

草地農業における無機 balance に関する研究

第4報 土壌および牧草の K/Ca+Mg (me) ratio, Ca/p (%) ratio および NO₃-N 含量と乳牛の疾病について*

篠原 功**・原田 勇**

(土壌肥科学研究室)

Studies on the Balance of Inorganic Elements in the Grassland Agriculture (Part 4)

On the relationships among the level of available elements the soil,
K/Ca+Mg (me) ratio, Ca/P (%) ratio and NO₃-N concentration
in the forage and milking cow diseases

Isao SHINOHARA** and Isamu HARADA**

(April, 1978)

I. 緒 論

草地農業が集約化され各種栄養素の循環が量的にも速度的にも増大すると、その栄養 balance はしだいに崩れてゆく恐れがある^{2),5)}。そこで、われわれはこの栄養 balance を制御するため無機 balance の研究に着手してきた。そしてこれまで、第1報その¹³⁾ およびその²⁴⁾ においては土壌の無機養分環境条件が牧草体内の無機 balance におよぼす影響について検討した。その結果、牧草における無機要素含量の変動範囲は土壌の無機養分環境に関連することを明らかにした。また第2報¹³⁾ では牧草体内の無機 balance の変動と土壌および家畜の関連について考察を試みた。その結果、家畜の佝僂病および骨軟症に関連すると一般に考えられている¹¹⁾ 牧草体内の Ca/P (%) ratio はオーチャードグラスがやや低いのに対しアルファルファのそれはかなり高く、それは土壌の有効態リン酸の増加で低下し、置換性石灰の増加で増大することが認められた。また Kemp ら⁹⁾ が grass tetany 発生の有力な要因としている牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio はオーチャードグラスの値が高かく、土壌の置換性加里の増大に伴いこの ratio は高まった。しかも kemp らが

* この研究の要旨の前半は1974年12月11日日本土壌肥科学会北海道支部大会(札幌)および後半は1977年4月6日日本土壌肥科学会全国大会(宇都宮)において発表した。

** Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition, The College of Dairying, Ebetsu, Hokkaido, Japan

家畜にとって望ましい値としている 1.40 をはるかに越え最高 5.28 にも達することを明らかにした。しかし一方アルファルファのこの ratio は土壤の置換性加里が増大しても最高 1.12 にとどまることを明らかにしてきた。そしてさらに第 3 報では、この $K/Ca+Mg$ (me) ratio を構成する加里、石灰および苦土の土壤中における要素相互間の量的関係が牧草体内のそれらの含量におよぼす影響を解明するため、これら要素の土壤中における量的 condition と牧草体内の無機 balance の関係について検討した。その結果、草地農業における家畜の健康を維持するためには、牧草の栄養からみて土壤の加里含量を K_2O として 15 mg、石灰含量を CaO として 200 mg および苦土含量は MgO として 20 mg/100 g 乾土または $K_2O:CaO:MgO$ で 1:10:1 程度とすることが重要であると考えた¹⁴⁾。

そこで今回はこれらの無機 balance を土壤—牧草—乳牛について、とくに草地農業現場との関連のなかで検討するため、まず根釧北東部の乳牛の疾病発生概況を調べ、これを指標に土壤および牧草を採取し、その $K/Ca+Mg$ (me) ratio, Ca/p (%) ratio および NO_3-N 含量と乳牛疾病との関連について検討を試みた。以下にその概要を記述する。

II. 調査研究の方法

1) 調査農場の抽出と資料の入手

草地農業が比較的早くから定着したとみられる根釧北東部を調査対象地域と定め、1974 年 3 月聞き込みによる草地酪農現場の概況調査を実施した。同年 9 月、概況調査に引き続いて「牧草の無機 balance の乱れに関連していると考えられている grass tetany」の発見をめやすとして農業共済組合家畜加入台帳、家畜診療年報、乳牛個別疾病診療カルテおよび年次別営農計画書などの資料を検討した。そして現場の獣医師の証言を得ながら「grass tetany あるいはその類似症」とみられる疾病を抽出した。これらのデータを手がかかりとして、疾病非発生農場と多発農場をそれぞれ 3 農場の計 6 農場を抽出した。この抽出 6 農場はさらに同年 9 月から 11 月にかけて 2~3 回営農計画書を参考にしながら農場主、担当獣医師および農協係員と面談して調査農場の営農歴、乳牛数、耕地草地面積、乳牛疾病および施肥設計などについて聞き取り調査を実施した。また同年 9 月 23 日この農場から後述の方法により土壤および牧草を採取した。

なお 1976 年には同地域において上記の乳牛疾病の発生が著しく低下している農場を発見した。その農場の概要についても調査した。

2) 土壤および牧草の採取と調整

調査農場の土壤および牧草は 1974 年 9 月 23 日、現地に着者が出向いて採取した。

牧草試料は各農場ごとに主要放牧草地の 3 地点から地際 5 cm を残して牧草の地上部

を採取し、これら3地点の牧草を合わせて1試料とした。主要採草地の牧草または収納された乾牧草は放牧地の牧草採取法に準じて採取し、これら3地点または3点の牧草を合わせて1試料とした。また土壌試料は牧草採取地点または採草畑(乾草又はサイレージ用草地)からいずれもそれぞれ3点、地表から深さ10 cmまでの耕土を採取して、生土のまま細かく砕き3点を合わせて1試料とした。このようにして採取した牧草試料および土壌試料はおよそ8時間から12時間以内に約400 km離れた本学実験室(野幌)へ持ち帰った。そして直ちに牧草は80°Cの通風乾燥機に入れた。この牧草は乾燥後粉末試料に調整した。また土壌は室温で風乾し細土とした。これら調製した牧草および土壌はつぎの化学分析に供した。

3) 化学分析法

牧草の分析は以下の方法によった。

- (1) 牧草の全窒素の測定はマイクロケルダール法^{7),17)}
- (2) 牧草の磷酸の測定は常法により灰化し、その珪酸分離液について Fiske-Subba-Row の光電比色法^{15),16)}。
- (3) 牧草の加里、石灰および苦土の測定は常法により灰化し、その珪酸分離液について加里は炎光分析法¹⁾、石灰および苦土は EDTA 法により分析した¹⁵⁾。

なお、土壌の分析は以下の方法によった。

- (4) pH の測定はガラス電極 pH メーター法¹⁷⁾
- (5) Total-N の測定はマイクロケルダール法⁷⁾
- (6) 有効態磷酸の測定は Bray's No. 1 の方法および Fiske-SubbaRow の光電比色法^{8),16)}。
- (7) 置換性加里の測定は 1 N-酢酸アンモニウム (pH 7.0) 置換抽出法および炎光分析法^{6),1)}。
- (8) 置換性石灰および苦土の測定は 1 N-酢酸アンモニウム (pH 7.0) 置換抽出法および EDTA 法^{6),1)}。

III. 結果ならびに考察

1) 草地酪農における乳牛疾病発生数および調査農場の概要

草地農業における無機 balance を現地との関連のなかで検討するため、比較的早くから草地酪農が定着したとみられる根釧北東部を概況調査対象地域としてとりあげ、1973年3月聞き込みによる草地酪農場の概況調査を実施した。その結果この地域の草地酪農場において搾乳牛に原因のよくわからない乳熱様疾病の発生が認められ、しかも診療にあたっ

た個々の獣医師によって診断名を若干異にしていた。すなわち乳熱、乳熱様疾患、産前起立不能症、産後起立不能症または起立不能症と呼ばれていることが判明した。そしてこれが疾病の診療カルテおよび獣医師、畜主の証言から、これが疾病はいずれの場合もけいれんを伴い起立不能症状を示すことが明らかとなった。そこで著者らはこれらの疾病を一括して「起立不能症候群」と称することにした。

つぎにこれまでの聞き込みによる概況調査から、乳牛の起立不能症候群が早くから発生していたとみられる根釧北東部中標津町計根別地区における1968年から1973年までの6カ年間の乳牛飼養頭数、乳牛疾病発生件数および起立不能症候群発生件数を調査した。その結果はTable 1のようである。すなわち、この地区の乳牛飼養頭数は1968年に約4100頭であったものが1973年には約7800頭となり、この5カ年間で乳牛飼養頭数はおよそ2倍に増加していた。これに伴うように乳牛疾病発生件数は1968年の3716件からしだいに増え1973年には7735件発生している。これら疾病の乳牛飼養頭に対する発生率はおよそ100%前後でいずれの年もほとんど変化は認められない。ところがこのうちの起立不能症候群は1968年に40件であったものが1973年には293件発生している。それは1968年に乳牛飼養頭数の0.9%程度であったが、その後しだいに増加して1973年には3.7%にも達し、これが発生率は5カ年間で4倍に増加していたのである。

Table 1. The transition on number of milking cow of diseases investigated on kenebetsu area in Konsen, Hokkaido

	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Total number of milking cow in kenebetsu area	4100	5500	6200	6900	7400	7800
Total number of occurrence diseases	3716	6050	6309	6261	7473	7735
percentage (%)	91	110	102	91	101	99
Number of downer syndrome*	40	99	104	160	195	293
percentage (%)	0.9	1.8	1.7	2.9	2.8	3.7

* downer syndrome are grass tetany, milk fever and resemblance diseases.

そこでつぎにこの乳牛の起立不能症候群の発生率を指標として、これが疾病のほとんど発生しない3酪農場（以下非発生農場という）およびこれが疾病の多発する酪農場（以下多発農場という）を抽出し、まずこれら6農場の営農概況について調査した。その結果はTable 2のようである。すなわちこれが相違点是非発生農場においては乳牛1頭当りの耕地草地面積が0.81から0.94 ha/乳牛であり、化学肥料施用量はおよそ300 kg~400 kg/ha/年で起立不能症候群がまったく発生していないことである。これに対し多発農場のそれは耕地草地面積は0.52~0.72 ha/乳牛で前者にくらべて狭小である。また化学肥料施用量

Table 2. The genral condition on investigative dairy farm and downer syndrome of cow in Konsen, area, Hokkaido, 1973

Farm division (farm No)	cultivated acreage (ha)	number of dairy cow		occurrence number of downer syndrome		cultivated acreage per each cow (ha)	about synthetic fertilize (kg per ha)	milk production per each cow per year (kg)
		total heads	milking heads	heads	percentage in lactation heads			
Normal farm as Non- occurrence syndrome	I 30	32	23	0	0	0.94	400	4600
	II 42	51	36	0	0	0.82	380	4120
	III 85	105	70	0	0	0.81	300	4200
Anormal farm as Frequent occurrence for Downer syndrome	IV 49	69	49	6	12.2	0.72	560	4450
	V 27	50	35	4	11.5	0.54	740	4200
	VI 34	65	48	5	12.5	0.52	700	4520

は 560 kg~700 kg/ha/年で上記疾病が 11.5 から 12.5% 発生したことであった。これは前者よりかなり多い。この化学肥料施用量は聞き取り調査によるもので正確な要素施用量は明らかでないが、これらのことから乳牛の起立不能症候群の多発する農場はおおむね耕地内草地面積が狭小で、具体的には耕地内草地面積が 0.7 ha/乳牛(成牛換算)以下の多肥型集約化草地酪農場とみる事ができた。

つぎに上記のごとき相違を示した調査農場において採取した土壌および牧草の無機 balance と乳牛の起立不能症候群の関連について検討することとするが、まず疾病発生牛の主要な飼料である牧草から検討し、ついでこれが牧草の培地である土壌について検討することとする。

2) 牧草の無機 balance と乳牛の起立不能症候群の関連について

調査対象農場において採取した牧草の K/Ca+Mg (me) ratio, Ca/P (%) ratio および NO₃-N 含量と乳牛の起立不能症候群との関非について検討した結果は Table 1 のよう

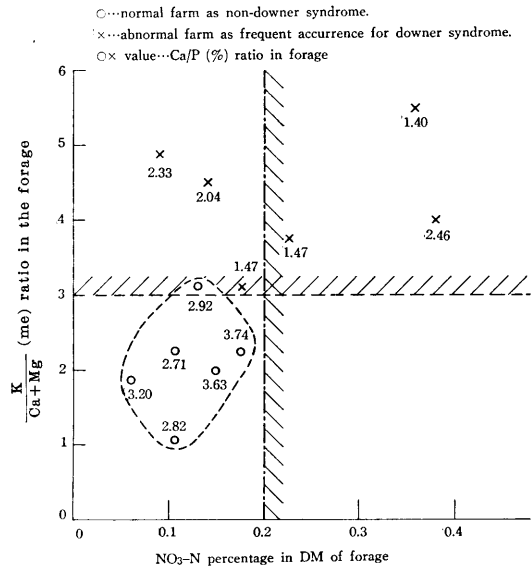


Fig. 1. The relationship between the downer syndrome of milking cow and mineral balance (K/Ca+Mg (me) ratio, Ca/P (%) ratio and NO₃-N content in m dry matter) of the sorage in the dairy farm.

あった。乳牛の起立不能症候群のはとんど発生しない農場，すなわち非発生農場における牧草体内の K/Ca + Mg (me) ratio は 0.99~3.30 であり，Ca/P (%) ratio は 2.71~3.74 およびこれが牧草乾物中の NO₃-N 含量は 0.062~0.132% の範囲にあった。ところが起立不能症候群多発農場における牧草体内の K/Ca + Mg (me) ratio は 3.19~5.50 にも達していた。それは前者のそれより著しく高いだけでなく，この ratio は Kemp らが grass tetany が 17% も発生したときの牧草体内の K/Ca + Mg (me) ratio は 3 以上であったと報告されている¹⁸⁾ こととすこぶる類似していた。また多発農場における牧草体内の Ca/P (%) ratio¹¹⁾ は 1.40~2.46 の範囲にあり，これは前者のそれよりかなり低かった。しかも牧草乾物中の NO₃-N 含量は 0.142~0.386 の範囲にあり，家畜にとって硝酸中毒の危険があると一般に考えられている牧草乾物中 NO₃-N 含量 0.2% を越えるものが半数認められた。

これらのことから牧草体内の K/Ca + Mg (me) ratio の異常な増大と Ca/P (%) ratio の低下および高硝酸含有が乳牛の起立不能症候群発生の大きな要因の一つであると考えられた。またこれが発生要因に加えて，起立不能症候群の発生が乳牛の産前，産後および高泌乳期に発生していることから，乳牛の生体機能が酷使される時期と牧草のこれらの無機 balance の乱れとが重なったとき，この疾病が増大するものと推定された。しかしこのような著者らの推定は獣医畜産学分野においてさらに検討されることが必要であろう。

つぎに，このような無機 balance を構成する牧草体内の無機養分含量について検討し

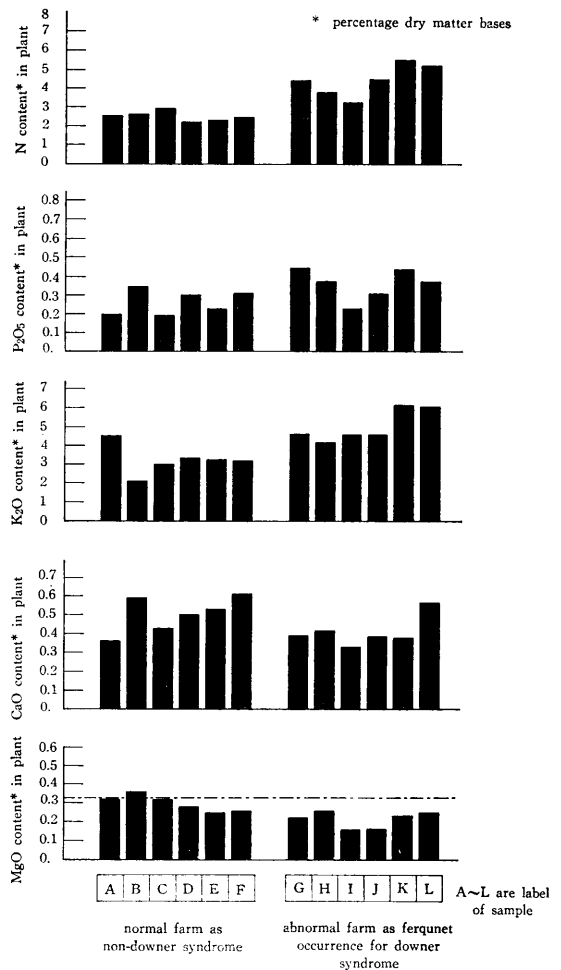


Fig. 2. The relationship between the contents of each inorganic nutrient in the forage and the downer syndrome of milking cow in the dairy farm.

た。その結果は Fig. 2 のようであった。すなわち非発生農場における牧草乾物中全窒素含量は N として 2.25~2.90%, 磷酸含量は P_2O_5 として 0.19~0.37%, 加里含量は K_2O として 2.25~4.50%, 石灰含量は CaO として 0.36~0.62% および苦土含量は MgO として 0.24~0.36% であった。ところが多発農場におけるその全窒素含量は 3.10~5.15% で前者のそれより高く, 磷酸含量 P_2O_5 としては 0.23~0.45% で前者のそれよりやや高い。加里含量は K_2O として 4.20~6.20% で前者のそれよりすこぶる高かった。これらとは逆に石灰含量は CaO として 0.34~0.56% で前者のそれよりやや低く, 苦土含量は MgO として 0.16~0.25% で前者のそれよりかなり低いことが認められた。これらのことから起立不能症候群の多発する農場の牧草は Kemp や Wolton¹⁹⁾ によって家畜の牧草のミネラル利用率を低下させる要因とされている窒素含量がかなり高い。また著者らは牧草体内の加里が増大すると石灰および苦土含量が低下することをすでに報告した。すなわち, これが多発農場の牧草は加里含量がすこぶる高く石灰および苦土含量が低下している。Wolton が高窒素含量の牧草では苦土含量が Mg として 0.2% 以上すなわち MgO として 0.33% 以上なければ grass tetany の発生する恐れがあるとしているがその値からみて, これが多発農場の牧草は苦土が不足しているといえよう。また石灰含量もかなり不足していると考えられる。

以上のごとき牧草の無機 balance を構成する牧草の無機養分含量は土壤または土壤に

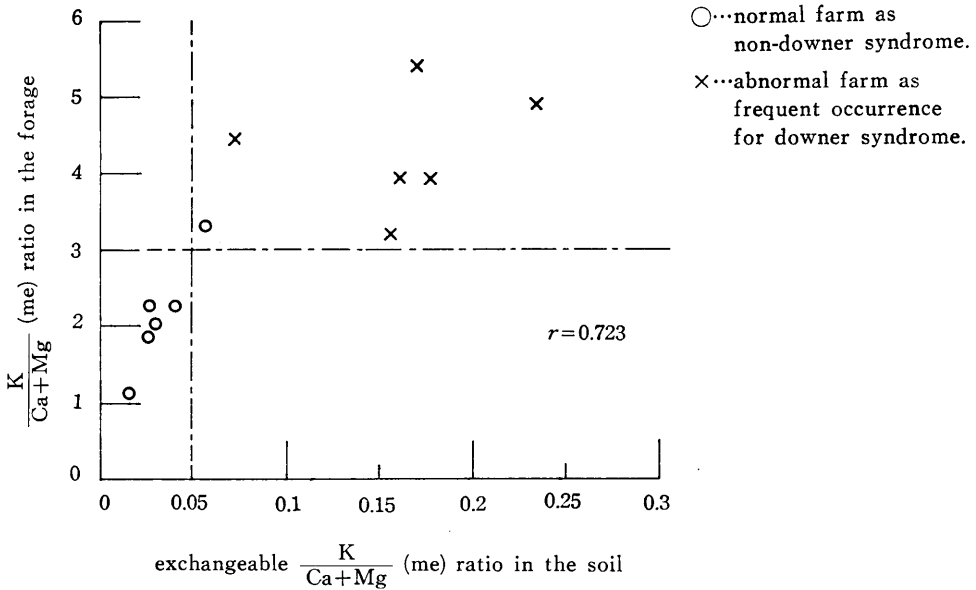


Fig. 3. The relationship between exchangeable $\frac{K}{Ca+Mg}$ (me) ratio in the soil and $\frac{K}{Ca+Mg}$ (me) ratio in the forage on the dairy farm.

施用された肥料要素量の影響を受けるものであることはすでに明らかにしたところである。そこで、つぎにこれが牧草の培地である土壌について検討することとする。

3) 土壌および牧草の無機 balance を構成する土壌の無機養分含量と乳牛の起立不能症候群について

土壌および牧草の無機 balance の関係について検討した結果は Fig. 5 のようである。乳牛の起立不能症候群のほとんど発生しない農場、すなわち非発生農場の土壌の置換性 K/Ca+Mg (me) ratio は 0.0 から 0.05, 多発農場のそれは 0.06 から 0.24 まで分布し、これが土壌中の ratio の増大に伴っておおむね牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio は非発生農場で 0.99 から 3.30 まで、多発農場のそれは 3.12 から 5.50 まで増大した。そしてこれが土壌と牧草の間には $r=0.723$ の高い相関が得られた。

またこれらの牧草と土壌の K/Ca+Mg (me) ratio から牧草の 3.0 以下、土壌の 0.05 以下の範囲に非発生農場が、またそれ以上のところに発生農場が分布していたということができた。

つぎにこれが牧草の無機 balance に影響をおよぼしているとみられる土壌の pH および無機養分含量について検討する。土壌の H₂O-pH および無機養分含量は Fig. 4 および 5 のようである。すなわち乳牛の起立不能症候群の発生しない非発生農場とこれが多発農場ともに H₂O-pH は低く、非発生地では 5.12 から 5.45 であった。これに対し多発地のそれはさらに低く 4.70, 4.95 のものも認められた。このことから、これらの土壌は塩基がかなり不足しているものと考えられる。土壌の無機養分含量は非発生農場の窒素含量が Total-N として 390 から 530 mg/100 g 乾土、有効態リン酸含量は Bray's No. 1 の方法による抽出 P₂O₅ として 0.7 から 15.5 mg/100 g 乾土、置換性加里含量は K₂O として 4.5 から 12.5 mg/100 g 乾土、置換性石灰含量は CaO として 84.0 から 262.0 mg/100 g 乾土および置換性苦土含量は MgO として 4.0 から 24.0 mg/100 g 乾土であった。これに対し起立不能症候群多発農場の土壌の窒素含量は 390 から 880 mg/100 g 乾土でそれは前者のそれより高いものが認められた。有効態リン酸含量は 1.05~10.5 mg。置換性加里含量は 8.5 から

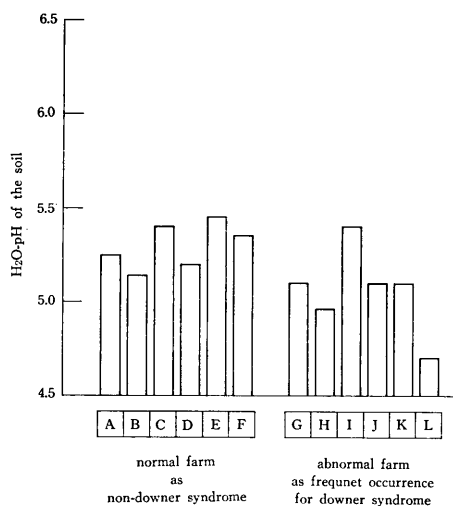


Fig. 4. pH value in the soil of normal and abnormal farm.

32.0 mg/100 g 乾土にも達し、前者のそれよりかなり高いものが認められた。置換性石灰含量は 35.0 から 75.6 mg で前者のそれよりすこぶる低く、置換性苦土含量は 3.0 から 18.0 mg/100 g 乾土で前者のそれよりかなり低いことが認められた。これらのことから乳牛の起立不能症候群多発農場の土壌は非発生農場にくらべ H_2O -pH は低く、窒素および加里含量が多く石灰および苦土含量が低いことが明らかとなった。またこれらの傾向は聞き取り調査の結果これらの農場は窒素、リン酸および加里、あるいは窒素および加里のみの施用が一般化しており、草地造成時を除いて熔成リン肥、過石、石灰などの土壌改良資材を牧草地に散布したことはほとんどなかったという聞き取り調査の結果と一致した。

その後 1976 年、これまでの検討結果を証明するように乳牛の起立不能症候群の発生率が著しく低下した農場が出現した。この農場における施用肥料要素量と乳牛の起立不能症候群発生率の推移は Fig. 6 のようであった。

すなわち、施用肥料要素量が窒素、リン酸および加里のみのとき、またこれに石灰のみが追加されても乳牛の起立不能症候群発生率は 1973 年には 11%、1974 年 17% および 1975 年には 36% にも達していた。しかし 1975 年に苦土を MgO として 20 kg/ha および 1976 年には 48 kg/ha を施用した。この苦土施用の翌年には乳牛の起立不能症候群の発生率は 4% に激減している。この農場と前述の多発農場の乳牛の起立不能症候群が完全に同一の疾病であるということとはできないが診療カルテからほぼ同一のものと考えられ

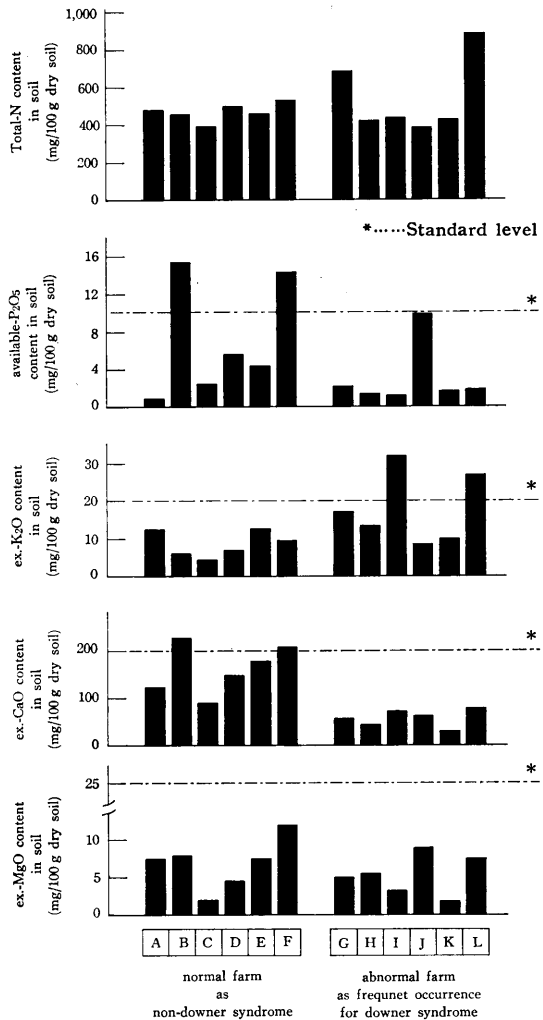


Fig. 5. The relationship between the level of each available element in the soil and the downer syndrome of milking cow in the dairy farm.

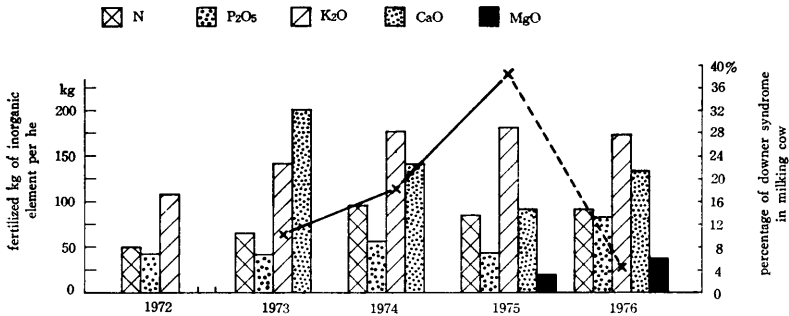


Fig. 6. The relationship between the fertilization history of inorganic elements and the downer syndrome occurrence of the milking cow in the Dairy farm, Konsen-Shibetsu region Hokkaido.

た。したがってこれら乳牛の起立不能症候群多発の大きな要因の一つは土壌あるいは施用肥料の窒素および加里の過剰に加え、苦土石灰の欠除による牧草の苦土石灰含量の不足あるいは窒素および加里の過剰に伴う無機 balance の乱れにあると考えられた。

以上のことから、草地農業における土壌および牧草の無機 balance の乱れと乳牛疾病との間に極めて高い関連が認められた。具体的には土壌の窒素、加里がやや少なく石灰および苦土が比較的多く、牧草体内の $K/Ca + Mg$ (me) ratio がおよそ 3 以下、 Ca/p (%) ratio は 2.7 以上および牧草乾物中 NO_3-N 含量が 0.2 以下のとき乳牛の起立不能症候群は発生しなかった。ところが、土壌の窒素、加里が多く石灰が少なく苦土が少なく、牧草体内の $K/Ca + Mg$ (me) ratio が 3~5.5 と高く、 Ca/P (%) ratio は 1.40~2.46 とやや低く、ときに牧草乾物中 NO_3-N 含量が 0.2 を越え 0.386 にも達するとき乳牛の起立不能症候群が多発していた。そして起立不能症候群が 37% も発生した農場では耕地草地へ苦土を施用することによりその発生率は 4% まで減少した。このことから草地農業における無機 balance が極めて重要であることが確認された。

IV. 摘 要

土壌および牧草の $K/Ca + Mg$ (me) ratio, Ca/P (%) ratio および NO_3-N 含量と乳牛疾病との関連について草地農業現場との関係において検討した。その結果は以下のようである。

1) 根釧 N 町 K 地区における乳牛の起立不能症候群の発生率は地区全体で 1968 年に成牛頭数の 0.9% であったものが年々増加し 1973 年には 3.7% にも達した。

2) 耕地内草地面積がおよそ 0.7 ha/乳牛 1 頭以下の多肥型草地酪農場において乳牛の 10% 以上に起立不能症候群の発生がみられた。

3) 牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio はおよそ3以下, Ca/P (%) ratio は2.7以上および牧草乾物中 NO₃-N 含量は0.2%以下のとき乳牛の起立不能症候群の発生は認められなかったが, 牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio がおよそ3~5.5と高く, Ca/P (%) ratio は1.40~2.46と比較的低いとき乳牛の起立不能症候群が多発した。そのとき牧草乾物中 NO₃-N 含量は0.386にも達したものが認められた。

4) 乳牛の起立不能症候群の発生しない農場の土壌は H₂O-pH が5.12~5.45であり, 全窒素および置換性加里はやや低く, 置換性石灰および苦土含量は CaO として84~262 mg/100 g 乾土, MgO として4~24 mg/100 g 乾土であった。これに対し症候群多発農場の土壌は H₂O-PH が4.70, 4.95のものが認められ, 全窒素および置換性加里含量が比較的多く, 置換性石灰および苦土含量は CaO として35.0~75.6 mg/100 g 乾土, MgO として3.0~18.0 mg/100 g 乾土とかなり少なかった。

5) 土壌の K/Ca+Mg (me) rati と牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio の間にはかなり高い相関が認められた。

6) 別途調査農場の事例では乳牛の起立不能症候群の発生が年々増加し最高37%も発生していたものが苦土を耕地草地へ施用することによってその発生率は4%まで低下した。

7) 以上のことから, 草地農業における土壌および牧草体内の無機 balance の乱れは乳牛の起立不能症候群の多発と極めて高い関連があるものと推定された。

謝辞 本研究を実施するにあたりご協力をいただいた各農場, 農協および共済組合の各位に対し衷心より謝辞を表します。

文 献

- 1) Barnard, J. A. and R., Chayen, 1965. Modern methods of chemical analysis. pp. 1-19, 25-34, 101-106, Mcgraw-Hill, London.
- 2) Bommer, D. F. R., 1969. ヨーロッパにおける草地研究の課題, 日草誌, 15: 105-111.
- 3) 原田 勇, 篠原 功, 1970. 草地農業における無機 balance に関する研究 (第1報) (その1). 酪農大紀要, 3: 262-280.
- 4) 原田 勇, 篠原 功, 1973. 草地農業における無機 balance に関する研究 (第1報) (その2). 酪農大紀要, 5: 15-33.
- 5) Harlan, J. R., 1956. Theory and Dynamics of Grass land Agriculture. D. Van-Nostrand, New York.
- 6) 船引真吾, 青峰重範, 1953. 土壌実験法, pp. 139-144. 養賢堂, 東京.
- 7) 石橋雅義, 1950. 定量分析実験法, pp. 333-339, 富山房, 東京.
- 8) Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis. pp. 159-160, 183-204, Prentice-Hill, Englewood, Cliffs. N. J.
- 9) Kemp, A. T., and Hart, M. L., 1957. Grass tetany in grazing milking cows. Netherland.

- J. Agric. Sci, pp. 5: 4-36.
- 10) 京大農芸化学教室編, 1960. 農芸化学実験書, pp. 1: 247-248. 産業図書, 東京.
 - 11) Maynard and Loosli, Animal nutrition, Sixth edition pp. 157-176. McGraw-Hill, New York.
 - 12) 篠原 功, 1974. 牧草のミネラスバランス, 北海道土壌肥料研究通信, 第 21 回シンポジウム, 草地をめぐる諸問題, 特集号, pp. 33-52.
 - 13) 篠原 功, 原田 勇, 1976. 草地農業における無機 balance に関する研究 (第 2 報), 酪農大紀要, 6: 283-303.
 - 14) 篠原 功, 原田 勇, 1977. 草地農業における無機 balance に関する研究 (第 3 報). 酪農大紀要 7: 111-127.
 - 15) 植物栄養学実験編集委員会編, 1961. 植物栄養学実験, pp. 99, 朝倉書店, 東京.
 - 16) 高橋泰常, 1958. 無機リン酸の Fiske-SudbaRow 法による比良定量, 化学の領域増刊, 34: 8-11.
 - 17) 東大農芸化学教室編, 1960. 実験農芸化学, I. pp. 54-59, 朝倉書店, 東京.
 - 18) Voisin, A., 1963. Grass tetany, pp. 147-153. Crosby-lockwood, London.
 - 19) Wolton, K. M. 1963 N. A. A. S. Rev. 14. 122.

Summary

Because of the importance of efficient management of mineral nutrition in grassland agriculture, as a fourth step in a series of studies, we conducted a case study on the relationships among the levels of available elements in the soil, K/Ca+Mg (me) ratio, Ca/P (%) ratio and NO₃-N concentration in the forage, and milking cow (Holstein) diseases.

A summary of the results is as follows:

1) The Downer syndrome of milking cows showed an increase from 0.9% in 1968 to 3.7% in 1973 in a total number of milk producing cows in the Konsen-Kenebetsu region, Hokkaido.

2) This Downer syndrome was of a frequent occurrence on crowded dairy farms where the pasture plus arable land per head of conversion number of milking productivity was less than 0.7 ha.

3) The minimal mineral balance in dairy farms for normal health of milking cows should have a K/Ca+Mg (me) ratio from 0.99 to 3.30, Ca/P (%) ratio from 2.7 to 3.74 with a NO₃-N content from 0.06 to 0.13 in the dry matter of forage, however the mineral balance in the farms where a frequent occurrence of Downer syndrome of milking cow is seen showed a K/Ca+Mg (me) ratio from 3.17 to 5.50, Ca/g (%) ratio from 1.40 to 2.46, NO₃-N content from 0.14 to 0.38% in the dry matter of forage.

4) The content of nutrients in the dry matter of forage for normal health of milking cows had a total-N percent of 2.25 to 2.90, P₂O₅ of 0.19 to 0.37, K₂O of 2.25 to 4.50, CaO of 0.36 to 0.62, MgO percent of 0.24 to 0.36. But, those in farms of frequent occurrence of Downer syndrome had a total-N percent of 3.10 to 5.15, P₂O₅ of 0.23 to 0.45, K₂O of 4.20 to 6.20, CaO of 0.34 to 0.56, and a MgO percent of 0.16 to 0.25. This forage was gramineous only in the experimental pastures.

5) Each value of the soil chemical characteristics for the dairy farm for normal

health was HO_2 -pH from 5.12 to 5.45, total-N from 390 to 530 mg/100 g dry soil, available phosphate (P_2O_5) from 0.7 to 15.5 mg, exchangeable K_2O from 4.5 to 12.5 mg, exchangeable CaO from 84.0 to 262 mg, exchangeable MgO from 4.0 to 24.0 mg in 100 g dry soil.

But each value of the characteristics for dairy farms with frequent occurrence of Downer syndrome was H_2O -pH from 4.70 to 5.42, total-N from 390 to 880 mg, available phosphate (P_2O_5) from 1.05 to 10.5 mg, exchangeable K_2O from 8.5 to 32.0 mg, exchangeable CaO from 35.0 to 75.6 mg, exchangeable MgO from 3.0 to 18.0 mg in 100 g dry soil.

6) In addition, the K/Ca+Mg (me) ratio of the forage was relative to the exchangeable K/Ca+Mg (me) ratio in the soil with $r=0.723$.

7) The rate of incidence of Downer syndrome decreased from 36% in 1975 to 4% by 1976 an addition of magnesium fertilizer to the soil on dairy farms in the Konsen-Shibetsu region.

8) In conclusion of the study of grassland dairy farming, the maintenance of K/Ca+Mg (me) ratio at less than 3.0, MgO at more than 0.33% NO_3 -N at less than 0.20% in the dry matter of forage, and MgO at rich levels of more than 20 mg in 100 g dry soil is important for the nutrition value of the forage and health of milking cows, and maintenance of milking cow health as a preventive measure of Downer's syndrome.