

原 著

## 日高管内サラブレッド種生産農家における放牧草中水溶性炭水化物含量 およびウマの糞性状の季節変化

飯島 由子<sup>1</sup>・河合 正人<sup>1\*</sup>・早川 聡<sup>2</sup>・朝井 洋<sup>3</sup>・花田 正明<sup>1</sup><sup>1</sup>帯広畜産大学 帯広市、〒080-8555<sup>2</sup>現JRA栗東トレーニングセンター 栗東市、〒520-3085<sup>3</sup>JRA日高育成牧場 浦河町、〒057-0171

\*連絡著者 (corresponding author) : kawaim@obihiro.ac.jp

## Seasonal changes of water-soluble carbohydrates in grazing grasses and fecal characteristics in Thoroughbred horses on breeding farms in Hidaka district.

Yuuko IJIMA<sup>1</sup>, Masahito KAWAI<sup>1</sup>, Satoshi HAYAKAWA<sup>2</sup>, You ASAI<sup>3</sup>, Masaaki HANADA<sup>1</sup><sup>1</sup>Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido 080-8555<sup>2</sup>Japan Racing Association Rittou Training Farm, Rittou, Shiga 520-3085<sup>3</sup>Japan Racing Association Hidaka Training Farm, Urakawa, Hokkaido 057-0171

キーワード：放牧草, 水溶性炭水化物, 糞性状, サラブレッド

Key word : grazing grasses, water soluble carbohydrates, fecal characteristics, Thoroughbred

## 要 約

ウマの後腸内に水溶性炭水化物 (WSC) が大量に流れ込むと、代謝障害を引き起こす可能性が指摘されている。牧草中のWSC含量は乾草などに比べて生草で高く、また同じ牧草でも季節によって変化することが知られている。本研究では放牧草中のWSC含量、およびそれらを採食したウマの後腸内発酵性状の指標として糞性状を測定し、季節間で比較した。調査は日高管内のサラブレッド種生産農家5戸の繁殖雌馬用放牧地と、そこで放牧飼養されている繁殖雌馬 (のべ98頭) を用い、5、7、9月に行った。放牧草中WSC含量は7月、9月(13.4、9.3%DM)に比べて5月(19.2%DM)に高かった( $p<0.05$ )。糞の乳酸濃度は504~729 $\mu\text{g/g}$  DMと季節間で有意な差はなかったが、総VFA濃度は5月、7月、9月の順に高かった ( $p<0.05$ )。糞のpHは7月(6.35)、9月(6.42)に比べて5月(6.08)に低かった ( $p<0.05$ )。放牧草中WSC含量が15%DMを上回るとき、糞のpHは低下する傾向がみられた。放牧草中WSC含量が高い春はもちろん、夏、秋においても15%DM程度にまでWSC含量が高くなる場合、ウマの放牧飼養管理に注意を払う必要があることが示唆された。

## 英文要約

It is pointed out the overflow of water-soluble carbohydrates (WSC) into hindgut may cause the metabolic disorders in horses. It is known that the WSC contents in fresh grasses are higher than those in hay, and the contents differ among seasons. This study was investigated to clarify the seasonal changes of WSC contents in grazing grasses and fermentation characteristics in the hindgut of Thoroughbred horses during grazing. The investigation was carried out on the grazing pasture for breeding mares on 5 private farms in Hidaka district in May, July and September. Fecal samples of a total head of 98 mares were collected and used for the analysis of fermentation characteristics. The WSC contents of grazing grasses were higher in May (19.2%DM) than those in July (13.4%DM) and September (9.3%DM). Although there were no differences in fecal lactic acid, the concentration of total VFA was the highest in May, intermediate in July and the lowest in September ( $p<0.05$ ). Fecal pH was lower in May (6.08,  $p<0.05$ ) than that in July (6.35) and September (6.42). When the WSC contents in grazing grasses exceeded 15%DM, fecal pH in horses decreased. These results suggested that the

grazing managements for horses should be attended during spring season in particular, and also in case of higher WSC contents around 15%DM in summer and autumn season.

### 緒言

ウマは繊維性炭水化物を後腸内の微生物発酵により利用する単胃草食動物であるが、非繊維性炭水化物は非草食動物と同様に、胃で分解され、小腸で吸収される。しかしウマの胃および小腸は非繊維性炭水化物の消化能力が低く(PAGAN, 1998)、摂取した非繊維性炭水化物は消化管前部で十分に消化を受けないまま通過し、後腸内に流れ込む可能性が高い。後腸内に流れ込んだ非繊維性炭水化物は、繊維性炭水化物と同様に、微生物の発酵を受けることになる(ELLIOTT and BAILEY, 2006)。

一般に非繊維性炭水化物は、その分解性の高さから微生物による発酵を受けやすく、中でも水溶性炭水化物(WSC)がウマの後腸内に大量に流れ込むと、異常発酵を起こし、pHを低下させる可能性がある。後腸内pHが低下すると、繊維性炭水化物を分解する微生物の活動が抑制され(KERN *et al.*, 1973)、悪化すると疝痛や蹄葉炎などの代謝障害を引き起こす可能性が指摘されている(HOFFMAN, 2003; LONGLAND and BYRD, 2006)。

軽種馬はその走能力向上を目的とすることから、放牧飼養されることが多い。放牧草中のWSCはフルクトタンなどの糖が主であるため、加工過程における呼吸による糖の消失を考慮すると、乾草など加工されたものに比べて高いと考えられる。また同じ牧草でも草種によってWSC含量は異なり(増子, 1994)、同じ牧草種でも日照時間(CIAVARELLA *et al.*, 2000)、気温や成長速度(CHATTERTON *et al.*, 1989)により変動する。WAITE and BOYD (1953)は、イネ科牧草の貯蔵炭水化物含量は晩春に最も高く、夏に最も低くなり、秋にはその中間になると報告している。しかし、採草地や牛用放牧地とは全く異なる草地管理を行う軽種馬用放牧草中のWSC含量の季節変化についてはほとんど報告されておらず、それを採食しているウマの後腸内発酵性状に関する報告も少ない。そこで本研究では、日高管内のサラブレッド種生産農家において放牧草中WSC含量を測定するとともに、ウマの後腸内発酵性状の指標として糞性状を測定し、季節間で比較した。

### 材料および方法

調査は日高管内のサラブレッド種生産農家5戸の繁殖雌馬用放牧地において、5月、7月および9月に行った。各農家の放牧地における主要草種および放牧方法を表1に示した。草種はどの農家においてもチモシーおよびケンタッキーブルーグラスが主であった。軽種

Table 1. The principal variety of grazing grass and grazing system on each farm.

	Variety of grass	Grazing system		
		May	Jul.	Sep.
Farm A	TY	D	N	N
Farm B	KB	N	N	D
Farm C	TY	D	N	N
Farm D	TY, KB	N	N	N
Farm E	KB, TY	D	N	N

TY:timothy, KB:kentucky bluegrass  
D:daytime grazing from morning to afternoon, N:night and day grazing from afternoon to next morning.

馬生産農家における昼間放牧とは、朝から昼、もしくは夕方までの日中に放牧する方法で、昼夜放牧とは昼もしくは夕方から翌朝までの夜間に放牧する方法である。5月では5戸中3戸が昼間放牧をしており、昼夜放牧は2戸であった。また7月はすべての農家で昼夜放牧、9月においては1戸のみ昼間放牧で、4戸は昼夜放牧を行っていた。

草量およびイネ科牧草の草高は、放牧地内の3ヶ所において50cm×50cmのコドラートを用いて測定した。すなわち草高はコドラート内のイネ科牧草において無作為に3ヶ所を測定し、その後コドラート内の牧草を地際から刈り取って、草量を測定した。また、放牧馬が採食している周辺の牧草を手摘みで採取し、乾物(DM)、WSC、粗タンパク質(CP)および中性デタージェント繊維(NDF)含量を測定した。DMおよびCPは常法(A.O.A.C, 1980)、NDFはVAN SOEST (1963)の方法により分析した。またWSCはアンスロン試薬による定量法(大山と森本, 1971A)で測定した。

供試放牧地で放牧飼養されている繁殖雌馬のべ98頭(5月:31頭、7月:34頭、9月:33頭)について、放牧開始後1~5時間に排泄された直後の糞を採取した。採取した糞は、ただちにラコムテスターpH計(防水型pHSpear、アズワン株式会社、東京)を用いてpHを測定し、他の分析まで冷凍保存した。後日、DMを牧草と同じ方法で分析するとともに自然解凍した糞約50gに水約100gを加えて、大山と森本(1971B)の方法で抽出液を調製し、乳酸、アンモニア態窒素および揮発性脂肪酸(VFA)濃度を測定した。乳酸含量はBARKER and SUMMERSON(1961)の方法で、アンモニア態窒素はCONWAY and O'MALLY (1942)の微量拡散法で測定した。VFAの測定は内部標準液法によりガスクロマトグラフィー(GC-14A、島津製作所、京都)を用いて測定した。内部標準液には10mM 2-エチルブチルを用いた。

放牧草中WSC含量および糞性状についての統計解析には、分散分析およびスチューデントのt検定を用いた。

結果および考察

各農家の放牧地における草量およびイネ科牧草の草高を表2に示した。どの農家においても、7、9月に比べて5月の草量は40~50gDM/m<sup>2</sup>と少ないものであった。またイネ科草高も、7月の10~20cm、9月の12~23cmに比べて、5月では6~8cmと短いものであった。

放牧草中の化学成分含量の季節変化を表3に示した。放牧草のCP含量はどの季節においても20%DM以上であり、NDF含量は5月、7月、9月でそれぞれ35.9、50.9、51.8%DMであった。軽種馬飼養標準(2004)には、出穂前のチモシー生草およびケンタッキーブルーグラスのCP含量は17.5、17.5%DM、また日高地方における放牧地牧草のCP含量は20.1%DMと記載されており、本試験でのCP含量はこれと同程度であった。また乳牛の日本飼養標準(2006)では、チモシー生草(放牧草)におけるNDF含量は春、夏、秋でそれぞれ46.5、53.9、46.6%DMであり、本試験でのNDF含量は9月を除いてこれらより低いものであった。

平均WSC含量は5月において19.2±3.4%DMであり、7月および9月の13.4±4.0、9.3±4.9%DMよりも高かった(p<0.05)。北海道紋別郡の実験圃場で栽培した寒地型イネ科牧草のWSC含量を生育ステージ別、刈取り回次別に測定した増子(1994)は、6月におけるチモシー1番草のWSC含量は15.4%DMであり、8月の2番草は6.8~8.2%DM、9月の3番草では9.6%DMと報告している。本試験でのWSC含量は、9月においてはこの報告値と同程度であるが、7月および5

月では高いものであった。この報告と本試験では調査月が異なるものの、季節として考えると春および夏の軽種馬用放牧地の牧草中WSC含量は、一般的な採草地に比べて高い傾向にあると考えられた。

次に農家ごとの放牧草中WSC含量の季節変化を図1に示した。A、B農家におけるWSC含量は5月に最も高く(18.7、23.4%DM)、最も低い9月ではどちらも5%DM程度まで低下していた。D農家ではA、B農家ほど大きな低下はみられないが、5、7、9月の順に高かった。一方E農家では7月に比べて9月で高くなっており、他の農家と異なった変化がみられたが、どの農家においてもWSC含量がもっとも高いのは5月であった。

WAITE and BOYD(1953)によると、イネ科牧草における貯蔵炭水化物濃度は、晩春に最も高く、夏に最も低くなり、秋にはその中間になる。本試験においても春季である5月にWSC含量が最も高かったことはこれと一致していたが、7月から9月にかけての変化が異なっていた。今回の調査において、草量や草高とWSC含量との間に明らかな関係は認められず、夏季以降の放牧草中WSC含量には播種品種の違いや、施肥、掃除刈りなどの放牧地の管理状況の違いも関係していると考えられる。

糞のpH、乳酸、アンモニア態窒素およびVFA濃度の季節変化を表4に示した。糞中平均乳酸濃度は5、7、9月でそれぞれ504、539、729μg/gDMであり、季節間で有意な差はなかった。アンモニア態窒素濃度(0.85~1.19mg/gDM)は有意な差ではなかったが、5月、7

Table 2. The harbage mass and sward height of grazing grasses on each farm.

	Harbage mass(gDM/m <sup>2</sup> )			Sward height(cm)		
	May	Jul.	Sep.	May	Jul.	Sep.
Farm A	41	141	85	8	20	20
Farm B	46	114	84	6	15	12
Farm C	45	76	108	7	13	23
Farm D	44	111	135	6	13	17
Farm E	49	75	83	6	10	18

Table 3. Average Chemical composition of grazing grasses.

	May	Jul.	Sep.
DM	23.3 <sup>a</sup>	20.7 <sup>ab</sup>	15.7 <sup>b</sup>
		%FM	
CP	23.4 <sup>ab</sup>	22.4 <sup>b</sup>	25.2 <sup>a</sup>
NDF	35.9 <sup>b</sup>	50.9 <sup>a</sup>	51.8 <sup>a</sup>
WSC	19.2 <sup>a</sup>	13.4 <sup>b</sup>	9.3 <sup>b</sup>

DM:dry matter, CP:crude protein, NDF:neutral detergent fiber, WSC:water soluble carbohydrates.

<sup>ab</sup>)Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

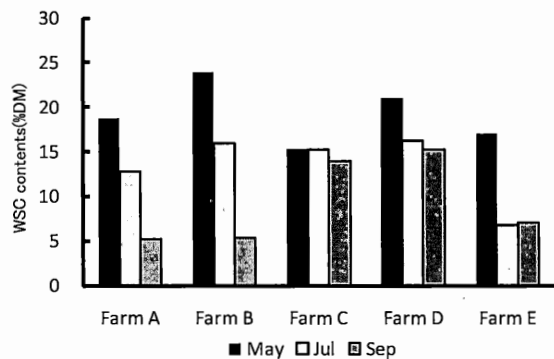


Fig. 1 WSC contents of grazing grasses on individual breeding farm in Hidaka district.

Table 4. Average fecal pH and concentrations of lactate, NH<sub>3</sub>-N and total VFA in Thoroughbreds.

	May	Jul.	Sep.
pH	6.08 <sup>b</sup>	6.35 <sup>a</sup>	6.42 <sup>a</sup>
Lactate(μg/gDM)	504	539	729
NH <sub>3</sub> -N(mg/gDM)	1.19	1.05	0.85
Total VFA(mg/gDM)	20.5 <sup>a</sup>	16.3 <sup>ab</sup>	10.2 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup>)Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

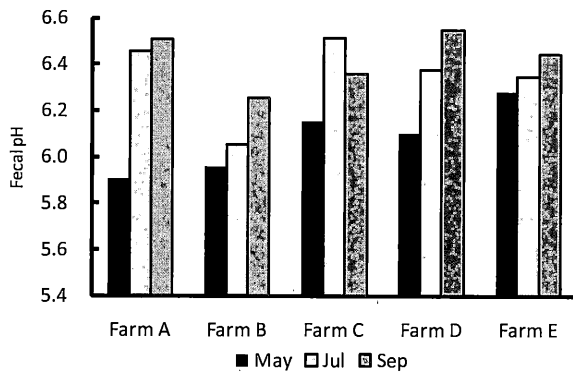


Fig. 2 Fecal pH of Thoroughbreds on individual breeding farm in Hidaka district.

月、9月の順に高い傾向がみられ、また総VFA濃度においても5月(20.45mg/gDM)、7月(15.59 mg/gDM)、9月(7.42mg/gDM)の順に高かった(p<0.05)。これらは、牧草のCPおよびNDFの分解性が春に高いことを反映したものと考えられる。

糞の平均pHは5月において6.08であり、7月の6.35、9月の6.42より低かった(p<0.05)。糞のpHの季節変化について農家ごとに比較すると(図2)、7月および9月にかけてのpHの変化は農家によって異なっていたが、5月にもっとも低いpHを示す結果は全ての農家において同様であった。

HUSSEIN *et al* (2004) は基礎飼料としてアルファルファハイキューブを用い、基礎飼料のみ給与した、もしくは大麦やエンバクなどを併給したウマの糞のpHを6.74~7.04、乳酸濃度を86.2~253.8μg/gDMと報告している。この報告に比べ、本実験でpHが最も高かった9月でも6.42と低く、乳酸濃度もどの月においても高い値であった。マメ科牧草は貯蔵炭水化物として主にでんぷんを蓄えるが、イネ科牧草ではフルクタンなどのWSCを蓄えるため、WSC含量はイネ科牧草で高いといわれている(小島と井沢, 1967)。また加工過程における呼吸による糖の消失も考慮に入れると、WSC含量は加工されたハイキューブに比べて放牧草など生草で高くなると考えられ、比較的低いWSC含量を示した7月および9月であっても、糞のpHは低く、乳酸濃度は高くなっていたと考えられる。

放牧草中のWSC含量と糞のpHとの関係を図3に示した。WSC含量が15%DMを上回るとき、WSC含量の増加に伴って糞のpHは低下するようになりみられる。主要なルーメン細菌の発育のための至適pHは6.1~6.7で、pH6以下ではルーメン内の生態系を構成する微生物の種類と数が減少し、様々な機能障害を生じるとされている(板橋, 2004)。また乳牛における適正なルーメン発酵の指標として、糞のpHが6.2以上であることを用いる場合がある(椋本, 2004)。健康な馬にと

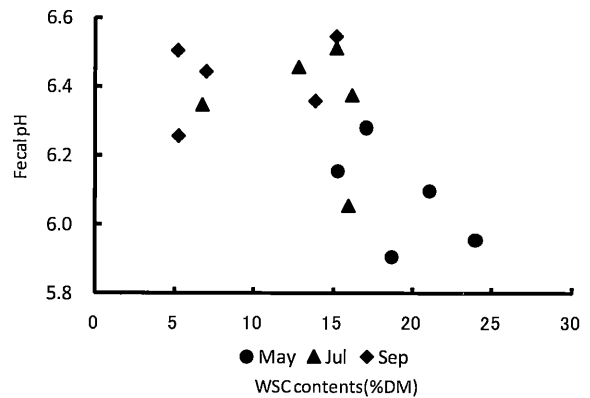


Fig. 3 The relationship between WSC contents in grazing grasses and fecal pH of Thoroughbreds on individual breeding farm in Hidaka district.

うもろこし85%、大豆粕13%で構成されたペレットを給与したJAMES *et al*(1994)の実験では、試験開始時に7.0程度であった糞のpHが、試験飼料の給与から3日目以降6.2付近まで低下し、その後跛行が著しく現れ、蹄葉炎発症の因子となり得たことを報告している。またBAILEY *et al*(2004)は、ウマがWSCなど非繊維性炭水化物を過多に摂取すると、後腸内微生物により乳酸が大量に生成されて後腸内pHが低下すると報告しており、後腸内が酸性化すると後腸内微生物が偏って増殖し、グラム陰性菌が死滅することによりエンドトキシンが放出されて代謝障害につながることも指摘している。本試験で糞のpHが6.20以下を示したとき、放牧草中WSC含量はいずれも15%DMを上回っていたが、WSC含量が10%DM以下のときの糞のpHは6.20以上であり、WSC含量が15%DM前後の場合には糞のpHが6.05~6.55の範囲でばらつきがみられる。すなわち、放牧草中WSC含量が高い春季のみならず、夏季や秋季であってもWSC含量が15%DMを上回る場合にはウマの放牧飼養管理に注意が必要であり、その際の放牧方法や、併給飼料の給与方法などについても今後検討すべきと考えられる。

## 文 献

- A.O.A.C. (1980) Official methods of analysis. 13<sup>th</sup> ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington. D. C.
- BAILEY, S. R., C. M. MARR., J. ELLIOTT (2004) Current research and theories on pathogenesis of acute laminitis in the horse. *J. Vet.*, 167:129-142.
- BARKER, S. B. and W. H. SUMMERSON (1961) The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, 138:535-554.
- CHATTERTON, N. J., P. A. HARRISON, J. H. BENNETT, K. H. ASAY (1989) Carbohydrate partitioning in 185

- accessions of graminæ grown under warm and cool temperatures. *J. Plant. Physiol.*, **143**:169-179.
- CIAVARELLA, T. A., R. J. SIMPSON, H. DOVE, B. J. LEURY, I. M. SIMS (2000) Diurnal changes in water-soluble carbohydrates in *Phalaris aquatic* L. pasture in spring, and the effect of short term shading. *Aust. J. Agric. Res.*, **51**:749-756.
- CONWAY, E. J. and E. O'MALLY (1942) Micro diffusion thod. Ammonia and urea using buffered absorbents. *J. Biol. Chem.*, **36**:655-661.
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構編 (2006). 日本飼養標準 乳牛. 中央畜産会. 東京.
- ELLIOTT, J. and S. R. BAILEY (2006) Gastrointestinal derived factors are potential triggers for the development of acute equine laminitis. *J. Nutr.*, **136**:2103S-2107S.
- HOFFMAN, R. M. (2003) Carbohydrate metabolism in horses. Recent advances in equine nutrition. S L Ralston and H F Hintz, ed. I. V. I. S. Ithaca. New York. USA. <http://www.ivas.org/advances/Ralston/hoffman/IVIS.pdf>
- HUSSEIN, H. S., L. A. VOGEDES, G. C. J. FERNANDEZ, R. L. FRANKENY (2004) Effects of cereal grain supplementation on apparent digestibility of nutrients and concentrations of fermentation end-products in the feces and serum of horses consuming alfalfa cubes. *J. Anim. Sci.*, **82**:1986-1996.
- 板橋久雄 (2004) 第1章 ルーメン内の微生物と生態 (6)ルーメン内の環境. 新ルーメンの世界-微生物生態と代謝制御-, 24-27. 農文協. 東京.
- JAMES, B. R., M. J. LEES, D. W. PETHICK (1994) Prevention of asidosis and laminitis associated with grain feeding in horses. *J. Nutr.*, **124**:2742S-2744S.
- KERN, D. L., L. L. SLYTER, J. M. WEAVER, E. C. LEFFEL, G. SAMUELSON (1973) Pony cecum vs. steer rumen: The effect of oats and hay on the microbial ecosystem. *J. Anim. Sci.*, **37**:463-469.
- 小島邦彦・井沢健 (1967) 牧草炭水化物の生理学的研究 第2報 草種による炭水化物特性について. *日草誌*, **13**:39-50.
- LONGLAND, A. C. and B. M. BYRD (2006) Pasture nonstructural carbohydrates and equine laminitis. *J. Nutr.*, **136**:2099S-2102S.
- 増子孝義 (1994) 北海道で栽培した寒地型イネ科牧草における粗蛋白質、ADFおよび可溶性糖類(WSC)含量の生育ステージ別、刈取り回次別変化. *日草誌*, **40**:227-229.
- 椋本正寿 (1994) 四つの栄養~ここで間違いやすい!~ Dairy Japan 2004年6月臨時増刊号, 5-23. デーリー・ジャパン社. 東京.
- 日本中央競馬会競走馬総合研究所編 (2004). 軽種馬飼養標準. 日本中央競馬会競走馬総合研究所. 栃木.
- 大山嘉信・森本宏 (1971A) 材料(牧草)中の可溶性炭水化物の定量. 動物栄養試験法, 422-424. 養賢堂. 東京.
- 大山嘉信・森本宏 (1971B) 分析用試料の調製. 動物栄養試験法, 412-413. 養賢堂. 東京.
- PAGAN, J. D. (1998) Carbohydrates in equine nutrition. *Advances in equine nutrition*. J. D. Pagan, ed. Nottingham Univ. Press. Nottingham, U. K., 57-70.
- WAITE, R. and J. BOYD (1953) The water-soluble carbohydrates in grasses I. Changes occurring during the normal life cycle. *J Sci Fd Agric.*, **4**:197-204.
- VAN SOEST, P. L. (1963) The use of detergents in the analysis of fibrous feeds. *J. Ass. Offic. Analyt. Chem.*, **46**:825-828.

