琉球大学学術リポジトリ

ローズグラスの生育と養分吸収に及ぼす数種石灰質資材の土壌改良効果(農芸化学科)

メタデータ	言語:
	出版者: 琉球大学農学部
	公開日: 2008-02-14
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 大屋, 一弘, 金城, 徳子, 志茂, 守孝, Oya, Kazuhiro, Kinjo, Noriko, Shimo, Moritaka
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3854

ローズグラスの生育と養分吸収に及ぼす数種石灰質資材の土壌改良効果

大屋一弘*・金城徳子**・志茂守孝*

Kazuhiro OYA, Noriko KINJO and Moritaka SHIMO: Soil Improving Effect of Several Liming Materials on the Growth and Nutrient Uptake of Rhodesgrass

Summary

It was aimed to study soil improving effect of 4 kinds of liming material in growing Rhodesgrass on an acid Red soil (pH 4.7) of northern Okinawa Island.

Rhodesgrass (*Chloris gayana* Kunth, Culti. var. KATAMBORA) was grown in 1/50,000 ha Wagner pots (2.2 kg soil) after liming, in which 4 Kinds of liming material (LM) such as calcium carbonate (CC), calcium magnesium carbonate (CMC), calcium silicate (CS), and blast furnace slag (BFS) were given to the soil at 3 levels namely 0, 5.3, and 16.5 g/pot, respectively. CC only raised the pH value of the soil from 4.7 to 5.8 and 7.2 with these amounts.

The respective LM was effective to increase the dry matter yield of the grass, a total of 3 cuts, at the 5.3 g/pot treatment, which was equivalent to about 3.6 t/1,500 t soil/ha.

The grass showed a remarkable increase in calcium uptake by the application of the respective LM. Magnesium uptake of the grass was also increased with different degrees.

The bases status and soluble silica in the soil were also determined after liming. And it was concluded that BFS, SC, and CMC were more suited than CC in ameliorating this kind of soil, and an appropriate quantity of BFS, SC, and CMC was assumed to be nearly that amount of CC required to raise soil pH to about 6.0.

緒　言

沖縄島北部の赤色土、黄色土などいわゆる国頭マージは酸性で養分含量少なく、生産力の点では養分含量の低さが指摘されており[6]、サトウキビの単収も低い方である[10]。

著者らはこの土壌の施肥管理に資するため、塩基補充、酸性中和などについて調べているが、炭カル

*琉球大学農学部農芸化学科　**当時同左、現在国頭村楚洲中学校

琉球大学農学部学術報告　37：7～17（1990）

施用の効果は高いことを明らかにした[11,14]。今回は炭カル以外の土壌改良資材も含め、それらが牧草（ローズグラス）の生育と塩基及びケイ酸吸収に及ぼす影響を調べたので、その結果を報告する。

実験材料及び方法

1. 供試土壌

供試土壌は沖縄本島北部国頭村琉球大学奥の山荘内茶畑跡休閑地（植生：ススキ、ノボタン、シダ類など）の表土（0～20cm）で、約10mm目の篩を通した後風乾したものをポット栽培（5,000分の1aワグネルポット使用）に用いた。この土壌は粘板岩を母材とし北部山地に広く分布するもので、赤色土具志堅統に区分される[5]。供試土壌の理化学性はTable 1に示した。

Table1. Physical and chemical properties of the soil used for the experiment

pH		EC	CEC	Exchangeable bases(me／100g)				Base satu
H_2O	KCl	(mS／cm)	(me／100g)	Ca	Mg	K	Na	(%)
4.70	3.65	0.49	11.12	0.43	0.69	0.16	0.11	12.5

Total C (%)	Total N (%)	Avail Phos (mg P_2O_5／100g)	Phos abs coef	Total phos (%P_2O_5)	Total silica (%SiO_2)	Texture
2.13	0.19	0.46	970	0.058	56.8	HC(47% clay)

2. 供試石灰質資材

酸性土壌改良資材として炭カル、苦土石灰、ケイカル、高炉スラッグなどを用いたが、前3品は市販品、高炉スラッグは神戸製鋼㈱より得たもの（粒は径約3mm以下、針状その他不規則）であった。これら供試資材の表示成分はTable 2に示す通りであった。

Table 2. Specifications of the liming material

Liming material	Specification
Calcium carbonate	Alkali (CaO) 53%
Calcium magnesium carbonate	Alkali (CaO+MgO) 55%, soluble MgO 10%
Calcium silicate	Alkali (CaO+MgO) 42%, SiO_2 35%, MgO 5%, MnO 3%
Blast furnace slag	General analysis (%)[15] SiO_2 30～41, CaO 35～45, Al_2O_3 12～20, MgO 3～7, S 0.6～1.6, FeO 0.3～1.7, MnO 0.3～1.7, TiO_2 0.2～2.2, P_2O_5 0.004～0.051

3. 供試作物

沖縄島北部山地に草地開発が盛んなことをふまえ、対暑性強く沖縄に広く栽培されるローズグラス[7]（*Chloris gayana* Kunth, Culti. var. KATAMBORA）を実験に用いた。

4. 石灰質資材施用量及び栽培法

供試土壌の炭カルによる中和緩衝曲線（Fig. 1）から土壌pHを4.7（原pH），5.8，7.2とするのに

必要なポット当たり炭カル量（0g，5.3g，6.5g）を算出し、他の石灰質資材もこれと同量を用いた。

上記量の石灰質資材を土壌（2.2kg／pot）と混合し、水15%を加えポットに充塡して1週間置いた。その後、土壌をビニールシートに広げ肥料を混ぜ、再びポットに詰めて栽培に供した。ポット下部には礫を敷き、灌水時の余剰水が排水されるようにした。上に述べた元肥は窒素220mgを硫安で、リン酸400mgを過石で、カリ220mgを塩加で加え、さらに追肥として同量の窒素とリン酸を第1回刈取りまでに1回、第1回及び第2回刈取り後に各々1回ずつ水に溶かして施用した。

栽培は各処理3連づつ、ポットはランダム配置とし、ガラス室で1985年6月8日から10月14日まで行った。最初にポット当たり1gの種子を蒔き、3週間後に間引きしてポット当たり5株を残して栽培、開花期を目途に播種後51日目に第1回刈取り、その後40日目に第2回刈取り、その後37日目に第3回刈取りを行った。刈取ったローズグラスは生重、乾重などを測定した後、粉砕して分析に供した。

なお石灰質資材施用後土壌の養分状態をみるため、土壌200gにポット当たり施用量と同一割合の各資材を加え、室温で1週間インキュベートしたものについて、リン、交換性塩基、可溶性ケイ酸などを分析し、栽培前（石灰質資材施用後）土壌の養分状態とした。

5. 分析測定

(1) 中和緩衝曲線及び土壌分析

土壌の中和緩衝曲線作成及び分析は標準的な方法[1,2,3]に従った。すなわち、中和緩衝曲線は風乾細土40g当たり炭カルその他の石灰質資材（0，50，100，200，400g）と水100mℓを加え、振とう後通気し、懸濁液のpHをガラス電極pHメターで測定して作成した。

供試土壌のpHは土壌対水或は1規定塩化カリウム液1：2.5の懸濁液について測定し、ECは土壌対水1：5の懸濁液についてECメータで測定した。CECは酢安法で、交換性塩基はCEC測定行程で得られる液を用い、原子吸光法及び炎光法で測定した。全炭素は小坂・本田・井磧法を用い、全窒素は硫酸分解（デバルダ合金添加）、ケルダール蒸留法で測定した。可給態リン酸には0.002規定硫酸浸出液使用のトルオーグ法、リン酸吸収係数には2.5%リン酸アンモニウム液使用、全リン酸には過塩素酸分解法などを用いた。可溶性ケイ酸は1規定酢酸－酢酸ナトリウム緩衝液による浸出法、全ケイ酸は炭酸ナトリウム溶融法などによって測定した。土性は有機物酸化除去、水酸化ナトリウムで分散後、ピペット法で測定した。

(2) 植物分析

植物体の分析は一般的な方法[13]に従った。すなわち窒素は硫酸分解、ケルダール蒸留・滴定で測定した。リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ケイ素などは硝酸・過塩素酸で湿式灰化後、それぞれ分光法（リン）、炎光法（カリウム）、原子吸光法（カルシウム、マグネシウム）或は沈澱濾過秤量（ケイ素）などによって測定した。

結果及び考察

1. 中和緩衝曲線

供試土壌の石灰所要量を計るために作成した中和緩衝曲線をFig. 1に示した。

Fig. 1から明らかなように土壌酸性の矯正には炭カルが最も効果的で、次に苦土石灰であり、ケイカルと高炉スラッグの矯正力は小さい。

本実験においては炭カルの曲線から土壌pHを5.8と7.2に矯正するのに必要な炭カル量を算出し、それと同一量の苦土石灰、ケイカル、高炉スラッグを用いた。従って、炭カル以外の石灰質資材施用区では炭カル区より低い土壌pHでの栽培試験となった。

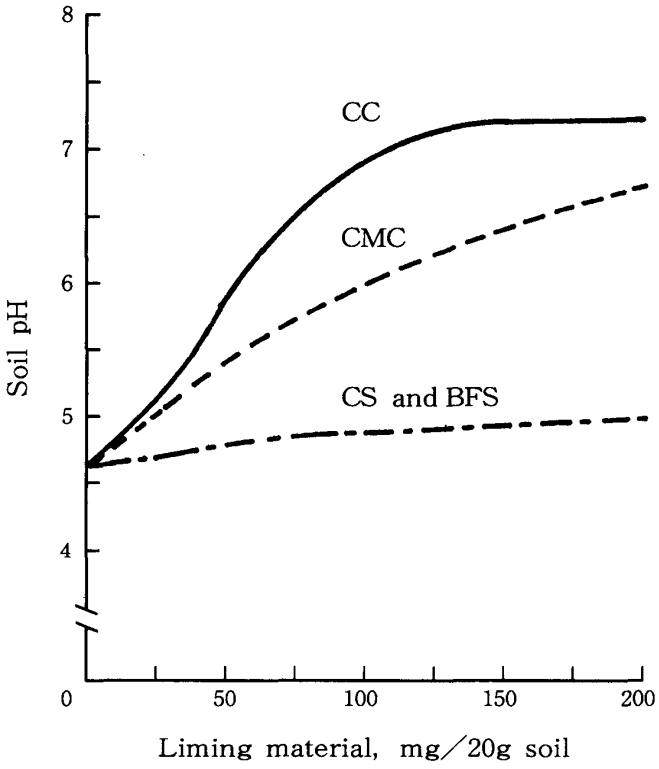

Fig.1. Neutralization buffer curve with various liming materials

(CC : calcium carbonate, CMC:calcium magnesium carbonate, CS:calcium silicate, BFS:blast furnace slag)

2. 石灰質資材施用後（栽培前）土壌の養分状態

石灰質資材を混合し1週間インキュベートした土壌について、pH、可給態リン酸、交換性塩基、可溶性ケイ酸などを測定した。pHについては後述する通りであるが、可溶性リン酸は0.2～0.8㎎／100gで改良資材の種類、混合量などと一定の関係は見られなかった。

交換性塩基と可溶性ケイ酸についてはFig. 2に示したが、石灰質資材は交換性カリには影響少なく、カルシウム、マグネシウム、ケイ酸などへの影響が大きい。すなわち、当然のことながら交換性カルシウムは炭カルや苦土石灰の施用により著しく増加し、マグネシウムは苦土石灰施用で増加する。また可溶性ケイ酸もケイカルや高炉スラッグ施用で著しく増える。一般にpHの高い土壌では可溶性ケイ酸も多いが[8,9]、ここでは炭カル、苦土石灰の施用でpHは上がるものの可溶性ケイ酸は余り増えない。供試土壌においては可溶化し易いケイ酸が少ないか、又は可溶化に1週間以上の時間が要るかのいずれかと考えられるが、この事については今後の実験が必要である。

ふ

3. 栽培前後における土壌pH

前記の石灰質資材施用後（栽培前）とローズグラス栽培（3回刈取り）後の土壌pHをTable 3に示した。

栽培前土壌のpHは石灰質資材を加えることでほぼ期待通りのpHとなった。しかし、苦土石灰施用（16.5g／pot）でpHが低いのは原因不明である。栽培（3回刈取）後土壌はローズグラスの塩基吸収、潅水による多少の塩基溶脱、硝酸化成作用などでpHは低下すると考えられるが、pH低下の程度は炭カル施用区で大きい。また土壌の塩基含量（Fig. 2）及び後述するローズグラス塩基吸収量（Fig. 4）

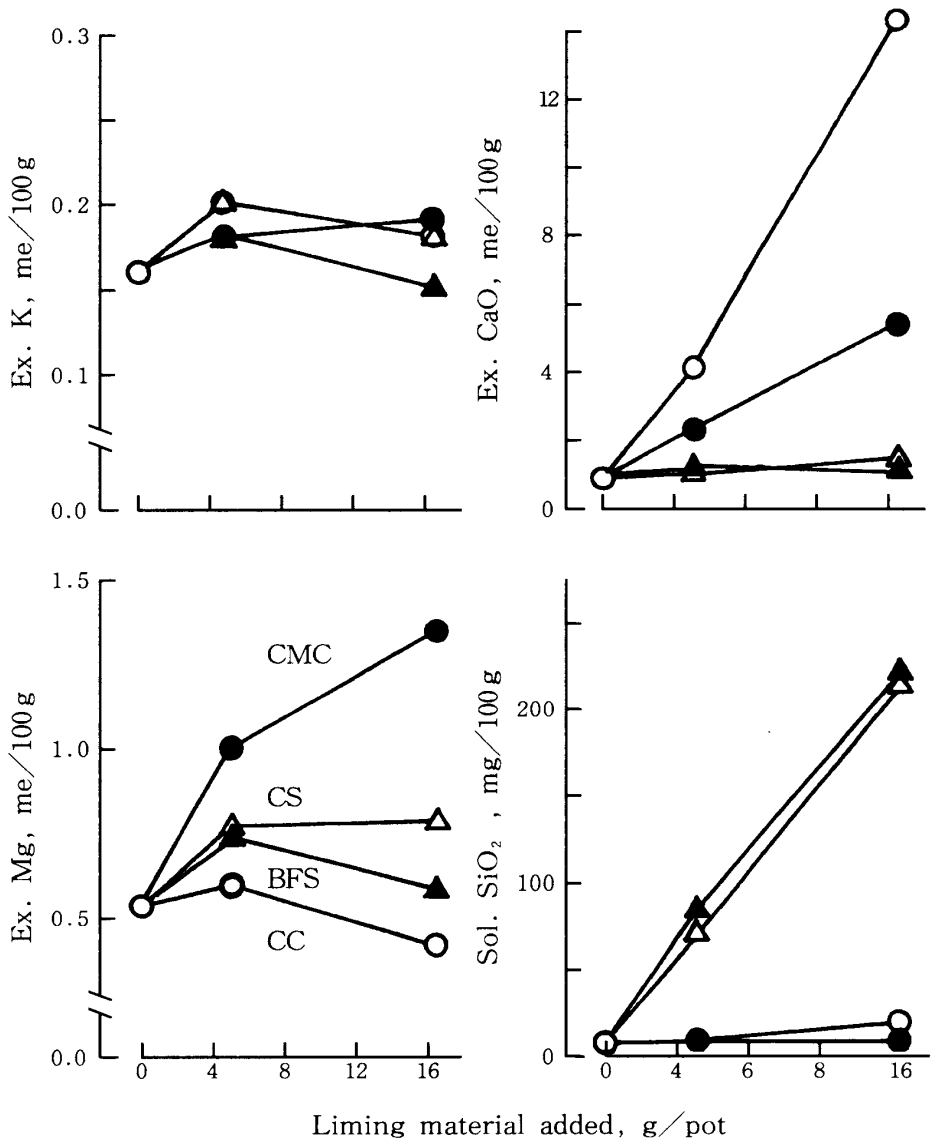

Fig.2. Exchangeable bases and soluble silica in the soil after receiving various liming materials

(Abbreviations for the liming material are the same as Fig.1.)

などから、供試土壌では炭カルでpHを大きく上げても作物栽培により容易にそれが低下するので、pH上昇効果は少なくてもカルシウム以外の塩基も補充し、栽培によるpH低下の少ない苦土石灰、ケイカル、高炉スラッグなどを用いる方が適当と考えられる。沖縄の酸性土壌は炭カルで中和すると少量で済むが、栽培によるpH低下が早いことは、吉野ら[18]によっても報告されている。

4. 乾物収量

ローズグラス3回刈取りの乾物収量合計をFig. 3に示した。

乾物収量は石灰質資材施用に伴う初期土壌pHの高低とは関係なく、いずれの資材でも5.3g／pot区（10アール当たり約360kg相当量）で増収の程度が高く、16.5g区では増収効果がやや低い。供試土壌の改良には、作物によって異なるであろうが、少なくともローズグラス栽培に向けては、土壌pHを6前後に矯正するのに必要な炭カルと同量の石灰質資材を用いれば、土壌pHは余り上がらなくても十分

Table 3. Soil pH before and after growing the grass as affected by the addition of liming material

	Calcium carbonate (g／pot)			Calcium magnesium carbonate (g／pot)		Calcium silicate (g／pot)		Blast furnace slag (g／pot)	
	0	5.3	16.5	5.3	16.5	5.3	16.5	5.3	16.3
				Expected values from the buffer curve					
pH(H_2O)	4.7	5.8	7.2	5.4	6.4	4.8	4.9	4.8	4.9
				Before growing the grass					
pH(H_2O)	4.8	5.7	7.3	5.3	5.7	4.9	4.9	4.9	4.9
(KCl)	4.0	4.4	6.4	4.2	4.6	4.0	4.1	4.1	4.1
				After growing the grass					
pH(H_2O)	4.1	4.5	6.2	4.5	5.8	4.3	4.7	4.3	4.8
(KCl)	3.6	3.8	5.2	3.8	4.8	3.7	4.0	3.8	4.0

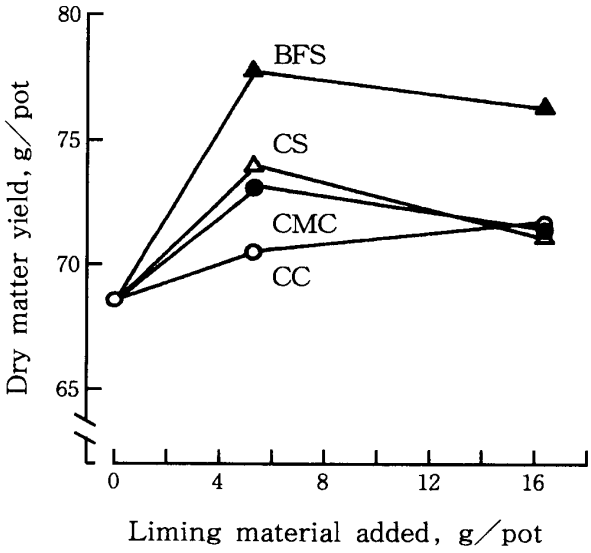

Fig.3. Dry matter yields of Rhodes-grass as affected by various liming materials

(Abbreviations for the liming material are the same as Fig.1.)

な増収効果が得られると考えられる。

石灰質資材16.5g区における増収効果の減少は、微量元素の不可給化、作物の養分吸収における養分間の競合など、いわゆるオーバーライミングの影響があったと考えられるが、本実験におけるローズグラスの養分含有率からみた養分間の競合は後述する通りであった。

5. ローズグラスの養分吸収量

(1) 窒素

ローズグラスを刈取り毎に分析した結果、窒素（N）含有率は第1回刈取りで1.1～1.8%、第2回刈取りで1.0～1.4%、第3回刈取りで1.1～1.3%の範囲にあった。

供試石灰質資材にはカルシウム、マグネシウム、ケイ酸などが含まれ、同資材の施用によりこれらの養分吸収量が増える（Fig. 4）わけであるが、それが窒素吸収に及ぼす影響をみるため、これら養分含有率間の相関関係を調べた（Table 4）。

第1回刈取りにおいては、炭カル及び苦土石灰施用により、カルシウム、マグネシウムの吸収増がケイカル及び高炉スラッグ施用においては、カルシウム、マグネシウム、ケイ酸の吸収増が、それぞれ窒素含有率を低下させる傾向にあった。これは植物体増加による窒素含有率低下もあろうが、ローズグラスの窒素含有率は2%以上でも正常であるので[14]、恐らくこれらの改良資材施用に伴う窒素増施の必要性を示すと考えられる。なお、窒素吸収量の合計はポット当たり830～880mgであった。

Table.4. Correlation coefficient between nutrient contents of Rhodesgrass as affected by the application of various liming materials[a)]

Relation between nutrients	Calcium carbonate	Calcium magnesium carbonat	Calcium silicate	Blast furnace slag
		Correlation coefficient for the 1st cut		
CaO vs N	−0.4659	−0.7987**	−0.8465**	−0.8441**
CaO vs P_2O_5	−0.8599**	−0.8931**	−0.8207**	−0.8511**
CaO vs K_2O	−0.7717*	−0.9360***	−0.8402**	−0.6743*
CaO vs MgO	0.1139	0.9019***	0.7980*	0.7843*
MgO vs N	−0.7577*	−0.9211***	−0.8336**	−0.7106*
MgO vs P_2O_5	−0.3962	−0.9652***	−0.7655*	−0.8143**
MgO vs K_2O	−0.5623	−0.9710***	−0.8436**	−0.6163
SiO_2 vs N	0.2092	0.5763	−0.8681**	−0.8871**
SiO_2 vs P_2O_5	0.7312*	0.7904*	−0.7967*	−0.9284***
SiO_2 vs K_2O	0.5852	0.7536*	−0.8622**	−0.6374
SiO_2 vs CaO	−0.9062**	−0.8399**	0.9317***	0.9269***
SiO_2 vs MgO	0.1603	−0.7451*	0.8521**	0.7984**
		Correlation coefficient for the 2nd cut		
CaO vs N	−0.1468	0.5417	0.2444	0.1836
CaO vs P_2O_5	−0.6387	−0.0729	−0.0327	−0.0150
CaO vs K_2O	0.1681	0.6231	0.4583	0.4137
CaO vs MgO	0.4465	0.9774***	0.9521***	0.9739***
MgO vs N	0.4654	0.5108	0.2531	0.1421
MgO vs P_2O_5	0.1035	−0.0958	0.0039	−0.0414
MgO vs K_2O	0.6953*	0.6373	0.4770	0.3740
SiO_2 vs N	0.2923	0.5273	0.3011	0.1834
SiO_2 vs P_2O_5	0.0684	−0.0067	0.0148	−0.0096
SiO_2 vs K_2O	0.3432	0.5445	0.5180	0.4211
SiO_2 vs CaO	−0.0839	0.6075	0.9355***	0.9783***
SiO_2 vs MgO	0.4664	0.5148	0.9163***	0.9397***
		Correlation coefficient for the 3rd cut		
CaO vs N	−0.2767	−0.1597	0.1697	0.0566
CaO vs P_2O_5	−0.3725	−0.2902	0.0949	−0.0137
CaO vs K_2O	0.2026	0.0923	0.3253	0.2101
CaO vs MgO	0.9542***	0.9675***	0.9762***	0.9852***
MgO vs N	−0.1669	−0.1577	−0.1171	0.0186
MgO vs P_2O_5	−0.2250	−0.3146	0.0446	−0.0770
MgO vs K_2O	0.3738	0.1046	0.2992	0.1829
SiO_2 vs N	0.1462	0.3287	0.3449	0.1383
SiO_2 vs P_2O_5	−0.1885	0.1393	0.2707	0.0489
SiO_2 vs K_2O	0.3763	0.5122	0.5130	0.2639
SiO_2 vs CaO	0.7944*	0.7630*	0.9080***	0.9888***
SiO_2 vs MgO	0.7990**	0.6943*	0.9283***	0.9693***

a) *, **, and *** denote significant levels at 5%, 1%, and 0.1%, respectively.

(2) リン酸

リン酸（P_2O_5）含有率は第1回刈取りで0.2～0.4%、第2回と第3回刈取りでは0.3%～0.4%の範囲にあった。第1回刈取りにおいては、炭カル区でカルシウムの吸収増が、苦土石灰区でカルシウムとマグネシウムの吸収増が、ケイカルと高炉スラッグ区ではカルシウム、マグネシウム、ケイ酸の吸収増がリン酸含有率を低下させる傾向にあった。第2回及び第3回刈取りにおいてこのような傾向はみられず、3回刈取りの吸収量合計はポット当たり200～270mgであった。

ハワイの土壌ではケイ酸が土壌のリン酸吸着力を弱め、作物のリン酸吸収を助けるという報告[12]もあるが、イネではケイ酸が植物体内のリン、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガンなどの行動に影響するという示唆[4]があり、今後畑作物についてもリン酸とケイ酸吸収の関係を調べる必要があろう。

(3) カリ

ローズグラスのカリ（K_2O）含有率は第1回刈取りで0.7～1.2%、第2回刈取りで1.2～1.6%、第3回刈取りで1.4～1.5%の範囲にあったが、Table 4に示す通り、第1回刈取りでカルシウムやマグネシウムの吸収が増えると、カリ含有率は低くなる傾向があった。

カリ吸収量合計はポット当たり910～970mgで、その比較値をFig. 4に示した。苦土石灰を多用すると、カリ吸収量が抑えられる傾向が伺える。

(4) カルシウム

第1回刈取りローズグラスのカルシウム（CaO）含有率は0.5～1.3%、第2回刈取りでは0.3～0.8%、第3回刈取りでは0.4

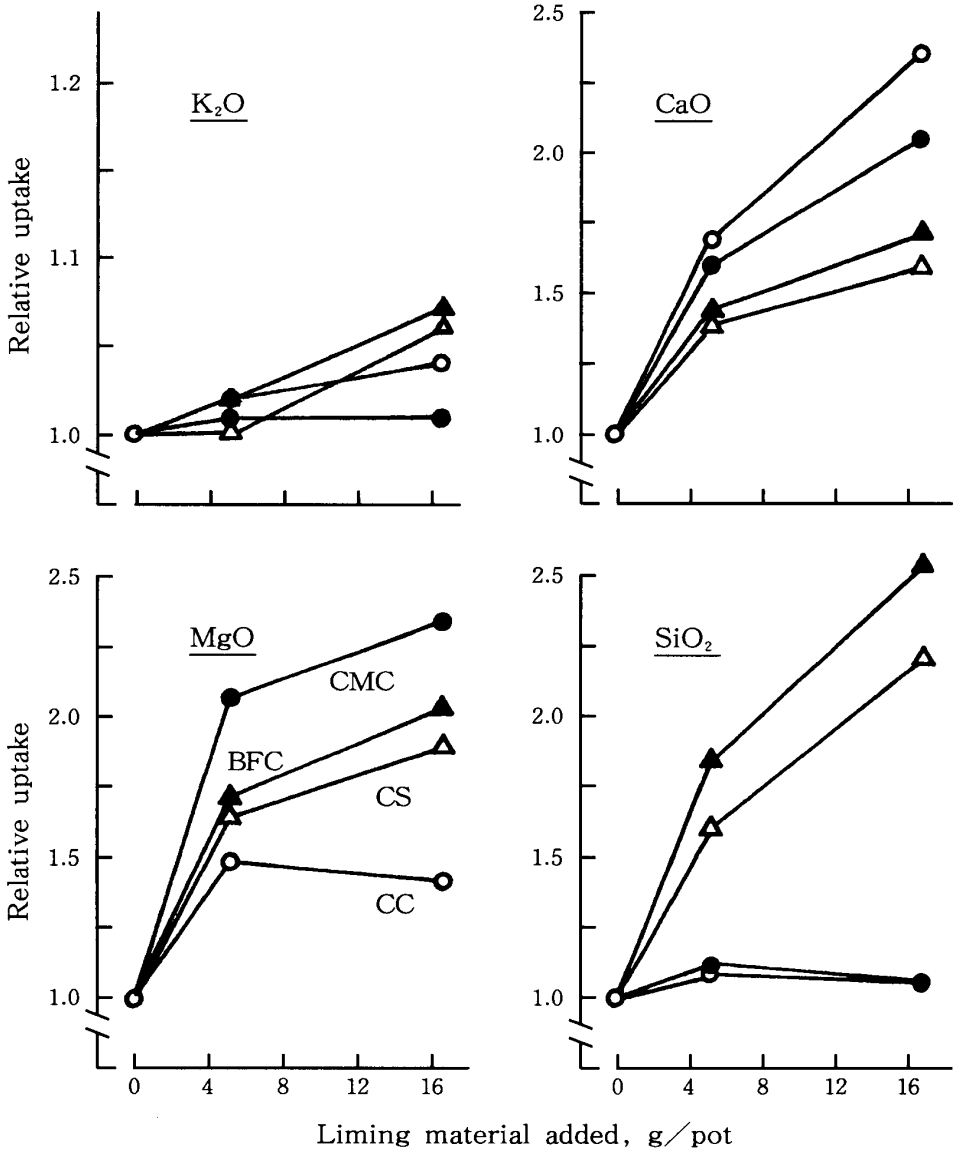

Fig.4. Comparisons of bases and silica uptake of Rhodesgrass as affected by various liming materials

(Abbreviations for the liming material are the same as Fig.1.)

～0.8%、であった。何れも石灰質資材の施用でカルシウム含有率が高くなる傾向を示したが、この傾向は炭カル区の第1回刈取りで顕著であった。またカルシウムとマグネシウム含有率は多くの場合正の相関関係を示した（Table 4）。炭カル及び苦土石灰区のローズグラスのカルシウムとケイ酸含有率は第1回刈取りで負の相関関係、第3回刈取りで正の相関関係を示し、傾向は一定でない。しかし、ケイカル及び高炉スラッグ区では第1回から第3回刈取りまで正の相関関係を示した。

カルシウムの吸収量合計はポット当たり260～620mgであったが、比較値（Fig. 4）で示す通り土壌のカルシウム富化効果の高い（Fig. 2）炭カルや苦土石灰区で多くなった。

(5) マグネシウム

マグネシウム（MgO）含有率は第1回刈取りで0.3～0.5%、第2回刈取りで0.2～0.5%、第3回刈取りで0.2～0.4%の範囲にあったが、炭カル区で低く苦土石灰区で高い傾向があり、また炭カル以外の区では石灰質資材施用量に応じてマグネシウム含有率が高くなる傾向があった。対照区では第1回刈取り0.29%から第3回刈取り0.18%と、刈取り回が進むに従い含有率が著しく低くなった。このことは供試土壌のマグネシウム供給力が弱いことを示すと考えられる。マグネシウムとケイ酸含有率の関係はカルシウムとケイ酸との関係に似て一定でない。

ローズグラスが吸収したマグネシウムはポット当たり140～330mgであったが、前述の傾向通り苦土石灰区で最も多く、炭カル区で最も少ない（Fig. 4）。塩基に乏しい供試土壌では酸性矯正もさることながら、マグネシウムを含む石灰質資材で塩基を富化することが重要であろう。

(6) ケイ酸

第1回刈取りローズグラスのケイ酸（SiO_2）含有率は0.6～2.1%、第2回刈取りで0.8～1.9%、第3回刈取りで0.7～1.8%であった。各回の刈取でケイ酸を含む石灰質資材ケイカルや高炉スラッグの施用でケイ酸含有率が高く、またこれら資材の施用量に応じて高くなる傾向がみられた。

ケイ酸吸収量の合計はポット当たり570～1,440mgの範囲にあったが、比較値（Fig. 4）に示される通り、ケイカルや高炉スラッグの施用はローズグラスのケイ酸吸収に著しい影響を及ぼした。イネ科植物は一般に好ケイ酸植物であり[16]、ローズグラスもケイ酸が供給されるに応じ、著しい吸収を示している。

ケイ酸は現在のところ必須栄養元素とは考えられていない。しかし、イネの生育には種々の効果が知られていること[17]、また酸性土壌では可溶性ケイ酸が少ないこと[8,9]、などから畑作物に対するケイ酸含有資材施用の効果・役割などについて資料を蓄積する必要がある。

結　論

沖縄の酸性土壌に於ける地力培養、施肥管理に資するため、国頭村奥の赤色土に炭カル、苦土石灰、ケイカル、高炉スラッグなどの石灰質資材を施用してローズグラス（*Chloris gayana* Kunth, Culti. var. KATAMBORA）をポット栽培し、石灰質資材がローズグラスの生育と養分吸収及び土壌塩基とケイ酸肥沃度に及ぼす影響を調べた。

酸性（pH4.7）で塩基含量の低い（CEC 11.1 me／100g,塩基飽和度12.5%）供試土壌に対し、酸性矯正力は炭カルが最も大きく、次いで苦土石灰で、ケイカルや高炉スラッグでは小さかった。しかし、炭カル施用区ではローズグラス栽培による土壌pHの低下も速やかで、炭カルの酸性矯正維持力は弱かった。

石灰質資材施用により土壌の窒素、可給態リン酸、交換性カリなどの含量に大きな影響は見られなかったが、交換性カルシウムは炭カル、苦土石灰で著しく増加した。交換性マグネシウムの富化には苦土石灰の効果が大きく、次にケイカルと高炉スラッグで、炭カルには殆どその効果がなかった。可溶性ケイ酸は高炉スラッグとケイカルで著しく増加し、炭カルと苦土石灰の効果は小さかった。

ローズグラスの乾物収量は全体的に石灰質資材ポット当たり5.3g（10アール当り約360kg相当量）施用で高くなり、苦土石灰、ケイカル、高炉スラッグなどの使用に当たっては、土壌pHを6前後に矯正するのに必要とされる炭カルと同量が適量と考えられた。炭カルのみでは酸性矯正は出来てもカルシウム以外の塩基やケイ酸供給が不十分であり、高レベルの生産を目標とする時には炭カル以外の石灰質資材が有用であり、特に高炉スラッグ利用について検討する必要がある。

石灰質資材施用により、第1回刈取りローズグラスの窒素及びリン酸含有率が低下する恐れがあるので、増収に向けては石灰質資材施用と同時に、これらの肥料成分を増施する必要があると考えられた。

ローズグラスの養分吸収量は窒素、リン酸、カリについては、石灰質資材の影響が小さく、資材間の差も少なかったが、カルシウムとマグネシウムについては、石灰質資材施用に伴う吸収増がみられた。ケイ酸については、高炉スラッグとケイカル施用区のみで著しい吸収増が認められた。

以上より、供試土壌のような低塩基、酸性土壌の改良にはカルシウム以外の塩基やケイ酸も含む石灰質資材を使用する方がより適当であると考えられた。

謝　辞：本実験に高炉スラッグ使用の便宜を計って頂いた竹内惣一氏（当時神戸製鋼）に厚く謝意を表する。

引用文献

1．青峰重範・原田登五郎　1960　土壌肥料学実験ノート、p 9～12, p 41～42, p 75～88, 東京、養賢堂

2．千葉　明・新毛晴夫　1977　炭酸カルシウム添加・通気法による中和石灰量の測定、土肥誌、**48**（7, 8）：237～242

3．土壌養分測定法委員会編　1978　土壌養分分析法、訂正増補第6版、p 30, p 34～43, p 45～50, p 127～135, p 171～178, p 229～232, p 251～257, p 278～280, p 414～415, 東京、養賢堂

4．Ma, Jianfeng and Eiichi Takahashi　1989　Effects of silicic acid on phosphorus uptake by rice plant, Soil Sci. Plant Nutr., **35**(2)：227～234

5．沖縄県農試　1977　地力保全基本調査成績書（北部地域）、p 34～36, 那覇、沖縄県農試

6．沖縄県農試　1979　地力保全基本調査総合成績書、p 51, 那覇、沖縄県農試

7．沖縄総合事務局畜産課　1979　沖縄の畜産概要、p 209～213, 那覇、沖縄総合事務局

8．大屋一弘・喜名景秀　1989　サトウキビ増収法に関する土壌肥料学的研究、第3報　暗赤色土のpHと可溶性ケイ酸、琉大農学報、**36**：25～32

9．大屋一弘・黒潮恵子・外間安雄　1989　サトウキビ増収法に関する土壌肥料学的研究、第2報　土壌のpHと可溶性ケイ酸、琉大農学報、**36**：19～23

10. Oya, Kazuhiro, Susumu Nishigaki, Yoshihiro Tokashiki, and Kishin Oshiro　1977　Yields and nutrient absorption of sugarcane as affected by fertility management in selected soils of Okinawa, Proc. SEFMIA, p472～479, Jap. Soc. Soil Sci. Plant Nutr., Tokyo

11. 大屋一弘・志茂守孝　1981　北部酸性土壌に対する石灰施用がスーダングラスの収量と養分吸収に及ぼす影響、沖縄農業、**17**（1, 2）：1～5

12. Roy, A. C., M. Y. Ali, R. L. Fox, and J. A. Fox 1971 Influence of calcium silicate on phosphate solubility and availability in Hawaiian Latosols, Proc. Int. Symp. Soil Fert. Evaln, Vol. **1**:757～765, New Delhi, India

13. 作物分析法委員会編　1976　栽培植物分析測定法、第3版、p 63～86, p 141～143, 東京、養賢堂

14. 志茂守孝・大屋一弘・渡嘉敷義浩　1985　酸性土壌における養分施用に関する研究、　第2報　石

灰施用量がスーダングラス及びソルゴーの収量と養分含有率に及ぼす影響、沖縄農業、20（1，2）：1～6

15. スラグ資源化委員会 1977 鉄鉱のスラグ、p23, 東京、（社）日本鉄鉱連盟
16. 高橋英一 1974 イカモノ食いの植物たち－比較植物栄養学のすすめ－、化学と生物、12（9）：580～588
17. Yoshida, Shouichi 1975 The Physiology of Silicon in Rice, Technical Bulletin, No.25, 17pp, Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region, Taipei, Taiwan
18. 吉野昭夫・石原 暁・市来秀夫 1986 サンゴ砂の農業利用、土肥誌、57(2)：193～198