回受胎率は試験区が高く、未受精率は試験区で低くなる傾向がみられた。これらは、細霧装置の利用により環境ストレスが軽減したため、または、暑熱ストレスにより増加する活性酸素⁹⁾に対して、サプリメントに含まれる抗酸化物質が作用し、酸化ストレスが軽減したためと推察された。

これらのことから、黒毛和種繁殖雌牛に細霧装置利用およびサプリメント給与という暑熱対策を実施することで、暑熱ストレスが軽減されて繁殖成績が向上することが示唆された。しかし、令和5年のように本試験で実施した噴霧方法では湿度上昇によりTHIが高くなる場合もあるため、換気の方法や噴霧時間などをさらに検討する必要があると考えられた。

文 献

- 1) 気象庁. 猛暑日・真夏日・熱帯夜・冬日の日数の長期的な変化. https://www.data.jma.go.jp/tokushima/ondanka%20hp/4-4-2/tokushima_kikou_d.html. 2023
- 2) 阪谷美樹. 暑熱ストレスと牛の繁殖性. 家畜感染症学会誌 Vol.7 No.2 : 45-51. 2018
- 3) 福井幸昌. 暑熱対策を今のうちから始めよう-牛舎内の細霧のすすめ-. セミナー生産技術. j1

ia.lin.gr.jp/cali/manage/112/s-semina/112ss2.htm. 2021

4) 永井秀樹. 夏季対策 1~夏を制する者は“繁殖”を制す~今から畜舎の暑熱対策を始めましょう!. 家畜人工授精 309号 : 1-12. 2021

5) T L Mader・M S Davis・T Brown-Brandl. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. Journal of animal science 84. 2006

6) 中井文徳. 夏バテ予測方法と「夏バテ警報装置」. 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 : 65-72. 2001

7) 高橋昌志. 夏季の暑熱と人工授精受胎率. 家畜改良事業団 LIAJ NEWS No.154 : 6-8. 2015

8) M Sakatani・N V Alvarez・M Takahashi・P J Hansen. Consequences of physiological heat shock beginning at the zygote stage on embryonic development and expression of stress response genes in cattle. Journal of animal science 95 : 3080-91. 2006

9) 鈴木保宣. 暑熱と酸化ストレスの関係. Dairy PROFESSIONAL vol.17 : 34-37. 2020

