

暑熱環境がラットのセレンウム (Se) 代謝に及ぼす影響

加藤 健²⁾・舟場 正幸³⁾・熊谷 元¹⁾・矢野 秀雄¹⁾・川島 良治¹⁾

(¹⁾京都大学農学部*, (²⁾雪印乳業(株)技術研究所**, (³⁾麻布大学獣医学部***)

Effect of a Hot Environment Temperature on Selenium Metabolism in Rats

Ken KATO, Masayuki FUNABA, Hajime KUMAGAI, Hideo YANO and Ryoji KAWASHIMA

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kyoto University

It is well known that the metabolism of sodium, potassium and calcium is influenced by a high ambient temperature in grazing cattle and rats. However, the research work regarding the influence of a high ambient temperature on metabolism of trace elements such as selenium has been scarcely done. This study was conducted to elucidate the effect of a high ambient temperature on selenium metabolism in rats.

Twenty-two Wistar strain rats of 8 weeks age were divided into 3 groups; (1) the animals were fed ad libitum at room temperature, 26°C (26°C, ad lib), (2) the animals were maintained at 26°C, while were fed the same dietary amount of group 3 (26°C restricted), (3) the animals were fed ad libitum at 33°C (33°C ad lib). All rats were raised with a commercial diet for 6 weeks.

Se concentrations in whole blood were significantly lower in 33°C ad lib group than in other 2 groups. Kidney Se contents became lower in 33°C ad lib group than in 26°C restricted group. The result was induced by the reduction of both Se concentrations in the kidney and the weight of this organ in rats of 33°C ad lib group. On the other hand, Se contents in the liver were also lower in 33°C ad lib group than in 26°C restricted group. The result was due to a decrease in Se concentrations of the liver.

暑熱環境下においてナトリウム (Na), カリウム (K), カルシウム (Ca) などの多量元素の代謝が影響を受けることは牛^{1,2)} およびラット³⁾ で良く知られている。しかしながら, セレンウム (Se) などの微量元素と暑熱環境についての研究報告は極めて少ない。暑熱環境下におかれた乳牛では生乳中への Se の分泌が促進され, また, 絶食時には Se 排泄量が増加することを Kume ら^{4,5)} が報告している程度であり, 暑熱環境下での家畜の Se 代謝については依然として不明な点が多く, さらに, Se の血液中濃

*所在地: 京都市左京区北白川追分町 (〒606)

**所在地: 川越市南台 1-1-2 (〒350)

***所在地: 相模原市淵野辺 1-17-71 (〒229)

度や臓器含量についての報告はほとんど見当たらない。

そこで本試験では、暑熱環境がラットの Se 排泄量、血液中 Se 濃度および肝臓、腎臓での Se 総量に及ぼす影響について検討を行った。

実験方法

8 週齢ウィスター系雌ラット 22 匹（平均体重 140.1g）を用い、快適環境（26℃）：飽食〔26飽〕区 7 匹、快適環境（26℃）：制限給餌（暑熱環境区と同量給餌）〔26制〕区 7 匹、暑熱環境（33℃）：飽食〔33飽〕区 8 匹、の 3 つの試験区にわけた。給与試験食は、市販のラット育成用飼料（MF：オリエンタル酵母（株）、東京）を用いた。試験食の Se 含量は 0.47ppm であり、これは NRC 飼養標準の Se 要求量 0.1ppm を超えるものであった。5 日間の予備飼育の後、6 週間の試験期間を設けた。試験開始時より毎週体重を測定し、また、2 週間おきに糞と尿を採取した。6 週間目にエーテル麻酔下で、腹部大動脈からの採血により屠殺し、血液、肝臓、腎臓を採取した。

血液および各臓器中の Se 濃度は Watkinson の方法⁶⁾によって測定し、血液および各臓器サイトゾル分画中グルタチオンペルオキシダーゼ（GSH-Px）活性は、過酸化水素を基質として用いる Paynter の方法⁷⁾によって測定した。

結果と考察

試験終了時体重は、〔26飽〕区で他の 2 区より有意に高い値を示したが、〔26制〕区と〔33飽〕区の間には差は見られなかった。肝臓重量も、〔26飽〕区で他の 2 区より有意に高い値を示したが、〔26制〕区と〔33飽〕区の間には差は見られなかった。これに対し、腎臓重量は、〔26飽〕区で他の 2 区より有意に高い値を示し、また、〔26制〕区と〔33飽〕区との間に有意な差が見られ、〔33飽〕区で有意に低い値を示した（Table 1）。Cassuto と Chaffee^{8,9)}や Ray ら¹⁰⁾は、ラットなどのげっ歯動物の臓器重量を、快適環境で飽食とした区と、暑熱環境で飽食とした区で比較した場合、暑熱環境で飽食とした区において、

Table 1. Effects of a hot environmental temperature on final body weight and the weights of liver and kidney

	26℃ ad lib.	26℃ restricted	33℃ ad lib.
Feed intake, g / day	19.2	13.5	13.4
Weight, g			
Body weight	253.8±4.6 ^a	179.7±1.3 ^b	184.7±2.5 ^b
Liver	10.6±0.7 ^a	6.7±0.2 ^b	6.8±0.5 ^b
Kidney	2.0±0.04 ^a	1.6±0.01 ^b	1.3±0.02 ^c
Weight per body weight, g / 100g BW			
Liver	4.16±0.32 ^a	3.74±0.09 ^b	3.69±0.22 ^b
Kidney	0.78±0.01 ^a	0.90±0.01 ^b	0.68±0.01 ^c

Means ± SD

a, b, c: $p < 0.05$

肝臓および腎臓の絶対重量、体重あたりの相対重量が低い値を示したと報告している。

血液中 Se 濃度は〔33飽〕区で他の 2 区より有意に低い値を示したが、血液中 GSH-Px 活性には、各区の間に差は見られなかった (Table 2)。本試験では、血液中 Se 濃度の変化と Se 含有酵素である GSH-Px 活性の変化とは異なり、血液中 Se 濃度の最も低い〔33飽〕区で Se 濃度の最も高い〔26飽〕区よりも高い GSH-Px 活性を示した。しかし、なぜこのような結果が得られたかについては、現在のところ不明である。

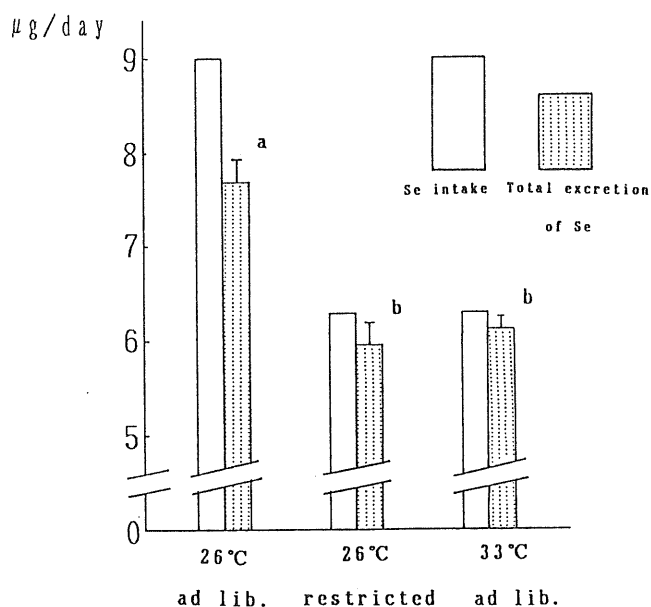
1 日あたりの Se 摂取量と Se 総排泄量を Fig. 1 に示した。1 日あたりの Se 摂取量は〔26飽〕区で $9.0 \mu\text{g/day}$ 、〔26制〕区と〔33飽〕区では $6.3 \mu\text{g/day}$ となり、〔26飽〕区の 1 日あたりの Se 摂取量は、

Table 2. Effects of a hot environmental temperature on Se concentrations and GSH-Px activities in blood

	26°C ad lib.	26°C restricted	33°C ad lib.
Se concentrations in blood, $\mu\text{g/ml}$	0.39 ± 0.01^a	0.37 ± 0.01^a	0.33 ± 0.01^b
GSH-Px activities in blood, EU/g Hb	371 ± 25	463 ± 48	457 ± 37

Means $\pm$ SD

a, b, : $p < 0.05$



a, b : $p < 0.05$

Fig. 1. Effects of a hot environmental temperature on Se balance.

〔26制〕区と〔33飽〕区のその1.4倍だった。Se 総排泄量は、〔26飽〕区で他の2区より有意に高い値を示したが、〔26制〕区と〔33飽〕区の間には差はみられなかった。Kume ら⁴⁾は、暑熱環境下におかれた乳牛において、絶食時の糞および尿中 Se 排泄量が増加することを報告しているが、本試験結果はこの報告とは一致しなかった。また、〔26飽〕区に比べ〔26制〕区と〔33飽〕区において Se 総排泄量が減少しているのは、〔26制〕区と〔33飽〕区における Se 摂取量の減少に起因するものであると考えられる。

肝臓および腎臓中 Se 総量は、〔26制〕区に比べ〔33飽〕区において、有意な低下が認められた。また、肝臓および腎臓中 Se 濃度においても〔26制〕区に比べ〔33飽〕区では有意な低下が認められ、肝臓で31%、腎臓で16%の低下が見られた (Table 3)。臓器中 Se 総量が、〔26制〕区と比べ〔33飽〕区で低下しているのは、肝臓では、Se 濃度の減少に起因するものであり、腎臓では、Se 濃度と臓器絶対重量の減少に起因するものであると考えられる。

臓器全体の Se 濃度では、肝臓、腎臓ともに〔33飽〕区で〔26制〕区よりもそれぞれ31%、16%の減少が見られた (Table 3) が、臓器サイトゾル分画中 Se 濃度には、両区の間にはほとんど差は見られなかった (Table 4)。したがって、この2区の間で見られた臓器全体の Se 濃度の違いは、サイトゾル分画以外の Se 濃度の違いによるものと考えられる。また、臓器サイトゾル分画中 GSH-Px 活性に関して、

Table 3. Effects of a hot environmental temperature on Se contents and concentrations in liver and kidney

	26°C ad lib.	26°C restricted	33°C ad lib.
Se content, μg			
Liver	5.11 ± 0.22^a	4.27 ± 0.12^b	2.95 ± 0.34^c
Kidney	0.96 ± 0.05^a	0.76 ± 0.02^b	0.59 ± 0.02^c
Se concentration, $\mu\text{g} / \text{g dry weight}$			
Liver	3.76 ± 0.15^a	4.71 ± 0.09^b	3.26 ± 0.09^c
Kidney	6.12 ± 0.20^a	6.88 ± 0.06^b	5.79 ± 0.09^c
Means $\pm$ SD			
a, b, c : $p < 0.05$			

Table 4. Effects of a hot environmental temperature on Se concentrations and GSH-Px activities in cytosol fraction of liver and kidney

	26°C ad lib.	26°C restricted	33°C ad lib.
Se content, μg			
Liver	0.13 ± 0.010^a	0.06 ± 0.005^b	0.06 ± 0.004^b
Kidney	0.03 ± 0.000^a	0.03 ± 0.002^a	0.02 ± 0.002^b
GSH-Px activity, EU / g protein			
Liver	925 ± 94	762 ± 55	838 ± 30
Kidney	707 ± 10^a	711 ± 15^a	621 ± 15^b
Means $\pm$ SD			
a, b, : $p < 0.05$			

腎臓ではSe濃度と同様の傾向を示したが、肝臓では比較的大きな固体差により一定の傾向は認められず、Se濃度との関係も判然とはしなかった。

本試験では、暑熱環境がラットのSe代謝を直接あるいは間接的に変化させ、ラットの血液中Se濃度、肝臓および腎臓中Se総量、濃度は低下することを認めた。しかしながら、それはKumeら⁴⁾が暑熱環境下におかれた絶食時の乳牛で観察したような、Se排泄量の増加によるものではなかった。本試験結果は、暑熱ストレスによってSeの体内分布が変化することによって生じているのかもしれない。また、本試験では、暑熱ストレスによる臓器中Se濃度の変化と、臓器サイトゾル分画中Se濃度の変化との比較から、暑熱ストレスによるSeの組織内分布が変化することを認めたが、この機構については今後の検討が必要であると考えられる。

文 献

1. KUME, S., M. SHIBATA, M. KURIHARA and T. AII (1986) Jpn. J. Zootech. Sci. 57 : 679
2. COLLIER, J. R. and D. K. BEEDE (1985) Nutrition of grazing ruminants in warm climate, Academic Press, Orlando, Florida : pp. 67-68
3. YANO, H., J. HANAI and T. KAWASHIMA (1989) マグネシウム 8 : 15
4. KUME, S., M. KURIHARA, S. TAKAHASHI, M. SHIBATA and T. AII (1986) Jpn. J. Zootech. Sci. 57 : 687
5. KUME, S., M. KURIHARA, S. TAKAHASHI, M. SHIBATA and T. AII (1987) Jpn. J. Zootech. Sci. 58 : 604
6. WATKINSON, H. J. (1966) Anal. Chem. 38 : 92
7. PAYNTER, I. D. (1979) Aust. J. Agric. Res. 30 : 695
8. CASSUTO, Y. and R. R. CHAFFEE (1963) Can. J. Biochem. Physiol. 41 : 1840
9. CASSUTO, Y. and R. R. CHAFFEE (1966) Am. J. Physiol. 210 : 423
10. RAY, E. D., C. B. ROUBICEK and M. HAMIDI (1968) Growth 32 : 1