

乳牛の体内における微量元素含量に
およぼす微量元素投与の影響

久 米 新 一

(農水省九州農業試験場*)

Effect of Administration of Trace Elements on Those Concentration
in the Body of Dairy Cattle

Shinichi KUME

Kyushu National Agricultural Experiment Station

The objective of this study was to clarify the effect of the administration of trace elements on those concentration in the body of Holstein cattle. Except for Se, feed intake and daily milk yields of treated cows were not affected by the administration of trace elements in the diet. There was a decrease in feed intake, rapid salivation, and swelling of the cervix and sore feet by the administration of 6.5 ppm Se. Most of trace elements administered was excreted in the feces and slightly secreted in the milk. Trace elements accumulation, distribution, and excretion of cows were different from the administration of each elements.

反すう動物の微量元素栄養については、微量元素の関係する欠乏症や中毒症が世界各国で古くから数多く報告されていたために、当初はそれらの解明を中心に研究が進められていた^{1,2)}。しかし、近年飼料中の微量元素の過不足が増体や泌乳量などの家畜の生産性に影響をおよぼすことが明らかにされたため、乳牛飼養、なかでも特に年間 8,000 kg 以上の高乳量牛の微量元素栄養について関心が高まりつつある^{1,2)}。

* 所在地：熊本県菊池郡西合志町 2421 (〒 861-11)

一方、わが国の牧草は Zn, Cu および Se 含量の低いことが明らかにされ、³⁾ また著者は前報⁴⁾ で粗飼料主体で飼養した牛は Zn, Cu および Se の不足が同時に発生する可能性のあることを示唆した。本報では、乳牛に対する適正な微量元素の給与量を明らかにするために、まず泌乳牛に微量元素を過剰に経口投与し、乳牛の微量元素摂取量と体内における蓄積量並びに体外への排泄量との関係について検討した。

材料および方法

ホルスタイン種泌乳牛各 2 頭 (計 14 頭) を用い、Zn, Cu, Mn, Se, Mo, Co および Cd の投与実験を行った。実験はそれぞれ 4 週間の投与開始前の調査期、投与期および投与終了後の調査期によって構成され、投与期には各元素を配合飼料に混入して 4 週間にわたって投与した。供試牛のうち 1 頭は投与終了直後に、他の 1 頭は投与終了 4 週後に屠殺した。飼料は配合飼料およびビートパルプを毎日定量給与し、また粗飼料としてイタリアンライグラス乾草を自由採食させた。

ふん、尿、牛乳、血液および被毛は、各期ごとに定期的に試料採取を行った。ただし、血液は頸静脈から、被毛は肋骨の周囲の一定部位から採取した。飼料サンプルは給与飼料から無作為に抽出した。供試牛は屠殺直後に解体して、各組織を採取した。

供試牛の各元素摂取量および排泄量を求める際には、乾草の 1 日当り乾物摂取量を 7 - 10 kg, 給与飼料の乾物消化率を 65 %, また 1 日当りの尿量を 10 kg と仮定して計算した。また供試牛は 1 日 2 回搾乳し、泌乳量を計量した。

各元素の定量は、Zn, Cu および Cd は原子吸光光度法、Mn は放射化分析法および原子吸光光度法、Se はけい光光度法、さらに Mo および Co は無炎原子吸光光度法で行った。

結果および考察

Zn 投与牛の非投与期および投与期の 1 日当り Zn 摂取量は、それぞれ 0.5 - 0.6 g および 5.5 g であった。投与期の Zn 排泄量は、ふん (4.5 g), 尿 (0.003 g) および牛乳 (0.05 g) であり、投与した Zn の大部分はふん中に排泄され、尿、牛乳、血液および被毛へはほとんど移行しなかった (表 1)。

Cu 投与牛の非投与期および投与期の 1 日当り Cu 摂取量は、それぞれ 0.1 - 0.11 g および 1.1 g であった。投与期の Cu 排泄量は、ふん (1.06 g), 尿 (0.0001 g) および牛乳 (0.0008 g) であり、投与した Cu が被毛および牛乳にもやや移行したが、大部分はふん中に排泄された (表 2)。

Mn 投与牛の非投与期および投与期の1日当り Mn 摂取量は、それぞれ 1.0—1.3 g および 11 g であった。投与期の Mn 排泄量は、ふん (8 g)、尿 (0.0001 g) および牛乳 (0.0014 g) であり、投与した Mn が牛乳、血液および被毛にもやや移行したが、大部分はふん中に排泄された (表 3)。

Se 投与牛の非投与期および投与期の1日当り Se 摂取量は、それぞれ 2 mg および 100 mg であった。投与期の Se 排泄量は、ふん (30 mg)、尿 (8 mg) および牛乳 (1.7 mg) であり、投

Table 1. Zinc concentration in feces, urine, milk, blood, and hair of 2 zinc-treated cows¹⁾

Item	Number of collections ⁴⁾	ZnSO ₄ administration		
		Pre-treatment ⁵⁾	Treatment period ⁵⁾	Post-treatment ⁵⁾
Feces ²⁾	9	80±11 ⁶⁾	863±121 ⁶⁾	81±8 ⁷⁾
Urine ³⁾	3	0.26±0.11	0.32±0.12	0.31±0.01
Milk ²⁾	3	25±7	30±4	33±8
Blood ²⁾	2	18±3	19±2	17±1
Hair ²⁾	1	132±9	152±23	142

1) administered 5 g of Zn as ZnSO₄ daily for 4 weeks. 2) ppm on dry matter basis. 3) ppm on wet matter basis. 4) obtained from a cow. 5) Each period consists of 4 weeks. 6) Mean±S.D. of collections of 2 cows. 7) Mean±S.D. of collections of a cow.

Table 2. Copper concentration in feces, urine, milk, blood and hair of 2 copper-treated cows¹⁾

Item	Number of collections ⁴⁾	CuSO ₄ ·5H ₂ O administration		
		Pre-treatment ⁵⁾	Treatment period ⁵⁾	Post-treatment ⁵⁾
Feces ²⁾	9	19±3 ⁶⁾	202±39 ⁶⁾	19±1 ⁷⁾
Urine ³⁾	3	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
Milk ²⁾	3	0.38±0.09	0.53±0.10	0.28±0.09
Blood ²⁾	2	4.8±0.4	5.2±0.3	5.1±0.7
Hair ²⁾	1	7.4±0.1	34.5±15.4	12.2

1) administered 1 g of Cu as CuSO₄·5H₂O daily for 4 weeks. 2) ppm on dry matter basis. 3) ppm on wet matter basis. 4) obtained from a cow. 5) Each period consists of 4 weeks. 6) Mean±S.D. of collections of 2 cows. 7) Mean±S.D. of collections of a cow.

与した Se の大部分はふん中に排泄されたが、尿および牛乳中へも相当量移行した(表4)。さらに、投与終了4週後の血液および被毛の Se 濃度が投与開始前のそれよりも高い値を示したので、一部の Se は長期にわたって体内に保持されることが推察された。

Mo 投与牛の非投与期および投与期の1日当り Mo 摂取量は、それぞれ 10 mg および 110 mg であった。投与期の Mo 排泄量は、ふん(97 mg)、尿(3.4 mg) および牛乳(1.3 mg) であり、

Table 3. Manganese concentration in feces, urine, milk, blood, and hair of 2 manganese-treated cows¹⁾

Item	Number of collections ⁴⁾	MnSO ₄ ·4.9H ₂ O administration		
		Pre-treatment ⁵⁾	Treatment period ⁵⁾	Post-treatment ⁵⁾
Feces ²⁾	9	224±31 ⁶⁾	1564±228 ⁶⁾	198±22 ⁷⁾
Urine ³⁾	3	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
Milk ²⁾	3	0.31±0.06	1.13±0.69	0.29±0.04
Blood ²⁾	1	0.20±0.01	0.46±0.01	0.32
Hair ²⁾	1	22.1±2.1	97.6±25.9	24.6

1) administered 10 g of Mn as MnSO₄·4.9H₂O daily for 4 weeks. 2) ppm on dry matter basis. 3) ppm on wet matter basis. 4) obtained from a cow. 5) Each period consists of 4 weeks. 6) Mean±S.D. of collections of 2 cows. 7) Mean±S.D. of collections of a cow.

Table 4. Selenium concentration in feces, urine, milk, blood, and hair of 2 selenium-treated cows¹⁾

Item	Number of collections ⁴⁾	Na ₂ SeO ₄ administration		
		Pre-treatment ⁵⁾	Treatment period ⁵⁾	Post-treatment ⁵⁾
Feces ²⁾	2	0.33±0.05 ⁶⁾	5.86±0.85 ⁶⁾	0.36±0.01 ⁷⁾
Urine ³⁾	2	0.07±0.03	0.81±0.45	0.05±0.01
Milk ²⁾	2	0.25±0.05	0.93±0.16	0.31±0.02
Blood ²⁾	1	0.67±0.06	4.86±1.00	2.39
Hair ²⁾	1	0.60±0.07	1.84±0.66	4.69

1) administered 0.1 g of Se as Na₂SeO₄ daily for 4 weeks. 2) ppm on dry matter basis. 3) ppm on wet matter basis. 4) obtained from a cow. 5) Each period consists of 4 weeks. 6) Mean±S.D. of collections of 2 cows. 7) Mean±S.D. of collections of a cow.

投与したMoの大部分はふん中に排泄されたが、尿および被毛も主要な排泄経路と考えられた(表5)。

Co投与牛の非投与期および投与期の1日当りCo摂取量は、それぞれ2.7mgおよび53mgであった。投与期のCo排泄量は、ふん(65mg)、尿(0.2mg)および牛乳(0.02mg)であり、投与したCoの大部分はふん中に排泄された(表6)。

Cd投与牛の非投与期および投与期の1日当りCd摂取量は、それぞれ2mgおよび1.25gで

Table 5. Molybdenum concentration in feces, urine, milk, blood, and hair of 2 molybdenum-treated cows¹⁾

Item	Number of collections ⁴⁾	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O administration		
		Pre-treatment ⁵⁾	Treatment period ⁵⁾	Post-treatment ⁵⁾
Feces ²⁾	9	1.12±0.16 ⁶⁾	15.4±0.9 ⁶⁾	1.19±0.12 ⁷⁾
Urine ³⁾	3	0.02±0.01	0.34±0.13	0.03±0.00
Milk ²⁾	3	0.39±0.05	0.56±0.13	0.36±0.04
Blood ²⁾	2	0.18±0.04	0.70±0.23	0.17±0.04
Hair ²⁾	1	0.69±0.24	2.16±0.62	1.21

administered 0.1 g of Mo as (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O daily for 4 weeks. 2) ppm on dry matter basis. 3) ppm on wet matter basis. 4) obtained from a cow. 5) Each period consists of 4 weeks. 6) Mean±S.D. of collections of 2 cows. 7) Mean±S.D. of collections of a cow.

Table 6. Cobalt concentration in feces, urine, milk, blood, and hair of 2 cobalt-treated cows¹⁾

Item	Number of collections ⁴⁾	CoSO ₄ ·7H ₂ O administration		
		Pre-treatment ⁵⁾	Treatment period ⁵⁾	Post-treatment ⁵⁾
Feces ²⁾	9	0.74±0.08 ⁶⁾	13.0±1.6 ⁶⁾	0.72±0.06 ⁷⁾
Urine ³⁾	3	0.001±0.000	0.020±0.011	0.002±0.001
Milk ²⁾	3	0.010±0.005	0.012±0.002	0.010±0.005
Blood ²⁾	2	0.007±0.004	0.010±0.002	0.008±0.003
Hair ²⁾	1	0.036±0.030	0.036±0.006	0.026

1) administered 0.05 g of Co as CoSO₄·7H₂O daily for 4 weeks. 2) ppm on dry matter basis. 3) ppm on wet matter basis. 4) obtained from a cow. 5) Each period consists of 4 weeks. 6) Mean±S.D. of collections of 2 cows. 7) Mean±S.D. of collections of a cow.

あった。投与期のCd排泄量はふん中に1.15 gであり、投与したCdの大部分はふん中に排泄された(表7)。

Se投与実験では、飼料中のSe濃度がSe中毒症の発生するおそれのある5 ppm¹⁾を超えていたことから、投与牛に食欲不振、急激な唾液分泌および左脚等の腫脹という症状が発生し、Seによる軽度の急性中毒症が疑われた。しかし、Seを除く他の元素では通常の摂取量の10倍以上を投与しても、CuおよびMn投与開始時にやや食欲が減退したことを除けば、微量元素投与による悪影響の徴候は認められなかった。さらに各投与牛の1日当り乳量は全期間を通じて7-20 kgで推移し、微量元素投与が乳量におよぼす影響は明らかでなかった。

Table 7. Cadmium concentration in feces, urine, milk, blood, and hair of 2 cadmium-treated cows¹⁾

Item	Number of collections ⁴⁾	CdCl ₂ ·2.5H ₂ O administration		
		Pre-treatment ⁵⁾	Treatment period ⁵⁾	Post-treatment ⁵⁾
Feces ²⁾	2	0.72±0.07 ⁶⁾	218.7±26.3 ⁶⁾	1.16±0.06 ⁷⁾
Urine ³⁾	2	ND	ND	ND
Milk ²⁾	2	ND	ND	ND
Blood ²⁾	1	ND	0.14±0.01	ND
Hair ²⁾	1	0.18±0.01	1.68±0.85	0.33

1) administered 1.25 g of Cd as CdCl₂·2.5H₂O daily for 4 weeks. 2) ppm on dry matter basis. 3) ppm on wet matter basis. 4) obtained from a cow. 5) Each period consists of 4 weeks. 6) Mean±S.D. of collections of 2 cows. 7) Mean±S.D. of collections of a cow. ND: below 0.01 ppm.

一方、投与牛の各組織における投与元素の濃度は、Znを除くといずれも非投与牛よりも高い値を示し、投与した元素が体内に移行したことが認められた。しかし、体内における蓄積、分布状態および残留性は元素によって異なっていたので、体内における微量元素代謝は元素によって相違していることが示唆された。

本報の結果から、反すう動物に中毒症状が発生しない程度に微量元素を過剰投与しても、乳牛の生産性に悪影響をおよぼす可能性は比較的少ないことが推察された。しかし、微量元素による慢性中毒の可能性や、あるいは微量元素間の相互作用による他元素の利用性の低下なども考えられるので、乳牛に微量元素を過剰に投与することは避けて、適正な範囲内にとどめるような給与方法を考慮することが必要であろう。

文 献

1. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1978) Nutrient Requirement of Dairy Cattle. 5th rev. ed. NAS. Washington, D. C.
2. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (1980) The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. 2nd. ed. C. A. B. London.
3. 高橋達児(1977)日草誌, 23:259
4. 久米新一(1984)微量栄養素研究, 1:83