

RESPOSTAS DE QUATRO LEGUMINOSAS TROPICAIS A FÓSFORO, POTÁSSIO E CALCÁRIO NUM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DE CAMPO CERRADO¹

M. B. JONES² e LUIZ M. M. DE FREITAS³

Sinopse

As respostas a fósforo (P), potássio (K) e calcário de *Stylosanthes gracilis*, *Centrosema pubescens*, *Glycine javanica* e *Phaseolus atropurpureus* foram comparadas num experimento conduzido em vasos por 90 dias, escolhendo-se um latossolo vermelho-amarelo, muito ácido e deficiente em P, para o estudo. Para definir as respostas aos três fatores usou-se um delineamento composto central, a que se adicionou alguns tratamentos para melhor caracterizar as respostas a P e calcário.

Tôdas as leguminosas responderam a P, atingindo-se produções próximas das máximas entre 100 e 200 kg de P por ha. A resposta obtida com *S. gracilis* foi inferior à das outras três espécies. A concentração de P nas plantas variou de 0,10 a 0,25%.

A aplicação de pequenas quantidades de calcário determinou marcantes aumentos de produção das leguminosas. A produção máxima de *S. gracilis* foi obtida com apenas 250 kg de cálcio (Ca) por ha, tornando-se porém necessário o uso de 1.000 kg de Ca por ha para assegurar máxima produção das outras três leguminosas. Doses mais elevadas de calcário resultaram em decréscimo de produção, não explicável por um excesso de íônios de Ca⁺⁺. Com efeito, a análise química das plantas sugere que, tanto os teores de macronutrientes quanto os teores de Mn, Fe, Cu, Zn e B dêsses tratamentos, apresentavam valores normais. Outros estudos serão necessários para elucidar o mecanismo do decréscimo de produção causado por níveis mais elevados de calcário. Foram bem distintas as curvas de resposta das quatro leguminosas à aplicação de calcário, indicando para cada uma das espécies estudadas uma diferente necessidade em calcário.

A resposta destas leguminosas tropicais a K não foi estatisticamente significativa. Das quatro espécies a *C. pubescens* foi a que apresentou teores mais baixos de proteína, mas em tôdas elas o teor de proteína aumentou com a aplicação de calcário.

INTRODUÇÃO

Plantas e animais nos trópicos têm a sua produção limitada pela deficiência generalizada de nitrogênio (Henzell & Norris 1962, Quinn *et al.* 1961). Esta deficiência pode ser aliviada através da aplicação de adubos nitrogenados e pelo cultivo de leguminosas. O uso de adubos nitrogenados vem aumentando rapidamente nos últimos anos, mas êstes materiais são ainda relativamente caros em países como o Brasil. O uso de leguminosas constitui, provavelmente, o método mais importante de adicionar nitrogênio ao sistema solo-planta. Os sistemas de agricultura permanente das regiões temperadas baseiam-se tradicionalmente na atividade simbiótica da leguminosa-rizo-

bium. Existem no Brasil muitas centenas de leguminosas tropicais indígenas; contudo, só recentemente se tem verificado um maior interesse pelo cultivo de espécies forrageiras, quer de uso direto em pasto quer para a produção de forragem. Nestas condições, é ainda bastante restrita a experiência com o cultivo dessas leguminosas tropicais e, em particular, os requisitos de nutrição mineral destas espécies não são ainda bem conhecidos.

Andrew e Norris (1961) compararam na Austrália a resposta de nove leguminosas, cinco tropicais e quatro temperadas, à aplicação de cálcio, concluindo que as espécies tropicais apresentavam uma habilidade superior para nodular em níveis baixos de cálcio. Esta característica parecia primariamente relacionada com a superioridade das espécies tropicais em extrair cálcio do solo. Embora as espécies tropicais tenham produzido relativamente bem quando se não aplicou qualquer cálcio, a produção máxima das forrageiras tropicais só foi obtida com a aplicação aproximada dos mesmos níveis de carbonatos de

¹ Recebido 3 mar. 1969, aceito 19 mai. 1969.

Este trabalho foi conduzido como um projeto da Aliança para o Progresso sob o contrato USAID/IRI no Brasil.

² Eng.º Agrônomo associado, Universidade da Califórnia, Hopland, Califórnia, E.U.A., anteriormente especialista em forrageiras do Instituto de Pesquisas IRI.

³ Eng.º Agrônomo do Instituto de Pesquisas IRI, Matão, SP.

cálcio que eram necessários para a máxima produção das espécies temperadas, isto é, 670 a 900 kg por ha. Aplicações de carbonato de cálcio acima de 1.120 kg por ha não aumentaram a produção, mas também não provocaram diminuição da produção, exceto para o caso da *Stylosanthes*, em que as aplicações de 1.680 e 2.240 kg por ha provocaram sucessivos decréscimos de produção.

Ao determinar as respostas aos vários nutrientes torna-se necessário atender às espécies de plantas, mas não se pode deixar de levar em consideração as características dos solos. Mikkelsen *et al.* (1963) estabeleceram experimentos de adubação num latossolo vermelho-amarelo com campo cerrado, próximo a Matão, São Paulo, usando algodão, milho e soja como plantas indicadoras. Estes autores obtiveram as mais altas produções de algodão com a aplicação de 4.000 kg de calcário dolomítico por ha, determinando esta quantidade de calcário no campo, oito meses após a aplicação do calcário, um pH de 5,2. Aparentemente o algodão foi a cultura mais sensível a pH baixo e a soja a menos sensível, ocupando o milho posição intermédia. Quer isto significar que a produção máxima foi alcançada com aplicações mais leves de calcário na soja do que no milho ou algodão. Neste particular solo de campo cerrado, a aplicação de 90 e 180 kg de K₂O por ha aumentou a produção de algodão em caroço de 1.250 para 1.400 e 1.500 kg por ha, respectivamente.

Jones *et al.* (1967) usaram o mesmo latossolo vermelho-amarelo para testar a resposta de alguns capins da estação fria a nitrogênio, fósforo e calcário, verificando nestes experimentos que os sete capins testados atingiram um máximo de produção com a aplicação de 200 kg de P por ha. Produções próximas da máxima foram obtidas em seis dos capins com a aplicação de 1.000 kg de Ca por ha, verificando-se pequeno aumento quando a dose de Ca foi aumentada para 2.000 kg por ha, exceto para o caso de uma espécie, *Bromus auleticus*, em que se obteve uma produção máxima com o uso de 1.000 kg de Ca por ha, com subsequente diminuição da produção quando se usaram doses mais elevadas de Ca.

O objetivo deste estudo foi, pois, comparar a resposta de quatro leguminosas tropicais, *Stylosanthes gracilis*, *Centrosema pubescens*, *Glycine javanica* e *Phaseolus atropurpureus* (var. Siratro) a aplicações crescentes e em várias combinações de fósforo, calcário e potássio num latossolo vermelho-amarelo anteriormente coberto por vegetação de cerrado, próximo de Matão, SP, caracterizado por Pratt e Alvahdyo (1966) sob o número 2.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação sita em Matão, São Paulo, usando o mesmo latossolo vermelho-amarelo utilizado em trabalhos anteriores por Jones *et al.* (1967) e Mikkelsen *et al.* (1963). O solo foi passado através de uma peneira com malha de 2 mm, aplicando-se em seguida os tratamentos correspondentes aos nutrientes e doses indicadas no Quadro 1. Sempre que possível, aqueles nutrientes

QUADRO 1. Lista dos tratamentos de fósforo, cálcio, magnésio e potássio aplicados às leguminosas tropicais. Os tratamentos correspondem a um delineamento composto central, com seis pontos adicionados

N.º do Tratamento	Nutrientes aplicados			
	P	Ca	Mg	K
	kg por ha			
1	50	500	00	25
2	150	500	60	25
3	50	1500	180	25
4	50	500	60	75
5	150	1500	180	25
6	150	500	00	75
7	50	1500	180	75
8	150	1500	180	75
9	100	1000	120	50
10	0	1000	120	50
11	200	1000	120	50
12	100	0	0	50
13	100	2000	240	50
14	100	1000	120	0
15	100	1000	120	100
16	0	0	0	0
17	100	250	30	50
18	100	125	15	50
19	100	0	120	50
20	100	1000	0	50
21	400	1000	120	50

foram adicionados em soluções. Usou-se um delineamento composto central a que se adicionaram seis pontos julgados necessários para melhor definir as curvas de resposta a níveis baixos de calcário e altos de fósforo, bem como para caracterizar os efeitos separados do Ca e Mg. As quantidades apropriadas de nutrientes foram adicionadas ao solo e com este misturadas completamente, depois do que se passaram para cada vaso 2,5 kg da mistura de terra e adubo. Para suprir os nutrientes necessários foram usados os seguintes materiais: ácido fosfórico, hidróxido de cálcio, carbonato de magnésio e cloreto de potássio. Aplicações uniforme de enxofre a razão de 20 kg por ha sob a forma de ácido sulfúrico, zinco a razão de 2 kg por ha como sulfato de zinco, e boro a razão de 1 kg por ha como ácido bórico foram feitas em todos os vasos. As quantidades dos vários nutrien-

tes estão expressas neste trabalho na base do elemento. Cada um dos 21 tratamentos foi replicado três vezes para cada uma das quatro leguminosas tropicais estudadas.

QUADRO 2. Influência da aplicação de doses crescentes de Ca e Mg na relação Ca/Mn, em quatro leguminosas tropicais

Aplicações de		<i>Stylosanthes gracilis</i>	<i>Centrosema pubescens</i>	<i>Glycine javanica</i>	<i>Phaseolus atropurpureus</i>
Ca	Mg				
Kg por ha		Relação Ca/Mn			
0	0	4,6	4,5	2,8	3,7
125	15	20,7	14,2	18,9	22,1
250	30	77,5	24,9	42,7	59,7
1000	120	782,8	187,1	560,0	230,2
2000	240	n.d.	463,6	n.d.	282,8

As sementes de cada espécie foram inoculadas com a bactéria rizobial* apropriada. Em 4 de setembro de 1964 foram semeadas 20 sementes em cada vaso. Duas a quatro semanas após, as plantas foram desbastadas, deixando-se as cinco plantas maiores em cada vaso.

As plantas eram molhadas, diariamente, adicionando-se a água necessária para elevar o peso dos vasos até a capacidade de campo do solo. A 8 de dezembro, quando se passou a observar menor desenvolvimento das plantas, procedeu-se ao corte da parte aérea, que foi secada a 68°C, pesada e analisada no que respeita aos teores de P, Ca, Mg, K e N. Mn, Fe, Cu, Zn e B foram igualmente analisados segundo os métodos descritos por Lott *et al.* (1956, 1961), nos tratamentos em que se variou a aplicação de Ca e se obteve material suficiente para análise. Os dados de produção e de composição química foram analisados estatisticamente, exceto quando se misturaram as amostras das várias repetições, único modo de possibilitar a análise daqueles micro-nutrientes.

O pH do solo de cada tratamento foi determinado no começo e no fim do experimento, numa pasta de solo e água. Para esta determinação misturaram-se as amostras das várias repetições e espécies.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos quinze primeiros tratamentos não mostrou qualquer interação entre as aplicações de P, K ou calcário. Por esta razão, as respostas de produção das quatro leguminosas são representadas por curvas correspondentes à variação de

cada um dos fatores. Assim, na Fig. 1 é apresentada a curva de resposta a P na presença de quantidades constantes de Ca, Mg e K, respectivamente 1.000, 120 e 50 kg por ha. Para definir as produções correspondentes aos níveis de 50 e 150 kg de P por ha, usou-se a média das produções quando as aplicações de Ca foram respectivamente 500 e 1.500 kg por ha. Neste caso usou-se também a média das produções obtidas com 25 e 75 kg de K por ha.

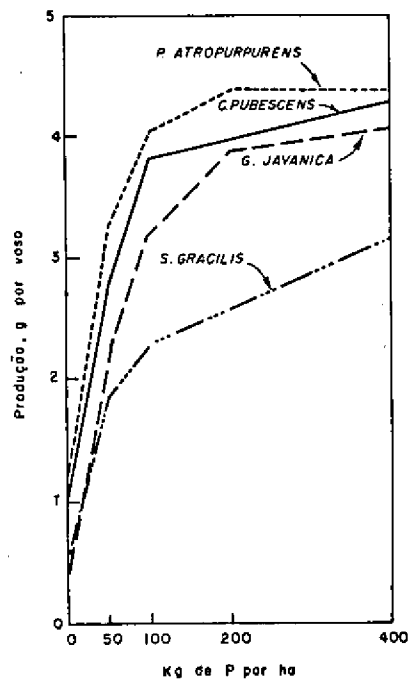


FIG. 1. Efeito da aplicação de fósforo na produção de matéria seca de quatro leguminosas tropicais supridas com outros nutrientes. As D.M.S. (0,05) entre tratamentos de P, as várias espécies e a interação tratamento x espécies eram respectivamente 0,38, 0,17 e 0,77.

Efeitos do fósforo

A produção de matéria seca das quatro espécies tropicais, obtida com as diferentes doses de P, é mostrada na Fig. 1. A adição de P determinou aumento de produção de todas as espécies. Sem aplicação de P foram obtidas menores produções de *G. javanica* e *S. gracilis*, maiores de *P. atropurpureus* e *C. pubescens*. O maior aumento de produção resultou da aplicação dos primeiros 100 kg de P por ha, embora tivesse correspondido um menor aumento para o *S. gracilis*, comparado com o verificado com as outras três leguminosas, quando a dose de P passou de 50 para 100 kg por ha. Duas espécies, *G. javanica* e *P. atropurpureus*, tiveram sua produção au-

* Rizobium cedido pelo Dr. D.O. Norris.

mentada mais que a das outras duas quando a dose de P passou de 100 para 200 kg de P por ha. Com tôdas as espécies estudadas obteve-se produção crescente até a mais alta dose de fósforo aplicada, 400 kg por ha. A produção de *S. gracilis* nos tratamentos com amplo suprimento de P foi, porém, sempre inferior à obtida com as outras três espécies, indicando tratar-se de espécie com menor potencial de crescimento a altos níveis de fósforo.

O teor de P nas plantas variou de cerca de 0,10 a 0,14% de P no tratamento onde este elemento não foi aplicado (Fig. 2). A aplicação de 100 kg por

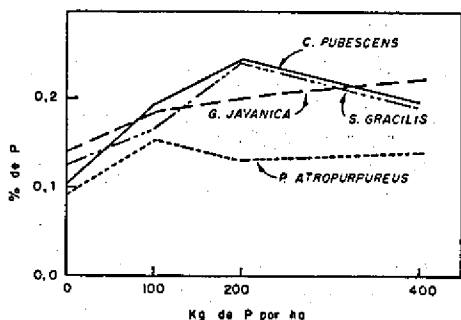


FIG. 2. Efeito da aplicação de fósforo na concentração de P em quatro leguminosas tropicais, supridas com outros nutrientes. As D.M.S. (0,05) entre tratamentos de P, espécies e tratamento x espécies eram respectivamente 0,02, 0,01 e 0,02.

ha de P aumentou a concentração deste elemento em tôdas as espécies, mas a aplicação de 200 kg de P por ha aumentou a concentração de P em apenas três das quatro espécies, pois o *P. atropurpureus* não respondeu à aplicação adicional de fósforo. Apenas na *G. javanica* se verificou aumento da concentração de P com a aplicação do último incremento de adubo fosfatado.

Efeito do calcário

Na Fig. 3 são apresentados os efeitos da aplicação de Ca e Mg na produção de matéria seca das quatro espécies estudadas. A produção de tôdas estas espécies estudadas foi aumentada pela adição de Ca e Mg, mas verificaram-se diferenças significativas no que respeita ao ponto em que a produção máxima de cada uma delas foi obtida. *S. gracilis* produziu mais que qualquer uma das outras espécies quando não se aplicou qualquer Ca ou Mg; *G. javanica* foi a menos produtiva nestas circunstâncias. A produção máxima de *S. gracilis* correspondeu à aplicação de 250 kg de Ca e 30 de Mg por ha, enquanto que a produção das outras três espécies continuou aumentando até a aplicação de 1.000 kg de Ca e 120 de

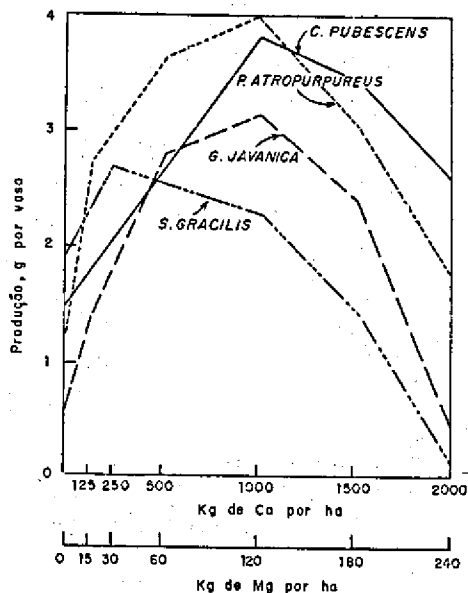


FIG. 3. Efeito de aplicações crescentes de Ca e Mg na produção de quatro leguminosas tropicais supridas com outros nutrientes. As D.M.S. (0,05) entre os tratamentos de Ca e Mg, espécies e tratamentos x espécies eram respectivamente 0,33, 0,17 e 0,77.

Mg por ha. Subseqüentes aplicações de calcário determinaram decréscimos de produção de tôdas as espécies. Estes resultados contrastam com os obtidos por Jones *et al.* (1967) com gramíneas de inverno cultivadas no mesmo solo, onde não se verificou qualquer decréscimo de produção com o aumento de Ca além da dose de 1.000 kg por ha. Andrew e Norris (1961) obtiveram produções crescentes de tôdas as leguminosas, quatro tropicais e cinco temperadas, por êles utilizadas. *C. pubescens* foi uma das espécies usadas nos dois trabalhos, mas aqueles autores obtiveram apenas um pequeno decréscimo de produção quando aumentaram a dose de CaCO_3 até 2.240 kg por ha.

Poder-se-ia inferir que a queda de produção resultou de um desequilíbrio nutritivo, induzido pelo excesso de íons de Ca. Com efeito, trabalho recente de Andrew* na Austrália, ainda não publicado, indica os níveis críticos de micro e macronutrientes associados com toxidez e deficiência para diversas espécies de leguminosas. Os níveis críticos de toxidez para Mn indicados pelo autor acima referido para *S. gracilis*, *C. pubescens*, *P. atropurpureus* e *G. javanica* eram, respectivamente, 1.150, 730, 710 e 450 ppm de Mn. No entanto, todos os valores de Mn encontrados no trabalho presente são inferiores a estes níveis críticos sempre que se aplicaram 500 kg ou mais de Ca por ha (Quadro 3). Andrew* referiu-se ainda

* Comunicação pessoal.

QUADRO 3. Influência da aplicação de doses crescente de Ca e Mg a um solo na concentração de vários micronutrientes e de fósforo, determinados em quatro leguminosas tropicais

Aplicações de		S. <i>gracilis</i>	C. <i>pubescens</i>	G. <i>javanica</i>	P. <i>atropurpureus</i>
Ca	Mg				
kg por ha		ppm Mn			
0	0	1023	1084	1432	1084
125	15	513	640	450	371
250	30	244	465	260	181
500	60	44	124	54	63
1000	120	29	70	25	63
1500	180	38	70	32	54
2000	240	n.d. ^a	44	n.d.	70
		ppm Cu			
0	0	12	18	15	13
125	15	12	12	12	12
250	30	13	—	10	10
500	60	12	15	31	10
1000	120	10	12	12	7
1500	180	12	14	8	10
2000	240	—	15	n.d.	14
		ppm B			
0	0	56	66	136	102
125	15	56	73	125	100
250	30	60	45	128	102
500	60	68	51	115	69
1000	120	60	42	97	73
1500	180	73	50	95	72
2000	240	—	60	95	73
		ppm Fe			
0	0	688	1360	1514	1411
125	15	688	831	1282	1359
250	30	524	779	1088	830
500	60	585	792	792	1127
1000	120	559	1050	908	1669
1500	180	n.d.	1217	n.d.	—
2000	240	n.d.	1153	n.d.	1024
		ppm Zn			
0	0	158	583	145	149
125	15	104	55	120	68
250	30	74	—	124	57
500	60	52	46	78	47
1000	120	37	53	49	53
1500	180	33	49	42	35
2000	240	n.d.	58	n.d.	60
		% P			
0	0	0,150	0,182	0,267	0,128
125	15	0,135	0,197	0,215	0,128
250	30	0,100	0,167	0,203	0,113
500	60	—	—	—	—
1000	120	0,165	0,191	0,202	0,151
1500	180	—	—	—	—
2000	240	0,281	0,233	0,247	0,172

^a Não determinada por insuficiência de material.

à relação Ca/Mn, relação que, para as quatro espécies acima mencionadas, deveria ser respectivamente 15, 17, 25 e 37 ou maior, já que, de contrário, o Mn tornar-se-ia tóxico. Neste trabalho as relações Ca/Mn foram sempre inferiores a estes valores quando se aplicou 125 kg de Ca/ha ou menos, exceto no caso do *S. gracilis* que apresentava uma relação Ca/Mn de 27 quando se usou aquela dose de Ca. Todos os outros tratamentos apresentavam relações Ca/Mn bem superiores aos níveis críticos acima citados (Quadro 2).

Andrew⁶ indicou igualmente que uma deficiência dos elementos acima indicados seria de esperar se o nível de cobre fosse inferior a 2-4 ppm, o de zinco inferior a 20 ppm, o de boro inferior a 20 ppm, o de K inferior a 1,0% e o de Mg inferior a 0,25%. Uma inspeção dos dados (Quadro 3, Fig. 5 e 6) mostra que a concentração destes elementos, nas quatro espécies analisadas, estava em todos os casos bem acima dos níveis críticos indicados, com exceção do K. Valores baixos de K, porém, só ocorreram quando as produções eram mais elevadas e nunca quando foram baixas.

A porcentagem de Ca nas quatro espécies foi influenciada pelas doses crescentes de Ca e Mg, como se pode verificar na Fig. 4. O *S. gracilis* apresentou sempre teores mais elevados de cálcio, independentemente da sua aplicação ou não. A concentração de Ca, nas diversas leguminosas, aumentou rapidamente com as duas primeiras aplicações de cálcio, e de forma mais lenta com as aplicações de Ca superiores a 250 kg/ha.

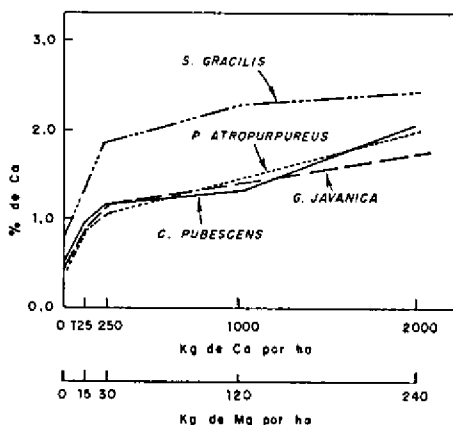


FIG. 4. Efeito de aplicações crescente de Ca e Mg na concentração em Ca de quatro leguminosas tropicais supridas com outros nutrientes. As D.M.S. (0,05) entre os tratamentos de calcário, as espécies e as suas interações eram respectivamente 0,13, 0,07 e 0,27.

⁶ Comunicação pessoal.

A porcentagem de Mg nas plantas variou de 0,20 a 0,25 quando não se aplicou calcário (Fig. 5). Com maiores aplicações de Ca e Mg a porcentagem de Mg não variou apreciavelmente no *S. gracilis* e *C. pubescens*, mas no *P. atropurpureus* e *G. javanica* a concentração de Mg aumentou até a aplicação de 1.000 kg de Ca e 120 kg de Mg por ha, tendendo a estabilizar acima deste ponto.

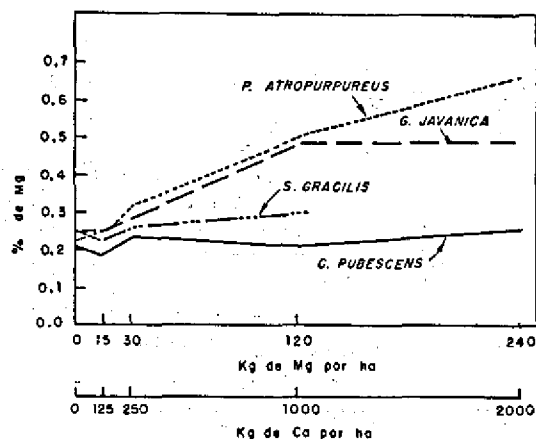


FIG. 5. Influência de aplicações crescentes de Ca e Mg no teor em Mg de quatro leguminosas tropicais, supridas com outros nutrientes. As D.M.S. (0,05) entre os tratamentos de calcário, as espécies e suas interações eram respectivamente 0,04, 0,02 e 0,03.

O efeito da aplicação de doses crescentes de Ca e Mg no teor de potássio, nas várias espécies, é apresentado na Fig. 6. Como se pode notar, os níveis de potássio nas plantas diminuíram com a aplicação de Ca e Mg até cerca de 250 kg de Ca por ha. Aplicações de calcário acima deste nível pouco afetaram os níveis de potássio, mas aplicações entre 1.000 e 2.000 kg de Ca voltaram a elevar os teores de potássio.

No Quadro 4 são apresentados os níveis de proteína das quatro leguminosas tropicais correspondentes aos níveis de Ca e Mg aplicados. Os níveis de pro-

QUADRO 4. Efeito da adição de calcário no teor de proteína de quatro leguminosas tropicais *

Aplicações de		S. gracilis	C. pubescens	G. javanica	P. atropurpureus
Ca	Mg				
Kg por ha		Porcentagem de proteína			
125	15	16,44 ^c	8,25 ^b	12,81 ^a	15,86 ^c
250	30	16,12 ^{cd}	7,56 ^b	16,39 ^{cd}	15,37 ^a
500	60	15,75 ^d	7,63 ^b	15,44 ^a	16,50 ^{cd}
1000	120	20,31 ^e	14,81 ^c	24,81 ^f	19,25 ^e

* Os valores seguidos pela mesma letra não são estatisticamente diferentes ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

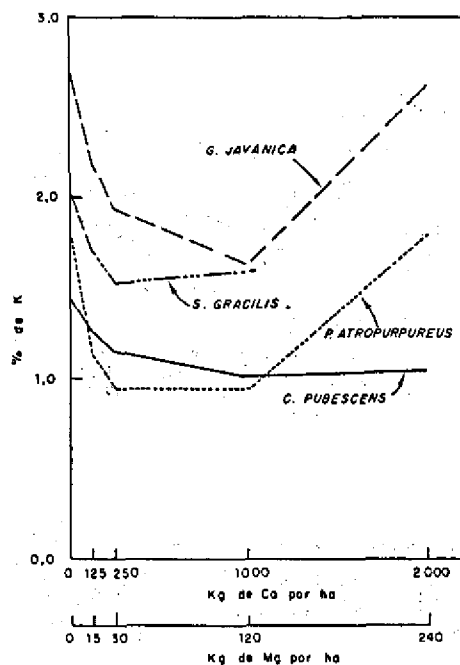


FIG. 6. Efeito de aplicações crescentes de Ca e Mg no teor em K de quatro leguminosas tropicais, supridas com outros nutrientes. As D.M.S. (0,05) entre os tratamentos de K, espécies e suas interações eram respectivamente 0,12, 0,06 e 0,17.

teína eram mais baixos na *C. pubescens*, quase idênticos nas outras três espécies. Em todas as espécies o teor de proteína aumentou com a aplicação de Ca e Mg, verificando-se porém o maior aumento de proteína na *G. javanica*, quando o nível de Ca passou de 125 para 1.000 kg de Ca por ha.

A adição de Ca e Mg afetou o pH do solo usado no experimento, como se mostra no Quadro 5. No

QUADRO 5. Efeito da calagem no pH de um latossolo vermelho-amarelo, no início e no final do experimento de vasos

Aplicações de		Começo do experimento	Final do experimento
Ca	Mg		
kg por ha		pH do solo	
0	0	4,5	5,1
125	15	4,8	5,2
250	30	4,8	5,3
500	60	5,7	6,0
1000	120	6,4	6,6
1500	180	6,8	6,8
2000	240	6,8	6,9

início do experimento o pH do solo era de cerca de 4,5 no tratamento em que não se usou Ca ou Mg, passando para 6,8 com a aplicação de 2.000 kg de

Ca por ha. No final do experimento o pH daquele tratamento sem calcário tinha passado para 5,1 e, no tratamento que recebera maior adição de Ca, o pH do solo passara de 6,8 para 6,9. O valor inicial de 4,5 no tratamento sem calcário era de esperar nesse solo, porém não se compreende sua elevação para 5,1, ao fim do experimento. Andrew e Norris (1961) verificaram, no final dos seus experimentos, que o pH do solo nos vasos em que as leguminosas tropicais haviam sido cultivadas era sempre mais elevado do que o dos solos dos vasos em que se haviam desenvolvido as leguminosas temperadas. Isto ocorria apenas nos tratamentos em que se haviam usado doses baixas ou nenhum calcário, não ocorrendo estas diferenças entre os dois grupos de leguminosas quando se usaram níveis mais altos de calcário. Constatam-se assim certas similaridades entre os dois experimentos no que respeita ao efeito das leguminosas tropicais no pH dos solos ácidos.

O Quadro 6 mostra as respostas das quatro espécies a aplicações de Ca e Mg feitas separadamente e em conjunto. A *S. gracilis* mostrou pequena resposta à adição isolada de Ca ao nível de 1.000 kg por ha, mas um ligeiro acréscimo de produção foi obtido com a adição de 120 kg de Mg por ha, independentemente da presença ou ausência de Ca. Estes resultados não são de surpreender pois, como foi dito antes, a adição de Ca acima de 250 kg por ha determinou redução da produção desta leguminosa. A *C. pubescens* mostrou alguma resposta a Mg, com ou sem Ca, e uma resposta maior a Ca, isolado ou com Mg. A produção de *G. javanica* foi aumentada pela adição de Ca ou de Mg e, mais ainda, pela aplicação dos dois em conjunto. O *P. atropurpureus* mostrou do mesmo modo reação à aplicação isolada de Ca ou Mg, mas quando êstes dois nutrientes foram aplicados em conjunto o efeito foi pouco menor que o da aplicação isolada de Ca.

No Quadro 6 são mostrados os teores percentuais de Ca e Mg destas quatro leguminosas, quando êstes nutrientes foram adicionados isoladamente ou em conjunto. Os teores de Mg foram sempre inferiores ao valor crítico de 0,25% indicado por Andrew, sempre que o Ca foi aplicado sozinho; quando, porém, o Ca e Mg foram aplicados em conjunto, os níveis ficaram acima do ponto crítico indicado, exceto no caso da *C. pubescens*, que apresentava uma concentração de 0,22% de Mg. A adição isolada de Mg resultou em teores relativamente elevados deste nutriente nas quatro espécies, valores êste significativamente diferentes entre si.

QUADRO 6. Efeito da aplicação de Ca e Mg na concentração de Ca, Mg e K e na produção de quatro leguminosas tropicais

Quantidade de magnésio, kg por ha	% Mg		% Ca		% K		Produção (g/vase)	
	Quantidade de cálcio, kg por ha							
	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000
<i>Stylosanthes gracilis</i>								
0	0,255	0,170	0,74	2,36	2,03	1,61	1,9	2,1
120	0,675	0,308	0,36	2,27	1,88	1,60	2,3	2,3
<i>Centrosema pubescens</i>								
0	0,216	0,150	0,49	1,56	1,40	1,07	1,5	3,1
120	0,590	0,222	0,28	1,31	1,17	1,01	1,7	3,6
<i>Glycine javanica</i>								
0	0,250	0,181	0,40	1,59	2,70	1,78	0,5	2,2
120	0,648	0,430	0,57	1,40	2,32	1,64	1,0	3,1
<i>Phaseolus atropurpureus</i>								
0	0,233	0,162	0,40	1,37	1,81	0,90	1,1	3,8
120	0,762	0,503	0,24	1,45	1,20	0,94	2,0	4,0

D.M.S. (0,5)

Tratamentos	0,04	0,13	0,12	0,33
Espécies	0,02	0,70	0,06	0,17
Tratamentos x espécies	0,03	0,27	0,17	0,77

O teor de Ca das plantas aumentou sempre que se adicionou êste nutriente, mas diminuiu quando Mg foi adicionado, exceto no caso da adição isolada de Mg à *G. javanica* em que o aumento de Ca verificado não chegou a ser significativo. O teor de K das plantas foi diminuído pela aplicação isolada de Mg ou Ca. A adição conjunta de Ca e Mg, resultou numa maior redução dos teores de K do que a adição isolada de Mg ou do Ca, embora neste caso a diferença não fôsse estatisticamente significativa. As várias espécies estudadas apresentavam teores de K significativamente diferentes.

Efeito do potássio

A aplicação de potássio nestes experimentos não afetou a produção das leguminosas tropicais, indicando que elas puderam conseguir o potássio necessário ao seu desenvolvimento mais facilmente que as plantas de algodão, milho ou soja cultivadas no mesmo solo por Mikkelsen *et al.* (1963). A concentração de K nas quatro espécies foi porém aumentada pela aplicação de K (Fig. 7). Quando não se aplicou qualquer K, a concentração das plantas neste elemento variou entre 0,5 e 0,8%, verificando-se os maiores valores de K na *S. gracilis*, mas apresentando as outras três espé-

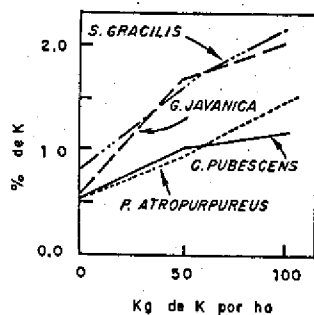


FIG. 7. Efeito de aplicações crescentes de K no teor deste elemento em quatro leguminosas tropicais, supridas com outros nutrientes. As D.M.S. (0,05) entre os tratamentos de K, as espécies e as suas interações eram respectivamente 0,12, 0,06 e 0,17.

cies níveis idênticos. A aplicação de K resultou em teores mais elevados de K na *S. gracilis* e na *G. javanica* do que nas outras duas espécies.

CONCLUSÕES

A aplicação de P resultou em aumento de produção de quatro leguminosas tropicais, aumentos marcantes e expressivos quando a aplicação de P foi elevada até 100 kg por ha e graduais, porém ainda significativos, quando passou de 200 para 400 kg de P por ha. A *S. gracilis* não respondeu tanto quanto as outras três plantas à aplicação de P, mas a curva de resposta a este nutriente era bastante similar para as quatro espécies. Em termos gerais, a forma das curvas de resposta a P não era muito diferente da obtida com gramíneas de inverno cultivadas no mesmo solo (Jones *et al.* 1967).

Ao contrário, a resposta das quatro leguminosas tropicais à adição de quantidades crescentes de calcário foi completamente diferente das curvas de respostas definidas pelo crescimento de gramíneas de inverno, no mesmo solo. A produção de todas as espécies estudadas, conquanto de formas diferentes, foi aumentada pela aplicação de calcário. A produção máxima de *S. gracilis* foi obtida com a aplicação de apenas 250 kg de Ca por ha, mas a maior produção das outras leguminosas correspondeu à aplicação de 1.000 kg de Ca por ha, sendo no entanto bem diferente a resposta a calcário de cada uma das leguminosas estudadas. Aplicações superiores a éstes

níveis determinaram decréscimos significativos na produção. A razão do decréscimo de produção acarretado pelo uso de doses mais elevadas de calcário permanece obscura, já que as concentrações dos vários nutrientes, tanto macro como micro, determinados nas plantas, apresentavam variações normais. A diminuição de produção parece ser específica da leguminosa tropical no solo usado já que a aplicação de doses mais elevadas de calcário, a este mesmo solo, não induziu decréscimos de produção de gramíneas de inverno, cultivados anteriormente, salvo uma exceção. Um dos capins bem adaptados a condições ácidas, *Bromus auleticus*, desenvolveu-se menos nos vasos que receberam quantidades elevadas de calcário do que naqueles que receberam doses moderadas (Jones, 1967). Da mesma forma Mikkelsen *et al.* (1963) não verificaram tal depressão na produção de algodão, milho ou soja cultivados no mesmo solo, em condições de campo, nos tratamentos que receberam doses mais elevadas de calcário.

O teor de proteína das leguminosas cultivadas aumentou com a aplicação de calcário, mas foi sempre mais baixo na *C. pubescens*. As leguminosas não responderam de forma significativa à aplicação de potássio.

REFERÊNCIAS

- Andrew, C.S. & Norris, D.O. 1961. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate pasture legume species. *Aust. J. agric. Res.* 12:40-55.
- Henzell, E.F. & Norris, D.O. 1962. The processes by which nitrogen is added to the soil/plant system. A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pasture. *Commonw. Bur. Pasture and Field Crops, Bull.* 46, p. 1-18.
- Jones, M.B., Freitas, L.M.M. de & Mohrdeick, K.B. 1967. Diferenças nas respostas de algumas gramíneas de inverno ao nitrogênio, fósforo e calcário. *Pesq. agropec. bras.* 2: 375-382.
- Lott, W.L., Gallo J.R. & Medcalf, J.C. 1956. A técnica da análise foliar aplicada ao cafeeiro. *Inst. Agron. Campinas, Bolm* 79.
- Lott, W.L., McClung, A.C. Vita R. de & Gallo J.R. 1961. Levantamento de cafézais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. *IBEC Research Institute, Bolm* 26.
- Mikkelsen, D.S., Freitas, L.M.M. de & McClung, A.C. 1963. Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. *IRI Research Institute, Bolm* 29.
- Quinn, L.R., Mott, G.O. & Bisschoff, W.V.A. 1961. A fertilização de pastos de capim Colômbio e a produção de carne com novilhos Zebu. *IBEC Research Institute, Bolm* 24.
- Pratt, P. F. & Alvahydo, R. 1966. Características da permuta de cátions de alguns solos do Estado de São Paulo. *Pesq. agropec. bras.* 1:401-406.

RESPONSE OF FOUR TROPICAL LEGUMES TO PHOSPHORUS, POTASSIUM AND LIME WHEN GROWN IN RED-YELLOW LATOSOLS OF THE CAMPO CERRADO

Abstract

The response of *Stylosanthes gracilis*, *Centrosema pubescens*, *Glycine javanica* and *Phaseolus atropurpureus* to P, K and lime were compared. A very acid, P deficient red-yellow latosol soil was used for the study. A composite design with respect to the three factors plus some additional treatments of lime and P were used.

All of the legumes responded to P, reaching near maximum yields between 100 and 200 kg p/ha. The response of *S. gracilis* was much less than the other three species. The concentration of P in the plants ranged from about 0.10 to 0.25%.

Applied in small increments, lime gave marked increases in yield. Maximum yield for *S. gracilis* was obtained with only 250 kg Ca/ha. Maximum yields for the other three species occurred at the 1000 kg Ca/ha level. The response pattern of each legume differed from the others. The depression in yield occurring with heavy applications of lime apparently was not due to induced nutrient imbalances caused by a surplus of Ca ions. Analysis of the plant material for Mn, Fe, Cu, Zn and B as well as for the macronutrients indicated that all were within normal limits. The mechanism causing yield depression by lime needs further study.

The response of the tropical legumes to applications of K was not statistically significant. *C. pubescens* was lower in protein than the other three species. Percent protein increased with increasing level of lime.