

EFEITO DO FÓSFORO, TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO NA NODULAÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO DE DUAS VARIEDADES DE SOJA PERENE (*Glycine javanica* L.)¹

SEBASTIÃO MANHÃES SOUTO² e JOHANNA DÖBEREINER³

Sinopse

Foi feito um experimento em casa de vegetação com duas variedades de soja perene (*Glycine javanica*) sobre efeitos do fósforo, da temperatura excessiva e da umidade do solo, no estabelecimento da simbiose com *Rhizobium* e na produção da forragem.

Observou-se aumento pronunciado da produção pela adubação com fósforo, demonstrando a necessidade de elevados níveis deste elemento (60 ppm de P₂O₅) já na fase inicial, ou seja, por ocasião de estabelecimento de plantas novas.

Temperaturas máximas diurnas do solo entre 34 a 42°C prejudicaram sensivelmente o peso de nódulos, o nitrogênio fixado e, conseqüentemente, a produção de forragem e o seu teor de proteína, quando comparadas com máximas diurnas entre 29°C e 32°C. As temperaturas excessivas prejudicaram mais as plantas dos vasos com baixo nível de fósforo (20 ppm de P₂O₅) do que as bem supridas com este elemento. A variedade SP-1 foi mais sensível a estes efeitos que a variedade Tinaroo.

As duas variedades também mostraram comportamento fisiológico diferente em relação às temperaturas excessivas em solos com umidades diferentes. Na variedade Tinaroo o efeito da temperatura aumentou com o acréscimo de umidade, enquanto na variedade SP-1 o maior efeito da temperatura foi na umidade intermediária.

A variedade SP-1 se mostrou mais sensível aos diversos efeitos ambientais, como sua nodulação e produção foram também inferiores aos da variedade Tinaroo em todos os tratamentos.

INTRODUÇÃO

A comparação da "soja perene" (*Glycine javanica* L.) com diversas leguminosas forrageiras revelou que esta espécie: a) apresenta composição bromatológica praticamente equivalente à da jetirana (*Centrosema pubescens* Benth.), do cudzu tropical (*Pueraria javanica* Benth.) e do cudzu comum (*Pueraria thumbergiana* Benth.) (Neme 1962); b) pode produzir matéria seca em quantidades superiores às da jetirana e do cudzu tropical (Neme & Nery 1935); c) a composição química, a digestibilidade e o teor de fibra do feno da soja

perene (Peixoto *et al.* 1964) são semelhantes aos indicados por Morrison (1943) para alfafa (*Medicago sativa* L.); d) num teste de palatibilidade, conduzido em Matão, Estado de São Paulo, os animais mostraram sua preferência pela soja perene, em confronto com qualquer das demais leguminosas estudadas nesta prova (Gullöve & Quinn 1963); e) nos meses secos do outono e do inverno a soja perene rebrota e cresce melhor que a jetirana e que o cudzu tropical (Neme & Nery 1935).

Contudo, diversos trabalhos em andamento na Seção Experimental de Agrostologia do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Min. da Agricultura, com soja perene consorciada vieram mostrar que existem fatores limitantes que precisam ser considerados nas iniciativas de uso desta planta nas condições ecológicas do Brasil. Efetivamente a soja perene não pôde ser estabelecida nos ensaios de consorciação conduzidos no IPEACS, de 1964 a 1966, quando seu plantio foi feito de outubro a fevereiro. Um dos principais fatores impeditores desse estabelecimento foi a deficiência na simbiose.

¹ Recebido para publicação em 7 de novembro de 1967. Boletim Técnico n.º 62 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS). Apresentado ao XI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Brasília, julho 1967 e subvencionado pela Aliança para o Progresso — Projeto CONTAP-I-1.

² Eng.º Agrônomo da Seção de Agrostologia do IPEACS e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas, Km 47, Camp-
po Grande, GB. ZC-26.

³ Eng.º Agrônomo da Seção de Solos do IPEACS e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas, Km 47, Camp-
po Grande, GB. ZC-26.

Importa, pois, nesse sentido, considerarmos que o contexto das informações disponíveis na literatura aponta diversas causas ambientais limitadoras da eficiência da simbiose, desta e de outras leguminosas forrageiras.

Entre essas causas, a temperatura do solo foi assinalada como limitando: a) a nodulação em *Stizolobium deeringianum* Bort. (Mes 1959); b) a nodulação, a fixação do nitrogênio e a produção de forragem em *Centrosema pubescens* Benth. (Döbereiner & Aronovich 1965); c) o desenvolvimento global, em ambiente controlado, de diversas leguminosas forrageiras (McKell & Williams 1965); d) a nodulação, o teor de N total e o desenvolvimento inicial de cinco variedades de soja perene (Ferrari *et al.* 1967).

Em todos esses trabalhos é assinalada a existência de limites termométricos superiores para os diversos processos considerados. Joffe *et al.* (1961) já haviam, de fato, estabelecido em suas investigações com *Arachis hypogaea* L. e com *Trifolium pratense* L. que a fixação do nitrogênio atmosférico é um processo termo-sensível, que opera entre limites estreitos de temperatura.

Há também dados que indicam a importância de fatores nutricionais. Assim Ludecke (1941) concluiu de seus estudos, que o fósforo estimula a fixação do N por unidade de peso do tecido nodular. Albrecht *et al.* (1948) verificaram que o fósforo afeta a nodulação e o nível dos compostos nitrogenados. Keyneur (1965), observou melhor estabelecimento de soja perene no Norte de Queensland mediante aplicação de fosfato, no mesmo solo em que nem a alfafa do Nordeste (*Stylosanthe gracilis* H.B.K.), nem o *Desmodium canum* Sching et Thelung responderam a esse tratamento. McKell e Wilson (1963) demonstraram que a fertilização fosfatada aumenta o crescimento de algumas leguminosas nativas e introduzidas. Também ficou demonstrado que o estabelecimento da soja perene é influenciado por fatores nutricionais (Ferrari *et al.* 1967).

Por outro lado, o aproveitamento do enxofre parece depender, para várias leguminosas forrageiras, das condições de umidade do solo (McKell & Williams 1965). Ferrari *et al.* (1967) notaram que a soja perene se apresentava com nodulação abundante quando cultivada com satisfatório suprimento de água, mesmo em vasos contendo solo onde esta espécie nunca havia sido plantada antes. Este fato levou-nos a crer que, em condições ideais de umidade, a simbiose da soja perene é muito menos específica, nodulando esta planta até mesmo com *Rhizobium* não específico, do grupo "cow pea".

Diante dessas informações, os fatores edáficos, teor de fósforo, temperatura e umidade tornam-se suspeitos de constituírem, seja isoladamente, seja por suas diversas interações, causas plausíveis da nodulação deficiente observada nos aludidos experimentos de 1964 a 1966.

O presente trabalho foi, assim, feito com a finalidade de se estudar a influência de diferentes níveis de umidade, de temperatura e de fósforo no estabelecimento de duas variedades comerciais de soja perene, visando esclarecer as dificuldades de seu estabelecimento em solos com condições adversas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi feito um experimento, em vasos, sob condições controladas de casa de vegetação.

O esquema experimental foi de blocos partidos com três repetições e os seguintes tratamentos nas parcelas (níveis de umidade):

U₁ = completar a umidade nos vasos até 90% da capacidade de campo (Cc);

U₂ = completar a umidade nos vasos até 90% da capacidade de campo (Cc), sempre que a umidade atingir 70% Cc;

U₃ = completar a umidade nos vasos até 90% da capacidade de campo (Cc), sempre que a umidade atingir 40%.

A capacidade de campo e o ponto de murchamento do solo foram determinados, achando-se os valores 23,6% e 5,0% respectivamente. O nível de umidade mais baixo (U₃) foi aproximadamente duas vezes o ponto de murchamento o que deu uma boa faixa de segurança para a leguminosa que ali vegetou. Todos os vasos foram pesados uma vez por dia e completada a umidade onde necessário.

Nas subparcelas, as temperaturas, variedades e níveis de fósforo foram:

Temperaturas	Variedades	níveis de P ₂ O ₅ (ppm)
Quente	SP-1	20
"	"	60
"	"	100
"	Tinaroo	20
"	"	60
"	"	100
Frio	SP-1	20
"	"	60
"	"	100
"	Tinaroo	20
"	"	60
"	"	100

Para obter diferentes temperaturas procedemos do seguinte modo: a) temperatura "quente" foi obtida usando-se vasos plásticos colocados diretamente sobre as mesas; b) temperatura "frio" foi obtida usando-se vasos de barro com refrigeração por evaporação, ou seja, um vaso plástico embutido em

outro maior, poroso, e o espaço entre ambos preenchido com areia mantida sempre úmida (Döbereiner & Pimenta 1964).

As temperaturas foram tomadas no solo do interior dos vasos às 7,30 h da manhã e às 2,00 h da tarde. Obtivemos duas temperaturas diferentes, devido às altas temperaturas reinantes na região, como pode ser visto na Fig. 1.

Desta solução, usamos 1 ml por quilograma de solo. Como adubação fosfatada, usamos as dosagens de 20 mg, 60 mg e 100 mg de P_2O_5 /kg de solo, na forma de superfosfato (20% P_2O_5), de acordo com os tratamentos.

As duas variedades usadas e que foram cedidas pelo Serviço de Introdução de Avaliação de Plantas Forrageiras com os números 13/64 (Tinaroo) e

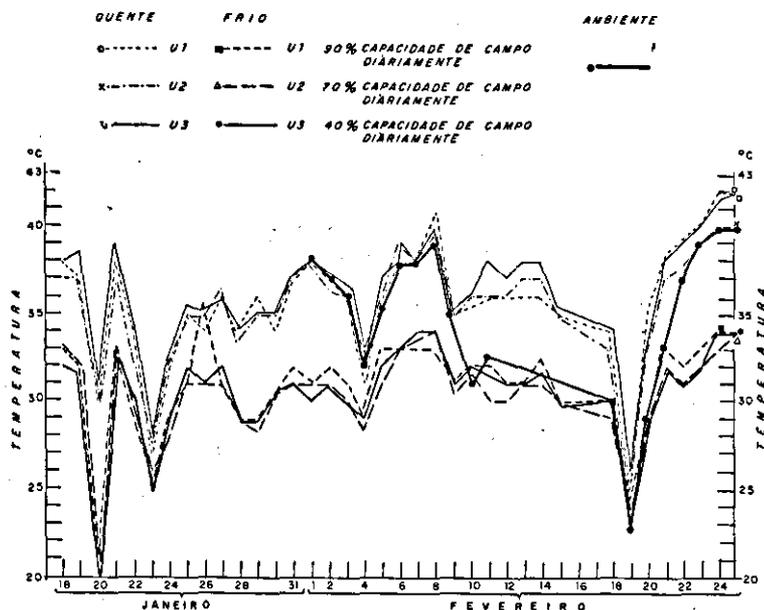


FIG. 1. As duas temperaturas do solo quente e frio, tomadas durante o experimento às 14 h e relacionadas com os três diferentes teores de umidade, mais a temperatura do ambiente.

O solo usado foi classificado como sendo um solo de transição entre Gray-hidromórfico e Red Yellow Podzólico, solo representativo daqueles no qual se haviam feito anteriormente várias tentativas de estabelecimento de soja perene, sem sucesso. Foi colhido solo na profundidade de 0 a 40 cm.

Todos os vasos foram preenchidos com 2 kg de solo. Determinamos a curva de neutralização e fizemos uma calagem de 4 g de calcário dolomítico por quilograma de solo para elevar o pH de 5,6 a aproximadamente 6,5. Fizemos uma adubação básica constituída de 40 mg de K_2O por quilograma de solo, e uma de elementos menores empregando uma solução com a seguinte composição:

Zn $SO_4 \cdot 7H_2O$	2,23 g
$Na_2 MoO_4 \cdot 2H_2O$	0,50 g
Mg $SO_4 \cdot 7H_2O$	37,50 g
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	3,95 g
H_3BO_3	0,25 g
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	5,00 g
Ácido cítrico	5,00 g
Água	250 ml

29/65 (SP-1), são comerciais. A Tinaroo é mais difundida na Austrália e a SP-1 já é usada largamente em São Paulo e em quase toda a região Centro-Sul. Ambas as variedades receberam, no momento da semeadura, inoculante selecionado. A semeadura foi efetuada no dia 16 de janeiro de 1967 e a colheita realizada dois meses após. O material foi secado em estufa a 65°C, pesado e determinado o nitrogênio pelo método Kjeldahl (semi-micro), bem como número e peso dos nódulos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do experimento e a sua análise de variância são apresentados nos Quadros de 1 a 3. Verifica-se em primeiro lugar uma diferença altamente significativa entre as duas variedades de soja perene, apresentando a variedade Tinaroo maior número e peso de nódulos e conseqüentemente

maior produção de forragem. Tendo sido o experimento feito num solo onde o nitrogênio foi um dos fatores limitantes do crescimento das plantas,

o melhor desenvolvimento foi consequência de uma simbiose mais eficiente, sendo isto confirmado pelos efeitos pronunciados na nodulação.

QUADRO 1. Efeito da umidade, da temperatura do solo e do fósforo, na fixação do nitrogênio atmosférico e produção de forragem de duas variedades de soja perene (médias de 3 repetições)

Teores de umidade ^a	Temperatura ^b	Variedades	Peso seco das plantas (g/vaso)			Teor de N nas plantas (%)			N total (mg/vaso)		
			P ₁ ^c	P ₂ ^d	P ₃ ^e	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃
U ₁	Frio	Tinaroo	1,6	4,4	7,2	2,78	2,68	2,59	114,49	118,81	184,96
		SP-1	1,6	2,8	3,6	2,68	2,68	3,13	51,12	82,44	121,00
	Quente	Tinaroo	0,8	2,2	3,2	2,28	2,46	2,46	21,62	56,40	83,53
		SP-1	1,2	1,9	2,5	1,90	2,72	2,19	22,56	58,98	57,45
U ₂	Frio	Tinaroo	3,6	6,7	6,7	2,78	2,89	2,72	104,04	187,09	182,25
		SP-1	4,4	3,2	5,2	2,72	2,75	2,59	123,21	89,11	134,56
	Quente	Tinaroo	2,8	4,0	3,6	2,56	2,49	2,56	77,08	102,01	917,76
		SP-1	1,4	2,2	1,2	1,98	2,46	2,49	27,77	53,87	31,47
U ₃	Frio	Tinaroo	3,6	5,2	4,4	2,68	2,65	2,52	104,04	108,16	121,00
		SP-1	2,2	2,8	3,6	3,53	2,59	2,78	72,42	79,38	108,16
	Quente	Tinaroo	2,8	3,6	6,7	2,49	2,59	2,49	52,85	93,70	79,92
		SP-1	1,4	2,2	2,8	2,10	2,72	2,75	33,17	62,09	80,46

- ^a U₁ — Completado, diariamente, a 90% da Capacidade de Campo (Cc).
 U₂ — Completado a 90% Cc, diariamente, sempre que a umidade atingiu a 70% da Capacidade de Campo (Cc).
 U₃ — Completado a 90% Cc, diariamente, sempre que a umidade atingiu a 40% da Capacidade de Campo (Cc).
^b Quente — 34°C a 42°C (máximas diurnas).
 Frio — 29°C a 32°C (máximas diurnas).
^c P₁ — 20 ppm P₂O₅.
^d P₂ — 60 ppm P₂O₅.
^e P₃ — 100 ppm P₂O₅.

QUADRO 2. Efeito da umidade, da temperatura do solo e do fósforo, na nodulação de duas variedades de soja perene (médias de 3 repetições)

Teores de umidade ^a	Temperatura ^b	Variedades	Números de nódulos/vaso			Peso seco dos nódulos (mg/vaso)		
			P ₁ ^c	P ₂ ^d	P ₃ ^e	P ₁	P ₂	P ₃
U ₁	Frio	Tinaroo	46	31	56	124,4	105,0	215,0
		SP-1	23	33	33	78,2	107,1	121,2
	Quente	Tinaroo	17	35	52	42,5	87,3	165,4
		SP-1	19	35	31	46,7	101,0	124,4
U ₂	Frio	Tinaroo	33	42	38	115,6	135,8	105,0
		SP-1	41	35	42	124,4	113,4	145,4
	Quente	Tinaroo	64	45	50	46,6	140,6	155,2
		SP-1	49	28	26	31,4	69,0	53,7
U ₃	Frio	Tinaroo	35	37	64	111,3	103,0	152,7
		SP-1	27	26	26	52,2	91,1	80,0
	Quente	Tinaroo	39	55	58	80,0	133,5	152,7
		SP-1	17	38	37	48,0	87,3	91,1

- ^a U₁ — Completado, diariamente, a 90% da Capacidade de Campo (Cc).
 U₂ — Completado a 90% Cc, diariamente, sempre que a umidade atingiu a 70% da Capacidade de Campo (Cc).
 U₃ — Completado a 90% Cc, diariamente, sempre que a umidade atingiu a 40% da Capacidade de Campo (Cc).
^b Quente — 34°C a 42°C (máximas diurnas).
 Frio — 29°C a 32°C (máximas diurnas).
^c P₁ — 20 ppm P₂O₅.
^d P₂ — 60 ppm P₂O₅.
^e P₃ — 100 ppm P₂O₅.

QUADRO 3. Análise da variância dos resultados apresentados nos Quadros 1 e 2

Fonte da variância	G.L.	N.º de nódulos ^a	Pêso nódulos ^a	Pêso seco das plantas ^b	N % ^b	N total ^b
		F	F	F	F	F
Fósforo	2	—	14,18**	15,00**	—	15,48**
Temperatura	1	—	7,81**	65,00**	39,02**	85,59**
Variedades	1	9,62**	11,70**	35,00**	—	28,47**
Temperatura x fósforo	2	—	4,05**	—	7,31**	—
Temperatura x umidade	2	—	—	4,00*	—	3,46*
Temperatura x fósforo x variedade	2	—	—	—	5,48**	—
Temperatura x variedade x umidade	2	—	—	4,00*	—	—
Erro (b)	70	—	—	—	—	—
C.V. (%)	—	27,4	22,7	18,9	6,0	18,9

^a Transformação $\sqrt{\frac{n+1}{n}}$
^b Transformação $\sqrt{\frac{n}{n}}$

Em soja anual têm sido observadas diferenças entre variedades em relação à sua capacidade de formar nódulos (Döbereiner *et al.* 1966b), tentando-se explicar isto como consequência de diferenças hereditárias relacionadas com a nutrição dessas variedades (Döbereiner & Arruda 1967). Trabalhos com soja perene não confirmaram a existência de diferenças na simbiose, com um grande número de estirpes de *Rhizobium*, entre as variedades Tinaroo, Deodoro, 303, Cooper e Q-363 (Ferrari *et al.* 1967). Entretanto, em outro experimento (dados não publicados), a variedade SP-1 mostrou nodulação e fixação de nitrogênio inferiores às das variedades supra-mencionadas, também com grande número de estirpes de *Rhizobium*. Persiste, pois, a possibilidade de que as diferenças de nodulação e de fixação de nitrogênio observadas, no presente trabalho, entre Tinaroo e SP-1 sejam consequências de especificidade mais estrita da simbiose na variedade SP-1.

Embora o número de nódulos não seja sempre um bom índice da eficiência, da simbiose, pois um índice mais seguro é o peso dos nódulos (Döbereiner *et al.* 1966a), esse número fornece indicações sobre a multiplicação de *Rhizobium* na rizosfera das plantas e sobre o início da formação de nódulos por infecção dos pêlos absorventes. Efetivamente Nutman (1958) verificou, em trevo, que a penetração do *Rhizobium* nos pêlos absorventes é determinada principalmente pelo hospedeiro. Neste caso, o número de primórdios meristemáticos nas raízes, primórdios estes que normalmente dão origem a raízes laterais, está correlacionado com o número de nódulos formados. Por outro lado o fato de que, o critério do número de nódulos não detecta diferenças significativas quanto aos trata-

mentos do solo indica que esses fatores (temperatura do solo, nível de fósforo e umidade) afetaram menos a infecção em si do que a eficiência dos nódulos formados após a infecção.

Os resultados altamente significativos do contraste entre temperaturas altas (máximas 34° a 42° C) e temperaturas mais baixas (máximas 29° e 32° C), quanto ao peso dos nódulos e quanto à fixação do nitrogênio, confirmam observações anteriores (Döbereiner & Aronovich 1965, Ferrari *et al.* 1967). É de se notar que essas diferenças de temperaturas reinavam apenas durante certas horas do dia e somente no solo, pois a temperatura do ar era uniforme para todos os vasos. Tais resultados mostram que o efeito deletério das temperaturas da faixa mais elevada, presumivelmente nos sistemas enzimáticos da fixação do nitrogênio, não pode ser compensado por processos que atuam no resto do ciclo diário, em condições de temperaturas adequadas. Pode tratar-se da inativação de um sistema-chave, que demore mais de um dia para ser refeito. De qualquer modo essa sensibilidade térmica da fixação do nitrogênio manifesta-se por suas consequências na produção de forragem e, ainda, no teor de proteína da forragem, sendo, pois, um problema que interessa esclarecer, tanto do ponto de vista permanente fisiológico, como do ponto de vista das aplicações mais imediatas.

Já nas primeiras semanas do experimento as observações mostravam desenvolvimento melhor das plantas nos vasos com nível mais elevado de fósforo. No final do experimento ficou patente a alta significância das diferenças dos pesos dos nódulos e da fixação do nitrogênio quanto ao fator experimental, nível de fósforo. A resposta positiva à adição de fósforo não surpreende, tanto por ter

sido o solo experimental deliberadamente deficiente nesse elemento, como por ser conhecida a elevada exigência dessa leguminosa no que se refere ao fósforo (McKell & Wilson 1963). Tendo sido as dosagens de fósforo usadas neste trabalho de 20, 60 e 100 ppm de P_2O_5 , o que corresponde a 40, 120 e 200 kg de P_2O_5 /ha, ou seja, a 200, 600 e 1000 kg de superfosfato/ha, fica aparente a importância, para o bom estabelecimento da soja perene, de disponibilidades de fósforo muito acima das que são normalmente usadas na prática atual do cultivo desta planta. É possível que a falta de fósforo disponível na vizinhança das plantinhas novas que ainda não têm raízes longas que permitam maior alcance de absorção, seja a causa principal das dificuldades de se conseguir o estabelecimento desta planta nas condições dos experimentos realizados no IPEACS de 1964 a 1966.

Essa limitação por suprimento insuficiente de fósforo afeta não só a sobrevivência das plantinhas nos casos de deficiência mais severa, mas também o rendimento em forragem, mesmo quando o nível de fósforo já permite o desenvolvimento da soja perene.

Acresce que a interação fósforo x temperatura mostra que o efeito de temperaturas excessivas pode ser compensado com dosagens elevadas de fósforo. Interações fósforo x efeitos climáticos foram também observadas, em certas leguminosas, por McKell e Wilson (1963). Por outro lado, a tríplice interação temperatura x fósforo x variedade ainda mostra uma maior sensibilidade da variedade SP-1 a temperaturas excessivas quando as plantas são mais supridas de fósforo. Além do óbvio significado prático dessa informação, a interação temperatura x fósforo, encontrada no peso dos nódulos e no teor de nitrogênio das plantas, indica efeitos na simbiose, cujo esclarecimento interessa à compreensão dos mecanismos envolvidos na fixação simbiótica do nitrogênio.

Os três tratamentos de umidade não mostraram efeitos simples significativos, em nenhuma das observações. O propósito do presente experimento, colocando umidade nas parcelas e os restantes tratamentos nas subparcelas, não foi o de observar efeitos diretos da umidade, mas sim procurar as interações. Efetivamente as possibilidades de execução do experimento fizeram com que as diferenças de umidade entre os tratamentos (U_2) e (U_3) não se mantivessem no contraste que seria desejável para observar efeitos diretos da umidade, uma vez que a operação de completar o conteúdo de água do solo só foi feita uma vez por dia. As diferenças causadas pela interação temperatura x umidade foram, porém, significativas no que se refere ao

pêso seco e ao nitrogênio total das plantas. O efeito menor das temperaturas mais elevadas nos vasos mais secos é contrário ao que se poderia esperar. A significância das diferenças na tríplice interação temperatura x umidade x variedade, quanto ao pêso seco das plantas, novamente indica maior sensibilidade da variedade SP-1 aos efeitos nocivos.

CONCLUSÕES

Adubação fosfatada mostrou efeito pronunciado já na fase inicial de estabelecimento das plantas, havendo necessidade de níveis deste elemento muito acima dos habitualmente empregados.

Temperaturas máximas diurnas do solo entre 34 a 42° C prejudicaram sensivelmente a nodulação e a fixação de nitrogênio e conseqüentemente a produção de forragem, quando comparadas com máximas diurnas entre 29 e 32° C.

Elevadas dosagens de fósforo compensaram até certo ponto os efeitos deletérios das temperaturas excessivas.

A variedade SP-1 foi mais sensível aos diversos efeitos edáficos que a variedade Tinaroo.

AGRADECIMENTOS

Não podemos deixar de reconhecidamente agradecer ao Eng.º Agrônomo Mário Roberto Araújo Pinheiro, a sua colaboração por ocasião da instalação e coleta desse trabalho, bem como à professora Maria Conceição de Souza Souto, pela sua valiosa colaboração na análise estatística deste experimento.

Agradecemos também ao laboratorista Carlos Alberto Gonçalves Cavalcante, que colaborou na análise de nitrogênio das plantas.

REFERÊNCIAS

- Albrecht, W. A., Klemme, A. W. & Miebke, W. 1948. J. Am. Soc. Agron. 40, p. 1106. In Andrew, C. S. 1962. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. Bull. 46 of the Commonw. Bur. Past. Field Crops, Hurley, Berkshire, p. 130-146.
- Döbereiner, J. & Pimenta, T. G. 1964. A simple method to lower the soil temperature in greenhouse experiments. Soil. Biol. Int. News. Bull. 2: 30-33.
- Döbereiner, J. & Aronovich, S. 1965. Efeito da calagem e da temperatura do solo na fixação de nitrogênio de *Centrosema pubescens* Benth. em solos com toxidez de manganês. An. IX Congr. Int. Pastagens, S. Paulo, 2: 1121-1124.
- Döbereiner, J., Arruda, N. B. & Penteado, A. de F. 1966a. Avaliação da fixação do nitrogênio em leguminosas pela regressão do nitrogênio total das plantas sobre o pêso dos nódulos. Pesq. agropec. bras. 1: 233-238.
- Döbereiner, J., Arruda, N. B. & Penteado, A. de F. 1966b. Especificidade hospedeira em variedades de soja, na simbiose com *Rhizobium*. Pesq. agropec. bras. 1: 207-214.
- Döbereiner, J. & Arruda, N. B. 1967. Interrelação entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja (*Glycine max.* (L.) Merrill). Pesq. agropec. bras. 2: 475-487.

- Ferrari, E., Souto, S. M. & Döbereiner, J. 1967. Efeito da temperatura do solo na nodulação e no desenvolvimento da soja perene (*Glycine javanica* L.). *Pesq. agropec. bras.* 2: 461-466.
- Gullöve, F. H. & Quinn, L. R. 1963. The collection and evaluation of tropical and subtropical legumes of indigenous and world origin. IBEC Res. Inst. (IRI), Matão, S. Paulo, p. 10.
- Joffe, A., Weyer, F. & Saubert, S. 1961. The role of root temperature in symbiotic nitrogen fixation. *South Afr. J. Sci.* 57: 278.
- Keyneur, C. W. 1965. Pap. 5 Aust. Agrost. Conf. C.S.I.R.O., Melbourne. In Grof, B. 1965. Establishment of legumes in the humid tropics of northeastern Australia. *An. IX Congr. Int. Pastagens, S. Paulo, 2: 1137-1142.*
- Ludecke, H. 1941. Phosphorsäure, 10, p. 196. In Andrew, C. S. 1962. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. *Bull. 46. Commonw. Bur. Past. Field Crops, Hurley, Berkshire, p. 130-140.*
- McKell, C. M. & Wilson, A. M. 1963. *Agron. J.* 55: 55-134. (Citado por McKell & Williams 1965)
- McKell, C. M. & Williams, W. A. 1965. Effects of a Mediterranean type environment on sulfur nutrition of annual forage legumes. *An. IX Congr. Int. Pastagens, S. Paulo, 1: 439-442.*
- Mes, M. G. 1959. The influence of high temperature and day length on the growth, nodulation, nitrogen assimilation and flowering of *Stizolobium deeringianum* (velvet bean). *South Afr. J. Sci.* 55: 35-39.
- Morrison, F. B. 1943. Feeds and feeding. Morrison Publ. Company, New York.
- Neme, N. A. & Nery, J. P. 1965. Influência de adubos minerais e do calcário na produção e composição química de leguminosas forrageiras perenes. *An. IX Congr. Int. Pastagens, S. Paulo, 1: 665-670.*
- Neme, N. A. 1962. Bol. 105 of the Inst. Agron. Campinas. (Citado por Peixoto, et al. 1965)
- Nutman, P. S. 1958. The physiology of nodule formation, p. 87-107. In Hallsworth, E. G. *Nutrition of the legumes.* Academic Press, New York.
- Peixoto, A. M., Moraes, C. L. & Próspero, A. O. 1964. Contribuição ao estudo da composição química e digestibilidade do feno de soja perene (*Glycine javanica* L.). *An. IX Congr. Int. Pastagens, S. Paulo, 1: 791-795.*

EFFECTS OF PHOSPHORUS, SOIL TEMPERATURE AND SOIL HUMIDITY ON NODULATION AND DEVELOPMENT OF TWO VARIETIES OF PERENNIAL SOYBEAN (*Glycine javanica* L.)

Abstract

A greenhouse experiment was carried out with two varieties of perennial soybean (*Glycine javanica* L.) to study effects and interactions of phosphorus and soil humidity on the establishment of the *Rhizobium* symbiosis and on forage production.

Fertilization with superphosphate increased considerably nodulation, nitrogen fixation and forage yield, demonstrating high phosphorus requirements already at the initial stage of plant growth.

Daily maximal temperatures of the soil between 34 and 43°C reduced nodulation, nitrogen fixation, forage yield and its protein content, when compared with daily maxima between 29 and 32°C. High soil temperature effects were less pronounced at high phosphorus levels. The variety SP-1 was more sensitive to high temperature and low phosphorus injuries, than the variety Tinaroo.

There were also differences between the two varieties in relation to soil humidity at the two soil temperatures. The variety SP-1 at the cooler soil temperature grew better at the lowest soil humidity (evaporation until two times the humidity of the wilting point), but in hotter pots growth was best at intermediate humidity. The variety Tinaroo preferred intermediate soil humidity (evaporation until 70% of field capacity), at both soil temperatures.

The variety Tinaroo was superior in nodulation, nitrogen fixation and forage yield in all treatments and less sensitive to environmental effects.