

放牧が黒毛和種繁殖牛の酸化ストレス、 免疫及び栄養指標に及ぼす影響

原 恵^{1),2)†} 山本伸治²⁾ 壁谷昌彦^{3),4)} 長谷川裕貴⁴⁾
矢ヶ部陽子⁵⁾ 宗田吉広⁵⁾

- 1) 福島県中央家畜保健衛生所 (〒963-6311 石川郡玉川村大字岩法寺字新屋敷 114-12)
- 2) 福島県県北家畜保健衛生所 (〒960-8132 福島市東浜町 5-18)
- 3) 福島県環境創造センター野生生物共生センター (〒969-1302 安達郡大玉村玉井字長久保 67)
- 4) 福島県農業総合センター畜産研究所沼尻分場 (〒969-2752 耶麻郡猪苗代町大字蚕養字日影山乙 3696)
- 5) 国研農業・食品産業技術総合研究機構動物衛生研究部門 (〒305-0856 つくば市観音台 3-1-5)

(2017年5月19日受付・2018年3月12日受理)

要 約

黒毛和種繁殖牛を用いて、放牧が繁殖牛の酸化ストレス及びいくつかの免疫・栄養指標に及ぼす影響を調査した。血液検査の結果、放牧区において、酸化ストレス指標のチオバルビツール反応物質は放牧期間の後半で有意に低下し、抗酸化ストレス指標のスーパーオキシドディスムターゼ活性 (SOD) は有意に上昇した。また、放牧期間中、放牧区は栄養状態を示す尿素窒素、総コレステロール、抗酸化能を有するレチノール、 α -トコフェロールは有意に高値を示した。以上から、放牧は蛋白や脂溶性ビタミンを豊富に含む牧草を多く摂取することで、脂溶性ビタミン濃度や活性酸素を除去する SOD 活性が高まり、酸化ストレスを軽減させる可能性が示唆されたが、放牧と免疫指標との関連については、さらなる検討が必要であると考えられた。——キーワード：放牧、免疫指標、酸化ストレス。

-----日獣会誌 71, 437~442 (2018)

肉用牛の放牧は、飼養管理の省力化及び低コスト化、飼料自給率の向上や獣害防止効果など、多面的な機能を有していることから、耕作放棄地や休耕田に繁殖牛を放牧し利用する動きが全国的に広まりつつある [1-4]。放牧飼養が牛にもたらす効果として、飼養環境面で見ると、広い場所で自由に動き回れることがストレス回避や健康維持に有効と考えられている [5]。牛のストレスに関する研究では、生体においてストレスホルモンとされるコルチゾール (Cortisol) や過酸化脂質の生成を阻止するスーパーオキシドディスムターゼ活性 (SOD)、活性酸素により脂質が変化し生じるチオバルビツール反応物質 (TBARS) が、飼養管理がもたらす生体反応の指標として調査され、家畜の健康や生産性との関連が報告されている [6-9]。抗酸化作用があることが知られて

いる脂溶性ビタミンについては、飼料に添加することで酸化ストレスを改善できる可能性 [10] や、脂溶性ビタミンの α -トコフェロール (VE) を黒毛和種去勢牛に経口投与することで、牛肉の脂質酸化抑制効果が付与できる可能性が報告されている [11]。一方、VE の欠乏は、子牛では末梢血中の免疫担当細胞機能が低下するため、子牛の免疫機能に深刻な影響を与える可能性も報告されている [12]。しかしながら、放牧が牛の酸化ストレス応答や免疫指標などの生体反応に及ぼす影響についての報告は少ないのが現状にある。そこで本研究では、放牧経験のある黒毛和種繁殖牛の血液を用いて、酸化ストレス応答にかかわる指標を測定し、放牧が抗酸化作用に及ぼす影響の評価の可能性を検討した。さらに、いくつかの栄養指標に加えて、牛ではストレスとの関連は不明で

† 連絡責任者(現所属)：原 恵 (福島県県北家畜保健衛生所)

〒960-8132 福島市東浜町 5-18

☎ 024-531-1301 FAX 024-531-6810

E-mail : hara_meguru_01@pref.fukushima.lg.jp

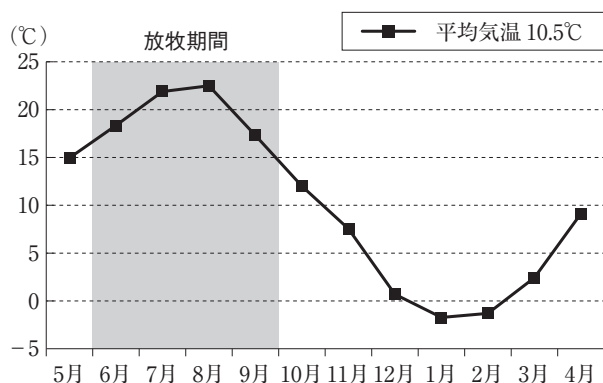


図1 平均気温の推移

あるものの、豚において急性拘束ストレスにより上昇することが報告されている [13, 14]、炎症性サイトカインの一種である血清中 IL-18 濃度及び粘膜免疫に関与する血清中 IgA 濃度について、免疫指標としての可能性をあわせて検討したので、その概要を報告する。

材料及び方法

試験地：試験地は、福島県農業総合センター畜産研究所沼尻分場（猪苗代町蚕養日影山、標高 830～1,020m）内の簡易更新により除染した放牧地（2014年：110a、2015年：180a）と放し飼い方式の繁殖牛舎2棟（飼養施設面積：第2牛舎 19.0m²/頭、第4牛舎 16.9m²/頭）を供試した。なお、気象条件は、試験地の気象庁福島気象台猪苗代観測所が発表した測定値を参考とした。平均気温は 10.5°C で、放牧期間中の 8 月が最も高く 22.5°C、最低は 1 月で -1.7°C であった（図 1）。

供試牛：当场飼養で放牧経験のある黒毛和種繁殖非妊娠牛で臨床的に健康な個体を放牧区、未放牧区とも各 5 頭（放牧区：年齢 6.7±0.8 歳、産次 3.4±1.1 産、未放牧区：年齢 6.5±0.9 歳、産次 3.4±1.5 産）（平均±標準偏差）選定した。区の設定及び飼養管理は、以下のとおりとした。

放牧区については、5 月下旬～9 月下旬の間、終日放牧とした。給与飼料は、供試地に生育する寒地型イネ科牧草のオーチャードグラス、ペレニアルライグラスの牧草のほか、市販配合飼料（TDN 69.0%，CP 16.0%）を 1kg 現物/頭/日とし、鈹塩を自由採舐させた。また、放牧期間以外は繁殖牛舎にて舎飼いとし、給与飼料は未放牧区と同様とした。

未放牧区については、繁殖牛舎で通年舎飼いとし、給与飼料は放牧場に隣接している牧草地で採取したオーチャード主体の自給粗飼料と輸入乾草（オーツヘイ）を 1kg 現物/頭/日、市販配合飼料（TDN 69.0%，CP 16.0%）を 1kg 現物/頭/日により給与した。

試料採取：採血は、試験開始日から 1 カ月間隔で、午前 10:00～11:00 において頸静脈から真空採血管を用い

て行った。採血管は、血清分離剤入採血管、EDTA 添加管、ヘパリン添加管の 3 種類を用いた。採血後は、ただちに保冷材入りのクーラーボックスに入れ遮光・氷冷し、帰宅後に 37°C、15 分間インキュベートした後に室温にて 2,500rpm、15 分間遠心分離し、血清及び血漿を測定まで -20°C で凍結保存した。

測定項目：生体のストレス状態を評価するために、酸化ストレス指標検査として、酸化ストレスに应答して上昇する血漿中の TBARS を市販分析キット（Oxford Biomedical Research, Oxford U.K. and U.S.A.）により、マロンジアルデヒド（MDA）の総量として測定した。また、ストレスホルモンである血清中のコルチゾール（Cortisol）濃度は競合 ELISA 法により測定した [14]。抗酸化ストレス指標検査には、活性酸素の除去に関与する血清中の SOD を市販分析用キット（和光純薬工業株、大阪）により測定した。抗酸化作用を有する脂溶性ビタミンのレチノール（VA）及び α-トコフェロール（VE） [8, 15, 16] は、HPLC 法により測定した。免疫指標の評価は、血清中のインターロイキン-18（IL-18）濃度及び血清イムノグロブリン A（IgA）濃度について、IL-18 は ELISA 法 [17] により、IgA については、市販分析キット（Bovine IgA ELISA Quantitation Set, Bethyl Laboratories, U.S.A.）により測定した。なお、本調査では採食量の測定が困難であることから、繁殖牛の栄養状態については、血液性状から客観的に診断・評価が可能な代謝プロファイルテストを用いて実施した [1, 2, 18]。項目として、放牧地の評価の参考とするために、血清を用いてエネルギー代謝の指標となる遊離脂肪酸（NEFA）、グルコース（Glu）、総コレステロール（T-Cho）、蛋白質代謝の指標となる尿素窒素（BUN）の代謝成分を測定した [1, 2, 18]。なお、NEFA を除く 3 項目の測定には、自動分析装置（スポットケム SP-4410、(株)京都第一化学、京都）を用いた。

統計処理：各区分における血液データの検定は、調査月ごとに集計し、Tukey-Kramer 法により行った。

成 績

ストレス指標評価：酸化ストレス指標の TBARS は、放牧後半の 8 月に放牧区が未放牧区に比べ有意に低下した。また、TBARS、Cortisol は、放牧区と未放牧区とも夏に比べ、下牧後の秋から春にかけて測定値が上昇する傾向を示した。一方、抗酸化ストレス指標の SOD は、放牧期間の後半、区間で有意差（ $P < 0.05$ ）がみられたが、他の期間では区間で差はみられなかった（表 1）。

免疫指標評価：血清中の IL-18、IgA は、区間で有意差がみられなかったが、放牧期間中、放牧区が未放牧区に比べ高値で推移し下牧後に低下した。未放牧区については、年間を通して変化がみられなかった（表 2）。

表1 ストレス評価項目の比較

項目	放牧区 (n=5)	未放牧区 (n=5)
TBARS (nmol/ml)		
5月	1.0±0.2	0.8±0.3
放牧期間	6月	0.2±0.1
	7月	0.3±0.2
	8月	0.2±0.1
	9月	0.3±0.1
	10月	0.3±0.3
11月	0.3±0.1	0.5±0.5
12月	1.0±1.0	1.1±0.2
1月	0.8±0.4	1.1±1.1
2月	1.0±0.6	1.1±0.9
3月	1.7±1.1	1.5±1.8
4月	1.3±0.5	1.8±0.9
SOD (阻害率%)		
5月	15.8±4.1	14.9±4.6
放牧期間	6月	17.7±2.9
	7月	16.0±1.9
	8月	18.3±2.3
	9月	18.1±1.6
	10月	18.0±0.6
11月	17.4±2.1	16.3±1.8
12月	16.4±3.2	15.9±1.6
1月	17.0±2.4	17.8±2.2
2月	18.3±4.3	18.2±4.7
3月	18.0±2.5	18.9±1.6
4月	20.1±5.4	17.8±4.5
Cortisol (ng/ml)		
5月	3.8±3.7	2.2±1.6
放牧期間	6月	10.4±13.5
	7月	10.1±10.9
	8月	6.7±11.7
	9月	5.1±6.7
	10月	57.0±75.5
11月	37.1±39.7	105.5±126.8
12月	35.5±36.9	74.5±77.5
1月	53.7±37.0	71.2±85.2
2月	40.1±35.5	78.9±79.9*
3月	49.0±31.4	81.2±76.1
4月	44.5±40.1	86.8±94.7

平均±標準偏差

* : 放牧区と未放牧区との有意差 $P < 0.05$

栄養指標評価：血清中のBUN, T-Choは、放牧期間中、放牧区が未放牧区に比べ有意 ($P < 0.05$) に高値を示したが、下牧した10月以降は試験区間の有意な差はみられなかった。Gluは、一期間で有意差を認めたが、他の期間で有意差はみられなかった。NEFAは、年間を通し有意差がみられなかった (表3)。VA, VEは、放牧期間中、放牧区が未放牧区に比べ放牧後半で有意 ($P < 0.05$) に高値を示したが、下牧した10月以降は区間で差はみられなかった (表4)。

表2 免疫機能評価項目の比較

項目	放牧区 (n=5)	未放牧区 (n=5)
IL-18 (pg/ml)		
5月	96±72	114±63
放牧期間	6月	60±57
	7月	136±52
	8月	101±69
	9月	85±63
	10月	54±52
11月	45±36	52±19
12月	44±44	32±29
1月	11±12	41±31
2月	27±23	47±61
3月	67±81	32±31
4月	27±27	28±28
IgA ($\mu\text{g/ml}$)		
5月	343±369	238±129
放牧期間	6月	531±529
	7月	455±644
	8月	596±708
	9月	656±624
	10月	177±115
11月	254±272	128±73
12月	202±289	124±69
1月	165±156	96±54
2月	251±352	75±47
3月	233±270	113±51
4月	296±299	118±38

平均±標準偏差

考 察

本調査では、放牧区において、放牧後半に酸化ストレス指標のTBARSが未放牧区に比べ有意に低下し、抗酸化ストレス指標であるSODが有意に上昇することを確認した。抗酸化作用を有するVA, VEについても放牧期間中、放牧区で有意に上昇した。免疫指標のIL-18, IgAについては、全期間を通し区間で有意差が認められなかったが、放牧期間中、放牧区で上昇し、下牧後に低下する傾向を示した。乳牛の分娩前後における酸化ストレスと抗酸化物質について、MDAとVEに有意な負の相関関係がみられたとの報告がある [19]。また、抗酸化作用を有するビタミン類を添加することで、酸化ストレスが改善できる可能性も指摘されている [11]。放牧によって、抗酸化物質であるVAやVEの血中濃度が高まり、活性酸素を除去するSODの活性が上昇したことで、酸化ストレスが軽減したものと考えられた [20]。

栄養状態を示すBUN, T-Choは、Watanabeらの報告 [1] と同様に放牧期間中、放牧牛が舎飼牛に比べ有意に高値を示した。今回、詳細な飼料分析を行っていないため推察ではあるが、供試した放牧地の草種が寒地型牧草で粗蛋白含量が高いオーチャードグラスを主体にし

放牧が牛生体に及ぼす影響

表3 血液生化学性状の比較

項目	放牧区 (n=5)	未放牧区 (n=5)	
BUN (mg/dl)			
5月	10.0±1.6	15.0±3.9*	
放牧期間	6月	25.2±2.3	11.4±3.4*
	7月	26.6±3.9	12.2±2.6*
	8月	31.4±2.9	11.4±3.6*
	9月	25.0±2.7	7.4±3.8*
	10月	7.4±2.5	10.6±6.3
11月	12.4±4.8	12.4±6.5	
12月	9.4±1.1	7.6±2.3	
1月	9.0±3.1	8.0±2.2	
2月	10.8±2.4	9.8±3.6	
3月	12.4±2.8	12.6±3.6	
4月	10.0±3.7	10.6±2.3	
T-Cho (mg/dl)			
5月	86±17	107±16	
放牧期間	6月	110±17	80±21*
	7月	106±16	88±23
	8月	121±29	79±18*
	9月	136±23	78±19*
	10月	82±12	78±17
11月	96±21	83±19	
12月	94±24	92±29	
1月	97±26	84±28	
2月	75±26	79±31	
3月	70±13	82±18	
4月	85±28	86±30	
Glu (mg/dl)			
5月	56±12	53±8	
放牧期間	6月	65±7	62±7
	7月	65±5	70±11
	8月	65±5	71±5
	9月	62±14	62±6
	10月	75±6	74±11
11月	77±5	74±17	
12月	75±7	81±7	
1月	69±7	79±2*	
2月	78±6	80±8	
3月	66±6	68±11	
4月	69±6	71±2	
NEFA (μEq/l)			
5月	106±79	99±37	
放牧期間	6月	199±109	119±59
	7月	229±123	140±103
	8月	138±62	169±30
	9月	231±105	130±36
	10月	114±65	116±38
11月	109±41	195±181	
12月	136±58	260±153	
1月	122±64	255±299	
2月	172±80	192±70	
3月	87±24	95±41	
4月	131±16	120±55	

平均±標準偏差

* : 放牧区と未放牧区との有意差 $P < 0.05$

表4 血清中脂溶性ビタミン性状の比較

項目	放牧区 (n=5)	未放牧区 (n=5)	
VA (IU/l)			
5月	101±15	89±7	
放牧期間	6月	104±11	92±20
	7月	114±19	101±22
	8月	138±15	93±20*
	9月	130±19	76±16*
	10月	91±17	80±19
11月	118±35	100±45	
12月	112±43	89±40	
1月	98±23	78±22	
2月	103±18	86±10	
3月	97±15	93±11	
4月	96±10	89±15	
VE (μg/dl)			
5月	246±44	272±46	
放牧期間	6月	516±144	256±135*
	7月	476±130	270±161
	8月	552±104	253±95*
	9月	559±92	247±36*
	10月	232±49	207±25
11月	244±87	171±61	
12月	260±114	204±66	
1月	318±170	244±102	
2月	258±140	248±129	
3月	348±165	298±122	
4月	268±139	298±100	

平均±標準偏差

* : 放牧区と未放牧区との有意差 $P < 0.05$

ており、放牧牛が蛋白やβ-カロテン、α-トコフェロールをはじめとした脂溶性ビタミンを豊富に含む牧草を多く摂取したことが反映されたものと推察された [18].

免疫指標のIL-18, IgAはともに、全期間を通し区間で有意差がみられなかった。成牛における血中免疫グロブリン濃度は、加齢や種々の抗原刺激による抗体産生系の動態を反映すると久馬ら [21] は考察している。ストレス応答性は刺激の強さや種類によって変化し、放牧や寒冷も、牛の免疫系に与える影響は少なくないと考えられるが、本研究では、調査した例数が少ないため、今後さらなる検討が必要と考えられた。

以上のことから、放牧牛は舎飼牛に比べ脂溶性ビタミンを豊富に含む牧草を多く摂取することで、抗酸化作用を有する脂溶性ビタミン濃度が高まり、活性酸素を除去するSODの活性が上昇したことで、酸化ストレスが軽減したことが示唆された。このことは、牛の健康維持のみならず、繁殖農家における飼養管理の省力化につながる重要な知見になるものと考えられた。また、福島県では、東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質が放牧地を汚染したため、2018年2月現在、放牧を再開した公共牧野は、

放射性物質の除染を実施した県内4カ所に限られているのが現状である。このため、本県では、本研究の成果のような放牧に関する調査研究を推進し、その成果で農家を啓蒙することで、黒毛和種繁殖牛飼養農家の放牧再開に向けた指導を図っていく必要があると考えられる。

最後に、本研究を遂行するに当たり、各種ストレス指標及び免疫指標検査に御協力いただいた農研機構動物衛生研究部門の諸先生方に深謝する。

引用文献

- [1] Watanabe U, Takagi M, Yamato O, Otoi T, Tshering C, Okamoto K : Metabolic profile of Japanese Black breeding cattle herds: Usefulness in selection for nutrient supplementation to enhance reproductive performance and regional differences, *J Vet Med Sci*, 75, 481-487 (2013)
- [2] Watanabe U, Takagi M, Yamato O, Otoi T, Okamoto K : Retrospective surveillance of metabolic parameters affecting reproductive performance of Japanese Black breeding cows, *J Vet Sci*, 15, 283-288 (2014)
- [3] 千田雅之 : 中国中山間地域における里地放牧の課題—アンケート調査結果を中心に—, *農業経営研究*, 38, 107-110 (2000)
- [4] 谷本保幸, 千田雅之, 大島一修, 小山信明 : 中国中山間地域における遊休農林地の放牧利用が肉用繁殖牛の栄養生理に及ぼす影響, *日本草地学会誌*, 49, 465-470 (2003)
- [5] 仮屋喜弘 : 放牧による牛の健康増進効果, *畜産会経営情報*, 173, 1-7 (2004)
- [6] 石崎 宏 : ウシの飼養環境ストレス応答と免疫状態, *家畜感染症学会誌*, 1, 63-70 (2007)
- [7] Gupta S, Earley B, Crowe MA : Pituitary, adrenal, immune and performance responses of mature Holstein x Friesian bulls housed on slatted floors at various space allowances, *Vet J*, 173, 594-604 (2007)
- [8] 野呂明弘, 牛における血清過酸化脂質と生体内抗酸化因子の変動, *日獣会誌*, 43, 489-493 (1990)
- [9] 阪谷美樹 : 暑熱ストレスが産業動物の生産性に与える影響, *産業動物臨床医学雑誌*, 5, 238-246 (2015)
- [10] Çiftçi M, Nihat Ertas O, Güler T : Effects of vitamin E and vitamin C dietary supplementation on egg production and egg quality of laying hens exposed to a chronic heat stress, *Rev Med Vet-Toul Ouse*, 156, 107-111 (2005)
- [11] 三津本 充 : ビタミンEとビタミンCによる牛肉品質の改善と保持, *日本畜産学会報*, 67, 1110-1126 (1996)
- [12] Yang A, Lanari MC, Brewster M, Tume RK : Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement, *Meat Sci*, 60, 41-50 (2002)
- [13] Muneta Y, Yoshikawa T, Minagawa Y, Shibahara T, Maeda R, Omata Y : Salivary IgA as a useful non-invasive marker for restraint stress in pigs, *J Vet Med Sci*, 72, 1295-1300 (2010)
- [14] Muneta Y, Minagawa Y, Nakane T, Shibahara T, Yoshikawa T, Omata Y : Interleukin-18 expression in pig salivary glands and salivary content changes during acute immobilization stress, *Stress*, 14, 549-556 (2011)
- [15] 甫立京子, 宮重俊一, 東山由美, 谷口稔明, 宮崎 茂, 宮本 亨, 甫立孝一 : 黒毛和種去勢牛のビタミンA欠乏時の栄養状態と筋肉水腫との関係, *日獣会誌*, 57, 371-376 (2004)
- [16] Al-Shmgani HS, Moate RM, Sneyd JR, Macnaughton PD, Moody AJ : Hyperoxia-induced ciliary loss and oxidative damage in an in vitro bovine model : The protective role of antioxidant vitamins E and C, *Biochem Bioph Res Co*, 429, 191-196 (2012)
- [17] Muneta Y, Yoshihara K, Minagawa Y, Nagata R, Mori Y, Yamaguchi T, Takehara K : Bovine IL-18 ELISA: Detection of IL-18 in sera of pregnant cow and newborn calf, and in colostrum, *J Immunoassay Immunochern*, 26, 203-213 (2005)
- [18] 中野美和, 葛間嵐花子, 八代田真人, 大谷 滋 : 大規模な野草地, 牧草地および野草牧草混在草地に放牧した黒毛和種繁殖牛の血液性状による栄養状態の評価, *日本草地学会誌*, 55, 21-28 (2009)
- [19] Konvičná J, Vargová M, Paulíková I, Kováč G, Kostecká Z : Oxidative stress and antioxidant status in dairy cows during prepartal and postpartal periods, *Acta Vet Brno*, 84, 133-140 (2015)
- [20] Wenger FA, Kilian M, Ridders J, Stahlknecht P, Schimke I, Guski H, Jacobi CA, Müller JM : Influence of antioxidative vitamins A, C and E on lipid peroxidation in BOP-induced pancreatic cancer in Syrian hamsters, *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 65, 165-171 (2001)
- [21] 久馬 忠, 田中彰治, 高橋政義, 米内美晴 : 肉用種雌牛の加齢ともなう血清と初乳の免疫グロブリン濃度の推移, *日本畜産学会報*, 57, 561-567 (1986)

Effect of Grazing Management on Oxidative Stress, Immune and Nutritional Parameters for Japanese Black Cows

Meguru HARA^{1,2)†}, Shinji YAMAMOTO²⁾, Masahiko KABEYA^{3,4)},
Hiroki HASEGAWA⁴⁾, Yoko YAKABE⁵⁾
and Yoshihiro MUNETA⁵⁾

- 1) *Fukushima Prefecture Central Livestock Hygiene Service Center, 114-12 Shinyashiki, Ganhouji, Tamakawa, Ishikawa, 963-6311, Japan*
- 2) *Fukushima Prefecture Northern Part Livestock Hygiene Service Center, 5-18 Higashihama, Fukushima, 960-8132, Japan*
- 3) *Fukushima Prefectural Center for Environmental Creation, 67 Nagakubo, Tamai, Otama, Adachi, 969-1302, Japan*
- 4) *Fukushima Agricultural Technology Centre, 3696 Hikageyamaotsu, Kogai, Inawashiro, Yama, 969-2752, Japan*
- 5) *National Institute of Animal Health, National Agricultural and Food Research Organization, 3-1-5 Kannondai, Tsukuba, 305-0856, Japan*

SUMMARY

Effects of grazing on a native pasture or group pens for oxidative stress responses and some immune and nutritional parameters were investigated using Japanese Black cows. As a result of the blood inspection, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), the index for oxidative stress, was significantly lower and superoxide dismutase (SOD) activity, the index for anti-oxidative stress, was significantly higher in the second half of the grazing period ($P<0.05$). Blood urea nitrogen (BUN), total cholesterol (T-Cho), retinol (VA), and α -tocopherol (VE), which evaluate the nutritional status, were significantly higher in the grazing group compared with the non-grazing group during the grazing period ($P<0.05$). These results suggest that grazing increases the fat-soluble vitamin concentration and SOD activity to remove active oxygen through the ingestion of a lot of grass, which is rich in protein and fat-soluble vitamins, and possibly reduces oxidative stress.

— Key words : grazing, immune parameters, oxidative stress.

† Correspondence to (Present address) : Meguru HARA (Fukushima Prefecture Northern Part Livestock Hygiene Service Center)

5-18 Higashihama, Fukushima, 960-8132, Japan

TEL 024-531-1301 FAX 024-531-6810

E-mail : hara_meguru_01@pref.fukushima.lg.jp

J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 71, 437 ~ 442 (2018)