

Índices biométricos e fisiológicos em feijoeiro sob diferentes doses de adubação fosfatada

Physiological and biometric indices in bean under different doses of phosphorus

Claudemir Zucareli^{1*}; Edison Ulisses Ramos Junior²;
Mariana Alves de Oliveira³; Cláudio Cavariani⁴; João Nakagawa⁴

Resumo

O trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento do feijoeiro cultivar Carioca Precoce cultivado na “safra das águas” sob diferentes doses de fósforo aplicadas via solo. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, avaliando seis doses de fósforo (0, 30, 60, 90, 120 e 150 de Kg de P_2O_5 ha⁻¹), utilizando como fonte o superfosfato triplo, com cinco repetições. Foram avaliados os índices biométricos área foliar (cm² planta⁻¹) e massa de matéria seca (g plântulas⁻¹). Os índices fisiológicos taxa de crescimento da cultura (TCC, g m⁻² dia⁻¹); taxa de crescimento relativo (TCR, g g⁻¹ dia⁻¹); taxa assimilatória líquida (TAL, g m⁻² dia⁻¹); razão de área foliar (RAF, cm² g⁻¹) e área foliar específica (AFE, cm² g⁻¹) foram obtidos mediante análise de crescimento funcional. Os dados dos índices biométricos foram submetidos à análise de variância, com posterior construção de modelos de regressão. A massa de matéria seca e a área foliar do feijoeiro Carioca Precoce aumentam linearmente com o incremento das doses de fósforo aplicadas no solo. A massa de matéria seca tem aumento constante durante todo o ciclo e o índice de área foliar atinge o ponto máximo aos 52 dias após a emergência (DAE). A restrição de fósforo reduz a Taxa de Crescimento Relativo no início do desenvolvimento e alonga o ciclo fenológico da cultura do feijoeiro cv. Carioca Precoce.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, adubação, fósforo, análise de crescimento

Abstract

The study had the objective of evaluate the growth of bean cultivar Carioca early cultivated during the rainy season under different doses of phosphorus applied to soil. We adopted the experimental design at random blocks, evaluating six doses of phosphorus (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg P_2O_5 ha⁻¹), relying in the form of superphosphate triple, with five replicates. Biometric indices were evaluated leaf area (cm² plant⁻¹) and dry matter (g seedling⁻¹). Physiological indices of crop growth rate (CGR, g m⁻² day⁻¹), relative growth rate (RGR, g g⁻¹ day⁻¹), net assimilation rate (NAR, g m⁻² day⁻¹), leaf area ratio (LAR, cm² g⁻¹) and specific leaf area (SLA, cm² g⁻¹) were obtained through analysis of functional growth. The data from the biometric indices were submitted to analysis of variance, with subsequent construction of regression models. The dry matter and leaf area of bean Carioca Early increase linearly with increasing doses of applied phosphorus in the soil. The dry matter has increased constantly throughout the cycle,

¹ Eng^o Agr^o, Dr. Prof. Adjunto – Depto. de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, UEL, Cx. P. 6001, CEP: 86051-990, Londrina-PR. E-mail: claudemircca@uel.br

² Eng^o Agr^o, Dr. Pesquisador Científico, APTA Regional Sudoeste Paulista, Capão Bonito-SP. E-mail: edison@apta.sp.gov.br

³ Eng^o Agr^o, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, UEL. E-mail: agrostar@hotmail.com

⁴ Eng^o Agr^o, Dr. Prof. Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP/Botucatu-SP. E-mail: secdamv@fca.unesp.br

* Autor para correspondência

and the leaf area indices reach its maximum at 52 days after emergence (DAE). The restriction of phosphorus reduces the Relative Growth Rate at the beginning of the development and lengthen the physiological cycle of bean cultivar Carioca early.

Key words: *Phaseolus vulgaris*. Fertilization. Phosphorus. Growth analysis.

Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um produto tradicional na alimentação da população brasileira, sendo produzido praticamente o ano todo em diferentes épocas e sistemas de cultivo. Sob o ponto de vista nutricional, o feijão é considerado um alimento protéico, que contribui com até 28% das proteínas e 12% das calorias ingeridas, e também apresenta conteúdo calórico, mineral e vitamínico (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003). Além de ser uma cultura de subsistência, o feijoeiro ocupa também posição de destaque na agricultura empresarial de alta produtividade e rendimento econômico. No Brasil, a produção desta leguminosa caracteriza-se pela divisão do cultivo em três épocas, cultivo das “águas”, de setembro a dezembro, cultivo da “seca” ou safrinha, de janeiro a março, e cultivo de “outono-inverno” ou terceira época, de abril a julho (SILVA, 1996).

O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, sensível aos fatores climáticos e muito suscetível a pragas e doenças. Produtividades baixas têm sido obtidas principalmente nas épocas tradicionais de cultivo (“águas” e “seca”), em função da tecnologia rudimentar utilizada, das variações climáticas e do esgotamento progressivo da fertilidade do solo (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000).

A baixa disponibilidade de fósforo (P) é comum na maioria dos solos das regiões tropicais, sendo a limitação nutricional mais generalizada na produção agrícola. De acordo com Arf (1994), o P é o nutriente que mais influi na produtividade do feijoeiro na maioria dos solos brasileiros, tornando este elemento objeto de freqüentes estudos.

A eficiência da adubação fosfatada é baixa, pois grande parte do fósforo adicionado ao solo torna-se imóvel ou não disponível às lavouras, em virtude

de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997), tornando-se essencial sua adição ao solo para maximizar a produção.

Mesmo a eficiência da adubação fosfatada sendo baixa, faz-se necessário garantir a disponibilidade de fósforo às culturas, pois este elemento é essencial às plantas em virtude de sua atuação no crescimento das raízes, na maturação de frutos, na formação de grãos, frutos e fibras e no vigor das plantas (VITTI; WIT; FERNANDES, 2004). O fósforo é um nutriente capaz de afetar o vigor das sementes, o desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, o potencial produtivo da lavoura (SILVA; VAHL; PESKE, 2003).

A influência do fósforo na cultura do feijão está em aumentar a produção de matéria seca da parte aérea, conseqüentemente aumentando o número de vagens e a massa de sementes, que são os principais determinantes no aumento da produtividade (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2003).

Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito positivo da adubação fosfatada na cultura do feijoeiro, exercendo influência no acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea, no desenvolvimento do sistema radicular, na área foliar e nos componentes de produção (VIDAL; JUNQUEIRA NETO, 1982; CIAT 1986; YOUNGDAHL, 1990; RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993; FAGERIA, 1998; FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2003; SILVA, VAHL; PESKE, 2003).

A análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se como o elo entre o simples registro do rendimento das culturas e a análise destas por meio de informações obtidas pelos vários índices fisiológicos. Entre os mais

utilizados, encontram-se o índice de área foliar (IAF), a taxa de crescimento da cultura (TCC), a taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa assimilatória líquida (TAL) (PEREIRA; MACHADO, 1987).

Ao se avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é uma ferramenta fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível apenas com a avaliação do rendimento (BENINCASA, 2003). Assim, a análise de crescimento pode ser utilizada para conhecer a adaptação ecológica das plantas à novos ambientes, à competição interespecífica, aos efeitos de sistemas de manejo e à capacidade de interações com o ambiente (KVET et al., 1971).

Para se compreender alguns aspectos dos controles intrínsecos de cada cultivar, faz-se necessário estabelecer os índices fisiológicos, por meio da análise quantitativa do crescimento, que

permitam uma melhor compreensão da resposta da planta a determinado fator, como por exemplo à adubação fosfatada. Neste aspecto, o trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de feijoeiros cultivar Carioca Precoce sob diferentes doses de fósforo aplicadas via solo.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu – UNESP, que se encontra a 22°45' de latitude sul, 48°34' de longitude oeste, 750m de altitude. O clima característico da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico (Cwa), isto é, subtropical úmido com estiagem no período de inverno. A temperatura mínima e máxima diária assim como a precipitação pluvial diária durante o período de condução do experimento encontra-se apresentadas na (Figura 1).

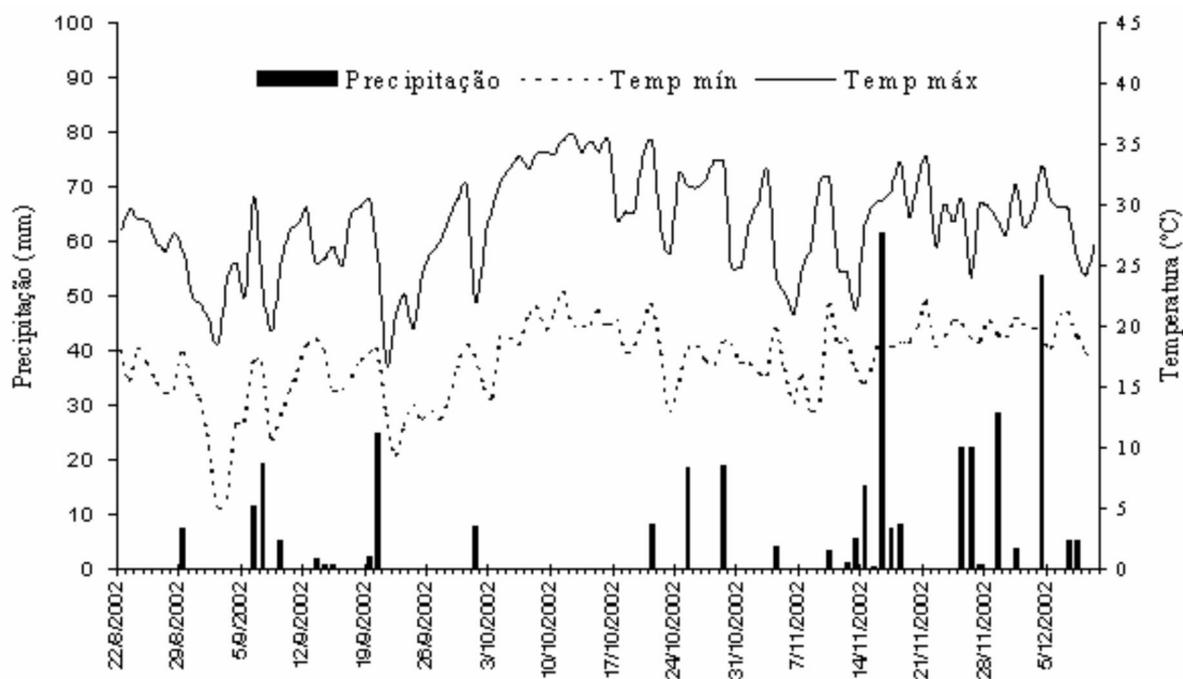


Figura 1. Dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas durante o período de condução do experimento.

O experimento foi conduzido na “safra das águas”, avaliando-se a cultivar de feijão Carioca Precoce, que apresenta ciclo curto de 65 a 80 dias, podendo atingir produtividade de 2500 kg ha⁻¹. Devido ao ciclo, a cultivar é mais exigente em fertilidade do solo e disponibilidade de água, sendo recomendada para solos de fertilidade média/alta e cultivo irrigado.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições. Foram avaliadas as doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 de Kg de P₂O₅ por hectare, utilizando como fonte de fósforo o superfosfato triplo. A parcela experimental foi constituída de seis linhas de 10 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,5 m. A área útil de cada parcela foi constituída pelas 4 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade, totalizando 18 m².

O experimento foi instalado em solo classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999). Previamente à instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo da área experimental à profundidade de 0-20 cm para análise química de acordo com a metodologia de Raij e Quaggio (1983). A necessidade de calagem, a adubação básica de sementeira e a de cobertura foram calculadas de acordo com Ambrosano et al. (1996), baseando-se nos resultados da análise química do solo (pH: 4,8, M.O: 24g/dm³, P:6 mg/ dm³, H+Al:31 mmol/ dm³, K⁺: 3,5 mmol/ dm³, Ca²⁺:23 mmol/ dm³, Mg²⁺:10 mmol/ dm³, SB:36, CTC:67 e V%:54).

A calagem foi realizada, aproximadamente, dois meses antes da sementeira, visando à elevação da saturação por bases para 70%. No momento da sementeira, foram aplicados 10 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio e 10 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia e, em cobertura, foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de N (uréia), parcelado em partes iguais aos 15 e 30 dias após a emergência (DAE) das plântulas. O preparo do solo foi realizado quando o mesmo apresentava condições adequadas de umidade, uma aração e duas gradagens.

A sementeira foi realizada com sementes tratadas momento antes do plantio com Vitavax-Thiram (Carboxin+Thiram) na dosagem de 200 mL 100 kg⁻¹ de semente. Utilizou-se 15 sementes por metro linear para se obter densidade de aproximadamente 240.000 plantas ha⁻¹.

O controle de doenças, pragas e plantas daninhas foi conduzido mediante monitoramento da cultura e, quando necessário, produtos recomendados foram aplicados. As irrigações foram efetuadas por um sistema de aspersão do tipo convencional de modo a atender as necessidades do sistema solo-planta, principalmente nas fases de emergência das plântulas, florescimento pleno e enchimento de grãos.

A análise de crescimento foi procedida em amostras de 10 plantas coletadas quinzenalmente, a partir do décimo dia após a emergência (DAE) até o final do ciclo da cultura, nas duas linhas externas da área útil da parcela. Em todas as colheitas, foram determinados os índices biométricos e, a partir destes, foram calculados os índices fisiológicos.

Em relação aos índices biométricos, os trifólios foram separados dos pecíolos para se obter a área foliar com o auxílio de um medidor Li-Cor, modelo LI-3100, com os resultados expressos em cm². Para a massa de matéria seca, as plantas coletadas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingirem massa constante. Em seguida, foram pesadas em balança com precisão de 0,001g para obtenção da massa de matéria seca (MMS), expressa em g plântulas⁻¹.

Os índices fisiológicos foram obtidos mediante análise de crescimento funcional, realizada segundo as recomendações de Portes e Castro Júnior (1991), por meio do programa computacional ANACRES. A taxa de crescimento da cultura (TCC) expressa em g m⁻² dia⁻¹, equivale ao incremento de material da planta entre duas amostragens por unidade de tempo e indica a velocidade média de crescimento ao longo do ciclo. A taxa de crescimento relativo (TCR) expressa em g g⁻¹dia⁻¹, é decorrente do

material inicial, isto é, do material preexistente e corresponde ao incremento de matéria seca total por unidade de matéria seca existente por unidade de tempo. A taxa assimilatória líquida (TAL), expressa em $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, reflete a eficiência do aparelho fotossintético em termos de matéria seca produzida em gramas por centímetros quadrado de área foliar por unidade de tempo. A razão de área foliar (RAF) expressa em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$, representa a área foliar útil para fotossíntese e é definida pela razão entre a superfície foliar (AF) e a matéria seca total da planta. A área foliar específica (AFE), expressa em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$, representa o inverso da espessura da folha e é definida pela razão entre a área foliar (AF) e a matéria seca de lâminas foliares. Os dados dos índices biométricos foram submetidos à análise de variância, com posterior construção de modelos de regressão.

Resultados e Discussão

A massa de matéria seca (MMS) e a área foliar (AF) do feijoeiro cv. Carioca Precoce apresentaram resposta linear crescente conforme aumento das doses de fósforo aplicadas no solo, como pode ser observado na (Figura 2). Desta forma, não foi possível definir o ponto de máxima resposta da cultura à adubação fosfatada. Esses resultados demonstram a responsividade da cultivar Carioca Precoce à adubação fosfatada quanto à produção biológica. Fageria, Barbosa Filho e Stone (2003) relataram, dentre as influências do P no ciclo do feijoeiro, o aumento da produção de massa de matéria seca da parte aérea, destacando que essa variável está associada com a produtividade sendo, portanto, importante conhecer o acúmulo de massa de matéria seca durante o ciclo da cultura.

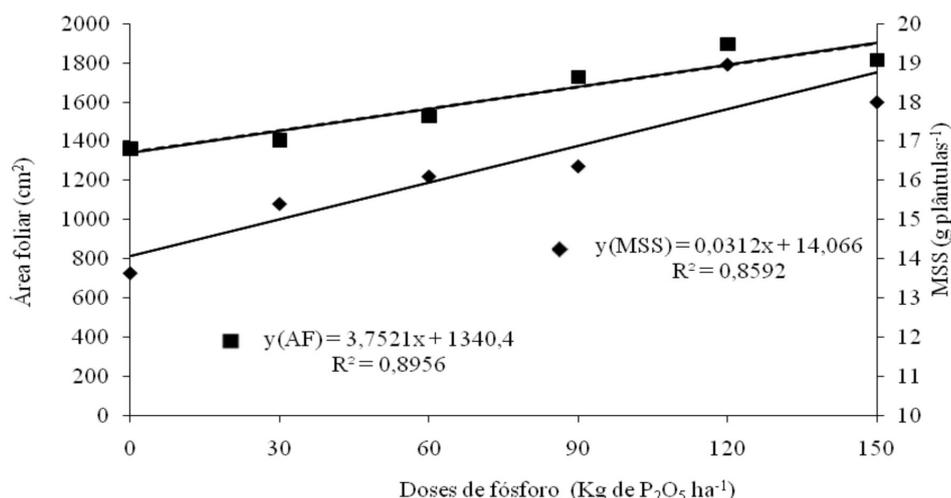


Figura 2. Massa de matéria seca (MMS) e área foliar (AF) de plantas de feijoeiro, cultivar Carioca precoce, cultivadas na “safra das águas” em função de diferentes doses de fósforo.

A menor área foliar observada pode estar associada ao fato da menor disponibilidade de fósforo reduzir a área foliar, principalmente pela redução no número de folhas e, secundariamente, pela limitação da expansão da folha (RODRIGUEZ; KELTJENS; GOUDRIAAN, 1998). Em solo com baixa disponibilidade de fósforo, Lynch,

Lauchili e Epstein (1991) também relataram menor crescimento do feijoeiro em virtude do menor número de folhas.

A massa de matéria seca (MMS) e a área foliar (AF) do feijoeiro Carioca Precoce apresentaram ajuste quadrático em função da época de avaliação (DAE), como pode ser observado na (Figura 3). A

MMS apresentou ponto de mínima aos 15 DAE. Posteriormente, a MMS apresentou acúmulo contínuo até os 85 DAE. Jauer et al. (2003), em estudo com diferentes populações de plantas para a cultivar de feijoeiro comum Pérola, constatou que o acúmulo de matéria seca foi crescente para todas as densidades dos 30 DAE até 75 DAE. Os efeitos da adubação fosfatada no aumento da produção de MMS em feijoeiro foram relatados por Fageria, Barbosa Filho e Stone (2003), em que a produção de MMS também seguiu o modelo exponencial quadrático em relação à idade da planta. Segundo os autores, a produção de matéria seca aumentou linearmente até os 78 dias de idade e diminuiu

após esse período devido à queda de folhas e da translocação de produtos fotossintetizados para as vagens e sementes.

No presente estudo, a área foliar atingiu o ponto de máxima aos 52DAE, seguido por redução até os 85 DAE (Figura 3). Com o avanço do ciclo da cultura, a redução da área foliar deve-se à menor potencialidade da planta em produzir folhas novas e à senescência e queda de folhas (BENINCASA, 2003). O rendimento de grãos do feijoeiro depende diretamente do IAF no florescimento, cujo aumento proporciona maior interceptação de luz e conseqüentemente maior fotossíntese e maior produtividade de massa de matéria seca e de grãos (SILVA; VAHL; PESKE, 2003).

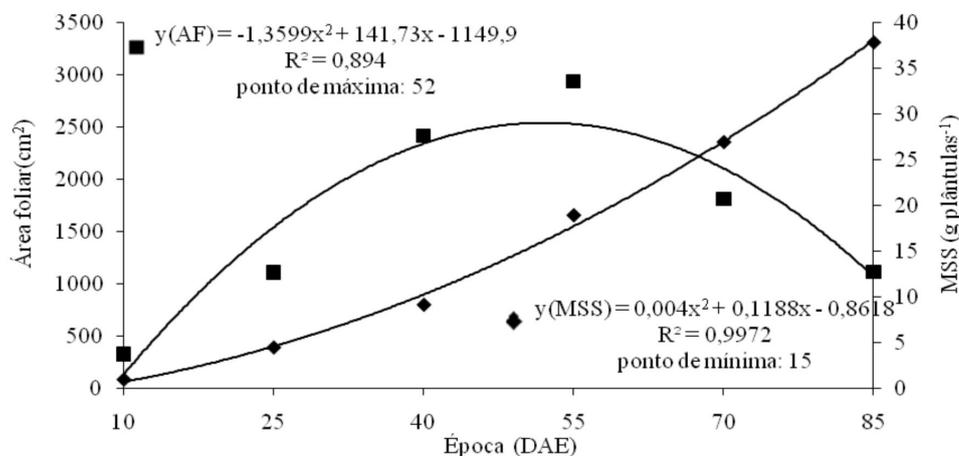


Figura 3. Massa de matéria seca (MMS) e área foliar (AF) da cultivar Carioca precoce cultivada na “safra das águas” submetida a diferentes doses de fósforo (Kg de P_2O_5 ha^{-1}) em função de dias após a emergência.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) apresentou aumento durante o ciclo do feijoeiro, independentemente das doses de P aplicado via solo (Figura 4). As doses de fósforo apresentaram comportamento semelhante até os 70 DAE. No final do ciclo da cultura, as doses de 90 e 150 kg P_2O_5 ha^{-1} resultaram em menor TCC. O aumento

de MMS até a última coleta resulta de plantas que ainda apresentavam algumas folhas senescentes e vagens em processo de maturação, e deve-se ainda ao fato das coletas serem realizadas em intervalos quinzenais, não permitindo detectar redução da TCC no final do ciclo da cultura, como esperado.

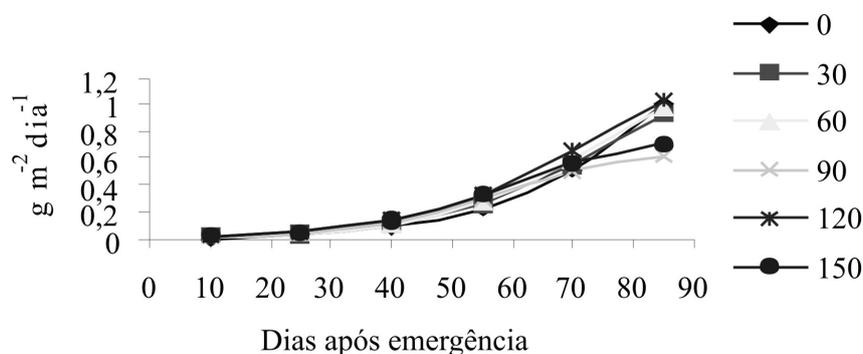


Figura 4. Taxa de crescimento da cultura (TCC) em feijoeiro Cv. Carioca Precoce submetido a diferentes doses de fósforo (kg P₂O₅ ha⁻¹) aplicadas no solo.

Segundo Benincasa (2003), a TCC representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, ou seja, sua produtividade primária. Normalmente, a TCC, após um aumento inicial, decresce conforme a maturidade, devido à senescência da planta. Porém, no presente estudo, tal comportamento foi observado apenas para as maiores doses, indicando que plantas supridas adequadamente com fósforo tendem a completar o ciclo mais rapidamente. De acordo com Brown (1984), os valores máximos de TCC geralmente coincidem com os primeiros estádios de frutificação, seguido de decréscimo conforme a maturação das plantas devido à paralisação do crescimento vegetativo, perda de folhas e senescência.

A taxa de crescimento relativo (TCR) declinou conforme o ciclo fenológico da cultura, independentemente da dose de fósforo aplicada no solo (Figura 5). As doses de 90, 120 e 150 kg P₂O₅ ha⁻¹ apresentaram maiores valores de TCR no início do desenvolvimento da cultura; contudo, no final do ciclo, os maiores valores de TCR foram observados com as doses de 0, 30 e 60 kg P₂O₅ ha⁻¹. A dose zero de fósforo promoveu menor TCR no início do desenvolvimento e alongou o ciclo fenológico da cultura, por tender a manter a TCC, a TCR e a TAL por um período superior em relação às maiores doses de fósforo.

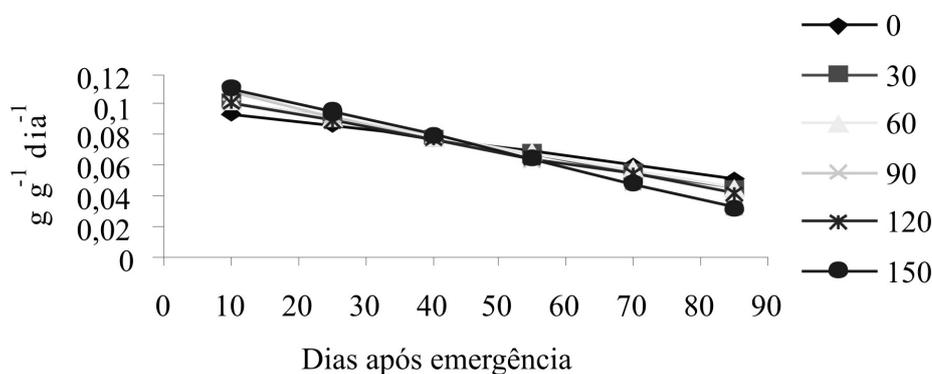


Figura 5. Taxa de crescimento relativo (TCR) em feijoeiro Cv. Carioca Precoce submetido a diferentes doses de fósforo (kg P₂O₅ ha⁻¹) aplicadas no solo.

O decréscimo da TCR deve-se à elevação da atividade respiratória, ao auto-sombreamento, cuja importância aumenta com o avanço do ciclo fenológico da planta (URCHEI; RODRIGUES; STONE, 2000) e também ao aumento da massa de matéria seca ocasionado pelo acréscimo de componentes estruturais, que não contribuem para o crescimento por não serem fotossinteticamente ativos (RODRIGUES, 1982). Segundo Brown (1984), a senescência e queda das folhas e a morte de gemas também poderiam explicar o decréscimo

da TCR observado no final do ciclo dos feijoeiros no presente estudo.

A taxa assimilatória líquida (TAL) aumentou durante o ciclo da cultura para todas as doses de fósforo avaliadas (Figura 6), com menores valores para as doses de 90 e 150 kg P₂O₅ ha⁻¹ na última avaliação, justificando o comportamento observado na TCC. Considerando que a TCR depende da TAL e da RAF (BENINCASA, 2003), a menor TAL obtida na maior dose de P ao final do ciclo certamente contribuiu para a menor TCR.

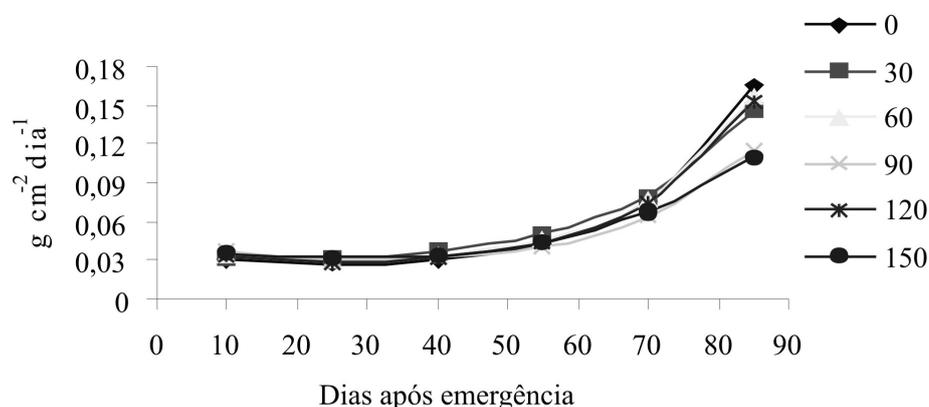


Figura 6. Taxa de assimilação líquida (TAL) em feijoeiro Cv. Carioca Precoce submetido a diferentes doses de fósforo (kg P₂O₅ ha⁻¹) aplicadas no solo.

A TAL representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e o consumido pela atividade respiratória, isto é, a matéria seca produzida por unidade de área foliar por unidade de tempo (BENINCASA, 2003). Segundo (LYNCH; LÄUCHLI; EPSTEIN, 1991), a disponibilidade de fósforo afeta o crescimento do feijoeiro principalmente pela diminuição do aparecimento de folhas mais do que por efeitos diretos na fotossíntese.

A razão de área foliar (RAF) seguiu comportamento semelhante para todas as doses de

fósforo aplicadas (Figura 7), mantendo-se estável até os 25 DAE e reduzindo continuamente até a última coleta. A redução da RAF conforme o avanço do ciclo da cultura deve-se à redução na potencialidade de produção de folhas, à interferência das folhas superiores sobre as inferiores, à senescência e à queda das folhas (BENINCASA, 2003), além do surgimento de estruturas e tecidos não-assimilatórios, como flores, vagens e sementes, que contribuem para o aumento da massa seca total (URCHEI; RODRIGUES; STONE, 2000)

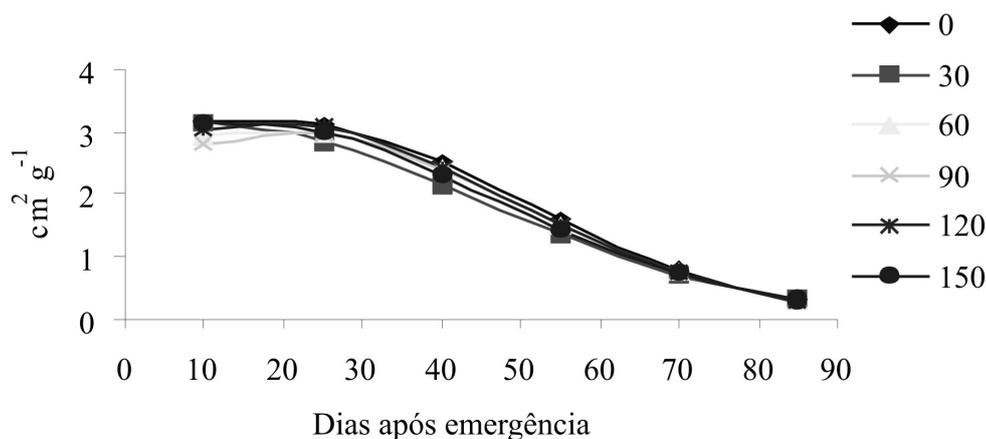


Figura 7. Razão de área foliar (RAF) em feijoeiro Cv. Carioca Precoce submetido a diferentes doses de fósforo ($\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) aplicadas no solo.

Segundo Alvarez et al. (2005), a tendência da RAF é diminuir a partir de uma certa fase do ciclo em função da redução da área foliar útil. Já Rodrigues (1982) afirma que este índice representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético, sendo bastante apropriado à avaliação dos efeitos genotípicos, climáticos e de comunidades vegetais.

Para a área foliar específica (AFE), observaram-se comportamentos semelhantes para as doses

aplicadas (Figura 8). Verificou-se redução mais acentuada da AFE até os 40 DAE, devido ao acúmulo dos fotoassimilados nas folhas. Após os 40 DAE, os decréscimos foram menos acentuados, em função da translocação de fotoassimilados para formação de vagens e grãos e da senescência foliar. A AFE representa o inverso da espessura foliar (BENINCASA, 2003), indicando se houve acúmulo de fotoassimilados nas folhas ou se estes foram translocados para outros órgãos.

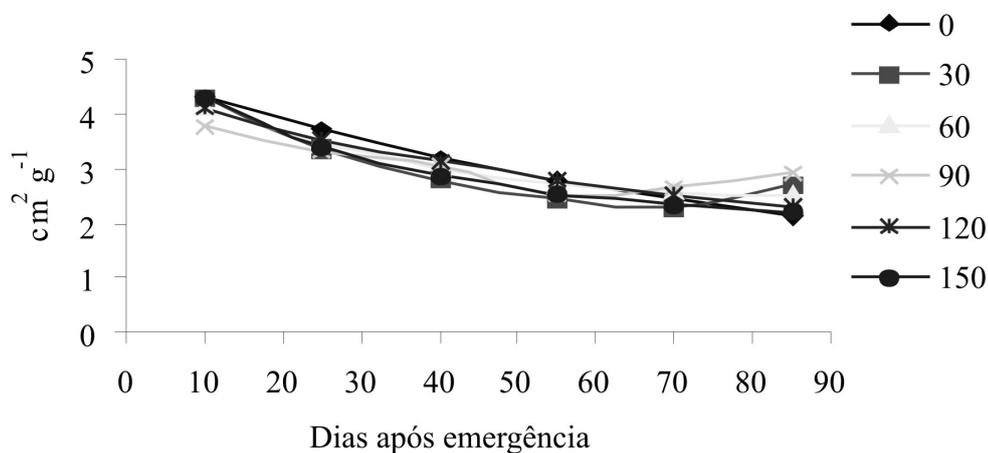


Figura 8. Área foliar específica (AFE) em feijoeiro Cv. Carioca Precoce submetido a diferentes doses de fósforo ($\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) aplicadas no solo.

Conclusões

A massa de matéria seca e a área foliar do feijoeiro Carioca Precoce aumentam linearmente com o incremento das doses de fósforo aplicadas no solo.

A massa de matéria seca tem aumento constante durante todo o ciclo e o índice de área foliar atinge o ponto máximo aos 52 dias após a emergência (DAE).

A restrição de fósforo reduz a Taxa de Crescimento Relativo no início do desenvolvimento e alonga o ciclo fenológico da cultura do feijoeiro cv. Carioca Precoce.

Referências

ALVAREZ, R. C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ, A. C. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Comparação de dois cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) através da análise de crescimento. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 27, n. 4, p. 611-616, out./dez. 2005.

AMBROSANO, J. E.; WUTKE, E. B.; BULINASI, E. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas: feijão. In: RAIJ, B. V.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996, p. 194-195. (IAC. Boletim técnico, 100).

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. (Ed.). *Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas*. São Paulo: Ícone, 1994. p. 233-248.

BENINCASA, M. P. M. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BROWN, R. H. Growth of the green plant. In: TESAR, M. B. (Ed.). *Physiological basis of the crop growth and development*. Madison: American Society of Agronomy e Crop science society of America, 1984, p. 153-174.

CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical. *Programa de frijol*. México D. F: Instituto de Ecologia, 1986. 341 p. (Informe anual).

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. *Produção de feijão*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa-SPI, Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

FAGERIA, N. K. Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 128-131, 1998.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: POTAFÓS. *Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba: Informações Agronômicas, 2003. n. 102, p. 1-9.

HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v. 35, n. 2, p. 227-239, 1997.

JAUER, A.; DUTRA, L. M. C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, A. C.; LOSEKANN, M. E.; UHRY, D.; STEFANELO, C.; FARIAS, J. R.; LUDWIG, M. P. Análise de crescimento da cultivar de feijão pérola em quatro densidades de semeadura. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia*, Uruguaiana, v. 10, n. 1, p. 1-12. 2003.

KVET, J.; ONDOK, J. P.; NECAS, J.; JARVIS, P. G. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.; CATSKY, J.; JARVIS, P. G. (Ed.). *Plant photosynthetic production: manual of methods*. The Hague: W. Junk, 1971. p. 343-391.

LYNCH, J.; LAUCHILI, A.; EPSTEIN, E. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus. *Crop Science*, Madison, v. 31, n. 1, p. 380-387, 1991.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. *Análise quantitativa de crescimento de comunidades vegetais*. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1987. 33 p. (Boletim Técnico, 114).

PORTES, T. A.; CASTRO JÚNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, v. 3, n. 1, p. 53-56, 1991.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, A. J. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1993. 271 p.

- RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 23, p. 39-45, dez. 2003. Suplemento.
- RODRIGUES, S. D. *Análise de crescimento de plantas de soja (Glycine max L. Merrill) submetidas à carências nutricionais*. 1982. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro.
- RODRIGUEZ, D.; KELTJENS, W. G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. *Plant and Soil*, New York, v. 200, n. 2, p. 227-240, 1998.
- SILVA, C. C. Estabelecimento da cultura. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Ed.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 417-432.
- SILVA, R. J. S.; VAHL, L. C.; PESKE, S. T. Rendimento de grãos no feijoeiro em função dos teores de fósforo nas sementes. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 9, n. 3, p.247-250, 2003.
- URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, mar. 2000.
- VIDAL, L. S., JUNQUEIRA NETO, A. J. Efeito da densidade de plantas e de doses de fósforo sobre algumas características de duas cultivares de feijão. *Ciência Prática*, Lavras, v. 6, n. 2, p. 195-207, 1982.
- VITTI, G. C.; WIT, A.; FERNANDES, B. E. P. Eficiência agrônômica dos termofosfatos e fosfatos reativos naturais. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2004, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: POTAFOS, p. 690-694, 2004.
- YOUNGDAHL, L. J. Differences in phosphorus efficiency in bean genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 13, n. 11, p. 1381-1392, 1990.

