

LIMITAÇÕES DE FERTILIDADE EM SOLOS DE DUAS REGIÕES DE RELEVO ACIDENTADO DO ESTADO DE SÃO PAULO PARA O CULTIVO DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS⁽¹⁾

MARIA TEREZA COLOZZA⁽²⁾, ANTONIO LUIZ FANCELLI^(3,6), JOAQUIM CARLOS WERNER^(4,6) e FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO^(5,6)

RESUMO: Em casa-de-vegetação do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa (SP), estudaram-se as principais limitações nutricionais em solos Podzólico Vermelho-Amarelo provenientes de São Luiz do Paraitinga e Monte Alegre do Sul para o estabelecimento, produção e fixação de nitrogênio de quatro leguminosas forrageiras. Empregou-se a técnica de diagnose por subtração, com dez tratamentos dispostos em quatro blocos ao acaso. Cultivaram-se a soja perene (*Neonotonia wightii*), e o desmódio "Green leaf" (*Desmodium intortum*) nos dois solos enquanto o siratro (*Macroptilium atropurpureum*) foi cultivado no solo de São Luiz do Paraitinga e o desmódio "Silver leaf" (*Desmodium uncinatum*) no de Monte Alegre do Sul. A deficiência de fósforo foi a maior limitação para o estabelecimento, produção de matéria seca, nodulação e fixação de nitrogênio das quatro leguminosas nos dois solos. A não adubação com potássio resultou em severas limitações ao desmódio "Green leaf" em ambos os solos e para a soja-perene no solo de São Luiz do Paraitinga. Ainda no solo de São Luiz do Paraitinga, a ausência de calagem foi limitante para a soja-perene enquanto as omissões isoladas de enxofre e de molibdênio ocasionaram expressivas limitações ao siratro e ao desmódio "Green leaf".

Termos para indexação: desmódio "Green leaf", desmódio "Silver leaf", soja-perene, siratro, Podzólico Vermelho-Amarelo, deficiência de fósforo, de calagem, de potássio, enxofre e molibdênio.

Fertility limitations in soil from two mountainous sites of São Paulo State for the growth of forage legumes

SUMMARY: Greenhouse experiments were conducted at the Instituto de Zootecnia, State of São Paulo to study the main fertility limitations in two Red-Yellow Podzolic soils for the growth of four tropical forage legumes. Perennial soybean (*Neonotonia wightii*) and Green leaf desmodium (*Desmodium intortum*) were grown in both soils, whereas siratro (*Macroptilium atropurpureum*) and Silver leaf desmodium (*Desmodium uncinatum*) were the alternate species for the two soils. Liming, P, K, S, B, Cu, Zn and Mo were each and all (control), omitted in a complete fertilization, and the ten treatments for each species and soil were assigned in a complete randomized block design, with four replications. Phosphorus was the most limiting factor for the establishment and nitrogen fixation of the four tropical legumes in the two soils. Potassium fertilization was necessary for Green leaf desmodium in both soils. In one of the soils liming and K were both limiting for perennial soybean, whereas both S and Mo were limiting for siratro and Green leaf desmodium.

Index terms: Green leaf desmodium, Silver leaf desmodium, perennial soybean, siratro, Red-Yellow Podzolic soil, liming, P, K, S and Mo deficiencies.

(1) Projeto IZ 14-011/79. Recebido para publicação em abril de 1991.

(2) Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, Divisão de Nutrição Animal e Pastagens.

(3) Professor do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP.

(4) Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, Divisão de Nutrição Animal e Pastagens.

(5) Professor do Departamento de Química (Nutrição Mineral de Plantas) da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP.

(6) Bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral, que o relevo acidentado dos solos constitui-se num dos fatores limitantes para uma agricultura eficaz. A exploração pecuária é uma das alternativas para essas áreas.

JONES (1974) em "Proposta de Zoneamento de Plantas Forrageiras para o Estado de São Paulo", divide este Estado em seis zonas ecológicas, localizando as áreas de topografia acidentada na Zona III, denominada Terras Montanhosas do Leste e na Zona IV, denominada como Terras Altas do Sul. O autor considerou, entre outras leguminosas, o *Desmodium intortum* e o *Macroptilium atropurpureum*, como indicados para as regiões identificadas como Terras Montanhosas do Leste.

Um dos maiores problemas no estabelecimento, crescimento e fixação de nitrogênio de leguminosas forrageiras em solos tropicais está nos seus níveis extremamente baixos de fósforo disponível e total. FRANÇA & CARVALHO (1970), JONES & FREITAS (1970), EIRA et al. (1972) e MIRANDA (1979), entre outros, trabalhando com soja-perene e siratro demonstraram a necessidade de adubação fosfatada para o normal desenvolvimento dessas leguminosas. Respostas favoráveis dessas plantas à aplicação de potássio foram obtidas por MONTEIRO et al. (1980), MONTEIRO et al. (1983b) e MONTEIRO et al. (1987). Trabalhos realizados por JONES & QUAGLIATO (1970), TERGAS (1977) e MONTEIRO et al. (1983a) mostraram que o enxofre proporcionou aumentos de produção em soja-perene e siratro.

Com relação à acidez do solo ANDREW (1978) menciona que a soja-perene é sensível a pH baixo, baixa disponibilidade de cálcio e ao excesso de alumínio e manganês e que o siratro é mais tolerante a estes fatores, exceto quanto ao excesso de manganês. As espécies *Desmodium intortum* e *D. uncinatum* são, de acordo com ANDREW (1978), considerados intermediários. Trabalhos de FRANÇA & CARVALHO (1970), JONES & FREITAS (1970), TRIGOSO & FASSBENDER (1973), CARVALHO et al. (1974) e MONTEIRO (1980), entre outros, têm mostrado os efeitos benéficos da calagem, em solos ácidos, para a produção de matéria seca e fixação de nitrogênio da soja-perene e siratro.

A aplicação de micronutrientes (boro, cobre, zinco e molibdênio) em vários tipos de solos destinados ao cultivo de leguminosas forrageiras tem apresentado respostas favoráveis ao crescimento das plantas e fixação de nitrogênio conforme evidenciaram os trabalhos de FRANÇA & CARVALHO (1970), EIRA et al. (1972), MONTEIRO (1980); MONTEIRO et al. (1987) com siratro e os de MONTEIRO (1980), MONTEIRO et al. (1983b), COLOZZA & WERNER (1984) com soja-perene. KERRIDGE et al. (1973) e KERRIDGE (1978) observaram que o *D. intortum* e soja-perene apresentaram intensa resposta à aplicação de molibdênio.

O presente trabalho teve como finalidade identificar as principais limitações de fertilidade em solos de duas regiões de topografia acidentada do Estado de São Paulo para o adequado crescimento e fixação de nitrogênio de quatro leguminosas forrageiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados ensaios em vasos, em casa-de-vegetação na Estação Experimental do Instituto de Zootecnia em Nova Odessa, SP, com *Desmodium uncinatum* (Jacq.) DC cv. Silver leaf; *Desmodium intortum* (Mill) Urb. cv. Green leaf e *Neonotonia wightii* ((Wightii & Arn.) Lackey) cv. Tinaroo cultivados em amostras de terra da camada superficial do solo, coletadas em Monte Alegre do Sul (SP) e com *Desmodium intortum* (Mill) Urb. cv. Green leaf; *Macroptilium atropurpureum* DC cv. Siratro e *Neonotonia wightii* ((Wightii & Arn.) Lackey) cv. Tinaroo cultivados em amostras de terra da camada superficial do solo coletadas em São Luiz do Paraitinga (SP). O solo de ambos os locais é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA).

Os solos foram coletados à profundidade de 0 - 30 cm, secos à sombra, convenientemente homogeneizados e peneirados para colocação nos vasos. A análise granulométrica de amostras dos solos de Monte Alegre do Sul e São Luiz do Paraitinga revelou, respectivamente: 40 e 37% de argila; 15 e 9% de silte; 37 e 33% de areia fina e 8 e 21% de areia grossa, enquanto a análise química apresentou os respectivos resultados: matéria orgânica 2,5% e 2,5%; pH (em água) = 5,0 e 5,0; Al^{3+} = 0,5 e 0,4; Ca^{2+} = 1,5 e 1,6; Mg^{2+} = 0,6 e 0,9 e.mg./100 cm³ de T.F.S.A.; P = 1 e 2 e K = 64 e 65 µg/cm³ de T.F.S.A..

Os ensaios foram conduzidos em vasos de cerâmica, internamente pintados com tinta impermeabilizante e revestidos com sacos plásticos.

As quantidades de terra em cada vaso foram 4,8 kg e 5,0 kg, respectivamente para os solos de Monte Alegre do Sul e São Luiz do Paraitinga.

Empregou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, adotando-se a técnica de diagnose por subtração de nutrientes, que resultou nos seguintes tratamentos:

1. Completo (P, K, S, B, Cu, Zn, Mo e calagem);
2. Completo menos fósforo;
3. Completo menos potássio;
4. Completo menos calagem;
5. Completo menos enxofre;
6. Completo menos boro;

7. Completo menos cobre;
8. Completo menos zinco;
9. Completo menos molibdênio;
10. Testemunha.

O critério de calagem empregado para a soja-perene cultivada nos dois solos foi por incubação dos solos com óxidos de cálcio e magnésio e teve por meta elevar o pH a 6,5. Para as demais espécies, em ambos os solos, o critério usado foi o da neutralização do alumínio trocável ($2,0 \times e.mg \text{ Al}^{3+}$).

Para o solo de Monte Alegre do Sul a calagem foi efetuada à base de 6,0 t/ha para a soja-perene e 1,0 t/ha para os desmódios "Green leaf" e "Silver leaf" e para o solo de São Luiz do Paraitinga à base de 3,0 t/ha para a soja-perene e 0,8 t/ha para o siratro e desmódio "Green leaf", de acordo com análise do solo e exigências destas leguminosas.

A calagem foi efetuada, usando-se os reagentes puros CaO e MgO correspondendo a um calcário contendo, respectivamente, 23,3% e 15%. Imediatamente após a incorporação dos corretivos, os solos receberam água deionizada até atingir a capacidade de campo, e permaneceram incubados 40 dias.

As leguminosas foram semeadas diretamente nos vasos em 16/10 e 26/10/1979 respectivamente, para os solos de Monte Alegre do Sul e São Luiz do Paraitinga. Seguindo-se à germinação das plantas, efetuaram-se desbastes periódicos até obtenção de cinco plantas em cada vaso.

Os nutrientes foram aplicados, nos respectivos tratamentos, imediatamente após a semeadura, na forma de solução diluída dos reagentes analíticos KH_2PO_4 ; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (trat. 3), KCl (trat. 2), $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. As doses de P, K, S, B, Cu, Zn e Mo utilizadas corresponderam a 70; 88; 30; 0,5; 2,0; 2,0 e 0,25 kg/ha, respectivamente. Após a adubação inicial, os vasos receberam diariamente água destilada e deionizada.

Os períodos de cultivo das leguminosas foram 49, 49 e 51 dias do plantio até o primeiro corte e 33, 34 e 36 dias entre o primeiro e o segundo cortes, para o desmódio "Green leaf", desmódio "Silver leaf" e soja-perene, respectivamente no solo de Monte Alegre do Sul. Para o solo de São Luiz do Paraitinga foram de 42, 42 e 45 dias após o plantio e de 45, 30 e 44 dias após o primeiro corte, respectivamente, para desmódio "Green leaf", siratro e soja-perene.

Na segunda colheita, as plantas foram cortadas na região do colo, lavando-se as raízes para separação dos nódulos. A parte aérea e os nódulos foram secos a 65°C , em estufa de circulação forçada de ar, e pesados.

Em seguida, a parte aérea foi moída e encaminhada ao laboratório para determinação de nitrogênio (método semimicro - Kjeldahl), fósforo (método colorimétrico com vanadato - molibdato de amônio) e de cálcio, magnésio, potássio, cobre, ferro, zinco e manganês (por espectrofotometria de absorção atômica), após digestão nítrico-perclórica.

Imediatamente após o corte das plantas, realizou-se uma amostragem de solo nos vasos, combinando-se as subamostras das quatro repetições de cada tratamento. As amostras de terra foram analisadas na Seção de Fertilidade do Solo do Instituto Agronômico (Campinas, SP), seguindo metodologia de RAIJ & ZULLO (1977).

Para efeito de análise estatística, os dados originais de peso de nódulos secos foram transformados em raiz quadrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Respostas da soja-perene à adubação

Nos quadros 1 e 2 são apresentados os dados de produção de matéria seca, porcentagem e quantidade total de nitrogênio da parte aérea (primeiro e segundo cortes) e peso de nódulos secos da soja-perene cultivada, respectivamente, em solos de Monte Alegre do Sul e São Luiz do Paraitinga.

Os teores de fósforo eram muito baixos ($1 \text{ e } 2 \mu\text{g}/\text{cm}^3 \text{ T.F.S.A.}$) nos solos originais das duas regiões estudadas e a ausência de adubação fosfatada restringiu drasticamente tanto a produção de matéria seca, fixação de nitrogênio (medida em porcentagem e quantidade total de nitrogênio) como a nodulação (peso de nódulos secos) da soja-perene cultivada nestes dois solos. Este efeito foi mais pronunciado no primeiro do que no segundo corte, principalmente para o solo de São Luiz do Paraitinga onde a produção de matéria seca do primeiro corte foi tão baixa que não proporcionou material vegetal suficiente para a determinação de nitrogênio (quadro 2).

Os teores de nitrogênio da parte aérea da soja-perene (primeiro e segundo cortes - região de Monte Alegre do Sul e segundo corte - região de São Luiz do Paraitinga) foram mais elevados no tratamento "Menos fósforo" que no "Completo", provavelmente devido ao efeito de concentração desse nutriente na planta, uma vez que as produções de matéria seca e quantidade total de nitrogênio foram estatisticamente ($P < 0,05$) menores quando se omitiu o fósforo do tratamento completo.

Trabalhos de FRANÇA & CARVALHO (1970), JONES & FREITAS (1970), MIRANDA (1979), MONTEIRO et al. (1983b), entre outros, têm demonstrado a importância da adubação fosfatada para o bom desenvolvimento e fixação de nitrogênio dessa leguminosa em vários solos do Brasil Central.

Quadro 1. Produção de matéria seca (a 65°C), porcentagem e quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos secos da soja-perene cultivada em solo de Monte Alegre do Sul. Médias de quatro repetições⁽¹⁾

Tratamentos	Parte aérea						Nódulos mg/vaso
	1º corte			2º corte			
	M.S.	N	N total	M.S.	N	N total	
	g/vaso	%	mg/vaso	g/vaso	%	mg/vaso	
1. Completo	15,12a	2,01c	304a	7,34a	2,44c	179a	253ab
2. Completo menos P	0,44b	4,06b	18b	2,63b	3,56b	93bc	0,4c
3. Completo menos K	14,12a	2,08c	292a	6,70a	2,19c	146ab	143b
4. Completo menos Cal	11,75a	1,98c	231a	9,07a	2,00c	180a	294a
5. Completo menos S	13,54a	2,14c	286a	8,34a	2,15c	179a	215ab
6. Completo menos B	13,97a	2,07c	219a	8,02a	1,94c	155a	227ab
7. Completo menos Cu	14,75a	2,12c	310a	8,50a	2,20c	187a	209ab
8. Completo menos Zn	14,24a	2,06c	292a	9,76a	2,01c	197a	274ab
9. Completo menos Mo	13,48a	2,03c	272a	9,28a	2,00c	185a	270ab
10. Testemunha	0,27b	5,88a	15b	0,89b	5,15a	46c	0
C.V. (%)	12,6	8,6	26,9	19,0	10,2	16,0	15,4

(1) Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey a 5%).

Quadro 2. Produção de matéria seca (a 65°C), porcentagem e quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos secos da soja-perene cultivada em solo de São Luiz do Paraitinga. Médias de quatro repetições⁽¹⁾

Tratamentos	Parte aérea						Nódulos mg/vaso
	1º corte			2º corte			
	M.S.	N	N total	M.S.	N	N total	
	g/vaso	%	mg/vaso	g/vaso	%	mg/vaso	
1. Completo	10,90a	1,86a	202a	9,20ab	1,87cd	172ab	177abc
2. Completo menos P	0,13d	-	-	0,33d	4,19a	14c	0
3. Completo menos K	7,83c	2,07a	161a	6,37c	2,34b	149ab	127c
4. Completo menos Cal	8,52bc	2,06a	175a	7,37bc	2,28b	168ab	301a
5. Completo menos S	10,61a	1,73a	183a	9,99a	1,98bc	198a	120c
6. Completo menos B	10,57a	2,02a	213a	9,96a	1,82cd	182a	159bc
7. Completo menos Cu	10,44a	1,79a	184a	8,64abc	1,85c	161ab	259ab
8. Completo menos Zn	10,18ab	1,84c	186a	10,58a	1,83cd	195a	196abc
9. Completo menos Mo	10,48a	1,92a	202a	7,20bc	1,52d	110b	197abc
10. Testemunha	0,15d	-	-	0,08d	-	-	0
C.V. (%)	9,1	12,4	12,0	13,8	7,1	16,9	16,6

(1) Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey a 5%).

No tratamento "Menos potássio" a soja-perene cultivada no solo de São Luiz do Paraitinga apresentou redução acentuada e significativa ($P < 0,01$) na produção de matéria seca da ordem de 28% e 31% respectivamente para o primeiro e segundo cortes, quando comparado com o "Completo". Embora não sendo estatisticamente significativas ($P > 0,05$), foram também, observadas reduções da ordem de 20 e 13% respectivamente, no primeiro e segundo cortes para a quantidade total de nitrogênio e de 28% para a massa nodular da soja-perene cultivada no mesmo solo (quadro 2).

Os teores de potássio nos tecidos dessa leguminosa cultivada no solo de São Luiz do Paraitinga foram mais baixos no segundo corte (variando 1,01% a 0,58%) que no primeiro (1,62% a 1,07%), sendo que em ambos os cortes, os teores de potássio estão bastante baixos no tratamento em que tal elemento foi omitido

(1,07% e 0,58%, respectivamente para primeiro e segundo cortes). Isto coincide com os decréscimos significativos ($P < 0,01$) encontrados na produção de matéria seca dessa leguminosa e com os baixos teores desse elemento no solo ao final do experimento que ficaram em torno de $12 \mu\text{g}/\text{cm}^3$.

Para o solo da região de Monte Alegre do Sul, no tratamento que não recebeu potássio, tanto a produção de matéria seca como a fixação de nitrogênio, expressas em porcentagem e quantidade total de nitrogênio, de ambos os cortes da soja, não apresentaram diferenças estatísticas significativas ($P > 0,05$) quando comparadas com as do "Completo". A nodulação (quadro 1) teve uma redução da ordem de 43% com a omissão de potássio e essa redução não foi estatisticamente significativa ($P > 0,05$).

Os teores de potássio encontrados na soja-perene cultivada no solo de Monte Alegre do Sul, a exemplo do que ocorreu no solo de São Luiz do Paraitinga, também foram mais baixos no segundo corte (0,89% a 0,50%) do que no primeiro (1,59% a 1,18%). Onde este elemento não foi aplicado (tratamento 3), as plantas apresentaram teores de potássio bem menores (1,18% e 0,50%, respectivamente para o primeiro e segundo corte), sendo que para o segundo corte a redução foi significativa ($P < 0,01$) quando comparada com o tratamento "Completo" que apresentou plantas com 1,47% e 0,82% de K, respectivamente para primeiro e segundo cortes.

A ausência de calagem no solo de Monte Alegre do Sul não resultou em redução significativa ($P > 0,05$) na produção de matéria seca, teor e quantidade total de nitrogênio e nodulação de soja-perene (quadro 1). Entretanto, na ausência da calagem, os teores de cálcio e de magnésio no tecido dessa leguminosa, por ocasião do primeiro e segundo cortes, foram significativamente ($P < 0,01$) inferiores àqueles do tratamento "Completo".

Para o solo de São Luiz do Paraitinga a ausência de calagem (quadro 2) determinou redução significativa ($P < 0,01$) e da ordem de 22% para a produção de matéria seca do primeiro corte, quando comparado ao "Completo". Embora significativa, essa redução na produção de matéria seca não foi tão expressiva, fato este que pode ser atribuído à condição mais favorável, expressa em pH (em água) que passou de 5,0 para 5,8, encontrada no solo por ocasião da segunda colheita da soja-perene.

Os outros nutrientes testados (enxofre, boro, cobre, zinco e molibdênio), não influenciaram significativamente ($P > 0,05$), na produção de matéria seca, nodulação, teor e quantidade total de nitrogênio (da parte aérea do primeiro e segundo cortes) da soja-pe-

rene cultivada nesses dois solos. Apesar disso, na omissão de enxofre, a nodulação da soja-perene, expressa em peso de nódulos secos, sofreu uma diminuição expressiva, da ordem de 15 e 32% (quando comparada com o "Completo"), respectivamente para os solos de Monte Alegre do Sul e São Luiz do Paraitinga.

A omissão de molibdênio no solo de São Luiz do Paraitinga, causou redução, embora não significativa ($P > 0,05$), na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio e na quantidade total de nitrogênio na parte aérea da soja-perene por ocasião do segundo corte, da ordem de 22%, 19% e 36% respectivamente. Trabalhos de MONTEIRO (1980), MONTEIRO et al. (1983b) e COLOZZA & WERNER (1984), entre outros, têm demonstrado a importância desse micronutriente para o funcionamento do sistema simbiótico de fixação de nitrogênio e no crescimento da leguminosa.

Resposta do desmódio "Green Leaf" à adubação

Os dados referentes à produção de matéria seca, porcentagem e quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos secos do desmódio "Green leaf", cultivado nos solos de São Luiz do Paraitinga e Monte Alegre do Sul são apresentados nos quadros 3 e 4.

O crescimento da parte aérea (primeiro e segundo cortes) e nodulação do desmódio "Green leaf" cultivado nos dois solos estudados foi significativamente ($P < 0,01$) reduzido pela ausência da adubação fosfatada. Nos tratamentos "Completo menos P" e "Testemunha" verificam-se, também, elevadas porcentagens de nitrogênio; porém a quantidade total de nitrogênio foi baixa na leguminosa estudada quando comparada com a do tratamento "Completo". Ocorreu possivelmente um efeito de concentração do nitrogênio nas plantas que não receberam fósforo na adubação, devido à sua menor produção de matéria seca em relação aos demais tratamentos.

Quadro 3. Produção de matéria seca (a 65°C), porcentagem e quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos secos do desmódio "Green leaf" cultivado em solo de São Luiz do Paraitinga. Médias de quatro repetições⁽¹⁾

Tratamentos	Parte aérea						Nódulos
	1º corte			2º corte			
	M.S.	N	N total	M.S.	N	N total	
	g/vaso	%	mg/vaso	g/vaso	%	mg/vaso	mg/vaso
1. Completo	9,98a	2,21a	220a	19,43a	1,72d	334ab	404a
2. Completo menos P	0,06b	-	-	0,48d	3,72b	18d	0
3. Completo menos K	9,22a	2,28a	210ab	13,36c	2,38c	317ab	302abc
4. Completo menos Ca	9,96a	2,42a	240a	19,10ab	1,70d	324ab	394ab
5. Completo menos S	9,31a	2,22a	206ab	17,32b	1,53d	265c	232c
6. Completo menos B	10,03a	2,34a	234a	18,64ab	1,72d	321ab	274abc
7. Completo menos Cu	10,29a	2,17a	222a	20,04a	1,78d	356a	284abc
8. Completo menos Zn	10,20a	2,35a	239a	19,29a	1,69d	269bc	264bc
9. Completo menos Mo	9,80a	1,84b	180b	19,44a	1,57d	305bc	317abc
10. Testemunha	0,04b	-	-	0,36d	4,62a	28d	0
C.V. (%)	8,5	5,4	6,6	5,4	5,7	7,6	10,5

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey a 5%).

Na literatura encontram-se vários trabalhos que evidenciam as respostas de leguminosas a fósforo em solos de regiões tropicais, como os de FRANÇA & CARVALHO (1970), JONES & FREITAS (1970), MONTEIRO et al. (1983b), COLOZZA & WERNER (1984) e MONTEIRO et al. (1987).

A não inclusão de potássio à adubação completa (tratamento 3) nos solos de Monte Alegre do Sul e São Luiz do Paraitinga, proporcionou redução significativa ($P < 0,01$) na produção de matéria seca do segundo corte do desmódio em 31% e 30% respectivamente (quadros 3 e 4). A ausência de adubação com esse elemento no solo da região de Monte Alegre do Sul, também, proporcionou redução significativa ($P < 0,01$) da quantidade total de nitrogênio do desmódio (segundo corte, quadro 4).

Com relação ao teor de potássio encontrado no tecido do desmódio cultivado em ambos os solos, notou-se que foi mais baixo por ocasião do segundo corte que no primeiro. Em ambos os cortes e solos os teores de potássio nas plantas estão bastante baixos no tratamento em que tal nutriente foi omitido, especialmente no segundo corte, (0,39 e 0,34% de K respectivamente para o desmódio cultivado no solo da região de Monte Alegre do Sul e São Luiz do Paraitinga), coincidindo com um decréscimo significativo ($P < 0,01$) na produção de matéria seca do segundo corte.

Para o solo das duas regiões, a ausência de calagem (tratamento 4), não proporcionou variação estatisticamente significativa ($P > 0,05$) na produção de matéria seca, teor e quantidade total de nitrogênio e nodulação do desmódio Green leaf (quadros 3 e 4).

As condições do solo original (sem calagem) analisadas para teores de alumínio de 0,5 e 0,4 e.mg/100 cm³, cálcio de 1,5 e 1,6 e.mg/100 cm³, Mg de 0,6 e 0,9 e.mg/100 cm³ e pH de 5,0 e 5,0 respectivamente para as

regiões de Monte Alegre do Sul e São Luiz do Paraitinga, evidenciaram não se constituir em problema para o desenvolvimento vegetativo e para a fixação do nitrogênio do desmódio "Green leaf".

A ausência de adubação com enxofre não reduziu significativamente ($P > 0,05$) a produção de matéria seca, teor e quantidade total de nitrogênio, em ambos os cortes, e nodulação do desmódio "Green leaf" cultivado no solo da região de Monte Alegre do Sul (quadro 4). Entretanto, pode-se observar no quadro 3, que a não aplicação desse nutriente no solo da região de São Luiz do Paraitinga causou redução significativa ($P < 0,01$) na produção de matéria seca e quantidade total de nitrogênio do segundo corte e na nodulação dessa leguminosa, da ordem de 11%; 21% e 42% respectivamente. Respostas expressivas de várias leguminosas à aplicação de enxofre no solo têm sido evidenciadas nos trabalhos de JONES & QUAGLIATO (1970), TERGAS (1977), MONTEIRO et al. (1983a), MONTEIRO et al. (1983b), MONTEIRO et al. (1987).

Quando não se incluíram boro, cobre, zinco e molibdênio à adubação completa (tratamentos 6 a 9), no solo da região de Monte Alegre do Sul, não se verificou qualquer efeito significativo ($P > 0,05$) na variação da produção de matéria seca, porcentagem e quantidade total de nitrogênio e nodulação do desmódio "Green leaf" (quadro 4). Já para o solo da região de São Luiz do Paraitinga (quadro 3), a subtração de molibdênio (tratamento 9), resultou em decréscimo significativo na porcentagem e na quantidade total de nitrogênio da parte aérea do primeiro corte, com redução de 38% e de 18% em relação ao tratamento "Completo" respectivamente. Resultados expressivos da aplicação do molibdênio na fixação de nitrogênio do desmódio "Green leaf" foram relatados por KERRIDGE (1978) e KERRIDGE et al. (1973).

Quadro 4. Produção de matéria seca (a 65°C), porcentagem e quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos secos do desmódio "Green leaf" cultivado em solo de Monte Alegre do Sul. Médias de quatro repetições⁽¹⁾

Tratamentos	Parte aérea						Nódulos mg/vaso
	1º corte			2º corte			
	M.S.	N	N total	M.S.	N	N total	
	g/vaso	%	mg/vaso	g/vaso	%	mg/vaso	
1. Completo	14,30a	1,99c	284abc	16,65a	2,04b	340a	432a
2. Completo menos P	0,73b	4,78b	35d	3,24c	2,98a	90c	0,18b
3. Completo menos K	15,16a	1,93c	291abc	11,67b	2,22b	261b	334a
4. Completo menos Cal	15,27a	1,97c	300ab	15,58a	2,20b	342a	422a
5. Completo menos S	14,11a	1,93c	272bc	15,45a	2,04b	316ab	295a
6. Completo menos B	14,83a	2,03c	301ab	16,63a	1,97b	327ab	254a
7. Completo menos Cu	14,54a	2,00c	290abc	17,23a	2,00b	344a	309a
8. Completo menos Zn	15,44a	2,06c	316a	16,09a	1,92b	310ab	230a
9. Completo menos Mo	14,04a	1,82c	254c	16,36a	1,96b	320ab	321a
10. Testemunha	0,40b	5,43a	22d	1,75c	3,71a	65c	0,10b
C.V. (%)	7,17	6,9	6,8	6,8	11,7	11,0	6,0

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey a 5%).

Resposta do siratro à adubação

No quadro 5, são apresentados os resultados de produção de matéria seca, nodulação, porcentagem de

nitrogênio e quantidade total de nitrogênio obtidos com o siratro cultivado no solo de São Luiz do Paraitinga.

Quadro 5. Produção de matéria seca (a 65°C), porcentagem e quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos secos do siratro cultivado em solo de São Luiz do Paraitinga. Médias de quatro repetições⁽¹⁾

Tratamentos	Parte aérea						Nódulos
	1º corte			2º corte			
	M.S. g/vaso	N %	N total mg/vaso	M.S. g/vaso	N %	N total mg/vaso	
1. Completo	8,22abc	2,48a	204 a	16,14a	2,29 c	369a	568ab
2. Completo menos P	0,36 d	6,74a	24 d	2,04 c	3,81 b	77 e	2 c
3. Completo menos K	8,68ab	2,38ab	207a	14,22ab	2,28 c	323abcd	441 ab
4. Completo menos Ca	8,64ab	2,30ab	198a	15,69ab	2,26 c	354abc	456 b
5. Completo menos S	7,36 c	2,31ab	170 bc	13,19 b	2,08 c	273 d	401 b
6. Completo menos B	8,29abc	2,29ab	190abc	15,66ab	2,34ab	366ab	448 ab
7. Completo menos Cu	7,87 bc	2,42a	190abc	15,70ab	2,26 c	360abc	461 ab
8. Completo menos Zn	9,20a	2,31ab	212a	15,85a	2,14 c	295 cd	394 b
9. Completo menos Mo	8,57ab	1,95 b	166 c	14,87ab	2,04 c	301 b d	621 a
10. Testemunha	9,36 d	6,86a	24 d	1,43 c	4,52a	65 e	1
C.V. (%)	6,7	5,9	6,3	8,3	6,2	9,8	10,6

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey a 5%)

Observa-se pelos dados do quadro 5 que a maior limitação ao desenvolvimento inicial do siratro foi a ausência da adubação fosfatada (tratamentos 2 e 10). Isto se traduziu em redução significativa ($P < 0,01$) na produção de matéria seca e nodulação da leguminosa. A não aplicação de fósforo, os teores de nitrogênio da parte aérea do primeiro e segundo cortes foram mais elevados quando comparados com o tratamento "Completo", provavelmente devido ao efeito de concentração desse nutriente na planta, em consequência do reduzido crescimento vegetativo. Por sua vez, as menores quantidades totais de nitrogênio do experimento ocorreram nas plantas crescidas em ausência de adubação fosfatada. Esses resultados concordam com os de JONES & FREITAS (1970), MIRANDA (1979) e MONTEIRO et al. (1987) que demonstraram a importância da adubação fosfatada no desenvolvimento do siratro.

A ausência de potássio na adubação (tratamento 3), não resultou em variações significativas ($P > 0,05$) na produção de matéria seca, nodulação, teor e quantidade total de nitrogênio (no primeiro e segundo cortes) do siratro cultivado no solo de São Luiz do Paraitinga (quadro 5).

Os teores de potássio na parte aérea dessa leguminosa, em ambos os cortes, foram reduzidos significativamente ($P < 0,01$) pela não aplicação desse elemento no solo, que ao final do experimento, apresentou teor de potássio trocável da ordem de $8 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ (considerado muito baixo). As plantas desenvolvidas no tratamento "Completo menos potássio" apresentaram teores de potássio abaixo do nível crítico de 0,75% estabelecido por ANDREW & ROBINS (1969).

A ausência de calagem (tratamento 4) no solo dessa região não resultou em reduções significativas ($P > 0,05$) na produção de matéria seca, nodulação, teor e quantidade total de nitrogênio (quadro 5) e nos teores de cálcio e magnésio do siratro, em ambos os cortes.

O siratro tem sido considerado tolerante a baixo pH, baixa disponibilidade de cálcio e ao excesso de alumínio trocável, e, como a análise do solo original apresentava teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis da ordem de 1,6; 0,9 e 0,5 e $\text{mg}/100 \text{cm}^3$ T.F.S.A., respectivamente, e valores de pH (em água) de 5,0, pode-se inferir que tais teores foram suficientes para um adequado crescimento e fixação de nitrogênio dessa leguminosa, sem necessidade de aplicação de corretivo da acidez.

No tratamento em que o enxofre não foi empregado (tratamento 5), houve redução significativa ($P < 0,01$), na produção de matéria seca no segundo corte, e quantidade total de nitrogênio em ambos os cortes do siratro, quando comparado com o tratamento "Completo". Com relação ao teor de nitrogênio e nodulação dessa leguminosa, a não aplicação desse elemento também provocou reduções que, todavia, não chegaram a ser estatisticamente significativas ($P > 0,05$). Respostas favoráveis à aplicação de enxofre no peso de nódulos secos, produção de matéria seca e quantidade total de nitrogênio do siratro foram encontradas, também, por JONES & QUAGLIATO (1970), TERGAS (1977) e MONTEIRO et al. (1983a).

Quanto aos micronutrientes boro, cobre e zinco (tratamentos 6, 7 e 8) verificou-se que não influenciaram significativamente ($P > 0,05$) nas produções de maté-

ria seca, nodulação, teores e quantidade total de nitrogênio do siratro, em ambos os cortes. Todavia, na omissão do zinco (tratamento 8) a quantidade total de nitrogênio da parte aérea do segundo corte sofreu diminuição significativa ($P < 0,01$) de 20% em relação ao tratamento "Completo".

Quando não se incluiu molibdênio à adubação completa (tratamento 9), não se verificou efeito significativo ($P > 0,05$) na variação da produção de matéria seca do primeiro e segundo cortes e na nodulação do siratro. Entretanto, por ocasião do primeiro corte a ausência de molibdênio provocou reduções significativas ($P < 0,01$) no teor e quantidade total de nitrogênio da ordem de 21% e 18%, respectivamente. Para o segundo corte as tendências de redução observadas na produção de matéria seca e teor de nitrogênio culminaram em diminuição significativa ($P < 0,01$) na quantidade total de nitrogênio. Efeitos benéficos desse micronutriente na fixação de nitrogênio do siratro foram, também, obtidos por MONTEIRO et al. (1987).

Respostas do desmódio "Silver Leaf" à adubação

No quadro 6, são apresentados os resultados de produção de matéria seca, teor e quantidade total de nitrogênio e nodulação obtidos com o desmódio "Silver leaf" cultivado no solo de Monte Alegre do Sul.

Pelo quadro 6 pode-se verificar que a única limitação ao crescimento e à fixação de nitrogênio do desmódio "Silver leaf" cultivado no solo de Monte Alegre do Sul (que apresentava teor original de fósforo no solo de $1 \mu\text{g}/\text{cm}^3$) foi a não inclusão de fósforo à adubação completa (tratamentos 2 e 10). Ela ocasionou redução significativa ($P < 0,01$) na produção de matéria seca, teor e quantidade total de nitrogênio no primeiro e segundo cortes e na nodulação.

As subtrações isoladas de potássio, calagem, enxofre, boro, cobre, zinco e molibdênio (tratamentos 3 a 9) não limitaram significativamente ($P > 0,05$) a produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos secos do desmódio "Silver leaf" cultivado nesse solo, dentro do período experimental.

Quadro 6. Produção de matéria seca (a 65°C), porcentagem e quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos secos do desmódio "Silver leaf" cultivado em solo de Monte Alegre do Sul. Médias de quatro repetições⁽¹⁾

Tratamentos	Parte aérea						Nódulos
	1º corte			2º corte			
	M.S.	N	N total	M.S.	N	N total	
	g/vaso	%	mg/vaso	g/vaso	%	mg/vaso	mg/vaso
1. Completo	12,50a	2,09c	261a	16,71a	1,96c	327ab	334a
2. Completo menos P	0,61b	4,99b	30b	2,83b	2,71b	76c	0,25b
3. Completo menos K	13,72a	2,04c	280a	14,82a	1,88c	277b	270a
4. Completo menos Cal	14,03a	2,05c	287a	16,90a	1,86c	314ab	309a
5. Completo menos S	12,49a	2,03c	253a	16,67a	1,99c	332ab	232a
6. Completo menos B	13,64a	2,07c	281a	16,70a	2,11c	352a	279a
7. Completo menos Cu	12,46a	2,08c	256a	17,08a	1,89c	322ab	249a
8. Completo menos Zn	14,50a	1,96c	282a	17,13a	1,81c	310ab	259a
9. Completo menos Mo	13,31a	1,86c	246a	17,34a	1,84c	318ab	247a
10. Testemunha	0,37b	5,57a	19b	1,99b	3,34a	67c	0,15b
C.V. (%)	9,8	6,8	7,8	12,2	8,2	9,1	16,5

(1) Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey a 5%).

CONCLUSÕES

1. A deficiência de fósforo foi a maior limitação para o estabelecimento, produção de matéria seca, nodulação e fixação de nitrogênio das quatro leguminosas nos dois solos.
2. A não adubação com potássio resultou em severas limitações ao desmódio "Green leaf" em ambos os solos e para a soja-perene no solo de São Luiz do Paraitinga.

3. No solo de São Luiz do Paraitinga a ausência de calagem foi limitante para a soja-perene enquanto as omissões isoladas de enxofre e de molibdênio ocasionaram expressivas limitações ao siratro e ao desmódio "Green leaf".

AGRADECIMENTOS

Aos Auxiliares Agropecuários Antonio Marco Pigato e Maria Alice Crestani pela colaboração nas diversas fases de execução dos experimentos desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, C. S. Mineral characterization of tropical forage legumes. In: C. S. ANDREW. & E. J. KAMPRATH. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Melbourne, CSIRO, 1978. 93-111.
- ANDREW, C. S. & ROBINS, M. F. The effect of potassium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Growth and chemical percentage of potassium. J. Agric. Res., Washington, D. C., 20:999-1077, 1969.
- CARVALHO, M. M.; MOZZER, O. L.; FERREIRA, J. G. & BAHIA FILHO, A. F. C. Efeito de fontes de fósforo e corretivos do solo em duas leguminosas tropicais. In: ANAIS DA 11 REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Fortaleza, 1974. Fortaleza, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1974. p.326-7.
- COLOZZA, M. T. & WERNER, J. C. Aplicação de nutrientes em três leguminosas forrageiras cultivadas num solo da região do Vale do Ribeira. Zootecnia, Nova Odessa, SP, 22(4):327-53, 1984.
- EIRA, P. A.; ALMEIDA, P. L. & SILVA, W. C. Fatores nutricionais limitantes do desenvolvimento de três leguminosas forrageiras em solo podzólico vermelho-amarelo. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 7:185-92, 1972.
- FRANÇA, G. E. & CARVALHO, M. M. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:147-53, 1970.
- JONES, R. J. Proposta de zoneamento de plantas forrageiras para o Estado de São Paulo. Zootecnia, São Paulo, 12(3):177-90, 1974.
- ____; M. B. & FREITAS, L. M. M. Respostas de quatro leguminosas tropicais a fósforo, potássio e cálcio, num latosol vermelho-amarelo de campo cerrado. Pesq. agrop. bras., Rio de Janeiro, 5:91-9, 1970.
- ____; & QUAGLIATO, J. L. Respostas de quatro leguminosas tropicais e da alfafa a vários níveis de enxofre. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:359-63, 1970.
- KERRIDGE, P. C. Fertilization of acid tropical soils in relation to pasture legumes. In: ANDREW, C. S. & KAMPRATH, E. J. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Melbourne, CSIRO, 1978. p.395-415.
- ____; COOK, B. J.; EVERETT, M. L. Application of molybdenum trioxide in the seed pellet for subtropical pasture legumes. Trop. Grassl., Brisbane, 7(2):229-32, 1973.
- MIRANDA, M. T. Contribuição ao estudo da nutrição mineral e da adubação do siratro (*Macropodium atropurpureum*, DC cv. Siratro), galactia (*Galactia striata*, (Jacq.) Urb.) e soja-perene comum (*Glycine wightii*, Willd) em dois solos do Estado de São Paulo. Tese de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1979. 132 f.
- MONTEIRO, F. A. Efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em quatro leguminosas forrageiras tropicais. Tese de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1980. 146 f.
- ____; LIMA, S. A. A.; WERNER, J. C. & MATTOS, H. B. Adubação potássica em leguminosas e em capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. B. Indústr. anim., Nova Odessa, SP, 37(1):127-48, 1980.
- ____; CARRIEL, J. M.; MARTINS, L.; CASTRO, J. V. & LIEM, T. H. Aplicação de níveis de enxofre, na forma de gesso, para cultivo de leguminosas forrageiras. B. Indústr. anim., Nova Odessa, SP, 40(2):229-40, 1983a.
- ____; COLOZZA, M. T.; WERNER, J. C. & OLIVEIRA, J. B. Limitações de fertilidade em solos de seis localidades paulistas para o cultivo da soja-perene. Zootecnia, Nova Odessa, SP, 21(3):181-212, 1983b.
- ____; ____; ____ & SAVASTANO, S. A. A. L. Limitações de fertilidade em solos de quatro localidades paulistas para o cultivo do siratro. R. bras. Cien. Solo, Campinas, SP, 11:175-81, 1987.
- RAIJ, B. van & ZULLO, M. A. T. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, SP, Instituto Agronômico, 1977. 16 p. (Circular, 63).
- TERGAS, L. E. Importância del azufre en la nutrición mineral de leguminosas forajeras tropicales. Turrialba, San José, 27:63-9, 1977.
- TRIGOSO, R. & FASSBENDER, H. W. Efecto de aplicaciones de Ca + Mg, P, Mo y B sobre la producción y fijación de nitrógeno de cuatro leguminosas tropicales. Turrialba, San José, 23:172-80, 1973.