

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA TEMPERATURA DO SOLO NA FIXAÇÃO DO NITROGÊNIO EM FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*)¹

AGENOR GUSS² e JOHANNA DÖBEREINER³

SINOPSE.— Foram feitos dois experimentos de vasos em casa de vegetação, um com areia e outro com solo da série Itaguaí (Podzólico vermelho-amarelo), com a finalidade de observar o efeito de doses moderadas de N mineral (23 ppm) aplicadas em diversas épocas e a interferência da temperatura do solo na nodulação e simbiose das estirpes de *Rhizobium phaseoli* com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

A aplicação de 23 ppm de N no plantio ou 20 dias após, em vasos com areia, evitou a fase crítica de deficiência de N, aumentando número e peso dos nódulos e o desenvolvimento das plantas. No solo, esta dosagem de N não afetou a nodulação nem o peso das plantas. A dosagem dupla, 46 ppm, aumentou o desenvolvimento das plantas, principalmente nos tratamentos quentes. Nos vasos "frios" algumas estirpes fixaram N equivalente à adubação mineral com 46 ppm.

Temperaturas máximas diurnas acima de 32°C prejudicaram seriamente a eficiência nodular, o que foi compensado, por algumas estirpes, pelo aumento do número e peso dos nódulos.

Nestes experimentos, devido às variações na eficiência nodular, a correlação entre peso dos nódulos e N total fixado foi muito baixa (Exp. 1: Testemunhas, $r = 0,45$ e plantas adubadas com 23 ppm de N, $r = 0,60^{**}$; Exp. 2: Testemunha, $r = 0,41$ e plantas adubadas com 23 ppm de N, $r = 0,23$).

INTRODUÇÃO

Vários trabalhos foram feitos no sentido de verificar qual o efeito e a melhor época de aplicação do nitrogênio mineral em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), quando inoculado.

Miyasaka *et al.* 1963 observaram que a aplicação do N no plantio proporcionou maior produção de grãos. No entanto, apresentou-se-lhes desfavorável a aplicação aos 42 dias após a germinação. Verificaram, também, que os tratamentos sem N mineral apresentaram melhor nodulação que aqueles adubados no plantio ou 22 dias após; contudo, esta última aplicação apresentou-se desfavorável à nodulação em relação àquela feita no plantio.

Inúmeros autores, estudando o efeito do N mineral na nodulação das leguminosas, demonstraram que uma eficiência simbiótica máxima está associada com o desenvolvimento em meio deficiente de N (Fred *et al.* 1932, Wilson 1940, Nutman 1956, Van Schreven 1958). Altos níveis de N mineral reduzem o número de nódulos, e inibem seu desenvolvimento e a fixação simbiótica (Allos & Bartholomew 1955). Por outro lado, foi observado um estímulo no desenvolvimento simbiótico pela adição de pequenas quantidades de N (Giobel 1926, Fred & Wilson 1934, MacCownell & Bond 1957). Pate e Dart (1961) observaram que o plantio no verão, em presença de baixos níveis de $(NH_4)_2SO_4$, foi favorável à nodulação, principalmente das raízes primárias. Constataram ainda que pequenas quantidades de N mineral (2,5 mg de N/planta) favoreceram a fixação simbiótica

pelo *Rhizobium*, mas, à medida que aquelas quantidades aumentaram, a fixação foi diminuída. Foi verificada também, por Pate e Dart (1961), que uma aplicação de N, aos 10 dias após a sementeira, em *Medicago tribuloides* Desr, proporcionou uma fixação máxima de N, maior produção de tecido nodular e maior eficiência dos nódulos. No entanto, foi desfavorável a todos estes aspectos a aplicação do N mineral aos 4 dias após a sementeira.

Em estudos relativos à influência da temperatura, nada encontramos em relação ao feijão. Na *Centrosema pubescens* a temperatura do solo, quando superior a 30°C, prejudicou a nodulação e fixação simbiótica do N (Döbereiner & Aronovich 1965). Ferrari *et al.* (1967) observaram uma interação altamente significativa entre doses de N mineral e temperatura, em soja perene (*Glycine javanica* L.). Verificaram que enquanto as plantas adubadas com N foram estimuladas no seu desenvolvimento pelo aumento da temperatura do solo, nos vasos sem N a nodulação, o teor de nitrogênio e o N total das plantas foram prejudicados por temperaturas máximas diurnas do solo, entre 35 e 40°C. Trabalhos de Gibson (1967) mostraram com trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum*), que a temperatura do solo a 30°C promove uma rápida iniciação da formação de nódulos (2-3 dias após a inoculação), sendo esta temperatura ideal para a infecção das raízes. Entretanto, acima de 30°C, o desenvolvimento do tecido meristemático dos nódulos, mas não das raízes, foi severamente prejudicado, enquanto a 22°C, o início da formação dos nódulos foi notadamente retardado.

¹ Recebido 1 abr. 1971, aceito 30 abr. 1971.

² Quartanista da Escola de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

³ Pesquisador em Agricultura do Setor de Solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul, Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26, e bolsista do CNPq.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram feitos dois experimentos, ambos em casa de vegetação, com a finalidade de se estudarem os efeitos do

N mineral, e de sua época de aplicação, na fixação simbiótica do N por estirpes de *Rhizobium phaseoli* em feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Experimento I

O plantio foi feito em 13.10.69 e a colheita de 1.^a, 2.^a e 3.^a repetições foi feita, respectivamente, em 22.11, 27.11 e 2.12.69. Foram usadas latas com areia esterilizada num delineamento fatorial 10×3 , com 3 repetições e os seguintes tratamentos:

- 10 estirpes de *Rhizobium phaseoli*;
- 3 fontes de nitrogênio: Testemunha; 20 ppm de N no plantio e 20 ppm de N 20 dias após o plantio.

Cada lata, com 2 plantas, recebeu uma adubação básica de 43,6 ppm de P, 50 pp de K e elementos menores, sendo aplicado 1 ml por kg de areia da seguinte solução:

Na ₂ MO O ₄ .2H ₂ O,	0,125 g
MgSO ₄ .7 ₂ O,	35,70 g
CuSO ₄ .5H ₂ O,	3,95 g
ZnSO ₄ .7H ₂ O,	2,25 g
H ₂ BO ₃ ,	0,25 g
FeSO ₄ .7H ₂ O,	5,00 g
ácido cítrico,	5,00 g
água,	250 ml.

Com 40, 45 e 50 dias após o plantio foram colhidas, respectivamente, a 1.^a, 2.^a e 3.^a repetição. Os nódulos foram destacados das raízes da planta após sua lavagem e ambos (planta e nódulos) foram submetidos à secagem a 65°C com ventilação até peso constante. Em seguida, foram separadas as impurezas dos nódulos, após o que, foram contados e pesados. As plantas, depois de pesadas, foram moídas, determinando-se a % de N pelo método de Kjeldahl, usando o HgO como catalizador.

Experimento II

O plantio foi feito em 12.2.70 e a colheita de cada repetição em 24.3 e 30.3.70. Este trabalho foi realizado em vasos com solo da série Itaguaí (Podzólico vermelho-amarelo), num fatorial $7 \times 4 \times 2$, com duas repetições e os seguintes tratamentos:

- 6 estirpes de *Rhizobium phaseoli* e 1 testemunha;
- 4 fontes de nitrogênio mineral:
 - a) Testemunha;
 - b) 20 ppm de N no plantio;
 - c) 20 ppm de N 20 dias após o plantio;
 - d) 20 ppm de N no plantio e mais 20 ppm, 20 dias após o plantio;
- 2 temperaturas: fria e quente.

A temperatura fria foi obtida mantendo-se os vasos com solo dentro de vasos de barro e o espaço entre eles preenchido com areia, que foi mantida constantemente úmida (Döbereiner & Pimenta 1964). A temperatura quente obteve-se deixando os vasos submetidos à temperatura reinante no interior da estufa. O solo utilizado apresentou pH 5,5. Como no experimento anterior, cada vaso recebeu 1 ml por kg de solo da solução anteriormente descrita, além de 43,6 ppm de P e 50 ppm de K.

A obtenção dos dados referentes à nodulação e teor de nitrogênio da planta, após sua colheita, foi idêntica àquela descrita para o experimento anterior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I

Tem-se notado em experimentos com feijão, em areia, que há um período inicial de desenvolvimento seriamente prejudicado pela falta de N, pois a reserva da semente se esgotou, sempre antes do início da fixação simbiótica. Tentando solucionar este problema, foram aplicadas doses moderadas de N mineral no plantio e 20 dias após, época em que, supostamente, se esgotaria aquela reserva da semente.

Verifica-se, pelos dados do Quadro 1 e sua análise estatística no Quadro 3, que, ao contrário do que se observou com dosagens mais elevadas (Ferrari *et al.* 1967, Allos & Bartholomew 1955), a aplicação de 23 ppm de N sob a forma de NH₄NO₃, na maioria dos tratamentos aumentou a nodulação. O efeito do N quando aplicado no plantio ou 20 dias após, parece ter sido semelhante. Explica-se este fato, aparentemente contraditório, por um desenvolvimento normal da planta até a iniciação dos nódulos proporcionado pela reserva da semente, juntamente com o N mineral fornecido no plantio. Quando aquele N foi aplicado 20 dias após o plantio, a reserva da semente supriu as necessidades até esta data. Portanto, nem o N da areia, na germinação, nem o aplicado 20 dias após prejudicou a iniciação dos nódulos e o seu desenvolvimento. As plantas testemunhas, por outro lado, após 20 dias tornaram-se amareladas, começando a perder as folhas e somente 30 dias após a inoculação começaram a recuperar-se através da fixação simbiótica do N pelo *Rhizobium*, mostrando seriamente prejudicadas no seu desenvolvimento vegetativo e, com algumas estirpes, também no desenvolvimento dos nódulos produzidos (F-300; F-304; F-310 e F-267).

O desenvolvimento inicial mais rápido das plantas supridas com aproximadamente 50 kg de N por ha (23 ppm) resultou, também em diferenças altamente significativas no peso das plantas e no N total incorporado. Observamos que, 40 dias após o semeio, quando foram colhidas as plantas da 1.^a repetição, as demais plantas continuaram seu desenvolvimento normal como também a formação de nódulos, promovendo uma fixação de N até os 50 dias, quando foi colhida a última repetição. Resultaram, deste fato, diferenças altamente significativas entre repetições, no peso das plantas, de nódulos e no N total incorporado, (Quadro 3), uma vez que as repetições foram colhidas em espaços sucessivos. Foi ainda, no peso e número de nódulos, altamente significativo o efeito das estirpes, e observamos que as estirpes F-56, F-403 e F-407 produziram número e peso de nódulos deficientes, independentemente da adubação nitrogenada.

Experimento II

Este trabalho foi realizado em vasos com solo da série Itaguaí (Podzólico vermelho-amarelo), para confirmar os resultados do Experimento I, num solo onde há disponibilidade de certa quantidade de N. Notamos, aqui, um comportamento diferente das estirpes em relação aos trabalhos feitos em areia. Enquanto que já houve um efeito altamente significativo do N mineral aplicado, indicando aumento do número de peso dos nódulos, aqui, no solo, este efeito não se fez ver, mantendo aparentemente constante o número e peso de nódulos em todos os tratamentos nitrogenados, como podemos observar nos dados do Quadro 2 e sua análise estatística no Quadro 4.

QUADRO 1. Diferenças entre estirpes de *R. phaseoli* com diferentes épocas de aplicação de N mineral (médias de 3 repetições)

Estirpe	Época de aplicação do N	Peso planta (g/vaso)		N%		N total (mg/vaso)		N.º nódulos (vaso)		Peso nódulos (mg/vaso)	
F-413	Testemunha	0,96		2,0		19,4		276,6		109,6	
	Plantio	2,10		2,2		45,5		270,0		178,6	
	20 dias	1,73		2,1		34,8		330,0		136,0	
F-300	Testemunha	0,81		2,3		21,3		270,0		112,0	
	Plantio	2,81		2,0		57,4		283,3		186,0	
	20 dias	1,66		2,2		35,8		278,3		164,0	
F-310	Testemunha	0,78		1,7		13,6		983,3		180,3	
	Plantio	2,55		2,3		62,6		423,3		250,0	
	20 dias	1,73		1,9		36,1		526,6		277,0	
F-301	Testemunha	0,95		2,2		21,1		305,0		149,0	
	Plantio	2,43		2,3		57,7		338,6		252,6	
	20 dias	1,70		1,9		31,6		271,6		155,0	
F-304	Testemunha	0,73		2,5		18,3		365,0		143,3	
	Plantio	2,22		2,7		69,6		406,0		307,0	
	20 dias	2,53		2,7		69,6		418,3		333,3	
F-56	Testemunha	1,41		1,6		23,9		74,3		29,6	
	Plantio	2,18		1,3		38,4		67,6		49,6	
	20 dias	2,10		1,5		31,9		1,0		0,7	
F-33	Testemunha	0,75		1,4		11,1		31,6		16,6	
	Plantio	1,91		1,3		25,2		243,3		134,3	
	20 dias	2,00		1,6		32,1		376,0		194,0	
F-267	Testemunha	0,73		1,5		11,6		63,3		32,6	
	Plantio	2,46		1,9		46,2		173,3		152,0	
	20 dias	2,00		1,8		36,2		205,0		146,0	
F-207	Testemunha	0,73		1,4		10,1		36,6		15,5	
	Plantio	3,18		2,4		75,7		196,6		206,6	
	20 dias	1,80		2,4		45,5		32,6		27,6	
F-403	Testemunha	0,76		1,6		13,1		4,0		19,6	
	Plantio	2,15		1,2		25,5		0,0		0,0	
	20 dias	2,36		2,0		47,8		106,0		130,0	

QUADRO 2. Diferenças entre estirpes de *R. Phaseoli* com diferentes épocas de aplicação de N mineral e diferentes temperaturas do solo (médias de 2 repetições)

Estirpe	Época de aplicação do N	Peso das plantas (g/vaso)		N %		N total (mg/vaso)		N.º nód./vaso		Peso nódulos (mg/vaso)	
		Frio	Quente	Frio	Quente	Frio	Quente	Frio	Quente	Frio	Quente
F-267	Test.	4,85	2,60	2,28	1,75	108,6	47,8	255	177	393	142
	Plantio	5,50	3,85	1,57	1,83	94,0	72,6	246	134	328	187
	20 dias	6,05	4,00	1,79	1,29	119,5	48,7	135	265	210	101
	Plant. e 20 dias	7,40	7,20	1,66	1,29	120,3	92,5	206	188	231	306
F-300	Test.	7,20	7,10	1,85	1,70	129,9	116,6	181	437	134	339
	Plantio	9,15	6,50	1,86	1,77	170,5	115,9	312	582	251	491
	20 dias	7,60	6,15	2,16	1,98	109,3	122,8	250	605	230	464
	Plant. e 20 dias	8,70	8,05	1,68	1,68	149,0	132,7	374	625	247	528
F-301	Test.	7,20	4,55	1,99	1,66	142,3	77,1	245	695	200	368
	Plantio	9,75	5,30	1,49	1,98	148,0	105,3	685	257	422	199
	20 dias	7,85	6,35	1,74	1,57	139,6	99,6	466	620	272	392
	Plant. e 20 dias	9,45	9,15	1,55	1,49	146,4	137,2	240	540	173	384
F-304	Test.	7,95	7,20	1,55	2,04	119,2	149,9	393	530	458	510
	Plantio	8,15	6,90	1,73	1,73	159,2	121,3	347	605	398	637
	20 dias	7,90	7,80	1,63	1,87	130,0	145,6	342	460	232	448
	Plant. e 20 dias	10,30	8,95	1,68	1,37	174,7	122,6	212	475	200	483
F-310	Test.	6,85	4,65	2,36	1,75	163,8	88,3	295	671	287	536
	Plantio	6,15	5,80	1,64	1,52	101,7	87,8	378	620	380	430
	20 dias	8,10	6,15	1,59	1,31	128,8	81,8	770	460	545	344
	Plant. e 20 dias	8,40	6,75	1,77	1,13	150,3	74,7	378	310	317	233
F-413	Test.	2,80	1,70	1,90	1,53	52,7	24,3	150	78	252	116
	Plantio	6,60	4,50	1,74	1,94	98,2	88,1	310	205	396	328
	20 dias	8,25	4,40	1,66	1,37	136,9	60,2	220	273	240	191
	Plant. e 20 dias	11,10	8,55	1,77	1,49	198,0	130,5	342	315	422	339
Test.	Test.	6,50	4,15	2,20	1,83	143,0	76,5	271	167	451	224
	Plantio	8,15	5,95	2,07	1,64	160,9	99,9	260	382	382	445
	20 dias	7,60	6,05	2,07	1,50	158,6	90,6	200	355	274	408
	Plant. e 20 dias	9,45	8,30	1,68	1,31	168,6	110,4	232	195	337	348

QUADRO 3. Análise de variância dos resultados apresentados no Quadro 1 (Valores de F)

Fontes de variação	GL	N.º nód.	Pêso nód.	Pêso planta	N %	N total
Repetição	2	1,54	5,57**	12,64**	1,33	9,40**
Estirpe	9	11,91**	9,34**	1,43	5,71**	3,26**
Doses de N	2	3,38*	15,09**	81,07**	2,18	41,80**
Est. x Doses N	18	—	—	1,38	1,63	2,09*

QUADRO 4. Análise de variância dos resultados apresentados no Quadro 2 (Valores de F)

Fontes de variação	GL	N.º nód.	Pêso nód.	Pêso planta	N %	N total de planta
Repetição	1	—	—	18,78**	—	9,18**
Estirpe	8	7,00**	2,36*	11,50**	—	5,78**
Nitrogênio	3	1,07	1,11	33,89**	5,78**	4,84**
Temperatura	1	6,90**	3,12	49,17**	10,45**	45,15**
Est. x N	18	—	—	2,21*	—	1,37
Est. x T	6	1,78	3,32**	2,04	1,54	1,64
N x T	3	—	—	—	1,64	—

O efeito do nitrogênio, entretanto, foi altamente significativo no pêso e N total das plantas, indicando que a simbiose, em grande parte dos tratamentos, não foi capaz de suprir as necessidades de N das plantas. Este efeito do N dependeu, entretanto, do inoculante e foi observada uma interação significativa entre estirpes e doses de N aplicado, no pêso das plantas. Esta interação

pode ser interpretada pelo fato de as plantas inoculadas com as estirpes F-267 e F-413, quando adubadas com duas doses de N, mostrarem seu desenvolvimento 3 vezes maior que aquelas sem N mineral. Com as estirpes F-300, F-301 e F-304, entretanto, o desenvolvimento das plantas sem aplicação de N foi pouco menor que o daquelas que receberam dose máxima e equivalente com a aplicação de 23 ppm de N no plantio.

Na Fig. 1, são apresentadas as temperaturas medidas diariamente às 14 horas. Observa-se que houve um aumento acentuado na temperatura ambiente durante o mês de abril. Diferenças visíveis da temperatura do solo foram obtidas nos tratamentos frio e quente, atingindo entre uma e outra 5°C. Nos vasos frios a temperatura apenas 1 dia chegou a 32°C, enquanto que nos vasos quentes, em 20 dias, essa temperatura foi ultrapassada. Em trabalhos anteriores, com outras culturas (Galletti *et al.* 1969, Ferrari *et al.* 1967), já se observaram efeitos pronunciados da temperatura do solo nessa faixa, que agiram sobre a simbiose mas não sobre o desenvolvimento das plantas alimentadas com N mineral. No presente experimento, com feijão, nota-se tendência semelhante, apesar de não ser significativa a interação dose de N x temperatura do solo. O efeito da temperatura foi altamente significativo no pêso das plantas. Da mesma forma, nota-se uma redução no teor de N das plantas tanto nas supridas como nitrogênio mineral como, principalmente, nas que ficaram dependendo da fixação simbiótica.

Comparando-se o N recuperado nas plantas com o colocado, verifica-se que quantidades consideráveis devem ter sido fixadas mesmo nos vasos com 100 mg de

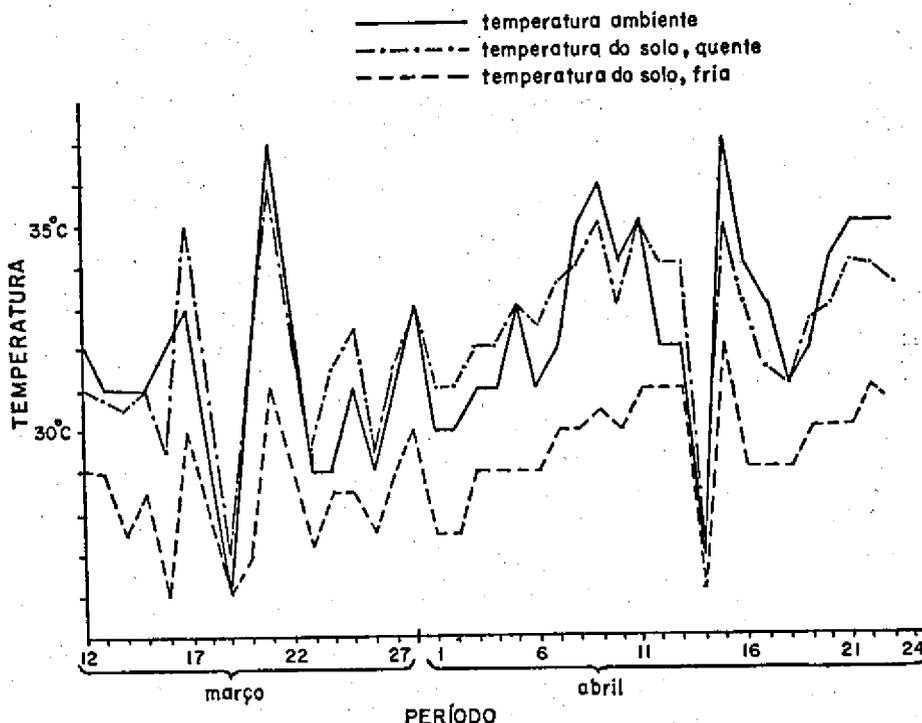


FIG. 1. Curvas de temperatura do solo no interior dos vasos e temperatura ambiente, na estufa, durante o período de 12.3 a 24.4.70, do Experimento II.

N. Todas as estirpes, com exceção da F-413, na temperatura fria, forneceram N às plantas em quantidades equivalentes à aplicação daquela dose dupla.

Se compararmos o N colocado com o total recuperado na Fig. 2, onde são apresentados em média de todas as estirpes, verificamos que, à medida que aumentou o N mineral colocado, diminuiu o N fixado. Nessa Fig. não foi considerado o N proveniente do solo, mesmo porque seria constante para todos os tratamentos. Estes dados demonstraram que dando condições adequadas ao feijoeiro, a simbiose com estirpes selecionadas seria capaz de fornecer o N necessário ao desenvolvimento da planta, dispensando adubação nitrogenada.

Como já foi citado acima, a estirpe F-413 foi a menos eficaz, demonstrando menos N total nos vasos sem adubação nitrogenada. Esta estirpe, em vasos Leonard, tem sido uma das melhores, ficando com isto evidenciada a necessidade de confirmação das estirpes selecionadas em solo. Neste solo a estirpe F-413 competiu com *Rhizobium* do solo, resultando em fixação abaixo da das testemunhas sem inoculação.

Além das observações acima, sobre o desenvolvimento das plantas, notam-se, no Quadro 4, diferenças significativas entre estirpes no número e peso de nódulos. O efeito simples da temperatura foi significativo apenas no número de nódulos. Verificamos, em linhas gerais, um au-

mento do número de nódulos, com temperaturas mais quentes. No peso dos nódulos, o efeito da temperatura variou com as estirpes, o que foi comprovado pela significância da interação Estirpe \times temperatura. Um aumento da temperatura favoreceu a nodulação nas estirpes F-300, F-301 e F-310, enquanto que nas F-267 e F-413 a nodulação diminuiu nos vasos mais quentes. Diferenças na nodulação entre variedades de *Stylosanthes gracilis* e *Pueraria javanica*, em relação à reação à temperatura excessiva do solo, foram observados por Souto *et al.* (1969).

Se compararmos o efeito da temperatura do solo na nodulação com o no N₂ fixado, observamos que, mesmo as estirpes que conseguiram aumentar a nodulação com aumento de temperatura, não conseguiram fixar quantidades equivalentes àquelas fixadas em temperaturas frias, fazendo exceção a estirpe F-304 que quase dobrou seu peso de nódulos nos vasos quentes e com isto conseguiu fixação equivalente. Esta maior necessidade de tecido nodular para fixar quantidades equivalentes de N₂ implica numa redução da eficiência nodular pelo calor. Galletti *et al.* (1969) observaram, em experimentos com soja (*Glycine max* (L.) Merrill), onde foi avaliada a eficiência nodular pela regressão do N total sobre o peso dos nódulos, fenômeno semelhante.

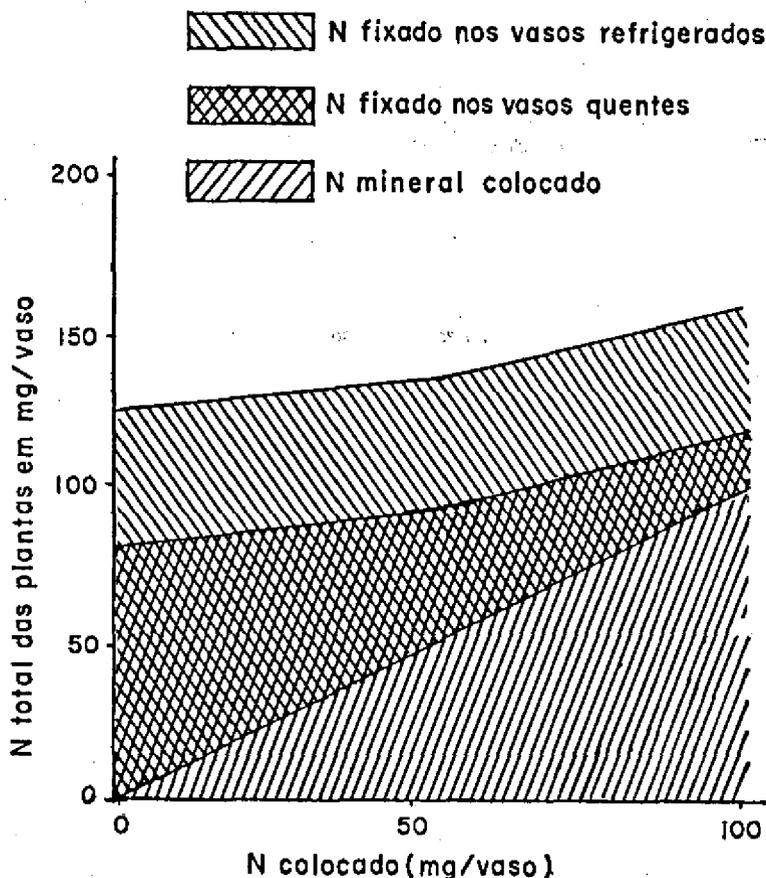


FIG. 2. N total fixado pelas estirpes, em relação ao N mineral colocado, em duas temperaturas do solo (médias de 4 repetições).

No presente experimento, tentativas de correlacionar o N total incorporado com o peso dos nódulos foram dificultadas pela variação da eficiência nodular com uma série de fatores. A correlação foi muito baixa obtendo-se, coeficientes de $r = 0,45$ e $r = 0,60^{**}$ no primeiro experimento e de $r = 0,41$ e $r = 0,23$ no segundo experimento, respectivamente para testemunhas e plantas adubadas com 23 ppm de N.

Tal instabilidade da eficiência nodular em feijão foi observada, anteriormente, em um de dois experimentos de casa de vegetação, tendo sido o coeficiente de correlação $r = 0,41$, enquanto que no outro aquele coeficiente foi $0,90^{**}$. Não foi encontrada, por nós, uma explicação plausível para a diferença entre estes 2 experimentos (dados não publicados, dos Autores).

Dificuldades semelhantes foram encontradas em *Stylosanthes gracilis* (Souto et al. 1970), enquanto que na soja e em 8 leguminosas forrageiras tropicais foi encontrada correlação altamente significativa do N total sobre o peso dos nódulos, em quase todos os experimentos. A falta de tal correlação em feijão, talvez pudesse ser devida à ocorrência, bastante frequente, de nódulos brancos, completamente ineficientes e raramente observados em grande número, nas forrageiras tropicais ou na soja.

REFERÊNCIAS

- Allos, H.F. & Bartholomew, W.V. 1955. Effect of available nitrogen on symbiotic fixation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19: 182-184. (Citado por Pate & Dart 1961)
- Döbereiner, J. & Aronovich, S. 1965. Efeito da calagem e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio da *Centrosema pubescens* Benth. em solo com toxidez de manganês. Anais IV Congr. int. Pastagens, S. Paulo, p. 1121-1124.
- Döbereiner, J. & Pimenta, T.G. 1964. A simple method to lower the soil temperature in greenhouse experiments. Soil Biol. Inst. News Bull. 2:30-33.
- Ferrari, E., Souto, S.M., Döbereiner, J. 1967. Efeito da temperatura do solo na nodulação e desenvolvimento de soja perene (*Glycine javanica* L.). Pesq. agropec. bras. 3:201-205.
- Fred, E.B., Baldwin, I.L. & MacCoy, E. 1932. Root nodule bacteria and leguminous plants. Univ. Wisconsin Press, Madison. (Citado por Pate & Dart 1961)
- Fred, E.B. & Wilson, P.W. 1934. On photosynthesis and free nitrogen assimilation by leguminous plants. Natn. Acad. Sci. Proc. 20:403-409. (Citado por Pate & Dart 1961)
- Galletti, P., Franco, A.A., Azevedo, A., Döbereiner, J. 1969. Efeito da temperatura do solo na simbiose da soja anual. XII Congr. Cinc. Solo, Curitiba.
- Gibson, A.H. 1967. Physical environment and symbiotic nitrogen fixation. 4. Factors affecting the early stages of nodulation. Aust. J. Biol. Sci. 20:1087-1104.
- Giobel, G. 1926. The relation of the soil nitrogen to nodule development and fixation of nitrogen by certain legumes. New Jersey Agric. Exp. Bull. 436. 123 p. (Citado por Pate & Dart 1961)
- MacCownell, J.T. & Bond, C.A. 1957. A comparison of the effects of combined nitrogen on nodulation in non-legumes and legumes. Plant and Soil 8:378-388. (Citado por Pate & Dart 1961)
- Miyasaka, S., Freise, E.S. & Mascarenhas, H.S. 1963. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. Bragantia 22:511-519.
- Nutman, P.S. 1956. The influence of the legumes in the root nodule symbiosis. Biol. Rev. 31:109-151. (Citado por Pate & Dart 1961)
- Pate, J.S. & Dart, P.J. 1961. The influence of inoculum strain and time of application of ammonium nitrate on symbiotic response. Plant and Soil 15:329-345.
- Souto, S.M. & Döbereiner, J. 1969. Efeito da temperatura do solo na fixação de N em alfafa do Nordeste (*Stylosanthes gracilis* HBK) e Kudzu tropical (*Pueraria javanica* (Roxb.) Benth.). XII Congr. bras. Ciênc. Solo, Curitiba.
- Souto, S.M., Cóser, A.C. & Döbereiner, J. 1970. Especificidade de uma variedade de alfafa do Nordeste (*Stylosanthes gracilis* HBK) na simbiose com *Rhizobium* sp. V Reun. lat-amer. *Rhizobium*, Rio de Janeiro.
- Van Schreven, D.A. 1958. Some factors affecting the uptake of nitrogen by legumes. Proc. 5th Easter School Agric. Sci. Univ. Nottingham. Butherworths Scientific Publications, London, p. 137-163. (Citado por Pate & Dart 1961)
- Wilson, P.W. 1940. The biochemistry of symbiotic nitrogen fixation. Univ. Wisconsin Press, Madison. (Citado por Pate & Dart 1961)

ABSTRACT.- Guss, A. & Döbereiner, I. 1972. Effects of mineral nitrogen and soil temperature on nitrogen fixation of field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., 7:87-92. (Inst. Pesq. Agropec. Centro-Sul, Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Brazil)

In two greenhouse experiments, one in sterilized Leonard jars with sand and one in pots with a Red-Yellow Podzolic soil, the effects on nodulation and nitrogen fixation of low mineral nitrogen applications, were studied at two soil temperatures in field beans.

Application of 23 ppm of N at planting and 20 days after, in Leonard jars avoided the hunger stage after the seed reserve had been exhausted. Due to much faster initial plant growth, nodule numbers and nodule weight increased with mineral nitrogen. The same amount of N applied to soil did not affect nodulation or plant growth. Twice the amount of mineral N (46 ppm) increased plant growth, especially at the higher soil temperatures. In the cooled post some of the strains fixed nitrogen equivalent to the mineral N application of 46 ppm (92 kg/ha).

Soil temperatures above 32°C (daily maxima) decreased nodule efficiency, but some strains were able to compensate by an increase in nodule number and size at the higher soil temperature.