

Seleção de Cultivares de Feijão com Alta Capacidade de Nodulação e Tolerantes a Solos Ácidos¹

G. Pesanha*, D.L. de Almeida**, F.F. Duque**,
B.F. de Souza Filho***, A.A. Franco**

ABSTRACT

Six field experiments were conducted to identify black bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) which are able to nodulate and are high yielding in acid soils. Ten out of 65 cultivars selected at pH 3.9 and 4.5 were tested in several soils and localities (hydromorphic soil in Magé-RJ; alluvial soil in Magé and Campos-RJ; and red-yellow podzolic soil in Pinheiral-RJ). There was a large variability in among cultivars, localities, and soil types. The cultivar Negro Argel presented the best nodulation in one experiment, but was sensitive to soil acidity, and increases in nodulation were not correlated with increases in grain yields. In low pH soils, higher initial nodulation in other cultivars did not correlate with increases in grain yield. The cultivars A222 and CNF145 were more productive under acid conditions. The cultivar Xodó showed poor nodulation, but was more efficient in using soil nitrogen.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, acidity tolerance, symbiosis, nodulation.

RESUMO

Foram conduzidos seis ensaios em condições de campo, visando selecionar cultivares de feijão de cor preta, com alta capacidade de nodulação e produção sob condições de solos ácidos. Foram usados, inicialmente, 65 cultivares em dois níveis de pH (3.9 e 4.5), sendo 10 destas selecionadas para serem testadas em diversos locais e tipos de solos (hidromórfico - Magé; Aluvial - Magé e Campos, e Podzólico vermelho-amarelo - Pinheiral). Ocorreu grande variação de comportamento das diversas cultivares com localidade e solos. A cultivar Negro Argel apresentou maior nodulação que as demais em um dos experimentos mas foi sensível a acidez. Maior nodulação não correspondeu a maior produção de grãos. Além disto a maior nodulação inicial em pH baixo, de uma maneira geral, não correspondeu necessariamente a uma maior produção de grãos. As cultivares A222 e CNF145 apresentaram maiores produções em pH mais ácido e a cultivar Xodó cresceu melhor mesmo sem nódulos, indicando maior eficiência em utilizar o nitrogênio do solo.

INTRODUCTION

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tem sido cultivado no Brasil, em sua maior parte, em solos ácidos, frequentemente com níveis altos de Al e Mn e baixos teores de Ca, Mg e principalmente P, apresentando ainda deficiência de um ou mais micronutrientes (Franco 1977, 1982; Munns 1968). Sabe-se que a acidez do solo associada a toxidez de Al e Mn e deficiência de Ca varia em importância relativa com o solo e afeta de forma diferente a planta e o rizóbio. O feijoeiro tem se mostrado uma cultura bastante sensível à acidez, principalmente quando dependente da fixação de

N₂ (Franco 1977, 1980, 1981; Graham e Halliday 1977; Islam *et al.* 1980). Seus efeitos têm sido atribuídos a redução da sobrevivência e multiplicação do rizóbio, da infecção dos pelos radiculares e da formação dos nódulos nas raízes, e aos efeitos sobre o funcionamento da simbiose e crescimento da planta hospedeira (Bromfield e Jones 1980; Franco 1982; Graham e Parker 1964; Lindstrom *et al.* 1985; Munns 1977a,b).

A variabilidade genética observada entre cultivares de feijão quanto a capacidade de nodulação e fixação de N₂ (Graham e Halliday 1977; Graham e Rosas 1977; Pereira 1982; Vargas 1987) indica a possibilidade de selecionar cultivares comerciais com simbiose mais eficiente. Além disso, a literatura tem mostrado que a nodulação e fixação de N₂ é marcadamente mais sensível à acidez do solo do que o crescimento da planta (Evans *et al.* 1980; Munns 1968). Também, tem sido observado que as cultivares de feijão de sementes pretas são menos sensíveis à acidez do solo com altas concentrações de Al do que aquelas com sementes de outras cores (Spain *et al.* 1975). Desse modo, parece possível obter-se cultivares de feijão capazes de nodular e fixar quantidades suficientes de N₂, necessárias para boas produções de

¹ Recebido para publicação el 28 de maio de 1991

* Prof. Adjunto de UFRRJ, bolsista CNPq, km 47 Antiga Rio-São Paulo 23851, Seropédica, ITAGUAÍ, Rio de Janeiro. Bra
** Pesquisador do CNPq-EMBRAPA, km 47 Antiga Rio, São Paulo 23851, Seropédica, ITAGUAÍ, Rio de Janeiro, Bra
*** Pesquisador da PESAGRO, Estação Experimental de Campos, Campos. RJ

grãos, através do processo biológico, nas condições de solos ácidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, instalou-se um experimento com 60 cultivares de feijão de sementes pretas em dois níveis de pH (3.9 e 4.2), usando-se calcáreo dolomítico, em um solo hidromórfico da fazenda Sendas Agropecuária de Magé, RJ. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas dos níveis de pH do solo e as sub-parcelas das cultivares de feijão, com 4 repetições. As sub-parcelas eram formadas por uma fileira de plantas de 4 m de comprimento, espaçadas de 0.60 m entre si com 15 sementes/metro linear de sulco. O plantio foi efetuado em março de 1984, utilizando-se uma adubação a lanço, de 120 kg P_2O_5 /ha na forma de superfosfato triplo.

Em seguida, utilizando-se 10 cultivares selecionadas do primeiro experimento e 5 cultivares indicadas para a região, foi instalado outro ensaio no delineamento experimental de blocos ao acaso, com 4 repetições, no mesmo tipo de solo usado anteriormente, com pH corrigido com calcáreo dolomítico para 4.5. As parcelas eram formadas de 4 fileiras com 4 m de comprimento e espaçadas entre si de 0.60 m com 15 sementes/metro linear de sulco. A área útil da parcela para produção de grãos foi de 3.60 m². O plantio foi realizado em setembro de 1984, utilizando-se uma adubação nos sulcos de plantio de 80 kg P_2O_5 /ha na forma de superfosfato triplo.

Usando-se as 10 cultivares selecionadas dos experimentos anteriores, foi instalado um ensaio em Campos (plantio em março de 1985), um em Pinheiral (plantio em abril de 1985) e outro em Parada Modelo/Magé (plantio em abril de 1987), no delineamento experimental de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com três níveis de pH do solo (4.5; 5.0 e 5.5), obtidos com

aplicação de calcáreo dolomítico, com 4 repetições. As subparcelas eram formadas pelas cultivares com 4 fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0.50 m, com 15 sementes/metro linear de sulco. Utilizou-se área útil de 4 m², para a produção de grãos. Nestes ensaios foram aplicados 80 kg de P_2O_5 /ha, na forma de superfosfato simples, nos sulcos antes do plantio. Em todos os ensaios as sementes foram inoculadas com uma mistura de estirpes (CO5 e SEMIA 487) de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*, na forma de inoculante em turfa produzido no CNPBS-EMBRAPA.

Finalmente, procurou-se avaliar o comportamento de algumas cultivares de feijão selecionadas dos ensaios anteriores acrescidas daquelas tidas como boas noduladoras, obtidas através de melhoramento em condições sem acidez. Desse modo, instalou-se um ensaio em Parada Modelo, Magé com 10 cultivares em solo com pH igual a 4.6, usando o delineamento experimental de blocos ao acaso com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 fileiras com 5 m de comprimento, espaçadas de 0.50 m entre si, com 15 sementes/metro linear de sulco e área útil de 4 m² para produção de grãos. O plantio foi feito em setembro de 1987 com adubação de 80 kg de P_2O_5 /ha na forma de superfosfato simples colocado nos sulcos de plantio. A inoculação de sementes foi feita com o mesmo inoculante de turfa dos experimentos anteriores.

Na Tabela 1, são apresentadas as análises químicas dos diversos solos utilizados nos experimentos. A medida do pH do solo, feita antes do plantio dos ensaios, foi em água na diluição de 2:1, enquanto aquelas efetuadas nas épocas de avaliações da nodulação e produção de grãos, apresentadas nas tabelas (2 a 6) foram feitas em pasta.

Em todos os ensaios, foram realizadas coletas de plantas aos 25 dias após o plantio, para avaliação da nodulação (número e peso de nódulos secos a 60 °C com

Tabela 1. Análise química dos solos onde foram realizados os experimentos.

Local	Tipo de solo	P	K	Ca	Mg	Al	pH ^b	C	MO	N	C/N
		ppm		me/100 cm ³				%			
Magé	Hidromórfico	7.0	78	5.6	2.2	7.5	3.6	4.09	7.06	0.36	11.4
Campos (1985)	Aluvial	11.4	158	1.2	1.0	3.0	4.7	1.95	3.36	0.18	10.7
Pinheiral	Podzólico verm-amarelo	4.4	77	0.9	0.8	0.9	4.7	0.27	0.46	0.09	- a
P Modelo/Magé	Aluvial	30.1	147	2.1	1.5	0.8	4.5	1.11	1.91	0.13	8.5

a Valor extremamente alto devido ao baixo teor de N estar em uma faixa pouco precisa pelo método de análise usado

b pH do solo sem calagem em água (2:1) antes do plantio

ventilação forçada), além da colheita final para avaliação da produção de grãos secos a 13-14% de umidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A nodulação (número de nódulos/planta) de 60 cultivares de feijão de sementes de cor preta não apresentou diferença significativa entre os níveis de pH 3.9 e 4.2 e nem interação das cultivares com o pH do solo em Magé-RJ (Tabela 2). Porém, individualmente, houve diferenças entre cultivares, sendo que, as cultivares "RAI79" e "CNF 0160" apresentaram maior nodulação que a "Preto 132" ($P = 0.05$), enquanto as demais tiveram um comportamento semelhante. Mesmo

para plantas ainda pequenas, a nodulação, de uma maneira geral, foi baixa em todas as cultivares, sendo menor ainda no pH mais baixo. A produção de grãos foi menor no pH mais baixo (Tabela 3). Apesar do pH baixo dos dois tratamentos (3.9 e 4.2) e alta disponibilidade de Al^{3+} (Tabela 1), as produções de grãos foram relativamente altas, provavelmente devido ao alto teor de matéria orgânica do solo (Tabela 1) que minimizou o efeito de toxidez de Al^{3+} . A produção de 1736 kg/ha de grãos obtidos em pH 4.2 na média das 60 cultivares representa pelo menos 3 vezes a média nacional. Das três cultivares com maior nodulação, somente a cultivar BAT 549 ficou entre as três cultivares de maior produção. Entretanto, somente a cultivar CNF 0141 com alta produção apresentou baixa nodulação.

Tabela 2. Nodulação (no. de nódulos/planta) de 60 cultivares de feijão em 2 níveis de pH do solo, aos 25 dias após a emergência, época da "seca" -1984 - Magé, RJ (Médias de 4 repetições).

Cultivares de feijão	Número de nódulos por planta			Cultivares de feijão	Número de nódulos por planta		
	pH 3.9	pH 4.2	Médias		pH 3.9	pH 4.2	Médias
RAI 79	3.7	10.1	6.9	EMP 60	0.6	5.3	3.0
CNF 0160	2.2	11.5	6.9	RAI 71	0.4	5.2	2.8
BAT 549	1.3	11.1	6.2	EMP 84	0.8	4.5	2.7
A 222	5.7	4.5	5.1	BAT 67	1.5	3.2	2.4
A 236	1.4	10.5	6.0	EF 23	2.0	2.5	2.3
CNF 0178	3.1	6.4	4.8	ICA QUEIZAL	1.5	2.8	2.2
BAT 1554	4.1	5.0	4.6	CNF 0122	1.4	2.9	2.2
CNF 0115	1.2	8.2	4.7	E5201	0.7	4.1	2.4
CNF 0144	3.9	3.8	3.9	PV 99	0.2	5.4	2.8
CD 43	1.4	5.2	3.3	MORUNA 80	1.8	2.1	2.0
CNF 0120	1.4	6.7	4.1	BAT 1191	1.7	2.0	1.9
CNF 0155	3.9	3.3	3.6	DOR 62	1.9	1.6	1.8
CNF 0179	2.1	5.4	3.8	CNF 0141	1.5	2.0	1.8
CNF 0173	1.3	6.8	4.1	A 210	2.0	1.4	1.7
A 226	5.3	2.0	3.7	BAT 1060	0.6	3.2	1.9
BAT 148	2.5	4.4	3.5	BAT 76	0.8	2.8	1.8
BAT 1470	1.7	5.5	3.6	EEP 710/75	0.9	2.6	1.8
CNF 0162	3.2	3.1	3.2	PV 89	0.6	3.0	1.8
BAT 445	2.7	3.6	3.2	CNF 0145	1.1	1.8	1.5
PV 299	2.0	4.4	3.2	CNF 0154	0.6	2.6	1.6
RAI 70	2.0	4.5	3.3	BAC 25	0.2	3.6	1.9
PV 175	1.3	5.4	3.4	A 227	0.6	2.5	1.6
BAT 261	1.4	5.4	3.4	EEP 527/75	0.5	2.4	1.5
A 237	1.2	5.4	3.3	RAI 76	0.6	2.0	1.3
RAI 78	2.0	3.9	3.0	A 235	0.1	3.2	1.7
BAT 431	1.2	5.2	3.2	BAT 429	0.4	1.6	1.0
CORNELL 49242	3.8	1.7	2.8	RAI 77	0.5	1.3	0.9
BAT 451	1.3	4.2	2.8	RAI 72	1.4	0.3	0.9
CNF 0158	2.3	3.0	2.7	RAI 75	0.9	0.3	0.6
CNF 0140	1.9	3.0	2.5	PRETO 132	0.0	1.0	0.5
Médias					1.5	3.7	
Tukey (5%)	-	-	6.0	-	-	-	6.0

*Os dados acima, para efeito de análise das variantes, foram transformados em $x + 1$

Tabela 3. Produção de grãos de 57 cultivares de feijão em 2 níveis de pH em Magé, RJ plantio da "seca" em 1984 (Médias de 3 repetições).

Cultivares de feijão	Produção de grãos (kg/ha) ^a			Cultivares de feijão	Produção de grãos (kg/ha)		
	pH 3.9	pH 4.2	Médias		pH 3.9	pH 4.2	Médias
CNF 0120	1939	2502	2220	PV 175	1181	1720	1450
CNF 0141	1842	1763	1803	PV 299	1133	1763	1448
BAT 549	1542	2046	1794	EF 23	1399	1496	1447
CNF 0144	1561	1927	1744	CNF 0175	1421	1469	1445
CORNELL 49-242	1410	2071	1741	CNF 0160	789	2077	1433
A 237	1365	2111	1738	RAI 78	1170	1683	1426
BAT 148	1415	1960	1687	CNF 0154	1311	1535	1423
BAT 67	1482	1869	1675	RAI 77	1401	1430	1415
CNF 0179	1510	1810	1660	CNF 0178	1097	1690	1393
BAT 429	1309	1980	1644	BAT 431	1155	1608	1382
EMP 84	1174	2114	1644	BAT 1554	1333	1399	1366
CNF 0140	1653	1634	1644	CNF 0122	910	1810	1360
A 227	1164	2103	1633	BAC 25	638	2034	1336
G 5201	1575	1687	1631	A 226	1218	1429	1323
PV 99	1395	1836	1616	RAI 72	1388	1210	1299
CNF 0145	1729	1495	1612	BAT 261	1045	1538	1292
A 235	1120	2082	1601	CNF 0158	973	1607	1290
ICA QUETZAL	1123	2062	1593	A 236	701	1822	1262
CD 43	1069	2118	1593	BAT 1470	792	1706	1249
DOR 62	1119	2039	1579	BAT 1191	757	1718	1238
A 210	1557	1580	1569	RAI 79	1012	1449	1231
EEP 710/75	1218	1869	1544	A 222	692	1745	1219
BAT 76	1378	1660	1519	PRETO 132	983	1453	1218
CNF 0115	992	2010	1501	EEP 527/75	1256	1144	1200
BAT 1060	1384	1603	1493	BAT 445	1072	1252	1162
PV 89	1054	1930	1492	EMP 60	694	1486	1090
MORUNA 80	853	2104	1479	RAI 75	832	1174	1003
CNF 0155	973	1979	1476	CNF 0162	735	1169	952
BAT 451	1554	1388	1471				
Médias					1203b	1736a	

Foram selecionadas dez cultivares do experimento anterior com maior nodulação em pH mais baixo e incluídas mais cinco recomendadas para a região e testadas no mesmo solo e local em pH 4.5 na época "das águas". Neste experimento, as cultivares CNF 0178 e CNF 0120, apresentaram maior nodulação e produção de grãos, enquanto que as cultivares CNF 0141 e Negro Argel apresentaram maior nodulação, mas produção igual as cultivares A222 e BAT 179 com baixa nodulação (Tabela 4). As cultivares CNF 0141, CNF 120 e Negro Argel apresentaram a maior nodulação mas a produção de grãos somente foi entre as melhores na cultivar CNF 120. Islam *et al.* (1980) concluíram que *Phaseolus vulgaris* L. é extremamente sensível à concentração de H⁺, entretanto, cultivares de feijão tolerantes à acidez tem sido observadas por Foy *et al.* (1967); Spaim *et al.* (1975); Noble *et al.* (1985).

As dez cultivares selecionadas no primeiro experimento foram também testadas em três níveis de pH (4.5,

5.0 e 5.5) em três localidades com solos diferentes: solo aluvial em Campos-RJ, solo hidromórfico em Parada Modelo-Magé, RJ e solo podzólico vermelho-amarelo em Pinheiral-RJ cujas análises são apresentadas na Tabela 1. Nos três solos estudados, o pH em água do tratamento sem calagem antes do plantio, apresentou pequena variação em relação ao pH medido em pasta, 25 dias após o plantio. No solo aluvial de Parada Modelo em Magé, o pH sem calagem apresentou o mesmo valor (4.5) antes do plantio, medido em água 1:2.5 ou 25 dias após o plantio, medido em pasta. Todas as cultivares de feijão apresentaram melhor nodulação no solo aluvial de Parada Modelo do que nos demais (Tabela 5). Em Campos e em Pinheiral, a nodulação foi praticamente nula devido ao estresse hídrico, ocorrido logo após o plantio, que pode ter acarretado a morte do rizóbio antes da infecção das raízes (Bruck e Franco 1991). As diferenças entre cultivares só foram relevantes em Parada Modelo onde as cultivares A222, CNF 0145, BAT 179 e Negro Argel apresentaram maior

Tabela 4. Número de nódulos, 25 dias após o plantio, e produção de 15 cultivares de feijão em solo com pH 4.5 em Magé, RJ, época "das águas" de 1984 (Médias de 4 repetições).

Cultivares de feijão	Número nódulos/planta ^a pH 4.5	Produção de grãos (kg/ha) pH 4.5
A 222	0 0 e ^h	709 a
BAT 179	0 8 cde	767 a
BAT 304	3 5 abcde	876 a
BAT 549	1 0 de	887 a
CD 43	6 5 abcd	676 a
CNF 0120	10 0 a	1 001 a
CNF 0141	10 0 a	746 a
CNF 0145	4 0 abcde	1 009 a
CNF 0155	1 3 cde	869 a
Negro Argel	9 8 ab	791 a
Bat 451	6 5 abc	879 a
Cornell 49/242	1 5 cde	937 a
Rio Tibaji	3 5 abcde	620 a
Iguassu	2 3 bcde	582 a
CNF 0178	6 3 abcd	1 086 a
Média	4 4	829
C V (%)	41 4	38 5

a Os dados acima, para efeito de análise das variantes, foram transformados em $x + 1$

b As médias seguidas da mesma letra não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

nodulação nos níveis de pH mais alto. As cultivares BAT 549, CD 43 e CNF 0120 apresentaram igual nodulação nos três níveis de pH. Neste experimento fica bastante evidente a sensibilidade da nodulação da cultivar Negro Argel a acidez. Mesmo assim, em pH 4.5 ainda superou as menos sensíveis à acidez.

Resultados semelhantes foram obtidos por Vargas (1987) que estudando o comportamento de 126 cultivares de feijão para tolerância à acidez (pH 4.5), em condições controladas, encontrou diferenças marcantes entre as cultivares. Algumas cultivares foram tolerantes ao pH, como "Preto 143" e "Capixaba Precoce", enquanto outras, sensíveis, como "Negro Argel" e "BAT 115".

Os resultados de produção de grão refletem as condições edafológicas climáticas dos diferentes locais (Tabela 6) Em Pinheiral e Campos, as produtividades foram limitadas, principalmente por falta de água na fase inicial, enquanto em Parada Modelo os níveis de produtividade foram bastante superiores, devido a maior disponibilidade de água. Em Campos, devido ao alto teor de Al^{3+} do solo, houve grande resposta a calagem. Neste local no pH alto, a baixa nodulação pode também ter sido afetada pela alta disponibilidade de N do solo (Tabela 1), já que, algumas cultivares com baixa nodulação atingiram produções em torno de 1000 kg/ha de grãos. A cultivar Negro Argel que é boa noduladora mas pouco responsiva (Duque *et al.* 1985) produziu em Campos no

Tabela 5. Nodulação (no. de nódulos/planta) de 10 cultivares de feijão em 3 localidades do Estado do Rio de Janeiro (Médias de 4 repetições).

Cultivares de feijão	Campo (1985) pH do solo			Pinheiral/Pará pH do solo			P. Modelo, Magé pH do solo		
	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5
A 222	0	1	4	2	4	1	14	10	24
BAT 304	1	1	1	1	2	2	6	9	9
BAT 549	0	0	1	5	2	2	17	8	12
CD 43	1	0	1	3	6	4	12	9	13
CNF0120	0	0	3	3	2	2	9	10	7
CNF 0141	0	1	2	1	5	2	5	8	8
CNF 0145	1	1	1	1	1	3	8	8	19
CNF 0155	1	1	1	1	1	1	7	18	13
Negro Argel	1	1	2	4	2	2	23	31	41
BAT 179	1	0	1	2	3	1	7	9	13
Médias	0.6	0.6	1.7	2.3	2.8	2.0	10.8	12.0	15.9
C V ¹ (%) a		2.1			7.0			48.1	
b		24.4			32.4			33.9	

¹ Análise estatística em blocos sub-divididos, sendo (a) nível de pH do solo e (b) cultivares de feijão

Tabela 6. Produção de grãos, em kg/ha, de 10 cultivares de feijão em 3 níveis de pH do solo em 3 localidades do Estado do Rio de Janeiro (Médias de 4 repetições).

Cultivares de feijão	Campo (1985) pH do solo			Pinheiral/Paraf pH do solo			P Modelo/Magé pH do solo		
	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5
A 222	214	333	928	476	389	499	1 435	1 512	1 293
BAT 304	290	400	758	488	445	479	831	899	755
BAI 549	285	453	890	349	298	469	1 350	1 321	1 422
CD 43	295	575	1 084	349	383	557	1 396	1 409	1 355
CNF 0120	319	548	771	406	392	449	1 112	1 296	1 410
CNF 0141	285	448	924	385	350	410	1 307	1 377	1 429
CNF 0145	320	485	985	333	280	443	1 730	1 793	1 988
CNF 0155	234	445	825	367	389	634	1 220	1 557	1 507
Negro Argel	110	380	630	-	-	-	1 350	1 508	1 505
BAT 179	308	451	926	358	268	355	-	-	-
Médias	266	452	872	393	355	477	1 323	1 408	1 407
C V ¹ (%) a		28.5			4.7			19.2	
b		37.5				31.5			20.9

1 Análise estatística em blocos subdivididos sendo (a) nível de pH do solo e (b) cultivares de feijão

pH alto (pH 5.5), sem ter nodulação, apenas 630 kg/ha e, em Parada Modelo, 1505 kg/ha no mesmo pH, onde apresentou boa nodulação.

Para nodulação (número e peso de nódulos), fazendo análise de regressão conjunta de todas localidades, o efeito de pH dentro de cada cultivar para número de nódulos só foi significativo para as cultivares A222 ($Y = -4.20 + 1.32x$) e CNF 0145 ($Y = -0.24 + 0.46x$) ($P = 0.05$). Em relação ao peso de nódulos, somente a cultivar Negro Argel foi significativa ($Y = -8.41 + 2.32x$) ($P = 0.05$), confirmando a sensibilidade desta cultivar a acidez, o que já havia sido observado nos experimentos anteriores. Para a produção de grãos, entretanto houve significância da regressão para o efeito do pH em todas as cultivares testadas e, para localidade, apenas em Campos (Tabela 7).

Esta resposta em Campos, é mais relacionada as plantas crescendo com o N proveniente do solo do que com a simbiose já que a nodulação foi quase nula. O comportamento das diversas cultivares foi muito variável com o solo e época de plantio. Obteve-se boa nodulação e produção mesmo em solo com pH muito ácido (3.9 e

Tabela 7. Regressões da produção de grãos (kg/ha) com o pH dentro de locais e cultivares de feijão.

Variáveis	Equações	
pH	$Y = -1509.32 +$	$446.84 X^{**}$
Locais		
pH em Campos	$Y = -5616.27 +$	$1231.00 X^{**}$
pH em Pinheiral	$Y = -566.62 +$	$196.75 X$
pH em P Modelo	$Y = -375.75 +$	$197.25 X$
pH em Campos	$Y = -230.16 +$	$162.38 X$
Cultivares de feijão		
pH na cv A 222	$Y = -670.16 +$	$279.75 X^{**}$
pH na cv Bat 179	$Y = -1974.88 +$	$492.00 X^{**}$
pH na cv Bat 304	$Y = -1282.08 +$	$377.50 X^{**}$
pH na cv Bat 549	$Y = -1528.20 +$	$447.00 X^{**}$
pH na cv CD 43	$Y = -1448.25 +$	$438.75 X^{**}$
pH na cv CNF 0120	$Y = -1552.45 +$	$425.50 X^{**}$
pH na cv CNF 0141	$Y = -1493.29 +$	$444.00 X^{**}$
pH na cv CNF 0145	$Y = -1712.20 +$	$510.75 X^{**}$
pH na cv CNF 0155	$Y = -2387.95 +$	$624.50 X^{**}$
pH na cv Negro Argel	$Y = -1111.94 +$	$391.00 X^{**}$

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

4.2) mas com alto teor de matéria orgânica (Tabelas 1 e 2). Resultados de Franco e Munns (1982) mostraram que a nodulação inicial do feijoeiro foi muito reduzida em pH 5.0 em solução nutritiva. Observaram ainda que o efeito da toxicidade de Al^{3+} era diminuída com a presença de maior concentração ou atividade iônica do Ca^{2+} . O experimento de Magé mostra ainda que a matéria orgânica também exerce grande influência, podendo proteger a nodulação mesmo em condições de acidez e de alta disponibilidade de Al^{3+} .

Tabela 8. Nodulação de plantas colhidas aos 25 dias após o plantio e produção de grãos de 10 cultivares de feijão, em pH do solo igual a 4.6 na época "das águas", em Parada Modelo. Magé, R.J., 1987 (Médias de 3 repetições).

Cultivares de feijão	Nódulos/planta (número)	Nódulos/planta peso (mg)	Produção de grãos (kg/ha)
A 222	23 ab	19 a	1 239 b
CNF 0145	18 ab	14 a	1 383 b
Negro Argel	25 a	21 a	1 273 b
CNF 480	30 a	25 a	1 778 ab
Xodó	8 b	4 a	2 150 a
22-3	20 ab	16 a	1 565 ab
22-50	14 ab	6 a	1 746 ab
22-52	18 ab	14 a	1 997 ab
22-55	15 ab	14 a	1 566 ab
22-8	14 ab	12 a	1 431 ab
Média	18.5	14.5	1 613
C V (%)	29.3	59.1	16.2

As médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Resultados de um último experimento instalado em Parada Modelo no ano de 1987 (Tabela 8), mostram que a cultivar Xodo, selecionado para a região sob condições de adubação inicial de N e sem inoculação, apresentou baixa nodulação inicial mas alta produção de grãos, semelhante a da cultivar 22-52 que apresentou boa nodulação. Neste experimento em condições de acidez, as cultivares Negro Argel e CNF 480 e as linhagens selecionadas para alta nodulação (linhagens 22) apresentaram igual nodulação a das cultivares selecionadas anteriormente como tolerantes a acidez (cultivares A222 e CNF 0145). Apesar das cultivares tolerantes estudadas terem apresentado pouca nodulação em pH ácido, estes resultados mostram que a maior capacidade de nodulação compensa a sensibilidade à acidez. Além disso, o fato da tolerância fisiológica da planta para crescimento em pH ácido ser um caráter herdável, com valores médios a altos de heritabilidade (Vargas 1987), poderá propiciar a obtenção de cultivares tolerantes à acidez através dos métodos de melhoramento genético.

LITERATURA CITADA

- BROMFIELD, E. S. P.; JONES, D. G. 1980. Studies on acid tolerance of *Rhizobium trifolii* in culture and soil. *Journal of Applied Bacteriology* 48:253-264
- BRUCK, A. N.; FRANCO, A. A. 1991. Resultados ainda não publicados
- DUQUE, F. F.; NEVES, M. C. P.; FRANCO, A. A.; VITRIA, R. L.; BODDEY, R. M. 1985. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and the quantification of N_2 fixation using ^{15}N . *Plant and Soil* 88:333-343
- EVANS, L. S.; LEWIN, F. L.; VELLA, F. A. 1980. Effect of nutrient medium pH on symbiotic nitrogen fixation by *Rhizobium leguminosarum* and *Pisum sativum*. *Plant and Soil* 56:71-80
- FOY, C. D.; FLEMING, A. L.; BURNS, G. R.; ARMIGER, W. H. 1967. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. *Soil Science Society of America Proceedings* 31:513-520
- FRANCO, A. A. 1977. Nutritional restraints for tropical grain legume symbiosis. In *Exploiting the legume Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. J. M. Vincent, A. A. Whitray, J. Bose (Eds.). University of Hawaii, College of Tropical Agriculture. Misc Publication no 145. p. 237-252
- FRANCO, A. A.; DAY, J. M. 1980. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. *Turrialba* 30(1):99-105
- FRANCO, A. A. 1981. Acidity factors limiting nodulation, nitrogen fixation and growth of *Phaseolus vulgaris* L. Ph.D. thesis. Univ. of California, Davis. 144 p.
- FRANCO, A. A.; MUNNS, D. N. 1982. Acidity and aluminum restraints on nodulation, nitrogen fixation, and growth of *Phaseolus vulgaris* L. in solution culture. *Soil Science Society of America Journal* 46:296-301
- GRAHAM, P. H.; PARKER, C. A. 1964. Diagnostic features in the characterization of the root nodule bacteria of legumes. *Plant and Soil* 20:383-396
- GRAHAM, P. H.; ROSAS, J. C. 1977. Growth and development of indeterminate bush and climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with *Rhizobium*. *Journal of Agricultural Science* 88(2):503-508
- GRAHAM, P. H.; HALLIDAY, J. 1977. Inoculation and nitrogen fixation in the genus *Phaseolus*. In *Exploiting the legume: Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. J. M. Vincent, A. S. Whitray, J. Bose (Eds.). University of Hawaii, College of Tropical Agriculture. Misc Publication no 145. p. 313-314
- GRAHAM, P. H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: A review. *Field Crops Research* 4:93-112
- ISLAM, A. K. M. S.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. 1980. Optimum pH for crop growth: Results of a flowing solution culture experiment with six species. *Plant and Soil* 54:339-357

- LINDSTROM, K.; SARSA, M.; PULKUNEN, J.; KASANEN, P. 1985. Symbiotic nitrogen fixation of *Rhizobium* (Galega) in acid soils, and its survival in soil under acid and cold stress. *Plant and Soil* 87:293-302.
- MUNNS, D.N. 1968. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. I. Acid sensitive steps. *Plant and Soil* 38(1):129-146
- MUNNS, D.N. 1977a. Soil acidity and related factors. In *Exploiting the legume: Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. J.M. Vincent, A.S. Whitray, J. Bose (Eds.). University of Hawaii, College of Tropical Agriculture. Misc. Publication no. 145. p. 211-236.
- MUNNS, D.N. 1977b. Mineral nutrition and the legume symbiosis. In *A treatise on dinitrogen fixation*. IV. Hardy and Gibson (Eds.). New York, John Wiley. p. 353-391.
- NOBLE, A.D.; LEA, J.F.; FEY, M.V. 1985. Genotypic tolerance of select dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars to soluble Al and to acid low P soil conditions. *South African Journal of Plant and Soil Science* 2:115-119
- PEREIRA, P.A.A. 1982. Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. In *Feijão: Inovações tecnológicas para solução de problemas*. Belo Horizonte, Minas Gerais. Inf. Agropecuário no. 90. p. 41-46.
- SPAIM, J.M.; FRANCIS, C.A.; HOWEIER, R.H.; CALVO, F. 1975. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and pasture. In *Soil management in tropical America*. E. Bornemiza, A. Alvarado (Eds.). Col., CIAT. p. 308-347
- VARGAS, A.A.T. 1987. Tolerance of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* to low pH. Thesis Ph.D., University of Minnesota. 123 p

RESEÑA DE LIBROS

HUMUS, ITS Structure and Role in Agriculture and Environment. 1992. In *Symposium Humus et Planta* (10., 1991, Prague, Czechoslovakia). Proceedings. J. Kubát (Ed.). Amsterdam, Holanda, Elsevier. 202 p. ISBN0-444-88980-9. US\$111.50.

This volume presents the proceedings of the 10th international symposium *Humus et Planta* held in Prague in August 19-23, 1991. The main topics of this book are devoted to the recent advances in fundamental, as well as applied research of humic substances, the most abundant of the naturally occurring macromolecules of nature, the understanding of their nature and how they react and interact in their natural environments. Texts

are included on the structure, physical and chemical properties of humic substances; the relationships among humus, soil properties and fertility; the biotransformations of organic substances in the soil; the relationships between humic substances and plants and the interactions of humus and xenobiotic substances. This book presents recent knowledge of the complicated and challenging humic substances. It will be of interest not only to scientist, but also to University teachers and students of agricultural and environmental sciences.

ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS
AMSTERDAM, HOLANDA