

EFEITO DO SOMBREAMENTO E DO CALCÁRIO NA TAXA RELATIVA DE FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO E NA EFICIÊNCIA DOS NÓDULOS DA SOJA (*Glycine max*)¹

IVAN BARBOSA MACHADO SAMPAIO² e JOHANNA DÖBEREINER³

Sinopse

Num experimento de casa de vegetação com soja (*Glycine max* (L.) Merrill) compararam-se efeitos da intensidade da luz (sombreamento) e de três tratamentos calcários (calcário no solo, revestimento calcário e testemunha) no conjunto dos processos envolvidos na fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico.

Analisando os efeitos sobre formação e crescimento dos nódulos, verificou-se que o aumento da intensidade da luz estimula a formação dos nódulos, mas apenas nos vasos com calagem ou com revestimento calcário das sementes.

Com relação à eficiência do tecido nodular, o sombreamento aumentou a quantidade de nitrogênio fixado por unidade nodular. A mesma eficiência, com relação aos tratamentos, foi reduzida nos vasos com revestimento calcário da semente.

A quantidade total de nitrogênio fixado, que é o produto do peso dos nódulos com a eficiência de seu tecido, mostrou resultados semelhantes aos da formação dos nódulos. A regressão múltipla do N total em função do tempo e do sombreamento mostrou efeito da luz apenas nos tratamentos com calcário e revestimento calcário.

Concluimos que, no presente experimento, os efeitos estimulantes do aumento da intensidade da luz na formação dos nódulos foram mais pronunciados que os prejuízos por ele causados na eficiência do tecido nodular.

Os métodos usados diferenciaram e interpretaram mais completamente os efeitos sobre a simbiose que a simples avaliação do N total em função do peso de nódulos ou da idade.

INTRODUÇÃO

A eficiência da simbiose das leguminosas com *Rhizobium* depende de fatores hereditários da planta e da bactéria e ainda do solo e outros fatores ambientais.

A necessidade do calcário para a iniciação e o desenvolvimento dos nódulos foi salientado por Andrew (1962) como um dos componentes essenciais das paredes celulares, sua deficiência se manifestando principalmente nos tecidos marismáticos. Em trabalhos anteriores, Döbereiner *et al.* (1966) verificaram que o cálcio aumenta número e tamanho dos nódulos sem interferir, no entanto, na eficiência do tecido nodular.

Pouco se sabe, entretanto, sobre a interferência da intensidade da luz na simbiose das leguminosas. Este efeito se dará, certamente, por via indireta da intensidade da fotossíntese que, por sua vez, fornece o material energético necessário para a fixação do nitrogênio molecular. Van Schreven (1958) estudou efeitos da intensidade da luz comparando-os com pulverização com uma solução de sacarose, e concluiu que a aplicação da sacarose substituiu apenas parcialmente o aumento na intensidade da luz o qual resultou em um aumento no peso dos nódulos e no nitrogênio fixado. No que se refere à eficiência dos nódulos, observou que a sacarose aumentou tanto como o acréscimo de luz. Por outro lado, Orcutt & Fred (1935) observaram que o sombreamento nos primeiros dias de verão resultava num aumento da fixação simbiótica da soja.

A avaliação e interpretação destes e de outros efeitos sobre a simbiose não é sempre fácil e a diferenciação entre fatores que agem sobre a iniciação, o desenvolvimento e a eficiência do tecido nodular certamente ajudaria a compreender melhor o processo complicado da simbiose. Entre os métodos pro-

¹ Recebido para publicação em 7 de dezembro de 1967. Boletim Técnico n.º 65 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS).

² Eng.º Agrônomo da Seção de Estatística Experimental (SEE) Departamento de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias, Projeto CONTAP I. 1, Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26.

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

postos para avaliar a simbiose figura o de Gibson (1965) que sugere uma taxa relativa da fixação de nitrogênio (relative nitrogen assimilation rate) que mede, análogamente à taxa de crescimento, a quantidade de nitrogênio fixada em função do tempo. Esta medida avaliou mais precisamente e com maior realidade, no seu experimento, efeitos da temperatura, eliminando interferência de fatores secundários como os da germinação, tamanho da semente, vigor de "seedling" etc. Döbereiner *et al.* (1966) propuseram a avaliação da simbiose pela regressão de log N total nas plantas em função do peso dos nódulos, podendo com este método diferenciar os efeitos na formação dos nódulos de outros sobre o funcionamento dos mesmos, ficando desta maneira a eficiência do tecido nodular traduzida pelo coeficiente da regressão.

O presente trabalho representa uma tentativa de conciliar estes dois métodos para avaliar e interpretar os efeitos do calcário e da intensidade da luz, na simbiose da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi feito um experimento em casa de vegetação com soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com pequena experimental de blocos partidos e três repetições.

Nas parcelas foram colocados os três tratamentos de sombreamento: sem sombra, meia sombra e sombra, e nas sub-parcelas, todas as combinações dos seguintes tratamentos: quatro épocas de colheita (19, 27, 39 e 49 dias após o plantio) e os três tratamentos calcários: sem calcário, revestimento da semente com calcário (pellet) e calcário misturado ao solo.

O sombreamento das parcelas foi obtido colocando-se palha de capim sobre um estrado de bambu na altura de 0,80 m sobre os vasos (Fig. 1). No tratamento "meia sombra" a palha foi colocada mais rala não se diferenciando, no entanto, satisfatoriamente do tratamento "sombra".

O revestimento das sementes foi feito umedecendo-as com uma mistura de 2:2:3 de turfa, goma arábica e cultura líquida de *Rhizobium japonicum* respectivamente, e agitando-os em seguida com excesso de carbonato de cálcio fino. Nos tratamentos com calcário misturado ao solo, 2 g de CaCO₃ p.a. foram incorporados ao solo de cada vaso.

Usaram-se vasos de barro pintados, com 4 kg de solo da Série Ecologia (Gray hidromórfico) e uma adubação básica de PK (5 ml/kg de solo de uma solução de 35 g KH₂PO₄/litro) e de elementos menores (Döbereiner *et al.* (1966). Estes vasos foram embutidos em vasos maiores de barro permeável com

areia, a qual foi mantida úmida e garantiu temperaturas amenas do solo (nunca acima de 32°C) mesmo na época quente do ano (Fig. 1).



FIG. 1. Disposição dos vasos na estufa e da cobertura de palha.

Todas as sementes que não levaram revestimento foram inoculadas com uma mistura de turfa e a mesma cultura líquida de *R. japonicum*, usada no "pellet". Usou-se a variedade de soja forrageira Santa Maria.

Na colheita as plantas inteiras foram retiradas dos vasos removendo-se o solo com um jato d'água. Os nódulos foram retirados e como as plantas, secos a 65°C e pesados. O nitrogênio nas plantas foi determinado pelo método de Kjeldahl (semi-micro) usando-se HgO como catalisador.

As análises estatísticas (Ezekiel 1945, Rider 1939) procuraram inicialmente verificar o efeito dos tratamentos e do sombreamento dentro de cada idade e posteriormente relacionar esses fatores com a variação de nitrogênio total e peso de nódulos em regressões que permitissem avaliar a eficiência dos nódulos e a taxa relativa de fixação de nitrogênio. As regressões que relacionaram o peso de N total utilizaram este valor sob forma logarítmica em virtude de sua distribuição seguir uma curva exponencial. Todos os efeitos previstos (sombreamento, idade e peso de nódulos) foram avaliados por seus coeficientes parciais nas regressões múltiplas para cada tratamento calcário e posteriormente comparados entre si nas regressões análogas (Li 1964).

RESULTADOS

A análise do "split-plot" foi feita para cada uma das idades, testando o N total e o peso dos nódulos sendo os valores médios obtidos, os encontrados no

Quadro 1. A análise da variância dos dados originais pode ser vista no Quadro 2.

Com relação ao peso de nódulos verificamos que com exceção da primeira idade, em que o peso dos mesmos ainda foi insignificante, em tôdas as outras houve influência do sombreamento que diminuiu o peso de nódulos. Os tratamentos calcários atuaram mais pronunciadamente no início do ciclo, traduzindo-se em favor de "pellet".

Como pudemos verificar, tanto a luz como os tratamentos com calcário aumentaram o teor de N total; a princípio notou-se, como no peso de nódulos, apenas o efeito dos tratamentos calcários, mas com o desenvolvimento da planta, a partir dos vinte dias, já se fazia sentir o efeito da luz, juntamente com o dos tratamentos com calcário, até a última idade, quando a fixação de N foi estimulada mais pela ação da luz que por aquêles. Ainda com respeito ao N total verificou-se uma interação significativa entre

a luz e os tratamentos calcários, no sentido de que aquela tenha agido muito mais intensamente nos tratamentos com Ca que na testemunha, onde praticamente não teve efeito.

De posse dessas informações, procurou-se estudar isoladamente essas influências, bem como as devidas à idade, e determinar a eficiência dos nódulos e a taxa relativa de fixação de nitrogênio.

A eficiência dos nódulos foi obtida quando se relacionou a quantidade de nitrogênio fixado com o peso dos nódulos. A quantidade de N fixada para cada mg de nódulo forneceu a eficiência deste nódulo dentro de cada tratamento.

A taxa relativa de fixação de nitrogênio, por sua vez, surgiu quando se comparou a quantidade de N fixado com o tempo gasto para alcançá-la. Logo, a quantidade de N fixada num dia também foi uma forma de medirmos a simbiose e compará-la entre os tratamentos utilizados.

QUADRO 1. Efeito do sombreamento e dos tratamentos calcários no peso dos nódulos e no N total das plantas, em quatro épocas diferentes (médias de três repetições e três tratamentos)

Tratamentos	N total (mg) nas idades (dias)				Peso de nódulos* nas idades (dias)			
	19	27	39	49	19	27	39	49
"Pellet"	2,2	4,4	10,9	19,4	3,6	8,7	15,9	25,9
CaCO ₃	3,1	4,1	9,3	19,4	2,2	5,6	15,5	23,6
Test.	1,9	2,7	5,9	12,8	1,7	4,4	11,5	19,2
d.m.s.	0,5	0,8	2,5	—	—	2,7	—	—
Sem sombra	2,0	4,7	13,4	24,6	3,0	9,0	20,7	30,8
Meia sombra	2,3	3,2	6,8	19,1	2,1	4,6	11,5	19,1
Sombra	2,2	3,4	6,0	12,6	2,5	5,2	10,7	17,7
d.m.s.	—	0,6	3,2	8,2	—	3,2	2,1	4,4

* Os valores dos pesos de nódulos sofreram transformação do tipo $\sqrt{p+1}$ para análise de variância (Fischer & Yates 1954).

QUADRO 2. Análise da variância dos resultados apresentados no Quadro 1. (Valores F)

Efeitos	N total nas idades (dias)				Peso dos nódulos nas idades (dias)			
	19	27	39	49	19	27	39	49
Sombreamento	—	22,07**	24,32**	9,72*	—	8,04*	103,14***	39,98***
Calagem	11,09*	10,12**	9,88**	—	—	5,97*	—	—
Interação sombra x cal.	—	—	9,14**	—	—	—	—	—

Para obter esses valores, essencialmente deduzidos dos valores de N total e dos pesos dos nódulos, deve-se atentar para os principais efeitos que podem atuar sobre eles, ou sejam, efeitos do calcário, da luz e da idade da planta. Avaliaram-se esses efeitos reportando-se simplesmente à análise de variância do

alcançou 1 mg de nódulos aos 21-22 dias. A partir deste dia o acréscimo diário de peso de nódulos variou de acordo com os tratamentos, mas em termos médios foi da ordem de 18,9 mg. O valor exato deste acréscimo diário em peso pode ser visto nas Fig. 2 e 3 correspondendo aos coeficientes de X.

QUADRO 3. Representação das equações lineares (regressões) que não constam nos gráficos

Nitrogênio total em função da idade e do sombreamento	
"Pellet"	$Y = 0,511 + 0,030 X_1 + 0,137 X_2$
CaCO ₃	$Y = 0,754 + 0,025 X_1 + 0,110 X_2$
Testemunha	$Y = 0,749 + 0,022 X_1 + 0,062 X_2$
Peso de nódulos em função da idade e do sombreamento	
"Pellet"	$Y = -854,337 + 23,365 X_1 + 180,916 X_2$
CaCO ₃	$Y = -748,186 + 20,410 X_1 + 149,791 X_2$
Testemunha	$Y = -434,060 + 13,035 X_1 + 72,041 X_2$
Nitrogênio total em função do peso de nódulos, idade e sombreamento	
"Pellet"	$Y = 0,805626 + 0,000366 X_1 + 0,021982 X_2 + 0,070933 X_3$
CaCO ₃	$Y = 1,172212 + 0,000561 X_1 + 0,013586 X_2 + 0,026185 X_3$
Testemunha	$Y = 1,117309 + 0,000926 X_1 + 0,010886 X_2 - 0,003832 X_3$

"split-plot", ou através do estudo das linhas de regressão obtidas relacionando-se cada um daqueles valores com os efeitos possíveis. Assim sendo, verificaram-se os seguintes efeitos, que foram estudados pelos resultados das regressões obtidas e transcritas no Quadro 3.

Efeito do calcário sobre o peso de nódulos e o N total. A atuação do calcário sobre o peso de nódulos e o N total já foi vista na apreciação do quadro da variância do "split-plot". Observaram-se diferenças significativas das formas do calcário no teor de N total. O peso dos nódulos apenas respondeu à aplicação de calcário na segunda época.

Efeito do sombreamento sobre o peso de nódulos e o N total. A luz em si atuou principalmente a partir dos vinte dias, sendo este efeito significativo tanto para o teor de N total como para o peso de nódulos, ou seja, o tratamento sem sombreamento aumentou ambos aqueles valores. Este efeito pôde ser confirmado tanto pelos resultados da análise de variância do Quadro 2, como no Quadro 5, tendo-se a ressaltar que foi significativo apenas para os tratamentos que utilizaram calcário.

Peso dos nódulos relacionado à idade da planta. Pode-se ter uma idéia da variação do peso dos nódulos em relação à idade observando as linhas de regressão das Fig. 2 e 3. Estas regressões forneceram dados interessantes sobre o crescimento dos nódulos. Por elas pôde-se avaliar que em média a planta

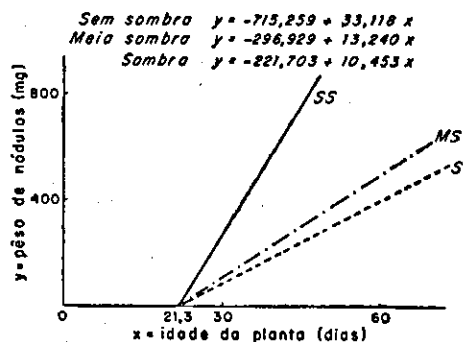


FIG. 2. Linhas de regressão do peso de nódulos x idade da planta dentro de cada sombreamento.

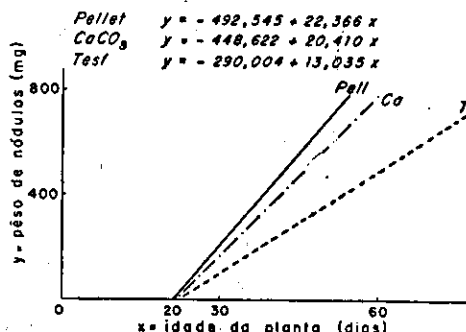


FIG. 3. Linhas de regressão do peso de nódulos x idade da planta para cada tratamento calcário.

Tôdas as linhas de regressão dessas figuras foram significativas (Quadro 4), traduzindo um acréscimo significativo no peso de nódulos para cada dia decorrido. Este acréscimo foi mais alto para as plantas sem sombreamento ou com calcário.

Melhor observação pode ser feita estudando-se as regressões múltiplas envolvendo o peso de nódulos, idade da planta e sombreamento. Os valores do Qua-

Nitrogênio total relacionado à idade da planta. Esta relação forneceu a taxa relativa de fixação de nitrogênio, sendo obtida pela avaliação da regressão envolvendo a quantidade de N total e a idade da planta.

Nas Fig. 5 e 6 encontram-se as linhas de regressão que relacionam esses valores, dentro de cada tratamento, de onde se podem tentativamente, tirar

QUADRO 4. Análise da variância das regressões simples (teste F)

Tratamentos*	Regressões			
	N x I	N x P	P x I	N x L
"Pellet"	125,40***	95,62***	32,44***	—
CaCO ₃	98,36***	164,15***	36,18***	—
Test.	34,95***	60,46***	23,08***	—
Luz	87,46***	279,42***	80,88***	—
Meia sombra	68,97***	75,08***	38,35***	—
Sombra	59,71***	97,75***	44,05***	—

* Abreviaturas usadas: N (nitrogênio total), I (idade da planta), L (intensidade da luz), P (peso dos nódulos).

QUADRO 5. Análise de variância das regressões múltiplas (teste F)

Tratamentos	N total x idade x luz		Peso nod. x idade x luz	
	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂
"Pellet"	172,48***	18,04***	44,44***	13,58***
CaCO ₃	133,90***	13,22**	49,62***	13,62***
Testemunha	32,13***	—	25,04***	3,90

N total em função do peso de nódulos, idade, luz (teste t)			
	b ₁	b ₂	b ₃
"Pellet"	17,29***	64,64***	5,67***
CaCO ₃	49,16***	35,72***	1,38
Testemunha	20,40***	7,01*	—

* significativo a 5%.

** significativo a 1%.

*** significativo a 0,1%.

dro 5 traduziram um acréscimo significativo no peso de nódulo devido à idade e outro acréscimo também significativo devido à luz, mas este apenas para os tratamentos que levaram calcário.

A representação gráfica desta regressão múltipla para o "pellet" (Fig. 4) pode ser tomada como exemplo para se observarem os efeitos do sombreamento e da idade no peso dos nódulos.

dados interessantes como, por exemplo, que a planta necessitou de 44 dias para atingir 10 mg de nitrogênio. Esses valores foram médios e especificamente podemos observá-los no Quadro 6.

Ainda analisando as regressões das figuras citadas, verifica-se que o acréscimo em peso de N total experimentado por dia foi significativo para todos os tratamentos; entre esses, porém, a aplicação de calcário não acarretou diferenças significativas neste

acréscimo. O sombreamento neste caso diminuiu a taxa diária de fixação de nitrogênio. A apreciação desses dois fatores, idade e sombreamento, na regressão múltipla envolvendo os mesmos, indicou que a

idade realmente ocasionou um acréscimo significativo na quantidade de N fixado, entretanto o acréscimo determinado pela luz só foi significativo para os tratamentos que levaram cálcio (Quadro 5).

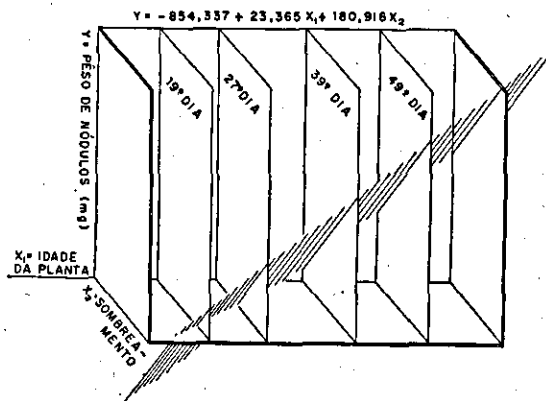


FIG. 4. Regressão múltipla para o tratamento com "pellet", envolvendo peso de nódulos em função da idade da planta e do sombreamento.

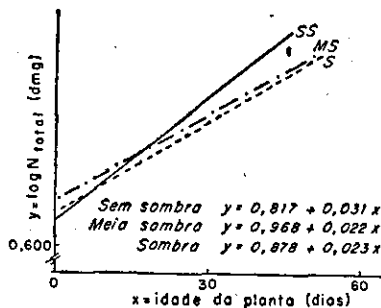


FIG. 5. Linhas de regressão do nitrogênio total x idade da planta para cada tratamento.

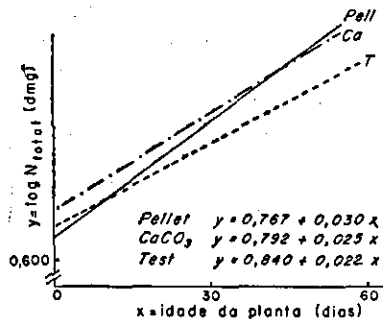


FIG. 6. Linhas de regressão do nitrogênio total x idade da planta para cada tratamento calcário

QUADRO 6. Valores obtidos nas regressões envolvendo a quantidade de N total em função da idade da planta

Tratamentos	Dias necessários para atingir 10 mg N total	N estático (da semente) em mg
"Pellet"	40,4	0,6
CaCO ₃	41,0	0,9
Testemunhas	50,6	0,7
Sem sombra	38,1	0,6
Meia sombra	46,9	0,9
Sombra	48,7	0,7

Pêso de nódulos relacionados à quantidade de N fixada. A avaliação da quantidade de N total em relação ao pêso de nódulos traduz a eficiência dos mesmos. Nas Figs. 7 e 8 encontram-se as linhas de regressão para cada tratamento, onde o coeficiente de regressão (b) representa a eficiência do tecido nodular para cada tratamento respectivo.

Esta eficiência, que vem a ser a quantidade de N fixada para cada mg de nódulo, mostrou-se mais intensa ao aumentar-se o sombreamento. Em rela-

de e sombreamento confirmou todos os resultados anteriores (Quadro 5).

DISCUSSÃO

No presente trabalho procurou-se avaliar o funcionamento da simbiose sob diversos pontos-de-vista. O primeiro deles foi o método proposto por Gibson (1965) que relacionava o nitrogênio total da planta com o tempo necessário para fixá-lo. Obtiveram-se regressões lineares usando, como aquele autor, escala logarítmica para o N fixado.

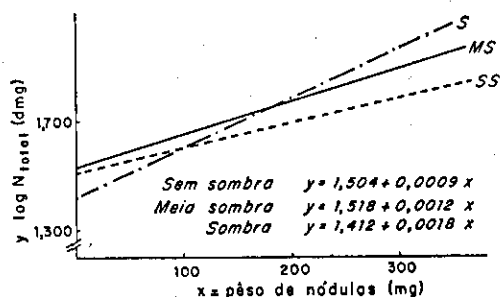


FIG. 7. Linhas de regressão do nitrogênio total x pêso de nódulos para cada sombreamento.

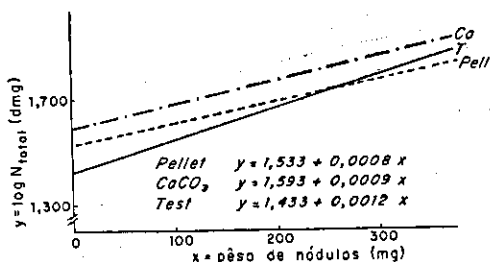


FIG. 8. Linhas de regressão do nitrogênio total x pêso de nódulos para cada tratamento calcário.

QUADRO 7. Valores obtidos nas regressões envolvendo a quantidade total de N fixado em função do pêso de nódulos

Tratamentos	Pêso de nódulo (mg) necessários para a planta alcançar 10 mg N total	mg de N da semente e solo
"Pellet"	582,6	3,4
CaCO ₃	432,0	3,9
Testemunha	471,7	2,7
Luz	551,1	3,1
Meia sombra	401,6	3,2
Sombra	326,6	2,5

ção à aplicação de calcário, notou-se que a eficiência ficou reduzida na presença do cálcio.

Pelo Quadro 7 pode-se observar as variações ocasionadas pelos tratamentos na eficiência do tecido nodular. Neste quadro são apresentados ainda os valores calculados para o N total nas plantas quando o pêso de nódulos é nulo, que corresponde ao N proveniente do solo e da semente. Este valor foi menor nas testemunhas e nos vasos sombreados sendo isto explicável pelo fraco desenvolvimento das plantas nestes vasos.

O estudo da regressão múltipla envolvendo a quantidade de N total em função do pêso de nódulos, ida-

Nessas regressões lineares, tratando-se de experimento com mais de um efeito simples, procurou-se determinar cada coeficiente de regressão eliminando o efeito dos demais, o que foi conseguido na regressão múltipla.

Além disso, tentou-se complementar esse método pela velocidade da formação dos nódulos, traduzida pela regressão do pêso dos nódulos sobre a idade, que ainda permite estimar a época do início da nodulação na planta.

Embora Döbereiner *et al.* (1966) não tenham constatado efeito do calcário na eficiência do tecido nodular, observou-se tal efeito no presente experimento, tendo o revestimento calcário prejudicado esta

eficiência. Contrariando os resultados de Van Schreven (1958), com ervilha, a diminuição da intensidade da luz aumentou a eficiência dos nódulos; embora se pudesse imaginar que o processo fotossintético fornecesse, com aumento de luz, mais material energético para a fixação de nitrogênio nos nódulos, isto não aconteceu; o que se observou foi um aumento da formação de nódulos tanto mais verdadeiro para os tratamentos que levaram cálcio. Confirmou isto o fato de serem necessários maiores concentrações desse elemento para a formação dos nódulos do que para o desenvolvimento da planta. Por outro lado, Orcutt e Fred (1935) fizeram observações também na soja, onde o sombreamento além da eficiência ainda estimulou o N total fixado. O mesmo autor sugeriu na ocasião que, tanto uma relação C/N alta demais como também baixa demais, podem ser prejudiciais à simbiose. Outra explicação para a redução da eficiência dos nódulos causada pelo aumento da luz poderia vir das observações de Loomis (1967) que mostraram menor atividade fotossintética em ambiente de plena iluminação, devido ao fato de que as folhas, para evitarem transpiração exagerada, se colocam em pé, reduzindo assim a área e o ângulo de incidência do sol sobre elas.

Os resultados encontrados confirmam os de Orcutt e Fred (1935) apenas em relação à eficiência, pois o N total fixado aumentou com a luz especialmente nos tratamentos com cálcio. Tendo sido este efeito igual para os tratamentos de "pellet" e onde o cálcio foi misturado no solo, devemos admitir que o elemento cálcio tenha sido fator limitante do crescimento.

Nos vasos onde este elemento foi colocado, o aumento da intensidade da luz foi o fator limitante da fixação simbiótica de N.

CONCLUSÕES

O aumento da intensidade da luz foi respondido pela maior formação de nódulos e maior quantidade de N total fixado, quando em presença do elemento cálcio.

A eficiência dos nódulos aumentou com a diminuição da intensidade da luz, nos vasos com revestimento calcário.

Apesar disso, os efeitos estimulantes do aumento de luminosidade e da presença de calcário superaram os prejuízos por eles causados na eficiência do tecido nodular.

REFERÊNCIAS

- Andrew, C. S. 1962. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. Bull. 46, Commonw. Bur. Past. Field Crops, p. 130-164.
- Döbereiner, J., Bergallo, N. A. & Penteado, A. de F. 1966. Avaliação da fixação de nitrogênio em leguminosas pela regressão de nitrogênio total das plantas sobre o peso dos nódulos. Pesq. agrop. bras. 1:233-238.
- Ezekiel, M. 1945. Methods of correlation analysis. John Wiley & Sons, London.
- Fischer, R. & Yate, F. 1954. Tablas estadísticas. Aguilar S. A. Ediciones, Madrid.
- Gibson, A. II. 1965. Physical environment and symbiotic nitrogen fixation. II. Root temperature effects on the relative nitrogen assimilation rate. Austr. J. biol. Sci. 18:295-310.
- Li, J. C. R. 1964. Statistical inference. Edwards Brothers, Michigan.
- Loomis, R. S. 1967. Comunicação pessoal.
- Orcutt, F. S. & Fred, E. B. 1935. Light intensity as an inhibiting factor in the fixation of atmospheric nitrogen by Manchu soybeans. J. Am. Soc. Agron. 27:550-558.
- Rider, P. R. 1939. An Introduction to modern statistical methods. John Wiley & Sons, London.
- Van Schreven, D. A. 1958. Some factors affecting the uptake of nitrogen by legumes. In Hallsworth, E. G. (ed.). Nutrition of the legumes. Academic Press, New York.

EFFECTS OF SHADING AND LIME TREATMENTS ON NITROGEN FIXATION RATES AND ON THE EFFICIENCY OF SOYBEAN NODULES (*Glycine max*)

Abstract

In a greenhouse experiment with soybeans, the effects of light intensity (shading) and lime treatments on the *Rhizobium*-legume symbiosis were studied.

Analysis of treatment effects on weight of nodule tissue produced per plant, showed that the total nodule weight increased with increasing light intensity in the treatments receiving lime and in treatments where lime was applied in form of seed pelleting.

Although increasing light intensity was correlated with increasing total nodule weight per plant, the nitrogen content per unit weight of nodules was greater in the shaded treatments.

The total amount of nitrogen fixed per plant was approximately proportional to total weight of nodule tissue. Multiple regression analysis of total nitrogen fixed per plant as a function of time and shading, showed effects due to light intensity only in those treatments that received lime applied to the soil or where lime was incorporated in the seed pellet. Thus, although the higher light intensities produced less efficient nodules this was more than compensated for by the beneficial effect of light intensity on total production of nodule tissue.

The methods used provide a better understanding of treatment effects on symbiosis than do simple evaluation of total nitrogen as a function of nodule weight or of age.