

Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Brasil

Campanharo, Marcela; Lira Junior, Mario A.; Nascimento, Clístenes W. A.; Stamford, Newton P.;  
Freire, Fernando J.; Costa, José V. T. da  
Acidez do solo na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum  
Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 5, núm. 3, julio-septiembre, 2010, pp. 285-290  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119016971001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.3, p.285-290, jul.-set., 2010

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI: 10.5239/agraria.v5i3a436

Protocolo 436 - 31/07/2008 • Aprovado em 06/04/2010

Marcela Campanharo<sup>1</sup>

Mario A. Lira Junior<sup>2,4</sup>

Clístenes W. A. Nascimento<sup>2,4</sup>

Newton P. Stamford<sup>2,4</sup>

Fernando J. Freire<sup>2,4</sup>

José V. T. da Costa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), Av. Vitória, n.2045, Bairro: Nazareth, CEP 29.041-230, Vitória-ES, Brasil. Fone: (27) 3222-6883. Fax: (27) 3222-6456. E-mail: marcelacampanharo@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil. Fone: (81) 3320-6220. Fax: (81) 3320-6242. E-mail: mario.lira@depa.ufrpe.br; cwanascimento@yahoo.com; newtonps@depa.ufrpe.br; f.freire@depa.ufrpe.br

<sup>3</sup> Usina Coruripe Açúcar e Alcool – Matriz, Vila da Administração, apto 107, Povoado de Camaçari, Zona Rural, CEP 57230-000, Coruripe-AL, Brasil. Fone: (82) 3217-2914. Fax: (82) 3217-2871. E-mail: jose.costa@usinacoruripe.com.br

<sup>4</sup> Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

# Acidez do solo na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum

## RESUMO

Este experimento procurou avaliar a resposta do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a diferentes pHs do solo na presença e ausência de inoculação. Três gramas de inoculante turfoso com  $10^7$  células viáveis de *Rhizobium tropici* II B estirpe CIAT 899 foram misturados com 5 kg de amostras de solo em sacos plásticos e incubados por 30 dias. Parte das amostras inoculadas foi umedecida, enquanto outra parte recebeu  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgO}$  para aumentar o pH a 5 e 5,5, e uma terceira parte recebeu ácido acético para reduzir o pH do solo a 4,0. Antes da semeadura, as sementes foram desinfetadas e uma parte inoculada com 1 mL de cultura líquida de *R. tropici* II B CIAT 899  $10^7$  UFC  $\text{mL}^{-1}$  por semente, enquanto o remanescente não foi inoculado novamente. As características químicas do solo foram determinadas a cada vaso antes da semeadura e a matéria seca da parte aérea, sistema radicular e nódulos, N total, número e tamanho de nódulos, aos 21 dias após semeadura. Foram efetuadas correlações lineares para características de solo, planta e nodulação a cada data de colheita. O efeito do baixo pH do solo é maior nas plantas de feijão em seus estádios iniciais de crescimento, enquanto a estirpe rizobiana inoculada no solo sobrevive, nodula o feijoeiro e apresenta simbiose efetiva, como indicado pela concentração de N na planta.

**Palavras-chave:** Latossolo Amarelo, nodulação, *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizobium tropici*

## Soil acidity on nitrogen fixation in common beans

## ABSTRACT

This experiment aimed to evaluate common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) response to different soil pH levels in the presence and absence of inoculation. Three grams of peat based inoculant with  $10^7$  viable cells  $\text{g}^{-1}$  of *Rhizobium tropici* II B strain CIAT 899 were mixed with 5 kg soil samples in plastic bags and incubated for 30 days. Part of the inoculated samples was humidified, another part received  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{MgO}$  to increase pH to 5.0 and 5.5 and a third part received acetic acid to decrease soil pH to 4.0. Before sowing, seeds were disinfected and (a) part of them was inoculated with 1 mL per seed of liquid culture of *R. tropici* II B CIAT 899  $10^7$  UFC  $\text{mL}^{-1}$ , while the remainder was not inoculated again. Chemical fertility characteristics were determined at each experimental unit before sowing as well as shoot, root system and nodules dry matters, total N, nodule number and size at 21 days after sowing. Linear correlation analyses were done for soil plant and nodulation characteristics at each harvest time. Low soil pH affects more bean plant in the initial growth stages, while the soil-inoculated rhizobium strain survives, nodule beans and shows effective symbiosis, as indicated by plant N contents.

**Key words:** Yellow Latossol, nodulation, *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizobium tropici*

## INTRODUÇÃO

As leguminosas constituem uma das mais importantes famílias de plantas para a agricultura, sendo uma das principais fontes de alimento para consumo humano, em especial nas zonas tropicais em desenvolvimento (Graham & Vance, 2000).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo a região Nordeste responsável por 31% da produção brasileira (Agrianual, 2007). No entanto, esta cultura apresenta sensibilidade às condições de acidez da maioria dos solos brasileiros (Hungria & Vargas, 2000). Em consequência dessa acidez, há limitação na disponibilidade de nutrientes e/ou toxidez de Al e Mn (Miguel & Moreira, 2001). Em pH do solo menor que 5,5, observa-se a presença de Al que dificulta a absorção e o transporte de nutrientes, especialmente P, K, Ca e Mg às plantas. O pH do solo ideal para o feijoeiro varia de 5,5 a 6,8, portanto, a calagem é uma prática indispensável para viabilizar o cultivo dessa leguminosa em solos ácidos (Barbosa Filho & Silva, 2000; Hungria & Vargas, 2000).

Solos ácidos também afetam a microbiota do solo, em especial os microrganismos diazotróficos, pois limitam sua sobrevivência, persistência e multiplicação, com conseqüente redução na fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Slattery et al., 2001; Macció et al., 2002; Bala et al., 2003). As bactérias diazotróficas enfrentam dificuldades em sobreviver e se desenvolver em solos ácidos, especialmente pela incapacidade em manter o pH intracelular, a fim de proteger os componentes internos das células (Macció et al., 2002).

Devido à grande importância e sensibilidade da interação, é de fundamental importância entender os efeitos do meio ambiente sobre os nódulos (Date, 2000; Hungria et al., 2003). Bala et al. (2003) encontraram correlação altamente significativa entre a nodulação de leguminosas arbóreas e pH do solo, quantidade de argila e acidez do solo, porém fraca correlação com bases trocáveis e N total. Dentre as características do solo estudadas por esses pesquisadores e que foram significativamente correlacionadas com o número de rizóbios, somente a acidez e a quantidade de areia apresentaram correlação negativa com nodulação.

Diante da constatação dos efeitos deletérios do baixo pH do solo sobre a eficiência da nodulação, o presente trabalho objetivou avaliar a acidez do solo na fixação de nitrogênio em feijoeiro comum (*P.z vulgaris*).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE), com temperatura oscilando entre 25 e 37°C e umidade relativa do ar, entre 40 e 80%.

O solo utilizado foi um Latossolo Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura média, coletado na profundidade de 0 a 20 cm (Tabela 1).

Amostras de 5 kg do solo foram acondicionadas em sacos plásticos, aos quais foram adicionados e misturados 3 g de inoculante turfoso contendo  $10^7$  células viáveis  $g^{-1}$  da estirpe CIAT 899 *Rhizobium tropici* II B. As amostras foram incubadas durante 30 dias para em seguida serem transferidas para vasos plásticos medindo 28 cm de altura, 20 cm de largura e 7 cm de profundidade, perfurados no fundo para permitir drenagem, e forrados com espuma (D-23) medindo 20x7x1cm, tanto na parte inferior, quanto na parte superior do vaso (Costa et al., 2007). Foram utilizados 96 vasos, envolvidos com lona plástica dupla face para impedir a proliferação de algas. Desse total, 48 vasos tiveram o pH corrigido pela adição de doses de  $CaCO_3$  e MgO na relação (3:1). A dose de corretivo visando alcançar pH 5 foi 7,63g de  $CaCO_3$  e 2,54g de MgO e visando alcançar pH 5,5 foi 8,4g de  $CaCO_3$  e 2,8g de MgO. Outras 24 amostras receberam 200 mL de ácido acético glacial para acidificação até pH 4,0. As 24 amostras restantes foram mantidas com pH original, sendo apenas umedecidas com água destilada (Tabela 2). Logo após as amostras receberem as doses de  $CaCO_3$  e de MgO, de ácido acético ou somente água, foram aplicadas 3g de inoculante turfoso com  $10^7$  células viáveis  $g^{-1}$  da estirpe CIAT 899 *R. tropici* II B em cada amostra. Essas amostras ficaram incubando durante 30 dias, sendo umedecidas com água destilada e revolvidas diariamente. No momento da semeadura 48 amostras (12 de cada grupo de pH - 4,0; 4,5; 5,0 e 5,5) receberam reinoculação, 1 mL de inoculante líquido com  $10^7$  células viáveis  $g^{-1}$  da estirpe CIAT 899 *R. tropici* II B em cada semente.

A espécie utilizada no estudo foi o feijoeiro (*P. vulgaris* L.) cv Princesa (Miranda et al., 2002). As sementes foram desinfetadas superficialmente (Montealegre et al., 1995) e em cada vaso foram colocadas duas sementes que foram inoculadas com 1 mL semente<sup>-1</sup> da estirpe supracitada contendo  $10^7$  UFC mL<sup>-1</sup>. Sete dias após a germinação foi mantida apenas uma planta por vaso.

O experimento foi conduzido utilizando o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 5 kg de solo e uma planta.

Foram realizadas irrigações com solução nutritiva de Hoagland e Arnon sem nitrogênio, diluída dez vezes em água, duas vezes ao dia. Aos 21 dias foram determinados: número e tamanho (área, comprimento e diâmetro) dos nódulos e da área foliar (Costa et al., 2007), matéria fresca e seca dos nódulos, número de folhas, altura da planta, matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz.

Para obtenção da matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e dos nódulos, estas partes foram separadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65°C por 72 horas. Determinou-se, também, o N total da parte aérea (g  $kg^{-1}$ ) pelo método de Kjeldahl (Bremner, 1965).

Para a análise estatística dos dados obtidos, foi utilizado o "Guided Data Analysis Procedure" do SAS visando a determinação de eventuais "outliers" e transformações requeridas, seguido pelo uso do GLM Procedure, também do SAS.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do Latossolo Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura média. Recife - PE, 2005**Table 1.** Chemical and physical characteristics of medium textured Haplustox. Recife - PE, 2005

Características Químicas	pH <sup>1</sup>	P	K	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	MO
	-	-----	mg dm <sup>-3</sup>	-----	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----		g kg <sup>-1</sup>
	4,45	0,16	0,16	0,07	3,16	1,06	1,17	6,75	18,47
Características Físicas	Areia <sup>2</sup>	Silte	Argila	ϕm	AD	CA	DS	DP	PO
	-----	g kg <sup>-1</sup>	-----	-	-	-	-	-	%
	668	70	262	0	8,3	3,8	1,6	2,6	37

<sup>1</sup>pH - pH do solo; P - Fósforo disponível; K<sup>+</sup> - Potássio trocável; Na<sup>+</sup> - Sódio trocável; Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> - Soma de cálcio e magnésio trocáveis; Ca<sup>2+</sup> - Magnésio trocável; Al<sup>3+</sup> - Alumínio; H+Al<sup>3+</sup> - Hidrogênio e Alumínio; MO - Matéria orgânica

<sup>2</sup>Quantidades de areia, silte e argila: água disponível na base de matéria (ϕm); água disponível na base de volume (ϕv (AD); capacidade de aeração (CA); densidade do solo (DS), densidade da partícula (DP) e porosidade (PO)

**Tabela 2.** Valores médios de diferentes características do solo em função dos níveis de pH desejado em um Latossolo Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura média. Valores após ± indicam o intervalo de confiança ao nível de 5 % de probabilidade**Table 2.** Mean values of different soil characteristics in function of desired pH levels in an Haplustox, medium textured. Values following ± indicate 5 % probability confidence intervals

	4,00	4,50	5,00	5,50
pH <sup>1</sup>	4,05±0,03	4,45±0,11	5,15±0,15	5,48±0,41
MO g kg <sup>-1</sup>	9,67±0,5	18,47±0,31	17,81±0,2	17,37±0,3
Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	10,31±0,45	1,17±0,09	0,28±0,09	0,39±0,75
H+ Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	10,36±0,13	6,75±0,19	5,35±0,28	4,37±0,16
Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,16±0,24	1,13±0,08	2,58±0,36	2,95±0,28
Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,06±0,21	0,62±0,15	1,19±0,17	1,14±0,14
Ca + Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,23±0,24	1,75±0,12	3,77±0,48	4,09±0,36
K mg dm <sup>-3</sup>	0,16±0,01	0,16±0,02	0,24±0,04	0,38±0,27
Na mg dm <sup>-3</sup>	0,07±0,01	0,06±0,01	0,07±0,01	0,79±1,39
P mg dm <sup>-3</sup>	0,16±0,02	13,07±0,99	15,98±2,75	15,58±2,12

<sup>1</sup>pH - pH do solo em água (1: 2,5); MO - Matéria Orgânica; Al - Alumínio; H+Al - Hidrogênio e Alumínio; Ca - Cálcio trocável; Mg - Magnésio trocável; Ca + Mg - Soma de Cálcio e Magnésio trocáveis; K - Potássio trocável; Na - Sódio trocável; P - Fósforo disponível (Embrapa, 1997).

A normalidade dos dados e a homogeneidade da variância foram testadas, e como os pré-requisitos da análise de variância não foram atendidos (homocedasticidade, dados normalmente distribuídos e independência de erro), não sendo possível correção adequada, a análise inicial dos resultados indicou que não seria viável utilizar o procedimento de análise de variância para sua interpretação. Desta forma, foram realizadas correlações lineares entre as diferentes variáveis do solo e características da planta e da nodulação, para permitir a identificação das características da acidez do solo que mais afetaram as plantas de feijão. Foi adotado o nível de significância de 5% pelo teste t de Student para a correlação linear de Pearson, sendo considerada a existência de tendência para probabilidades superiores a 5 e inferiores a 15%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento do pH e a diminuição da concentração de Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> do solo proporcionaram aumentos na área foliar, matéria seca da parte aérea, comprimento de raiz e N total, conforme indicado pelas correlações significativas entre estas

características. Além disso, a redução do Al<sup>3+</sup> e do H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> influenciou positivamente a matéria seca da raiz e o H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> tendeu a influenciar o número de nódulos e a matéria seca dos nódulos (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Dal Bó et al. (1986) no que se refere aos aumentos da matéria seca da parte aérea e da raiz das plantas, proporcionados pela calagem. Estes resultados corroboram os encontrados por Scholles et al. (1981), que afirmam que a aplicação de calcário resultou em incrementos significativos no rendimento de matéria seca de leguminosas forrageiras e refletiu uma simbiose mais eficiente. Ribeiro Júnior et al. (1987) estudando os efeitos de pH do solo de 4,5; 4,9 e 5,4, na eficiência e competitividade de estirpes de *Bradyrhizobium* spp para *Enterolobium contortisiliquum* em latossolo ácido, afirmaram que a calagem afetou tanto o número quanto a matéria seca de nódulos, porém não interferiu no funcionamento dos nódulos.

O carbono orgânico (CO) influenciou positivamente a área foliar, matéria seca da parte aérea, crescimento da raiz e tendeu a influenciar a matéria seca de raiz e o N total (Tabela 3). Isso aconteceu por que o aumento do pH promove melhoria das características do solo e possibilita maior ação de microrganismos decompositores e maior liberação de nutrientes contidos na matéria orgânica.

**Tabela 3.** Valores para correlação linear e respectivas probabilidades das características da planta e da nodulação em relação a características de um Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado, textura média, com pH variando de 4,0 a 5,5, avaliadas aos 21 dias após a semeadura. Recife – PE, 2005

**Table 3.** Linear correlation values and their respective probabilities for plant and nodulation characteristics in relation to the characteristics of an Haplustox, medium textured, with pH ranging from 4.0 to 5.5, evaluated 21 days after seeding. Recife – PE, 2005

		pH	CO	Al	H+Al	Ca	Mg	Ca+Mg	K	Na	P
NN <sup>2</sup>	R	0,3305	0,3145	-0,3760	-0,4434	-0,0320	-0,3744	-0,1813	-0,1769	-0,3719	-0,0118
	P (r=0) <sup>1</sup>	0,2112	0,2354	0,1511	<i>0,0854</i>	0,9064	0,1531	0,5016	0,5123	0,1561	0,9654
MSN	R	0,3077	0,2939	-0,3584	-0,4196	-0,0047	-0,3148	-0,1332	-0,1529	-0,3273	-0,0197
	P (r=0)	0,2463	0,2692	0,1728	<i>0,1057</i>	0,9864	0,2350	0,6228	0,5718	0,2159	0,9422
AN	R	0,0306	-0,1784	-0,4676	-0,3695	0,2177	0,0122	0,1512	0,0176	0,1254	-0,4992
	P (r=0)	0,9481	0,7020	0,2901	0,4147	0,6391	0,9793	0,7462	0,9702	0,7888	0,2540
CN	R	0,2183	-0,1207	-0,5945	-0,5389	0,4142	-0,3675	0,0965	-0,4251	-0,4673	-0,8317
	P (r=0)	0,6381	0,7966	0,1592	0,2120	0,3555	0,4174	0,8370	0,3417	0,2904	<b>0,0203</b>
DN	R	0,2352	-0,1858	-0,6305	-0,5697	0,4785	-0,2972	0,1739	-0,3569	-0,4192	-0,7870
	P (r=0)	0,6117	0,6900	<i>0,1291</i>	0,1819	0,2773	0,5175	0,7093	0,4320	0,3492	<b>0,0357</b>
AF	R	0,7431	0,7585	-0,8078	-0,8256	-0,4059	0,1118	-0,3047	0,5102	-0,0418	0,8182
	P (r=0)	<b>0,0010</b>	<b>0,0007</b>	<b>0,0002</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,1187	0,6803	0,2511	<b>0,0435</b>	0,8780	<b>0,0001</b>
MSPA	R	0,7050	0,7878	-0,8237	-0,8332	-0,4520	0,0297	-0,3782	0,4199	-0,0454	0,8083
	P (r=0)	<b>0,0023</b>	<b>0,0003</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,0788</b>	0,9132	<b>0,1486</b>	<b>0,1054</b>	0,8675	<b>0,0002</b>
CR	R	0,7245	0,7062	-0,7562	-0,7318	-0,5129	0,2365	-0,3459	0,5615	0,0713	0,7985
	P (r=0)	<b>0,0015</b>	<b>0,0022</b>	<b>0,0007</b>	<b>0,0013</b>	<b>0,0422</b>	0,3778	0,1894	<b>0,0236</b>	0,7931	<b>0,0002</b>
MSR	R	0,3633	0,4516	-0,5087	-0,5073	-0,0924	-0,0617	-0,1052	0,3275	0,0545	0,6014
	P (r=0)	0,1666	<b>0,0791</b>	<b>0,0442</b>	<b>0,0449</b>	0,7336	0,8203	0,6983	0,2156	0,8412	<b>0,0137</b>
NT	R	0,5437	0,4488	-0,5441	-0,6020	-0,0283	0,1977	0,0567	0,5243	-0,0230	0,5303
	P (r=0)	<b>0,0295</b>	<b>0,0812</b>	<b>0,0294</b>	<b>0,0136</b>	0,9172	0,4630	0,8347	<b>0,0371</b>	0,9327	<b>0,0346</b>

<sup>1</sup> Valores de probabilidade destacados com fonte em negrito e itálico indicam correlação significativa a 5% entre as variáveis comparadas. Valores de probabilidade destacados com fonte em negrito indicam tendência de correlação significativa, variando de 5 a 15 % de chance de que a correlação linear não seja diferente de 0

<sup>2</sup> NN - Número de nódulos; MSN - Matéria seca de nódulos; AN - Área dos nódulos; CN - Comprimento dos nódulos; DN - Diâmetro dos nódulos; AF - Área foliar; MSPA - Matéria seca da parte aérea; CR - Comprimento radicular; MSR - Matéria seca das raízes; NT - Nitrogênio total

O  $\text{Ca}^{2+}$  apresentou correlação negativa com o crescimento da raiz e tendência de influenciar negativamente a área foliar e a matéria seca da parte aérea, bem como o  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  tendeu a influenciar a matéria seca da parte aérea (Tabela 3). O aumento do pH, conseguido com a aplicação de  $\text{CaCO}_3$ , elevou a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo. No entanto, a redução do pH, conseguido com a aplicação de ácido acético, também aumentou a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  (Tabela 2). Isso pode ter interferido nas respostas do  $\text{Ca}^{2+}$  ao aumento do pH, e nas respostas da planta e da nodulação ao aumento deste nutriente, pois era esperado aumento no desenvolvimento das plantas e melhoria na nodulação, uma vez que, um bom suprimento de cálcio é indispensável à divisão celular, formação de parede celular e, ainda, participa como mensageiro secundário (Taiz & Zeiger, 2004).

O  $\text{K}^+$  influenciou positivamente a área foliar, o crescimento de raiz e o N total e, ainda, tendeu a influenciar a matéria seca da parte aérea (Tabela 3). Isso, presumivelmente, porque com a aplicação de  $\text{CaCO}_3$ , houve maior disponibilidade de  $\text{K}^+$  e, consequentemente, maior absorção e desenvolvimento das plantas de feijão. De maneira similar, o P correlacionou-se positivamente com as características da planta: área foliar,

matéria seca da parte aérea, comprimento da raiz, matéria seca da raiz e N total, bem como, as características da nodulação: comprimento e diâmetro dos nódulos. Com relação às características da planta, a correlação positiva pode estar associada a maior disponibilidade de P, conseguido pelo aumento do pH do solo (Prado et al., 2003). Por outro lado, as melhorias das características da nodulação estão relacionadas à formação do nódulo (Graham, 1992). Ainda com relação ao P, o N total da parte aérea das plantas pode estar relacionado à melhoria das condições de desenvolvimento das plantas e/ou com a maior fixação biológica.

A matéria seca de nódulos apresentou tendência de correlação positiva com o N total da parte aérea (Tabela 4). Apesar disso, acredita-se que a nodulação não influenciou as características de desenvolvimento da planta e esses resultados corroboram os encontrados por Brose (1994), onde a matéria fresca de nódulos não apresentou nenhuma correlação com a produção de matéria seca ou N total da parte aérea. Isso por que, em determinadas situações, uma determinada estirpe pode possibilitar a formação de nódulos com maior matéria, porém, menor

**Tabela 4.** Valores para correlação linear e respectivas probabilidades entre características da nodulação e da planta, avaliadas aos 21 dias após a semeadura. Recife - PE, 2005

**Table 4.** Linear correlation values and respective probabilities between nodulation and plant characteristics, evaluated 21 days after seeding. Recife - PE, 2005

		AF <sup>2</sup>	CR	MSPA	MSR	NT
NN <sup>2</sup>	r	0,3340	0,0773	0,3396	0,3408	0,3459
	P (r=0) <sup>1</sup>	0,2061	0,7761	0,1982	0,1965	0,1895
MSN	r	0,3125	0,0907	0,3380	0,3383	0,3953
	P (r=0)	0,2387	0,7385	0,2005	0,2000	<b>0,1297</b>
AN	r	0,0116	-0,2529	0,1520	0,1055	0,3857
	P (r=0)	0,9802	0,5843	0,7449	0,8219	0,3928
CN	r	0,0439	-0,4372	0,1713	0,0581	0,2061
	P (r=0)	0,9255	0,3266	0,7134	0,9016	0,6575
DN	r	0,0839	-0,4181	0,2281	0,1226	0,3189
	P (r=0)	0,8581	0,3506	0,6227	0,7934	0,4857

<sup>1</sup>Valores de probabilidade destacados com fonte em negrito indicam tendência de correlação significativa, variando de 5 a 15 % de chance de que a correlação linear não seja diferente de 0

<sup>2</sup>NN - Número de nódulos; MSN - Matéria seca de nódulos; AN - Área dos nódulos; CN - Comprimento dos nódulos; DN - Diâmetro dos nódulos; AF - Área foliar; CR - Comprimento radicular; MSPA - Matéria seca da parte aérea; MSR - Matéria seca das raízes; NT - Nitrogênio total

produção de matéria seca da parte aérea, contrastando com outras que podem apresentar menor matéria de nódulos e alto rendimento de matéria seca da parte aérea e acúmulo de N total.

A ausência de efeito das características do solo sobre as características de nodulação pode ser devida à capacidade de nodulação e à capacidade de fixar o N atmosférico que, em leguminosas, são características distintas e complexas com respostas muito variáveis no caso do feijoeiro (Vargas et al., 2000; Carvalho, 2002).

Além disso, a eficiência desse processo depende de fatores relacionados à própria planta, à bactéria, ao clima e ao solo (Souza et al., 2007). Por outro lado, o efeito das características do solo sobre o N total, pode ser indicativo de que as bactérias fixaram mais N<sub>2</sub> quando as condições do solo foram mais favoráveis. Com relação às características da planta, os resultados encontrados são devidos aos efeitos benéficos, e já conhecidos, da redução da acidez do solo sobre o crescimento das plantas.

## CONCLUSÕES

A acidez do solo (Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) se correlaciona negativamente com o desenvolvimento e a nodulação do feijoeiro.

Características de planta e nodulação não apresentam correlação significativa.

## AGRADECIMENTO

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, pela concessão do inoculante e das sementes de feijão para a realização deste trabalho.

## LITERATURA CITADA

- Agrianual. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Agros comunicação/FNP Consultoria e Agroinformativos, 2007. p.325-330.
- Bala, A.; Murphy, P.J.; Osunde, A.O.; Giler, K.E. Nodulation of tree legumes and the ecology of their native rhizobial populations in tropical soils. *Applied Soil Ecology*, v.22, n.3, p.211-223, 2003.
- Barbosa Filho, M. P.; Silva, O. F. da. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 7, p. 1317-1324, 2000.
- Brose, E. Seleção de rizóbio para Trevo-branco em solo ácido. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.2, p.281-285, 1994.
- Bremner, J.M. Total nitrogen. In: Black, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis. part 2. Chemical and microbiological properties*. Madison: American Society of Agronomy. 1965. p. 1149-1178. (Agronomy Monograph, 9).
- Carvalho, E.A. Avaliação agrônômica da disponibilização de nitrogênio à cultura de feijão sob sistema de semeadura direta. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 63 p. Tese Doutorado.
- Costa, J.V.T. da; Lira Junior, M. de A.; Ferreira, R.L.C.; Stamford, N.P.; Campanharo, M.; Sousa, C.A. de. Relacionamento entre tamanho do nódulo e medições convencionais da nodulação. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 29, n.1, p. 47-54, 2007.
- Dal Bó, M.A.; Ribeiro, A.C.; Costa, L.M.; Thiébaud, J.T.L.; Novais, R.F. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar. I. Movimentação de bases no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.10, n.3, p.195-198, 1986.
- Date, R.A. Inoculated legumes in cropping systems of the tropics. *Field Crops Research*, v.65, n.2-3, p.123-136, 2000.
- Graham, P. H. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 38, n.6, p. 475-484, 1992.
- Graham, P.H.; Vance, C.P. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crops Research*, v.65, n.2-3, p.93-106, 2000.
- Hungria, M.; Vargas, M.A.T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. *Field Crops Research*, v.65, n.1-2, p.151-164, 2000.
- Hungria, M.; Campo, R.J.; Mendes, I.C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. *Biology and Fertility of Soils*, v.39, n.2, p.88-93, 2003.



- Macció, D.; Fabra, A.; Castro, S. Acidity and calcium interaction affect the growth of *Bradyrhizobium* sp. and the attachment to peanut roots. *Soil Biology and Biochemistry*, v.34, n.2, p.201-208, 2002.
- Miguel, D.L.; Moreira, F.M. S. Influência do pH do meio de cultivo e da turfa no comportamento de estirpes de *Bradyrhizobium*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.4, p.873-883, 2001.
- Miranda, P., Costa, A.F.; Pimentel, M.L., Mafra, R.C., Oliveira, L.R. Feijão comum "Princesa" (*Phaseolus vulgaris* L.). In: IPA (Ed.). Cultivares recomendadas pelo IPA. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 2002. p.21-22.
- Montealegre, C.; Graham, P.H.; Kipe-Nolt, J.A. Preference in the nodulation of *Phaseolus vulgaris* cultivar RAB39. *Canadian Journal of Microbiology*, v.41, n.11, p.992-998, 1995.
- Prado, R.M.; Corrêa, M.C. de M.; Cintra, A.C.O.; Natale, W. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 160-163, 2003.
- Ribeiro Júnior, W. Q.; Lopes, E. S.; Franco, A. A. Eficiência de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. para quatro leguminosas arbóreas e competitividade das estirpes em *Albizia lebbek* em latossolo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.11, n.3, p.275-282, 1987.
- Souza, L.A.G. de; Bezerra Neto, E.; Santos, C.E. de R. S.; Stamford, N.P. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.2, p.207-217, 2007.
- Slaterry, J.F.; Coventry, D.R.; Slaterry, W.J. Rhizobial ecology as affected by the soil environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.41, n.3, p.289-298, 2001.
- Scholles, D.; Kolling, J.; Freire, J.R.J. Necessidade de inoculação e aplicação de calcário em leguminosas forrageiras tropicais em solos ácidos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.5, n.1, p.97-102, 1981.
- Taiz, L., Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- Vargas, M. A.T.; Mendes, I. C.; Hungria, M. Response of field-grown bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Rhizobium inoculation and nitrogen fertilization in two Cerrados soils. *Biology and Fertility of Soils*, v.32, n.3, p.228-233, 2000.