

SELEÇÃO DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS TOLERANTES A ALUMÍNIO E EFICIENTES NA UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO.

II. LEGUMINOSAS EXÓTICAS¹

PAULO ANISIO MILAN², WOLFGANG RITTER³ e MIGUEL DALL'AGNOL⁴

RESUMO - Doze espécies de leguminosas foram testadas, em casa de vegetação, em dois níveis de calcário (3,5 e 10,5 t/ha) e em duas doses de P (66 e 188 mg de P/vaso), com a finalidade de avaliar a tolerância a Al e a eficiência de utilização de P. As espécies estudadas são dos gêneros *Trifolium*, *Lotus* e *Ornithopus*. Utilizou-se um Latossolo Bruno distrófico (unidade de mapeamento Vacaria) de baixo pH e baixo P disponível, e de alto Al trocável. Dentre as espécies perenes, *Lotus uliginosus* foi tolerante a baixo pH e eficiente na utilização de P, e o *Trifolium pratense* foi tolerante a baixo P e eficiente na utilização de P. As espécies do gênero *Ornithopus* não aumentaram a produção com o aumento do nível de calcário. *Ornithopus sativus* 4700, *O. compressus* 4420, *O. compressus* 4301 e *O. isthmocarpus*, 4425 foram as espécies anuais mais eficientes na utilização de P.

Termos para indexação: calcário, *Trifolium*, *Lotus*, *Ornithopus*, *Lotus uliginosus*.

SELECTION OF PASTURE LEGUMES TOLERANT TO ALUMINIUM AND EFFICIENT IN PHOSPHORUS UPTAKE. II. EXOTIC LEGUMES

ABSTRACT - Twelve legumes were grown in a glasshouse pot trial at two lime levels (3,5 and 10,5 t/ha) and two phosphate treatments (66 and 198 mg of P/pot) to study their Al tolerance and their efficiency of P uptake. Various annual and perennial species of the genera *Trifolium*, *Lotus* and *Ornithopus* were tested, utilizing a "Vacaria" soil (Haplohumox) high in exchangeable Al, low in P and very acid. Within the perennial group, *Lotus uliginosus* tolerated low pH and utilized P efficiently, whilst *Trifolium pratense* was only efficient in P utilization. The various *Ornithopus* species in the annual group did not respond to increased soil pH. *Ornithopus sativus* 4700, *O. compressus* 4420, *O. compressus* 4301 and *O. isthmocarpus* 4425 were the most efficient in P uptake.

Index terms: lime, *Trifolium*, *Lotus*, *Ornithopus*, *Lotus uliginosus*.

INTRODUÇÃO

Nas regiões dos Campos de Lages e Campos de Curitiba ocorre a maior concentração de bovinos de corte do estado de Santa Catarina, sendo caracterizadas por solos de

elevada acidez e baixa disponibilidade de nutrientes (Grumann et al. 1977).

Para se obter uma boa participação de leguminosas nas pastagens é necessário que se faça a correção da fertilidade do solo através da adição de calcário e fertilizantes. A correção do solo nem sempre é uma prática economicamente viável para o produtor: é importante que se desenvolvam trabalhos de pesquisa com o objetivo de selecionar plantas ou cultivares de plantas que tenham maior tolerância à toxidez ou deficiência de minerais no solo (Foy 1983a).

Espécies de plantas e genótipos, dentro de uma mesma espécie, diferem grandemente na

¹ Aceito para publicação em 26 de abril de 1990.

² Eng. - Agr., EMPASC, atualmente trabalhando no CAP-IPIRANGA SERRANA FERTILIZANTES S.A., Caixa Postal 534, CEP 96200 Rio Grande, RS.

³ Eng. - Agr., Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ), Convênio GTZ/EMPASC.

⁴ Eng. - Agr., EMPASC, Caixa Postal 181, CEP 88500 Lages, SC.

tolerância a vários problemas de fertilidade do solo e na eficiência de utilização de nutrientes (Caradus & Dunlop 1978, Caradus 1980 e Tanaka et al. 1984). Em muitas espécies, a tolerância ao Al está intimamente relacionada a uma maior eficiência de utilização de P (Fox 1979, Foy 1983b e Oliveira & Malavolta 1983); porém, Tanaka et al. (1984) não encontraram correlação entre tolerância a baixo pH e baixo P, para as espécies estudadas.

O objetivo deste trabalho foi selecionar leguminosas forrageiras hibernais, anuais e perenes, que tenham a capacidade de produzir bem em solos com elevados teores de Al trocável e baixa disponibilidade de P.

MATERIAL E MÉTODOS

Doze leguminosas exóticas hibernais e uma espécie nativa foram testadas, em casa de vegetação, em dois níveis de calcário: 3,5 e 10,5 t calcário/ha (Ca 1 e Ca 2), e em duas doses de P: 66 e 198 mg de P/vaso (P 1 e P 2).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de fatorial 12x2x2 (espécies x níveis de calcário x doses de P).

As leguminosas estudadas foram: *Trifolium pratense* cv. Kenland, *Trifolium repens* cv. Bayucua, *Lotus uliginosus* cv. Maku, *L. corniculatus* cv. S. Gabriel, *T. riograndense* (espécie nativa) *Ornithopus compressus* (4414, 4420 e 4301), *O. pinnatus* (4424), *O. sativus* (4700), *O. perpusillus* (4426) e *O. isthmocarpus* (4425).

O solo utilizado foi o da unidade de mapeamento Vacaria, classificado como Latossolo Bruno distrófico (Santa Catarina 1973), sendo coletado até a profundidade de 20 cm, passando em peneira com malhas de 5 mm de abertura, para remoção de cascalhos e fragmentos de raízes, e posteriormente secado ao ar. Executou-se, a seguir, a calagem do solo, adicionando-se uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃ na relação molar de 3/1 de Ca:Mg; os níveis utilizados foram de 1/4 e 3/4 da quantidade de calcário recomendada pelo método SMP para pH6, descrito por Mielniczuk et al. (1969). O solo permaneceu incubado por um período de 45 dias, a 80% da umidade correspondente à capacidade de campo. Após a in-

cubação, o solo foi secado ao ar e utilizado no experimento.

Os resultados das análises químicas do solo, antes e após a incubação, são mostrados na Tabela 1.

A fonte de P utilizada foi Na₂HPO₄.7H₂O. Todos os vasos receberam uma adubação básica de 400 mg de K, 130 mg de S e 1,36 mg de Mo na forma de KCl, K₂SO₄ e Na₂MoO₄.2H₂O, respectivamente. Todos os fertilizantes foram adicionados na forma de solução e misturados com 2,2 kg de solo por vaso.

Por não se dispor de estirpes apropriadas de *Rhizobium* para todas as leguminosas utilizadas no experimento, adicionaram-se 50 mg de N/vaso, dez dias após a semeadura, e outra dose de 50 mg de N/vaso, 60 dias após a primeira. O N foi aplicado ao solo na forma de solução, utilizando-se como fonte a uréia.

Foram colocadas seis sementes pré-germinadas por vaso, e dez dias após efetuou-se o desbaste, deixando-se quatro plantas por vaso.

Os vasos foram molhados diariamente com água destilada, para manter a umidade do solo a 87% da capacidade de campo.

A produção dos vasos foi avaliada através de corte, ao nível do solo, 92 dias após o plantio. O material colhido foi lavado com água destilada, para remover a contaminação com solo, e secado a 55°C em estufa de ar forçado, até peso constante.

A concentração de P no tecido vegetal foi determinada, em cada tratamento, digerindo-se a matéria

TABELA 1. Valores de pH, matéria orgânica, P extrafvel, K, Ca + Mg e Al trocáveis do solo Vacaria (Latossolo Bruno distrófico), antes e após a incubação com níveis crescentes de calcário.

Determinações	Calcário (t/ha)		
	0 (1)	3,5	10,5
pH em H ₂ O	4,9	5,2	5,9
P (ppm) (2)	1	1	1
K (ppm) (2)	80	83	85
Matéria orgânica (%) (3)	5,8	5,5	5,7
Ca + Mg (meq/100 g) (4)	2,3	5,9	11,5
Al (meq/100 g) (4)	4,0	1,6	0,0

(1) Solo analisado antes da incubação. (2) Extrator: Mehlich-1.

(3) Processo: digestão úmida. (4) Extrator: KCl 2 N.

seca com HNO₃/HClO₄ e o P determinado pelo método de Murphy & Riley (1962).

Utilizaram-se os seguintes parâmetros para avaliar a eficiência das plantas na utilização de P: concentração de P no tecido vegetal, quantidade de P absorvida por tratamento, quociente de utilização de P e valor E. O quociente de utilização de P é definido como a quantidade de matéria seca produzida por unidade de P presente na biomassa (Steenbjerg & Jakobsen 1963, Gerloff 1976), e o valor E é calculado multiplicando-se o quociente de utilização de P pela produção de matéria seca (Siddiqi & Glass 1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de produção de matéria seca, em função da aplicação dos tratamentos de calcário e P, estão apresentados nas Tabelas 2 e 3. Pelo fato de as leguminosas apresentarem diferentes taxas de crescimento, os resultados fo-

ram analisados em dois grupos: leguminosas perenes e leguminosas anuais.

A avaliação da produção de matéria seca foi feita em apenas um corte, pois os efeitos positivos da aplicação de P e calcário tornam-se progressivamente menores com o crescimento das espécies, sendo preferível comparar a tolerância à toxidez de Al e à deficiência de P entre espécies, usando dados coletados nas primeiras fases de crescimento, como sugeriram Thaworuwong & Diest (1974) e Tanaka et al. (1984).

No grupo das leguminosas perenes, o aumento do nível de calcário provocou maior produção de matéria seca apenas para o trevo-

TABELA 2. Produção de matéria seca de leguminosas perenes hibernais em função da aplicação de níveis de calcário e P, em solo Vacaria (Latossolo Bruno distrófico).

Espécies	Calcário	Fósforo (mgP/vaso)		Média dos tratamentos de P
		66	198	
	t/ha	g/vaso		
<i>T. pratense</i>	3,5	2,63	4,93	3,78 B
cv. Ke'land	10,5	4,38	6,94	5,66 A
	(média)	3,50 B	5,93 A	...
<i>T. repens</i>	3,5	1,34	2,48	1,91 B
cv. Bayucua	10,5	1,75	3,37	2,56 A
	(média)	1,55 B	2,93 A	...
<i>L. uliginosus</i>	3,5	2,18	4,77	3,48 A
cv. Maku	10,5	1,87	4,44	3,16 A
	(média)	2,03 B	4,83 A	...
<i>L. corniculatus</i>	3,5	1,15	2,29	1,72 A
cv. S. Gabriel	10,5	1,03	2,16	1,60 A
	(média)	1,09 B	2,22 A	...
<i>T. riograndense</i>	3,5	0,44	1,07	0,76 A
	10,5	0,62	0,85	0,74 A
	(média)	0,53 B	0,96 A	...

Para cada espécie, médias seguidas de mesma letra na coluna (médias dos tratamentos de P) ou na linha (médias dos tratamentos de calcário), não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

TABELA 3. Produção de matéria seca de leguminosas anuais hibernais em função da aplicação de níveis de calcário e P, em solo Vacaria (Latossolo Bruno distrófico).

Espécies (1)	Calcário	Fósforo (mgP/vaso)		Média dos tratamentos de P
		66	198	
	t/ha	g/vaso		
<i>O. compressus</i>	3,5	3,50	5,83	4,67 A
(4414)	10,5	2,83	4,39	3,61 A
	(média)	3,16 B	5,11 A	...
<i>O. compressus</i>	3,5	4,39	7,08	5,74 A
(4420)	10,5	4,41	7,69	6,05 A
	(média)	4,40 B	7,38 A	...
<i>O. compressus</i>	3,5	4,33	6,43	5,38 A
(4301)	10,5	3,22	5,57	4,40 B
	(média)	3,78 B	6,00 A	...
<i>O. pinnatus</i>	3,5	0,69	2,16	1,42 A
(4424)	10,5	0,81	2,53	1,67 A
	(média)	0,75 B	2,34 A	...
<i>O. sativus</i>	3,5	3,23	6,13	4,68 A
(4700)	10,5	3,35	4,61	3,98 A
	(média)	3,29 B	5,37 A	...
<i>O. perpusillus</i>	3,5	2,83	5,77	4,30 A
(4426)	10,5	1,70	4,22	2,96 B
	(média)	2,26 B	5,00 A	...
<i>O. isthmocarpus</i>	3,5	3,65	6,62	5,14 A
(4425)	10,5	3,21	7,36	5,28 A
	(média)	3,43 B	6,99 A	...

¹ Valores entre parênteses indicam o número da introdução na Estação Experimental de Lages.

Para cada espécie, médias seguidas da mesma letra na coluna (médias dos tratamentos de P) ou na linha (médias dos tratamentos de calcário), não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

vermelho (*T. pratense*) e trevo-branco (*T. repens*) (Tabela 2).

O trevo-vermelho, além de responder ao aumento de pH, apresentou alta produção de matéria seca (3,78 g/vaso; média dos tratamentos de P) no nível baixo de calcário, sendo superior ao próprio maku (*L. uliginosus*) (Tabela 2), o qual é considerado espécie de boa tolerância à toxidez de Al (Nordmeyer & Davis 1976, Davis 1981b).

O aumento da dose de P, de 66 para 198 mg de P/vaso, causou um acréscimo significativo de produção para todas as espécies perenes estudadas (Tabela 2). Não houve significância estatística para a interação entre doses de P e níveis de calcário, em nenhuma espécie. As maiores respostas a P, na média dos tratamentos de calcário, foram obtidas com o maku e o cornichão (*L. corniculatus* L.), que apresentaram aumentos de produção de 133 e 103%, respectivamente, quando se passou da dose de 66 para 198 mg de P/vaso. Diversos autores têm observado respostas a P em trevo-vermelho, trevo-branco, cornichão e maku (Davis 1981a, Hart et al. 1981, Ruiten 1981), e nenhum resultado experimental se tem com trevo-rio-grandense.

O trevo-rio-grandense é uma leguminosa nativa das pastagens do planalto catarinense, e apresentou, neste trabalho, as mais baixas produções de matéria seca (Tabela 2). Esta falta de resposta a melhores condições de fertilidade do solo é, muitas vezes, observada em espécies nativas (Robinson 1979).

No grupo das leguminosas anuais, o aumento do nível de calcário causou um decréscimo significativo de produção de matéria seca em *Ornithopus compressus* 4301 e *O. perpusillus* 4426. As produções das outras espécies anuais não foram alteradas significativamente com o aumento dos níveis de calcário (Tabela 3). Espécies como *O. sativus* e *O. compressus* têm sido reconhecidas por suas adaptações a solos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade (Gladstones & Barrett-Lennard 1964, Ruiten 1981).

Por não ter havido resposta de produção com o aumento do nível de calcário ou até

mesmo ter ocorrido decréscimo de produção, é necessário testar estas espécies em níveis mais baixos do que 3,5 t de calcário/ha. Em trabalho conduzido por Spain et al. (1975), ficou evidenciado que, para as espécies de leguminosas tropicais estudadas, a resposta a calcário foi obtida até a dose de apenas 150 kg/ha; parece haver um efeito maior de suprimento de Ca e Mg do que da correção da acidez do solo.

Todas as espécies de *Ornithopus* responderam significativamente ao aumento da dose de P, porém não foi obtida significância para as interações entre doses de P e níveis de calcário (Tabela 3). Ruiten (1981), trabalhando com *Ornithopus sativus*, não encontrou resposta com o aumento das doses de P. As maiores respostas a P, na média dos tratamentos de calcário, foram obtidas para *O. pinnatus* 4424, *O. perpusillus* 4426, que apresentaram aumentos de produção da ordem de 212 e 121%, respectivamente.

A tolerância a baixo pH do solo foi calculada como a relação entre as produções de matéria seca obtidas nos tratamentos Ca 1, P 2 (3,5 t de calcário/ha e 198 mg de P/vaso) e Ca 2, P 2 (10,5 t de calcário/ha e 198 mg de P/vaso), e a tolerância a baixos níveis de P como a relação entre as produções de matéria seca obtidas nos tratamentos Ca 2, P 1 (10,5 t de calcário/ha e 66 mg de P/vaso) e Ca 2, P 2 (10,5 t de calcário/ha e 198 mg de P/vaso) (Tabela 4), como utilizado por Tanaka et al. (1984).

Trifolium riograndense, *Lotus uliginosus* e *L. corniculatus* foram as espécies mais tolerantes a baixo pH (aplicação de 3,5 t de calcário/ha), no grupo das leguminosas perenes, e *Ornithopus sativus* 4700, *O. compressus* 4414 e *O. perpusillus* 4426, no grupo das anuais. Quanto à tolerância a baixo P (dose de 66 mg de P/vaso), *T. pratense*, *T. riograndense*, *O. sativus* 4700 e *O. compressus* 4414 foram as mais tolerantes nos dois grupos das leguminosas (Tabela 4).

Não houve correlação entre os índices de tolerância a baixo pH e baixo P ($r = 0,23$), tomando-se todas as espécies em conjunto.

Algumas espécies apresentaram tolerância a baixo pH e baixo P, como *O. sativus* 4700, *O.*

compressus 4414 e *T. riograndense* (Tabela 4).

TABELA 4. Índices de tolerância de leguminosas hibernais à baixo pH (3,5 t de calcário/ha) e a baixo P (66 mg de P/vaso).

Espécies	Índice de tolerância ¹	
	baixo pH	baixo P
<i>T. pratense</i>	0,71	0,63
<i>T. repens</i>	0,74	0,52
<i>L. uliginosus</i>	1,07	0,42
<i>L. corniculatus</i>	1,06	0,48
<i>T. riograndense</i>	1,32	0,73
<i>O. compressus</i> (4414)	1,33	0,64
<i>O. compressus</i> (4420)	0,92	0,57
<i>O. compressus</i> (4301)	1,15	0,58
<i>O. pinnatus</i> (4424)	0,85	0,32
<i>O. sativus</i> (4700)	1,33	0,73
<i>O. perpusillus</i> (4426)	1,37	0,40
<i>O. isthmocarpus</i> (4425)	0,90	0,44

¹ Calculado para baixo pH pela relação das produções de matéria seca obtidas nos tratamentos Ca 1, P2 e Ca 2, P2; e para baixo P, pela relação das produções de matéria seca obtidas nos tratamentos Ca 2, P 1 e Ca 2 P 2.

Para avaliar a eficiência de utilização de P, foram utilizados os seguintes parâmetros: concentração de P no tecido vegetal, quantidade de P absorvido por vaso, quociente de utilização e valor E. Estes parâmetros foram determinados em todos os tratamentos, pelo fato de o objetivo do trabalho ser o de selecionar plantas eficientes na utilização de P e tolerantes à acidez do solo, somente os resultados obtidos na dose de 66 mg de P/vaso e 3,5 t de calcário/ha são apresentados (Tabela 5 e 6).

As concentrações de P no tecido das leguminosas perenes tiveram alta relação com a produção de matéria seca, isto é, altas concentrações de P nas espécies que menos matéria seca produziram, e vice-versa (Tabela 5). No entanto, para o grupo das leguminosas anuais, as concentrações de P não diferiram entre as espécies, mesmo havendo diferenças significativas de produção (Tabela 6). Desta forma, a produção de matéria seca é mais importante na seleção de plantas, quanto à eficiência de utilização de P, do que a concentração de P no tecido vegetal, para o mesmo nível de P no solo.

Os parâmetros quociente de utilização e valor E têm sido utilizados para selecionar plantas eficientes na utilização de P (Gerloff 1976, Siddiqi & Glass 1981). Com base nestes

TABELA 5. Produção de matéria seca, concentração de P no tecido vegetal, P absorvido, quociente de utilização e valor E, calculados para as leguminosas perenes hibernais no nível baixo de calcário (3,5 t/ha) e baixo em P (66 mg de P/vaso), em Solo Vacaria (Latossolo Bruno distrófico).

Espécies	Matéria seca	Concentração de P	P absorvido	Quociente de utilização	Valor E
	g/vaso	%	mg/vaso	g de MS/mg de P	g (MS) ² mg de P
<i>T. pratense</i>	2,63 a	0,21 c	5,48 a	0,48 a	1,28 a
<i>T. repens</i>	1,34 b	0,26 d	3,54 b	0,38 b	0,51 b
<i>L. uliginosus</i>	2,18 a	0,23 c	4,93 a	0,44 a	0,97 a
<i>L. corniculatus</i>	1,15 b	0,29 a	3,22 b	0,36 b	0,41 b
<i>T. riograndense</i>	0,44 c	0,28 ab	1,29 c	0,34 b	0,15 b

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

TABELA 6. Produção de matéria seca, concentração de P no tecido vegetal, P absorvido, quociente de utilização e valor E, calculados para as leguminosas anuais hibernais no nível baixo de calcário (3,5 t/ha) e baixo em P (66 mg de P/vaso), em Solo Vacaria (Latossolo Bruno distrófico).

Espécies	Matéria seca	Concentração de P	P absorvido	Quociente de utilização	Valor E
	g/vaso	%	mg/vaso	g de MS/mg de P	g (MS) ² /mg de P
<i>O. compressus</i> (4414)	3,50 bc	0,23 a	7,84 b	0,45 a	1,56 abc
<i>O. compressus</i> (4420)	4,40 a	0,22 a	9,66 a	0,46 a	2,01 a
<i>O. compressus</i> (4301)	4,33 ab	0,23 a	10,01 a	0,43 a	1,89 a
<i>O. pinnatus</i> (4424)	0,69 d	0,25 a	1,73 c	0,40 a	0,28 d
<i>O. sativus</i> (4700)	3,23 c	0,23 a	7,41 b	0,43 a	1,41 bc
<i>O. perpusillus</i> (4426)	2,83 c	0,23 a	6,46 b	0,44 a	1,25 c
<i>O. isthmocarpus</i> (4425)	3,65 abc	0,21	7,71 b	0,47 a	1,73 ab

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

parâmetros, *T. pratense* e *L. uliginosus* foram as espécies perenes que apresentaram a melhor eficiência de utilização de P, e também as que tiveram as mais altas produções de matéria seca no nível baixo de P e de calcário (Tabela 5). No entanto, para o grupo das leguminosas anuais, os valores do quociente de utilização não diferiram significativamente entre as espécies; foram utilizados, para selecionar as espécies anuais, o valor E e a produção de matéria seca, obtidos no nível baixo de P e de calcário. *Ornithopus compressus* 4420 e 4301 e *Ornithopus isthmocarpus* 4425 foram consideradas as espécies anuais mais eficientes (Tabela 6).

Os resultados obtidos em experimentos de vasos devem ser analisados com cautela, pois são aplicados apenas para a fase inicial de estabelecimento das plantas, e somente podem ser usados como um indicativo das necessidades nutricionais durante esta fase de crescimento. Diferenças no desenvolvimento do sistema radicular e, principalmente, na pro-

fundidade das raízes, não podem ser manifestadas em experimentos de vasos, onde o fator água não é limitante, devendo-se, portanto, testar as plantas selecionadas em experimentos no campo.

CONCLUSÕES

1. Dentre as espécies de leguminosas perenes testadas, o *Lotus uliginosus* foi tolerante a baixo pH e eficiente na utilização de P; e o *Trifolium pratense* foi tolerante a baixo P e eficiente na utilização de P.

2. Dentre as leguminosas anuais, o aumento do nível de calcário causou um decréscimo de produção de matéria seca em *Ornithopus compressus* 4301 e *O. perpusillus* 4426. As produções das outras espécies anuais não foram alteradas com o aumento do nível de calcário.

3. Dentre as espécies anuais, o *Ornithopus sativus* 4700, *O. compressus* 4420, *O. compressus* 4301 e *O. isthmocarpus* 4425 foram as mais eficientes na utilização de P.

AGRADECIMENTOS

Ao pesquisador Ricardo Guilherme Fischer, pelas sugestões dadas durante a condução do experimento.

REFERÊNCIAS

- CARADUS, J.R. Distinguishing between grass and legume species for efficiency of phosphorus use. *N.Z.J. Agric. Res.*, Wellington, 23:75-81, 1980.
- CARADUS, J.R. & DUNLOP, J. Screening white clover plants for efficient phosphorus use. In: FERGUNSON, A.R.; ed. **Proceeding of the 8th International Colloquium on plant analyses and fertilizer problems**. Auckland, s.ed., 1978. p.75-82. (N.Z. DSIR Information Series, 134).
- DAVIS, M.R. Growth and nutrition of legumes on a high country yellowbrown earth subsoil. I. Phosphate response of *Lotus*, *Trifolium*, *Lupinus*, *Astragalus* and *Coronilla*, species and cultivars. *N.Z.J. Agric. Res.*, Wellington, 24:321-32, 1981a.
- DAVIS, M.R. Growth and nutrition of legumes on a high country yellowbrown earth subsoil. II. The effect of lime. *N.Z.J. Agric. Res.*, Wellington, 24:339-48, 1981b.
- FOX, R.H. Soil pH, aluminum saturation, and corn grain yield. *Soil Sci.*, Baltimore, 127:330-34, 1979.
- FOY, C.D. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. *Iowa State J. Res.*, Ames, 57:339-54, 1983a.
- FOY, C.D. The physiology of plant adaptation to mineral stress. *Iowa State J. Res.*, Ames, 57:355-91, 1983b.
- GERLOFF, G.C. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus and potassium, In: WRIGHT, M.J. ed. **Plant adaptation to mineral stress in problem soils**. New York, Cornell University, 1976. p.161-73.
- GLADSTONES, J.S. & BARRETT-LENNARD, R.A. Serradella, a promising pasture legume in western Australia. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, Sidney, 30:258-62, 1964.
- GRUMANN, A.; BUFFON, R.L.; SANTA CATARINA, W. **Diagnóstico da bovinocultura catarinense**. Florianópolis, Associação dos Engenheiros Agrônomos de Santa Catarina, 1977. 203p.
- HART, A.L.; HALLINGAN, G.; HASLEMORE, R.M. Analysis of the response of pasture legumes to phosphorus in a controlled environment. *N.Z.J. Agric. Res.*, Wellington, 24:197-201, 1981.
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A.; BOHNEN, H. **Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Fac. de Agronomia, UFRGS, 1969. 38p. (Boletim Técnico, 2).
- MURPHY, J. & RILEY, J.P.A. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. chem. Acta.*, Amsterdam, 27:31-6, 1962.
- NORDMEYER, A.H. & DAVIS, M.R. Legumes in high country development. *Proc. N.Z. Grassld. Assoc.*, Wellington, 38:119-25, 1976.
- OLIVEIRA, I.P. de & MALAVOLTA, E. Uso de 32P nos testes de sensibilidade do feijoeiro ao alumínio. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 18:91-104, 1983.
- ROBINSON, G.G. **Natural pastures of the Northern Tablelands**. Glen Innes, Division of Plant Industry, New South Wales Department of Agriculture, 1979. 20p. (Bulletin, 231).
- RUITER, J.M. The phosphate response to eight Mediterranean annual and perennial legumes. *N.Z.J. Agric. Res.*, Wellington, 24:33-6, 1981.
- SANTA CATARINA. Secretaria da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina**. Santa Maria, UFSM, Imprensa Universitária, 1973. 494p. 2v.
- SIDDIQI, M.Y. & GLASS, A.D.M. Utilization index: A modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *J. Pl. Nutr.*, Athens, 4:289-302, 1981.
- SPAIN, J.M.; FRANCIS, C.A.; HOWELER, R.H.; CALVO, F. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and

- pastures. In: BORNEMISZA, E. & ALVARADO, A., eds. **Soil management in tropical America**. Raleigh, N.C., 1975, p.308-29.
- STEENBJERG, F. & JAKOBSEN, S.J. Plant nutrition and yield curves. **Soil Sci.**, Baltimore, **95**:69-88, 1963.
- TANAKA, A.; HITSUDA, K.; TSUCHIHASHI, Y. Tolerance to low pH and low available phosphorus of various field and forage crops. **Soil Sci. Plant Nutr.**, Tokyo, **30**:39-49, 1984.
- THAWORUWONG, N. & DIEST, A. van. Influence of high acidity and aluminum on the growth of lowland rice. **Pl. Soil**, The Hague, **41**:141-59, 1974.