

ボリヴィア農業総合試験場  
平成9年度  
適正技術研究報告書 vol.1

課題名

サンタ・クルス県における草地改良技術の開発  
—地域別牧草分析（モンテイロ地区）—

JICA LIBRARY



J 1146233 [0]

平成10年8月

ボリヴィア農業総合試験場

JR



平成9年度適正技術開発研究

サンタ・クルス県における草地改良技術の開発  
—地域別牧草分析（モンテロ地区）—

平成10年8月

国際協力事業団  
ボリヴィア農業総合試験場

## 目 次

1. はじめに
2. 地域の概況
3. 材料及び方法
  - (1) 牧草及び土壌の採取
  - (2) 土壌分析法
  - (3) 牧草分析法
4. 結果及び考察
  - (1) 土壌の理化学性
  - (2) 牧草成分
5. 総合考察
6. 草地改良・利用に関する技術指針
7. 要約  
参考文献

## 1. はじめに

南米の熱帯、亜熱帯地域での肉牛生産、酪農は放牧が主体であり、したがってこれら家畜の栄養状態は牧草の量と質に大きく左右され、さらに、牧草の生育や養分含量は、土壌の影響を強く受けることになる<sup>1, 2, 3, 4)</sup>。サンタ・クルス県やその周辺地域も例外ではない。すなわち、家畜や牧草の栄養状態は、土壌からの天然の養分供給に大きく依存する。それゆえ、牧草の栄養価を評価する場合、土壌-牧草-家畜系の観点で捉えていくことが重要となる。

これまで、オキナワ移住地及びサンファン移住地を対象に、放牧草の養分分析、並びに土壌分析をおこない、季節間の比較では、両地域の牧草の粗蛋白質含量やミネラル含量は乾季に高い傾向にあること、一方、再生状況との関係では、粗蛋白質やカリウム、リン含量は、再生後の生育にともなって低下すること、さらには、マンガン含量が、土壌のpHと密接に関係することを明らかにした<sup>5, 6)</sup>。

本報告は、サンタクルス市北部、モンテロ、ウルネス地域の家畜（特に肉牛）の生産性向上に資することを目的に、同地域の放牧草について養分含量と草種や生育状況、土壌条件との関係、さらには牛における牧草ミネラルの過不足について検討し、その結果に基づき草種選定や草地利用、放牧管理に当たって留意すべき点を整理したものである。

なお、本調査は、プロ技「ポリヴィア肉用牛改善計画」との連携活動の一貫として、プロ技側、谷口 豊前専門家、並びにカウンターパートの協力を得て進められた。

## 2. 地域の概況

モンテロ、ウルネス地域は、サンタクルス市の北方、約40-70 kmに位置し、以前は綿やサトウキビの栽培がおこなわれていたが、近年は、乳肉の需要拡大と相まって、近郊酪農や肉牛生産地帯として重要な地位を占めるようになった。周辺は広大な畑作地帯であり、粕類などの農業副産物の利用が普及しつつあるものの、これら大家畜の飼料の大部分は放牧草で賄われている。

本地域の草地は大部分が人工草地で、栽培草種もオキナワ移住地やサン・ファン移住地に比較して多い。Brachiaria系が多くを占めるが、混播などで豆科草を導入している牧場もみられる。

本地域は、すでに調査したオキナワ移住地とサン・ファン移住地のほぼ中間に位置することから、気象条件も両地域の間片的特性を有している。すなわち、本地域の年平均気温24°C前後、年間降雨量1,500-1,600 mm程度である（オキナワ移住地：約1,300 mm、サン・ファン移住地：約1,900 mm）。

## 3. 材料及び方法

### (1) 土壌及び牧草の採取

7箇所を調査対象牧場とし、それぞれ5-10ヶ所から、乾季（8月）と雨季（3月）の2回に分けて、土壌及び牧草試料を採取した。

各牧区でのこれら試料の採取は以下の要領で実施した。すなわち、各牧区についてランダムに10-20ヶ所を選定し、表層20 cmを対象に採土器を用いて採土し、混合してポリ

エチレン袋に取めた。採取試料は分析室に持ち帰り、風乾した後、2 mmのフルイを通して分析に供した。

牧草試料は、土壌採取地点(10~20カ所)で採取した。放牧地の場合は、再生草の採食部(主に葉身)を手でもぎ取るように採取(100~300 g)、これを混合して各牧区別の代表試料とした。また、一部採草地(Taiwan, Elefante)でも葉身部分を分析用試料として採取した。採取後、直ちに現場で生草重量を測定し、分析室に持ち帰った後、さらに60 °Cの温風乾燥器で48時間乾燥した。この乾燥試料を粉碎器で1 mm以下に粉砕し分析に供した。なお、採取した牧草は、Brachiaria系を中心に16品種で一部豆科草も対象とした。

## (2) 土壌分析法

pH、EC(電気伝導度)、全窒素含量、有機物含量、CEC(塩基置換容量)、置換性塩基、土性を、前報と同様すべて公定法に準じて分析した<sup>3)</sup>。

## (3) 牧草分析法

一般成分6項目(水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維、可溶無窒素物、粗灰分)の分析は、公定法に準じて実施した。ミネラル(P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn)は、Naを除いて、乾式灰化法で分析した<sup>3)</sup>。Naについては、試料の灰化時における磁製ルツボからの汚染があるため、0.1 N塩酸溶液で抽出し定量した。

## (4) 可消化養分総量(TDN)の推定

本禾本科草のTDNは、ブラジルの飼料分析データ(暖地型牧草)<sup>7)</sup>から求めた下記の重回帰式によって推定した。

$TDN = 32.84 + 1.221 \times \text{粗蛋白質含量}(\%) + 0.222 \times \text{可溶性無窒素物含量}(\%) + 0.085 \times \text{粗繊維含量}(\%)$

また、豆科草のTDN推定式は、次式によった<sup>7)</sup>。

$TDN = -4.36 + 0.911 \times \text{粗蛋白質含量}(\%) + 1.107 \times \text{粗脂肪含量}(\%) + 0.953 \times \text{可溶無窒素物含量}(\%) + 0.242 \times \text{粗繊維含量}(\%)$

## 4. 結果及び考察

### (1) 土壌の理化学性

土壌の分析結果を表1に示した。

土壌pHは、乾季で5.7~7.9(平均6.5)、雨季で5.5~8.1(平均6.2)の範囲にあり、大部分の草地がpH 5.5~6.5の弱酸性~微酸性を示した。電気伝導度は、乾季で平均77  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、雨季で48  $\mu\text{s}/\text{cm}$ と降雨の少ない乾季に高かった。有機物含量は、乾季、雨季ともに1%以下から5%台の範囲にあり、平均では2~3%のレベルにあった。全窒素含量は、0.1%前後の低レベルにあった。粒径分布は、平均で粘土10%、シルト30%、砂60%を示し、大部分が砂質土壌であった。なかには、砂画分が90%を越える土壌もあった。塩基置換容量は平均8 me/100g前後と低く、したがって、置換性塩基量も全体的に少なかった。有効態リン含量は、1~40 ppmの範囲にあったが、不足が懸念される10 ppm以下の草地が

50 %前後を占めた。

一般に土性は、作物の生産性を大きく支配する透水性や保水性の他、養分含量や養分吸着能などとの関係が深い。この土性を構成する3成分（粘土、シルト、砂）の中では、粘土が化学性や物理性を最も大きく支配すると考えて良い。

供試土壌について、成分相互の関係をみると（表2、3）、粘土含量と塩基置換容量との間に相関がみられ、またこの粘土含量はpH、電気伝導度、有機物含量などとの間にも有意な相関があった。粘土が少なく砂に富む（60 %以上）草地が50 %以上を占め、これら土壌のpHは、6.5以下の微酸性を示した。したがって、本地域における草地土壌の肥沃性を評価する場合、オキナワ移住地やサン・ファン移住地同様、土性に注目することが重要である。

本調査結果及びこれまで一連の調査から、移住地やその周辺地域の草地土壌の土性は、粘土含量50 %以上の粘土質土壌から砂含量が60 %以上の砂質土壌まで変化に富み、土壌全体の養分含量もこの粘土含量に大きく支配されることがわかった<sup>5, 6)</sup>。したがって、牧草養分を土壌の天然供給に大きく依存する本地域では、粘土含量から養分の天然供給能をおおよそ評価できよう。

土壌養分保持能は、塩基置換容量（CEC）で評価するのが一般的であるが、本地域の土壌の場合、粘土含量50 %、20 %、10 %では、CECはそれぞれおおよそ15-20 me/100 g、5-10 me/100 g、3-8 me/100 gであり、pHが6以上の土壌では、塩基飽和度は普通95 %以上ある<sup>5, 6)</sup>。CECが10 me/100 g以下の土壌では、置換性カリ、カルシウム、マグネシウムがそれぞれ、おおよそ0.2、6及び3 me/100g以下のレベルにあり、特に収奪量が多い栽培条件下でのカリの天然供給はほとんど期待できない。

## (2) 牧草成分

再生草採食部（以下放牧草）の一般成分分析結果を表4に示した。粗蛋白質含量は、豆科草で20-25 %前後、禾本科草は10 %前後から15 %前後が大部分を占めた。その他の項目については、特徴的な差異は認められなかった。

禾本科の草種間比較では、*Brachiaria humidicola*と*Tobiatata*の粗蛋白質含量が他の草種に比較して低い傾向にある。前年度までの調査では、地域や試料点数が限られており、成分組成の草種間差を見極められなかった。確かに、サン・ファン移住地の牧草分析結果でも*Brachiaria humidicola*の粗蛋白質含量が他の草種に比較して低い傾向が伺える。また、オキナワ移住地の一農家の*Tobiatata*を分析したところ、粗蛋白質含量4 %の低い値を示した。したがって、これら両品種で粗蛋白質含量が他の草種に比較して低いのは、品種特性と考えてよいであろう。

季節間の比較では、ほとんどの草種で乾季より雨季に高い傾向が認められた。粗繊維含量は、20 %前後から32 %前後の範囲にあり、平均値で比較した場合、乾季より雨季に若干高い傾向を示した。粗脂肪は1 %台の前半から2 %台後半の値を示し、粗灰分は、5 %から13 %の範囲にあったが、平均値でみると両成分の乾季、雨季間の差は小さかった。

禾本科草の粗蛋白質含量において、嗜好性で問題になるとされる下限値6.9 %（窒素含有率で1.1 %）以下の試料が4点みられた。このように粗蛋白質含量が低いのは、土壌の窒素供給能が低いことによると考えられる。前項で述べたように本地域の土壌の全

表1 モンテロ・ワルネス地域の草地土壌の理化学性

分析項目	乾季		雨季	
	平均値	最低値-最高値	平均値	最低値-最高値
pH(H <sub>2</sub> O 1:5)	6.5	5.7 - 7.9	6.2	5.5 - 8.1
電気伝導度 $\mu S/cm$	77	14 - 1252	48	12 - 221
有機物 (%)	2.2	0.9 - 5.3	2.7	0.9 - 5.5
全窒素 (%)	0.10	0.04 - 0.20	0.11	0.04 - 0.23
C/N比	17.0	10.2 - 29.1	11.2	7.0 - 17.0
塩基置換容量 me/100 g	8.3	1.8 - 27.3	7.2	1.8 - 25.9
K me/100 g	0.4	0.1 - 0.8	0.3	0.1 - 1.0
Ca me/100 g	6.3	1.0 - 24.5	5.5	1.0 - 20.0
Mg me/100 g	1.2	0.2 - 3.2	1.0	0.2 - 4.5
Na me/100 g	0.4	0.1 - 4.0	0.3	0.1 - 1.9
塩基飽和度 (%)	95.8	65.2 - 100.0	96.4	86.8 - 100.0
有効態P (ppm)	12.1	2.0 - 41.5	8.3	1.0 - 34.0
粘土 (%)	11	6 - 23	8	1 - 26
シルト (%)	28	1 - 84	33	0 - 85
砂 (%)	61	3 - 91	58	14 - 92

表2 分析項目間の相関関係 (乾季)

項目	pH	電気伝導度	粘土 (%)	有機物 (%)	塩基置換容量	有効態P (ppm)
pH(H <sub>2</sub> O 1:5)	1					
電気伝導度 $\mu S/cm$	0.159	1				
粘土 (%)	0.583	0.427	1			
有機物 (%)	0.530	0.341	0.821	1		
塩基置換容量 me/100 g	0.825	0.250	0.778	0.779	1	
有効態P (ppm)	0.145	0.075	0.107	0.220	0.123	1

n=41 5% > 0.301; 1% > 0.389

表3 分析項目間の相関関係 (雨季)

項目	pH	電気伝導度	粘土 (%)	有機物 (%)	塩基置換容量	有効態P (ppm)
pH(H <sub>2</sub> O 1:5)	1					
電気伝導度 $\mu S/cm$	0.578	1				
粘土 (%)	0.362	0.364	1			
有機物 (%)	0.325	0.655	0.383	1		
塩基置換容量 me/100 g	0.859	0.701	0.622	0.665	1	
有効態P (ppm)	0.047	0.126	-0.229	0.147	-0.001	1

n=42 5% > 0.298; 1% > 0.385



表4 モンテロ地域の放牧草の一般成分組成と栄養価

品 種	季節	乾物	%							Kcal/kg	
			粗蛋白質	粗脂肪	可溶性炭素	粗繊維	粗灰分	TDN	DE	ME	
Brachiaria decumbens	乾季	28.3	9.0	1.6	58.4	22.0	9.0	57.4	2.5	2.1	
		(20.8-37.7)	(6.4-12.5)	(1.3-2.1)	(55.2-61.9)	(19.0-23.7)	(7.5-10.9)	(54.5-60.9)	(2.4-2.7)	(2.0-2.2)	
	雨季	15.9	10.2	1.7	54.2	25.4	8.6	58.2	2.6	2.2	
		(8.6-23.0)	(7.0-15.5)	(1.4-2.5)	(48.6-58.5)	(23.0-27.8)	(7.0-9.6)	(54.8-63.6)	(2.4-2.8)	(2.1-2.4)	
Brachiaria brizantha	乾季	24.5	11.7	1.8	57.1	21.3	8.2	60.3	2.7	2.2	
		(22.4-26.6)	(9.5-13.8)	(1.7-1.9)	(54.9-59.2)	(20.4-22.2)	(7.4-9.0)	(58.2-62.4)	(2.6-2.8)	(2.1-2.3)	
	雨季	12.9	10.0	1.4	50.9	28.6	9.1	57.6	2.5	2.2	
		(7.4-20.6)	(7.6-12.3)	(1.2-1.7)	(49.4-53.6)	(26.0-30.8)	(8.7-9.6)	(55.2-60.3)	(2.4-2.7)	(2.1-2.3)	
Brachiaria humidicola	乾季	25.1	9.4	1.7	55.4	25.2	8.4	57.5	2.5	2.1	
		(22.6-27.6)	(5.3-12.4)	(1.4-2.0)	(52.2-57.7)	(21.6-29.2)	(8.0-8.8)	(53.0-60.5)	(2.3-2.8)	(1.9-2.2)	
	雨季	16.4	9.9	1.8	51.5	29.5	7.3	57.7	2.5	2.2	
		(13.0-20.5)	(7.8-11.8)	(1.5-2.1)	(47.9-55.2)	(27.2-30.7)	(5.7-8.2)	(55.5-59.6)	(2.5-2.6)	(2.1-2.3)	
Brachiaria mutica	乾季	23.3	8.8	1.8	58.3	21.7	9.4	57.1	2.5	2.1	
		(22.2-25.3)	(8.0-9.2)	(1.6-2.0)	(56.4-60.2)	(20.4-23.0)	(9.0-9.8)	(56.4-57.6)	2.50	(2.0-2.1)	
	雨季	11.5	13.5	2.2	50.8	25.9	7.6	61.7	2.7	2.4	
		(10.2-12.8)	(13.4-13.6)	(2.1-2.3)	(50.5-51.2)	(25.5-26.3)	(6.8-8.4)	(61.5-61.9)	2.7	(2.3-2.4)	
Tifton	乾季	30.7	12.8	1.6	52.2	26.1	7.4	61.0	2.7	2.2	
		(28.7-32.7)	(10.8-14.8)	(1.5-1.8)	(51.3-53.0)	(24.8-27.4)	7.4	(58.9-63.2)	(2.6-2.8)	(2.1-2.3)	
	雨季	15.5	16.6	2.0	44.9	28.9	7.7	64.5	2.8	2.5	
		(14.5-16.5)	(15.2-18.0)	(1.5-2.5)	(44.7-45.0)	(26.6-31.2)	7.1-8.2)	(63.0-66.0)	(2.8-2.9)	(2.4-2.5)	
Taiwan	乾季	20.5	3.9	1.7	53.4	32.2	8.9	50.9	2.2	1.8	
	雨季	5.2	14.5	2.3	45.0	26.7	11.5	61.7	2.7	2.4	
		5.2	(13.0-16.0)	(1.7-3.0)	(44.7-45.3)	(22.9-30.6)	(9.5-13.5)	(60.3-63.2)	(2.7-2.8)	(2.3-2.4)	
Tanzania	乾季	-	9.3	2.0	52.8	24.9	11.1	56.8	2.5	2.1	
	雨季	13.6	13.5	1.6	45.5	26.9	12.6	60.6	2.7	2.3	
		(7.2-20.0)	(8.9-18.1)	(1.4-1.8)	(45.4-45.6)	(21.5-32.3)	(11.9-13.3)	(55.4-65.8)	(2.4-2.9)	(2.1-2.5)	
Guinea grass	乾季	27.2	15.2	1.9	53.0	20.9	9.0	63.7	2.8	2.3	
	雨季	16.0	9.9	1.5	47.4	32.7	8.5	57.1	2.5	2.2	
Mani forajero	乾季	24.1	18.7	1.6	53.9	18.0	7.8	65.8	2.9	2.4	
	雨季	4.5	25.6	1.5	44.2	19.6	9.1	67.5	3.0	2.6	
		(3.1-6.0)	(23.9-27.4)	(1.5-1.6)	(42.8-45.6)	(19.2-20.0)	(9.0-9.10)	(67.3-67.7)	3.0	2.6	
Cañuela	乾季	19.8	7.9	1.6	56.9	24.0	9.7	55.9	2.5	2.0	
	雨季	3.9	15.2	2.7	48.5	25.1	8.5	63.2	2.8	2.4	
Tobiota	乾季	29.3	9.6	1.2	51.8	27.4	10.0	57.2	2.5	2.1	
	雨季	23.5	7.4	1.4	47.1	33.1	11.1	54.1	2.4	2.0	
Setaria	乾季	17.5	11.7	2.8	50.9	23.0	11.7	59.2	2.6	2.2	
	雨季	2.6	14.4	2.5	45.0	27.6	10.6	61.7	2.7	2.4	
Glicine	乾季	24.8	20.8	2.1	46.4	22.8	7.9	61.1	2.7	2.2	
	雨季	12.8	25.0	2.0	41.3	22.1	9.7	65.2	2.9	2.5	
Elefante	乾季	30.5	6.5	2.1	56.1	30.7	4.7	54.6	2.4	2.0	
	雨季	12.5	15.1	2.0	42.5	29.1	11.4	62.1	2.7	2.4	
Yaragua	乾季	8.0	14.9	2.1	42.5	27.6	13.0	61.8	2.7	2.4	

上段：平均値、下段：(最軽値-最重値)

窒素含量は平均で0.1%、砂質土壌では0.05%に満たないところもあり、また無肥料で草地管理されていることから、こうした土壌での窒素供給能は極めて低いレベルにあると判断される。

ところで、一般に牧草は、成熟度が増すにしたがって、窒素含量は低下し、逆に粗繊維含量は増大していく。例えば、ブラジルの報告では、*Brachiaria decumbens*では、栄養生長期に12%あった粗蛋白質含量が、結実期には5%に低下し、粗繊維含量は、逆に24%から40%に増大している<sup>7)</sup>。

今回分析した禾本科草(14種、乾季;36点、雨季;40点)の粗蛋白質含量と粗繊維含量との間には、乾季、雨季ともそれぞれ $r=-0.33^*$ (5%水準で有意)、 $r=-0.54^{**}$ (1%水準で有意)の有意な相関関係が認められた。また、現場での観察結果を整理すると、再生初期の葉身は小さく、柔らかで、緑が濃いが、再生後数週間経過した放牧草は、草丈(節間)が伸び、葉身は伸長し大きくなる一方、粗剛で、緑色が淡くなっていた。そして、再生初期の新葉は、再生後日数が経過した葉よりも粗蛋白質含量が全体的に高く、逆に粗繊維含量は低かった。こうした傾向は、サン・ファン移住地の放牧草(*Brachiaria decumbens*)でもみられた<sup>6)</sup>。したがって、再生後の生育にとまなう粗蛋白質含量の低下と粗繊維含量の増大が禾本科草全般に認められるものと考えられる。

次に、放牧草の消化性を評価するため、一般成分に基づく重回帰式から可消化養分総量(TDN)を推定したところ(表4)、乾季の禾本科放牧草のTDNは、50~64%で平均58%、一方、雨季は55~66%で平均60%あった。草種間差は小さく、一般成分組成の場合と同様の傾向を示した。一般に、放牧利用のように頻繁に再生を繰り返す状況下は、TDNの品種間差は小さくなると言われている<sup>8)</sup>。TDN 55%以下は、生育の進んだ放牧草地、さらには刈遅れの採草利用草地(Taiwan, Elefante)から採取された試料に該当する。こうしたTDNの低い飼料は、消化速度が遅く、またエネルギーレベルも低いことから、増体日量の高い肥育や高泌乳は期待できない。一方、試料点数が少ないが、豆科草(*Mani forrajero*, *Glicine*)のTDNは、高粗蛋白質含量を反映して、61~68%と禾本科草より高い水準にあった。

粗飼料の消化性は一般に粗蛋白質含量と粗繊維含量の影響を強くうけるが、今回分析した禾本科草についてもTDN推定値と粗蛋白質含量との間に正の相関、また粗繊維含量との間には負の相関が得られたことから、再生初期にTDNは高く、その後低下していくことが考えられる。なお、今回得られた禾本科草のTDN推定値は、ブラジルにの禾本科草の栄養成長期から出穂期のTDN(56~61%程度)に近かった。

次に、放牧草のミネラル分析結果を表5に示した。まず、禾本科の草種間差についてみると、乾季、雨季ともに*Brachiaria humidicola*と*Setaria*のナトリウム含量が他の草種に比較して顕著に高い。土壌特性との関係を検討した結果、両草種のナトリウム含量は、置換性ナトリウムが多い土壌(置換性ナトリウムで0.2~0.3 me以上)に生育している場合に著しく高まるのに対して、*Brachiaria decumbens*のそれは、置換性ナトリウム含量に関係なく低水準にあった。この他、*Tobiatia*の亜鉛含量が、乾季、雨季ともに11 ppmと明らかに他の草種より低い値を示し、また、銅含量も低い傾向にあった。その他のミネラルについては、明瞭な草種間差は認められなかった。

一方、豆科草の亜鉛含量は30 ppm以上あり、禾本科草の平均レベルより明らかに高かつ

表5 モンテロ地域の放牧草のミネラル含量 (乾燥中)

品種	季節	P	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Zn	Cu	
		(%)					ppm				
Brachiaria decumbens	乾季	0.13 (0.09-0.20)	0.43 (0.33-0.52)	0.22 (0.15-0.27)	0.007 (0.05-0.012)	2.34 (1.88-3.05)	127 (72-204)	164 (27-225)	20 (12-37)	5 (3-6)	
	雨季	0.22 (0.18-0.33)	0.26 (0.22-0.35)	0.18 (0.14-0.22)	0.006 (0.004-0.013)	1.28 (0.90-1.66)	69 (38-177)	99 (52-140)	21 (14-30)	6 (2-8)	
Brachiaria brizantha	乾季	0.15 (0.11-0.19)	0.39 (0.38-0.40)	0.20 (0.19-0.21)	0.005 (0.005-0.007)	2.85 (2.52-3.18)	122 (109-135)	116 (85-146)	20 (16-23)	6 (6)	
	雨季	0.24 (0.18-0.29)	0.25 (0.21-0.28)	0.17 (0.16-0.17)	0.006 (0.005-0.007)	1.50 (1.17-1.85)	106 (61-168)	104 (59-158)	25 (19-32)	6 (5-7)	
Brachiaria humidicola	乾季	0.21 (0.09-0.29)	0.38 (0.29-0.50)	0.24 (0.20-0.33)	0.325 (0.016-0.794)	1.57 (0.99-2.51)	90 (43-137)	91 (38-278)	14 (8-21)	5 (3-6)	
	雨季	0.22 (0.14-0.30)	0.23 (0.12-0.39)	0.16 (0.09-0.20)	0.271 (0.004-0.839)	0.95 (0.63-1.40)	80 (28-133)	89 (46-202)	23 (16-29)	6 (3-9)	
Brachiaria mutica	乾季	0.18 (0.14-0.24)	0.47 (0.33-0.65)	0.26 (0.24-0.29)	0.082 (0.049-0.112)	2.51 (1.93-2.92)	112 (109-118)	79 (29-108)	28 (19-37)	6 (4-7)	
	雨季	0.22 (0.22-0.22)	0.39 (0.35-0.42)	0.18 (0.17-0.20)	0.127 (0.122-0.132)	1.89 (1.87-1.92)	76 (70-83)	87 (72-102)	30 (26-35)	8 (7-8)	
Tifton	乾季	0.19 (0.19-0.20)	0.54 (0.40-0.68)	0.14 (0.13-0.15)	0.010 (0.009-0.012)	1.79 (1.59-1.99)	111 (111)	73 (35-111)	25 (24-26)	6 (5-8)	
	雨季	0.29 (0.25-0.33)	0.41 (0.35-0.47)	0.18 (0.16-0.20)	0.010 (0.008-0.013)	1.14 (1.10-1.18)	118 (109-127)	82 (49-114)	29 (20-38)	10 (9-10)	
Taiwan	乾季	0.13 (0.22-0.36)	0.39 (0.36-0.42)	0.14 (0.16-0.18)	0.003 (0.008-0.010)	2.91 (2.10-2.69)	50 (92-140)	50 (64-111)	24 (27-31)	5 (7-9)	
	雨季	0.29 (0.13-0.39)	0.39 (0.37-0.43)	0.17 (0.17-0.26)	0.009 (0.008-0.010)	2.40 (0.51-1.24)	116 (76-80)	88 (85-123)	29 (11-15)	8 (6-7)	
Tanzania	乾季	0.16 (0.13-0.39)	0.63 (0.37-0.43)	0.21 (0.17-0.26)	0.006 (0.008-0.010)	2.12 (0.51-1.24)	96 (76-80)	137 (85-123)	15 (11-15)	7 (6-7)	
	雨季	0.26 (0.13-0.39)	0.40 (0.37-0.43)	0.22 (0.17-0.26)	0.009 (0.008-0.010)	0.87 (0.51-1.24)	78 (76-80)	104 (85-123)	13 (11-15)	7 (6-7)	
Guinea grass	乾季	0.16 (0.13-0.39)	0.50 (0.37-0.43)	0.21 (0.17-0.26)	0.009 (0.008-0.010)	2.46 (0.51-1.24)	126 (76-80)	28 (85-123)	24 (11-15)	7 (6-7)	
	雨季	0.15 (0.13-0.39)	0.37 (0.37-0.43)	0.11 (0.17-0.26)	0.008 (0.008-0.010)	0.94 (0.51-1.24)	58 (76-80)	37 (85-123)	14 (11-15)	8 (6-7)	
Mani forrajero	乾季	0.13 (0.20-0.21)	1.66 (2.50-2.86)	0.39 (0.50-0.54)	0.005 (0.003-0.005)	1.89 (1.55-1.85)	175 (165-245)	248 (164-297)	43 (32-44)	9 (7)	
	雨季	0.21 (0.20-0.21)	2.68 (2.50-2.86)	0.52 (0.50-0.54)	0.004 (0.003-0.005)	1.70 (1.55-1.85)	205 (165-245)	231 (164-297)	38 (32-44)	7 (7)	
Cañucla	乾季	0.15 (0.20-0.21)	0.38 (2.50-2.86)	0.19 (0.50-0.54)	0.074 (0.003-0.005)	2.51 (1.55-1.85)	118 (165-245)	516 (164-297)	37 (32-44)	6 (7)	
	雨季	0.25 (0.20-0.21)	0.20 (2.50-2.86)	0.13 (0.50-0.54)	0.102 (0.003-0.005)	2.52 (1.55-1.85)	135 (165-245)	116 (164-297)	32 (32-44)	7 (7)	
Tobias	乾季	0.23 (0.20-0.21)	0.46 (2.50-2.86)	0.21 (0.50-0.54)	0.008 (0.003-0.005)	1.80 (1.55-1.85)	130 (165-245)	85 (164-297)	11 (32-44)	6 (7)	
	雨季	0.19 (0.20-0.21)	0.39 (2.50-2.86)	0.23 (0.50-0.54)	0.004 (0.003-0.005)	0.64 (1.55-1.85)	78 (165-245)	42 (164-297)	11 (32-44)	3 (7)	
Setaria	乾季	0.16 (0.20-0.21)	0.67 (2.50-2.86)	0.13 (0.50-0.54)	0.971 (0.003-0.005)	2.72 (1.55-1.85)	136 (165-245)	114 (164-297)	40 (32-44)	9 (7)	
	雨季	0.25 (0.20-0.21)	0.22 (2.50-2.86)	0.13 (0.50-0.54)	0.539 (0.003-0.005)	2.72 (1.55-1.85)	127 (165-245)	171 (164-297)	41 (32-44)	9 (7)	
Glicine	乾季	0.16 (0.20-0.21)	1.41 (2.50-2.86)	0.45 (0.50-0.54)	0.005 (0.003-0.005)	2.38 (1.55-1.85)	181 (165-245)	65 (164-297)	40 (32-44)	8 (7)	
	雨季	0.37 (0.20-0.21)	1.13 (2.50-2.86)	0.37 (0.50-0.54)	0.004 (0.003-0.005)	1.67 (1.55-1.85)	127 (165-245)	45 (164-297)	43 (32-44)	11 (7)	
Elefante	乾季	0.10 (0.20-0.21)	0.28 (2.50-2.86)	0.13 (0.50-0.54)	0.005 (0.003-0.005)	1.55 (1.55-1.85)	156 (165-245)	59 (164-297)	15 (32-44)	5 (7)	
	雨季	0.32 (0.20-0.21)	0.39 (2.50-2.86)	0.24 (0.50-0.54)	0.017 (0.003-0.005)	1.56 (1.55-1.85)	67 (165-245)	211 (164-297)	32 (32-44)	8 (7)	
Yaragua	乾季	0.30 (0.20-0.21)	0.46 (2.50-2.86)	0.14 (0.50-0.54)	0.003 (0.003-0.005)	1.31 (1.55-1.85)	64 (165-245)	148 (164-297)	19 (32-44)	6 (7)	
	雨季	0.30 (0.20-0.21)	0.46 (2.50-2.86)	0.14 (0.50-0.54)	0.003 (0.003-0.005)	1.31 (1.55-1.85)	64 (165-245)	148 (164-297)	19 (32-44)	6 (7)	

上段: 平均値 下段: (最低値-最高値)

この表は、モンテロ地域の放牧草のミネラル含量を示している。表には、品種、季節、および各ミネラルの含量（%とppm）が記載されている。また、各ミネラルの含量の範囲（最低値-最高値）も示されている。この表は、放牧草の栄養価を評価するための重要な指標となる。

た。また、カルシウムやマグネシウム含量も禾本科草より顕著に高く、豆科草としての特徴を示した。

ミネラル含量の季節間の比較では、カルシウムやカリウム、マグネシウムは、雨季り乾季に高い傾向がみられ、リンは逆の結果を得た。この理由は明確ではないが、土壤の置換性塩基が乾季に高まることと関係あるかもしれない(表1)。

乾季、雨季ともに禾本科草における各ミネラルの含量幅は大きく、特にナトリウム、カリウム、リン、鉄、マンガン、亜鉛で顕著ある。例えば、乾季におけるカリウムや亜鉛、リン含量の最高値と最低値の差は2倍以上、鉄、マンガンでは5倍以上ある。ナトリウムに至ってはすでに述べたように、草種間差を反映して100倍以上の差がみられた。

牧草のミネラル含量は、草種の他、生育ステージ、土壤環境などによって変動する<sup>9)</sup>。寒地型禾本科牧草のオーチャードグラスの例では、先に述べた粗蛋白質(窒素)同様、リン、カリウム、亜鉛、マンガン、鉄などの含量も生育が進むにしたがって低下する。他方、植物におけるミネラル吸収は土壤環境の影響を受けやすく、特に鉄やマンガンは、酸性土壤で過剰吸収が起こる一方、pHが高いと植物体のこれらミネラル含量は低くなる。また、亜鉛もpHの高い土壤で作物への可給性が著しく低下するとされている。そこで、禾本科草の各ミネラル含量がどの要因により大きく支配されているのか、窒素も含めて検討することとした。

まず、放牧草のミネラル含量と土壤の理化学性との関係について解析を試みた。その結果、禾本科草のマンガン含量は、乾季、雨季ともに土壤pHとの間に負の相関(乾季 $\gamma = -0.40^*$ , 雨季 $\gamma = -0.53^{**}$ )が認められた。すなわちpHのより高い土壤に生育している禾本科牧草ほどマンガン含量は低い傾向にあった。このようにpHの高い土壤で牧草のマンガン含量が低いのは、一般に知られているように土壤中でのマンガンの溶解度がpHの上昇とともに急激に小さくなるためと考えられる。その他のミネラルについては、土壤の理化学性との間に密接な関係は認められなかった。

次に、放牧草中のミネラル含量相互の関係について検討したところ、禾本科草全体(14種、乾季36点、雨季41点)を対象にしたにもかかわらず、乾季、雨季ともに窒素とリンの間に正の相関( $r=0.50^{**}$ ,  $r=0.73^{**}$ )があり、また雨季には窒素、カリウムとリンの間に正の相関( $r=0.53^{**}$ ,  $r=0.73^{**}$ )が認められた。これらの結果から、草種を問わず暖地型禾本科草は、先の窒素同様、リン、カリウムも再生後、徐々に含量が低下すると考えてよいであろう。また、放牧草のリン含量は、土壤の可給態リン含量との間に正の相関(乾季;  $0.36^*$ , 雨季;  $0.37^*$ )が認められることから、本地域の放牧草のリン含量は、生育状況に加えて土壤のリン供給能の影響も受けていることが推察される。

雨季の亜鉛や乾季のカルシウムでも、窒素との間には正の相関がみられるものの、マグネシウム、鉄については、こうした関係は認められなかった。また、土壤pHの影響を強く受けるマンガンも窒素との間に相関は見られなかった。カルシウムやマグネシウム、鉄、亜鉛は、土壤からの吸収や植物体内での行動様式が窒素やカリウムとは異なることが知られており、したがって再生草でのカルシウム等の含有状況も窒素やカリウムとは異なると考えられる。

以上からモンテロ地域では、放牧草(禾本科)の窒素、リン、カリウム含量は、再生との関係が深く、また一部草種の窒素(粗蛋白質)含量が低い傾向を示した。一方マン

ガンは土壌環境の影響を強く受けることが分かった。また、ナトリウムについては草種間差があり、亜鉛や銅も一部草種で低い傾向を示した。こうしたミネラル含有特性は、先に調査したオキナワ、サン・ファン両移住地の放牧草でも認められた<sup>5, 6)</sup>。

ここで、本地域の放牧草のミネラル含量と反すう家畜、特に肉牛のミネラル要求量との関係を見ると(表6)、カリウム、鉄、マンガンは乾季、雨季ともに要求濃度をほぼ満たしていたが<sup>10, 11)</sup>、リンは乾季で100%近く、雨季には60%が要求濃度以下であった。カルシウムは乾季に6%、雨季には50%以上が要求濃度を下回った。またマグネシウムも乾季で30%、雨季で68%が要求濃度以下で、ナトリウムは乾季、雨季とも、95%以上が要求濃度に遠く及ばなかった。微量ミネラルである亜鉛、銅も乾季、雨季ともに70%以上が要求濃度を下回っていた。

カリウムは、家畜にとって欠くことのできないミネラルである。しかし、牧草のカリウム含量が上昇すると、カルシウム、マグネシウムの吸収が拮抗的に抑制され、 $K/(Ca+Mg)$  当量比は上昇する。この $K/(Ca+Mg)$  比の高い牧草を家畜に供給すると、往々にしてグラスステタニーと呼ばれる疾病にかかることとされ、その発生危険限界比率は2.2程度とされている<sup>12)</sup>。分析試料の $K/(Ca+Mg)$  比は雨季のカリウム含量の高い放牧草で最高3.2、乾季では最高2.3を示したが、大部分が1.5以下であることから、モンテロ地域では、本症発生の危険性はほとんどないと判断される。

## 5. 総合考察

調査対象7牧場の放牧草を観察すると、乾季、雨季ともに過放牧状態の牧場が2、3軒あったが、放牧適期が遅れている牧場は見られなかった。過放牧の禾本科草地は、草丈が5-10 cm以下と低く、再生葉の数も少なく貧弱であった。また、豆科草の草勢も一般に貧弱であった。適切な放牧がおこなわれている禾本科草地は、草丈が20-30 cmで、良く分けつしており、草冠の繁茂状態も良好であった。

こうした放牧草の再生と関連して、各成分の平均含量が乾季と雨季でそれほど大きな差がないのが注目される。これは、葉身が大部分を占める採食部を分析したためであろう。放牧草は短期間に再生を繰り返しており、今回の分析結果から季節間差よりも再生過程での養分含量の変動の方が大きいと判断される。もし、地上部全体を対象にすれば、季節間の差がみられるかもしれない。

草種の選定にあたっては、土壌条件や生育特性、養分水準、嗜好性、蹄圧抵抗性などが重要な因子となるが、サンタ・クルス県での肉牛生産は周年放牧が主体であり、こうした生産形態に適した牧草としては、栄養価が一定レベル以上で、年間の生産量が高く、かつ季節間で生産量の変動が少ない草種が選定の対象となろう。

モンテロ地域では最近、人工草地への関心が高まり、イネ科牧草、特に *Brachiaria decumbens* を導入する農家が増加しつつある。本草種は、ポリヴィアやその周辺国の熱帯、亜熱帯地域に普及している代表的暖地型の短草型イネ科草であるが、一般に栄養価が低いとされている。これは、同草種が土地を選ばず、地力の低い酸性土壌にも良く適応する一方、生育ステージが進むと茎の割合が増大し、窒素その他の養分含量が大きく低下すると言った特徴を有するためである。今回の再生草の分析結果でも再生過程での養分低下が示唆された。

表6. モンテロ地域におけるミネラル要求濃度以下の放牧草割合

	放牧牛の 要求濃度	季節	放牧草のミネラル 含量 (中央値)	要求濃度以下 の割合 (%)
P	0.25 (%)	乾季	0.16	97
		雨季	0.22	58
Ca	0.3 (%)	乾季	0.42	6
		雨季	0.27	55
K	0.60-0.80 (%)	乾季	2.26	0
		雨季	1.22	3
Mg	0.2 (%)	乾季	0.21	28
		雨季	0.17	68
Na	0.06 (%)	乾季	0.008	83
		雨季	0.008	78
Fe	30 (ppm)	乾季	111	6
		雨季	80	3
Mn	30-40 (ppm)	乾季	113	8
		雨季	96	0
Zn	30 (ppm)	乾季	21	83
		雨季	24	73
Cu	10 (ppm)	乾季	5	100
		雨季	7	95

\*; 乾季36試料、雨季40試料

しかし、*Brachiaria decumbens*は適期に放牧すれば栄養価もそれほど低くなく（採食部の粗蛋白質含量平均12%前後、TDN 58 %以上を確保できる）、かつ嗜好性も悪くない。また、本草は再生状況から、モンテロ地域で適応性が高いと判断され、放牧草として本地域で推奨できる草種の一つとして挙げられる。

一方、*Brachiaria humidicola*と*Tobiatata*は、今回の分析結果から粗蛋白質含量で10 %以上を期待できない草種であり、その上*Brachiaria humidicola*はナトリウムの集積、*Tobiatata*は低亜鉛含量（10 ppmをやっと越える程度で放牧家畜の要求レベルを大きく下回る）が問題となる。両草種は、再生草でも生育が進むと嗜好性は低下するようである。さらに*Ginea grass*は、乾季の再生が極端に悪く、同季の放牧に適さない草種である。したがって、これら草種の利用にあたっては、以上述べた特性を認識した草地管理、放牧管理が必要である。

この他の禾本科草種は、生育状況や分析結果から判断して、本地域の適応草種として普及可能であろう。ただし、現地調査からは、長期間冠水しやすい草地には、*Brachiaria humidicola*や*Brachiaria mutica*、*Canuela*などの栽培に限られよう。*Brachiaria humidicola*は、低地（湿地）での適応性が高く、サンタ・クルス県でも普及しつつある。豆科草としては、今回分析対象とした*Mani forrajero*や*Glicine*が候補に挙げられるが、草勢などから、長期間の放牧に耐えうるのか検討を要する。なお、南米では、牧草の適応性は、CIAT（コロンビア国際熱帯農業研究センター）の調査基準に従い、昆虫害、病害、残存株数で判定するのが一般的であり<sup>21</sup>、この判定で適応性の高い草種が選択され、さらに嗜好性や栄養的側面が評価されることになる。

今回分析した放牧草のミネラル含量について家畜の要求濃度との関係でみると、カリウム、マグネシウム、鉄、マンガンは牛の要求濃度を満たしているが、一部試料で鉄、マンガンが過剰みであった。一方、リンやカルシウム、ナトリウム、亜鉛、銅は大部分の分析試料で、家畜の要求濃度に達していないことが明らかとなった。*Brachiaria humidicola*や*Setaria*を除く各草種のナトリウムは、要求濃度に遠く及ばなかった。両草種のナトリウム含量が8,000 ppmを越える例もあり、反すう家畜におけるミネラル栄養バランスの面から検討が必要となろう。

これら以外で反すう家畜に必要なミネラルは、コバルト、セレン、よう素、モリブデン等であるが、この中でよう素は、本移住地のみならず、ポリヴィアの全域で欠乏が問題となるミネラルである。すなわち、ポリヴィアは、南米大陸の内陸部に位置するため、雨水からのよう素の供給は極端に少なく、よう素が恒常的に不足する地域である。何らかの形でよう素を補給しなければ、生後間もない子牛によるよう素欠乏の症状が発症する確率は極めて高く、早期の対応を怠ると成育遅延、場合によっては死に至り、大きな生産損失を招くことになる。

さらに、本地域のような酸性土壌が広く分布する地帯では、牧草のセレン含量は家畜の要求レベル（0.1 ppm）に達しないことが多い。コバルトも本地域の牧草に必要な量（0.1 ppm）含まれていない可能性がある。モリブデンについては、一般に指摘されているように、家畜での欠乏を危惧する必要はないであろう。

家畜のミネラルの不足は、草地の適切な肥培管理で間接的に克服できるが、コストや労力を考慮すれば、この方法はミネラル欠乏で牧草の生育が著しく悪い場合に限られよう。

家畜にのみミネラル不足の問題がある場合は、家畜へのミネラルの直接補給（自由摂食）が奨励される。

表7には、牛（肉用牛）のミネラル要求量をもとに、モンテロ地域の草地に放牧されている牛のミネラル摂取不足量を試算し、さらに体重400 kgの放牧牛が50 gのミネラル飼料を摂取するとして、この中に含まれるべき各ミネラルの含量を求めた結果を示した。

鉄とマンガンは、要求レベルを大きく越える例もあり、ミネラル飼料による補給は必要ないと判断される。また、カリウムも補給しなくてよいであろう。リンとカルシウム源には、リン酸第二カルシウムを、マグネシウム、亜鉛、銅、コバルトの給源としては、イオウの補給も考えれば、硫酸塩の使用が推奨される。セレン源としては亜セレン酸ナトリウム、よう素源はよう化カリウムが適当であろう。塩素は、塩から補給されるので、量的に不足することはない。各ミネラルとも種々の化合物があるが、生体内で吸収性が高い化合物を選択すべきであろう。

ミネラル飼料を自由摂取させる場合、嗜好性の観点から、塩の含有量は最低でも30~40%必要とされている。本飼料の調製にあたっては、塩が40%近く含まれており、嗜好性の面からは問題ないと判断される。

表8には、ポリヴィアで販売されているミネラル飼料の成分組成を示した。多量ミネラル、微量ミネラルともに、製品により含量差が大きい。表7に示したミネラル飼料に含まれるべき量に比較して、全体的にリンが少なく、逆にカルシウムが高い。また、鉄が2~3%含む製品がある一方、銅や亜鉛含量は低すぎる。ただし、家畜のミネラル要求量は、維持、成長、妊娠、泌乳などの生理状態、飼料中のミネラルの化学形態、或いは飼料中の各ミネラルの含有比率など、様々な要因によって変動するので、この点を考慮して成分組成を評価する必要がある。例えばリンとカルシウムの含有比率であるが、反すう家畜においては、リン摂取量が要求量を満たしていれば、飼料のリン：カルシウム比率が1：1から1：7程度までは問題ないとされている。一方、鉄の摂取量が増大すると、拮抗作用によりリン、それに亜鉛やセレンなどの吸収は低下することが知られている<sup>1)(2)</sup>。ミネラル飼料の調製或いは購入にあたっては、こうした点に注意する必要がある。

ポリヴィアでの肉牛、乳牛の飼養管理において、岩塩による塩分補給はほぼ定着しているものの、塩以外のミネラル補給を積極的に実施している農家は少ない。ミネラルの摂取不足や潜在的欠乏状態では、典型的な症状がみられるのは稀であり、増体の停滞や繁殖率の低下など、他の疾病と区別が付きにくく、その上ミネラルを補給してもすぐに効果が現われにくいからであろう。

今回の調査結果から、モンテロ地域の禾本科放牧草のTDN（可消化養分総量）や窒素、リン、カリウム含量は、再生状況と密接に関係していることが示唆された。また、ナトリウム含量は品種と、マンガン含量は土壌のpHと密接に関係していた。そして放牧草のリンやカルシウム、亜鉛含量の平均レベルは、家畜の要求レベルに達していない一方、鉄やマンガンは家畜にとって過剰ぎみの例もみられた。こうしたことから、放牧家畜の生産性向上には、放牧草地の土壌特性を認識し、牧草の品種や再生状況と栄養価との関係にも十分配慮して、放牧管理することが不可欠と考える。

95年度に調査したオキナワ移住地の放牧草（主にGinea grass）では、リンやカルシウム、マグネシウムは放牧家畜の要求濃度を満たしていたが、鉄、マンガンは要求濃度よ



表7 モンテロ地域の放牧牛に適した鉱塩のミネラル組成

	要求濃度	要求量* (牧草 乾物9kg中に 含有すべき量)	牧草(乾物)9kg中 の量(乾季、雨季の 中央値)	不足量	調製ミネラル 飼料50g中の 添加量	調製ミネラル 飼料1kg中の 添加量
P	0.25%	22.5 g	16.2 g	6.3 g	6.3 g**	126 g
Ca	0.30%	27.0 g	31.5 g (21.6g)***	不足なし (5.6 g)	5.6 g**	112 g
Mg	0.20%	18.0 g	17.1 g	0.9 g	1.0 g	20 g
Na	0.06%	5.4 g	0.72 g	4.7 g	7.5 g	140 g
K	0.80%	72.0 g	156.6 g	不足なし		
Fe	30 ppm	270 mg	864 mg	不足なし		
Mn	40 ppm	360 mg	945 mg	不足なし		
Zn	30 ppm	270 mg	207 mg	63 mg	70 mg	1,400 mg
Cu	10 ppm	90 mg	54 mg	36 mg	40 mg	800 mg
Co	0.1 ppm	9 mg			5 mg	100 mg
Se	0.1 ppm	9 mg			5 mg	100 mg
I	0.5 ppm	45 mg			45 mg	900 mg
S	0.15%	13.5 g				

\* ; 400 kgの放牧牛が乾物換算で9 kgの牧草と、50 gのミネラル飼料を摂取すると仮定。

\*\* ; リン酸第二カルシウムとリン酸第一カルシウムで調製。

\*\*\* ; Caの ( ) 内の値は、要求濃度以下を示す分析値の平均。

この値に基づき不足分を算出し、ミネラル飼料への添加量を決めた。

理由は、Ca含量が要求濃度を大きく下回る放牧地で家畜にCaを補給するため。

表8 市販ミネラル飼料(鉍塩)の成分組成

試料番号	P	Ca	Na	K	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn
	%						ppm			
1	0.5	11.4	22.7	0.1	1.1	0.4	27830	460	65	1614
2	3.1	6.4	27.2	0.1	0.6	0.3	2970	406	34	208
3	3.8	15.2	18.3	0.1	0.7	0.6	7270	461	447	1677
4	4.3	14.3	18.8	0.1	0.4	0.6	22180	467	371	1268
5	5.0	15.8	19.2	0.1	0.8	0.7	5340	4180	2040	241
6	3.4	13.6	19.6	0.1	0.6	0.6	7250	364	144	1740
7	4.5	16.6	16.5	0.1	0.8	0.6	8330	397	457	41
8	3.5	11.2	20.1	0.1	0.5	1	2580	475	1154	226
9	0.7	6.7	17.0	0.1	0.3		502	221	-	2107
10	1.7	7.7	18.6	0.1	0.3		942	168		1466
11	4.2	2.1	31.8	0.1	0.1		969	863	788	1634
12	0.0	44.4	2.8	0.8	1.1		6777	495	51	27

資料出典: 日本飼料工業協会編『飼料成分表』(昭和40年) 10頁  
 資料出典: 日本飼料工業協会編『飼料成分表』(昭和40年) 10頁  
 資料出典: 日本飼料工業協会編『飼料成分表』(昭和40年) 10頁  
 資料出典: 日本飼料工業協会編『飼料成分表』(昭和40年) 10頁  
 資料出典: 日本飼料工業協会編『飼料成分表』(昭和40年) 10頁

り低く、また亜鉛も著しく低かった<sup>5)</sup>。一方、サンフアン移住地の放牧草（主に *Brachiaria decumbens*）では、リンやカルシウム、亜鉛は不足みであるのに対して、鉄、マンガンは過剰とみられるものもあった<sup>6)</sup>。牧草のこうしたミネラル含有特性は、土壌の理化学性と密接に関係しており、したがって放牧家畜へのミネラル補給は、その地域の土壌特性を見極めて使用すべきと判断される。

ところで肉用牛の肥育は、粗飼料と濃厚飼料の組み合わせが一般であるが、サンタ・クルス県での濃厚飼料（農業副産物）の生産と流通は不安定であり、またコストの面からも放牧による肥育が安定した技術として奨励される。

ポリヴィア農業総合試験場では、肉用牛肥育技術の確立の一貫として、*Ginea grass*草地と *Brachiaria decumbens*草地での放牧肥育試験「ネロール種の短期肥育試験」を草量の多い雨季に実施したが、平均300 kg前後の雄牛20頭を計19 ha（8牧区）に平均3.2回、15.2日の120日間の輪換放牧、ミネラルの補給の条件下で、増体日量0.8 kg以上を確保している<sup>13)</sup>。この試験は、既存の草地で実施しており、一部牧区は雑草侵入などで荒廃化していたが、適切な放牧管理で今回のような良好な結果えられた。これら放牧草の栄養価は、粗蛋白質含量が平均10%前後、TDNは60%前後であった。実際は、葉身の先端部分の採食割合が高いことから、養分摂取量はさらに多かったと推定される。これまで分析した放牧草の粗蛋白質含量は、平均で10%前後、TDNは59-60%あり、今回の放牧肥育に使用した放牧草の養分レベルと大差ない。

以上から、本地域で栽培されている禾本科牧草を対象にした場合、基本的には草量が確保できる雨季が対象となるが、栄養価の高い若い再生草を十分に採食させることができれば、濃厚飼料を補給することなく放牧のみで肥育が可能と判断される。さらに、豆科草、豆科混播草が放牧利用できれば、肥育効果はさらに高まるであろう。当然、鉱塩によるミネラルの補給は欠かせない。

今後ともポリヴィアでは、コストの関係から無肥料での草地造成・管理が基本となろう。無肥料で管理されている草地では、青刈りや乾草生産の継続は、土壤養分の取奪を促進するため、短期間で牧草地上部の窒素やカリウムが急速に低下し<sup>13)</sup>、牧草生育に影響するだけでなく、家畜飼料としての養分バランスを崩すことになる。特に、砂質、シルト質土壌では、これら養分の天然供給不足に注意すべきである。

現在までのところ、ポリヴィアの畜産技術者や農家への草地管理や放牧管理に関する情報提供は十分とは言えない。家畜の生産性向上の観点から今後、こうした情報を農業関係者に対して積極的に提供していく必要がある。

## 6. 草地改良・利用に関する技術指針

今年度の調査も含めて、これまでの3年間にわたる地域別牧草養分調査結果、さらにはCETABOLにおける関連の試験・研究成果から、サンタ・クルス地域における草地改良・利用の技術的指針を整理すれば以下の通りである。また、次頁には技術指針を表にして示した。

本地域での牧草栽培は、禾本科草が主体であり、豆科草の栽培は極めて限られている（*Glicine*, *Mani forrajero*など）。豆科の種子は、入手しにくいのが最大の問題である。したがって、ここでは禾本科草を対象とした指針を整理することとした。

サンタ・クルス県における草地改良・利用指針

1. 利用目的別草種選定

利用目的	土壌条件	草型	草種	備考
放牧	砂質、シルト質、粘土質	短草	Brachiaria Decumdensなど 選択の幅が広い。	乾季と雨季の草量差の小さい草種を選択すべき。
採草 (青刈り、乾草)	粘土質	短草、長草	Brachiaria Decumdens; Taiwanなど 選択の幅は広い。	無肥料で刈取りを継続する場合、窒素やカリの不足に注意。

砂質、シルト質及び粘土質の区分は、それぞれ粘土含量 (15%, 16-30%及び) 30%を目安とする。

2. 土地条件別

土地条件	Na集積の有無	草型	草種	備考
排水良好	無	短草、長草	Burachiaria decumbens など選択の幅は広い。	
	有		Setaria以外の草種	Naが異常集積しない草種を選択すべき。
湿地	無	短草、長草	Brachiaria humidicola, Brachiaria muticaなど 選択草種は限られる。	
	有		Brachiaria muticaなど 選択草種は限られる。	Naが異常集積しない草種を選択すべき。

Na集積の有無；置換性Naが、0.3 me/100 g以上の土壌

3. 草地造成・管理

造成・管理	対応指針	備考
草地造成・播種	耕起；乾季の終りに耕起・整地し、雨季のはじめの降雨後、トラクターが走行できる時期を見計らい、播種する。 播種；播種深度は、禾本科草で1 cm以内、豆科は2 cm程度が適当。	
草地管理	放牧草 (短草型)；草丈25-35 cmで放牧し、二度食いさせない。電気牧柵などの利用して、可能な限り牧区を細分化する。 採草；短草型は、30-40 cmをめどに刈り取る。長草型は、草丈150 cmをめどに刈り取る。	草丈が伸び、茎の節間が伸長してくると、栄養価が急速に低下する。したがって、葉の割合を高めるように可能な限り高刈りすべき。
放牧管理	塩の補給；岩塩での補給が一般的であるが、なるべく粉碎した方がよい。 鉍塩によるミネラル補給；土壌の性質にかかわらず、亜鉛、銅、よう素の補給は欠かせない。草地土壌が酸性の場合は、鉄やマンガンの補給を抑制し、リンやカルシウム、セレンの補給に重点を置くべき。草地土壌がアルカリ性の場合は、鉄、マンガンの補給に重点を置く。	普通、放牧草はナトリウムのみならず、他のミネラルも不足しているため、塩 (30%以上含む) に他のミネラルを添加した鉍塩で補給するのがよい。ミネラルの補給で、繁殖率や増体量の向上、疾病抑制や子牛の死亡率低下が期待できる。

禾本科草種の選定に当っては、乾季、雨季の生育量の差が小さく、かつ草地管理、放牧管理の面から短草型が推奨される。土壌は、砂質、シルト質、粘土質に区分した場合、砂質、シルト質土壌の草地では、無肥料での青刈り、乾草調製を3年以上続けると、窒素、カリを中心とした養分不足が問題になる。粘土質土壌でもこれら養分が不足しないよう注意する必要がある。雨季に冠水しやすい草地では、湿地に強い草種（例えば、*Brachiaria Humidicola*, *Burachiararia Mutica*など）の栽培が推奨される。

酸性土壌の草地では、家畜に対してリンやカルシウム、セレンを中心としたミネラルの補給が必要であり、中性やアルカリ性土壌の草地でも牧草ミネラルの過不足に合わせたミネラル補給が欠かせない。その他、栄養価の高い草冠を採食させ、かつ二度食いさせない放牧管理、草地管理に心がけるべきである。

草地造成や播種法については、今回の調査・研究の対象にしていなが、土壌特性（一般に硬く、特に水分が少ない時に破細しにくく、この場合、種子が土塊下部に落ち込み、発芽しにくくなる。）や気象条件などから判断して、以下の要領で耕起、播種するのが適当であろう。すなわち、乾季の終りに耕起し、整地した状態で降雨を待ち、降雨後、トラクターの走行可能な時期を見計らって播種すれば、発芽率が高く、その後の生育も順調に展開する。降雨の問題から乾季の播種はさけるべきである。

（以下は非常に薄い文字で印刷された、ほとんど読み取れない内容です。これはおそらく複製時の誤りか、極度の低解像度によるものです。）

（以下は非常に薄い文字で印刷された、ほとんど読み取れない内容です。これはおそらく複製時の誤りか、極度の低解像度によるものです。）

## 7. 要約

家畜（特に肉牛）の生産性向上に資するため、サンタ・クルス市近郊モンテロ地域の人工草地を対象に、放牧草（再生草採食部；主に葉身）の成分分析と土壌の理化学分析をおこない、放牧草の養分含量と草種、生育状況、土壌の理化学性との関係、牛に対する放牧草の栄養水準、ミネラルの過不足などについて検討し、草種選定や草地利用、放牧管理に当たって留意すべき点（技術指針）を整理した。

- 1) 本地域の土壌は、粘土含量が多いほど塩基置換容量が高く、また、砂画分が60%以上を占める土壌のほとんどがpH6以下を示すなど、本地域の草地土壌が土性に大きく支配されていることが伺われた。砂質土壌、シルト質土壌は、窒素やカリ、リンを中心に養分の天然供給に限界のあることを指摘した。
- 2) 供試放牧草 (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria mutica*, *Tanzania*, *Tobiata*など) の一般成分組成 (粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維、粗灰分等) では、*Brachiaria humidicola*, *Tobiata*の粗蛋白質含量が乾季、雨季共に平均9%台のレベルで、他の草種に比較して低い傾向が認められた。
- 3) 禾本科草について、再生状況と粗蛋白質 (窒素) 含量、粗繊維含量との関係を検討した結果、再生後の成長にともなう窒素含量の低下と粗繊維含量の増加が示唆された。
- 4) 重回帰式から推定した放牧草の可消化養分総量 (TDN) は、禾本科草 (乾季; 平均59%, 雨季; 平均58%) より豆科草 (乾季; 平均63%, 雨季; 平均66%) で高かった。禾本科草のTDNは、再生後の成長にともなって低下するものと考えられた。
- 5) 放牧草のミネラルでは、ナトリウムで顕著な草種間差が認められ、置換性ナトリウムの高い土壌に生育する*Brachiaria humidicola*及び*Setaria*はナトリウム含量が8,000 ppmを越えた。また、*Tobiata*の亜鉛と銅含量が他の草種に比較して低いレベルにあった。禾本科草のカリウム、リンは窒素同様、再生後低下していくことが示唆された。一方、禾本科草のマンガン含量は土壌pHの影響を強く受けることがわかった。なお、豆科草の亜鉛含量は、禾本科草より高いレベルにあった。
- 6) 本地域の放牧に適した草種としては、*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria burizanta*, *Brachiaria mutica*などが挙げられた。一方、Guinea grassは乾季の生育停滞のため、また、*Brachiaria humidicola*や*Tobiata*は、家畜に対する栄養面で問題のあることが指摘された。
- 7) 肉牛のミネラル要求量との関係を検討した結果、放牧草のカリウム、鉄、マンガンは要求濃度を満たしていたが、ナトリウムや亜鉛、銅は90%以上の放牧草で、リンは70%の放牧草で要求濃度を下回った。また、カルシウムやマグネシウムも多くの放牧草で要求濃度に達しなかった。
- 8) モンテロ地域を対象にした場合、放牧家畜には、食塩の他、多量ミネラルとしてリン、マグネシウム、さらに微量ミネラルとして亜鉛、銅を補給すべきであり、この他、イオウ、コバルト、よう素、セレンなどの不足が懸念された。これらミネラルの補給には、食塩に不足ミネラルを必要量添加した鉱塩を購入或いは調製して対応すべきことを指摘した。

9) 現在、本地域で栽培されている禾本科牧草を対象にした場合、栄養価の高い生育段階にある再生草を必要量採食させることができれば、ミネラルの補給のみで放牧肥育(増体日量0.7~1.0 kg)が可能と考えられた。

10) これまでの地域別牧草分析結果、CETABOLにおける関連の試験成績などから、サンタ・クルス地域での草地改良・利用に関する技術的指針を土壌タイプや利用目的、放牧管理などとの関係で整理した。

11) 本報告書に添付した資料(1)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(2)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

12) 本報告書に添付した資料(3)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(4)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

13) 本報告書に添付した資料(5)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(6)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

14) 本報告書に添付した資料(7)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(8)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

15) 本報告書に添付した資料(9)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(10)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

16) 本報告書に添付した資料(11)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(12)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

17) 本報告書に添付した資料(13)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(14)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

18) 本報告書に添付した資料(15)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(16)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

19) 本報告書に添付した資料(17)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(18)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

20) 本報告書に添付した資料(19)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(20)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

21) 本報告書に添付した資料(21)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(22)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

22) 本報告書に添付した資料(23)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(24)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

23) 本報告書に添付した資料(25)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(26)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

24) 本報告書に添付した資料(27)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(28)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

25) 本報告書に添付した資料(29)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(30)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

26) 本報告書に添付した資料(31)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(32)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

27) 本報告書に添付した資料(33)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(34)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

28) 本報告書に添付した資料(35)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(36)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

29) 本報告書に添付した資料(37)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(38)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

30) 本報告書に添付した資料(39)は、本報告書の作成に用いた資料のリストであり、(40)は、本報告書の作成に用いた資料のリストである。

## 参考文献

- 1) 国際農林業協力協会：海外畜産事情調査報告書—ボリヴィア—、1993
- 2) 国際協力事業団：パラグアイ家畜繁殖改善計画アフターケア総合報告書、1995
- 3) Shinsuke Kobayashi et al: Problemas de elementos de pasturas en el Paraguay, Veterinaria (Revista Ciencia e Informativo del Paraguay), 61, 1989
- 4) Proyecto de Mejoramiento de la Reproduccion Animal en el Paraguay: Tabla de Composicion de Alimentos en el Paraguay, Universidad Nacional de Asuncion - Agencia de Cooperacion Internacional del Japon, San Lorenzo,Paraguay, 1995
- 5) ボリヴィア農業総合試験場（国際協力事業団）：オキナワ移住地におけるギニアグラスを中心とした牧草分析および土壌分析データ集、1996
- 6) ボリヴィア農業総合試験場（国際協力事業団）：サンタ・クルス県における草地改良技術の開発—地域別牧草分析（サン・ファン移住地）—、1997
- 7) Nuricao Editora e Publicitaria Ltda: Normas e padroes de Nutricao e Alimentacao Animal, Cromografica Editora Ltda., Curitiba-Parana, Brasil, 1992
- 8) 雑賀優：オーチャードグラスの消化率、後藤寛治編、草地の生産生態、文永堂出版、pp. 82-102、1987
- 9) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：草地におけるミネラルの分布と動態に関する研究、研究成果、106、1978
- 10) L.R. McDowell et al: Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales, 3 ed., Universidad de Florida, 1997
- 11) L. R. McDowell: Nutrient of Grazing Requirements of Ruminants, In "Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates"(L. R. McDowell ed.), pp.21-36, ACADEMIC PRESS, INC., 1985
- 12) 尾形昭逸：牧草、作物比較栄養生理（田中明編）、学会出版センター、pp. 229-259、1982
- 13) ボリヴィア農業総合試験場（国際協力事業団）：1996年度試験成績概要書、1997
- 14) ボリヴィア農業総合試験場（国際協力事業団）：1997年度試験成績概要書、1998





管理が良好なBrachiaria decumbens草地



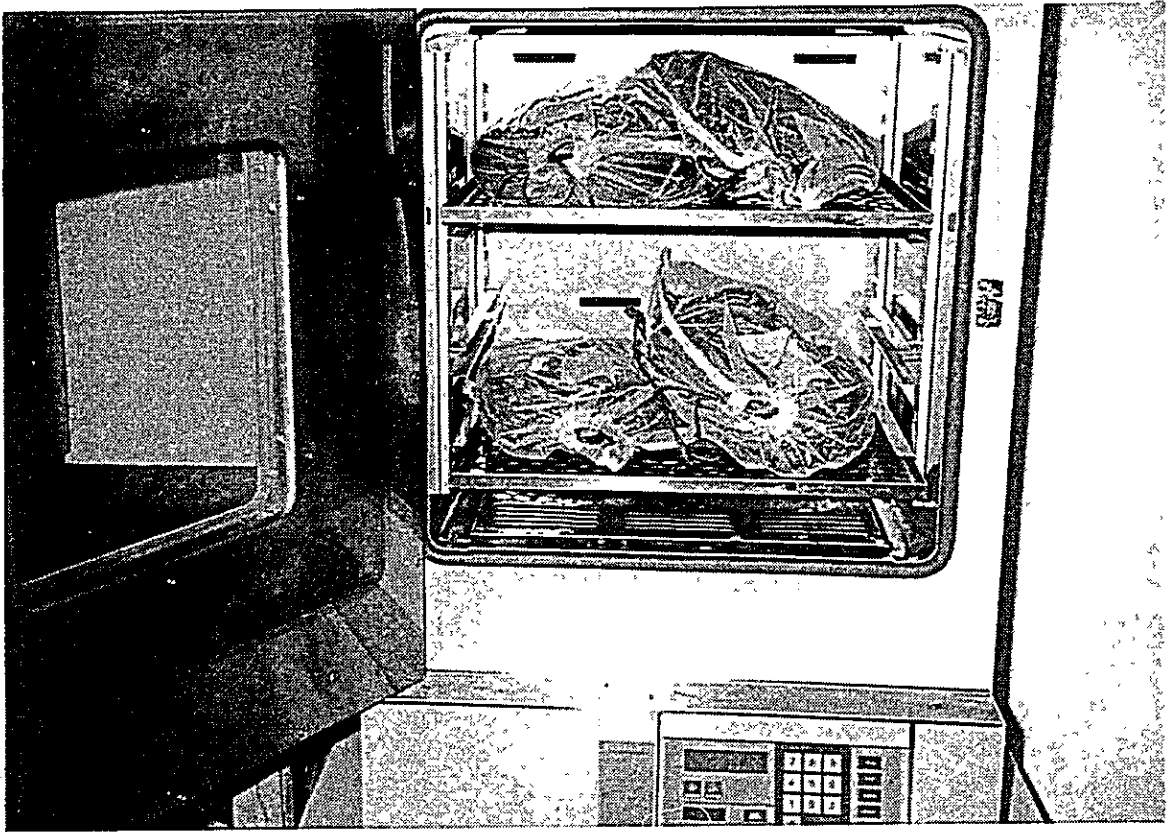
過放牧状態の草地



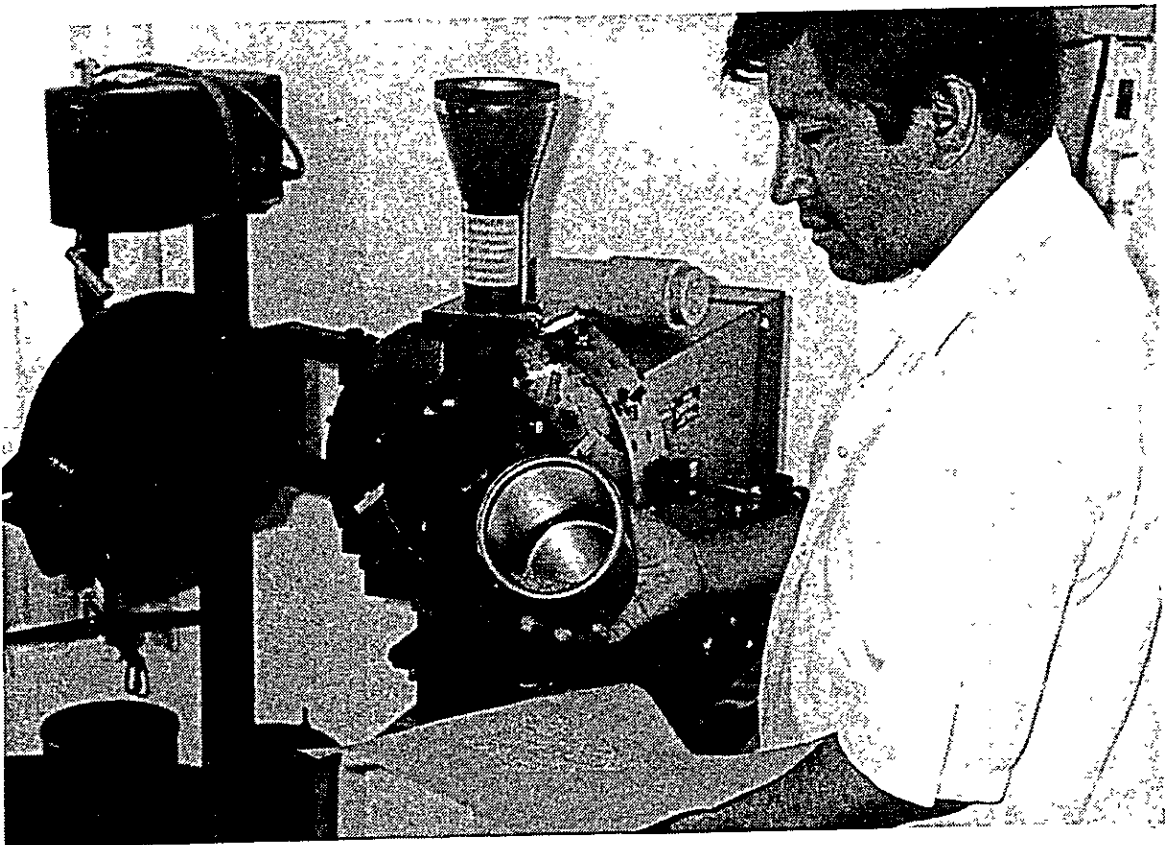
若干刈遅れのTaiwan



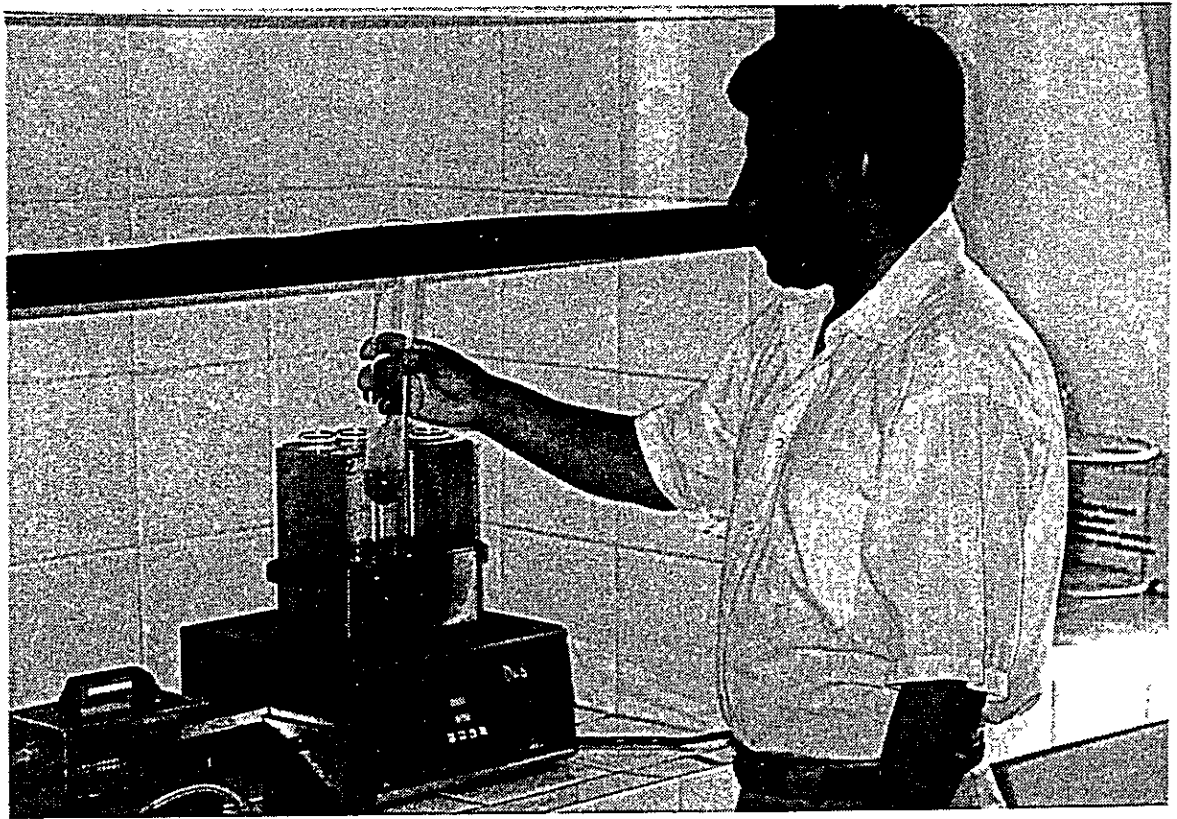
鉾塩の群がる牛



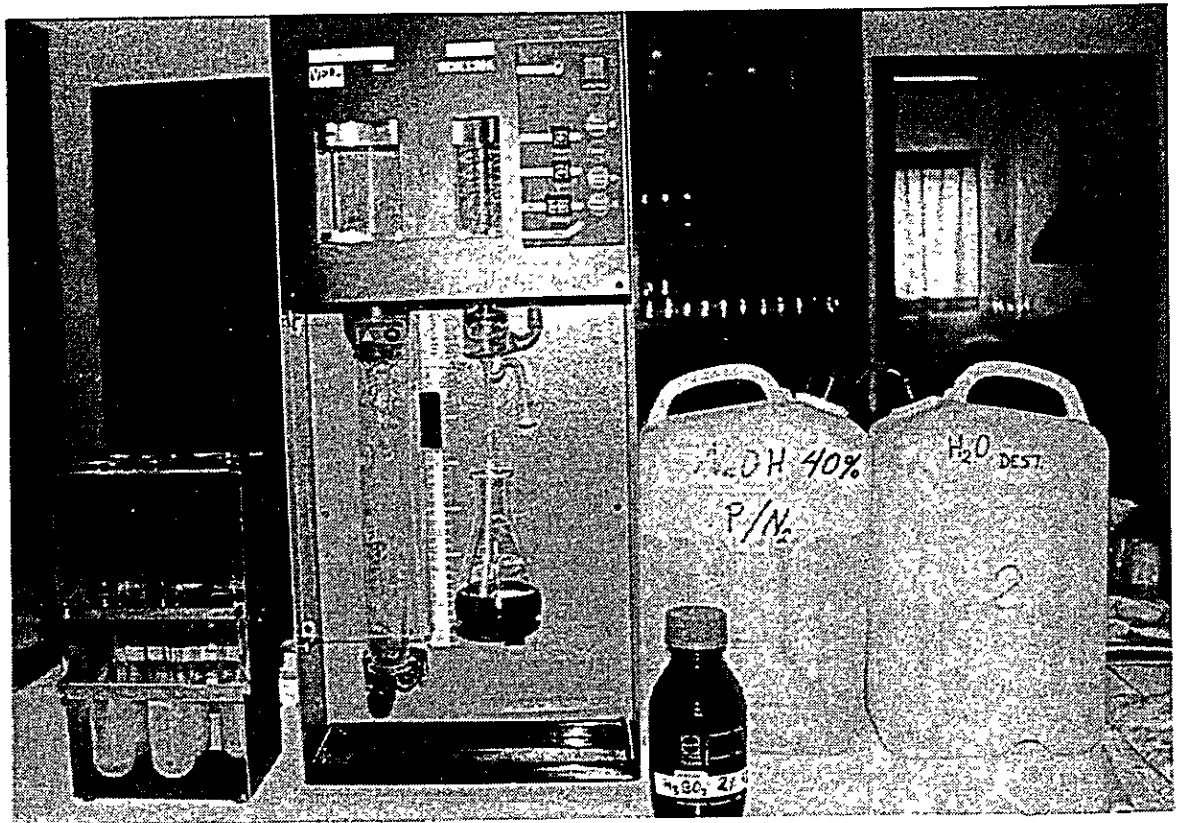
分析用牧草試料の乾燥 (65°C)



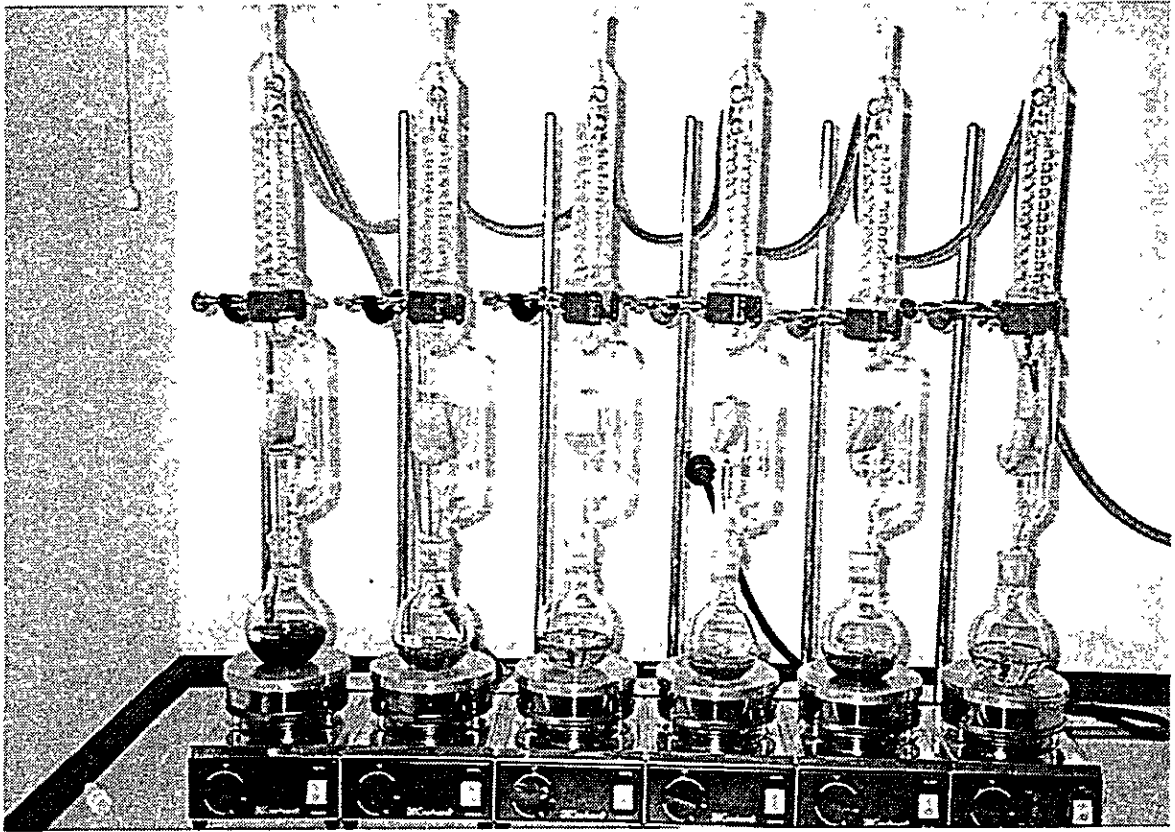
乾燥した牧草試料の粉碎



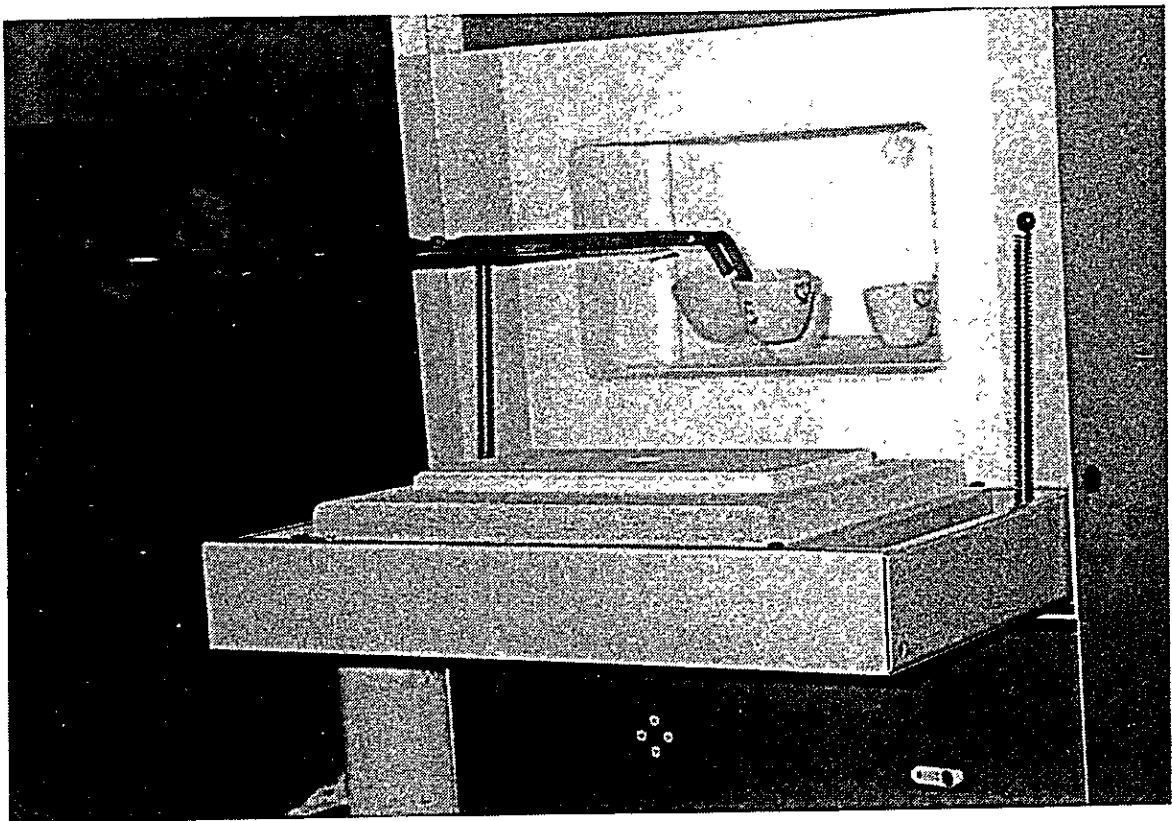
窒素分解 (濃硫酸と分解促進剤を加え、400°Cで窒素成分を分解し、アンモニアにする)



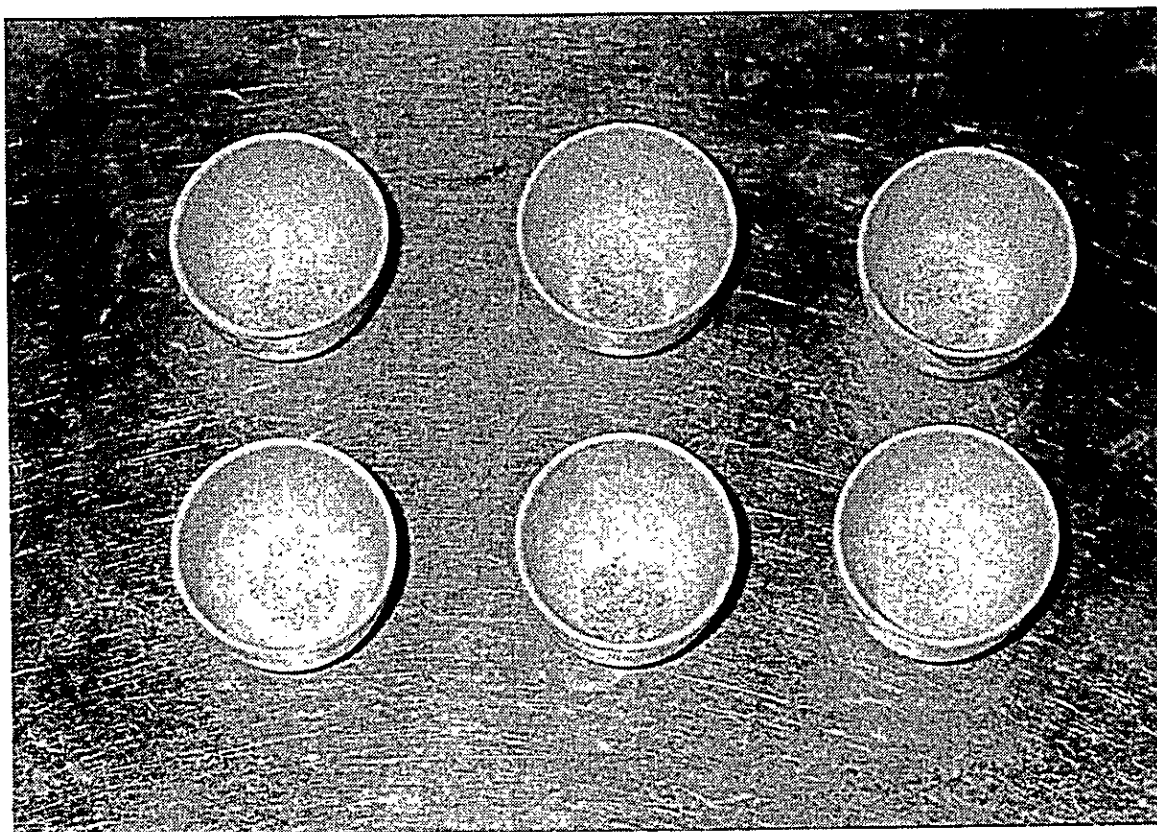
窒素蒸留 (分解試料液に水酸化ナトリウムを加え、アンモニアを蒸留・捕集)



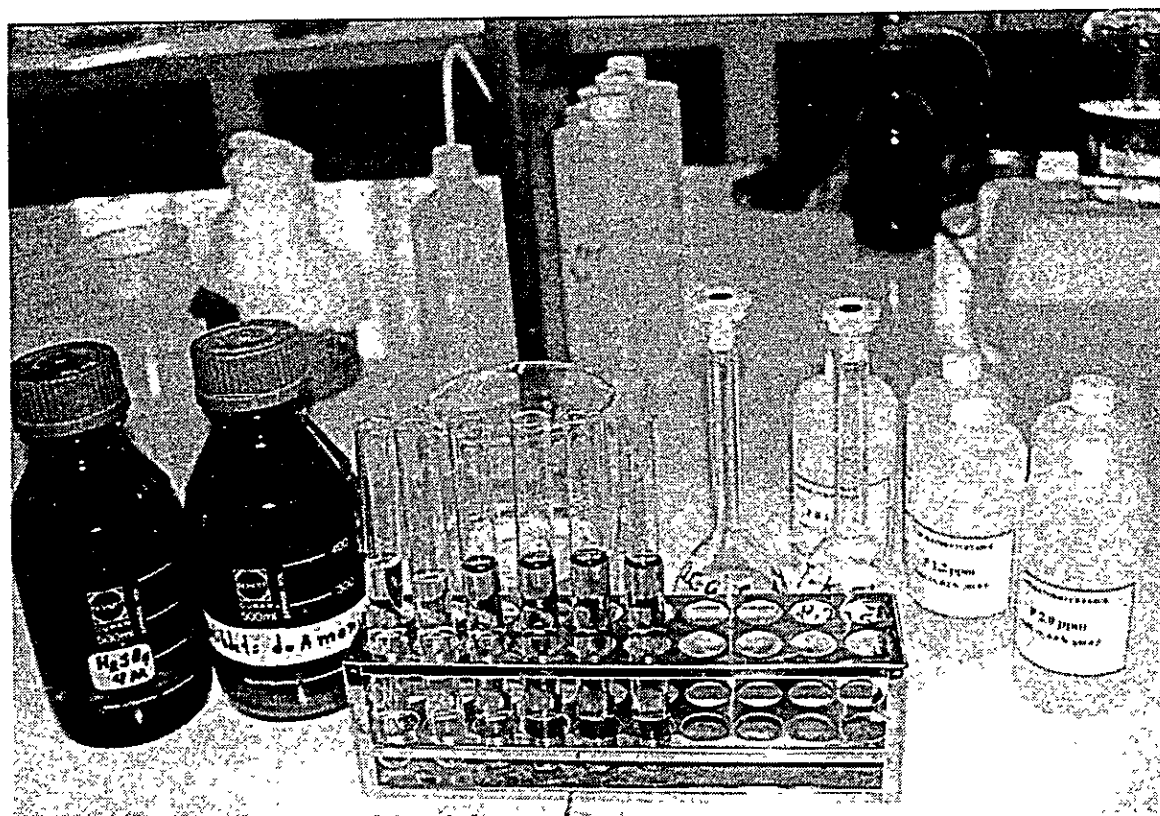
粗脂肪の抽出 (エチル・エーテルで脂肪や色素など抽出される)



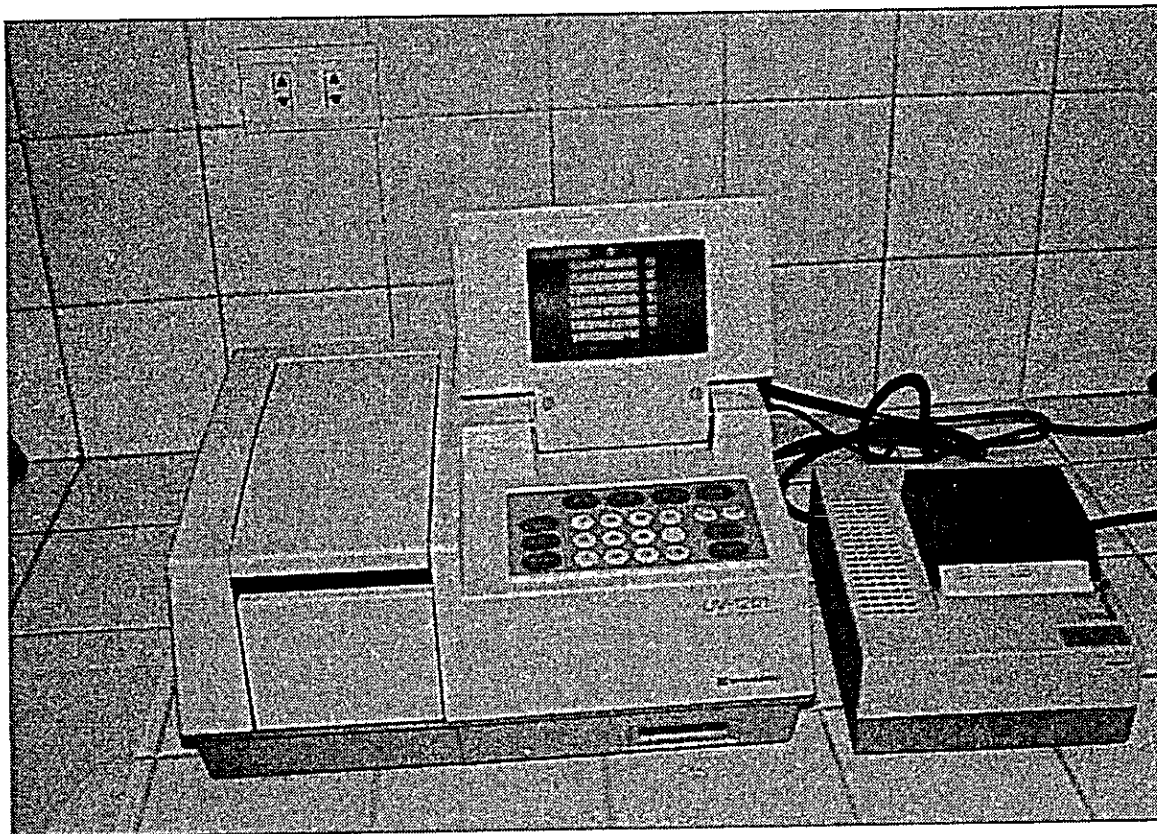
粗灰分の分析 (電気炉を用い550-600°Cで3時間灼熱灰化)



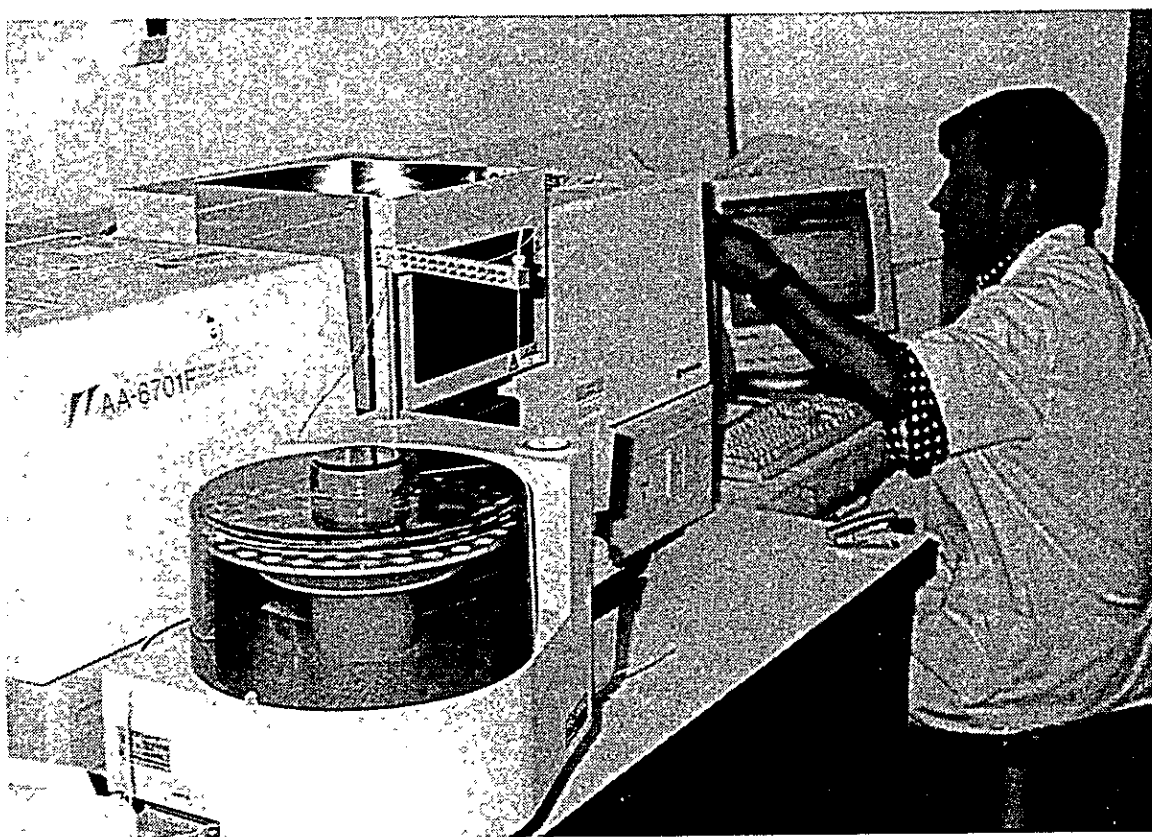
磁製ルツボ中の粗灰分



リンの定量 (粗灰分を酸に溶解し、その一定量を分取して、試薬で青色に発色)



分光光度計（リンの定量で威力を発揮）



原子吸光分光光度計（カルシウムや亜鉛などのミネラルの分析に威力を発揮）

