

## 土壤植物動物に関連ある微量元素の研究

池 田 実  
(酪農学園大学)

黒 住 久 彌  
(広島大学水畜産学部畜産学科)

### Trace Elements in Soils and Plants in Relation to Animal Nutrition

Minoru IKEDA\* and Kyuya KUROZUMI\*\*

\* Dairy College, Ebetsu, Hokkaido

\*\*Department of Animal Husbandry, Faculty of Fisheries and Animal  
Husbandry, Hiroshima University, Fukuyama

(Tables 1-13)

#### 1. 緒 論

動物のあらゆる生活量を生み出す根元は飼料中に含まれている要素が主体である。動植物体より検出される要素は現在30余種類の多きに達しているが、<sup>1)2)4)5)</sup> それらのうちで生物体にはきわめてわずかしか存在しないが、動物の生活に不可欠のものは微量元素である。微量元素のうちでBやMoは植物には必要であるが、動物には必要性が不明であり、Na, I, Seは動物には要求されるが、植物には必要であるとされていない。さらに、Coのように植物体中の含有量が動物の必要量を満すに足りないものもあり、あるいは動物の栄養に対し十分保証するに足るほど植物の要求が大きな場合もある。

牧草類はその生産される土地や施肥により、あるいは刈取、放牧という特殊な利用がなされ、その飼料価値を異にし、これを摂取する家畜の栄養生理機能に影響をおよぼし、とくに微量元素の過剰あるいは欠乏は家畜の生理障害をきたし、はなはだしくは奇形を生じ、あるいは弊死さすなど思わぬ災害を与える。<sup>3)</sup> 飼料中の無機成分や微量元素は蛋白質や炭水化物などの栄養分に比較してその含有量は少なく、家畜に対する必要量も少ないためなどで看過されがちであったが、<sup>1)2)3)</sup> 近年、世界の各地において原因不明の疾患または風土病として取扱われていた家畜の疾患のうち、微量元素の過不足がその原因になっていることがあいついで発見され、微量元素の重要性がようやく認識されるにいたった。<sup>6a)6b)7)8)9)10)</sup>

家畜栄養の問題は前記のように動物と植物の要素要求が異なることや、Co欠乏が牛やめん羊に認められるが、そのたの家畜にはほとんど認められないように、動物により要求が異なることや、また、CoがビタミンB<sub>12</sub>の構成分子である<sup>11)12)13)14)15a)15b)15c)</sup>とともに多くの微量元素は酵素の構成成分として存在し、<sup>1)</sup> 酵素作用を活性化するなどきわめて複雑であるが、要素が土壌より植物に、さらに動物に移行することによって、一層複雑化する。<sup>16)17)18)19)</sup>

本研究は西日本における土壤植物の微量元素の含量、高温寡雨の盛夏の候における植物生育性状におよぼす微量元素の影響などを、家畜の栄養生理作用の見地から検討したもので、微量元素としてはCu, Co, Mn, Mo, Zn, Bの6種を取りあげた。昭和38年より3年間、文部省科学研究費により、大谷勲教

授、国崎格助教授、坪田順一助手、松村敬子助手の協力の下に行われたものである。ここに、深甚の謝意を表す。

## 2. 土壤中の微量元素

中国地方における土壤<sup>20)</sup>は花崗岩、花崗斑岩などの崩積に由来するものもつとも多く、土性は砂質を呈し、とくに沿岸島嶼部のごとき傾斜地にあつては、雨水に対し受蝕性がきわめて大きい。また、中国山脈を中心として、いわゆる黒ぼくと称せられる火山灰土壤が分布している。この土壤は火山噴出の際に噴出物が飛来堆積し、風化作用を受けて土壤となつたもので、重粘な腐植に富み、養分の吸収および保水力は大である。とくに燐酸の吸収量が大きく、燐酸の欠乏の土地が多い。さらに、各河川流域、海岸の沖積土壤は堆積された位置や母岩によってその性質が多少異なるが、多くは花崗岩系で砂質を呈し、一般に養分吸収保持力はやや劣る。本実験においてはこの地帯の主要土壤である花崗岩土壤、火山灰土壤ならびに沖積土壤を供試土壤とした。供試土壤の性状は第1表のようである。

Table 1 General properties of the soils tested

Soils	Sampling locality	Moisture (%)	Ignition loss (%)	pH		Y <sub>1</sub>	TN (%)
				H <sub>2</sub> O	KCl		
Granite soil	Fukuyama	3.14	5.51	5.8	4.9	7.0	0.03
Volcanic ash soil	Yuki	3.87	12.28	5.4	6.8	2.4	0.43
Alluvial soil	Fukuyama (1)	1.55	4.24	6.3	6.6	0.3	0.12
	Fukuyama (2)	3.10	4.88	6.3	5.0	1.1	0.14

Exchange capacity (me)	Exchangeable CaO		Exchangeable MgO		Saturation degree (%)
	(me)	(%)	(me)	(%)	
5.9	0.3	0.01	1.3	0.03	5.0
17.4	2.4	0.07	2.2	0.05	13.8
7.8	3.7	0.10	0.6	0.01	47.4
12.6	6.5	0.18	2.4	0.05	46.8

Coarse sand (%)	Fine sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture
70.8	10.6	7.7	10.7	Sand
20.0	20.5	32.1	27.4	Loam
68.6	6.8	9.8	14.8	Sandy loam
22.8	33.3	22.6	21.3	Sandy loam

土壤中における微量元素の定量は土壤の前処理を行なつて後、つぎの方法によつた。Cu は Dithizone-diethylthio-carbonate 法,<sup>21a)22)</sup> Co は Nitroso-R 塩法,<sup>21b)</sup> Mn は過硫酸アンモニウム法,<sup>21c)23)24)</sup> Mo は KCNS-SnCl<sub>2</sub>-isopropyl-ether法,<sup>21b)25)26)</sup> Zn は Dithizone 法,<sup>21e)</sup> B は Quinalizarin 法,<sup>21f)</sup> その他の成分の定量は常法によつた。以上の方法によつてえられた結果は第2表のようであつた。

以上の表にみるように中国地方の土壤では Cu の含量は沖積土壤(2)にもつとも多く、沖積土壤(1)と花崗岩土壤とはほぼ等量であり、火山灰土壤に少ない。また、置換性 Cu は沖積土壤(1)(2)に多く、花崗岩土壤これにつぎ、火山灰土壤は痕跡であつた。

すべての Cu は形態のいかんをとわず植物に有効であるが、<sup>27)</sup> 土壤中の Cu 含有量は土壤の種類によって異なり、<sup>28)29)30)</sup> その土壤中における移動は土壤の理学的性質<sup>31)</sup> 灌漑水などによって左右される。Cu は表層土に多く蓄積され下層には少ない。<sup>19)28)29)32)</sup> また、酸性土壤において易置換性となり、湿地泥炭地ではその腐植酸と結合して作物に利用されず Cu 欠乏をきたすことがある。<sup>29)34)35)36)37)</sup> 土壤中の Cu

Table 2 Concentration of trace elements in the soils. (ppm in dry matter)

		Granite soil	Volcanic ash soil	Alluvial soil (1)	Alluvial soil (2)
Cu	Total	14.48	8.99	14.23	37.69
	Exchangeable	2.10	trace	4.50	3.50
Co	Total	0.43	0.43	0.22	0.21
	Exchangeable	trace	0.05	0.025	0.026
Mn	Total	518.37	274.66	205.78	343.24
	Reducible	52.60	67.70	51.40	20.80
	Exchangeable	60.90	37.20	65.80	24.30
Mo	Total	0.80	1.36	0.64	1.36
	Exchangeable	0.08	0.14	0.04	0.08
Zn	Total	19.47	32.95	24.95	43.43
	Exchangeable	5.50	7.80	6.40	3.70
B	Total	24.70	14.96	28.13	29.18
	Exchangeable	0.10	0.20	1.00	0.40

Note \* account the exchangeable as the available.

含量が多い場合には有害作用を呈することがあるが<sup>41)42a)42b)43)44)</sup> Cu の有害濃度を弱めるために pH 値を高めるか、あるいは土壤をキレートで処理してその作用を軽減させることができる。<sup>33)</sup> ハワイのとくに風化の古い酸化鉄の多い土壤には Cu の含量がきわめて多く、16~357 ppm, 平均 124 ppm を含有するという。<sup>38)</sup> また、酸性土壤で 1.5 ppm 以下では Cu を必要とし、3 ppm では不明であるが、3 ppm 以上になれば Cu の添加を必要としないという。<sup>27)30)39)</sup> しかし、動物の健康のためには最低 5 ppm を要するという。<sup>32)</sup> また、KRETSCHMER<sup>40)</sup> は家畜に無害な牧草の指標は Cu が 10ppm 以上、Mo が 3ppm 以下と、動物試験の結果から決定している。

Co の含量は火山灰土壤、花崗岩土壤ともに 0.43 ppm で、沖積土壤は 0.21~0.22 ppm でともに少ない。置換性 Co は火山灰土壤に多く、花崗岩土壤では痕跡であった。

土壤中の Co 含量について REDDY<sup>45)</sup> の報告によれば、1 foot あるいは 1 inch ごとの全 Co 含量は 12~48 ppm で、有効態 Co は 0.1~0.6 ppm で、全量のうち有効態をなすものはきわめて少量である。HILL<sup>46)</sup> によれば土壤粒子の大きさがおなじならば、土層が深いほど、また、土粒が細くなるほど Co 含量は増加し、砂より粘土中に Co 含量が多い。一般に、Co は安山岩などの有色岩石中に多く、花崗岩、石英粗面岩など酸性岩には少ないとされている。印度の土壤<sup>47)</sup> では有効態 Co は 0.12~2.1 ppm, 平均 0.37 ppm であるといひ、良好な牧草地では 0.965 ppm, 不良牧草地では 0.715 ppm, 森林土壤では 0.585 ppm である。砂土は一般に Co に欠乏し、粘質土には多く、多孔質の土壤では深層に多く、粘質土では表層でも、深層でも一様に分布する。すなわち、土壤の種類、粘土鉱物の種類によってその含量に差異はあるが、<sup>48)</sup> REDDY<sup>47)</sup> によれば有効態 Co は土壤型、土壤の pH, 有機物、炭酸石灰、粘土含量とは関係はないが、Co 含量と粘土含量、Fe と Co の間には関係があるという。

Co はビタミン B<sub>12</sub> の生成に関与し、その含量は家畜の健康と関係があることは周知のことである。

REDDY<sup>47)</sup>は健全土壌の Co 含量は 0.25 ppm 以上で家畜の健康を保つ最低量であるといい、WALSH<sup>49)</sup>らは 5 ppm 以上あれば充分、2.5~5.0 ppm では相当欠乏し、2.5 ppm 以下では欠乏がはなはだしいと、動物に対する限界を示している。また、MOKRAGANTZ<sup>50)</sup>らは Co 含量が 0.07 ppm なければ、家畜は Co 欠乏症になるといい、MAYNARD<sup>51)</sup>は土壌中の Co 含量の限界点は土層の深さ、抽出酸の濃度によって異なるが、表土を濃塩酸抽出し、5 ppm をもって、家畜に対する必要限界値としている。Co 欠乏症と土壌中の Co 含量との関係を多くの研究結果から表示すればつぎのようである。<sup>52a)52b)</sup>

Table 3 The relationship between content of Co in soils and susceptibility of Co deficiency in animals.

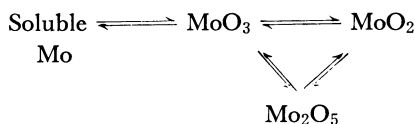
Locality	Co content (ppm) in soils		Solution for extraction	Researcher
	Exchangeable	Total		
New Zealand	0.05 ~0.23	0.33~ 0.94	0.1 N HCl	ASTON (1936)
"	0.8 ~4.8	1.5 ~85.0	conc. HCl	KIDSON (1937)
West Australia	0.1 ~1.5	0.5 ~40.0	"	HARVEY (1937)
New Zealand	0.12 ~0.39	0.61	0.1 N HCl	MC NAUGHT (1937)
England Dartmoor	2.8 ~3.7	11 ~30	conc. HCl	KIDSON (1938)
"	1.9 ~6.7	13.0 ~32.8	"	PATTERSON (1938)
England Scotland	1 ~5	1 ~300	"	STEWART (1941)
U. S. A.	0.002~0.001	0.19~ 1.3	0.1 N HCl	BECKER (1946)

すなわち、抽出液によって結果は異なるが、一般に発病地土壌の Co 含量は、非発病地よりも遙に低い。しかし、非発病地土壌の Co 最低含有量が発病地土壌の最高値よりも低いことが少なくないので、土壌中の Co 含量だけで発病地と非発病地の区別をすることは困難である。供試土壌中の Co 含量は少なく、とくに有効態 Co 含量がかなり少ないようで、家畜の Co 欠乏を示す懸念は多分にあるということができよう。

土壌中の Mn 含量はかなり多いが、水溶性、置換性、還元性、活性などその形態は種々であり、<sup>53)54)</sup>有効態をなすものは比較的少ない。<sup>55)</sup>土壌の Mn 含量は pH 値と密接な関係を有し、<sup>56)57)58)</sup>pH 値が低くなれば Mn 含量を増加する。土壌 1 kg につき Mn の含量が 150 mg 以下であるときは作物は Mn 欠乏をきたし、150~250 mg は適量、250 mg 以上では充分である。<sup>59)</sup>土壌の空気、水分、温度の状態により土壌の酸化還元が変化し、酸化が進むと Mn 欠乏をきたし、また、低温で水分が多いと Mn 欠乏を示すが、<sup>60)</sup>土壌中に Mn 含量が多ければ、かえって有害作用を示す。<sup>61)</sup>供試土壌の Mn 全量は 205.8~518.4 ppm、易還元性 Mn は 20.8~67.7 ppm、置換性 Mn は 24.3~65.8 ppm で、土壌の種類性状によって差異を示しているが、Mn 欠乏をきたすことはないようである。

供試土壌の Mo 全量は 0.64~1.36 ppm、置換性 Mo は 0.04~0.14 ppm である。火山灰土壌に多く、沖積土壌では、Mo 全量、置換性 Mo の多いものや少ないものがあり、土壌の種類性状によりかなりの差異がみられた。土壌中の Mo は岩石の Mo に由来するが、土壌により、その含量は異なり、Mo 全量は 0.05~12.25、平均 2.01 ppm、有効 Mo は 0.005~0.775、平均 0.14 ppm という。<sup>62)</sup>本邦土壌の有効 Mo<sup>63)</sup>は徳島で 0.026~0.046、静岡で 0.019~0.138、開拓地 0.02~0.03、水田土壌 0.05~1.08、老朽水田土壌 0.05~0.07、畑土壌 0.05~0.82、未墾地 0.08~0.52 ppm である。降水量の多い地方の頁岩、砂岩などの水成岩に由来する酸性土壌には Mo 欠乏が現われる。<sup>64)</sup>土壌の pH、肥沃度、有機物、塩基置換能、作物の種類などが、Mo の有効度に影響する。とくに土壌の pH の高いこと、有機物の多いことが Mo の有効度を高める。<sup>65)66)</sup>したがって、酸性土壌は Mo を必要とする。<sup>67)</sup>1 ha 当り 1 kg の Mo を噴霧したとき、クロバ、チモシーの混播で 12.1~18.2% の増収をえている。<sup>68)</sup>酸性土壌に石灰を

施すとアルファアルファの収量を増加するが、それとともにアルファアルファ中の Mo の含量を増加して家畜に有害となる。<sup>69)</sup> Mo の有害作用は土壤の種類によって異なり、KRETSCHMER<sup>40)</sup> らは家畜に無害な牧草の指標は Cu が 10 ppm 以上、Mo が 3 ppm 以下と、動物試験から提唱している。また、Mo が過剰に存在するとき、Cu 併発症をとまなわれない場合の Mo の障害はだいたい 20 ppm を限度とみてよい。<sup>70)</sup> なお、土壤中の Mo はつぎのような変化をなすと考えられる。<sup>71)</sup>



供試土壤の Zn 全量は 19.5~43.4 ppm, 置換性 Zn は 3.7~7.8 ppm である。土壤中の Zn 含量は岩石に由来するが,<sup>72)</sup> 土の種類によって差異があることは、たの微量元素と同様である。<sup>73)74)75)</sup> それで Zn 全量と有効態 Zn の濃度の間には正の関係があり,<sup>75)</sup> 有機物が多くなると有効態 Zn の含量も多くなる傾向がある。<sup>75)</sup> 土壤中の Zn 含量とその分布は土壤生成作用に関係があるが、土壤中の Zn の移動は少ない。Ca を与えて土壤の pH 値を高めると Zn の効果をあげ、MgCO<sub>3</sub> を多少含む石灰を用いると Zn 欠乏の程度を軽減することができる。しかし、土壤の pH の増加による有効態 Zn は減少し,<sup>76)</sup> 土壤の pH と植物の Zn 吸収量の関係は密接である。すなわち、pH がますと Zn の吸収は抑制され、Zn の吸収低下は pH の作用で、石灰の作用ではない。<sup>77)</sup> Zn の過剰は鉍害として、作物の生育に影響をおよぼすことはいうまでもない。わが国鉍害地土壤の Zn 含量は一般に高い値を示しており、水田土壤では Zn 全量 687~734 ppm, 有効態 Zn 251~319 ppm, 畑土壤では Zn 全量 660 ppm, 有効態 Zn 162~ppm である。<sup>78)79)80)</sup>

供試土壤の B 全量は 14.9~29.2 ppm, 有効態 B は 0.1~0.5 ppm で、沖積土壤に多い。土壤中の B 含量は土壤の種類によって差異があり,<sup>81)82)</sup> 砂土、砂壤土は埴土、埴壤土より少ない。B 全量と有効態 B の間には一定の関係はないが,<sup>85)</sup> 有効態をなすものは土壤の pH の上昇とともに増加し下層に多い。<sup>83)</sup> 有効態 B は土壤の理化学性と腐植の含量にもよる。<sup>84)</sup> B の大部分は Al-silicate と結合している。<sup>82)</sup> 土壤を燃焼すると有効態 B は少なくなる。これは熱により B と Al, Fe, Ca が不溶性に変化するためといわれている。<sup>86)</sup>

### 3. 植物中の微量元素

元来、牧草類には北方型と南方型とがあり、北方型牧草の気候適応性についてはすでに報告されている<sup>87)88)</sup> にもかかわらず、西日本において、今日まで栽培されているものには案外北方型に属する牧草が多い。そのため高温寡雨の盛夏における牧草類の夏枯れはきわめて著しい。ダリスグラス (*Paspalum dilatatum* Poir.) は南方型牧草で、気候型と適応性とからみれば暖地帯あるいは亜熱帯において、年間降雨型に属するものであるといわれており、<sup>89)</sup> 盛夏の候における収量は多く、品質にも差異を認められない。<sup>90a)90b)</sup> <sup>90c)</sup> また、ヒレハリソウ (Russian comfrey) (*Borraginaceae, Symphytum asperrinum*, Sims.) は気候の影響を受けず、粗蛋白質の含量および収量がきわめて多く、集約的栽培に適している。<sup>91a)91b)</sup> 前記のような気候状態の下でもダリスグラスやヒレハリソウはともによく生育し、前者は放牧地用、後者は刈取用として好適である。ために著者らはこの 2 つの植物を取りあげることにした。

#### (イ) 植物生育に対する微量元素の影響

ダリスグラスとヒレハリソウを沖積土壤および花崗岩土壤を充填した植木鉢または土管で 3 連制で栽培した。肥料は硫酸 (または硝酸ソーダ)、過石、硫加を N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O として a 当り 1.2 kg づつ基肥で施した。微量元素は ha 当り CuSO<sub>4</sub> 4 kg, CoCl<sub>2</sub> 2 kg, MnCl<sub>2</sub> 6 kg, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 2 kg, ZnCl<sub>2</sub> 2 kg, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 6 kg を添加した。微量元素の分析法は前記のとおり、そのたの成分の定量は常法によった。

盛夏の候におけるダリスグラスの生育に対する微量元素の影響は第4表のようである。

第4表にみるように Mo は草丈において約20%、生草量において約30%を増加し、生育に影響をおよぼすこともっとも大であった。Co はこれにつき、草丈において約10%、収量に約20%の増加を示し、また、B は草丈に約4%、収量に約13~14%の増加を示した。これに対し、Cu, Mn, Zn は草丈、収量とも約10%内外の減少を示した。ヒレハリソウの生育に対する微量元素の影響は第5表のようである。

Table 4 The effect on trace elements on the growth of dallisgrass.

	Length		Fresh weight		Dry weight	
	cm	%	g	%	g	%
- TE	78.4	100	311	100	77	100
+ Cu	69.3	88.4	283	91.0	67	87.0
+ Co	86.4	110.2	375	120.6	94	122.1
+ Mn	74.4	94.9	289	92.9	71	92.2
+ Mo	92.9	118.5	403	129.6	100	129.9
+ Zn	71.8	91.6	293	94.2	74	95.5
+ B	81.4	103.8	355	114.2	87	113.0

Table 5 The effect of trace elements on the growth of Russian comfrey.

	Weight per one plant (kg)	Yield percentages (%)	Soil pH
-TE (NH <sub>4</sub> -N)	1.45	100.0	4.80
-TE (NO <sub>3</sub> -N)	1.20	82.1	5.79
+ Cu	1.45	100.0	5.00
+ Co	1.95	134.0	5.00
+ Mn	1.15	79.0	5.05
+ Mo	2.00	137.0	4.91
+ Zn	1.50	103.1	4.90
+ B	1.90	131.0	5.01

以上の表にみるように、NO<sub>3</sub>-N 区の収量は NH<sub>4</sub>-N 区の82% でやや低く、ヒレハリソウの生育は NH<sub>4</sub>-N の方が NO<sub>3</sub>-N より良好であった。Mn 区の生育は標準区 [-TE (NH<sub>4</sub>-N)] よりかなり劣り、Cu 区は標準区と同様な生育を示した。また、Zn 区はわずかに良好な結果を示し、Co, Mo, B はいづれも30%内外の増収を示した。

Cu は作物に吸収され、<sup>92)</sup> その生育を良好にし収量を増加することはよく知られているが、これらの影響は作物の種類によって差異があり、NEELAKANTAN<sup>93)</sup> らはマメ科、蔬菜、牧草、穀類の順であるという。しかし、Cu の濃度には限界があり、<sup>94)</sup> 濃度が大きくなれば有害作用を示すことは当然であるが、<sup>95)</sup> キレート化合物では有害作用を示さない。<sup>96)</sup>

クローバに CoSO<sub>4</sub> を与えると収量を増加し、かつ、クローバ中の N の含量も増加する。<sup>97)98)</sup> この場合与えた Co は表層 4 inch の処に止まり、クローバに吸収される量はきわめて少ないという。また、Co の添加<sup>99)</sup> はラジノクローバやケンタッキー31フェスキューの収量を増加する。しかし、植物によっては添加した Co の濃度による。Co を添加する前に石灰を施す必要があるという。このように Co の添加は収量を増加する結果が示されている。一方、青刈燕麦の収量を増加しないという報告もある。<sup>100)</sup>

Mn を鉍渣<sup>101)</sup> あるいは、ほかの肥料とともに施用したり、<sup>102)103)</sup> 種子につけて播いたり、<sup>104)105)</sup> 噴霧

すると作物の収量を増加する。<sup>101)102)103)104)105)106)</sup>しかし、Mn が多量の場合には有害作用を呈し、かえって作物の生育を阻害する。Mn の有害作用は滞水のため  $Mn^{++}$  になるためである。<sup>102)</sup>

Mo の施与が作物の生育を良好ならしめるという試験の結果も多い。<sup>116)</sup>しかし、この場合土壤の N<sup>107)108)</sup> や P<sup>107)109)110)</sup> とともに pH が密接な関係を有し、<sup>111)112)</sup> とくに石灰の施用により、pH が高くなるときには生育収量を減ずる結果<sup>107)112)113)114)115)</sup> となる。

Zn の施与が作物の生育を良好にし、収量を増加させることは明らかであるが、作物の種類、<sup>117)118)119)</sup> 施与の方法<sup>117)119)120)</sup> などによって差異を生じる。

B の施与はブドウの芽の生長や開花期を早め生育を良好<sup>121)122)</sup> にし、収量を増加させる<sup>123)124)</sup> のみならず、その植物成分にも影響をおよぼすことがいじりしい。<sup>124)125)126)</sup> B は三要素のほかにも Mn, Ca<sup>129)</sup> <sup>130)</sup> などによってその効果に差異を示す。<sup>121)122)125)126)127)128)</sup>

微量元素が植物の生育を促進し、収量を増加することについては、以上のように多くの結果があるが、植物の種類、<sup>131)</sup> 土壤、<sup>132a)</sup> 施与の方法<sup>132b)</sup> などによって、それらの影響に差異があることは明かである。

(ロ) 植物体中の微量元素

つぎに植物体中の微量元素の含量をみると第6表のようである。

Table 6 The concentrations of trace elements in dallisgrass. (ppm in dry matter)

	I	II late in August			III late in September			Note <sup>133)</sup>
	late in July	Foliage	Ear	Average	Foliage	Ear	Average	
Cu	2.65	4.76	4.96	4.86	5.86	4.51	5.18	4.70
Co	—	0.10	0.12	0.11	0.08	0.10	0.09	0.09
Mn	74.40	79.86	63.93	71.91	93.75	79.80	86.77	121.00
Mo	1.28	1.84	1.40	1.62	1.52	1.30	1.42	0.14
Zn	29.12	22.00	31.69	26.85	12.48	12.49	12.49	18.50
B	—	6.30	5.20	5.75	8.10	6.30	7.20	—

第6表にみるように刈取期 I においては試料不足のため茎葉と穂とを混合して分析した。Cu は刈取期 II, III では茎葉、穂いずれも刈取期 I より多く、刈取期 II における茎葉と穂との間にほとんど差異はないが、III では茎葉における含量は穂のそれよりやや多い。Co は茎葉と穂における含量に差異を認めにくい、刈取期 II, III とともに穂の方がやや多いようである。Mn は刈取期 II に多少減少する傾向がある。Mo は刈取期 I に少なく、II にやや増加し、III にまたやや減少するようである。Zn は刈取期 I, II, III と減少の傾向がみられる。B は茎葉、穂ともに II より III に多い。すなわち、微量元素の含量は生育時期によって異なるのみならず、植物の部位によっても差異がある。いま、ROBINSON<sup>133)</sup> が示した結果 (同氏の試料採取時期は不明である) と対比してみると、Cu と Co とはいく似た数値を示し、Mn は米国産にひじょうに多く、Mo と Zn とは著者らのものにきわめて多かった。盛夏の候におけるヒレハリソウの微量元素は第7表に示すようである。

以上のようにヒレハリソウにおいては NO<sub>3</sub>-N 区の微量元素含量は NH<sub>4</sub>-N 区のそれに比べて B が少ないだけで、そのための微量元素はいずれも多く、とくに Co は 5 倍も多い。すなわち、窒素肥料の種類によって、微量元素の含量は差異を示した。

植物の微量元素含量を左右する因子としては植物の種類と土壤の性状がもつとも大きい。品種別については牧草ではマメ科がイネ科より優ることはすでに認められているところであるが、早川<sup>1)</sup> は本邦産のマメ科牧草は Cu, Co の含量がとくに多いことを明かにした。Cu, Co の最低必要量をそれぞれ 6ppm, 0.08ppm とした場合、イネ科牧草はこの量に達せず、マメ科牧草のうちレンゲソウ、赤クローバ、アルファルファ、ラジノクローバの4種のみがこの量を上回るにすぎないという。また、野草 116 点につ

いて分析した結果では Cu 3.51, Co 0.028, Mn 99.9, Zn 24.2 ppm で Cu, Co がとくに少ない。

Cu は血色素の形成に触媒として働き, Cu が不足すれば貧血を起し, 繁殖障害の原因となり,<sup>1)9)134)</sup>めん羊では毛質が悪くなり, いわゆる針金羊毛となり易い。<sup>3)134)</sup> Cu の絶対量が不足しなくても動物体内で Cu と拮抗関係にあるほかの無機成分が多すぎると, 下痢, 被毛の退色, 泌乳量低下, 造精機能の障害などの Cu 欠乏症を示す。<sup>7)10)135)</sup> BENNETS<sup>136)</sup>によれば牧草の Cu 含量が 6 ppm 以上あれば, 放牧牛は健康を維持するが, 3~6 ppm では欠乏症の徴候を示し, 3 ppm 以下ではとくにはげしい欠乏症を示すという。また, GUNNINGHAM<sup>137a)137b)137c)</sup>は New Zealandおける牧草の平均 Cu 含量は 11 ppm であり, 3 ppm 以下の場合には Cu 欠乏症が認められると報告し, さらに, 牧草中の Mo については一般に Cu 含量が少ない場合ほど影響が大きいと述べている。

Table 7 The concentration of trace elements in Russian comfrey received  
NH<sub>4</sub>-N or NO<sub>3</sub>-N

	NH <sub>4</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N/NH <sub>4</sub> -N (%)
Cu	19.30	20.04	103.8
Co	0.01	0.05	500.0
Mn	233.34	284.26	124.4
Mo	0.47	0.67	142.6
Zn	30.41	34.80	114.4
B	30.52	27.03	88.6

家畜の Co 欠乏症は食欲不振, 異嗜, 便秘, 貧血, 発育障害, 全身痠痛, 発情微弱, 流産, 乳量減退, 被毛粗剛化, 産毛量減少などであるが,<sup>52)134)138)139)</sup>これらの症状は栄養失調症のそれと識別されにくく, 鑑別はきわめて困難であるという。<sup>134)</sup>牛は Co 欠乏に対し敏感な動物といわれ, 叢地病 (Bush sickness), 漫歩病<sup>142)</sup> (Grand traverse disease), 食塩病 (Salt sickness), 海岸病 (Coast disease), およびくわす病<sup>6a)6b)7)135b)139)140)</sup>などが Co 欠乏症として知られているが, いままで知られた Co 欠乏区地以外にも, くわす症地帯のあることが明かにされつつある。<sup>140)141a)141b)</sup>牧草中の Co 含量と家畜の健康状態は表のようで, だいたい 0.07 ppm が限界であるという。<sup>143)144)</sup>

Content of Co in pasturage crops ppm in dry matter	Status of animals
0.01	Sheep and beef cattle sever suffered from Co deficiency
0.04	Sheep and beef cattle, partially suffered severely
0.04~0.07	Sheep, partially suffered, beef cattle almost in normal
0.07~0.3	Sheep and beef cattle, normal

植物中の Mn 含量は比較的多いため乳牛が Mn 欠乏になることはまれであるが,<sup>19)135a)149)150)</sup> Mn は馬の体内ではビタミン B<sub>1</sub>を酸化し, ビタミン欠乏症をきたし, それにともない伝染性貧血症を発生する因子となると考えられている。<sup>145)146)</sup> Mn は造血作用, 酵素作用, 脂肪代謝などに関係しているので,<sup>135a)150)151)152)153)154)</sup>これが欠乏すると発育不良, 骨異常をきたし, 繁殖も低下する。<sup>3)19)147)148)</sup>とくに鶏の栄養に Mn は重要である。鶏の Mn 欠乏を起すとペローシス (髄脱症)となる。すなわち, 脛骨の発育不全, 髄脱の原因となり, また, 孵化率が悪くなる。<sup>151)152)153)154)</sup> Mn は飼料中に Ca あるいは P の含量が過剰になると不溶性となり, その利用性が減少する結果 Mn 欠乏を起すという。<sup>153)154)</sup>

動物に対する Mo の影響は欠乏よりはむしろ過剰の場合にあらわれるもので,<sup>134)</sup> Mo の過剰中毒により下痢, 成長不良, 繁殖障害を示し, 被毛の白色化をきたす。<sup>135a)135d)</sup>反芻動物の代謝では Mo と Cu



の2つの要素は切りはなして考えられない。すなわち、Cu と Mo は拮抗作用があり、Mo の高摂取による下痢は Cu で速かに治癒され、また、Mo は血液や組織の Cu 含量に関係はあるが、Mo, Cu, SO<sub>4</sub> の組合せにはまだ不明の点があるようである。<sup>8)135a)147)148)</sup>

Zn は造血作用、受精作用、ホルモン生成に関係があり、<sup>135b)155)</sup> 酵素生成のためにも必要で、Zn 欠乏は生長を阻害し、体毛発達を遅延する。<sup>3)156)</sup> とくに雛に Zn が欠乏すると発育障害を起し、とくに羽毛と脛骨の異常が認められるが、<sup>155)157)158)159)</sup> Zn 多給の場合にも発育の低下、脛骨の変化、羽毛の発育低下、貧血がみられ、各臓器筋肉の多量出血が認められるという。<sup>155)157)</sup>

B は植物の必須元素で植物組織の常成分である。<sup>19)</sup> したがって飼料には必ず含まれ、動物体内に比較的多く、かつ広く分布しているが<sup>135)</sup>、動物の生育における B の必須性は明らかではない。

つぎに微量元素を添加した影響をみると第8表のようである。

Table 8 The contents of trace elements in the plants received trace elements.

	Dallisgrass			Russian confrey		
	Added (ppm)	Non added (ppm)	percentages (%)	Added (ppm)	Non added (ppm)	Percentages (%)
Cu	5.10	5.00	102.0	18.12	19.30	93.9
Co	0.06	0.03	200.0	0.04	0.01	400.0
Mn	120.90	127.03	95.2	326.26	233.34	144.1
Mo	23.14	1.00	231.4	1.83	0.47	389.4
Zn	7.75	6.24	124.2	36.79	30.41	120.9
B	7.46	5.48	136.1	28.67	30.52	93.9

第8表にみられるように、ダリスグラスでは Mn を添加してもその含量は増加しなかったが、そのたはいずれも増加した。ヒレハリソウでは Cu と B はこれを添加してもそれらの含量は増加しなかったが、そのたはいずれも増加し、とくに Co と Mo の含量はいちぢるしい増加を示した。Co 添加により植物中の Co 含量を高め得ることは明かであるが、添加量、<sup>158a)</sup> 添加時期、<sup>158b)</sup> 肥料との混用、<sup>158c)</sup> 植物の耐薬量、<sup>158c)</sup> などに問題がある。

すなわち、1 エーカー当り CoSO<sub>4</sub> 28 オンス<sup>159)</sup> から 50~80 ポンド<sup>160)</sup> までの範囲が示され、秋季には牧草の吸収能が低下すること、<sup>158b)</sup> 白クローバには薬害が出易いこと、石灰との混用の適否などが論議されている。<sup>158c)159)161)</sup> Co のみならず Cu、<sup>162)163)</sup> Mo、<sup>164)165)</sup> Zn、<sup>166)167)</sup> B <sup>168)</sup> においても、それらの施与によって植物体中の微量元素含量は高められようである。

以上のように、植物中の微量元素含量は、植物の種類<sup>167)170)</sup> によって異なるのみならず、植物の成育時期、<sup>171)172)</sup> 植物の部位、<sup>173)</sup> 生育中の気候条件、<sup>174)</sup> 土壌の性状<sup>175)</sup> など各種の因子によって異なる。

(ハ) 植物成分におよぼす微量元素の影響

植物成分におよぼす微量元素の影響はつぎのようである。

第9表にみるようにダリスグラスでは粗繊維はいずれの微量元素によっても増加し、可溶無窒素物は Zn を除き、また粗灰分は Co と Mo を除き、そのたの微量元素によって増加を示したが、水分、粗蛋白質、粗脂肪は減少した。ヒレハリソウにおいては水分は Mn を除き、粗蛋白質は Cu と Mo と B を除き、粗繊維は Cu と Mo を除き、また、可溶無窒素物は Co と Zn を除きそのたの微量元素により増加を示し、粗脂肪は Cu を除き、また、粗灰分はすべての微量元素により減少した。

微量元素を添加した場合、その施与の方法如何を問わず植物成分すなわち、蛋白質、<sup>176)177)178)179)</sup> 糖類、<sup>180)</sup> 澱粉、<sup>181)</sup> 脂肪<sup>182)</sup> などの含量を増加することが多く、繊維に対しては増減すること<sup>179)</sup> がある。これらの成分に対する微量元素の影響は植物の種類や部位によって差異があることはいうまでもない。

Table 9 The influence of application of trace elements on the contents of organic constituents of plants.

Dallissgrass (%)						
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Nitrogen free extract	Crude ash
- TE	9.26	6.21	2.19	27.98	45.71	8.60
+ Cu	8.49	5.73	2.11	28.06	46.61	9.00
+ Co	8.39	4.60	1.90	29.83	47.31	7.97
+ Mn	8.58	5.73	2.01	28.60	45.89	9.20
+ Mo	7.59	5.49	1.81	29.32	46.48	8.42
+ Zn	8.54	6.21	2.01	29.11	44.40	8.76
+ B	7.42	5.31	1.77	29.79	46.99	8.73
Ratios (%)						
- TE	100	100	100	100	100	100
+ Cu	91.7	92.4	96.3	100.3	101.8	104.7
+ Co	90.7	74.2	86.9	106.6	103.4	92.7
+ Mn	92.7	92.3	91.9	102.2	100.3	107.0
+ Mo	82.0	88.5	82.7	104.8	101.6	97.9
+ Zn	92.2	100.0	91.8	104.0	97.0	101.9
+ B	80.2	85.5	80.8	106.4	102.7	101.6
Russion comfrey (%)						
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Nitrogen free extract	Crude ash
- TE	5.68	15.45	2.15	10.98	40.42	25.33
+ Cu	6.25	15.23	2.53	10.85	41.31	23.83
+ Co	7.94	15.90	1.98	12.86	39.22	22.10
+ Mn	5.54	15.91	2.04	11.62	41.86	23.03
+ Mo	7.63	14.37	2.06	10.67	42.85	22.42
+ Zn	7.40	17.67	1.68	14.33	37.43	21.49
+ B	7.69	15.25	1.81	11.83	40.79	22.64
Ratios (%)						
- TE	100	100	100	100	100	100
+ Cu	110.2	98.6	117.5	98.8	102.2	94.1
+ Co	139.9	102.9	92.2	117.1	97.0	87.2
+ Mn	97.5	103.0	95.2	105.9	103.6	90.9
+ Mo	134.5	93.0	95.8	97.2	106.0	88.5
+ Zn	130.4	114.4	78.3	130.5	92.6	84.8
+ B	135.5	97.7	84.2	107.8	100.9	89.4

(二) アミノ酸におよぼす微量要素の影響

牧草の飼料の価値は蛋白質の含量によって左右されるのみならず、動物必須アミノ酸含量によって異なることはいうまでもない。<sup>183)</sup>そして、とくにアミノ酸含量は植物の種類、<sup>184)185)</sup>品種、<sup>186)187)</sup>植物の部位、<sup>188)189)</sup>生育時期<sup>184)189)</sup>などにより異なり、また、無機栄養素<sup>190)191)</sup>によって影響される。とくに肥料の種類、<sup>178)192)</sup>施用量、<sup>190)</sup>施用時期<sup>193)</sup>によりアミノ酸の含量は変化する。微量要素の欠乏あるいは、微量要素を施与した場合に、植物中のアミノ酸含量に変化のあることについては、以上のように多くの研究があるが、本実験においてはダリスグラスとヒレハリソウの加水分解物のアミノ酸ならびに遊離アミノ酸と微量要素との関係を検討した。

〔試料を加水分解する場合〕

試料 1g に 6N HCl 20ml を加えて 24 時間加水分解を行う。分解終了後 10ml のビーカーに移す。分解瓶は少量の蒸留水でよく洗滌しビーカーに加える。ビーカーを沸騰水浴上で乾固し、ふたたび蒸留水約 2ml を加えて溶かして乾固する。この操作を 3 回繰返して HCl を蒸発除去する。完全に乾固したのち、0.2N クエン酸緩衝液 (pH 2.2) に溶かし、5.0ml に定容する。

アミノ酸分析器で分析を行なうには各アミノ酸の量が 0.5~1.0 $\mu$  mole であることがもつとも適当である。したがって分析を行なう前にあらかじめその試料のアミノ酸量を推定することが必要である。それにはつきのようにして行なうのが比較的簡単である。

適当量にうすめた試料 1.0ml を試験管にとり、蒸留水 1.0ml を加え、さらにニンヒドリン試薬を 1.0ml を加える。100°C で 15 分間加熱発色させ、全量を蒸留水で 25ml に定容する。これを光電比色計で 570 $\mu\mu$  で測定する。この吸光度が 0.800 のときのアミノ酸の量が 1 $\mu$  mole に相当する。普通 20 種類程度のアミノ酸が存在すると仮定すれば、このときの 20 倍量をカラムに添加すればよいことになる。(濃度を適当に稀釈して、なるべく 1.0 あるいは 2.0ml になるようにする。)

なお、加水分解によって Thr, Ser, Cys, Tyr, Phe, Try などは、それぞれある程度分解される。以上の条件では Ser は約 10% Thr, Phe は約 5% 分解する。Try は糖や aldehyde のような carbonyl 化合物が存在すると、ほとんど完全に分解される。これらは蛋白質の種類によって異なるから、詳細はそれぞれ検討する必要がある。

〔遊離アミノ酸の場合〕

試料 5~10g に 75% ethanol 30ml を加え、沸騰水浴上 (80°C) で 30 分間抽出を行なう。抽出液は傾瀉法で集め、残渣はふたたび 75% ethanol 20ml で同様にして再抽出を行なう。抽出液を傾瀉法で集め、さらによく搾って集める。残渣は 10ml の 75% ethanol で洗い濾過する。(No. 5 B の濾紙を用い、吸引濾過をしない方がよい。) 濾液は沸騰水浴上で ethanol を蒸発除去し、沈澱を濾過し、濾液を集める。(約 50ml) 濾液に ethylether 10~15ml を加えてよく振り混ぜ、ether 層を除き濾過する。濾液を沸騰水浴上で 0.5~1.0ml までに濃縮する。濃縮液はシロップ状となる。蒸留水で 25ml に定容する。前記のように試料濃度を推定し、所定の濃度になるように、0.2N クエン酸緩衝液 (pH 2.2) で稀釈する。

以上のような処理を行ない、柳本製アミノ酸自動分析装置を用いて分析<sup>194)195)</sup>を行なった結果は第 10 表のようである。

以上の表にみるように、ダリスグラスにおいては Cu 添加により含量を増加するアミノ酸は His, Arg, Tyr だけであり、Co によってはすべてのアミノ酸は減少を示し、Mn では His, Arg, Glu, Gly, Val, Met, Phe が増加し、Ser は増減を示さなかった。Mo では His だけが増加した。Zn によって His, Arg, Asp, Ser, Glu, Pro, Gly, Ala, Val, Met, Ileu, Leu, Phe が増加を示し、Lys, Thr だけが減少した。B によっては His, Asp, Ser, Pro, Tyr, Phe が増加を示した。すなわち、Zn は多くのアミノ酸の含量を増加し、Mn, B は 6~7 種類のアミノ酸を増加し、Cu, Mo はわずかに 1~3 種類のアミノ酸を増加したに過ぎず、また、Co はすべてのアミノ酸含量を減少せしめた。

ヒレハリソウにおいては塩基性アミノ酸含量は NO<sub>3</sub>-N 区の方が NH<sub>4</sub>-N 区より少ないが、そのたのアミノ酸含量は前者の方が後者の場合より多い。また、Cu により Pro, Met, Ileu, は増加するがそのた

Table 10 The contents of amino acids in dallisgrass. (mg/g)

Amino acid \ Plot	- TE	+ Cu	+ Co	+ Mn	+ Mo	+ Zn	+ B
Lys	4.021	3.290	2.741	3.070	2.449	3.364	2.924
His	1.048	1.087	0.776	1.164	1.087	1.203	1.048
NH <sub>3</sub> *	0.677	0.690	0.665	0.711	0.711	0.784	0.699
Arg	2.862	3.006	2.352	3.006	2.657	3.223	2.657
Asp	5.308	4.676	4.876	5.108	4.842	5.990	5.491
Thr	2.675	2.315	2.253	2.695	2.549	3.133	2.643
Ser	2.544	2.255	2.197	2.544	2.442	2.963	2.602
Glu	5.849	5.261	5.132	6.254	5.665	6.824	5.831
Pro	1.655	1.526	1.497	1.555	1.526	1.943	2.073
Gly	2.872	2.581	2.684	2.919	2.769	3.566	2.844
Ala	4.589	3.809	3.965	4.344	4.154	5.223	4.310
Val	3.251	2.856	2.973	3.295	3.076	3.793	3.178
Met	0.933	0.728	0.728	0.821	0.728	1.026	0.896
Ilen	2.525	2.230	2.148	2.476	2.361	3.099	2.427
Len	4.608	4.116	3.985	4.575	4.247	4.739	4.395
Tyr	1.570	1.642	1.356	1.760	1.546	1.927	1.594
Phe	2.767	2.437	2.478	2.871	2.747	3.304	2.829

\* NH<sub>3</sub> was detected in the recorder.

Table 11 The contents of amino acids in Russian comfrey. (mg/g)

Amino acid \ Plot	- TE (NH <sub>4</sub> -N)	- TE (NO <sub>3</sub> -N)	+ Cu	+ Co	+ Mn	+ Mo	+ Zn	+ B
Lys	5.921	5.775	5.409	6.506	6.798	5.775	5.117	6.140
His	2.483	2.328	1.552	2.561	2.561	2.871	2.405	2.250
NH <sub>3</sub>	1.690	1.899	2.010	2.035	1.967	1.703	2.334	1.831
Arg	6.882	6.795	6.098	6.533	6.620	5.401	6.533	6.011
Asp	13.112	13.744	12.147	13.078	13.178	12.579	13.777	11.980
Thr	6.662	7.130	6.317	6.536	6.817	6.567	7.193	6.099
Ser	5.955	6.532	5.752	6.214	6.099	6.127	6.504	5.694
Glu	14.494	16.958	13.758	16.186	15.229	15.045	17.326	13.500
Pro	2.907	3.972	3.541	3.742	3.771	3.800	3.886	3.512
Gly	7.564	8.033	7.320	7.470	7.564	7.658	7.958	6.944
Ala	7.707	8.397	7.506	7.952	7.996	7.284	8.330	7.417
Val	7.762	8.699	7.732	8.552	8.640	8.113	9.197	7.439
Met	2.127	2.537	2.462	1.604	2.425	2.574	2.425	2.239
Ileu	6.592	7.412	6.362	7.116	6.887	6.657	7.575	6.231
Leu	11.511	12.068	10.560	11.445	11.445	10.920	12.396	10.363
Tyr	4.329	4.471	3.900	4.139	4.469	4.271	4.233	3.948
Phe	7.269	7.847	7.145	7.145	7.227	7.599	7.723	6.402

Table 12 Free amino acid contents of dallisgrass at the various stages. (mg/g)

July

Amino acid	Plot	- TE (NH <sub>4</sub> -N)	+ Cu	+ Co	+ Mn	+ Mo	+ Zn	+ B
Try		0.183	0.469	0.367	0.367	0.316	0.204	0.285
Lys		0.116	0.102	0.168	0.190	0.153	0.168	0.138
His		0.062	0.155	0.093	0.116	0.077	0.108	0.093
NH <sub>3</sub>		0.759	0.688	1.151	1.186	0.656	1.424	0.959
Arg		0.139	0.282	0.182	0.217	0.217	0.217	0.174
Asp		2.702	4.126	9.856	6.156	1.703	4.625	10.815
Thr		1.012	1.352	1.506	1.911	1.387	1.661	1.048
Ser		11.448	9.973	11.386	15.469	13.945	21.307	4.797
Glu		0.522	1.037	1.294	1.037	0.816	0.890	0.963
Pro		21.978	29.824	26.782	26.687	26.687	26.163	12.031
Gly		0.202	0.221	0.281	0.221	0.416	0.281	0.202
Ala		2.726	4.240	3.795	4.766	5.495	4.084	2.383
Val		1.616	2.378	2.225	2.378	7.234	2.741	1.675
Met		—	—	—	—	—	—	—
Ileu		0.478	0.760	0.695	0.828	0.951	0.761	0.636
Leu		0.288	0.453	0.380	0.603	0.511	0.413	0.380
Tyr		1.539	—	1.585	1.721	—	2.001	1.177
Phe		1.321	—	1.718	—	—	—	—

August

Try		0.183	0.163	0.255	0.138	0.234	0.326	0.112
Lys		0.029	0.080	0.043	0.080	0.051	0.051	0.036
His		0.054	0.077	0.054	0.054	0.054	0.062	0.062
NH <sub>3</sub>		0.330	0.368	0.362	0.311	0.301	0.283	0.324
Arg		0.043	0.095	0.061	0.060	0.034	0.087	0.061
Asp		0.465	0.532	0.499	0.499	0.572	0.605	0.532
Thr		0.708	0.774	0.643	0.708	0.553	0.833	0.530
Ser		2.369	4.907	3.383	3.231	3.278	5.811	3.226
Glu		0.743	0.331	0.220	0.375	0.331	0.331	0.375
Pro		57.041	62.740	60.178	56.502	48.665	69.070	48.141
Gly		0.078	0.116	0.101	0.123	0.078	0.101	0.060
Ala		1.389	1.568	1.336	1.336	1.176	1.594	1.176
Val		0.697	0.978	0.761	0.697	0.820	0.978	1.066
Met		—	—	—	—	—	—	—
Ileu		0.288	0.347	0.255	0.255	0.288	0.321	0.223
Leu		0.124	0.223	0.157	0.157	0.124	0.124	0.091
Tyr		0.679	0.861	0.860	0.588	0.543	1.132	0.724
Phe		—	0.495	—	0.495	0.165	1.957	0.536

September							
Try	0.142	0.612	0.163	0.234	0.255	0.255	0.183
Lys	0.060	0.036	0.087	0.051	0.036	0.051	0.087
His	0.015	0.038	0.054	0.015	0.023	0.023	0.108
NH <sub>3</sub>	0.201	0.206	0.243	0.206	0.204	0.158	0.304
Arg	0.043	0.043	0.095	0.060	0.043	0.060	0.078
Asp	0.319	0.499	0.425	0.213	0.213	0.246	0.352
Thr	0.434	0.499	0.434	0.369	0.339	0.214	0.524
Ser	1.250	2.558	1.439	0.903	0.746	0.746	1.466
Glu	0.448	0.632	0.559	0.448	0.448	0.257	0.669
Pro	10.465	23.026	12.042	8.375	6.280	5.232	9.417
Gly	0.078	0.101	0.101	0.082	0.082	0.101	0.101
Ala	2.303	3.759	2.619	2.726	1.937	1.808	3.792
Val	0.609	0.761	0.609	0.521	0.456	0.398	0.855
Met	—	—	—	—	—	—	—
Ileu	0.380	0.255	0.321	0.288	0.255	0.288	0.380
Leu	0.255	0.190	0.255	0.288	0.223	0.478	0.413
Tyr	0.860	0.905	1.087	0.860	0.634	0.860	0.860
Phe	0.247	0.702	—	—	—	—	—

Table 13 Free amino acids contents in Russian comfrey. (mg/g) August

	- TE (NH <sub>4</sub> -N)	- TE (NO <sub>3</sub> -N)	+ Cu	+ Co	+ Mn	+ Mo	+ Zn	+ B
Asp	0.248	0.612	0.339	0.506	0.346	0.452	0.542	0.764
Thr	0.158	0.447	0.199	0.223	0.278	0.231	0.277	0.563
Ser	0.364	1.053	0.399	0.486	0.686	0.393	0.692	1.360
Glu	0.241	0.649	0.360	0.417	0.574	0.427	0.482	1.319
Pro	1.308	3.662	1.950	2.616	3.008	2.354	2.616	4.447
Gly	0.051	0.086	0.070	0.055	0.070	0.100	0.055	0.111
Ala	0.373	1.146	0.701	0.785	0.766	0.903	0.648	1.316
Val	0.281	0.975	0.373	1.871	0.388	1.808	0.616	1.273
Ileu	0.159	0.535	0.615	0.318	0.341	0.357	0.333	0.676
Leu	0.151	0.461	0.207	0.230	0.262	0.311	0.271	0.603
Tyr	0.455	0.874	0.829	—	1.137	—	0.478	—
Phe	—	0.460	0.297	—	0.423	—	—	—

は減少し、Co では Lys, His, Ser, Glu, Pro, Ala, Val, Ileu が増加を示した。Mn では Arg, Phe, Mo では Lys, Arg, Asp, Thr, Ala, Leu, Tyr が減少したがそのたは増加した。Zn では Lys, His, Arg, Tyr が減少し、B では Lys, Pro, Met だけが増加した。

以上の表にみるようにダリスグラスの時期別遊離アミノ酸含量については7月、9月に対してとくに8月の盛夏の候に多いのはいずれの区においてもProであって、とくにCo区ではきわめて多く、Mn区、Zn区でもかなり多量である。また、HisもMo区、B区を除いていずれも8月に多い。Pheは標準区では9月だけに、Cu区では8月、9月に、Co区では7月だけに、Mn区、Mo区、Zn区、B区では8月だけにみられる。LysはCu区、Mn区、Zn区を除きそのたの区においては8月に少ない。また、Aspはいずれの区においても7月にもっとも多く8月これにつき、9月にはもっとも少ない。ValもB区を除きそのたの区において、Aspと同様7月、8月、9月としいに減少の傾向を示した。なお、

Met はいずれの区においても認められなかった。

ヒレハリソウにおいては塩基性遊離アミノ酸は認められなかった。NO<sub>3</sub>-N 区の方が NH<sub>4</sub>-N 区より遊離アミノ酸含量は大であった。Cu 区においては Tyr を除きそのたの遊離アミノ酸含量は微量元素の添加により、はなはだしく増加していた。Tyr は Co 区、Mo 区、B 区においては認められなかった。また、Met も検出されなかった。

Cu はタバコ葉中の遊離アミノ酸を減少し、<sup>196)</sup> アルファルファの Ser, Thr, Met に影響する。<sup>197)</sup>

Mn は小麦<sup>198)</sup> やタバコ葉<sup>196)</sup> 中の遊離アミノ酸を増加する。また、Mn 欠乏症を示したトマトに Mn を施与すると Glu や dicarboxylic amino acid がすみやかに生成される。<sup>199)</sup>

Mo とアミノ酸との関係については多くの実験があり、レタスに Mo を与えると遊離アミノ酸とアミドの含量を増加し、Mo の存在の下に β-Ala は消失するが α-Ala は集積する。<sup>200)</sup> クローバに Mo を施与すると Arg, Thr, Met, Leu, Phe を増すが、酸性のアミノ酸を減少する。<sup>201)</sup> アルファルファでは Arg, Thr, Val, Leu, Ser, Lys, Met は増加するが、<sup>202)203)</sup> Glu, Asp は減少する。<sup>202)</sup> MULDER<sup>204)</sup> によればアルファルファの遊離 Glu は Mo 添加後数時間で合成され、α-Ala, Asp, γ-アミノ酪酸が少し増加した。AspNH<sub>2</sub> の合成は Mo 添加後24時間に、硝酸の代謝は Mo 添加2時間後にみられた。Glu, GluNH<sub>2</sub> の含量はカリフラワー、ホウレンソウ、トマトなどいじりしく増加したが、Asp, α-Ala の含量わずか増加し、AspNH<sub>2</sub> はこの場合みられなかったという。Mo をトウモロコシ<sup>205)</sup> に施与すれば Asp, Glu, β-Ala, Ser を、またタバコ葉<sup>196)</sup> 中の遊離アミノ酸を増加する。棉花<sup>208)</sup> の Mo が欠乏すると遊離アミノ酸の含量を減少し、とくにトマト<sup>209)</sup> は GluNH<sub>2</sub> が少なくなる。

Zn もタバコ葉<sup>196)</sup> 中の遊離アミノ酸を増し、Zn 欠乏の柑橘<sup>206)</sup> の葉は chlorosis を起し、普通の葉に比べて Arg が50倍も多いという。

B ならびに Ca の欠乏のときにタバコ葉中の遊離アミノ酸含量は変化する<sup>207)</sup> が、B よりも Ca 欠乏のときの方がいじりしい。

#### 4. 摘 要

以上の結果はつぎのように要約することができる。

中国地方の土壤には Cu の含量は沖積土壤にやや多く、花崗岩土壤これにつき、火山灰土壤にもっとも少なく、とくに有効態の Cu は火山灰土壤では痕跡であった。

Co の含量は火山灰土壤、花崗岩土壤に多く沖積土壤には少ないが、有効態 Co は花崗岩土壤では痕跡であった。中国地方の土壤には Co とくに有効態 Co 含量が一般に少なく、動物が Co 欠乏症を示す懸念はたぶんにあるということができよう。

Mn の含量はかなり多いが、有効態をなすものは少ない。しかし、動物が Mn 欠乏をきたすことはないようである。

Mo の含量は火山灰土壤に多く、沖積土壤では Mo 全量、有効態 Mo の多いものや少ないものがあり、土壤の性状によって差異がみられる。

Zn の含量は火山灰土壤にやや多く、花崗岩土壤にやや少ない。

B の含量は沖積土壤に多く、花崗岩土壤これにつき、火山灰土壤に少ない。

夏季、高温寡雨の時期にもダリスグラスとヒレハリソウはよく生育する。前者は放牧地用、後者は刈取用として好適である。

ダリスグラスの生育に対し、Mo は草丈で20%、収量で30%増加し、Co は草丈で約10%、収量で20%を、また、B は草丈で4%、収量で10%を増加した。Cu, Mn, Zn は草丈、収量ともに10%内外の減少を示した。

ヒレハリソウの生育には NH<sub>4</sub>-N の方が NO<sub>3</sub>-N より良好である。Co, Mo, B は30%内外の増収を、

Zn はわずかに増収を示したが、Mn はかえって減収を示した。

ダリスグラスの Cu 含量は刈取期 II, III に多く、Co は刈取期に差異を認めにくかった。Mn は刈取期 II に多少減少し、Mo は増加する傾向が認められた。Zn は刈取期 I, II, III としだいに減少し、B は II より III に多かった。

米国産ダリスグラスの Cu と Co の含量は本邦産のそれとよく似た数値を示し、Mn は米国産に多く、Mo と Zn とは本邦産に多かった。

ヒレハリソウでは  $\text{NO}_3\text{-N}$  区は  $\text{NH}_4\text{-N}$  区に比べて、B が少ないだけで、そのたの微量元素はいずれも多く、とくに Co は 5 倍量も多かった。微量元素を添加したダリスグラスでは Mn の含量が減少したが、そのたはいずれも増加を示した。ヒレハリソウでは Cu と B は増加しなかったが、そのたはいずれも増加しており、とくに Co と Mo はいちじるしく増加した。

ダリスグラスではいずれの微量元素によっても粗繊維は増加し、水分、粗蛋白質、粗脂肪は減少し、可溶無窒素物、粗灰分は微量元素の種類によって増加を示した。

ヒレハリソウではいずれの微量元素によっても粗灰分は減少したが、水分、粗蛋白質、粗繊維、粗脂肪、可溶無窒素物は微量元素の種類によって増加した。

微量元素は植物の生育を促進し、収量を増加するが、植物の種類、土壌、微量元素施与の方法などによって差異がある。

植物の微量元素含量は窒素肥料の種類、植物の種類、土壌、気候などによって差異を生じる。

植物組成成分に対する微量元素の影響は植物の種類、微量元素の種類によって差異がある。

ダリスグラスにおいては Zn は 13 種のアミノ酸の含量を増加し、Mn, B は 6~7 種のアミノ酸を増加し、Cu, Mo はわずかに 1~3 種類を増加したにすぎない。また、Co はすべてのアミノ酸含量を減少させた。

不可欠アミノ酸の中、His は Co を除きそのたの微量元素によって、Arg は Cu, Mn, Zn により、Phe は Zn, B により、Met は Mn, Zn により、Leu と Ileu は Zn で、Val は Mn, Zn によって増加した。なお、Lys, Thr は Zn により減少した。

ヒレハリソウにおいては塩基性アミノ酸含量は  $\text{NO}_3\text{-N}$  区の方が  $\text{NH}_4\text{-N}$  区より少ないが、そのたのアミノ酸は前者の方が後者より多い。Cu により Pro, Met, Ileu が、Co により Lys, His, Ser, Glu, Pro, Ala, Val, Ileu が、B では Lys, Pro, Met が増加した。これに反し Mn では Arg, Phe, Mo では Lys, Arg, Asp, Thr, Ala, Leu, Tyr が減少し、そのたは増加を示した。

ダリスグラスの遊離アミノ酸で 8 月に多いのはいずれの微量元素においても Pro であって、Co 区ではきわめて多く、Mn, Zn 区でもかなり多い。Phe は Cu 区では 8 月、9 月に、Mn, Mo, Zn, B 区では 8 月だけにみられる。Lys は Co, Mo, B 区では 8 月に少ない。Asp, Val は 7 月、8 月、9 月としだいに減少の傾向を示す。なお、Met は検出されなかった。

ヒレハリソウでは塩基性遊離アミノ酸は認められなかった。 $\text{NH}_4\text{-N}$  区より、 $\text{NO}_3\text{-N}$  区の方が遊離アミノ酸含量は大である。Cu 区においては Tyr を除きそのたの遊離アミノ酸含量ははなはだしく増加している。Tyr は Co, Mo, B 区においては認められなかった。また、Met も検出されなかった。

植物のアミノ酸含量は、植物の種類、生育時期、施肥などによって差異を示す。

中国地方の土壌は花崗岩風化に由来する砂質のものが多く、微量元素の中とくに Co の含量がのらない。気候的に夏季高温寡雨の時期に夏枯れせず生育旺盛なダリスグラスやヒレハリソウが放牧地用または採草用として好適と思われる。微量元素の添加によりこれ等の植物の生育収量を高め、また、微量元素含量を高められるが、微量元素添加は植物組成に影響をおよぼし、とくにアミノ酸含量に影響する。なお、肥料によっても微量元素の含量に差異をきたす。すなわち、合理的施肥、微最要素添加により、植物の生育収量品質を向上させる栽培技術を確立し、家畜の飼養に万全を期することが必要である。



引用文献

- 1) 早川竜雄：畜産の研究 **15**, 1158-1162 (1961)
- 2) 米村壽男：畜産の研究 **12**, 124-132 (1958)
- 3) 田先威和夫：畜産の研究 **4**, 273-277 (1950)
- 4) ASKEW, H. O.: Trans. Roy. Soc. New Zealand, **82**, 871, (1955)
- 5) RANKAMA, K.: Geochemistry, 325, 1950, Chicago Univ. Press.
- 6) a) 上坂章次・張子儀：畜産の研究 **7**, 373-374 (1953), 食糧科学研究所報告 **11**, 102-114 (1953)  
 b) 上坂章次・高橋尋匡・張子儀：畜産の研究 **7**, 549-550 (1953)
- 7) 上坂章次・川島良次：畜産の研究 **11** 249-253 (1957)
- 8) 市川 収：養栄障害研究会報 **5** (2), 22-24 (1961); 畜産の研究 **16**, 513-518; **16**, 646-652 (1962)
- 9) 川島良治：畜産の研究 **16**, 147-150 (1962)
- 10) 上坂章次・川島良治・入谷 明・並河 澄・中西 登・西野武蔵・張子儀：食糧科学研究所報告 **11-28**号, (1953-1965)
- 11) RICKES, E. L., BRINK, N. G., NONIUSZY, F. R. & WOOD, T. R.: Science, **107**, 396 (1948)
- 12) SMITH, E. L.: Nature, **161**, 638 (1948)
- 13) 上坂章次・川島良治・善林明治：食糧科学研究所報告 **23**, 10-18 (1965)
- 14) 上坂章次・川島良治・橋本芳信：食糧科学研究所報告 **16**, 8-10 (1958)
- 15) a) 上坂章次・川島良治・橋本芳信・犬塚澄雄：食糧科学研究所報告 **18**, 23-30 (1956)  
 b) 上坂章次・川島良治・橋本芳信・犬塚澄雄・福島豊一・勝川周郎：食糧科学研究所報告 **18**, 31-37 (1956)  
 c) 上坂章次・川島良治・橋本芳信：食糧科学研究所報告 **21**, 8-16 (1958)
- 16) HODGSON, J. F., LEACH, R. M. & ALLAWAY, W. H.: J. Agr. Food Chem., **10**, 171-174 (1962)
- 17) VIETS, F. G.: J. Agr. Food Chem., **10**, 174-178 (1962)
- 18) BERGER, K. C.: J. Agr. Food Chem., **10**, 178-181 (1962)
- 19) UNDERWOOD, E. J.: Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Acad. Press, N. Y., 1956.
- 20) 広島県経済部農業経営課：広島県の農業図説, (1951)
- 21) 植物栄養学実験編集委員会：植物栄養実験 a) 67-71, b) 86-90, c) 65-67, d) 73-76, e) 71-72, f) 60-65, 朝倉書店 (1959)
- 22) HIBBARD, P. L.: Soil Sci., **49**, 63 (1940)
- 23) 農林省農業改良局研究部：土壤分析法 45-46 (1955)
- 24) 土壤肥科学雑誌 **28**, 506 (1958)
- 25) 土壤肥科学雑誌 **28**, 128-129 (1958)
- 26) 土壤肥科学雑誌 **31**, 7-11 (1961)
- 27) ROLT, W. F.: Trans. Joint. Meeting Comm. IV & V, Intern. Soc. Soil Sci., Palmerston North, N. Z., 842-846, 1962 (Pub. 1963)
- 28) SVEDAS, A.: Chem. Abstr., **57**, 8929f (1962)
- 29) LUKASHEV, K. I. & PETUKHOVA, N. N.: Chem. Abstr., **57**, 11577h (1962)
- 30) MISRA, S. G. & TIWARI, R. C.: Soil Sci. Plant Nutr., **8**, 93-96 (1962)
- 31) VLASYUK, P. A. & ZIMIVA, V. A.: Referat. Zhur., Geol. Abstr., No. 16143 (1959)
- 32) FUJIMOTO, G. & SHERMAN, G. D.: Hawaii Agr. Expt. Sta., Progr. Report, 121, 22 (1959)
- 33) DELAS, J.: Agrochimica **7**, 258-288 (1963); Chem. Abstr., **59**, 9270f (1963)
- 34) MANSKAYA, S. M., DROZDOVA, T. V. & EMELYANOVA, M. P.: Trudy Biogeokhim. Lab., Akad. Nauk S. S. S. R., **11**, 65-69 (1960)
- 35) DROZDOVA, T. V. & EMELYANOVA, M. P.: Chem. Abstr., **58**, 12925i (1962)
- 36) MANSKAYA, S. M., DROZDOVA, T. V. & EMELYANOVA, M. P.: Geokhimiya, 529-540 (1960)

- 37) SCHLICHTING, E.: *Z. Pflanzen. Düng. Bodenk.*, **61**, 134-137 (1955)
- 38) KRUGLOVA, E. K.: *Pochvovedenie*, No. 5, 83-90 (1962)
- 39) MICHELSON, H.: *Chem. Abstr.*, **60**, 2280f (1964)
- 40) KRETSCHMER, A. E. & ALLEV, R. J.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **20**, 253-257 (1956)
- 41) 三井進午・天正 清・熊沢喜久雄・藤田 哲・矢崎仁也: *土肥誌* **28**, 505-507 (1958)
- 42) 古井憲良: *土肥誌* a) **23**, 151-152; b) **23**, 230 (1953)
- 43) 出口正夫: *土肥誌* **26**, 81-87 (1955)
- 44) 斎藤喜亮: *土肥誌* **32**, 145-148 (1961)
- 45) REDDY, K. G. & MEHTA, B. V.: *Jour. Indian. Soc. Soil Sci.*, **11**, 167-173 (1963)
- 46) HILL, A. C.: *Soil Sci.*, **76**, 273 (1953)
- 47) REDDY, K. G. & MEHTA, B. V.: *Soil Sci.*, **92**, 274-280 (1961)
- 48) PURTOVA, A. T., D'YAKOVA, Z. Z. & ZYUZINA, V. G.: *Chem. Abstr.*, **59**, 15891b (1963)
- 49) WALSH, T., FLEMING, G. A., KAVANAGH, T. J. & RVAN, P.: *Eire Dept. Agr. Jour.*, **52**, 56-116 (1955-1956) (Pub. 1956)
- 50) MOKRAGANTZ, M. & FILIPOVIC, Z.: *Soil Sci.*, **92**, 127-128 (1961)
- 51) MAYNARD, L. A.: *Ann. Rev. Bioch.*, **10**, 449-1941.
- 52) a) 福島豊一・川島良治: *畜産の研究* **14**, 759-764; **14**, 891-894, ; **14**, 1013-1018 (1960)  
b) 上坂章次・川島良治・犬塚澄雄・橋本芳信・並河 澄・西野武蔵・中西 登: *食糧科学研究报告* **19**, 1-19 (1957)
- 53) RANDHAWA, N. S., KANAR, J. S. & NIJHAWAN, S. D.: *Soil Sci.*, **92**, 106-112 (1961)
- 54) MULYARCHUK, M. D.: *Chem. Abstr.*, **59**, 14645g (1963)
- 55) IVCHENKO, A. S. & KUDEHNA, A. G.: *Chem. Abstr.*, **59**, 15906b (1963)
- 56) JOHANSON, A.: *Chem. Abstr.*, **58**, 11911g (1963)
- 57) 松田敬一郎: *土肥誌* **34**, 39-43 (1963)
- 58) KRUGLOVA, E. K. & B'GORSKAYA, N. N.: *Khlopkovodstvo*, **12**, No. 7, 42-44 (1962)
- 59) MEDERSKI, H. J. & WILSON, J. H.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **19**, 461-464 (1955)
- 60) 斎藤喜亮・鈴木清志: *土肥誌* **31**, 90-93 (1961); 斎藤喜亮・後藤光三: *土肥誌* **31**, 94-96 (1961)
- 61) 斎藤喜亮・安田権悦: *土肥誌* **32**, 217-220 (1961)
- 62) 大塚恭司・高橋幸雄: *土肥誌* **33**, 509-512 (1962)
- 63) 山本有彦・青木茂一: *土肥誌* **34**, 169-173; 174-176 (1963)
- 64) WEIR, R. G., HARTRIDGE, F. & FAWCETT, R.G.: *Agr. Gaz. N. S. Wales*, **67**, 2-7, 42-43 (1956)
- 65) DAVIES, E. B.: *Soil Sci.* **81**, 209-221 (1956)
- 66) MGLACHLAN, K. D.: *Austr. Jour. Agr. Res.*, **6**, 673-684 (1955)
- 67) PETERBURGSKII, A. V. & SIDOROVA, N. K.: *Chem. Abstr.*, **56**, 16715 (1960)
- 68) MASSEY, H. F. & LOWE, R. H.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **25**, 161-162 (1961)
- 69) LERICHE, H. H.: *Jour. Soil Sci.*, **10**, 133-136 (1959)
- 70) KUBOTA, J., LAZAR, V. A., LANGAN, L. N. & BEESON, K. C.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **25**, 227-232 (1961)
- 71) AMIN, J. V. & JOHAM, H. E.: *Soil Sci.* **85**, 156-160 (1958)
- 72) STAUCHEV, L., GYUROV, G., MASHEV, N. & STOILOV, G.: *Chem. Abstr.*, **60**, 5229e (1964)
- 73) FRIEV, T. A.: *Chem. Abstr.*, **59**, 3842g (1963)
- 74) SHAROVA, A. S., SKLYAROV, G. A., AKSENOVA, B. F. & RADTSEVA, G. E.: *Chem. Abstr.*, **57**, 2735d (1961)
- 75) NAIR, G. G. & MEHTA, B. V.: *Soil Sci.*, **87**, 155-159 (1959)
- 76) SEATZ, L. F.: *Chem. Abstr.*, **57**, 15530c (1962)
- 77) JOHN, I. W.: *Soil Sci.*, **81**, 311-315 (1956)
- 78) 斎藤喜亮・今野 実: *土肥誌* **33**, 9-12 (1962)
- 79) 斎藤喜亮・木田 昇: *土肥誌* **33**, 70-73 (1962)

- 80) 齋藤喜亮・二田泰雄：土肥誌 **33**, 74-76 (1962)
- 81) KROTKIKH, T. A.: Chem. Abstr., **59**, 12111a (1963)
- 82) KRUGLOVA, E. K.: Pochvovedenie, No. 9, 81-87 (1960)
- 83) KANWAR, J. S. & SINGH, S. S.: Soil Sci., **92**, 207-211 (1961)
- 84) MYSZKA, A.: Chem. Abstr., **58**, 17102d (1962)
- 85) FIORES, M. R. & MAYAGOITIA, H. D.: Chem. Abstr., **53**, 12555d (1957)
- 86) DHAWAN, G. L. & DHAND, A. D.: Indian Jour. Agr. Sci., **20**, 479-484 (1950)
- 87) 川鍋祐夫：畜産の研究 **10**, 1011-1016 (1956); **11**, 132-138 (1957)
- 88) 農林水産技術会議事務局：粗飼料の生産技術研究成果 **24**, 23-36 (1965)
- 89) 農林水産技術会議事務局：飼料作物の種・品種ならびに系統の解説第1部 (1963)
- 90) a) 池田 実・黒住久彌・松村敬子：日草誌 **9**, 174-178 (1964)  
 b) 池田 実・坪田順一：昭和41年土肥学会春季大会講演要旨 (1966)  
 c) 池田 実・黒住久彌・坪田順一・松村敬子：日草誌 **10**, 100-104 (1964)
- 91) a) IKEDA, M., UGHIMURA, S. & MATSUI, E.: Jour. Fac. Fish. Anim. Husb., Hiroshima Univ., **4**, 103-109 (1962)  
 b) IKEDA, M., KUNISAKI, H. & MATSUMURA, H.: Jour. Fac. Fish. Anim. Husb., Hiroshima Univ., **5**, 165-173 (1963)
- 92) KÜHN, H. & SOHANMLÖFFEL, E.: Landwirtsch. Forsch., **14**, 82-90 (1961)
- 93) NEELAKANTAN, V. & MEHTA, B. V.: Indian Jour. Agr. **6**, 212-215 (1962)
- 94) GOPALAKRISHNAN, I. S.: Madras Agr. Jour. **47**, 53-62 (1960)
- 95) BAROCCIO, A. & SAPONARO, A.: Agr. Ital. **62**, 145-156 (1962)
- 96) BERINGER, H.: Z. Pflanz. Düng. Bodenk., **100**, 22-34 (1963)
- 97) OZANNE, P. G., GREENWOOD, E. A. N. & SHAW, T. C.: Austr. Jour. Agr. Res., **14**, 39-50 (1963)
- 98) POWRIE, J. K.: Austr. Jour. Sci., **23**, 198-199 (1960)
- 99) HAYAKAWA, T. & TAKAYAMA, T.: Natl. Inst. Animal Health Quart., **2**, 216-221 (1962)
- 100) ASMUS, F.: Deuts. Landwirtschaft., **12**, 72-74 (1961)
- 101) SAITO, K. & SUZUKI, S.: Nippon Dojo-Hiryogaku Zashi, **32**, 10-13 (1961) (Akita Daigaku Gakugei Gakubu Kenkyu Kiyo, **6**, 19, (1956); **9**, 85, 94-96 (1959))
- 102) DHEIN, A.: Z. Aker-Pflanzenbau. **116**, 75-87 (1962)
- 103) GRISHA, G. A.: Chem. Abstr., **59**, 13083f (1963)
- 104) BONDARENKO, G. I.: Chem. Abstr., **59**, 3282f (1963)
- 105) MADANOVA, P. V. & VOIKIN, L. M.: Chem. Abstr., **58**, 8926d (1962)
- 106) SINGH, A., KAMBAL, A. & SINGH, S. S.: Indian Jour. Agron., **6**, 298-303 (1962)
- 107) NIKISHKINA, P. L.: Pochvovedenie, **5**, 76-87 (1961)
- 108) MAKSIMOW, A., LIWSKI, S. & BIERNACKA, E.: Chem. Abstr., **58**, 11591b, (1962)
- 109) PETERBURGSKII, A. V.: Chem. Abstr., **58**, 6151f (1963)
- 110) BAQUEN, J. D.: Biol. Abstr., **36**, No. 8760 (1961)
- 111) BERGMANN, W.: Jour. Iandwirt. Versuchs. -u. Untersuchungsw., **5**, 395-415 (1959)
- 112) 山崎ツタエ・林 一彦：土肥誌 **32**, 49-52 (1961)
- 113) 川村秋男・八代正三：四国農業研究 No. 6, 105-108 (1960)
- 114) KLIEWER, W. M. & KENNEDY, W. K.: Soil Sci. Soc. Am. Proc., **24**, 377-380 (1960)
- 115) PARKER, M. B. & HARRIS, H. B.: Agron. Jour., **54**, 480-483 (1962)
- 116) WILLIAMS, J. H.: Plant & Soil, **7**, 327-340 (1956)
- 117) BRANFI, G. B.: Trans. Intern. Congr. Soil Sci., 7th, Madison, Wisc. **3**, 554-562, 1960 (Pub. 1961).
- 118) YOUNGE, O. R. & PLUCKNETT, D. L.: Hawaii Farm Sci., **12**, 4-6 (1963)
- 119) KHANIN, Y. D.: Chem. Abstr., **59**, 15907d (1963)
- 120) PUMPHREY, F. V., KOEHIER, F. E., AHMARAS, R. R. & ROBERTS, S.: Agron. Jour. **55** 235-238 (1963)

- 121) TKACHENKO, G. V.: Chem. Abstr., **59**, 13083d (1963)
- 122) YUZBASHYAN, I. R.: Chem. Abstr., **56**, 17767 (1960)
- 123) ENNIK, G. C.: Chem. Abstr., **58**, 17095e (1962)
- 124) PETIJEVIC, O.: Chem. Abstr., **59**, 15903g (1963)
- 125) KOLESNIK, L. V.: Chem. Abstr., **58**, 11591f (1962)
- 126) JELENIC, D., VAINBERGER, A. & RASIC, J.: Chem. Abstr., **56**, 799 (1960)
- 127) OERTLI, J. J.: Z. Pflanzen. Düng. Bodenk. **94**, 1-8 (1961)
- 128) ONELLETT, G. J.: Can. Jour. Soil, **43**, 59-64 (1963)
- 129) ECK, P. & CÄMPBELL, F. J.: Proc. Am. Soc. Hort. Sci., **81**, 510-517 (1962)
- 130) NEALES, T. F. & HINDE, R. W.: Physiol. Plantarum, **15**, 217-228 (1962)
- 131) SADLER, R. E.: Peferat Zhur., Biol. Abst., No. **16**, G236 (1961)
- 132) SADAPHAL, M. N. & DAS, N. B.: Jour. Indian Soc. Soil Sci., a) **9**, 257-267; b) **9**, 99-105 (1961)
- 133) ROBINSON, W. O. & DEVER, R. F.: Soil Sci., **82**, 275-285 (1956)
- 134) 林 英夫: 畜産の研究 **12**, 221-228 (1958)
- 135) 岩田久敬: 畜産の研究 a) **7**, 593-596 b) **7**, 771-774 c) **7**, 858-862 (1953),
- 135d) 上坂章次・川島良治・入谷 明・並河 澄・中西 登・西野武蔵: 食糧科学研究所報告 **24**, 1-19 (1960)
- 136) BENNETS, H. W.: Jour. Dept. Agr. W. Aust., **4**, 42 (1955)
- 137) GUNNINGHAM, I. J.: a) Symposium on Copper Metabolism, 246 (1950), Johns Hopkins Press. Baltimore.
- b) N. Z. Jour. Sci. Technol., Ser. A, **38**, 225-248 (1956)
- c) N. Z. Jour. Agr. Res., **1**, 874 (1958)
- 138) 小原甚三: 畜産の研究 **18**, 989-993 (1964)
- 139) 上坂章次・高橋尋匡・張 子儀: 畜産の研究 **7**, 549-550 (1953)
- 140) 上坂章次・張 子儀: 食糧科学研究所報告 **11**, 102-114 (1953)
- 141) a) 上坂章次・川島良治・橋本芳信・犬塚澄雄: 食糧科学研究所報告 **12**, 31-37 (1956)
- b) 上坂章次・中西 登・米田八十雄: 食糧科学研究所報告 **22**, 33-39 (1959)
- 142) ALLEN, R. T. & HAMILTON, T. S.: Nutritional Deficiencies in Livestock (FAO Agr. Studies, No. 5) 3rd Printing, 12-13 (1953)
- 143) WUNCH, D. S.: Chem. Indus., 855 (1937)
- 144) WALSH, T. & FLEMING, G. A.: Jour. Dept. Agr. Republ. Ireland, **52**, 56-116 (1955-1956)
- 145) 相沢壮吉: 畜産の研究 **15**, 775-780 (1961)
- 146) RUSSELL, F. C.: Imperial Bur. Animal Nutrition, Aberdeen, Scotland, Tech. Comm., 15 (1944)
- 147) 丹羽太左衛門: 畜産の研究 **12**, 162-166 (1958)
- 148) ALLCROFT, R.: 畜産の研究 **17**, 1633-1636 (1963)
- 149) WAGHTEL, L. W., ELVEHJEM, C. A. & HART, E. B.: Am. Jour. Physiol., **140**, 72 (1943)
- 150) NEHER, G. M. & DOLVE, L. P.: Am. Jour. Vet. Res., **17**, 121 (1955)
- 151) 三浦四郎: 畜産の研究 **15**, 1489-1492 (1961)
- 152) LYONS, et al.: Proc. Ann. Meet. Poul. Sci. Assoc. (1937)
- 153) 池田元治: 畜産の研究 **12**, 539-542; **12**, 651-654 (1958)
- 154) 勝木辰男: 畜産の研究 **14**, 1105-1108, 1229-1232, 1359-1362 (1960); **12**, 243-246 (1958)
- 155) KLUSSENDORF, R. C.: Feed Stuffs **32**, 46, 38, (1960); 畜産の研究 **15**, 727-728 (1961)
- 156) NEWLAND, H. W. & ULLREV, D. E.: Jour. Anim. Sci., **15**, 1250 (1956)
- 157) 田原 滋・飯田五夫・庄司圭吾・麻生和征: 日畜会報 **33**, 304-311 (1962)
- 158) ASKEW, H. O. & DIXON, J. K.: N. Zealand Jour. Sci. Tech., a) **19**, 317; b) **19**, 6; c) **18**, 688 (1937)
- 159) BORNER, W. G.: N. Zealand Jour. Agr., **58**, 493 (1939)
- 160) STEWART, J.: Empire Jour. Expt. Agr., **9**, 145 (1941)

- 161) DIXON, J. K. & KIDSON, E. B.: N. Zealand Jour. Sci. Tech., **22**, 1 (1940)
- 162) MULQUEEN, J., WALSH, M. J. & FLEMING, G. A.: Sci. Proc. Roy. Dublin Soc., Ser. B 1, No. 4, 25-35 (1961)
- 163) ASMUS, F.: Deut. Landwirtschaft., **12**, 15-17 (1961)
- 164) ANKE, M.: Z. landwirtsch. -u. Untersuchungsw., **6**, 39-49 (1960)
- 165) ASKEW, H. O., CHITENDEN, E., WATSON, J. & WATERS, A. J.: N. Zealand Jour. Agr. Res., **1**, 874-875 (1958)
- 166) CHESNIN, L.: Jour. Agr. Food Chem., **11**, 118-122 (1963)
- 167) VIETS, T. G., BOAWN, L. C. & CRAWFORD, C. L.: Soil Sci., **78**, 305-316 (1954)
- 168) JUNGERMANN, K.: Sonderh. Z. Landwirtschaft. Forsch., No. 16, 93-111, (1962)
- 169) DHEIN, A. & AHRENS, E.: Z. Acker. Pflanzenbau, **114**, 387-412 (1962)
- 170) LUNDY, H. W. & FISKELL, J. G. A.: Soil Crop Sci. Soc. Florida, Proc., **21**, 171-178 (1961)
- 171) LODER, G. M. & SMITH, D.: Wisconsin Univ. Agr. Expt. Sta. Res. Rept., **8**, 19 (1961)
- 172) DZIMIC, M., NESTEROV, V. & BVKOJEVIC, J.: Veterinaria, **10**, 427-438 (1961)
- 173) 石塚喜明・田中 明: 土肥誌 **33**, 93-96 (1962)
- 174) LABANAUSKAS, C. K., EMBLETON, T. W., JONES, W. W. & GARBER, M. J.: Proc. Am. Soc. Hort. Sci., **77**, 173-179 (1961)
- 175) PARIBOK, T. A. & SHKOLNIK, M. Y.: Chem. Abst. **58**, 11575i (1962)
- 176) SHKOLNIK, M. Y. & BOZHENKO, V. P.: Chem. Abst., **50**, 15753 (1956)
- 177) MEKHTI-ZADE, R. M. & LYATIFOV, D. K.: Chem. Abst., **59**, 11915e (1963)
- 178) VASILEVA, I. M. & STARTSEVA, A. V.: Referat Zhur. Biol. Abst., No. 12 G 89 (1961)
- 179) VOLYNSKAYA, U. M.: Chem. Abst., **59**, 9585f (1963)
- 180) BUCHAREVA, G.: Biol. Abst., **36**, No. 38, 664 (1961)
- 181) MOISEEV, K. A. & ALEKSANROVA, M. I.: Chem. Abst., 11593b (1962)
- 182) TIMOSKENKO, A. G.: Referat Zhur. Biol. Abstr., No. 12 G 247 (1961)
- 183) PROSKURNIKOVA, T. A. & ZHESTOVSKAYA, A. I.: Chem. Abst., 27695f (1961)
- 184) MIERZEJEWSKI, J., MIERZEJEWSKI, T. & SKULMOWSKI, J.: Chem. Abstr., **54**, 8552g (1958)
- 185) 農林水産技術会議事務局: 家畜栄養に関する研究 (1) 研究成果 3-1, 1-108 (1960)
- 186) WILDING, M. D.: Plant Physiol., **35**, 726-732 (1960)
- 187) PLESHKOV, B. P., SAVITSKAITE, E. M. & YASAITIS, A.: Chem. Abstr., **60**, 13832d (1964)
- 188) AUSTIN, A.: Jour. Indian Botan. Soc., **38**, 76-83 (1959)
- 189) RADENKOVA, M.: Compt. Rend. Acad. Bulgare Sci., **16**, 669-672, (1963)
- 190) LEWIS, L. N., TOLBERT, N. E. & KENWORTHY, A. L.: Proc. Am. Soc. Hort. Sci., **83**, 185-192 (1963)
- 191) MACGREGOR, J. M., TASKOVITCH, L. & MARTIN W. P.: Agron. Jour., **53**, 215-216 (1961)
- 192) TOMOVA, N. & VAKLINOVA, St.: Chem. Abstr., **60**, 13830d (1964)
- 193) VÖLKER, L.: Landwirtschaft. Forsch., **13**, 307-316 (1960)
- 194) ZACHARIUS, R. M. & TALLEY, E.: Anal. Chem. **34**, 1551-1556 (1962)
- 195) HAMILTON, P. B.: Anal. Chem. **35**, 2055-2064 (1963)
- 196) STEINBERG, R. A., SPECHT, A. W. & POLLER, E. M.: Plant Physiol., **30**, 123-129 (1955)
- 197) GRUHN, K.: Z. Landwirtschaft. Versuchs. -u. Untersuchungsw., **7**, 275-293 (1961)
- 198) ALIEV, C. E.: Referat Zhur. Biol. Abstr., No. 14 G 79 (1962)
- 199) STEWARD, F. C. & MARGOLIS, D.: Contrib. Boyce Thompson Inst., **21**, 393-403 (1962)
- 200) MINIKA, E. I.: Chem. Abstr., **56**, 16555a (1960)
- 201) ANEK, M. & GRUHN, K.: Z. Landwirtschaft. Versuch. -u. Untersuchungsw., **8**, 321-330 (1962)
- 202) GRUHN, K., GRAUPE, B. & ANKE, M.: Deut. Landwirtschaft., **13**, 453-456 (1962)
- 203) DRUHN, K.: Z. Landwirtschaft. Versuchs. -u. Untersuchungsw., **7**, 275-293 (1961)
- 204) MULDER, E. G., BAKEMA, K. & van VEEN, W. L.: Plant & Soil, **10**, 319-334 (1959)

- 205) BERDUGOU, J. & MACHE, R.: Compt. Rend., **257**, 229-231 (1963) cf. CA 57, 10238g  
 206) STEWART, I.: Proc. Am. Soc. Hort. Sci., **81**, 244-249 (1962)  
 207) TSO, T. C. & ENGELHAUPT, M. E.: Tobacco Sci., **7**, 12-16 (1963)  
 208) AMIN, J. V. & JOHAM, H. F.: Soil Sci., **89**, 101-107 (1960)  
 209) MURAVIN, E. A.: Chem. Abstr., **60**, 4733h (1964)

## SUMMARY

It is very important to study the behavior of trace elements in soils and plants in relating to animal nutrition. The authors dealt with some trace elements contents of soils distributing in Chûgoku district where granite, volcanic ash and alluvial soil were found as three typical soils.

The total Cu content was highest in the alluvial soil and lowest in the volcanic ash soil in which the content of available Cu was also trace.

The total Co content was more in both the volcanic ash and the granite soil, but less in the alluvial. And the available Co was found only a trace in the granite soil. Generally, the total Co or the available Co content was lower in the soils distributing Chûgoku area.

There will be some possibility of the occurrence of Co deficiency in animals in this district.

The total Mn was found as considerable amounts in the soils, however, the available Mn was rather lower in all soils.

The total Zn content was more in the volcanic ash soil and less in the granite soil.

The B content was 14.9 to 29.2 ppm as the total and was 0.1 to 0.5 ppm as the available in all soils.

Dallisgrass (*Paspalum dilatatum*, Poir.) and Russian comfrey (*Borraginaceae*, *Symphytum asperinum*, Sims.) were cultivated in pots or earthen pipes which were filled with the alluvial or the granite soil and applied with  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  or  $\text{NaNO}_3$ , super phosphate and  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 1.2 kg per acre respectively.

Trace elements were applied in the followings, 4 kg of  $\text{CuSO}_4$ , 2 kg of  $\text{CoCl}_2$ , 6 kg of  $\text{MnCl}_2$ , 2 kg  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ , 2 kg of  $\text{ZnCl}_2$  and 6 kg of  $\text{H}_3\text{BO}_3$  per hectare each.

Dallisgrass increased 10 to 20% in its length and 10 to 30% in its weight with Mo, Co and B, but decreased around 10% in both with Cu, Mn and Zn.

The Russian comfrey was better in growth with  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  than  $\text{NaNO}_3$ , and increased 30% with Co, Mo and B but decreased with Mn.

There were seasonal fluctuations in the trace elements contents in plants.

Co contents in dallisgrass was fortified about five times with  $\text{NaNO}_3$  as with  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . The application of trace elements increased, of course, their contents in the plants, and it was more remarkable in the case of Co and Mo.

Organic constituents of plants were also influenced with the application of trace elements.

Among the indispensable amino acids in dallisgrass, **His** contents were increased with all trace elements tested except Co, **Arg** with Cu, Mn and Zn, **Phe** with Zn and B, **Met** with Mn and Zn, **Leu** and **Ileu** with Zn, and **Val** with Mn and Zn. **Lys** and **Thr** were decreased with Zn. The content of basic amino acids in Russian comfrey was much higher in the case of  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  than that of  $\text{NaNO}_3$ , but other amino acids contents were higher with  $\text{NaNO}_3$  than with  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

The content of **Pro** was increased with Cu, Co and B. **Ileu** with Cu and **Met** with Cu and B, and **Lys** with Co and B. However, **Arg** was decreased with Mn and Mo, **Phe** with Mn, and **Asp**, **Thr**, **Ala**, **Leu**, and **Tyr** were decreased with Mo.