

DIVERSIDADE ONTOGENICA NA NODULAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO EM DOIS NÍVEIS DE FÓSFORO NO SOLO

Roberto dos Santos Trindade¹, Adelson Paulo Araújo² & Marcelo Grandi Teixeira³

1. UENF/CCTA-LMGV; Av. Alberto Lamego, 2000, Campos, RJ; E-mail: roberto_s_trindade@yahoo.com.br

2. UFRRJ/ Departamento de Solos; BR 465, km 7, Seropédica - RJ; E-mail: ap_araujo@ufrj.br

3. Embrapa Agrobiologia; BR 465, km 7, Seropédica - RJ; E-mail: grandi@cnpab.br

Resumo- O cultivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L) no Brasil é relegado a áreas marginais deficitárias em nutrientes, sobretudo de nitrogênio e fósforo. O incremento da fixação biológica de nitrogênio (FBN) na cultura do feijoeiro constituiria uma estratégia para economia no uso de insumos e adaptação a condições de baixa fertilidade. Contudo, são escassos estudos sobre variações ontogênicas no processo de nodulação em feijoeiro sob condições de P limitante. O objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade ontogênica na nodulação de genótipos de feijoeiro em dois níveis de P no solo

Palavras-chave: nodulação, feijoeiro, fósforo, variabilidade genética, FBN.

Área do Conhecimento: Agronomia

Introdução

O cultivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L) no Brasil é relegado a áreas marginais deficitárias em nutrientes, sobretudo de nitrogênio e fósforo. O incremento da fixação biológica de nitrogênio (FBN) na cultura do feijoeiro constituiria uma estratégia para economia no uso de insumos e adaptação a condições de baixa fertilidade (Oliveira et al, 2004). Entretanto, o potencial de FBN em feijoeiro é considerado baixo em comparação a outras leguminosas (Pereira & Bliss; 1987), sendo altamente afetado pela disponibilidade de fósforo no solo (Araújo & Teixeira, 2000). De fato, o processo de FBN provoca um dispêndio de energia que exige uma elevada translocação de ATP para os nódulos, e um programa para seleção de germoplasma com maior potencial para FBN passa diretamente pela avaliação de sua nodulação em condições de estresse de fósforo. Contudo, são escassos estudos sobre variações ontogênicas no processo de nodulação em feijoeiro sob condições de P limitante (Ribet e Drevon, 1995; Vance, 2001). O objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade ontogênica na nodulação de genótipos de feijoeiro em dois níveis de P no solo

Metodologia

O experimento foi implantado na Embrapa Agrobiologia, entre abril e julho de 2005, sob o delineamento blocos ao acaso, em fatorial 24x2x2, com 24 genótipos de feijoeiro, duas doses de P aplicado ao solo (20 e 80 mg P kg⁻¹), e duas épocas de coleta (floração e 11 dias após floração), com 4 repetições, totalizando 384 vasos, com duas plantas por vaso. Os genótipos

avaliados compreenderam os quatro hábitos de crescimento do feijoeiro sendo utilizadas cultivares comerciais e variedades locais.

Os 24 genótipos de feijoeiro avaliados compreenderam os quatro hábitos de crescimento conhecidos em *Phaseolus vulgaris*. As sementes utilizadas no experimento foram provenientes da coleção de germoplasma de feijão da Embrapa Agrobiologia. As sementes utilizadas corresponderam a: 18 cultivares, sendo três do tipo I (de crescimento determinado ereto), 8 do tipo II (crescimento indeterminado ereto) e 7 do tipo III (crescimento indeterminado prostrado); duas linhagens crioulas oriundas do Rio Grande do Sul de crescimento determinado; duas variedades do tipo IV, que são seleções de cultivares obtidas no CNPAF, em Goiânia (GO); e duas variedades silvestres do tipo IV (crescimento indeterminado trepador), avaliadas por Araújo et al. (1998). A semeadura dos genótipos se deu no dia 19 de maio de 2005. Os materiais utilizados no experimento se encontram descritos na Tabela 1.

Cada vaso recebeu como substrato 4 kg de solo do horizonte A de um Argissolo vermelho - amarelo, passado em peneira de malha de 6 mm e analisado quanto às suas características físicas e de fertilidade (Embrapa, 1997) (Tabela 1). Em cada vaso foram colocados 2 g de carbonato de cálcio para neutralização do Al tóxico e fornecimento de Ca as plantas, por meio de revolvimento do solo em sacos plásticos para homogeneização do solo com o CaCO₃. Após a adição de calcário, os vasos foram mantidos em casa de vegetação, e o substrato foi mantido na capacidade de campo para catalisação da reação de calagem.

Oito dias após a calagem, o solo de cada vaso foi adubado com produtos químicos p.a., diluídos

em água e distribuídos lentamente. As seguintes doses foram aplicadas (em mg kg⁻¹ solo): 10 Mg (como MgSO₄.7H₂O), 2 Cu (como CuSO₄.5H₂O), 1 Zn (como ZnSO₄.7H₂O), 0,1 B (como H₂BO₃), 0,2 Mo (como Na₂MoO₄.2H₂O), e as doses de P de cada tratamento, 20 e 80 mg P kg⁻¹ como KH₂PO₄, sendo também aplicada uma dose de 75 mg K kg⁻¹ (como KCl) nos vasos com baixo P para homogeneizar a adubação potássica em todos os vasos, ao nível de 100 mg K kg⁻¹.

Posteriormente todos os vasos foram homogeneizados por revolvimento do solo em sacos plásticos. As características químicas do solo após adubação estão na tabela 1, onde é possível observar que a adubação com 20 e 80 mg P kg⁻¹ elevou os teores de fósforo no solo para 12 e 52 mg dm⁻³ nos dois tratamentos respectivamente, com um rendimento da adubação fosfatada de cerca de 40%.

Tabela 1 : Hábito de crescimento (VILHORDO et al., 1988), dias para floração de genótipos de feijoeiro e Características químicas do solo antes e após adubação, conforme EMBRAPA (1997). Tratamentos: P1 - 20 mg P kg⁻¹; P2 - 80 mg P kg⁻¹.

| Nome | | Hábito de crescimento | Floração (DAE) | | | |
|---|--|-------------------------------|----------------|--|--|--|
| Constanza; Goiano Precoce, Irai, Pop 59, Pop 71. | | I - determinado | 30-32 | | | |
| BAT 477, Guapo Brilhante, ICA Pijao, Manteigão PC, Rico 23, Rio Tibagi, Safira, Xodó. | | II - indeterminado ereto | 31-39 | | | |
| Aporé, Capixaba Precoce, Carioca, Flor de Mayo, Jalo EEP 558, Ouro Negro, Puebla 152 | | III - indeterminado prostrado | 31-39 | | | |
| G 12896, G 12930, GF 840694, GF 840704 | | IV - indeterminado trepador | 35-38 | | | |

| Identificação da amostra | pH | Al | Ca | Mg | P | K |
|--------------------------|-----|----------------------------------|-----|-----|--------------------------------|------|
| | | -----Cmolc/dm ³ ----- | | | -----mg/ dm ³ ----- | |
| Antes da adubação | | | | | | |
| | 5,1 | 0,4 | 1,0 | 0,8 | 2,0 | 24,0 |
| Após adubação | | | | | | |
| P1 | 5,9 | 0,0 | 2,5 | 1,1 | 12 | 150 |
| P2 | 5,9 | 0,0 | 2,5 | 1,1 | 52 | 150 |

As primeiras coletas foram efetuadas no estádio R7 (início da formação das vagens), e as segundas coletas foram efetuadas 11 dias após as primeiras coletas (início do estádio R8 - enchimento das vagens) nas datas apresentadas na tabela 1. Nas coletas, a parte aérea de cada planta foi separada em caule, folhas e vagens (quando presentes), acondicionada em sacos de papel e levados para estufa de ventilação forçada a 65°C, para posterior pesagem. As raízes foram recuperadas por lavagem em peneira de malha de 2,0 mm para eliminar partículas de solo, sendo evitada a separação do sistema radicular das duas plantas, visando manter a integridade do sistema radicular. Após lavagem, as raízes de cada vaso foram acondicionadas em frascos com uma solução de formaldeído 2%.

Cada amostra do sistema radicular foi separada em raiz pivotante, raiz lateral e nódulos, sendo que os nódulos eram contados, secos em

estufa a 65° C, e pesados. A parte aérea (folhas, caule e vagens) e o sistema radicular (raiz pivotante, raízes laterais e nódulos) foram moídos separadamente, e foram determinados os teores de N na parte aérea pelo método de Kjeldahl, conforme descrito em Malavolta et al. (1989).

A análise estatística foi realizada por análise de variância seguindo um modelo em blocos ao acaso, avaliando-se o efeito das fontes de variação (época de coleta, dose de P e genótipo) e suas interações através do teste F. Posteriormente foi efetuada uma decomposição da soma dos quadrados, de forma a obter uma estimativa do efeito de genótipo em cada época de coleta e dose de P.

Resultados e discussão

Na tabela 2, é observado um aumento dos níveis de P no solo, em função da adubação

fosfatada, sobretudo no tratamento com 80 mg P kg⁻¹(P2). Os valores de quadrado médio obtidos pelo desdobramento do efeito do genótipo entre as duas coletas e nas duas doses de P (Tabela 3), evidenciam uma diminuição na formação de novos nódulos após a floração no tratamento P2, enquanto que no tratamento com 20 mg P kg⁻¹ (P1) ocorre um aumento no número e na massa de nódulos mesmo após floração, onde teoricamente seria maior a translocação de fotoassimilados para as partes reprodutivas da planta. Este processo pode evidenciar tanto uma persistência dos nódulos em baixos níveis de fósforo para manter um suprimento de N, mesmo que limitado, em condições de estresse, o que configuraria uma estratégia da planta para favorecer o enchimento de grãos e garantir sua sobrevivência sob P limitante.

Uma outra hipótese para a maior nodulação na segunda coleta em P1, seria a ocorrência de um atraso na ontogenia da planta devido à deficiência em fósforo, diminuindo a demanda por nutrientes a fim de favorecer um melhor balanço interno entre diferentes drenos. Desta forma, plantas de feijoeiro crescidas sobre suprimento limitado de P teriam uma menor nodulação, porém, apresentariam uma senescência mais tardia. Estes dados confirmam o observado por Araújo & Teixeira(2000), trabalhando com duas cultivares de feijoeiro em diferente estádios de crescimento. Entretanto, deve ser observado que o efeito dos genótipos é tanto maior quanto maior o nível de P no solo, o que indica a grande dependência do feijoeiro de P para expressão de seu potencial máximo de nodulação. Cabe salientar que a queda na nodulação em P2 também pode estar relacionada à adubação nitrogenada feita 25 DAE, sendo que, mesmo que o N aplicado não fosse absorvido até a floração, quando da segunda coleta a planta já teria absorvido uma maior quantidade do nutriente aplicado, dada a rápida absorção deste nutriente em feijoeiro (Pereira & Bliss,1987). De fato, há uma estreita correlação entre a absorção de N pelas raízes e os níveis de fósforo no solo, uma vez que a aplicação de P promove um maior crescimento radicular, com conseqüente aumento da exploração do solo (Vance, 2001).

Entretanto, o aumento na razão entre a massa de nódulos e a massa de raiz total indica um aumento na porcentagem de fotoassimilados investidos em nodulação, sobretudo na segunda coleta, evidenciando que a nodulação tende a apresentar seu pico pouco tempo após a floração, e que este investimento é maior em menores níveis de P no solo. Este dado indica que, mesmo com suplementação da adubação nitrogenada,

parte do N absorvido pelo feijoeiro em seu ciclo pode ser suprido pela FBN, otimizando a aplicação de fertilizante. Entretanto são necessários a avaliação em mais coletas, para medição da ontogenia completa da nodulação, visando medir onde a nodulação atingiria seu ponto máximo.

Conclusão

A menor nodulação em suprimento limitado de P pode representar um atraso na ontogenia da planta para adaptar de sua taxa de crescimento à disponibilidade de nutrientes no ambiente. A manutenção de nódulos após floração em baixo P pode ser uma estratégia para favorecer a formação de vagens e o enchimento de grãos por meio da FBN.

Referências

- ARAÚJO, A.P. & TEIXEIRA, M.G. Ontogenetic variations on absorption and utilization of phosphorus in common bean cultivars under biological nitrogen fixation. **Plant Soil**, 225: 1-10, 2000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- OLIVERA, M.; TEJERA, N.; IRIBARNE, C.; OCAÑA, A.; LLUCH, C. Growth, nitrogen fixation and ammonium assimilation in common bean (*Phaseolus vulgaris*): effect of phosphorus. **Physiologia Plantarum**, v.121, p. 498–505, 2004.
- PEREIRA, P.A.A.; BLISS, F.A. Nitrogen fixation and plant growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different levels of phosphorus availability. **Plant Soil**, 104: 79-84, 1987.
- RIBET J; DREVON JJ. Phosphorus deficiency increases the acetylene-induced decline in nitrogenase activity in soybean. **Journal of Experimental Botany**, v. 46, p. 1479–1486, 1995.
- VANCE,C.P. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition : plant nutrition in a word of declinig renewable resources.**Plant physiology**,. Vol 127, p. 390 -397, 2001.

Tabela 2: Valores de quadrado médio e médias dos caracteres de nodulação de 24 genótipos de feijoeiro crescidos sob duas doses de P no solo (P1 e P2, respectivamente 20 e 80 mg P kg⁻¹), em duas épocas de coleta (C1 e C2, respectivamente floração e 11 dias após floração), com a decomposição da soma dos quadrados de genótipo dentro de cada dose de P e de cada coleta.

| Fonte de variação | GL | Número de nódulos | Massa de nódulos | Massa de 1 nódulo | Razão nódulo/ raiz total | Massa Total da planta | Conteúdo de N na parte aérea | | |
|-------------------|--|---|------------------|-----------------------|---|---|------------------------------|-----------------------|-------|
| Coleta | 1 | 239251*** | 438548*** | 6531788*** | 1378,0*** | 275,20*** | 133691*** | | |
| P | 1 | 2825806*** | 1641305*** | 5520484*** | 7660,2*** | 426,81*** | 429538*** | | |
| C x P | 1 | 5914 | 99 | 1239194*** | 217,9*** | 34,90*** | 36243*** | | |
| Genótipo | 23 | 42646*** | 10738*** | 182424 | 32,1*** | 4,19*** | 2599** | | |
| C x G | 23 | 26757*** | 11337*** | 73674*** | 43,9*** | 0,66*** | 811*** | | |
| P x G | 23 | 14526* | 3216 | 116763*** | 39,4*** | 1,54*** | 1781*** | | |
| Cx P x G | 23 | 14735* | 4725** | 63619 | 17,8 | 0,42 | 629* | | |
| Gd/C1P1 | 23 | 7842 | 1243 | 50669 | 12,7 | 0,43 | 239 | | |
| Gd/C1P2 | 23 | 37948*** | 7087*** | 145225*** | 38,1*** | 2,60*** | 2045*** | | |
| Gd/C2P1 | 23 | 18682** | 8835*** | 118277*** | 40,1*** | 0,68** | 529* | | |
| Gd/C2P2 | 23 | 34192*** | 12850*** | 122308*** | 42,2*** | 3,11*** | 3006*** | | |
| Erro | 285 | 8910 | 2190 | 50639 | 12,2 | 0,33 | 340 | | |
| CV (%) | 1 | 47,87 | 37,24 | 35,64 | 33,26 | 18,18 | 21,62 | | |
| | | 1 ^a coleta | | 2 ^a coleta | | 1 ^a coleta | | 2 ^a coleta | |
| | | P1 | P2 | P1 | P2 | P1 | P2 | P1 | P2 |
| Médias | | Número de nódulos (planta ⁻¹) | | | | Massa de nódulos (mg planta ⁻¹) | | | |
| | | 83 | 262* | 140 | 304* | 27 | 157* | 94 | 225* |
| | | Massa de 1 nódulo (mg) | | | | Razão nódulo/ raiz total (%) | | | |
| | | 324 | 678* | 699 | 825* | 3,4 | 13,8* | 8,7 | 16,1* |
| | Massa total da planta (g. planta ⁻¹) | | | | Conteúdo de N na parte aérea (mg planta ⁻¹) | | | | |
| | 1,57 | 3,08* | 2,66 | 5,37* | 43 | 90* | 61 | 147* | |

*, **Significativo aos níveis de 5 e 1% pelo teste F