

COMPETIÇÃO POR POTÁSSIO ENTRE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS CONSORCIADAS, EM FUNÇÃO DA CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA DAS RAÍZES*

José Mário Braga
Gonçalo Moreira de Ramos**

1. INTRODUÇÃO

Verifica-se freqüentemente que as pastagens constituídas de gramíneas e de leguminosas consorciadas são superiores às pastagens de gramíneas. WILLIAMS (17) observou que vacas apascentadas com gramíneas e leguminosas consorciadas apresentavam melhor índice de fertilidade do que as apascentadas com gramíneas adubadas com nitrogênio. GERWIG e AHLGREN (5), BLASER *et alii* (1) e VAN-KEUREN e HEINEMANN (13) encontraram maiores consumos, por animal, em pastagens de gramíneas e de leguminosas consorciadas que em pastagens só de gramíneas, adubadas com nitrogênio. WILLARD (16) aponta outras razões para justificar o uso de pastagens de gramíneas e de leguminosas consorciadas. Segundo este autor, as gramíneas consorciadas produzem, freqüentemente, mais alimento em todas as estações do ano do que qualquer um dos componentes isolados. Além disso, as leguminosas fornecem nitrogênio às gramíneas, elevando-lhes, desse modo, os teores de proteína.

Entretanto, um dos sérios problemas encontrados no manejo de pastagem é manter um «stand» adequado de leguminosas nas associações de gramíneas e leguminosas. Geralmente, as leguminosas tendem a desaparecer da mistura. Vários fatores podem influenciar o desaparecimento das leguminosas das consorciações gramíneas e leguminosas; entre esses fatores citam-se como mais importantes: a competição por luz, a competição por água e a competição por nutrientes. Parece que uma das causas do desaparecimento das leguminosas nas pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas é a deficiência de potássio disponível no solo para suprir adequadamente ambos os componentes da mistura; em tais casos, as gramíneas competem severamente com as leguminosas por esse elemento. Segundo

* Parte da tese apresentada à U.F.V., pelo segundo autor, como uma das exigências do curso de Mestrado em Zootecnia.

Recebido para publicação em 19-07-1977. Projeto n.º 4.1334 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

** Respectivamente, Professor da Universidade Federal de Viçosa e Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

NELSON (10), o potássio é elemento indispensável para a manutenção das leguminosas nas pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas.

Em pastagem consorciada de 'setaria nandi' (*Setaria sphacelata*) e desmódio «greenleaf» (*Desmodium intortum*), suprida de todos os nutrientes, exceto o nitrogênio e o potássio, HALL (6) verificou severa redução de desmódio. Porém, tal situação não se repetiu quando foi efetuada a adubação potássica. Informações relativas às necessidades de potássio, nas pastagens consorciadas, referem-se mais às pastagens de clima temperado.

RICH e ODLAND (12), variando as doses de nitrogênio, de fósforo e de potássio em solo cultivado com mistura de gramíneas e leguminosas, não notaram diferença na produção de matéria seca e nas percentagens das leguminosas na mistura quando as doses de nitrogênio e de fósforo foram reduzidas. Entretanto, com a redução das doses de potássio de 111,2 para 55,6 kg/ha, a produção das leguminosas na mistura baixou de 50 para 3% e a produção de feno de 7,6 para 4,0 t/ha.

Aumento de até 105% na produção de matéria seca de uma mistura de alfafa e «orchardgrass» foi registrado por HUNT e WAGNER (7) quando a pastagem foi adubada com 276 kg de potássio por hectare, relativamente à pastagem não adubada.

Quantidade de potássio no solo acima da necessidade da planta pode produzir efeitos indesejáveis, tais como consumo de luxo e perdas por lixiviação (8).

Brown e colaboradores, citados por REID e JUNG (11), encontraram uma redução de 0,50 para 0,30% nos teores de cálcio do capim-tímóteo quando os teores de potássio no solo foram aumentados. Também Reith, citado por REID e JUNG (11), concluiu que, nas forrageiras, o aumento de potássio no solo tem pouco efeito sobre os teores de magnésio, quando em doses adequadas no solo; doses excessivamente altas podem reduzir de até 30% os teores desse elemento nas plantas.

BROWN (2) encontrou, em cultura de trevo e «orchardgrass» consorciados, teores de magnésio na parte aérea da planta inversamente proporcionais às quantidades de potássio aplicadas no solo; esses teores influenciaram pouco nos teores de cálcio.

A competição por potássio entre gramíneas e leguminosas consorciadas tem sido atribuída à diferença de capacidade de troca catiônica (C.T.C.) das raízes entre os dois grupos de plantas. Por apresentarem baixa C.T.C. das raízes, as gramíneas seriam mais eficientes na remoção do potássio de solos deficientes nesse elemento, enquanto as leguminosas, com C.T.C. das raízes relativamente mais alta, são geralmente mais eficientes na remoção de cálcio e de magnésio do solo.

Este trabalho foi planejado visando a obtenção de algumas informações relativas a esses aspectos, objetivando relacionar a C.T.C. das raízes com os teores de potássio, de cálcio e de magnésio na parte aérea das gramíneas e das leguminosas sob consorciação e estudar os efeitos das gramíneas sobre a concentração de potássio, de cálcio e de magnésio na parte aérea das leguminosas, e vice-versa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi feito com um esquema fatorial 3 x 3 x 3 (3 gramíneas, 3 leguminosas e 3 níveis de potássio), inteiramente ao acaso, com 3 repetições. Foram utilizadas as gramíneas: capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L. var. Gayndah), capim-colônia (*Panicum maximum* Jacq) e capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.), com C.T.C. das raízes de 9, 18 e 18 meq./100g, respectivamente, e as leguminosas: centrosema (*Centrosema pubescens* Benth.), soja perene (*Glycine witthti* C.V. Cooper) e calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), com C.T.C. das raízes de 41, 48 e 49 meq./100g, respectivamente. As C.T.C. das raízes foram determinadas de acordo com o método empregado por CROOKE (3). As doses de potássio foram: 0, 120 e 240 ppm de K, adicionados ao solo na forma de KCl, no plantio. Foram usados neste experimento vasos com 2 kg de solo, classificado como Latosolo Vermelho-Amarelo.

Analisou-se uma amostra que apresentou os seguintes resultados: pH em água (1:2,5), 4,5; Al⁺⁺⁺ trocável, 1,0 eq.mg/100 cc; Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺, 2,0 eq.mg/100 cc; P 1,0 ppm e K 68 ppm. Após o peneiramento do solo, adicionaram-se 50 ppm de P, 210 ppm de N, 200 ppm de Ca, 30 ppm de Mg e 40 ppm de S. Também se adicionaram 8 ml de solução de micronutrientes com 1,55g de H₃BO₃, 0,90 de MnCl₂.4H₂O, 0,276g de N₂MoO₄.2H₂O e 0,80 de CuSO₄.5H₂O por litro (15) e 1ml de solução de FeSO₄.6H₂O a 5.000 ppm de Fe por kg de solo (9).

O solo foi incubado durante 15 dias com o equivalente a 1,5 t de CaCO_3/ha , utilizando-se $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

O plantio foi feito em 25.03.76. Dez dias após o plantio fez-se o desbaste, deixando-se 3 plantas da gramínea e 3 da leguminosa em cada vaso. Vinte dias após o desbaste foram adicionados, em cada vaso, 100 ml da solução, com 2 g de NH_4NO_3 por litro. Fez-se, diariamente, irrigação com água desmineralizada, a fim de manter a umidade do solo em torno de 50 a 60% da capacidade máxima de retenção. Quarenta dias após a germinação fez-se a colheita da parte aérea, separando-se as gramíneas das leguminosas de cada vaso.

Após secagem a 80°C e pesagem, o material foi triturado em moinho Wiley, com peneira de 20 malhas/polegada. Fez-se a determinação de potássio, de cálcio e de magnésio. O cálcio e o magnésio foram dosados por espectrofotometria de absorção atômica (Perkin Elmer, 290 B) e o potássio por fotometria de chama (14).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância. Na comparação das médias foi adotado o teste de TUKEY, a um nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção de Matéria Seca da Parte Aérea das Gramíneas e das Leguminosas

As médias de produção de matéria seca (g/vaso) mostraram diferenças entre as gramíneas estudadas. O capim-colonião foi a gramínea mais produtiva (8,7 g/vaso), enquanto o capim-gordura foi a menos produtiva (2,2 g/vaso). A adubação potássica só favoreceu o capim-colonião, cuja produção de matéria seca da parte aérea mostrou respostas a cada incremento do potássio aplicado no solo (Quadro 1). Aparentemente, o capim-gordura e o capim-buffel tiveram sua carência de potássio suprida pelo potássio existente no solo.

QUADRO 1 - Produção de matéria seca das gramíneas sob consorciação, em função das doses de potássio aplicadas no solo

POTÁSSIO (ppm)	GRAMÍNEAS		
	Capim-Colonião	Capim-Buffel	Capim-Gordura
	M.S. (g/vaso)		
0	6,27 a C (*)	4,30 b A	2,54 c A
120	9,05 a B	5,95 b A	1,94 c A
240	11,00 a A	5,76 b A	2,00 c A

(*) As médias na mesma linha, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem, significativamente, entre si ($P < 0,05$). As médias na mesma coluna, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem, significativamente, entre si ($P < 0,05$). Estas convenções são válidas para os quadros seguintes.

Houve diferença entre as médias de produção de matéria seca das leguminosas estudadas. O calopogônio produziu 0,9 g/vaso, a centrosema 0,7 g/vaso e a soja-perene 0,5 g/vaso. Houve também efeito das gramíneas sobre as produções médias das leguminosas. O potássio aplicado no solo não teve efeito sobre a produção de matéria seca das leguminosas, o que não era esperado, já que as leguminosas têm relativamente pouca habilidade para extrair potássio de solos deficientes nesse elemento. Entretanto, é possível que, em decorrência da pouca duração do experimento, o potássio no solo tivesse sido suficiente para suprir as necessidades

das leguminosas estudadas.

3.2. Percentagens de Potássio, de Cálcio e de Magnésio na Parte Aérea das Gramíneas e das Leguminosas sob Consorciação

A adubação potássica elevou o teor deste elemento na matéria seca das gramíneas (Quadro 2), mas este efeito variou conforme a gramínea. Maiores respostas foram observadas com o capim-buffel e com o capim-colonião. Na ausência de adubação potássica, o capim-gordura teve as maiores percentagens de potássio, enquanto o capim-colonião teve as menores percentagens deste elemento. Quando na presença de adubação potássica, as maiores percentagens deste elemento foram observadas no capim-buffel (Quadro 2). Isto sugere que o capim-buffel, com menor C.T.C. das raízes (9 eq.mg/100 g), foi mais eficiente em extrair o potássio do solo que as outras duas gramíneas, que tiveram maior C.T.C. das raízes. Não era de esperar, entretanto, que na ausência de adubação potássica o capim-gordura tivesse maiores percentagens deste elemento que as outras duas gramíneas.

QUADRO 2 - Percentagens de potássio na matéria seca da parte aérea das gramíneas sob consorciação, em função das doses de potássio aplicadas no solo

POTÁSSIO (ppm)	GRAMÍNEAS		
	Capim-Colonião	Capim-Buffel	Capim-Gordura
	Potássio(% na M.S.)		
0	1,13 c C (*)	1,86 b C	2,26 a B
120	2,63 c B	3,72 a B	3,35 b A
240	3,30 b A	4,50 a A	3,43 b A

(*) As médias da mesma coluna, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$). As médias da mesma linha, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

As percentagens de potássio nas gramíneas não foram influenciadas pelas leguminosas.

A adubação potássica aumentou o teor de potássio das leguminosas, principalmente o da soja-perene, que foi a leguminosa mais rica em potássio, enquanto a centrosema teve os menores teores desse elemento (Quadro 3). Os teores de potássio nas leguminosas variaram de acordo com a gramínea com a qual a leguminosa esteve consorciada. Os maiores teores de potássio foram encontrados nas leguminosas consorciadas com o capim-gordura, enquanto os teores mais baixos de potássio foram observados nas leguminosas que foram consorciadas com o capim-colonião (Quadro 4). Essas observações sugerem a hipótese de competição por potássio, proposta por DRAKE *et alii* (4), mostrando que o capim-colonião foi mais competitivo que o capim-gordura. Todavia, desde que essas duas gramíneas têm idêntica C.T.C. das raízes, talvez a diferença se explique pelo maior rendimento forrageiro do capim-colonião, que esgotaria o potássio do solo, absorvendo-o em maior quantidade.

Observa-se, no Quadro 5, que as percentagens de potássio nas leguminosas dependem do nível de adubação potássica e da gramínea com a qual elas estão consorciadas. Em geral, as percentagens de potássio mais elevadas foram observadas quando as leguminosas estiveram consorciadas com o capim-gordura e/ou foram adubadas com potássio, enquanto as menores percentagens foram observadas sempre que a gramínea da consorciação foi o capim-colonião e/ou não foi aplicado adubo potássico.

QUADRO 3 - Percentagens de potássio na matéria seca da parte aérea das leguminosas, sob consorciação, em função das doses de potássio aplicadas no solo

POTÁSSIO (ppm)	LEGUMINOSAS		
	Centrosema	Soja Perene	Calopogônio
0	0,85 b C (*)	1,39 a C	1,07 b C
120	1,24 c B	2,76 a B	1,76 b B
240	1,50 c A	3,29 a A	1,99 b A

(*) As médias da mesma coluna, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$). As médias da mesma linha, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

QUADRO 4 - Percentagens de potássio na matéria seca da parte aérea das leguminosas, em função das gramíneas do consórcio

LEGUMINOSAS	GRAMÍNEAS		
	Capim-Colônião	Capim-Buffel	Capim-Gordura
	Potássio (% na l.s.)		
Centrosema	0,93 b B (*)	1,19 b C	1,50 a C
Soja Perene	1,96 c A	2,29 b A	3,18 a A
Calopogônio	1,18 c B	1,59 b B	2,06 a B

(*) As médias da mesma coluna, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$). As médias da mesma linha, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

Em geral, doses crescentes de potássio adicionadas ao solo diminuíram as percentagens de cálcio (Quadro 6) e de magnésio (Quadro 7) na matéria seca das gramíneas. Verifica-se, pelos dados, que a redução do cálcio ocorreu em todas as gramíneas, sendo que no capim-gordura e no capim-buffel só foi observada com até 120 ppm de potássio aplicado no solo. Por outro lado, não se observou redução nas percentagens de magnésio na parte aérea do capim-buffel, e no capim-gordura só foi observada redução até a dose de 120 ppm de potássio aplicados no solo. Também nas leguminosas foi constatada redução nas percentagens de cálcio e de magnésio, sendo essa variação da ordem de 1,55 para 1,37% na matéria seca para o cálcio e de 1,03 para 0,79% na matéria seca para o magnésio, no solo sem aduba-

bação potássica e na mais alta dose potássio aplicado no solo, respectivamente, confirmando-se os resultados encontrados por Brown e colaboradores e por Reith, citados por REID e JUNG (11).

QUADRO 5 - Percentagens de potássio na matéria seca da parte aérea das leguminosas, em função das gramíneas e das doses de potássio aplicadas no solo

POTÁSSIO (ppm)	GRAMÍNEAS		
	Capim-Colonião	Capim-Buffel	Capim-Gordura
	Potássio(% na M.S.)		
0	0,90 a A (*)	0,91 b C	1,50 a B
120	1,41 c B	1,78 b B	2,53 a A
240	1,76 b A	2,38 a A	2,66 a A

(*) As médias da mesma coluna, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$). As médias da mesma linha, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

QUADRO 6 - Percentagens de cálcio na matéria seca da parte aérea das gramíneas sob consorciação, em função das doses de potássio aplicadas no solo

POTÁSSIO (ppm)	GRAMÍNEAS		
	Capim-Colonião	Capim-Buffel	Capim-Gordura
	Ca(% na M.S.)		
0	1,27 a A (*)	0,76 b A	1,27 a A
120	0,96 a B	0,58 b B	1,05 a B
240	0,68 b C	0,46 c B	0,99 a B

(*) As médias da mesma coluna, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$). As médias da mesma linha, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

Em geral, percentagens de cálcio na matéria seca das leguminosas foram menores quando estas estiveram consorciadas com o capim-buffel (Quadro 8), enquanto as maiores percentagens deste elemento se verificaram quando as leguminosas estavam consorciadas com o capim-gordura. Esperava-se que o capim-buffel, com menor C.T.C. das raízes (9 meq./100 g), fosse menos competitivo por cálcio do que o capim-gordura, que teve C.T.C. das raízes maior (18 meq./100 g),

QUADRO 7 - Percentagens de magnésio na matéria seca da parte aérea das gramíneas, em função das doses de potássio aplicadas no solo

POTÁSSIO (ppm)	GRAMÍNEAS		
	Capim-Colonião	Capim-Buffel	Capim-Gordura
	Mg(% na M.S.)		
0	0,50 a A (*)	0,38 b A	0,47 a A
120	0,41 a B	0,36 a A	0,39 a B
240	0,35 a C	0,37 a A	0,41 a B

(*) As médias da mesma coluna, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$). As médias da mesma linha, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

QUADRO 8 - Percentagens de cálcio na matéria seca da parte aérea das leguminosas, em função das gramíneas do consórcio

LEGUMINOSAS	GRAMÍNEAS		
	Capim-Colonião	Capim-Buffel	Capim-Gordura
	Ca(% na M.S.)		
Centrosema	1,53 a A (*)	1,46 ab AB	1,59 a B
Soja Perene	1,37 a B	1,34 ab B	1,49 a B
Calopogônio	1,33 c B	1,55 b A	1,81 a A

(*) As médias da mesma coluna, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$). As médias da mesma linha, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

de acordo com a teoria de DRAKE *et alii* (4), embora as percentagens de magnésio tenham sido, em geral, maiores nas leguminosas consorciadas com o capim-buffel (Quadro 9), o que poderia explicar em parte esses resultados. Entre as leguminosas, observaram-se, na centrosema, as menores percentagens de magnésio na matéria seca da parte aérea (Quadro 10) quanto tomadas independentemente entre gramíneas consorciadas.

É necessário, entretanto, mais pesquisa, envolvendo maior número de colheitas e usando-se como testemunha espécies puras nas mesmas condições das consorciações, facilitando, assim, as comparações entre os grupos de espécies puras e as gramíneas e leguminosas consorciadas.

QUADRO 9 - Percentagens de magnésio na matéria seca da parte aérea das leguminosas, em função das gramíneas e das doses de potássio aplicadas

POTÁSSIO (ppm)	GRAMÍNEAS		
	Capim-Colonião	Capim-Buffel	Capim-Gordura
	Mg(% na M.S.)		
0	0,96 b A (*)	1,12 a A	1,02 b A
120	0,87 a B	0,92 a B	0,86 a B
240	0,75 c C	0,97 a B	0,84 b B

(*) As médias da mesma coluna, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$). As médias da mesma linha, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

QUADRO 10 - Percentagens de magnésio na matéria seca da parte aérea das leguminosas, em função das doses de potássio aplicadas no solo

POTÁSSIO (ppm)	LEGUMINOSAS		
	Centrosema	Soja Perene	Calopogônio
	Mg(% na M.S.)		
0	0,75 c A (*)	1,27 a A	1,07 b A
120	0,68 c A	1,08 a B	0,90 b B
240	0,68 b A	0,95 a B	0,75 b C

(*) As médias da mesma coluna, seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$). As médias da mesma linha, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

4. RESUMO

Estudou-se, por meio de um ensaio em casa-de-vegetação, a influência da capacidade de troca catiônica das raízes sobre a competição química de gramíneas e leguminosas consorciadas. Usou-se um esquema fatorial $3 \times 3 \times 3$, onde os fatores foram as gramíneas capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L. var. 'Gayndah') e capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.), e as leguminosas centrosema (*Centrosema pubescens* Benth), calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) e soja perene (*Glycine withtii* C.V. Cooper) e 3 níveis de potássio: 0, 120 e 240 ppm, inteiramente ao acaso, com 3 repetições.

Usaram-se vasos com 2 kg de solo, onde foram cultivadas 3 plantas de gramí-

neas e 3 de leguminosas.

Quarenta dias após a germinação, colheu-se a parte aérea das plantas, separando-se as gramíneas das leguminosas, para análise de potássio, de cálcio e de magnésio.

Os resultados obtidos permitem concluir que o capim-gordura, com capacidade de troca catiónica das raízes mais alta entre as gramíneas, revelou-se como a menos competitiva por potássio. A centrosema, com menor capacidade de troca catiónica das raízes entre as leguminosas, reteve menores proporções de potássio. O aumento das doses de potássio aplicadas no solo aumentou, de modo geral, os teores de potássio na parte aérea de todas as espécies estudadas. Por outro lado, os teores de cálcio e de magnésio diminuíram.

5. SUMMARY

The influence of the cation exchange capacity of roots on the chemical composition of legumes and grasses grown together was studied in a greenhouse experiment. A 3x3x3 factorial completely randomized design with three repetitions was used with three grasses, three legumes and three levels of potassium application constituting the treatments. Grasses were *Panicum maximum* Jacq., *Cenchrus ciliaris* L. var. 'Gayndah', *Melinis minutiflora* Beauv. and legumes *Centrosema pubescens* Benth., *Calopogonium mucunoides* Desv. and perennial soybean *Glycine withtii* C.V. Cooper. Potassium was applied in solutions of 0, 120 and 240 ppm. Three plants of each legume species were planted with three of each grass in pots containing 2 kg of soil. Forty days after germination the aerial parts of the plants were harvested, legumes and grasses separated and analysis of potassium, calcium and magnesium contents carried out.

The results indicated that capim-gordura, with the highest cation exchange capacity among the grasses, was the least competitive for potassium. Centrosema, with the lowest cation exchange capacity among the legumes, retained the lowest proportion of potassium. In general, increase in doses of potassium applied to the soil increased contents of potassium in the aerial portion of all the species studied. On the other hand, contents of calcium and magnesium decreased.

6. LITERATURA CITADA

1. BLASER, R.E.; WARD, C.Y. & MOSCHLER, W.W. Hidden hunger in grass and legumes. *Better Crops with Plant Food*, 42(5):42-50, 1958.
2. BROWN, B.A. Potassium fertilization of ladino clover. *Agronomy Journal*, 49(9):477-480, 1957.
3. CROOKE, W.M. The measurement of the cation-exchange capacity of plant roots. *Plant and Soil*, 21(1):43-49, 1964.
4. DRAKE, M.; VENGRIS, J. & COLBY, W.G. Cation-exchange capacity of plant roots. *Soil Science*, 72(2):139-147, 1951.
5. GERWIG, J.L. & AHLGREN, G.H. The effect of different fertility levels on yield, persistence, and chemical composition of alfalfa. *Agronomy Journal*, 50(6):291-294, 1958.
6. HALL, R.L. The influence of potassium supply on the competition between nandi setaria and green leaf desmodium. *Aust.J.Exp.Agric. and Anim. Husb.*, 11:415-419, 1971.
7. HUNT, O.J. & WAGNER, R.E. Effects of phosphorus and potassium fertilizers on legume composition of seven grass-legume mixtures. *Agronomy Journal*, 55(1):16-19, 1963.
8. KRESGE, C.B. & WOUNTS, S.E. Effect of various rates and frequencies of potassium application on yield and chemical composition of alfalfa-orchard-grass. *Agronomy Journal*, 54(4):313-316, 1962.

9. MALAVOLTA, E. Uso de micronutrientes: In:———. *Manual de Química Agrícola. Adubos e adubação*. 2.^a ed., São Paulo, Ceres Editora, 1967. p. 185-215.
10. NELSON, W.L. To keep legumes in legume-grass pastures. *Better crops with Plant Food*, 58(3):1-4, 1974.
11. REID, R.L. & JUNG, G.A. Effects of elements other than nitrogen on the nutritive value of forage. In: MAYS, D.A. *Forage Fertilization*. American Society of Agronomy, Madison, 1974. p. 395-435.
12. RICH, R.E. & ODLAND, T.E. The effect of various fertilizers on the botanical composition and yield of grass-legume hay. *J. Amer. Soc. Agron.* 39(5):390-394, 1947.
13. VANKEUREN, R.W. & HEINEMANN, W.W. A comparison of grass-legume mixtures and grass under irrigation as pastures of yearling steers. *Agronomy Journal*, 50(2):85-88, 1958.
14. VETTORI, L.L. *Métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro, EPE, 1969. 24 p. (Bol. Sec., 7).
15. WAUGH, D.L. & FITTS, J.M. *Soil test interpretation studies*. Raleigh, North Carolina State University, 1966. 33 p. (Bull. 3).
16. WILLARD, C.T. Establishment of new seedings. In: HEATH, Maurice. E. *Forages; The Science of grassland agriculture*. 2 ed. Ames, Iowa State University press, 1972. p. 368-381.
17. WILLIAMS, M. Clover boosts calf production. *Research Report Univ. of Florida*. 12:4-5. 1967.