

**ACÚMULO DE NUTRIENTES E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE
FEIJOEIRO-COMUM, EM DIFERENTES
POPULAÇÕES E SISTEMAS DE CULTIVO**

NEIVA MARIA BATISTA VIEIRA

2009

NEIVA MARIA BATISTA VIEIRA

**ACÚMULO DE NUTRIENTES E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE
CULTIVARES DE FEJJOEIRO-COMUM, EM DIFERENTES
POPULAÇÕES E SISTEMAS DE PLANTIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Vieira, Neiva Maria Batista.

Acúmulo de nutrientes e desempenho agrônômico de cultivares de feijoeiro-comum, em diferentes populações e sistemas de cultivo / Neiva Maria Batista Vieira. – Lavras : UFLA, 2009.
117 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: Messias José Bastos de Andrade.
Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Nutrição de plantas. 3. Sistemas de manejo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.658

NEIVA MARIA BATISTA VIEIRA

**ACÚMULO DE NUTRIENTES E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-
COMUM, EM DIFERENTES POPULAÇÕES E
SISTEMAS DE CULTIVO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2009

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Prof. Dr. Élberis Pereira Botrel	UFLA
Prof. Dr. Telde Natel Custódio	UFSJ
Prof. Dr. Iran Dias Borges	UNIMONTES

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

*A Deus e aos meus pais, Valter Batista Vieira (in memoriam) e Maria Assis
Vieira,*

OFEREÇO

Ao meu irmão e dindinho, Waldônio Dehon.

Ao meu marido, Marcelo.

Ao meu orientador, Prof. Messias.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Valter Batista Vieira (*in memoriam*) e Maria Assis Vieira, pelo amor e exemplo de vida, fundamentais para tornar esse momento possível.

Aos meus irmãos, em especial àquele que é meu padrinho, pelo apoio em todas as horas, pelo incentivo e convívio familiar.

Aos meus sobrinhos, alegria e orgulho de minha vida.

Ao meu marido, Marcelo, pelo amor, dedicação, compreensão, auxílio, persistência e momentos de alegria passados juntos.

Aos demais familiares, em especial à minha cunhadinha Cecília, exemplo de luta.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Agricultura, Setor de Grandes Culturas, pela oportunidade não só da realização do doutorado, mas por todas as conquistas que aí obtive, desde o início do curso de Agronomia. Foram quase nove anos de convivência.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Professor Messias, pela orientação, disponibilidade, paciência, amizade, exemplo de profissionalismo demonstrado durante estes anos de convivência e espelho em minha carreira.

A minha coorientadora, Professora Janice Guedes de Carvalho, pelo apoio durante o planejamento e a condução do projeto de pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, professores Janice Guedes de Carvalho, Élderis Pereira Botrel, Telde Natel Custódio e Iran Dias Borges, pela disponibilidade na avaliação deste trabalho.

Aos funcionários técnico-administrativos do Setor de Grandes Culturas, João Pila, Alessandro, Júlio, Agnaldo e Manguinha, por todo apoio, auxílio e simpatia sempre constantes.

Às amigas e colegas de trabalho, Anatércia e Damyani, pela ajuda e disponibilidade sempre constantes.

Àquelas que provaram ser verdadeiras amigas: Cíntia, Marcela, Fernanda Nery, Fernanda Soares e Viviane. Amo muito vocês.

À Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), na pessoa de meu colega de trabalho e amigo Prof. Virgílio, pela oportunidade oferecida e por me ensinar a ser uma profissional. Nunca vou me esquecer isso.

Aos meus queridos alunos, razão de minha vida profissional, por me acolherem com carinho e me ensinarem que a vida é construída de sonhos.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a conclusão de mais uma etapa de minha vida e que, embora não citados aqui, não deixam de merecer meu profundo agradecimento.

BIOGRAFIA

NEIVA MARIA BATISTA VIEIRA, filha de Valter Batista Vieira e Maria Assis Vieira, nasceu em 2 de abril de 1979, em Iguatama, MG, onde viveu toda sua infância e juventude. Estudou na Escola Estadual "Paula Carvalho", localizada nesta mesma cidade, até sua formação nos cursos de Auxiliar de Laboratório e Análises Químicas e Ensino Normal, em 1996. Em março de 1999, iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrônômica, na Universidade Federal de Lavras, concluindo-o em dezembro de 2003. Durante este período, foi bolsista de iniciação científica do CNPq no Departamento de Agricultura, onde desenvolveu projetos de pesquisa no Setor de Grandes Culturas, sob a orientação do Prof. Messias José Bastos de Andrade. Em março de 2004, iniciou o Mestrado em Agronomia/Fitotecnia na UFLA, concluindo-o em fevereiro de 2006. Em março deste mesmo ano, ingressou no doutorado, neste mesmo Departamento. Em agosto de 2007 foi aprovada, em concurso, para o cargo de professora na Universidade Estadual de Montes Claros, Campus Janaúba, onde leciona até a presente data. Em fevereiro de 2009, concluiu o doutorado com a defesa desta tese.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
ARTIGO I: Altura de planta e acúmulo de matéria seca de cultivares de feijoeiro-comum em diferentes ambientes e populações de plantas.....	01
Resumo	01
Abstract.....	01
Introdução.....	02
Material e métodos.....	04
Resultados e discussão.....	08
Conclusões.....	16
Referências bibliográficas.....	16
ARTIGO II: Acúmulo de macronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, em função da população de plantas, em plantio convencional....	21
Resumo	21
Abstract.....	21
Introdução.....	22
Material e métodos.....	23
Resultados e discussão.....	27
Conclusões.....	35
Referências bibliográficas.....	36
ARTIGO III: Acúmulo de macronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, em função da população de plantas, em plantio direto.....	40
Resumo	40
Abstract.....	40
Introdução.....	41
Material e métodos.....	42
Resultados e discussão.....	46
Conclusões.....	54
Referências bibliográficas.....	55
ARTIGO IV: Acúmulo de micronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, em função da população de plantas, em plantio convencional....	59
Resumo	59
Abstract.....	59
Introdução.....	60
Material e métodos.....	62
Resultados e discussão.....	66

Conclusões.....	75
Referências bibliográficas.....	76
ARTIGO V: Acúmulo de micronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, em função da população de plantas, em plantio direto.....	
Resumo	80
Abstract.....	80
Introdução.....	81
Material e métodos.....	83
Resultados e discussão.....	87
Conclusões.....	93
Referências bibliográficas.....	93
ARTIGO VI: Rendimento de grãos e seus componentes de cultivares alternativas de feijoeiro-comum em diferentes ambientes e população de plantas.....	
Resumo	97
Abstract.....	97
Introdução.....	98
Material e métodos.....	102
Resultados e discussão.....	105
Conclusões.....	112
Referências bibliográficas.....	113

RESUMO

VIEIRA, Neiva Maria Batista. **Acúmulo de nutrientes e desempenho agrônômico de cultivares de feijoeiro-comum, em diferentes populações e sistemas de cultivo.** 2009. 117 p. Tese (Doutorado em Agronomia. Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Com o objetivo de estudar o crescimento, o rendimento de grãos e o acúmulo de nutrientes de quatro cultivares de feijoeiro-comum, em diferentes populações, foram conduzidos dois experimentos de campo, instalados em diferentes ambientes (sistema de plantio direto, em solo com média fertilidade e plantio convencional, em solo mais pobre). O delineamento estatístico utilizado em cada experimento foi em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijão (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho e Jalo EEP 558) e cinco populações de plantas (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹). Determinou-se o progresso da altura, do acúmulo de matéria seca da parte aérea e do acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo de cada cultivar, utilizando-se amostras coletadas a cada dez dias. Por ocasião da colheita, determinaram-se o rendimento de grãos e seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos). Concluiu-se que o ambiente com plantio direto e maior fertilidade do solo proporciona maior altura de planta e maior acúmulo de matéria seca da parte aérea do feijoeiro. Em ambos os ambientes, a altura máxima foi atingida antes do acúmulo máximo de matéria seca, que é alcançado no final do ciclo cultural; a altura de planta e o acúmulo de matéria seca na parte aérea variam com a cultivar; maiores densidades populacionais afetam pouco a altura de plantas, entretanto, incrementam o acúmulo de matéria seca da cv. Bolinha no ambiente com plantio convencional e solo menos fértil. No ambiente com plantio direto e solo mais fértil, as cultivares Jalo EEP e BRS Radiante apresentam máximo acúmulo de matéria seca até 250 e 322 mil plantas.ha⁻¹. Em plantio convencional, por ocasião do florescimento, mais de 65% do total de cada macronutriente já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro; os macronutrientes N, P, K, Mg e S são absorvidos até o final do ciclo ou próximo dele, enquanto o Ca apresenta máxima absorção por volta dos 50-60 dias após a emergência. Em termos de quantidades acumuladas de K, Ca, Mg e S, a cv. Ouro Vermelho supera as demais. A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes nas cultivares estudadas foi: N>K>Ca>Mg>P>S. O aumento da densidade populacional até 355 mil plantas ha⁻¹ incrementa o acúmulo de macronutrientes pelo feijoeiro. Em plantio direto, por ocasião do florescimento, mais de 85% do

*Comitê Orientador: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho – UFLA

total de cada macronutriente já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro. Os macronutrientes apresentam máxima absorção anterior ao final do ciclo, principalmente o Ca, cuja absorção máxima ocorre mais cedo, por volta dos 50-60 dias após a emergência. Em termos de quantidades acumuladas de S, a cv. Ouro Vermelho supera as demais. A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes na cultivares estudadas foi a seguinte: N>K>Ca>P>Mg>S. O aumento da densidade populacional até 355 mil plantas ha⁻¹ incrementa o acúmulo de macronutrientes pelo feijoeiro. Em plantio convencional, por ocasião do florescimento, mais de 70% do total de Fe, Mn e Zn já é acumulada pelas cultivares de feijoeiro. Os micronutrientes B e Cu têm baixo acúmulo inicial, que é incrementado 40-50 dias após a emergência até a maturação. Os demais micronutrientes são acumulados de forma significativa desde o início do ciclo. No plantio convencional, a ordem decrescente de acúmulo de micronutrientes nas cultivares estudadas foi: Fe>B>Mn>Zn>Cu. As cultivares não diferem quanto ao acúmulo de B, mas 'Jalo' e 'Radiante' acumulam mais Fe, enquanto 'Ouro Vermelho' destaca-se no acúmulo de Mn e Zn. O acúmulo de micronutrientes é crescente quando se aumenta a densidade populacional até 355 mil plantas ha⁻¹, exceto na 'Ouro Vermelho', em que o máximo acúmulo ocorre entre 145 e 215 mil plantas ha⁻¹. Em plantio direto, por ocasião do florescimento, mais de 69% do total de cada micronutriente já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro. O boro é gradualmente acumulado ao longo de todo o ciclo e o ferro é acumulado de forma mais rápida pelas cultivares de feijoeiro. As cultivares não diferem quanto às quantidades acumuladas de boro, manganês e zinco, mas a cv. Jalo acumula mais cobre, enquanto 'Bolinha' e 'Radiante' acumulam mais ferro. A ordem decrescente de acúmulo de micronutrientes foi Fe>B>Mn>Zn>Cu. O incremento da densidade populacional aumenta o acúmulo de micronutrientes pela cultura do feijoeiro, exceto o do ferro. Nos dois ambientes, as cultivares Jalo e Radiante apresentam maior massa de cem grãos e têm essa massa reduzida com o incremento da densidade de plantas; 'Bolinha' e 'Ouro Vermelho' não têm a massa de cem grãos afetada. O número de vagens por planta não é influenciado pelo sistema de plantio, mas varia com a cultivar e é reduzido à medida que aumenta a densidade populacional, exceto na cv. Bolinha. Nos dois ambientes, maior número de vagens foi apresentado pela cv. Ouro Vermelho. O número de grãos por vagem é o componente do rendimento menos influenciado pelas densidades populacionais: apenas a cv. Ouro Vermelho, no ambiente 2 (sistema convencional), teve este número reduzido com o aumento da população. Nestas condições, o efeito das populações de plantas é dependente da cultivar e somente na cv. Bolinha, uma das menos produtivas, o incremento da população incrementa o rendimento de grãos. Em termos de rendimento médio, as cultivares Bolinha e Jalo são superadas pela cultivar Radiante e esta, superada pela cv. Ouro Vermelho.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, nutrição de plantas, sistemas de manejo.

ABSTRACT

VIEIRA, Neiva Maria Batista. **Accumulation of nutrients and agronomic performance of common bean cultivars in different populations and cropping systems.** 2009. 117 p. Thesis (Doctorate in Agronomy/Crop Science)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

With the objective of studying growth, grain yield and accumulation of nutrients by four common bean cultivars in different stands, two field experiments were conducted, established in different environments (no-tillage system, in soil of medium-fertility and conventional planting in poorer soil). The statistical design utilized in each experiment was randomized blocks with three replicates and factorial scheme 4x5, involving four bean cultivars (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho and Jalo EEP 558) and five plant stands (75, 145, 215, 285 and 355 thousand plants.ha⁻¹). The progression of height, dry matter accumulation of the shoot and nutrient accumulation along the cycle of each cultivar, utilizing samples collected every 10 days. On the occasion of harvest, grain yield and its components (number of pods per plant, number of grains per pod and mass of one hundred grains) were determined. It follows that no-tillage ambiente and increased soil fertility provides increased plant height and greater accumulation of shoot dry matter of the bean plant; in both environments, the maximum height is reached at the end of the cultural cycle, plant height and dry matter accumulation in the shoot range with the cultivar; increased stands affect little plant height, however, increased the dry mater accumulation of cv. Bolinha in the environment with conventional planting and less fertile soil. In the environment of no-tillage and more fertile soil, both cultivars Jalo EEP and BRS Radiante presented maximum dry matter accumulation up to 250 and 322 thousand plants.ha⁻¹. In conventional planting, on the occasion of flowering, over 65% of the total of each macronutrient is already accumulated by bean cultivars; the macronutrients N, P, K, Mg and S are absorbed till the late cycle or close to it, whereas Ca presents maximum absorption around 50-60 days after emergence. In terms of amounts accumulated of K, Ca, Mg and S, cv. Ouro Vermelho overcomes the others. The decreasing rank of macronutrient accumulation studied is N>K>Ca>Mg>P>S. the increase of the stand up to 355 mil plants ha⁻¹ enhances macronutrient accumulation by the bean plant. In non-tillage systems, on the occasion of flowering, more than 85% of the total of each macronutrient is already accumulated by the bean cultivars. Macronutrients present maximum previous absorption at the end of the cycle, chiefly Ca, the maximum absorption of which takes place earlier, around 50-60 days after

*Guidance Committee: José Bastos de Andrade – UFLA (Adviser), Janice Guedes de Carvalho – UFLA

emergence. In terms of amounts accumulated of S, cv. Ouro Vermelho overcomes the others. The decreasing rank of macronutrient accumulation in the studied cultivars is N>K>Ca>P>Mg>S. The increase of stand up to 355 thousand plants ha⁻¹ increments micronutrient accumulation by the bean plant. In conventional planting, on the occasion of flowering, over 70% of the total of Fe, Mn and Zn is already accumulated by the bean cultivars. The micronutrients B and Cu show early accumulation lower, which is increased from the 40-50 days after emergence to maturation. The other micronutrients are accumulated in a significant manner since the early cycle. In conventional planting, the decreasing rank of micronutrient accumulation in the cultivars studied is Fe>B>Mn>Zn>Cu. The cultivars do not differ as to B accumulation, but cvs. Jalo and Radiante accumulate more Fe, whilst cv. Ouro Vermelho stands out in accumulating Mn and Zn. Micronutrient accumulations is growing when stand is increased up to 355 thousand plants ha⁻¹, except in cv. Ouro Vermelho, when the maximum accumulation takes place between 145 and 215 thousand plants ha⁻¹. In no tillage system, on the occasion of flowering, more than 69% of the total of each micronutrient is already accumulated by bean cultivars. Boron is gradually accumulated along all the cycle and iron is accumulated in faster manner by bean cultivars. The cultivars do not differ as to the amounts accumulated of Boron, Manganese and Zinc, but cv. Jalo accumulates more copper, while cvs. Bolinha and Radiante accumulate more iron. The decreasing order of micronutrient accumulation was Fe>B>Mn>Zn>Cu. The increase of the stand enhances micronutrient accumulation by the bean crop, except the one of iron. In both the ambientes, cvs. Jalo and Radiante present greater one hundred grain mass and have that mass reduced with increasing plant stand; cvs. Bolinha and Ouro Vermelho do not have the one hundred grain mass affected. The number of pods per plant is no influenced by palntign system, but it ranges with the cultivar and it is reduced as stand is increased, except in cv. Bolinha; in both the ambientes, greater number of pods is presented by cv. Ouro Vermelho. The number of grains per pod is the yield component less influenced by the stands: only cv. Ouro Vermelho, in environment 2 (convnetional system), has this number reduced with increasing population. Under these conditions, the effect of plant stands is dependent of the cultivar and only in cv. Bolinha, one of the poorest yielders, the increment of the population increases grain yield. In terms of average yield, cv. Bolinha and Jalo are outyielded by cv. Radiante and this is outyielded by cv. Ouro Vermelho.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, plant nutrition, management systems.

ARTIGO I

Altura de planta e acúmulo de matéria seca de cultivares de feijoeiro-comum em diferentes ambientes e populações de plantas

RESUMO. Com o objetivo de estudar o crescimento de quatro cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca, em diferentes populações, foram conduzidos dois experimentos, em dois ambientes: um no sistema de plantio direto e outro no sistema convencional. O delineamento estatístico utilizado em cada ambiente foi blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijão (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho e Jalo EEP 558) e cinco densidades populacionais (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹). Determinou-se o progresso da altura e do acúmulo de matéria seca da parte aérea ao longo do ciclo de cada cultivar, utilizando amostras coletadas a cada dez dias. Concluiu-se que o ambiente com plantio direto e maior fertilidade do solo proporciona maior altura de planta e maior acúmulo de matéria seca da parte aérea do feijoeiro. Em ambos os ambientes, a altura máxima é atingida antes do acúmulo máximo de matéria seca, que é alcançado no final do ciclo cultural. A altura de planta e o acúmulo de matéria seca na parte aérea variam com a cultivar. Maiores densidades populacionais afetam pouco a altura de plantas, entretanto, incrementam o acúmulo de matéria seca da cv. Bolinha no ambiente com plantio convencional e solo menos fértil. No ambiente com plantio direto e solo mais fértil, as cultivares Jalo EEP e BRS Radiante apresentaram máximo acúmulo de matéria seca até 250 e 322 mil plantas.ha⁻¹.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, crescimento de plantas, sistemas de manejo.

Plant height and dry matter accumulation of common bean plant cultivars in different environments and stands

ABSTRACT. With the purpose of studying the growth of four bean plant cultivars with grain type alternative to the carioca type, in different stands, two experiments were conducted, in two environments: one in the no-tillage system and the other in the conventional system. The statistical design utilized in each environment was randomized blocks, with three replicates and factorial scheme 4x5, involving four bean cultivars (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho and Jalo EEP 558) and five stands (75, 145, 215, 285 and 355 thousand plants.ha⁻¹). The progression of height and accumulation of shoot dry matter along the cycle of each cultivar was determined, utilizing samples collected every ten days. It follows that the environment of no tillage and higher soil fertility provides increased plant height and greater accumulation of shoot dry matter of the bean

plant. In both environments, the maximal height is reached before the maximum dry matter accumulation, which is attained in the late cultural cycle. Plant height and dry matter accumulation in the shoot ranged with the cultivar. Greater stands affect little plant height, nevertheless, they incremented the dry matter accumulation of cv. Bolinha in the environment with conventional planting and less fertile soil. In the environment with no-tillage system and more fertile soil, cvs. Jalo EEP and BRS Radiante present maximum dry matter accumulation up to 250 and 322 thousand plants.ha⁻¹.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, plant development, management system.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o mercado de feijão *Phaseolus*, no Brasil, se caracteriza por grande preferência pelo tipo comercial carioca. Esta concentração da produção resulta em menores preços no mercado e em grande exigência de qualidade. A semeadura de cultivares alternativas pode representar uma forma de agregar valor ao produto final, apenas com a escolha de nova cultivar para plantio. Entretanto, para o efetivo emprego dessas cultivares, há a necessidade de adequá-las aos sistemas de produção do feijoeiro, geralmente aprimorados para o feijão carioca (com hábito de crescimento do tipo II/III ou III), pois algumas cultivares alternativas possuem hábito de crescimento bastante distinto (tipos I ou II).

O arranjo de plantas é fortemente correlacionado com o hábito de crescimento (Jauer et al., 2003) e a altura de plantas (Santos & Gavilanes, 2006). Cultivares de crescimento determinado sofrem menor competição nas maiores densidades, se comparadas àquelas de crescimento indeterminado, pois essas últimas apresentam menor adaptação ao aumento da densidade de semeadura. No entanto, existem trabalhos com conclusões divergentes (Kranz, 1982; Lemos et al., 1993).

As alterações proporcionadas pelo arranjo de plantas causam no feijoeiro modificações morfofisiológicas que podem ser mais bem entendidas com uma

análise simples de crescimento. A análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise da produção vegetal e fornece informações preciosas, tais como a quantidade de material contido na planta inteira e em suas partes e o tamanho do aparelho fotossintetizante (Pereira & Machado, 1987), sem a necessidade de equipamentos sofisticados.

Alguns estudos apontaram não haver efeito significativo da densidade populacional sobre a altura de planta na cultura do feijoeiro (Silva, 1985; Teixeira et al., 2000). Entretanto, outros verificaram relação direta, ou seja, aumento da altura com incremento de população (Villamil Lucas, 1987; Valério et al., 1999), explicada pela menor fotodegradação de auxinas em populações mais elevadas, proposta por Taiz & Zeiger (2004). Também existem trabalhos que registraram relação inversa entre população e altura de plantas, supostamente por maior competição por água e nutrientes (Souza et al., 2002; 2003; 2004).

O acúmulo de matéria seca na cultura do feijoeiro é crescente ao longo de todo o ciclo, chegando à colheita com maior quantidade de biomassa (Shimada et al., 2000; Gomes et al., 2000; Jauer et al., 2003; Zabot et al., 2004). Avaliação mais detalhada desse acúmulo revelou que maiores densidades de semeadura da cv. Guapo Brilhante apresentaram maior acúmulo de matéria seca. Entretanto, à medida que o ciclo da cultura avançou, as diferenças entre populações diminuíram, demonstrando que menores populações desta cultivar conseguem realizar certa compensação, aproveitando melhor as condições disponíveis às plantas (Zabot et al., 2004).

Esta compensação é conhecida como plasticidade e é traduzida pela capacidade das plantas em se adaptarem ao ambiente (Fernandes, 1987). Feijoeiros de hábito de crescimento do tipo I e II possuem menor plasticidade que os tipos III e IV, os quais são mais prejudicados em crescimento e produção quando o número de plantas por área é aumentado.

Confirmando trabalhos clássicos envolvendo acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo cultural, Gomes et al. (2000) verificaram, nas quatro cultivares estudadas, a presença de três fases distintas: uma fase inicial, de crescimento relativamente lento; uma intermediária, em que o crescimento é acelerado e uma fase final, em que há pequeno decréscimo causado pela senescência foliar. Entretanto, o crescimento de uma planta varia também em função de fatores ambientais, entre eles o sistema de plantio. Segundo Stone & Silveira (1999), Hermani et al. (1999) e Urchei et al. (2000), de maneira geral, o plantio direto proporciona melhor desenvolvimento da cultura, no entanto, Vieira et al. (2008) não verificaram efeito consistente do sistema de plantio (direto ou convencional) sobre o padrão de acúmulo de matéria seca das cultivares Talismã e Ouro Negro.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o crescimento de quatro cultivares de feijoeiro-comum de diferentes hábitos de crescimento, em diferentes populações, em dois ambientes: um em sistema de plantio direto e outro em sistema convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constou de dois experimentos de campo instalados, em diferentes ambientes, em área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Latossolo Vermelho distroférico típico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, 1999), na safra primavera-verão 2006/2007, caracterizada por excessiva precipitação pluvial (Figura 1). O primeiro foi conduzido em sistema de plantio direto, em solo com média fertilidade e o segundo, em plantio convencional, em solo mais pobre. Os resultados da análise química de amostras dos solos, coletadas à profundidade de 0 a 20 cm, antes da semeadura do feijão, podem ser visualizados na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado em cada ambiente foi blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijão (Tabela 2) e cinco populações de plantas (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹).

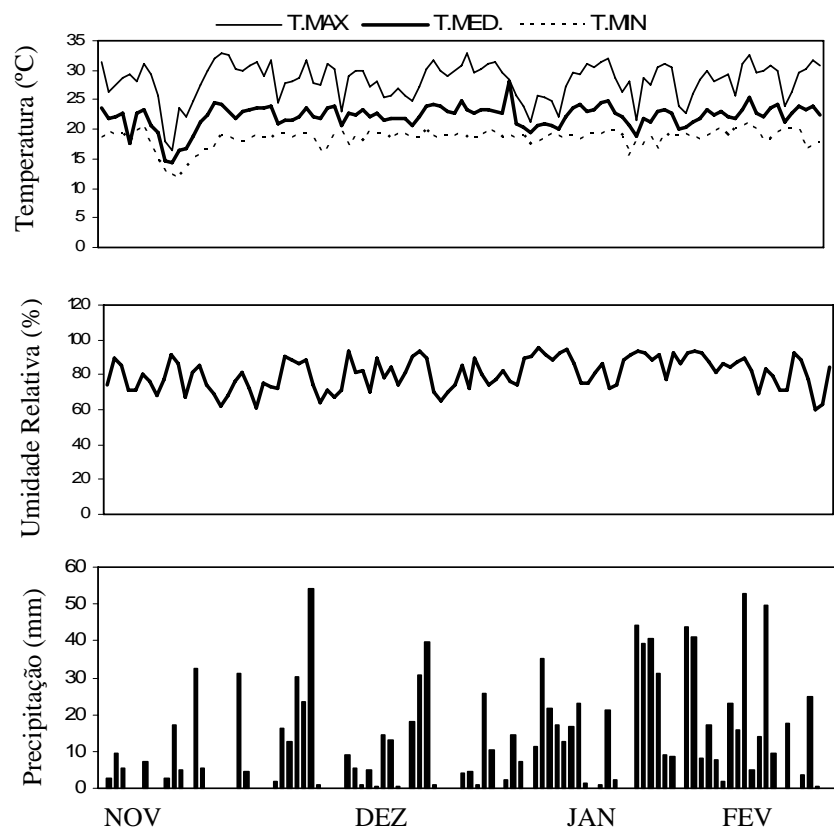


FIGURA 1. Variação diária das temperaturas máxima, média e mínima, umidade relativa do ar e precipitação pluvial em Lavras, de novembro de 2006 a fevereiro de 2007. Fonte: Estação Climatológica de Lavras, situada no *campus* da UFLA.

TABELA 1. Análise química de amostras de material dos solos utilizados (0 a 20 cm).*

Características	Ambiente 1 (PD)	Ambiente 2 (PC)
pH em H ₂ O	6,5 AcF	5,3 AcM
P (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	8,2 Ba	8,9 Ba
K (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	84,0 B	62,0 M
Ca cmolc.dm ⁻³	2,5 B	1,6 M
Mg cmolc.dm ⁻³	0,9 M	0,4 Ba
Al cmolc.dm ⁻³	0,0 Ba	0,3 Ba
S mg.dm ⁻³	11,8 MB	31,7 MB
Matéria Orgânica dag.kg ⁻¹	2,6 M	3,4 M
V (%)	63,2 B	30,2 Ba

* Análises no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com Chagas et al. (1999). AcF = acidez fraca, AcM = acidez média, BA = baixo, M = médio, B = bom, MB = muito bom. PD = plantio direto, PC = plantio convencional

TABELA 2. Principais características das cultivares de feijoeiro-comum estudadas.

Característica	BRS Radiante*	Bolinha	Ouro Vermelho*	Jalo EEP 558*
Grupo comercial**	Outros	Outros	Outros	Jalo
Tipo de grão	Rajado	amarelo	vermelho	jalo
Hábito de crescimento	tipo I	tipo II	tipo II/III	tipo III
Peso de 100 grãos	44-45 g	32-33g***	25 g	30-40 g
Porte	Ereto	ereto	semiereto	semiprostrado
Ciclo	Precoce	médio	normal	médio

* Ramalho & Abreu (2006)

** Classificação segundo Ministério da Agricultura (Descritores..., 2009)

*** Alves (2008)

No ambiente 1 (plantio direto), a semeadura foi realizada sob palhada de capim-braquiária, dessecada 30 dias antes da semeadura com 2,5 L.ha⁻¹ de Roundup® e 8 dias antes da semeadura com 2,0 L.ha⁻¹ de Gramoxone®. No ambiente 2 (plantio convencional), o preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens.

Cada parcela foi constituída por 8 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas (20 m²). A semeadura foi manual, adotando-se a densidade de semeadura ideal para se atingir as populações desejadas. Em cada um dos experimentos, todas as parcelas receberam idêntica adubação, determinada por meio do resultado de análise de solo (Tabela 1) e da sua interpretação segundo Chagas et al. (1999). Em nenhum dos experimentos foi feita a correção do solo.

A adubação de cobertura foi realizada, em ambos os experimentos, no estágio V₃-V₄, utilizando-se 30 kg.ha⁻¹ de N, fonte uréia. Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região em cada sistema de plantio e os ensaios não receberam irrigação.

Para estudar o progresso da altura ao longo do ciclo de cada cultivar, 10 plantas foram selecionadas, aleatoriamente dentro de cada parcela e medidas desde o colo até a inserção da última folha trifoliolada completamente expandida, em intervalo de 10 dias, iniciado no 10º DAE, no ambiente 2, e no 13º DAE, no ambiente 1. Outras cinco plantas foram também amostradas por meio de corte rente ao solo para quantificar o acúmulo de matéria seca da parte aérea. Esse material foi seco em estufa, com circulação de ar a 65º-70º C, até peso constante e pesado em balança de precisão, determinando-se, então, o peso da matéria seca da parte aérea da planta, transformada em acúmulo de matéria seca da parte aérea por hectare, em função da densidade populacional estudada.

As coletas periódicas foram utilizadas no ajuste de curvas de regressão por cultivar e ambiente, em função de dias após a emergência (DAE). As observações da última coleta foram, ainda, submetidas às análises de variância (fatorial 4x5) individual e conjunta, na qual os efeitos de sistemas foram avaliados pelo teste F (Banzatto & Kronka, 2006), os efeitos de cultivares pelo teste Scott-Knott (Scott & Knott, 1974) e os efeitos das populações de plantas por regressão, com posterior seleção das equações mais representativas das

relações entre as variáveis envolvidas (Gomes, 1990). Concomitantemente, observou-se a significância do modelo e o valor do coeficiente de determinação (R^2). Para isso, foi utilizado o programa estatístico Sisvar[®] (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o número de coletas variou em cada caso, dada a diferença de ciclo dos materiais utilizados, a análise da evolução da altura e do acúmulo de matéria seca foi feita individualmente, por cultivar e ambiente. Nos dois ambientes e nas quatro cultivares, a análise de variância detectou efeito significativo de épocas de coleta sobre a altura de planta e sobre o acúmulo de matéria seca.

Por outro lado, a análise de variância conjunta (dois ambientes) dos dados finais, obtidos por ocasião da última coleta de cada cultivar, revelou que houve efeito significativo de ambientes (A) e de cultivares (C) sobre a altura de plantas e sobre o acúmulo de matéria seca e efeito significativo das populações (P) sobre o acúmulo de matéria seca. As interações AxP e AxC influenciaram significativamente a altura de plantas, enquanto a interação tripla afetou, de forma significativa, o acúmulo de matéria seca. Na Tabela 3 são apresentados valores médios finais da altura de planta e do acúmulo de matéria seca, ou seja, aqueles obtidos por ocasião da última coleta de cada cultivar, em cada ambiente.

Na Figura 2 é apresentada a evolução da altura de planta das quatro cultivares nos ambientes convencional e plantio direto. Como a interação dias após a emergência (DAE) x populações não foi significativa, foram utilizados os valores médios das cinco populações de plantas.

TABELA 3. Valores médios finais da altura de planta (cm) e acúmulo de matéria seca (kg ha⁻¹) de quatro cultivares de feijoeiro em cinco densidades populacionais (planta ha⁻¹) em dois ambientes, safra primavera-verão 2006/07.*

		Altura de planta		Matéria Seca	
		PC	PD	PC	PD
Cultivar	Bolinha	40 B b	70 A c	1722 A b	2197 A a
	Jalo EEP 558	50 B b	92 A b	1936 A b	2311 A a
	BRS Radiante	35 B c	42 A d	1456 B b	2292 A a
	OuroVermelho	106 B a	129 A a	2632 A a	2328 A a
População	75 mil pl.ha⁻¹	67	82	1370	1575
	145 mil pl.ha⁻¹	54	79	1342	1921
	215 mil pl.ha⁻¹	54	85	2195	2374
	285 mil pl.ha⁻¹	55	87	1959	2889
	355 mil pl.ha⁻¹	59	85	2816	2651
Médias		58	83	1936	2282
CV%		13,85		41,12	

* Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na linha comparam sistemas de cultivo pelo teste de F, a 5% de probabilidade e letras minúsculas na coluna agrupam cultivares de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. PD=Amb. 1, PC=Amb.2.

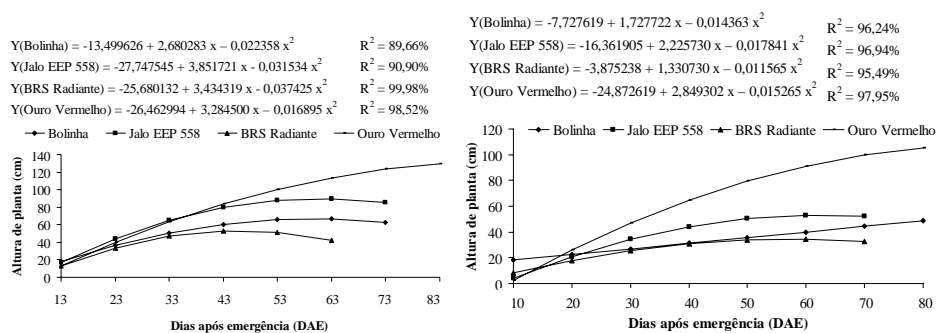


FIGURA 2. Altura de planta (cm) de quatro cultivares de feijão (médias de cinco populações de plantas), em função de dias após emergência, nos ambientes em plantio direto (ambiente 1) e convencional (ambiente 2), respectivamente, safra primavera-verão 2006/2007.

As quatro cultivares apresentaram comportamento equivalente nos dois ambientes (Figura 2). A cv. Ouro Vermelho (hábito de crescimento II/III)

apresentou maior altura, seguida pelas cultivares Jalo (tipo III) e Bolinha (tipo II) e, finalmente, Radiante, a única com hábito de crescimento do tipo I (Figura 2 e Tabela 3). Este comportamento confirma que há relação entre a altura da planta e o hábito de crescimento, conforme descrito por Santos & Gavilanes (2006). O fato da cv. Ouro Vermelho, de hábito II/III, ter apresentado maior altura que a cv. Jalo, de hábito tipo III, pode ser indicativo de que o porte mais prostrado da segunda tenha influenciado a aferição desta característica, reduzindo seus valores.

No que diz respeito ao ciclo cultural, computado da emergência até a última coleta, houve algumas diferenças entre os ambientes (Figura 2). No ambiente em plantio convencional, as cultivares Ouro Vermelho e Bolinha alcançaram a etapa R₉ – maturação (Fernandez et al., 1985), aos 80 DAE, enquanto nas cultivares Jalo e Radiante aquela etapa foi alcançada por volta dos 70 DAE. Já no ambiente em plantio direto, a cv. Ouro Vermelho iniciou o estágio R₉ aos 83 DAE, seguida das cultivares Jalo e Bolinha (73 DAE) e, finalmente, a cv. Radiante (63 DAE). Mesmo com estas diferenças entre os ambientes, estes resultados são coerentes com a descrição das cultivares (Tabela 2).

No ambiente 1 (plantio direto), as quatro cultivares apresentaram maior altura de planta, superando, em 22% a 84% (média de 43%), a altura alcançada no ambiente 2, em sistema convencional (Figura 2). Este resultado confirma afirmativa anterior de que o plantio direto proporciona melhor desenvolvimento da cultura (Stone & Silveira, 1999; Hermani et al., 1999; Urchei et al., 2000; Vieira et al.; 2008). Entretanto, a superioridade dos resultados do presente trabalho no ambiente plantio direto também pode ter sido influenciada pela maior fertilidade desse solo em relação à do plantio convencional (Tabela 1). Certamente, a maior disponibilidade de nutrientes no ambiente 1 pode ter

permitido maior absorção de nutrientes e maior crescimento do feijoeiro, em altura (Souza et al., 2008).

De acordo com o ajuste do modelo quadrático aos dados do crescimento em altura (Figura 2), verifica-se que a curva da cv. Ouro Vermelho apresentou ponto de máxima altura por ocasião da última época de coleta (80 ou 83 DAE), indicando que esta cultivar continuou crescendo em altura até a maturação (R_9). As demais cultivares alcançaram máxima altura antes desta etapa, por volta dos 60-67 DAE nas cultivares Jalo e Bolinha ou, mesmo, 46-58 DAE na cv. Radiante, a única de hábito de crescimento do tipo I (Figura 2). Como já mencionado, o porte semiprostrado da cv. Jalo pode ter influenciado a aferição desta característica.

O desdobramento da interação ambientes x população de plantas possibilita visualizar o comportamento de cada ambiente em função das populações estudadas (Figura 3). Neste caso, o efeito do ambiente sobre a altura de planta foi de pequena magnitude, variando muito pouco com relação às populações, no intervalo estudado (75 a 355 mil plantas ha^{-1}) e as diferenças de altura encontradas podem ser creditadas quase totalmente ao fator cultivar (Tabela 3). Pode-se, entretanto, verificar, principalmente no ambiente 1, em plantio direto (Figura 3), pequena tendência de aumento de altura de planta com o incremento da população. Maior altura em função do aumento de população tem sido verificado em muitas oportunidades, como observado por Valério et al. (1999), em função de maior fotodegradação de auxinas em populações mais elevadas (Taiz & Zeiger, 2004). Entretanto, em condições limitantes de fertilidade do solo ou restrição hídrica, o incremento da população pode levar à redução da altura do feijoeiro (Souza et al., 2002, 2003, 2004).

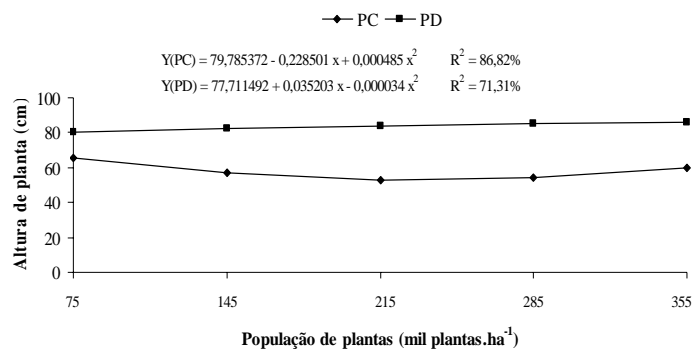


FIGURA 3. Altura de planta (cm) de quatro cultivares de feijoeiro, em função de densidades populacionais (mil plantas.ha⁻¹), em plântio direto (ambiente 1) e convencional (ambiente 2), safra primavera-verão 2006/2007.

A evolução do acúmulo de matéria seca total da parte aérea ao longo do ciclo cultural, nos dois ambientes, pode ser observada na Figura 4, na qual os valores de cada época de amostragem (ou DAE) representam valores médios das cinco densidades populacionais empregadas. No ambiente 2 (convencional), o comportamento das cultivares quanto a esta característica seguiu, em linhas gerais, o que ocorreu com a altura, ou seja, a cv. Ouro Vermelho, a de maior altura, também foi a que acumulou mais matéria seca ao longo do ciclo cultural, seguida das cultivares Jalo, Bolinha e Radiante (Figura 3 e Tabela 3). Também neste caso ficou evidente, portanto, a influência do hábito de crescimento do feijoeiro (Santos & Gavilanes, 2006). No ambiente 1, em plântio direto, entretanto, no qual as plantas apresentaram maior altura, as cultivares não diferiram quanto à matéria seca acumulada na última coleta (Tabela 3). Como já comentado anteriormente, a limitação de fertilidade do solo (Souza et al., 2008) no ambiente 2 pode ter propiciado a resposta diferenciada do comportamento das cultivares estudadas. Quando não há restrição hídrica ou limitação de fertilidade, essas cultivares apresentam mesmo comportamento.

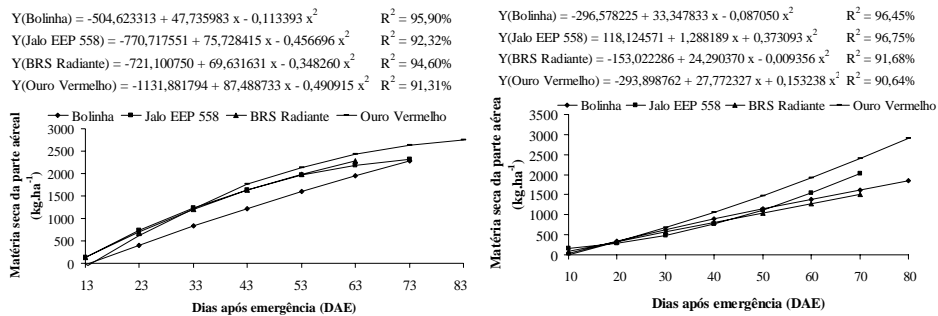


FIGURA 4. Matéria seca total (kg.ha^{-1}) de quatro cultivares de feijão (médias de cinco populações de plantas), em função de dias após emergência, em plantio direto (ambiente 1) e convencional (ambiente 2), respectivamente, safra primavera-verão 2006/2007.

Comparando-se a Figura 4 com a Figura 2 verifica-se, entretanto, que apesar da semelhança com o comportamento da altura, o acúmulo de matéria seca das quatro cultivares apresentou diferenças de menor magnitude. Este fato é relevante, já que o estudo envolveu cultivares com diferentes hábitos de crescimento (I, II, II/III e III). Andrade et al. (2005) e Vieira et al. (2008) também encontraram pequena diferença no acúmulo de matéria seca nas cultivares Ouro Negro e Talismã (hábito tipo III). Entretanto, com base em outros resultados, como os comentados por Jauer et al. (2003), maiores diferenças de acúmulo de matéria seca seriam esperadas entre cultivares que apresentam diferentes hábitos de crescimento.

Quando se desdobrou a interação AxC (ambientes dentro de cultivar), apesar de os valores do plantio direto superarem os do plantio convencional, somente houve diferença significativa entre sistemas no caso da cv. Radiante (Tabela 3). Estes valores, apesar de coerentes com o tipo de hábito de crescimento das cultivares empregadas, foram inferiores aos encontrados por Gomes et al. (2000), Jauer et al. (2003) e Vieira et al. (2008), para cultivares dos tipos II e III.

Assim como verificado para a altura de planta, quando se comparam coletas (DAE) das cultivares estudadas nos dois ambientes (Figura 4), verifica-se que, de maneira geral, no ambiente 1, em plantio direto, o acúmulo de matéria seca foi maior, variando entre 19% e 57% (média de 35%) (Tabela 3). Como já comentado anteriormente, a melhor disponibilidade hídrica proporcionada pela palhada (Stone & Silveira, 1999; Hermani et al., 1999; Urchei et al., 2000; Vieira et al.; 2008) e a maior fertilidade desse solo em relação ao ambiente 2, em sistema convencional (Tabela 1), certamente justificam esse resultado.

Em função do modelo ajustado (quadrático), a matéria seca total foi crescente até a última data de coleta, em todas as situações (Figura 4), não se verificando anteriormente um ponto de máximo acúmulo. Este comportamento crescente até a maturação das vagens também foi observado por Urchei et al. (2000) com as cultivares Safira e Aporé, mesmo trabalhando com outro modelo matemático. Entretanto, trabalhos clássicos de acúmulo de biomassa no feijoeiro sugerem a existência de um ponto de máximo acúmulo de matéria seca por volta do florescimento pleno (Cobra Netto et al., 1971; Haag et al. 1967).

No ambiente 2, convencional, as cultivares Radiante e Bolinha acumularam entre 1.400 e 1.700 kg matéria seca ha⁻¹, enquanto a cv. Ouro Vermelho acumulou cerca de 2.600 kg MS ha⁻¹ e a cv. Jalo acumulou quantidades intermediárias, da ordem de 1.900 kg MS ha⁻¹. No ambiente 1, em plantio direto, os valores variaram entre 2.197, na cv. Bolinha e 2.328 kg MS ha⁻¹, na cv. Ouro Vermelho (Figura 4 e Tabela 3).

O desdobramento dos efeitos da interação tripla (ambientes x cultivares x densidades populacionais) pode ser observado na Figura 5. No ambiente convencional, apenas a cultivar Bolinha (tipo II) apresentou acúmulo de matéria seca da parte aérea crescente com o incremento das populações de plantas, atingindo máximo valor na maior população estudada. Nas demais cultivares, o efeito das populações não foi significativo. No ambiente 1, em plantio direto, em

que houve maior crescimento em altura, as cultivares Bolinha e Ouro Vermelho atingiram máximo acúmulo de matéria seca próximo à população de 355 mil plantas.ha⁻¹, contudo, o efeito das populações não foi significativo. As cultivares Jalo e Radiante apresentaram incremento de matéria seca em função das populações estudadas até 250 e 322 mil plantas.ha⁻¹, respectivamente, com posterior redução da matéria seca acumulada (Figura 5). Ao que tudo indica, no plantio direto, estas duas cultivares podem sofrer algum estresse em maiores populações, reduzindo o acúmulo de matéria seca total.

Deve ser registrado que a única cultivar que não apresentou influência da população em qualquer ambiente foi a Ouro Vermelho (II/II), o que pode significar maior plasticidade deste genótipo. A importância destes resultados, entretanto, deve ser analisada com cautela, porque, segundo Shibles & Weber (1966), em soja, também uma leguminosa, há inconsistência quanto à relação entre produção de grãos e produção total de matéria seca.

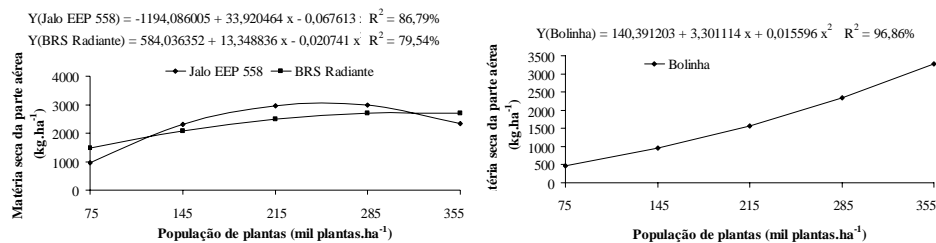


FIGURA 5. Matéria seca total (kg.ha⁻¹) de quatro cultivares de feijão, em função de população de plantas (mil plantas.ha⁻¹), em plantio direto (ambiente 1) e convencional (ambiente 2), respectivamente, safra primavera-verão 2006/2007.

Apenas a cv. Bolinha, no ambiente 2, apresentou incremento da matéria seca da parte aérea, na medida em que aumentou a população de plantas de feijoeiro. Esse fato difere de parte dos resultados encontrados na literatura, nos quais o crescimento de cultivares de diferentes tipos de hábito de crescimento é

influenciado pelas populações (Shimada et al., 2000; Gomes et al., 2000; Jauer et al., 2003; Zabet, 2004), mas é compatível com outros (Silva, 1985; Teixeira et al., 2000), em que o crescimento não foi afetado pela densidade populacional.

CONCLUSÕES

O ambiente com plantio direto e maior fertilidade do solo proporciona maior altura de planta e maior acúmulo de matéria seca da parte aérea do feijoeiro.

Em ambos os ambientes, a altura máxima é atingida antes do acúmulo máximo de matéria seca, que é alcançado no final do ciclo cultural.

A altura de planta e o acúmulo de matéria seca na parte aérea variam com a cultivar.

Maiores densidades populacionais afetam pouco a altura de plantas, entretanto, incrementam o acúmulo de matéria seca da cv. Bolinha no ambiente com plantio convencional e solo menos fértil. No ambiente com plantio direto e solo mais fértil, as cultivares Jalo EEP e BRS Radiante apresentam máximo acúmulo de matéria seca até 250 e 322 mil plantas.ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.F. **Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro em Minas Gerais**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, C.A.B.; FONTES, P.C.R.; CARNEIRO, J.E.S.; SCAPIM, C.A.; ALBUQUERQUE, F.A. Produção de matéria seca total, taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo de duas cultivares de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 2005. p.835-837.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 247p.

CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L.T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B.; LANA, R.M.Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.28, p. 257-274, 1971.

DESCRITORES mínimos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 8 jan. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FERNANDES, M.I.P.S. **Efeito da variação de estande dos experimentos com a cultura do feijoeiro**. 1987. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción**. Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GOMES, A.A.; ARAÚJO, A.P.; ROSSIELLO, R.O.P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1927-1937, 2000.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 460p.

HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.26, n. 30, p. 380-391, set. 1967.

HERMANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p. 145-154, 1999.

JAUER, A.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O.A.; 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.

KRANZ, W.M. Feijão. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Relatório técnico anual, 1981**. Londrina, 1982. p.105-121.

LEMONS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D.; PEDROSO, P.A.C. Comportamento de cultivares de feijoeiro com diferentes hábitos de crescimento, em diferentes populações, em semeadura de inverno. **Científica**, São Paulo, v. 21, b. 1, p. 113-20, 1993.

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

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 415-436.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-65.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 55-9, 1966.

SHIMADA, M.M.; ARF, O.; SÁ, M.E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

SILVA, D.B. **Efeitos de populações de plantas, adubação e variedades sobre produtividade do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1985. 48 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; MUNIZ, J. A.; REIS, R. P. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.87-98, 2002.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; MUNIZ, J.A. Altura de planta e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, adubação e calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1205-1213, 2003.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; ALVES, V.G.; CAMPAGNOLI, F.B. Densidades de semeadura, níveis de adubação NPK e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em latossolo argiloso de Ponta Grossa-PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 5-12, 2004.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; VIEIRA, N.M.B.; ALBUQUERQUE, A. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 39-43, 2008.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeito de sistemas de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 83-91, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEIXEIRA, I. R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; CORRÊA, J.B.D. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 399-408, 2000.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n3, p.497-506, 2000.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M. J. B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamento entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n. 3, p. 515-528, 1999.

VIEIRA, N.M.B.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; ALVES JUNIOR, J., MORAIS, A.R. Altura de planta e acúmulo de matéria seca do feijoeiro cvs. BRS MG Talismã e Ouro Negro em plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1687-1693, 2008.

VILLAMIL LUCAS, J.M. **Influência da densidade de população sobre a produção em variedades de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte baixo**. 1987. 69p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

ZABOT, L.; DUTRA, L.M.C.; JAUER, A.; LUCCA FILHO, O. A.; UHRY, D.; STEFANELLO, C.; LOSEKAN, M.G.; FARIAS, J. R.; LUDWIG, M.P. Análise de crescimento da cultivar de feijão BR IPAGRO 44 Guapo Brillhante cultivada na safrinha em quatro densidades de semeadura em Santa Maria-RS. **Revista Ciencia Agroveterinária**, Lages, v.3, n.2, p. 105-115, 2004.

O artigo 1 será encaminhado para submissão do Periódico Científico **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**.

Neiva Maria Batista Vieira¹; Messias José Bastos de Andrade²; Dâmiany Pádua Oliveira³; Telde Natel Custódio⁴

¹Eng. Agr., MSc., Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia, DAG/UFLA, Caixa Postal 3037, 37.200-000, Lavras, MG, neiva-vieira@uol.com.br; ²Eng. Agr., DSc., Bolsista CNPq, Professor, DAG/UFLA; ³ Mestranda em Agronomia/Fitotecnia, DAG/UFLA; ⁴Eng. Agr., DSc., Professor, UFSJ, Campus Alto Paraopeba, Caixa Postal 131, 36.420-000, Ouro Branco, MG.

ARTIGO II

Acúmulo de macronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, em função da população de plantas, em plantio convencional

RESUMO. Com o objetivo de obter a marcha de acúmulo de macronutrientes de quatro cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca, em diferentes populações, foi conduzido um experimento de campo, no sistema de plantio convencional. O delineamento estatístico utilizado foi blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijoeiro (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho e Jalo EEP 558) e cinco densidades populacionais (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹). Determinou-se o progresso do acúmulo de macronutrientes na parte aérea ao longo do ciclo de cada cultivar, utilizando-se amostras coletadas a cada 10 dias. Concluiu-se que, por ocasião do florescimento, mais de 65% do total de cada macronutriente já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro; os macronutrientes N, P, K, Mg e S são absorvidos até o final do ciclo ou próximo dele, enquanto o Ca apresenta máxima absorção por volta dos 50-60 dias após a emergência. Em termos de quantidades acumuladas de K, Ca, Mg e S, a cv. Ouro Vermelho supera as demais. A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes nas cultivares estudadas é N>K>Ca>Mg>P>S. O aumento da densidade populacional até 355 mil plantas ha⁻¹ incrementa o acúmulo de macronutrientes pelo feijoeiro.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: *Phaseolus vulgaris*, nutrição mineral, absorção de nutrientes.

Accumulation of macronutrients per bean plant cultivars as related to plant stand, in conventional planting

ABSTRACT. With the purpose of obtaining the progress of macronutrient accumulation of four bean plant cultivars with grain type alternative to the carioca type, in different stands, a field experiment in the conventional planting system was conducted. The statistical design utilized was in randomized blocks, with three replicates and factorial scheme 4x5, involving four bean plant cultivars (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho and Jalo EEP 558) and five stands (75, 145, 215, 285 and 355 thousand plants.ha⁻¹). The progress of macronutrient accumulation in the shoot along the cycle of each cultivar was determined by utilizing samples collected every ten days. It follows that on the occasion of flowering, over 65% of the total of each macronutrient is already accumulated by the bean plant cultivars; macronutrients N, P, K, Mg and S are

absorbed till the late cycle or close to it, while Ca presents maximum absorption around the 50-60 days after emergence. In terms of amounts accumulated of K, Ca, Mg and S, cv. Ouro Vermelho overcomes the others. The decreasing rank of macronutrient accumulation in the studied cultivars is N>K>Ca>Mg>P>S. The increasing stand up to 355 thousand plants ha⁻¹ increments macronutrient accumulation by the bean plant.

INDEX TERMS: *Phaseolus vulgaris*, mineral nutrition, nutrient absorption.

INTRODUÇÃO

A utilização de cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca pode representar uma forma de agregar valor ao produto final, apenas com a escolha de nova cultivar para plantio. Entretanto, para o efetivo emprego dessas cultivares, há necessidade de adequá-las aos sistemas de produção do feijoeiro, geralmente aprimorados para o feijão carioca (hábitos de crescimento tipo III ou II/III), pois algumas cultivares alternativas possuem hábito de crescimento bastante distinto (tipos I ou II). O arranjo de plantas é fortemente correlacionado com o hábito de crescimento (Jauer et al., 2003) e a altura de plantas (Santos & Gavilanes, 2006).

Dentre outros fatores, a população ideal de feijoeiros é função da arquitetura de plantas e da capacidade do solo em fornecer nutrientes e, dessa forma, uma recomendação adequada de adubação deverá considerar a cultivar (ou hábito de crescimento) e a população de plantas envolvidas no sistema de produção (Fernandes, 1987; Souza et al., 2008).

Para avaliar os efeitos de fatores de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, devendo ser complementada pela marcha de absorção de nutrientes, a qual permite conhecer as quantidades de nutrientes absorvidas e a absorção relativa em cada fase da cultura, fornecendo informações básicas sobre as épocas mais adequadas para a aplicação dos fertilizantes. Em espécies com raízes pouco profundas e altamente exigentes, como o feijoeiro, estas informações são ainda mais valiosas (Vieira, 2006).

A grande maioria dos trabalhos concorda quanto aos nutrientes mais extraídos pelo feijoeiro, o N e o K, seguidos do Ca e, depois, do S, Mg e P (Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971; Malavolta & Lima Filho, 1997; Garrido et al., 2000). Entretanto, em função das condições experimentais, pequenas variações podem ocorrer, como nos trabalhos de El-Husny (1992) com a cv. Carioca (N>K>Ca>Mg>S>P) e de Vieira (2006) com as cultivares Ouro Negro e Talismã (N>K>Ca>Mg>P>S). De acordo com esta última autora, de maneira geral, os macronutrientes N, P, K, Mg e S foram absorvidos até os 70-80 dias após a emergência (DAE), enquanto o Ca foi absorvido até os 59 DAE. A maior taxa de absorção de Ca ocorreu dos 29 aos 37 DAE; no caso dos demais macronutrientes, ocorreu entre 42 e 47 DAE, exceto o S, o qual apresentou maior amplitude.

O objetivo do presente trabalho foi obter a marcha de acúmulo de macronutrientes de quatro cultivares alternativas de feijoeiro-comum, de diferentes hábitos de crescimento, em função de população de plantas, em sistema de plantio convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constou de um experimento de campo instalado em área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Latossolo Vermelho distroférico típico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, 1999), sob plantio convencional (PC), na safra primavera-verão (águas) 2006/2007, caracterizada por excessiva precipitação pluvial (Figura 1). Os valores resultantes da análise química de amostras de material do solo, coletadas à profundidade de 0 a 20 cm, antes da semeadura do feijão, são apresentados na Tabela 1. O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijoeiro-comum (Tabela 2) e cinco populações de plantas (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹).

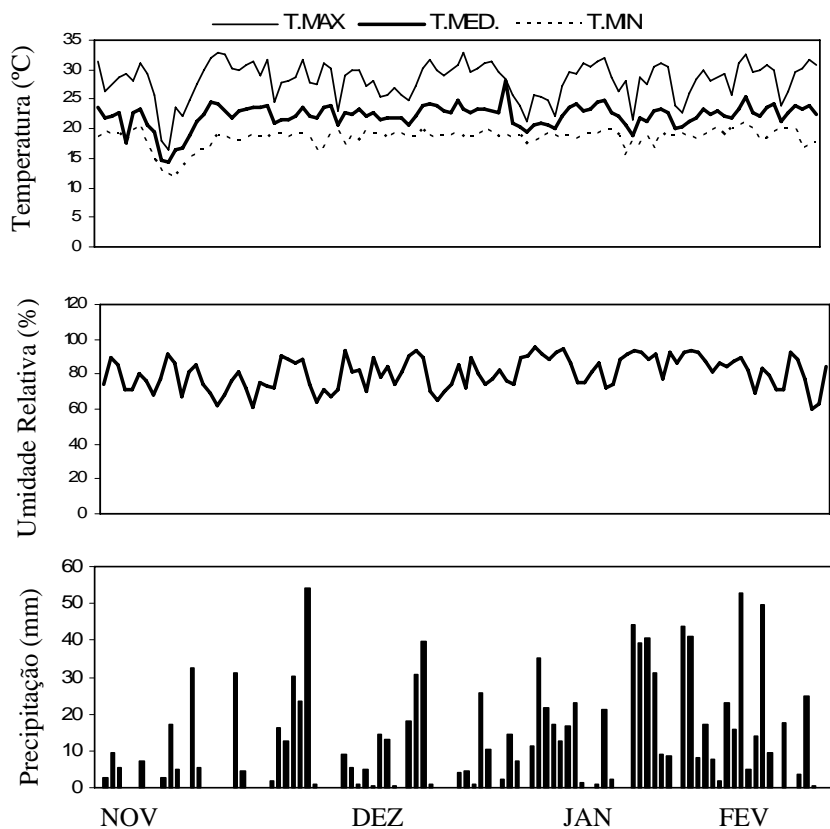


FIGURA 1. Variação diária das temperaturas máxima, média e mínima, umidade relativa do ar e precipitação pluvial em Lavras, MG, de novembro de 2006 a fevereiro de 2007. Fonte: Estação Climatológica de Lavras, situada no *campus* da UFLA.

TABELA 1. Análise química de amostras de material do solo utilizado (0 a 20 cm).*

Características	Valores
pH em H ₂ O	5,3 AcM
P (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	8,9 Ba
K (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	62,0 M
Ca cmolc.dm ⁻³	1,6 M
Mg cmolc.dm ⁻³	0,4 Ba
Al cmolc.dm ⁻³	0,3 Ba
S mg.dm ⁻³	31,7 MB
Matéria Orgânica dag.kg ⁻¹	3,4 M
V (%)	30,2 Ba

* Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com a Chagas et al. (1999). AcM=Acidez Média, Ba=Baixo, M=Médio, MB=Muito Bom.

TABELA 2. Principais características das cultivares de feijoeiro-comum estudadas.

Característica	BRS Radiante*	Bolinha	Ouro Vermelho*	Jalo EEP 558*
Grupo comercial**	Outros	Outros	Outros	Jalo
Tipo de grão	rajado	amarelo	vermelho	jalo
Hábito de crescimento	tipo I	tipo II	tipo II/III	tipo III
Peso de 100 grãos	44-45 g	32-33g***	25 g	30-40 g
Porte	ereto	ereto	semi-ereto	semi-prostrado
Ciclo	precoce	médio	normal	médio

* Ramalho & Abreu (2006)

** Classificação segundo Ministério da Agricultura (Descritores..., 2009).

*** Alves (2008)

Cada parcela foi constituída por 8 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas (20 m²). A semeadura foi manual, adotando-se a densidade de semeadura ideal para se atingir as populações estudadas. Todas as parcelas receberam idêntica adubação, proporcional a 400 kg.ha⁻¹ do formulado 8-28-16, determinada por meio do resultado de análise de solo (Tabela 1) e da sua interpretação segundo Chagas et al. (1999). Não foi feita a

correção do solo. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 21 dias após emergência, no estágio V₃-V₄ (Fernandez et al., 1985), utilizando-se 30 kg.ha⁻¹ de N, fonte uréia. Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região e o ensaio não recebeu irrigação.

Para estudar o progresso do acúmulo de macronutrientes na parte aérea ao longo do ciclo de cada cultivar, foram utilizadas amostras coletas a cada 10 dias, iniciando no 10º DAE. Em cada coleta foram amostradas cinco plantas por meio de corte rente ao solo para quantificar o acúmulo de matéria seca da parte aérea. Esse material foi seco em estufa com circulação de ar a 65º-70ºC, até peso constante e pesado em balança de precisão, determinando-se, então, a matéria seca da parte aérea da planta, que foi triturada e enviada ao Laboratório de Análise Foliar, no Departamento de Ciências do Solo da UFLA para a realização das análises dos teores de macronutrientes. Os teores foram analisados quimicamente como se segue: N, pelo método Kjeldahl; P, K, Ca, Mg, S por digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados no extrato (P-colorimetria, K-fotometria de chama; S-turbidimetria; Ca, Mg-espectrofotometria de absorção atômica), de acordo com Malavolta et al. (1997). A partir dos teores dos macronutrientes e do acúmulo de matéria seca em cada coleta, foi obtida a marcha de absorção ou de acúmulo (kg ha⁻¹) de cada um dos macronutrientes.

As coletas periódicas foram utilizadas no ajuste de curvas de regressão por cultivar, em função de dias após a emergência (DAE). As observações da última coleta foram ainda submetidas às análises de variância (fatorial 4x5), na qual os efeitos de cultivares foram avaliados pelo teste Scott-Knott (Scott & Knott, 1974) e os efeitos de populações de plantas, por regressão (Banzatto & Kronka, 2006), com posterior seleção das equações mais representativas das relações entre as variáveis envolvidas (Gomes, 1990), observando-se, concomitantemente, a significância do modelo e o valor do coeficiente de

determinação (R^2). Para isso, foi utilizado o programa estatístico Sisvar[®] (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o número de coletas variou em cada caso, dada a diferença de ciclo dos materiais utilizados, a análise da evolução do acúmulo de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro foi feita individualmente por cultivar. Nas quatro cultivares, houve efeito significativo das épocas de coleta sobre o acúmulo de macronutrientes, tendo na cv. Bolinha este efeito sido influenciado pelas populações de plantas.

Nas cultivares Jalo, Radiante e Ouro Vermelho, quando se considerou a marcha de acúmulo de N, P, K, Mg e S, ou seja, o acúmulo destes macronutrientes ao longo do ciclo cultural, em todas as situações houve bom ajuste de equações com o modelo quadrático quase sempre crescente, com pontos de máximo acúmulo no final do ciclo ou bem próximo dele. Na cultivar Bolinha, o desdobramento da interação épocas x populações revelou que o padrão de acúmulo daqueles macronutrientes foi diferenciado apenas nas maiores populações, a partir de 215 mil plantas ha^{-1} (Figuras 2, 3, 4, 6 e 7). No acúmulo de Ca, entretanto, os pontos de máximo acúmulo ocorreram mais precocemente no ciclo entre 50 e 60 DAE; na cv. Bolinha, o padrão de acúmulo de Ca somente foi diferenciado a partir de 285 mil plantas ha^{-1} (Figura 5). Estes resultados confirmam outros resultados, como os obtidos por Vieira (2006), que também verificou que os macronutrientes N, P, K, Mg e S foram absorvidos até os 70-80 DAE, enquanto o Ca foi absorvido até os 59 DAE.

Foi possível ainda se observar que, em geral, por ocasião do florescimento (estádio R6 segundo Fernandez et al., 1985) de cada cultivar, grande proporção do total de cada macronutriente já havia sido acumulada pelo

feijoeiro (Figuras 2 a 7 e Tabela 3), concordando com vários resultados anteriormente obtidos (Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971; Malavolta & Lima Filho, 1997). Na média das quatro cultivares, no estágio R6, mais de 60% do total de cada macronutriente já havia sido acumulado (Tabela 3).

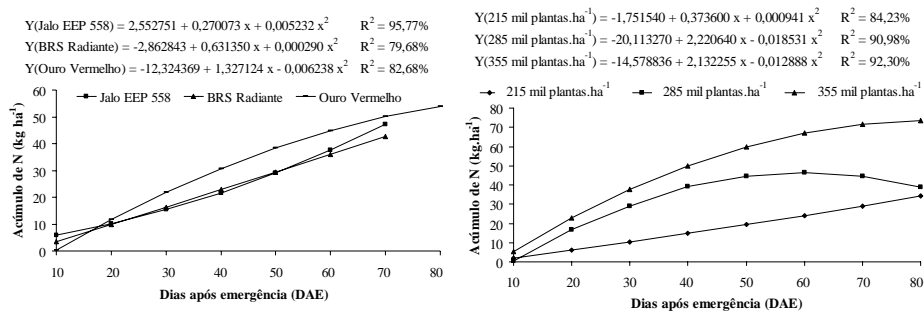


FIGURA 2. Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) em plantio convencional: (2A) de três cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência (DAE) e (2B) da cultivar Bolinha, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

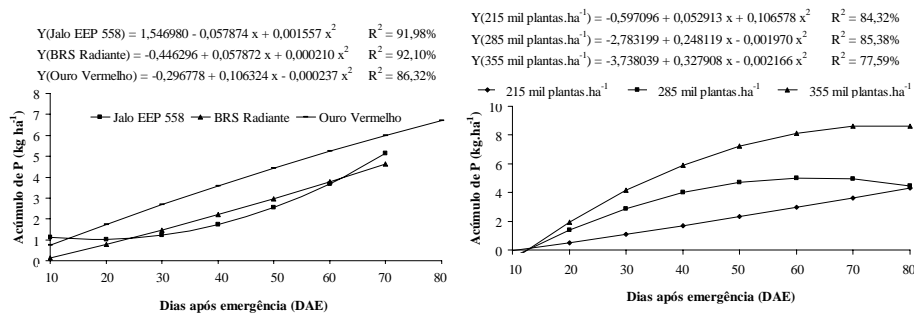


FIGURA 3. Acúmulo de fósforo (kg ha^{-1}) em plantio convencional: (2A) de três cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência (DAE) e (2B) da cultivar Bolinha, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

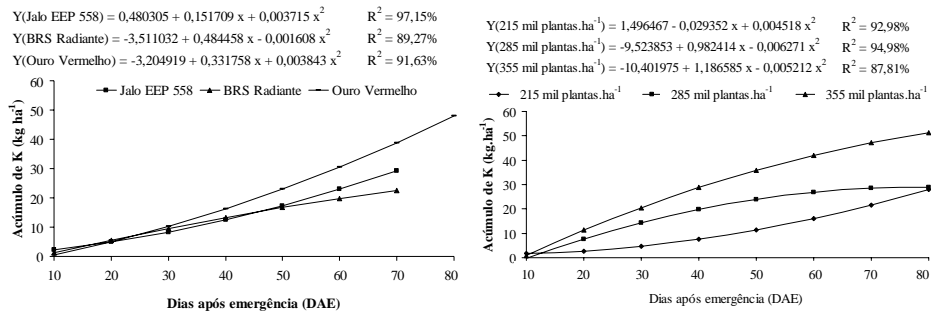


FIGURA 4. Acúmulo de potássio (kg ha^{-1}) em plantio convencional: (2A) de três cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência (DAE) e (2B) da cultivar Bolinha, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

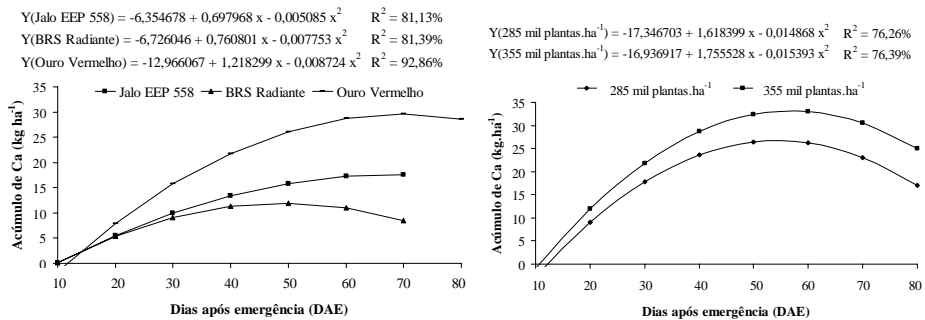


FIGURA 5. Acúmulo de cálcio (kg ha^{-1}) em plantio convencional: (2A) de três cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência (DAE) e (2B) da cultivar Bolinha, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

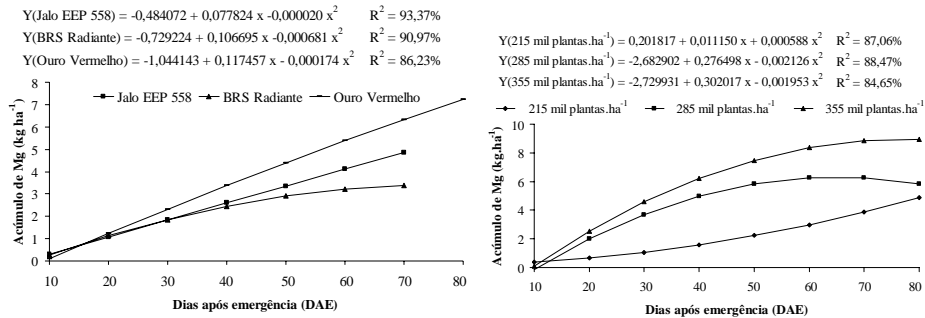


FIGURA 6. Acúmulo de magnésio (kg ha^{-1}) em plantio convencional: (2A) de três cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência (DAE) e (2B) da cultivar Bolinha, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

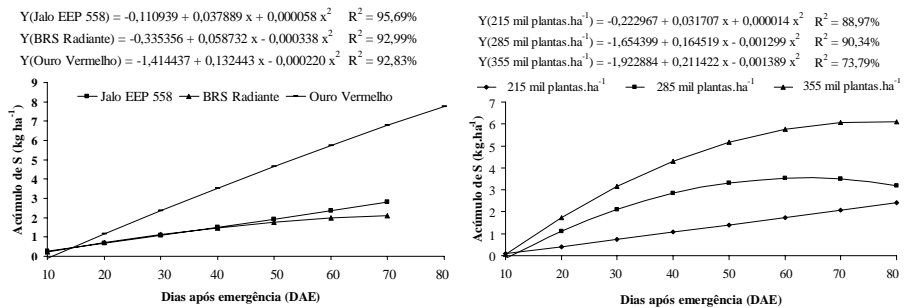


FIGURA 7. Acúmulo de enxofre (kg ha^{-1}) em plantio convencional: (2A) de três cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência (DAE) e (2B) da cultivar Bolinha, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

TABELA 3. Valores médios do acúmulo de macronutrientes (kg ha^{-1} e % do total) na parte aérea do feijoeiro no estágio R_6 (pleno florescimento) de quatro cultivares, em plantio convencional. Lavras, safra primavera-verão 2006/07.*

	Bolinha		Jalo EEP 558		BRS Radiante		Ouro Vermelho		Média
	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	
N	27,99	88	25,03	58	22,86	66	38,21	91	76
P	3,17	91	2,06	45	1,83	45	4,43	95	69
K	15,60	63	14,83	53	18,44	95	22,99	55	67
Ca	20,90	147	14,76	106	11,30	156	26,14	87	124
Mg	3,46	70	2,98	68	2,45	80	4,39	54	68
S	2,21	90	1,71	64	1,47	75	4,66	69	75

Por outro lado, a análise de variância dos dados finais, obtidos por ocasião da última coleta de cada cultivar, revelou que houve efeito significativo de cultivares (C) sobre o acúmulo de K, Ca, Mg e S e de populações sobre o acúmulo de todos os macronutrientes, mas, a interação cultivares x populações não se mostrou significativa. Na Tabela 4, observam-se os valores médios finais do acúmulo de macronutrientes, em função de cultivares e populações estudadas.

Embora o padrão de acúmulo de macronutrientes das quatro cultivares não tenha variado muito (Figuras 2 a 7), as quantidades acumuladas por ocasião da última coleta foram diferenciadas. De maneira geral, a cv. Ouro Vermelho (tipo II/III), que tem o ciclo mais longo dentre as estudadas, destacou-se no acúmulo de K, Ca, Mg e S, mas não houve diferenças entre cultivares, no que diz respeito ao acúmulo de N e P (Tabela 4).

TABELA 4. Valores médios finais do acúmulo de macronutrientes (kg ha^{-1}) na parte aérea do feijoeiro, em função de cultivares e população de plantas em plantio convencional. Lavras, safra primavera-verão 2006/07.*

	N	P	K	Ca	Mg	S
Bolinha	31,70 a	3,50 a	24,74 b	14,24 b	4,93 b	2,46 b
Jalo EEP 558	44,03 a	4,60 a	27,83 b	13,89 b	4,39 b	2,66 b
BRS Radiante	34,50 a	4,11 a	19,51 b	7,23 b	3,05 b	1,96 b
Ouro Vermelho	42,16 a	4,65 a	41,52 a	30,11 a	8,18 a	6,75 a
75 mil pl ha⁻¹	25,10	2,79	20,51	11,08	3,46	2,34
145 mil pl ha⁻¹	23,51	2,85	20,08	10,98	3,26	2,57
215 mil pl ha⁻¹	44,11	4,78	32,77	16,62	6,05	3,64
285 mil pl ha⁻¹	39,11	4,22	26,52	16,05	5,40	3,29
355 mil pl ha⁻¹	58,63	6,45	42,10	27,10	7,53	5,45
Médias	38,09	4,21	28,40	16,36	5,13	3,45
CV%	48,07	43,32	45,94	43,34	48,59	48,81

* Médias seguidas de mesma letra na coluna agrupam cultivares pelo teste de Scott-Knott, A 5% de probabilidade.

Os valores médios de acúmulo obtidos no presente estudo, apresentados na Tabela 4 são, na Tabela 5, comparados com valores médios estimados por outros autores, em condição de campo. Os dados médios do presente trabalho são muito inferiores aos dos demais autores. Estes resultados podem ser parcialmente associados à baixa fertilidade inicial do solo (Tabela 1), já que se trata de área com acidez média que não recebeu calagem, com baixo valor de saturação por bases e baixos teores de P e Mg. Entretanto, considerando que houve adubação adequada na semeadura e que foi realizada uma boa cobertura nitrogenada, certamente, o baixo acúmulo de macronutrientes também reflete o pequeno crescimento do feijoeiro, decorrente do excesso de chuvas, particularmente ocorrido nesta safra das águas 2006/2007 (Figura 1) e que se revelou drasticamente limitante para a cultura. O excesso de chuvas pode ter afetado, não só reduzindo a disponibilidade de nutrientes no solo (lixiviando N e K, por exemplo), como também reduzindo os processos de absorção e

translocação em consequência de arejamento inadequado ou de deficiência de oxigênio (Andrade et al., 2006).

TABELA 5. Acúmulo médio de macronutrientes (kg ha^{-1}) na parte aérea do feijoeiro, determinado por diferentes autores, em experimentos de campo.

Autores	N	P	K	Ca	Mg	S
Presente trabalho	38	4	28	16	5	3
Vieira (2006) ¹	105	11	81	47	14	9
Feitosa et al. (1980)	81	7	62	57	10	-
Cobra Netto (1967) ²	102	9	93	54	18	26
Gallo & Miyasaka (1961) ³	84	7	68	34	11	6

¹Cvs. BRS MG Talismã e OuroNegro (plantio direto e convencional); ² Cv. Roxinho (plantio convencional); ³ Cv. Chumbinho opaco (plantio convencional)

De acordo com os valores médios do presente trabalho, pode-se verificar que, em sistema convencional de cultivo, a ordem decrescente de acúmulo foi $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$ (Tabela 5). Comparando-se esta sequência com a de outros autores, verifica-se coincidência com as de Vieira (2006), Feitosa et al. (1980) e Gallo & Miyasaka (1961), mas não com a de Cobra Netto (1967), em que o acúmulo de S superou os de Mg e P.

O efeito das populações de plantas sobre o acúmulo de macronutrientes pode ser observado nas Figuras 8 a 10. À medida que aumentou a densidade populacional, o acúmulo de todos os macronutrientes aumentou de maneira quadrática, até a maior população empregada, correspondente a 355 mil plantas ha^{-1} . Teoricamente, maiores populações levam a maiores acúmulos de matéria seca, influenciando positivamente as quantidades acumuladas de macronutrientes. Estudos anteriores mostram que o incremento da população pode aumentar a altura de plantas de crescimento tipo III, em função da competição por luz (Valério et al., 1999) e podem ou não influenciar esta característica, no caso de plantas do tipo II (Souza et al., 2004a, 2004b, 2008).

De acordo com Souza et al. (2008), estes resultados distintos demonstram que vários fatores interferem nas respostas ao aumento da população, como hábito de crescimento, clima e solo, os quais modificam a plasticidade ou o efeito de compensação (Fernandes, 1987) existente entre os componentes do rendimento do feijoeiro. Em todos os casos, entretanto, o aumento do número de plantas por área pode levar à maior extração e acúmulo de nutrientes. É interessante observar que o comportamento de todas as cultivares estudadas, com exceção da cv. Ouro Vermelho, também pode indicar a presença de algum mecanismo de adaptação (raízes mais profundas ou maior aparato fotossintético, por exemplo), que mantém os níveis de demanda de nutrientes por planta próximos do normal, mesmo sob maior competição intraespecífica.

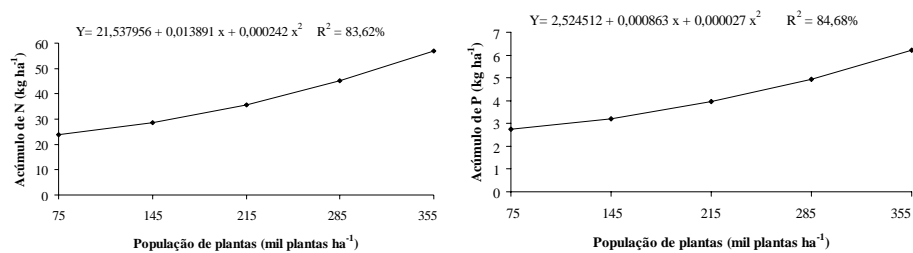


FIGURA 8. Acúmulo de nitrogênio e fósforo (kg ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

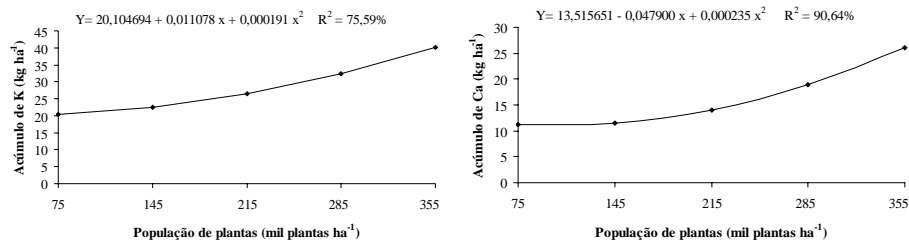


FIGURA 9. Acúmulo de potássio e cálcio (kg ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

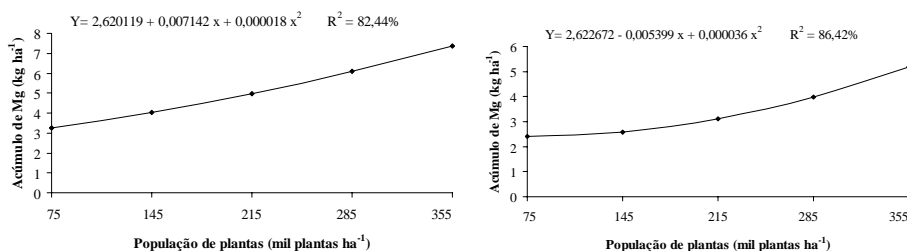


FIGURA 10. Acúmulo de magnésio e enxofre (kg ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

CONCLUSÕES

Por ocasião do florescimento, mais de 65% do total de cada macronutriente já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro.

Os macronutrientes N, P, K, Mg e S são absorvidos até o final do ciclo ou próximo dele, enquanto o Ca apresenta máxima absorção por volta dos 50-60 dias após a emergência.

Em termos de quantidades acumuladas de K, Ca, Mg e S, a cv. Ouro Vermelho supera as demais.

A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes nas cultivares estudadas é N>K>Ca>Mg>P>S.

O aumento da densidade populacional até 355 mil plantas ha⁻¹ incrementa o acúmulo de macronutrientes pelo feijoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.F. **Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro em Minas Gerais**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, A.J.; VIEIRA, N.M.B. Condições edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 67-86.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 247p.

CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L.T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B.; LANA, R.M.Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

COBRA NETTO, A. **Nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1967. 91 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.28, p. 257-274, 1971.

DESCRITORES mínimos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 8 jan. 2009.

EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais pra a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais.** 1992. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 1999. 412 p.

FEITOSA, C.T.; RONZELLI JR., P.; D'A ALMEIDA, L.; VEIGA, A.A.; HIROCE, R.; JORGE, J. P. N. Adubação NP para o feijoeiro na presença e ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 3, p. 156-159, 1980.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERNANDES, M.I.P.S. **Efeito da variação de estande dos experimentos com a cultura do feijoeiro.** 1987. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción.** Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.40, p. 867-84, set. 1961.

GARRIDO, M.A.T.; DEL PINO, M.A.I.T.; SILVA, A.M.; ANDRADE, M.J.B. Crescimento, absorção iônica e produção do feijoeiro sob dois níveis de nitrogênio e três lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 187-194, jan./mar. 2000.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: ESALQ, 1990. 460p.

HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.26, n. 30, p. 380-391, set. 1967.

JAUER, A.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O.A.; 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.

MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O.F. Nutrição e adubação do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Tecnologia da produção de feijão irrigado**. Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 22-51, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p.415-436.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-65.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; ALVES, V. G. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em Gleissolo de Ponta Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 347-352, 2004a.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M.J.B.; ALVES, V.G.; CAMPAGNOLI, F.B. Densidades de semeadura, níveis de adubação NPK e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em latossolo argiloso de Ponta Grossa - PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 5-12, 2004b.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; VIEIRA, N.M.B.; ALBUQUERQUE, A. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 39-43, 2008.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.3, p. 515-528, 1999.

VIEIRA, N.M.B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional.** 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O artigo 2 será encaminhado para submissão do Periódico Científico **Revista Agricultura Tropical.**

Messias José Bastos de Andrade¹, Neiva Maria Batista Vieira², Luiza Pinheiro Carvalho³, Pedro Milanez de Rezende¹

¹Eng. Agrônomo, DSc., Professor, Universidade Federal de Lavras, Depto. de Agricultura (DAG), Caixa Postal 3037, CEP 37.200-000, Lavras, Minas Gerais, mandrade@ufla.br; ²Eng. Agrônoma, MSc., Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, DAG; ³Acadêmica em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Depto. de Ciência dos Alimentos (DCA).

ARTIGO III

Acúmulo de macronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, em função da população de plantas, em plantio direto

RESUMO. Com o objetivo de obter a marcha de acúmulo de macronutrientes de quatro cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca, em diferentes populações, foi conduzido um experimento de campo no sistema de plantio direto. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijoeiro (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho e Jalo EEP 558) e cinco densidades populacionais (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹). Determinou-se o progresso do acúmulo de macronutrientes na parte aérea ao longo do ciclo de cada cultivar, utilizando-se amostras coletadas a cada 10 dias. Concluiu-se que, por ocasião do florescimento, mais de 85% do total de cada macronutriente já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro. De maneira geral, os macronutrientes apresentam máxima absorção anterior ao final do ciclo, principalmente o Ca, cuja absorção máxima ocorre mais cedo, por volta dos 50-60 dias após a emergência. Em termos de quantidades acumuladas de S, a cv. Ouro Vermelho supera as demais. A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes na cultivares estudadas é N>K>Ca>P>Mg>S. O aumento da densidade populacional até 355 mil plantas ha⁻¹ incrementa o acúmulo de macronutrientes pelo feijoeiro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, nutrição mineral, absorção de nutrientes.

Macronutrient accumulation by bean plant cultivars as related to the plant stand in no-tillage system

ABSTRACT. With the objective of obtaining the march of macronutrient accumulation of four bean plant cultivars with type of grain alternative to the carioca type, in different stands, a field experiment ion the no-tillage system was conducted. The statistical design utilized was randomized blocks with three replicates and factorial scheme 4x5, involving four bean plant cultivars (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho and Jalo EEP 558) and five stands (75, 145, 215, 285 and 355 thousand plants.ha⁻¹). The progress of macronutrient accumulation in the shoot along the cycle of each cultivar, by utilizing samples collected every ten days was determined. It follows that on the occasion of flowering, over 85% of the total of each macronutrient is already accumulated by the bean plant cultivars. In general, macronutrients present maximum absorption previous to the late cycle, mainly Ca, the maximum absorption of which takes place earlier, around 50-60 days after emergence. In terms of amounts accumulated of S, cv. Ouro Vermelho overcomes the others. The

decreasing rank of macronutrient accumulation in the cultivars studied is N>K>Ca>P>Mg>S. the increasing stand up to 355 thousand mil plants ha⁻¹ increments macronutrient accumulation by the bean plant.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, mineral nutrition, nutrient absorption.

INTRODUÇÃO

Cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca representam uma forma de agregação de valor ao produto final, apenas com a escolha de nova cultivar para plantio. Para o efetivo emprego destas cultivares, entretanto, há necessidade de adequá-las aos atuais sistemas de produção do feijoeiro, os quais têm sido aprimorados para o feijão carioca (hábitos de crescimento tipo III ou II/III), pois algumas cultivares alternativas possuem hábito de crescimento bastante distinto (tipos I ou II). O arranjo de plantas é fortemente correlacionado com o hábito de crescimento (Jauer et al., 2003) e com a altura de plantas (Santos & Gavilanes, 2006).

A população ideal de feijoeiros é função, dentre outros fatores, da arquitetura de plantas e da capacidade do solo em fornecer nutrientes e, dessa forma, uma recomendação adequada de adubação deverá considerar não só a cultivar (com seu respectivo hábito de crescimento), mas também a densidade populacional a ser empregada na cultura.

Para avaliar os efeitos de fatores de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, devendo ser complementada pela marcha de absorção de nutrientes, a qual permite conhecer as quantidades de nutrientes absorvidas e a absorção relativa em cada fase da cultura, fornecendo informações básicas sobre as épocas mais adequadas para a aplicação dos fertilizantes. Em espécies com raízes pouco profundas e altamente exigentes, como o feijoeiro, estas informações são ainda mais valiosas (Vieira, 2006).

A grande maioria dos trabalhos concorda quanto aos nutrientes mais extraídos pelo feijoeiro: o N e o K, seguidos do Ca e, depois, do S, Mg e P (Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971; Malavolta & Lima Filho, 1997; Garrido et al., 2000). Entretanto, em função das condições experimentais, pequenas variações podem ocorrer, como nos trabalhos de El-Husny (1992), com a cv. Carioca (N>K>Ca>Mg>S>P) e de Vieira (2006), com as cultivares Ouro Negro e Talismã (N>K>Ca>Mg>P>S). De acordo com esta última autora, as quantidades acumuladas de N, P, K e Mg foram maiores no plantio direto do que no sistema convencional, a cv. Talismã acumulou mais Ca e a cv. Ouro Negro apresentou maior teor foliar de K. De maneira geral, os macronutrientes N, P, K, Mg e S foram absorvidos até os 70-80 dias após a emergência (DAE), enquanto o Ca foi absorvido até os 59 DAE. A maior taxa de absorção de Ca ocorreu dos 29 aos 37 DAE; no caso dos demais macronutrientes, ela ocorreu entre 42 e 47 DAE, exceto o S, o qual apresentou maior amplitude.

O objetivo do presente trabalho foi obter a marcha de acúmulo de macronutrientes de quatro cultivares de feijoeiro-comum, de diferentes hábitos de crescimento, em função de população de plantas, em sistema de plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constou de um experimento de campo instalado em área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Latossolo Vermelho distroférico típico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, 1999), sob plantio direto (PD), (águas) 2006/2007, caracterizada por excessiva precipitação pluvial (Figura 1). Os valores resultantes da análise química de amostras de material do solo, coletadas

à profundidade de 0 a 20 cm, antes da semeadura do feijão, são apresentados na Tabela 1.

A semeadura foi realizada sob palhada de capim-braquiária, dessecada com 2,5 L.ha⁻¹ de Roundup®, 30 dias antes da semeadura e 2,0 L.ha⁻¹ de Gramoxone®, 8 dias antes da semeadura.

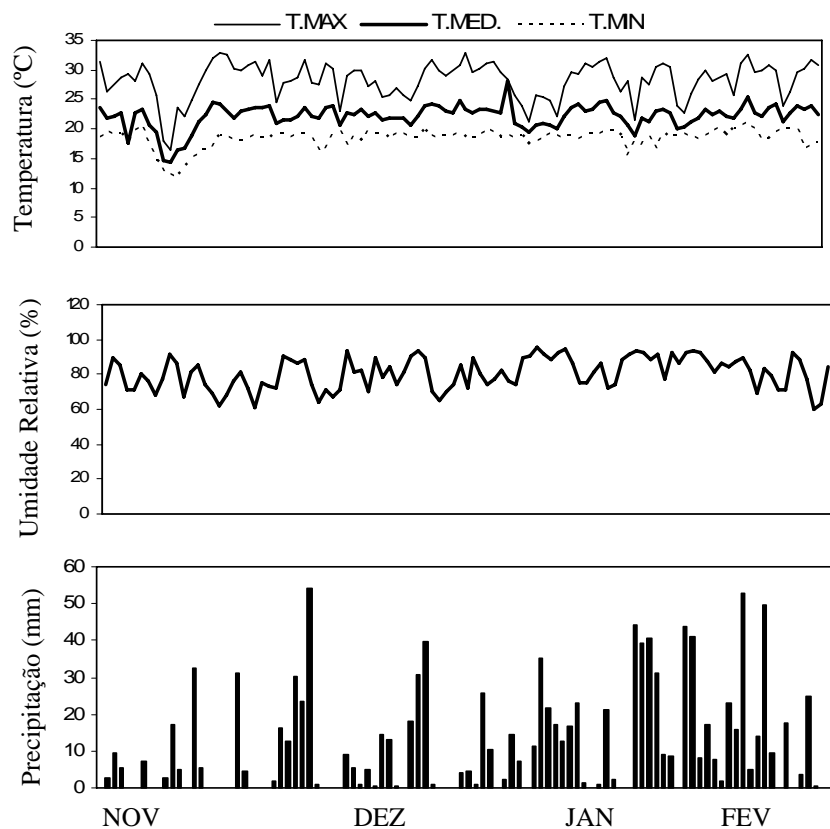


FIGURA 1. Variação diária das temperaturas máxima, média e mínima, umidade relativa do ar e precipitação pluvial em Lavras, de novembro de 2006 a fevereiro de 2007. Fonte: Estação Climatológica de Lavras, situada no *campus* da UFPA.

TABELA 1. Análise química de amostras de material do solo utilizado (0 a 20 cm).

Características	Valores
pH em H ₂ O	6,5 AcF
P (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	8,2 Ba
K (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	84,0 B
Ca cmolc.dm ⁻³	2,5 B
Mg cmolc.dm ⁻³	0,9 M
Al cmolc.dm ⁻³	0,0 Ba
S mg.dm ⁻³	11,8 MB
Matéria Orgânica dag.kg ⁻¹	2,6 M
V (%)	63,2 B

* Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com a Chagas et al. (1999) AcF=acidez fraca, Ba=teor baixo, M=médio, B=bom, MB=muito bom.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijão (Tabela 2) e cinco populações de plantas (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹).

TABELA 2. Principais características das cultivares de feijoeiro-comum estudadas.

Característica	BRS Radiante*	Bolinha	Ouro Vermelho*	Jalo EEP 558*
Grupo comercial**	Outros	Outros	Outros	Jalo
Tipo de grão	rajado	amarelo	vermelho	jalo
Hábito de crescimento	tipo I	tipo II	tipo II/III	tipo III
Peso de 100 grãos	44-45 g	32-33g***	25 g	30-40 g
Porte	ereto	ereto	semi-ereto	semi-prostrado
Ciclo	precoce	médio	normal	médio

* Ramalho & Abreu (2006)

** Classificação segundo Ministério da Agricultura (Descritores..., 2009).

*** Alves (2008)

Cada parcela foi constituída por 8 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas (20 m²). A semeadura foi manual, adotando-se a densidade de semeadura ideal para se atingir as populações estudadas. Em cada um dos ensaios, todas as parcelas receberam idêntica adubação, proporcional a 400 kg.ha⁻¹ do formulado 8-28-16, determinada por meio do resultado de análise de solo (Tabela 1) e da sua interpretação segundo Chagas et al. (1999). A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 21 dias após emergência, no estágio V₃-V₄, utilizando-se 30 kg.ha⁻¹ de N, fonte uréia. Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região e o ensaio não recebeu irrigação.

Para estudar o progresso do acúmulo de macronutrientes na parte aérea ao longo do ciclo de cada cultivar, foram utilizadas amostras coletas a cada 10 dias, iniciando no 13° DAE. Em cada coleta, foram amostradas cinco plantas, por meio de corte rente ao solo, para quantificar o acúmulo de matéria seca da parte aérea. Esse material foi seco em estufa com circulação de ar a 65°-70°C, até peso constante e pesado em balança de precisão, determinando-se, então, a matéria seca da parte aérea da planta, que foi triturada e enviada ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciências do Solo da UFLA para a realização das análises dos teores de macronutrientes. Os teores foram analisados quimicamente como se segue: N, pelo método Kjeldahl; P, K, Ca, Mg, S, por digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados no extrato (P-colorimetria, K-fotometria de chama; S-turbidimetria; Ca, Mg-espectrofotometria de absorção atômica), de acordo com Malavolta et al. (1997). A partir dos teores dos macronutrientes e do acúmulo de matéria seca em cada coleta, foi obtida a marcha de absorção ou de acúmulo (kg ha⁻¹) de cada um dos macronutrientes.

As coletas periódicas foram utilizadas no ajuste de curvas de regressão por cultivar, em função de dias após a emergência (DAE). As observações da última coleta foram ainda submetidas às análises de variância (fatorial 4x5), na qual os efeitos de cultivares foram avaliados pelo teste Scott-Knott (Scott & Knott, 1974) e os efeitos de populações de plantas por regressão (Banzatto & Kronka, 2006), com posterior seleção das equações mais representativas das relações entre as variáveis envolvidas (Gomes, 1990), observando-se, concomitantemente, a significância do modelo e o valor do coeficiente de determinação (R^2). Para isso, foi utilizado o programa estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o número de coletas variou em cada caso, dada a diferença de ciclo dos materiais utilizados, a análise da evolução do acúmulo de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro foi feita individualmente por cultivar. Nas quatro cultivares houve efeito significativo das épocas de coleta sobre o acúmulo de macronutrientes, tendo este efeito sido influenciado pelas populações de plantas, nos casos do nitrogênio/cv. Ouro Vermelho e magnésio/cv. Radiante.

Quando se considerou a marcha de acúmulo, ou seja, o acúmulo de macronutrientes ao longo do ciclo cultural, em todas as situações houve bom ajuste de equações do modelo quadrático (Figuras 2 a 5), sendo possível, em muitos casos, a determinação de pontos de máximo acúmulo dentro do espaço experimental. Foi possível, ainda, se observar que, em geral, por ocasião do florescimento (estádio R6 segundo Fernandez et al., 1985) de cada cultivar (Figuras 2 a 5 e Tabela 3), mais de 85% do total de cada macronutriente já havia sido absorvido pelo feijoeiro, concordando com vários resultados anteriormente

obtidos (Haag et al., 1967; Gallo & Miyasaka, 1961, Rosolem, 1996; Vieira, 2006), nos quais mais de 90% da absorção de cada nutriente se deu até o florescimento pleno.

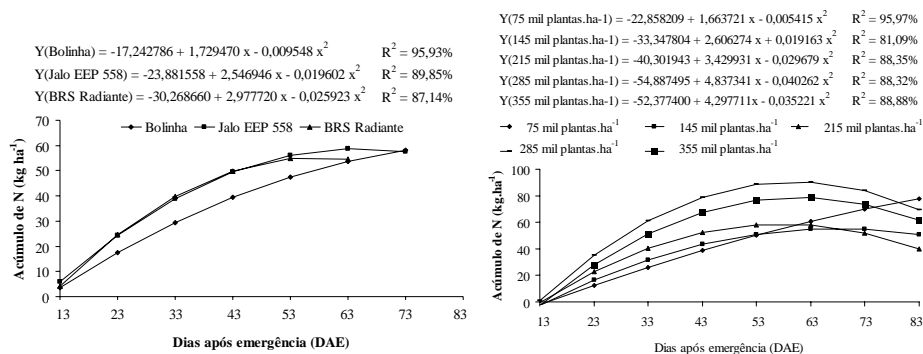


FIGURA 2. Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}): (2A) de três cultivares de feijão, em função de dias após emergência e (2B) da cultivar Ouro Vermelho, em função de dias após emergência e população de plantas, em plantio direto, safra primavera-verão 2006/2007.

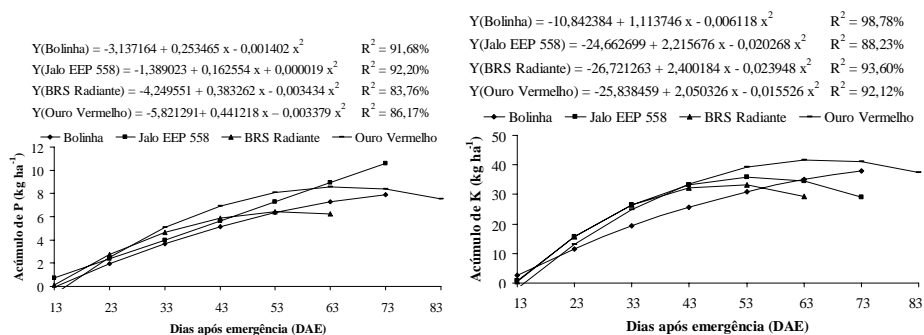


FIGURA 3. Acúmulo de fósforo e de potássio (kg ha^{-1}) de quatro cultivares de feijão, em função de dias após emergência, em plantio direto, safra primavera-verão 2006/2007.

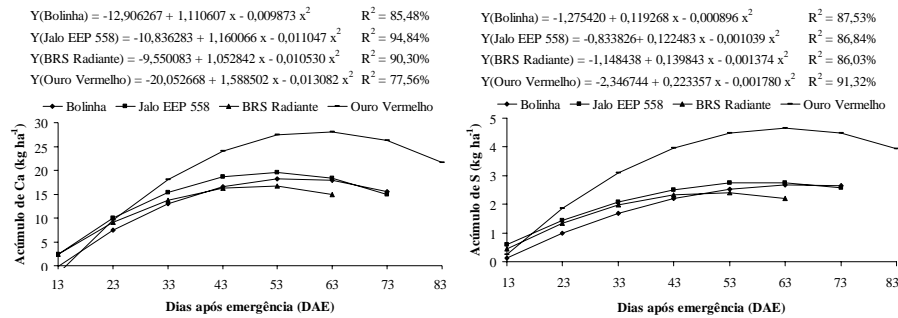


FIGURA 4. Acúmulo de cálcio e de enxofre (kg ha^{-1}) de quatro cultivares de feijão, em função de dias após emergência, em plantio direto, safra primavera-verão 2006/2007.

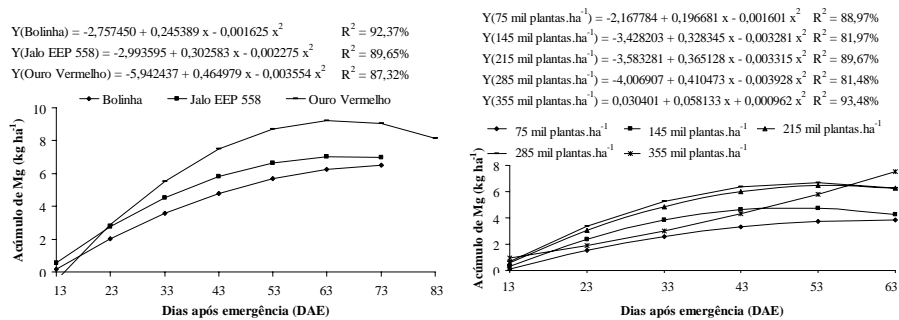


FIGURA 5. Acúmulo de magnésio (kg ha^{-1}): (5A) de três cultivares de feijão, em função de dias após emergência e (5B) da cv. BRS Radiante, em função de dias após a emergência e população de plantas, em plantio direto, safra primavera-verão 2006/2007.

TABELA 3. Valores médios do acúmulo de macronutrientes (kg ha^{-1} e % do total) na parte aérea do feijoeiro no estádio R_6 (pleno florescimento) de quatro cultivares, em plantio convencional. Lavras, safra primavera-verão 2006/07.*

	Bolinha		Jalo EEP 558		BRS Radiante		Ouro Vermelho		Médias
	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	
N	41,25	76	51,04	87	47,36	100	59,79	120	96
P	5,44	75	5,96	97	5,59	79	7,79	107	89
K	26,89	74	34,00	109	30,97	115	37,86	116	103
Ca	17,08	132	19,00	125	15,72	117	26,67	142	129
Mg	4,99	81	6,02	85	6,97	138	7,51	108	103
S	12,28	92	2,57	94	2,25	115	4,37	127	107

Por outro lado, a análise de variância dos dados finais, obtidos por ocasião da última coleta de cada cultivar, revelou que não houve efeito significativo de cultivares (C) sobre o acúmulo de macronutrientes, exceto no caso do S. As populações de plantas afetaram significativamente o acúmulo de todos os macronutrientes, mas não houve efeito significativo da interação. Na Tabela 4 observam-se os valores médios finais do acúmulo de macronutrientes, em função de cultivares e de populações estudadas. Verifica-se que, de fato, as cultivares acumularam quantidades equivalentes de N, P, K, Ca e Mg e que a cv. Ouro Vermelho (tipo II/III), a de maior ciclo cultural, acumulou mais S que as demais.

TABELA 4. Valores médios finais do acúmulo de macronutrientes (kg ha^{-1}) na parte aérea do feijoeiro, em função de cultivares e população de plantas (planta ha^{-1}) em plantio direto, safra primavera-verão 2006/07.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Bolinha	54,06 a	7,25 a	36,55 a	12,96 a	6,17 a	2,49 b
Jalo EEP 558	58,80 a	6,11 a	31,13 a	15,21 a	7,10 a	2,73 b
BRS Radiante	47,19 a	7,09 a	26,89 a	13,37 a	5,05 a	1,96 b
Ouro Vermelho	49,80 a	7,25 a	32,73 a	18,81 a	6,98 a	3,43 a
75 mil pl ha^{-1}	42,67	4,40	22,79	9,23	4,68	1,58
145 mil pl ha^{-1}	43,87	5,53	26,38	13,09	5,63	2,28
215 mil pl ha^{-1}	53,06	6,40	30,94	16,15	6,03	2,55
285 mil pl ha^{-1}	63,45	8,17	39,91	18,43	8,11	3,62
355 mil pl ha^{-1}	59,27	7,63	39,11	18,55	7,18	3,24
Médias	52,46	6,92	31,82	15,08	6,32	2,65
CV%	33,17	41,25	44,33	48,29	37,94	32,78

* Letras minúsculas na coluna agrupam cultivares pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O padrão de acúmulo das quatro cultivares foi mais próximo quando foram considerados os macronutrientes primários (Figuras 2 e 3). No caso do nitrogênio, por exemplo, a cv. Radiante (tipo I), mais precoce, acumulou um máximo de $55,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, as cultivares Jalo (III) e Bolinha (II) acumularam em torno de 58 kg ha^{-1} de N e a cv. Ouro Vermelho (II/III) acumulou um máximo de $68,5 \text{ kg}$. Na última coleta, entretanto, as quantidades acumuladas de N não diferiram e a cv. Jalo, apesar do hábito de crescimento mais ramificado, acumulou quantidades de N equivalentes às das cultivares Ouro Vermelho, a qual teve o ciclo 10 dias mais longo e Radiante, a mais precoce (Tabela 4). Merece também registro o resultado do desdobramento da interação épocas x populações dentro da cultivar Ouro Vermelho (Figura 2): nas populações de 145 a 355 mil plantas ha^{-1} , as equações foram similares, alcançando pontos de máximo muito próximos (em torno de 65 DAE), enquanto na menor população (75 mil plantas ha^{-1}) a equação ajustada diferiu das demais e registrou ponto de máximo acúmulo somente na última coleta (83 DAE).

No caso do fósforo e do potássio, tanto as curvas de acúmulo (Figura 3) como as médias obtidas na última coleta (Tabela 4) apresentadas pelas quatro cultivares foram muito próximas, mesmo em se tratando de nutrientes de comportamento tão diferente no solo, conforme afirmam Alvarez V. et al. (1999).

Em relação aos macronutrientes secundários, as quantidades acumuladas acompanharam, de certa forma, a duração do ciclo cultural, pois chama a atenção o fato de a cv. Ouro Vermelho, a de ciclo mais longo, ter acumulado quantidades nitidamente superiores de enxofre que as demais (Figura 4 e Tabela 4). Neste caso, é possível que não só o ciclo mas também outro fator pode estar envolvido, conferindo à cultivar Ouro Vermelho maior eficiência na absorção ou acúmulo de S.

O desdobramento da interação épocas x populações para o acúmulo de magnésio dentro da cv. Radiante (Figura 5) revelou que, na população mais elevada (355 mil plantas ha⁻¹), o padrão foi diferenciado, ocorrendo máximo acúmulo no final do ciclo, enquanto nas demais populações houve ponto de máximo mais precoce.

Os valores médios de acúmulo obtidos no presente estudo, apresentados na Tabela 4 são, na Tabela 5, comparados com valores médios estimados por outros autores, em condição de campo. Os dados médios do presente trabalho são muito inferiores aos dos demais autores. Estes resultados podem ser parcialmente associados à baixa fertilidade inicial do solo (Tabela 1), já que se trata de área com baixo teor de P. Entretanto, considerando que houve adubação adequada na semeadura e que foi realizada boa cobertura nitrogenada, certamente, o baixo acúmulo de macronutrientes também reflete o pequeno crescimento do feijoeiro, decorrente do excesso de chuvas, particularmente ocorrido nesta safra das águas 2006/2007 (Figura 1) e que se revelou drasticamente limitante para a cultura. O excesso de chuvas pode ter afetado,

não só reduzindo a disponibilidade de nutrientes no solo (lixiviando N e K, por exemplo) como também reduzindo os processos de absorção e translocação em consequência de arejamento inadequado ou deficiência de oxigênio (Andrade et al., 2006).

De acordo com os valores médios obtidos no presente trabalho e utilizados na Tabela 5, pode-se verificar que, em plantio direto, a ordem decrescente de acúmulo foi N>K>Ca>P>Mg>S. Comparando-se esta sequência com as de outros autores, obtidos em experimentos em plantio convencional, verifica-se que não houve coincidência com as obtidas por Vieira (2006), Feitosa et al. (1980) e Gallo & Miyasaka (1961), porque, no presente trabalho, o acúmulo de P superou o de Mg. Também diferiu dos resultados de Cobra Netto (1967), nos quais o acúmulo de S superou os de Mg e P.

TABELA 5. Acúmulo médio de macronutrientes (kg ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro, determinado por diferentes autores, em experimentos de campo.

Autores	N	P	K	Ca	Mg	S
Presente trabalho	52	7	32	15	6	3
Vieira (2006) ¹	105	11	81	47	14	9
Feitosa et al. (1980)	81	7	62	57	10	-
Cobra Netto (1967) ²	102	9	93	54	18	26
Gallo & Miyasaka (1961) ³	84	7	68	34	11	6

¹Cvs. BRS MG Talismã e OuroNegro (plantio direto e convencional); ² Cv. Roxinho (plantio convencional); ³ Cv. Chumbinho opaco (plantio convencional)

O efeito das populações de plantas sobre o acúmulo de macronutrientes pode ser observado nas Figuras 6 a 8. À medida que aumentou a densidade populacional, o acúmulo de todos os macronutrientes aumentou de maneira quadrática, até a maior população empregada, correspondente a 355 mil plantas ha⁻¹. Teoricamente, maiores populações levam a maiores acúmulos de matéria

seca, influenciando positivamente as quantidades acumuladas de macronutrientes.

Estudos anteriores mostram que o incremento da população pode aumentar a altura de plantas de crescimento tipo III, em função da competição por luz (Valério et al., 1999) e podem ou não influenciar esta característica no caso de plantas do tipo II (Souza et al., 2004a, 2004b, 2008). De acordo com Souza et al. (2008), estes resultados distintos demonstram que vários fatores interferem nas respostas ao aumento da população, como hábito de crescimento, clima e solo, os quais modificam a plasticidade, ou efeito de compensação (Fernandes, 1987), existente entre os componentes do rendimento do feijoeiro. Em todos os casos, entretanto, o aumento do número de plantas por área pode levar à maior extração e acúmulo de nutrientes.

É interessante observar que o comportamento das cultivares Bolinha e Jalo EEP 558 também pode indicar a presença de algum mecanismo de adaptação (raízes mais profundas ou maior aparato fotossintético, por exemplo) que mantém os níveis de demanda de nutrientes por planta próximos do normal, mesmo sob maior competição intraespecífica.

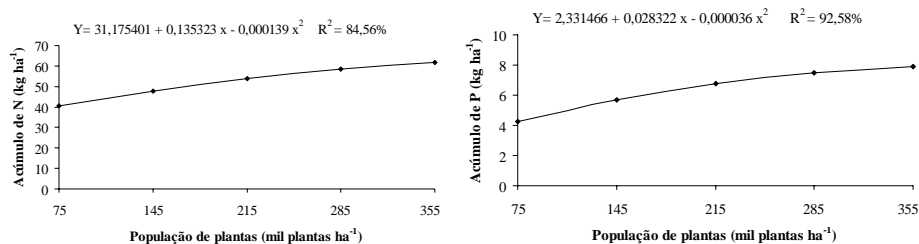


FIGURA 6. Acúmulo de nitrogênio e fósforo (kg ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

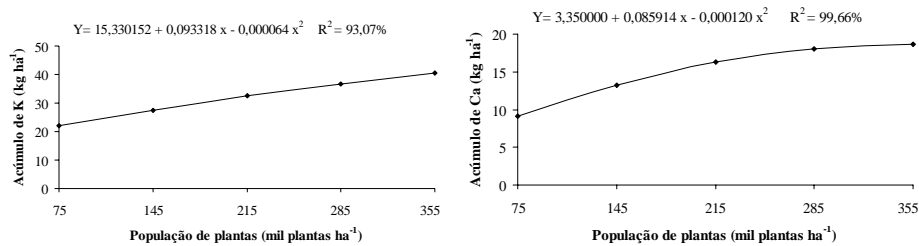


FIGURA 7. Acúmulo de potássio e cálcio (kg ha^{-1}) na parte aérea do feijoeiro, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

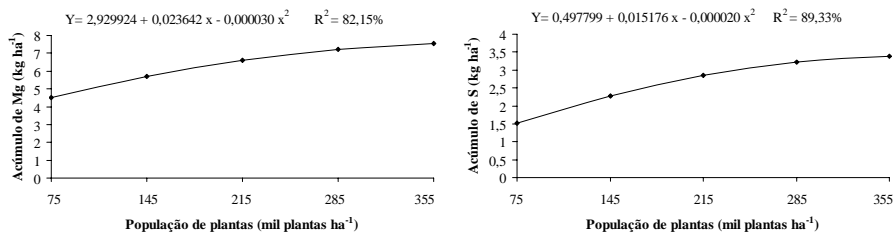


FIGURA 8. Acúmulo de magnésio e enxofre (kg ha^{-1}) na parte aérea do feijoeiro, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

CONCLUSÕES

Por ocasião do florescimento, mais de 85% do total de cada macronutriente já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro.

De maneira geral, os macronutrientes apresentam máxima absorção anterior ao final do ciclo, principalmente o Ca, cuja absorção máxima ocorre mais cedo, por volta dos 50-60 dias após a emergência.

Em termos de quantidades acumuladas de S, a cv. Ouro Vermelho supera as demais.

A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes na cultivares estudadas é N>K>Ca>P>Mg>S.

O aumento da densidade populacional até 355 mil plantas ha⁻¹ incrementa o acúmulo de macronutrientes pelo feijoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

ALVES, A.F. **Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro em Minas Gerais**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, A.J.; VIEIRA, N.M.B. Condições edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 67-86.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 247p.

CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L.T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B.; LANA, R.M.Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

COBRA NETTO, A. **Nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1967. 91 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). **Anais da**

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, v.28, p. 257-274, 1971.

DESCRITORES mínimos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 8 jan. 2009.

EL-HUSNY, J.C. Limitações nutricionais pra a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **em um solo do Norte de Minas Gerais**. 1992. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FEITOSA, C.T.; RONZELLI JR., P.; D’A ALMEIDA, L.; VEIGA, A.A.; HIROCE, R.; JORGE, J. P. N. Adubação NP para o feijoeiro na presença e ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 3, p. 156-159, 1980.

FERNANDES, M.I.P.S. **Efeito da variação de estande dos experimentos com a cultura do feijoeiro**. 1987. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNADEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción**. Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.40, p. 867-84, set. 1961.

GARRIDO, M.A.T.; DEL PINO, M.A.I.T.; SILVA, A.M.; ANDRADE, M.J.B. Crescimento, absorção iônica e produção do feijoeiro sob dois níveis de nitrogênio e três lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 187-194, jan./mar. 2000.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 460p.

HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G.
Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.26, n. 30, p. 380-391, set. 1967.

JAUER, A.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O.A.;
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.

MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O.F. Nutrição e adubação do feijoeiro. In:
FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Tecnologia da produção de
feijão irrigado**. Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 22-51.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado
nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS,
1997. 319 p.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA
JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 415-36.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S. ; RAVA, C.
A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro
comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e
do Fosfato, 1996. p. 353-390.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA
JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-65.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the
analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; ALVES, V. G. Populações de plantas,
adubação e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em Gleissolo de Ponta
Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3,
p. 347-352, 2004a.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M.J.B.; ALVES, V.G.; CAMPAGNOLI, F.B.
Densidades de semeadura, níveis de adubação NPK e calagem para o feijoeiro
(cv. Iapar 81) em latossolo argiloso de Ponta Grossa - PR. **Semina: Ciências
Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 5-12, 2004b.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; VIEIRA, N.M.B.; ALBUQUERQUE, A. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 39-43, 2008.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.3, p. 515-528, 1999.

VIEIRA, N.M.B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional**. 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O artigo 3 será encaminhado para submissão do Periódico Científico **Revista Semina: Ciências Agrárias**.

Messias José Bastos de Andrade¹, Neiva Maria Batista Vieira², Luiza Pinheiro Carvalho, Pedro Milanez de Rezende¹

¹Eng. Agrônomo, DSc., Professor, Universidade Federal de Lavras, Depto. de Agricultura (DAG), Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, mandrade@ufla.br; ²Eng. Agrônoma, MSc., Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, DAG; ³Acadêmica em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Depto. de Ciência dos Alimentos (DCA).

ARTIGO IV

Acúmulo de micronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, em função da população de plantas, em plantio convencional

RESUMO. Com o objetivo de obter a marcha de acúmulo de micronutrientes de quatro cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca, em diferentes populações, foi conduzido um experimento de campo no sistema de plantio convencional. O delineamento estatístico utilizado foi blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijoeiro (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho e Jalo EEP 558) e cinco densidades populacionais (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹). Determinou-se o progresso do acúmulo de micronutrientes na parte aérea ao longo do ciclo de cada cultivar, utilizando-se amostras coletadas a cada 10 dias. Concluiu-se que, por ocasião do florescimento, mais de 70% do total de Fe, Mn e Zn já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro. Os micronutrientes B e Cu têm baixo acúmulo inicial, que é incrementado dos 40-50 dias após a emergência até a maturação. Os demais micronutrientes são acumulados de forma significativa, desde o início do ciclo. No plantio convencional, a ordem decrescente de acúmulo de micronutrientes nas cultivares estudadas é Fe>B>Mn>Zn>Cu. As cultivares não diferem quanto ao acúmulo de B, mas as cultivares Jalo e Radiante acumulam mais Fe, enquanto a cv. Ouro Vermelho destaca-se no acúmulo de Mn e Zn. O acúmulo de micronutrientes é crescente quando se aumenta a densidade populacional até 355 mil plantas ha⁻¹, exceto na cv. Ouro Vermelho, em que o máximo acúmulo ocorre entre 145 e 215 mil plantas ha⁻¹.
Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, nutrição mineral, absorção de nutrientes.

Micronutrient accumulation of bean plant cultivars as related to the plant stand in conventional planting

ABSTRACT. With the objective of obtaining the march of micronutrient accumulation of bean plant cultivars with type of grain alternative to the carioca type, in different stands, a field experiment was conducted in conventional planting system. The statistical design utilized was randomized blocks with three replicates and factorial scheme 4x5, involving four bean plant cultivars (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho and Jalo EEP 558) and five stands (75, 145, 215, 285 and 355 mil plantas.ha⁻¹). The progression of micronutrient accumulation in the shoot along the cycle of each cultivar was determined by utilizing samples collected every ten days. It follows that on the occasion of flowering, over 70% of the total of Fe, Mn and Zn is already accumulated by the bean plant cultivars. Micronutrients B and Cu have a low early accumulation,

which is enhanced from the 40-50 days after emergence till maturation. The other micronutrients are accumulated in a significant manner since the beginning of the cycle. In conventional planting, the decreasing rank of micronutrient accumulation in the cultivars studied is Fe>B>Mn>Zn>Cu. The cultivars do not differ as to the accumulation of B, but cvs. Jalo and Radiante accumulate more Fe, while cv. Ouro Vermelho stands out in the accumulation of both Mn and Zn. Micronutrient accumulation is decreasing when stand is increased up to 355 thousand plants ha⁻¹, except in cv. Ouro Vermelho, where the maximum accumulation takes place between 145 and 215 thousand plants ha⁻¹.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, mineral nutrition, nutrient absorption.

INTRODUÇÃO

Estudos relacionados aos micronutrientes no feijoeiro são, na sua maioria, recentes e relativamente escassos. Além disso, diferenças encontradas entre os trabalhos disponíveis podem ser creditadas, principalmente, aos diferentes ciclos culturais das cultivares e ao sistema de plantio utilizados, sendo de extrema importância realizar trabalhos de investigação neste sentido.

De acordo com Epstein (1972), a absorção de micronutrientes pelo vegetal depende, entre outros fatores, do estágio de desenvolvimento da planta e da atividade metabólica desse micronutriente. O meio ambiente também representa importante papel na absorção, uma vez que a disponibilidade do nutriente no solo depende de uma série de fatores relacionados, inclusive manejo da cultura (Lopes & Carvalho, 1988; Ferreira & Cruz, 1991). Por razões óbvias, a cultivar empregada, com todas as suas características de sistema radicular e ciclo, dentre outras, também é fator determinante na absorção.

Batista et al. (1975), trabalhando com a cv. Rico 23, observaram que a safra das águas determinou maior absorção de micronutrientes que a da seca, principalmente entre 40 e 60 dias após a emergência (DAE) das plântulas. Estes autores acrescentam que Cu e B foram absorvidos durante todo o ciclo cultural,

enquanto Zn e Mn foram absorvidos até aos 40 DAE, ou seja, até o período que antecede a formação das vagens.

Trabalhando com a cv. Carioca em casa de vegetação, El-Husny (1992) determinou que a extração de micronutrientes pelo feijoeiro obedeceu à ordem decrescente Fe>Mn>B> Zn>Cu, com quantidades extraídas estimadas em 1.290 g ha⁻¹ de Fe, 530 g ha⁻¹ de Mn, 200g ha⁻¹ de B, 115 g ha⁻¹ de Zn e 60 g ha⁻¹ de Cu. Em outro estudo com a cv. Ouro Negro em casa de vegetação, o acúmulo de micronutrientes, em ordem decrescente, foi Mn>Fe>Zn>B>Cu (Andrade W., 1997). Mais recentemente, trabalhando a campo, Vieira (2006) determinou, para as cultivares Ouro Negro e Talismã, a sequência Fe>Zn>Mn>B>Cu, respectivamente, com acúmulos médios de 689>168>137>93>48g ha⁻¹. Neste último trabalho, o sistema convencional de plantio levou a menor acúmulo de micronutrientes do que o sistema de plantio direto.

Recentemente, tem havido interesse por cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca, pois elas podem representar uma forma de agregar valor ao produto final, apenas com a escolha de nova cultivar para plantio. Entretanto, para o efetivo emprego destas cultivares, há a necessidade de adequá-las aos sistemas de produção do feijoeiro, geralmente aprimorados para o feijão carioca (hábitos de crescimento tipo III ou II/III), pois algumas cultivares alternativas têm hábito de crescimento bastante distinto (tipos I ou II). O arranjo de plantas é fortemente correlacionado com o hábito de crescimento (Jauer et al., 2003) e a altura de plantas (Santos & Gavilanes, 2006).

Dentre outros fatores, a população ideal de feijoeiros é função da arquitetura de plantas e da capacidade do solo em fornecer nutrientes e, dessa forma, uma recomendação adequada de adubação deverá considerar a cultivar (ou hábito de crescimento) e a população de plantas envolvidas no sistema de produção.

Para avaliar os efeitos de fatores de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, devendo ser complementada pela marcha de absorção de nutrientes, a qual permite conhecer as quantidades de nutrientes absorvidas e a absorção relativa em cada fase da cultura, fornecendo informações básicas sobre as épocas mais adequadas para a aplicação dos fertilizantes. Em espécies com raízes pouco profundas e altamente exigentes, como o feijoeiro, estas informações são ainda mais valiosas (Vieira, 2006).

O objetivo do presente trabalho foi estudar, em sistema de plantio convencional, a marcha de acúmulo de micronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, submetidas a diferentes populações de plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constou de um experimento de campo instalado em área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Latossolo Vermelho distroférico típico (Embrapa, 1999), sob plantio convencional (PC), na safra primavera-verão (águas) 2006/2007, caracterizada por excessiva precipitação pluvial (Figura 1). Os valores resultantes da análise química de amostras de material do solo, coletadas à profundidade de 0 até 20 cm, antes da semeadura do feijão, são apresentados na Tabela 1. O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens.

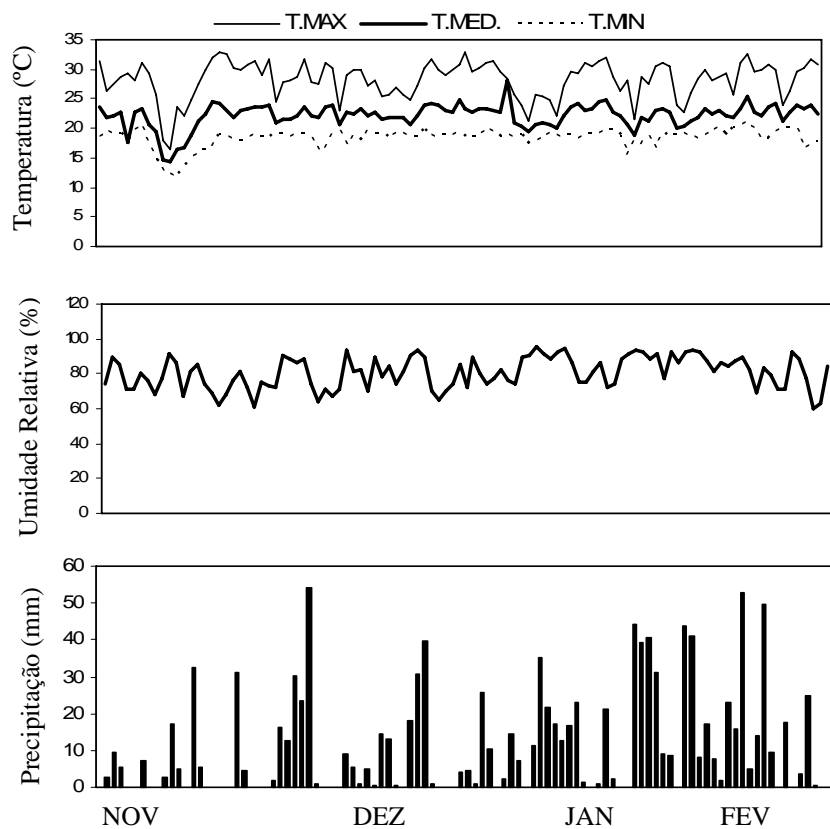


FIGURA 1. Variação diária das temperaturas máxima, média e mínima, umidade relativa do ar e precipitação pluvial em Lavras, de novembro de 2006 a fevereiro de 2007. Fonte: Estação Climatológica de Lavras, situada no *campus* da UFPA.

TABELA 1. Análise química de amostras de material do solo utilizado (0 a 20 cm).

Características	Valores
pH em H ₂ O	5,3 AcM
P (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	8,9 Ba
K (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	62,0 M
Ca cmolc.dm ⁻³	1,6 M
Mg cmolc.dm ⁻³	0,4 Ba
Al cmolc.dm ⁻³	0,3 Ba
S mg.dm ⁻³	31,7 MB
Zn mg.dm ⁻³	8,3 A
Fe mg.dm ⁻³	32,7 B
Mn mg.dm ⁻³	10,8 B
Cu mg.dm ⁻³	1,5 B
B mg.dm ⁻³	0,3 Ba
Matéria Orgânica dag.kg ⁻¹	3,4 M
V (%)	30,2 Ba

* Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com a Chagas et al. (1999) AcM=acidez média, Ba=teor baixo, M=médio, B=bom, MB=bom, A=alto.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijão (Tabela 2) e cinco populações de plantas (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹).

Cada parcela foi constituída por 8 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas (20 m²). A semeadura foi manual, adotando-se a densidade de semeadura ideal para se atingir as populações estudadas. Todas as parcelas receberam idêntica adubação, proporcional a 400 kg.ha⁻¹ do formulado 8-28-16, determinada por meio do resultado de análise de solo (Tabela 1) e da sua interpretação segundo Chagas et al. (1999). Não foi feita a correção do solo. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 21 dias após emergência, no estádio V₃-V₄ (Fernandez et al., 1985), utilizando-se 30

kg.ha⁻¹ de N, fonte uréia. Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região e o ensaio não recebeu irrigação.

TABELA 2. Principais características das cultivares de feijoeiro-comum estudadas.

Característica	BRS Radiante*	Bolinha	Ouro Vermelho*	Jalo EEP 558*
Grupo comercial**	Outros	Outros	Outros	Jalo
Tipo de grão	rajado	amarelo	vermelho	jalo
Hábito de crescimento	tipo I	tipo II	tipo II/III	tipo III
Peso de 100 grãos	44-45 g	32-33g***	25 g	30-40 g
Porte	ereto	ereto	semi-ereto	semi-prostrado
Ciclo	precoce	médio	normal	médio

* Ramalho & Abreu (2006)

** Classificação segundo Ministério da Agricultura (Descritores..., 2009)

*** Alves (2008)

Para estudar o progresso do acúmulo de micronutrientes na parte aérea ao longo do ciclo de cada cultivar, foram utilizadas amostras coletadas a cada 10 dias, iniciando no 10º DAE. Em cada coleta, foram amostradas cinco plantas por meio de corte rente ao solo, para quantificar o acúmulo de matéria seca da parte aérea. Esse material foi seco em estufa com circulação de ar a 65º-70ºC, até peso constante e pesado em balança de precisão, determinando-se, então, a matéria seca da parte aérea da planta, que foi triturada e enviada ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, para a realização das análises dos teores de micronutrientes. Os teores foram analisados quimicamente como se segue: Cu, Fe, Mn e Zn por meio da digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados no extrato por espectrofotometria de absorção atômica e B, por incineração e determinação colorimétrica, pelo método da curcumina, de acordo com Malavolta et al. (1997). A partir dos teores dos micronutrientes e do acúmulo de matéria seca na parte aérea da planta, em

cada coleta, foi obtida a marcha de acúmulo (g ha^{-1}) de cada um dos micronutrientes.

As coletas periódicas foram utilizadas no ajuste de curvas de regressão por cultivar, em função de dias após a emergência (DAE). As observações da última coleta foram ainda submetidas às análises de variância (fatorial 4x5), na qual os efeitos de cultivares foram avaliados pelo teste Scott-Knott (Scott & Knott, 1974) e os efeitos de populações de plantas por regressão (Banzatto & Kronka, 2006), com posterior seleção das equações mais representativas das relações entre as variáveis envolvidas (Gomes, 1990), observando-se, concomitantemente, a significância do modelo e o valor do coeficiente de determinação (R^2). Para isso, foi utilizado o programa estatístico Sisvar[®] (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o número de coletas variou em cada caso, dada a diferença de ciclo dos materiais utilizados, a análise da evolução do acúmulo de micronutrientes na parte aérea do feijoeiro foi feita individualmente, por cultivar. De maneira predominante, a interação épocas x populações de plantas não foi significativa, indicando que, de maneira geral, o padrão de absorção dos micronutrientes se manteve quando se variou a população de plantas, nas condições deste estudo. Apenas nos casos do boro-cultivar Bolinha e do ferro-cultivar Ouro Vermelho, a interação épocas x populações foi significativa, indicando modificação do efeito das épocas pelas populações de plantas.

Quando se considerou a marcha de absorção, ou seja, o acúmulo de micronutrientes ao longo do ciclo cultural, em todas as situações houve bom ajuste de equações do modelo quadrático. Pode-se observar, ainda, que, por ocasião do florescimento de cada cultivar, mais de 70% do total de Fe, Mn e Zn

já haviam sido absorvidos pelo feijoeiro (Figuras 2 e 3 e Tabela 3), concordando com vários resultados anteriormente obtidos (El Husny, 1992; Vieira, 2006; Andrade C., 2007 e Andrade W., 2007). No caso do B e do Cu, o acúmulo até este estágio foi baixo, da ordem de 27% e 43%, respectivamente (Tabela 3).

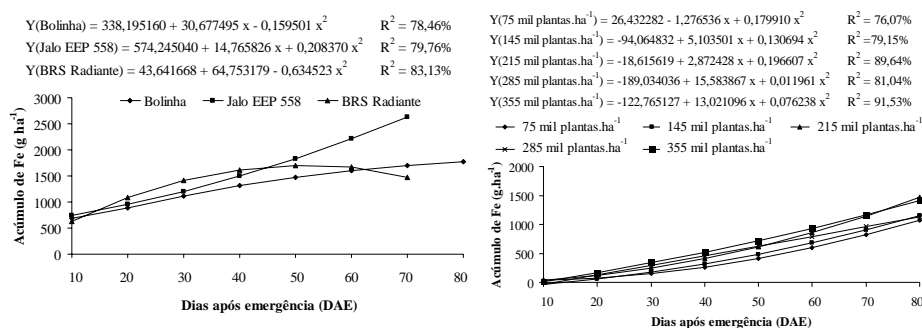


FIGURA 2. Acúmulo de ferro (g ha^{-1}): (2A) de três cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência (DAE) e (2B) da cv. Ouro Vermelho, em função de DAE e de densidades de plantas, em plantio convencional. Lavras, primavera-verão 2006/2007.

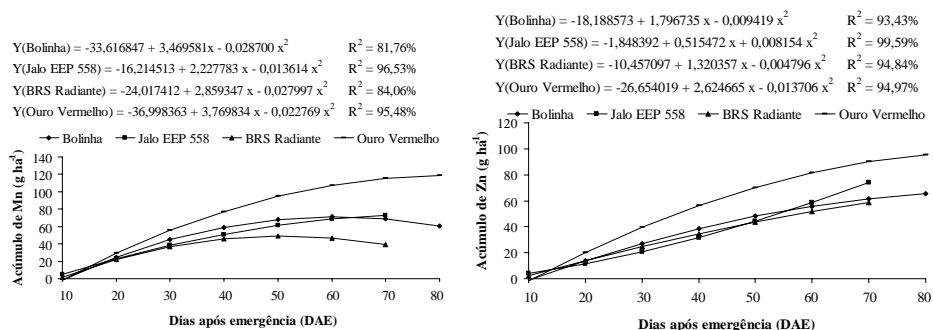


FIGURA 3. Acúmulo de manganês e zinco (g ha^{-1}) de quatro cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência, em plantio convencional, safra primavera-verão 2006/2007.

TABELA 3. Valores médios do acúmulo de micronutrientes (g ha^{-1} e % do total) na parte aérea do feijoeiro no estádio R_6 (pleno florescimento) de quatro cultivares, em plantio convencional. Lavras, safra primavera-verão 2006/07.

	Bolinha		Jalo EEP 558		BRS Radiante		Ouro Vermelho		Média
	g ha^{-1}	%	g ha^{-1}	%	g ha^{-1}	%	g ha^{-1}	%	%
B	43	34	37	25	14	9	65	41	27
Cu	10	21	11	42	11	53	21	54	43
Fe	1396	114	1661	102	1619	109	1116	107	108
Mn	64	106	56	83	46	120	95	90	100
Zn	44	67	38	52	42	80	70	89	72

O Fe foi acumulado com taxa significativa desde o início do ciclo pelas cultivares Bolinha, Jalo e Radiante, e esta última apresentou máximo acúmulo deste elemento entre 40 e 50 DAE (Figura 2A), mas a cv. Ouro Vermelho (tipo II/III e maior ciclo) apresentou absorção mais lenta com acúmulo máximo no final do ciclo cultural (Figura 2B).

Além do Fe, os micronutrientes Mn e Zn também tiveram expressivo acúmulo nas etapas iniciais do ciclo. As cultivares Radiante e Bolinha (tipos I e II) apresentaram máximo acúmulo de Mn por volta dos 50 DAE, enquanto as cultivares Jalo e Ouro Vermelho apresentaram máximo acúmulo de Mn e Zn no final do ciclo (Figura 3). As curvas relacionadas ao boro (Figura 4) e cobre (Figura 5) revelaram que as quatro cultivares apresentaram baixo acúmulo inicial, incrementando-se a partir dos 40 a 50 DAE, até alcançar máximo acúmulo no final do ciclo. Estes resultados coincidem com os obtidos por Batista et al. (1975), os quais concluíram que Cu e B foram absorvidos durante todo o ciclo cultural, enquanto Zn e Mn foram mais absorvidos até aos 40 DAE.

Por outro lado, a análise de variância dos dados finais, obtidos por ocasião da última coleta de cada cultivar, revelou que houve efeito significativo de cultivares (C) sobre o acúmulo de Cu, Fe, Mn e Zn, de populações (P) sobre o acúmulo de B, Cu e Zn e da interação C x P sobre os acúmulos de Cu, Mn e Zn.

Os valores médios finais desta análise, em função de cultivares e populações estudadas, constam da Tabela 4.

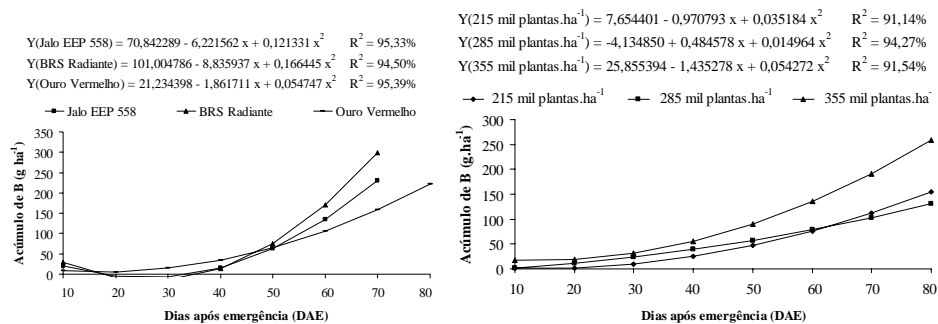


FIGURA 4. Acúmulo de boro (g ha^{-1}): (4A) de três cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência (DAE) e (4B) da cv. Bolinha, em função de DAE e de densidades de plantas, em plantio convencional, safra primavera-verão 2006/2007.

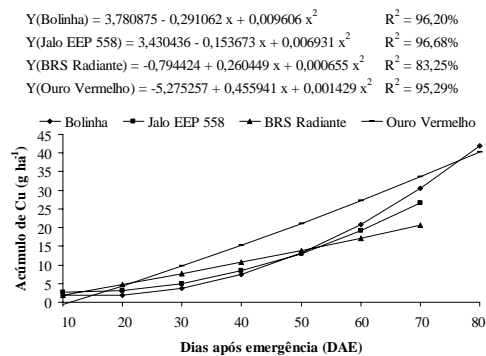


FIGURA 5. Acúmulo de cobre (g ha^{-1}) de quatro cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência, em plantio convencional, safra primavera-verão 2006/2007.

TABELA 4. Valores médios finais do acúmulo de micronutrientes (g ha^{-1}) na parte aérea do feijoeiro, em função de cultivares e populações de plantas em plantio convencional, safra primavera-verão 2006/07.*

	Cultivar	75	145	215	285	355	Médias
Cu	Bolinha	13a	26a	51a	54a	101a	49
	Jalo EEP 558	29a	16a	23a	23b	36b	25
	BRS Radiante	16a	15a	18b	28a	22b	20
	Ouro Vermelho	41a	42a	52a	40a	20b	39
Mn	Bolinha	13b	37b	60b	73a	123a	61
	Jalo EEP 558	96a	48b	45b	51a	99a	68
	BRS Radiante	33b	24b	33b	61a	38b	38
	Ouro Vermelho	92a	133a	148a	63a	91a	105
Zn	Bolinha	21b	35a	60b	66a	142a	65
	Jalo EEP 558	92a	53a	65b	56a	99b	73
	BRS Radiante	20b	40a	54b	78a	72b	53
	Ouro Vermelho	66a	85a	129a	52a	61b	79
B	Bolinha	-	-	-	-	-	126a
	Jalo EEP 558	-	-	-	-	-	145a
	BRS Radiante	-	-	-	-	-	153a
	Ouro Vermelho	-	-	-	-	-	159a
Fe	Bolinha	-	-	-	-	-	1221b
	Jalo EEP 558	-	-	-	-	-	1626a
	BRS Radiante	-	-	-	-	-	1479a
	Ouro Vermelho	-	-	-	-	-	1039b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna agrupam as cultivares de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Comparando-se os valores médios de acúmulo do presente trabalho (Tabela 4) com valores médios estimados por outros autores (Tabela 5), verifica-se que, à exceção do Fe e do B, os dados ora obtidos são inferiores aos demais. Certamente, os baixos valores refletem o pequeno crescimento do feijoeiro, decorrente do excesso de chuvas, particularmente ocorrida nesta safra das águas 2006/2007 (Figura 1) e que se revelou drasticamente limitante para a cultura. O excesso de chuvas pode ter afetado, não só reduzindo a disponibilidade de nutrientes no solo, como também reduzindo os processos de absorção e

translocação, em consequência de arejamento inadequado ou da deficiência de oxigênio (Andrade et al., 2006).

TABELA 5. Acúmulo médio de micronutrientes (g ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro determinado por diferentes autores, em experimentos de campo.

Autores	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Presente trabalho	146	33	1341	68	67
Vieira (2006) ¹	93	49	689	137	168
Batista et al. (1975) ^{2,3}	83	31	-	119	256
Batista et al. (1975) ^{2,4}	29	11	-	57	30

¹Cvs. BRS MG Talismã e OuroNegro (plantio direto e convencional); ² Cv. Roxinho (plantio convencional); ³Safrá das águas (plantio convencional); ⁴Safrá da seca (plantio convencional)

Altos valores de acúmulo de Fe são comuns em latossolos como o do presente estudo e podem ser explicados pelos teores encontrados nas análises (Tabela 1). Por outro lado, não era esperado grande acúmulo de B, já que o teor do micronutriente no solo era baixo (Tabela 1), sugerindo que a diferença em relação ao trabalho de Batista et al. (1975) pode ser creditada aos diferentes métodos analíticos utilizados. Observe-se, ainda, que os resultados ora obtidos diferem menos dos de Vieira (2006), que utilizou o mesmo método de extração para boro (água quente).

De acordo com os valores médios do presente trabalho, apresentados na Tabela 5, verifica-se que a ordem decrescente de acúmulo foi Fe>B>Mn>Zn>Cu. Comparando-se esta sequência com a de Vieira (2006), obtida com as cultivares BRS Mg Talismã e Ouro Negro (Fe>Zn>Mn>B>Cu), verifica-se que elas não são coincidentes, já que os valores obtidos no presente estudo, para B e Mn, superaram os valores do Zn.

As cultivares não diferiram quanto ao acúmulo de B, mas diferiram em relação ao acúmulo de Fe, com as cultivares Jalo e Radiante superando as outras duas (Tabela 3). Em função da significância da interação cultivares x populações, as diferenças entre as cultivares em relação aos acúmulos de Cu, Mn e Zn variaram com as populações de plantas, conforme se observa na Tabela 3. Nota-se, entretanto, que a cv. Ouro Vermelho, de ciclo mais longo, situou-se sempre no grupo que mais acumulou aqueles micronutrientes, exceto na população de plantas de 355 mil plantas ha⁻¹, na qual ela se apresentou no segundo grupo, certamente por se mostrar sensível à maior competição intraespecífica estabelecida. A cv. Radiante, por outro lado, a de ciclo mais curto, quase sempre se situou no segundo grupo (Tabela 3). Nota-se, portanto, forte influência do ciclo cultural sobre o acúmulo de micronutrientes.

O efeito das populações de plantas sobre o acúmulo de micronutrientes pode ser observado nas Figuras 6 a 9. À medida que aumentou a densidade populacional, o acúmulo de B e Fe aumentou sempre de maneira quadrática, até a maior população empregada, correspondente a 355 mil plantas ha⁻¹ (Figura 6). O mesmo comportamento foi obtido com o acúmulo dos demais micronutrientes nas cultivares Bolinha, Jalo e Radiante, mas a cv. Ouro Vermelho apresentou máximo acúmulo em populações intermediárias, entre 145 e 215 mil plantas (Figuras 7 a 9). Este resultado confirma indicação anterior, neste mesmo trabalho, de que esta cultivar apresenta maior sensibilidade ao incremento da população, provavelmente por ter menor efeito de compensação (Fernandes, 1987) entre os componentes do rendimento em maiores densidades de plantas.

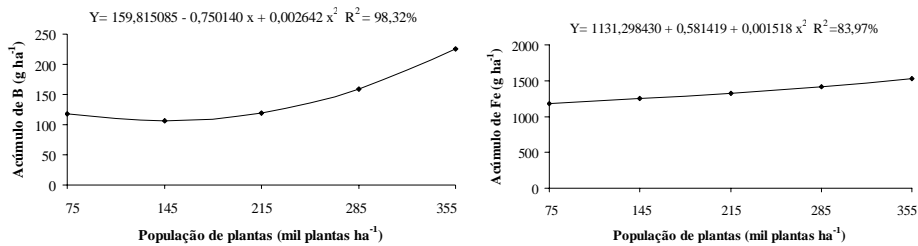


FIGURA 6. Acúmulos de boro e ferro (g ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro em plantio convencional (médias de quatro cultivares), em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

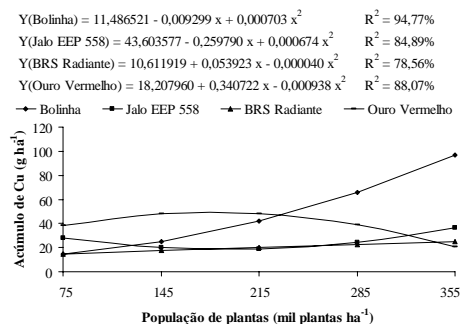


FIGURA 7. Acúmulo de cobre (g ha⁻¹) na parte aérea de quatro cultivares de feijoeiro em plantio convencional, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

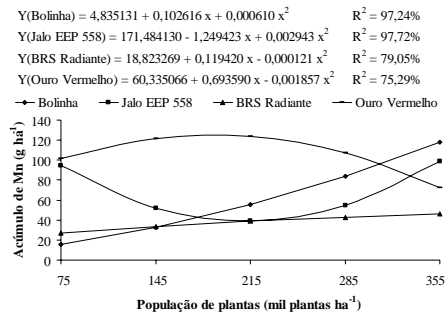


FIGURA 8. Acúmulo de manganês (g ha^{-1}) na parte aérea de quatro cultivares de feijoeiro em plantio convencional, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

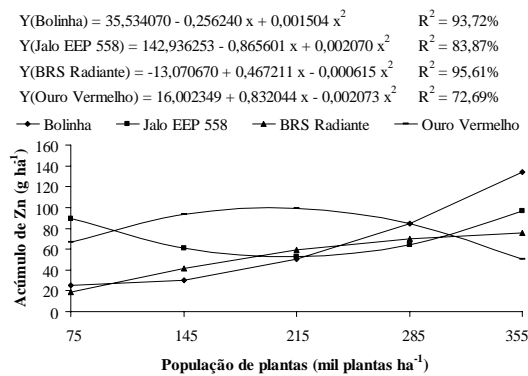


FIGURA 9. Acúmulo de zinco (g ha^{-1}) na parte aérea de quatro cultivares de feijoeiro em plantio convencional, em função de população de plantas, safra primavera-verão 2006/2007.

Teoricamente, maiores populações levam a maiores acúmulos de matéria seca, influenciando positivamente as quantidades acumuladas de micronutrientes. Estudos anteriores mostram que o incremento da população pode aumentar a altura de plantas de crescimento tipo III, em função da competição por luz (Valério et al., 1999) e podem ou não influenciar esta característica no caso de plantas do tipo II (Souza et al. 2004a, 2004b, 2008). De

acordo com Souza et al. (2008), estes resultados distintos demonstram que vários fatores interferem nas respostas ao aumento da população, como hábito de crescimento, clima e solo, os quais modificam a plasticidade, ou efeito de compensação (Fernandes, 1987), existente entre os componentes do rendimento do feijoeiro. Em todos os casos, entretanto, o aumento do número de plantas por área pode levar à maior extração e acúmulo de nutrientes. É interessante observar que o comportamento das cultivares Bolinha e Jalo EEP 558 também pode indicar a presença de algum mecanismo de adaptação (raízes mais profundas ou maior aparato fotossintético, por exemplo) que mantém os níveis de demanda de nutrientes por planta próximos do normal, mesmo sob maior competição intraespecífica.

CONCLUSÕES

Por ocasião do florescimento, mais de 70% do total de Fe, Mn e Zn já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro.

Os micronutrientes B e Cu têm baixo acúmulo inicial, que é incrementado dos 40-50 dias após a emergência até a maturação. Os demais micronutrientes são acumulados de forma significativa, desde o início do ciclo.

No plantio convencional, a ordem decrescente de acúmulo de micronutrientes nas cultivares estudadas é Fe>B>Mn>Zn>Cu.

As cultivares não diferem quanto ao acúmulo de B, mas as cultivares Jalo e Radiante acumulam mais Fe, enquanto a cv. Ouro Vermelho destaca-se no acúmulo de Mn e Zn.

O acúmulo de micronutrientes é crescente quando se aumenta a densidade populacional até 355 mil plantas ha⁻¹, exceto na cv. Ouro Vermelho, na qual o máximo acúmulo ocorre entre 145 e 215 mil plantas ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.F. **Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro em Minas Gerais.** 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, C.A.B. **Limitações de fertilidade e efeito do calcário para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de várzea do sul de Minas Gerais.** 1997. 107 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, W.E.B. **Limitações nutricionais para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em cultivo sucessivo em solo de várzea da região norte fluminense.** 1997. 125 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, A.J.; VIEIRA, N.M.B. Condições edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BOREM, A. **Feijão.** 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 67-86.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola.** Jaboticabal: FUNEP, 2006. 247p.

BATISTA, C.M.; BRUNE, W.; BRAGA, J.M. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): V. Absorção de micronutrientes. **Experimentiae**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 33-57, 1975.

CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L.T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B.; LANA, R.M.Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** 5^a aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

DESCRITORES mínimos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 08 jan. 2009.

EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais pra a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais.** 1992. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 1999. 412 p.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.** New York: J. Wiley, 1972. 412 p.

FERNANDES, M.I.P.S. **Efeito da variação de estande dos experimentos com a cultura do feijoeiro.** 1987. 73p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNADEZ, F.; SCHOOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción.** Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: POTAFÓS, 1991. 734 p.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: ESALQ, 1990. 460p.

JAUER, A.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O.A.; LOSEKANN. M.E.; UHRY, D.; STEFANELLO, 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.

LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1988, Londrina. **Anais...** Campinas: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p. 133-78.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Cultivares. In; VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 415-436.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.L. Botânica. In; VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p.41-65.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; ALVES, V. G. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em Gleissolo de Ponta Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 347-352, 2004a.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M.J.B.; ALVES, V.G.; CAMPAGNOLI, F.B. Densidades de semeadura, níveis de adubação NPK e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em latossolo argiloso de Ponta Grossa - PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 5-12, 2004b.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; VIEIRA, N.M.B.; ALBUQUERQUE, A. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 39-43, 2008.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.3, p. 515-528, 1999.

VIEIRA, N.M.B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional**. 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O artigo 4 será encaminhado para submissão do Periódico Científico **Revista Ciência Rural**.

Neiva Maria Batista Vieira^I, Messias José Bastos de Andrade^{II}, Janice Guedes de Carvalho^{II}; Anatórcia Ferreira Alves^{III}

^I Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brasil. Email: neiva-
vieira@uol.com.br

^{II} Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brasil.

^{III} Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brasil.

ARTIGO V

Acúmulo de micronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, em função da população de plantas, em plantio direto

RESUMO. Com o objetivo de obter a marcha de acúmulo de micronutrientes de quatro cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca, em diferentes populações, foi conduzido um experimento de campo no sistema de plantio direto. O delineamento estatístico foi em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijoeiro (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho e Jalo EEP 558) e cinco densidades populacionais (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹). Determinou-se o progresso do acúmulo de micronutrientes na parte aérea ao longo do ciclo de cada cultivar, utilizando-se amostras coletadas a cada 10 dias. Concluiu-se que, por ocasião do florescimento, mais de 69% do total de cada micronutriente já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro. O BORO é gradualmente acumulado ao longo de todo o ciclo e o Ferro é acumulado de forma mais rápida pelas cultivares de feijoeiro. As cultivares não diferem quanto às quantidades acumuladas de boro, manganês e zinco, mas a cv. Jalo acumula mais cobre, enquanto as cultivares Bolinha e Radiante acumulam mais ferro. A ordem decrescente de acúmulo de micronutrientes foi Fe>B>Mn>Zn>Cu. O incremento da densidade populacional aumenta o acúmulo de micronutrientes pela cultura do feijoeiro, exceto o do ferro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, nutrição mineral, absorção de nutrientes.

Micronutrient accumulation by bean plant cultivars as related to plant stand in no-tillage system

ABSTRACT. With the objective of obtaining the march of micronutrient accumulation four bean plant cultivars with type of grain alternative to the carioca type in different stands, a field experiment was conducted in no-tillage system. The statistical design was randomized blocks with three replicates and factorial scheme 4x5, involving four bean plant cultivars (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho and Jalo EEP 558) and five stands (75, 145, 215, 285 and 355 thousand plants.ha⁻¹). The progress of micronutrient accumulation in the shoot along the cycle was determined by utilizing samples collected every 10 days. It follows that on the occasion of flowering, over 69%

of the total of each micronutrient is already accumulated by the bean plant cultivars. Boron is gradually accumulated along the whole of the cycle and Iron in a faster manner by the bean plant cultivars. The cultivars do not differ as to the amounts accumulated of Boron, Manganese and Zinc, but cv. Jalo accumulates more Copper, whereas cvs. Bolinha and Radiante accumulate more Iron. The decreasing rank of micronutrient accumulation was Fe>B>Mn>Zn>Cu. The Increment of stand increases micronutrient accumulation by bean crop, except the one of Iron.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, mineral nutrition, nutrient absorption.

INTRODUÇÃO

Estudos relacionados com micronutrientes no feijoeiro são recentes e relativamente escassos. Existem diferenças entre os resultados disponíveis, os quais podem ser creditados, principalmente, aos diferentes ciclos culturais das cultivares e aos sistemas de plantio utilizados, sendo de extrema importância a realização de investigações neste sentido.

A absorção de micronutrientes pelo vegetal depende, entre outros fatores, do estágio de desenvolvimento da planta e da atividade metabólica desse micronutriente (Epstein, 1972). O meio ambiente também representa importante papel na absorção, uma vez que a disponibilidade do nutriente no solo depende de uma série de fatores relacionados, inclusive manejo da cultura (Lopes & Carvalho, 1988; Ferreira & Cruz, 1991). Por esta razão, a cultivar empregada, com todas as suas características, como sistema radicular e ciclo, dentre outras, também é fator determinante na absorção.

Batista et al. (1975), trabalhando com a cv. Rico 23, observaram que a safra das águas determinou maior absorção de micronutrientes que a da seca, principalmente entre 40 e 60 dias após a emergência (DAE) das plântulas. Estes autores acrescentam que Cu e o B foram absorvidos durante todo o ciclo vegetativo, enquanto Zn e Mn foram absorvidos até aos 40 DAE, ou seja, até o período que antecede a formação das vagens.

Trabalhando com a cv. Carioca em casa de vegetação, El-Husny (1992) determinou que a extração de micronutrientes pelo feijoeiro obedeceu à ordem decrescente Fe>Mn>B>Zn>Cu, com quantidades extraídas estimadas em 1.290 g ha⁻¹ de Fe, 530 g ha⁻¹ de Mn, 200g ha⁻¹ de B, 115 g ha⁻¹ de Zn e 60 g ha⁻¹ de Cu. Em outro estudo, com a cv. Ouro Negro, em casa de vegetação, o acúmulo de micronutrientes, em ordem decrescente, foi Mn>Fe>Zn>B>Cu (Andrade, 1997b). Mais recentemente, trabalhando a campo, Vieira (2006) determinou, para as cultivares Ouro Negro e Talismã, a sequência Fe>Zn>Mn>B>Cu, respectivamente, com acúmulos médios de 689>168>137>93>48g ha⁻¹. Neste último trabalho, o sistema convencional de plantio levou a menor acúmulo de micronutrientes do que o sistema de plantio direto.

Recentemente, tem havido interesse por cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca, por representarem uma forma de agregar valor ao produto final, apenas com a escolha de nova cultivar para plantio. Entretanto, para o efetivo emprego destas cultivares, há a necessidade de adequá-las aos sistemas de produção do feijoeiro, geralmente aprimorados para o feijão carioca (hábitos de crescimento tipo III ou II/III), pois algumas cultivares alternativas possuem hábito de crescimento bastante distinto (tipos I ou II). O arranjo de plantas é fortemente correlacionado com o hábito de crescimento (Jauer et al., 2003) e altura de plantas (Santos & Gavilanes, 2006).

Dentre outros fatores, a população ideal de feijoeiros é função da arquitetura de plantas e da capacidade do solo em fornecer nutrientes e, dessa forma, uma recomendação adequada de adubação deverá considerar a cultivar (ou hábito de crescimento) e a população de plantas envolvidas no sistema de produção.

Para avaliar os efeitos de fatores de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, devendo ser complementada pela marcha de absorção de nutrientes, a qual permite conhecer as quantidades de nutrientes

absorvidas e a absorção relativa em cada fase da cultura, fornecendo informações básicas sobre as épocas mais adequadas para aplicação dos fertilizantes. Em espécies com raízes pouco profundas e altamente exigentes como o feijoeiro, estas informações são ainda mais valiosas (Vieira, 2006).

O objetivo do presente trabalho foi estudar a marcha de acúmulo de micronutrientes por cultivares de feijoeiro-comum, em diferentes populações de plantas, em sistema de plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constou de um experimento de campo instalado em área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Latossolo Vermelho distroférico típico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, 1999), sob plantio direto (PD), na safra primavera-verão 2006/2007.

A semeadura foi realizada sob palhada de capim-braquiária, dessecada com 2,5 L.ha⁻¹ de Roundup[®], 30 dias antes da semeadura e 2,0 L.ha⁻¹ de Gramoxone[®], 8 dias antes da semeadura. Os valores resultantes da análise química de amostras de material do solo, coletadas à profundidade de 0 a 20 cm, antes da semeadura do feijão, são apresentados na Tabela 1. As ocorrências diárias de temperatura, umidade relativa e precipitação pluvial, durante o período de condução dos experimentos, estão registradas na Figura 1.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijão (Tabela 2) e cinco populações de plantas (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹).

Cada parcela foi constituída por 8 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas (20 m²). A semeadura foi manual, adotando-

se a densidade de semeadura ideal para se atingir as populações alvo. Todas as parcelas receberam idêntica adubação, proporcional a 400 kg.ha⁻¹ do formulado 8-28-16, determinada por meio do resultado de análise de solo (Tabela 1) e da sua interpretação segundo Chagas et al. (1999). A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 30 dias após emergência, no estágio V₃-V₄ (Fernandez et al., 1985), utilizando-se 30 kg.ha⁻¹ de N, fonte uréia. Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região e o ensaio não recebeu irrigação.

TABELA 1. Análise química de amostras de material do solo utilizado (0 a 20 cm).

Características	Valores
pH em H ₂ O	6,5 AcF
P (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	8,2 Ba
K (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	84,0 B
Ca cmolc.dm ⁻³	2,5 B
Mg cmolc.dm ⁻³	0,9 M
Al cmolc.dm ⁻³	0,0 Ba
S mg.dm ⁻³	11,8 MB
Zn mg.dm ⁻³	4,5 A
Fe mg.dm ⁻³	20,8 M
Mn mg.dm ⁻³	24,1 A
Cu mg.dm ⁻³	1,9 A
B mg.dm ⁻³	0,2 Ba
V (%)	63,2 B

* Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com a Chagas et al. (1999) AcM=acidez média, MBa=muito baixo, Ba=baixo, M=médio, B=bom, MB=muito bom, A=alto.

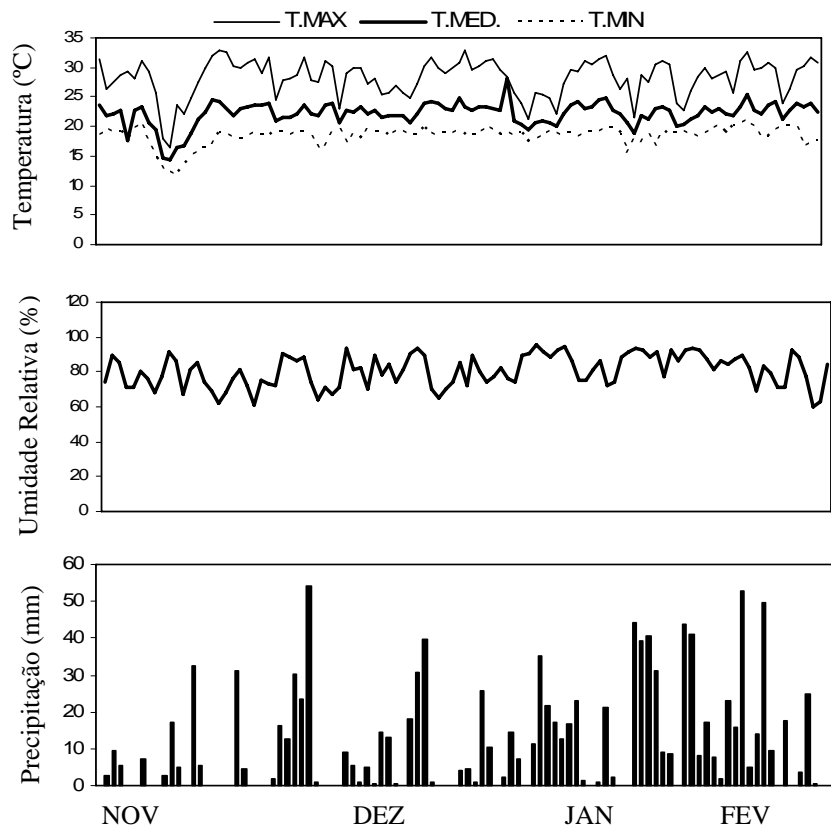


FIGURA 1. Variação diária das temperaturas máxima, média e mínima, umidade relativa do ar e precipitação pluvial em Lavras, de novembro de 2006 a fevereiro de 2007. Fonte: Estação Climatológica de Lavras, situada no *campus* da UFLA.

TABELA 2. Principais características das cultivares de feijoeiro-comum estudadas.

Característica	BRS Radiante*	Bolinha	Ouro Vermelho*	Jalo EEP 558*
Grupo comercial**	Outros	Outros	Outros	Jalo
Tipo de grão	rajado	amarelo	vermelho	jalo
Hábito de crescimento	tipo I	tipo II	tipo II/III	tipo III
Peso de 100 grãos	44-45 g	32-33g***	25 g	30-40 g
Porte	ereto	ereto	semi-ereto	semi-prostrado
Ciclo	precoce	médio	normal	médio

* Ramalho & Abreu (2006)

** Classificação segundo Ministério da Agricultura (Descritores..., 2009)

*** Alves (2008)

Para estudar o progresso do acúmulo de micronutrientes na parte aérea, ao longo do ciclo de cada cultivar, foram utilizadas amostras coletas a cada 10 dias, iniciando no 13º DAE. Em cada coleta, foram amostradas cinco plantas por meio de corte rente ao solo, para quantificar o acúmulo de matéria seca da parte aérea. Esse material foi seco em estufa com circulação de ar a 65°-70°C, até peso constante e pesado em balança de precisão, determinando-se, então, a matéria seca da parte aérea da planta, que foi triturada e enviada ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciências do Solo da UFLA para a realização das análises dos teores de micronutrientes. Os teores foram analisados quimicamente como se segue: Cu, Fe, Mn e Zn por meio da digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados no extrato por espectrofotometria de absorção atômica e B por incineração e determinação colorimétrica, pelo método da curcumina, de acordo com Malavolta et al. (1997). A partir dos teores dos micronutrientes e do acúmulo de matéria seca na parte aérea da planta, em cada coleta, foi obtida a marcha de acúmulo (g ha^{-1}) de cada um dos micronutrientes.

As coletas periódicas foram utilizadas no ajuste de curvas de regressão por cultivar, em função de dias após a emergência (DAE). As observações da última coleta foram ainda submetidas às análises de variância (fatorial 4x5), na qual os efeitos de cultivares foram avaliados pelo teste Scott-Knott (Scott & Knott, 1974) e os efeitos de populações de plantas por regressão (Banzatto & Kronka, 2006), com posterior seleção das equações mais representativas das relações entre as variáveis envolvidas (Gomes, 1990), observando-se, concomitantemente, a significância do modelo e o valor do coeficiente de determinação (R^2). Para isso, foi utilizado o programa estatístico Sisvar[®] (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o número de coletas variou em cada caso, dada a diferença de ciclo dos materiais utilizados, a análise da evolução do acúmulo de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro foi feita individualmente, por cultivar. A análise de variância revelou que, nas quatro cultivares, o acúmulo de micronutrientes foi significativamente influenciado por épocas de coleta. Exceto no caso do boro-cv. Bolinha, a interação épocas x populações não foi significativa, indicando que, de maneira geral, o padrão de absorção dos micronutrientes se manteve quando se variou a população de plantas, nas condições deste estudo.

Quando se considerou a marcha de absorção, ou seja, o acúmulo de micronutrientes ao longo do ciclo cultural, em todas as situações em que houve significância houve bom ajuste de equações do modelo quadrático (Figuras 2 a 4). Pode-se observar que, por ocasião do florescimento, mais de 90% do total de Cu, Fe, Mn e Zn já haviam sido absorvido pelo feijoeiro (Figuras 2 a 4 e Tabela 3), concordando com vários resultados anteriormente obtidos (El Husny, 1992;

Vieira, 2006; Andrade C., 1997 e Andrade W., 1997). No caso do B, entretanto, este percentual foi 69%.

As curvas relacionadas ao boro (Figura 2) revelaram que as quatro cultivares acumularam o nutriente durante todo o ciclo, até alcançar máximo acúmulo por ocasião da colheita. Tanto a cv. Ouro Vermelho (tipo II/III), a de ciclo mais longo, como a cv. Radiante (tipo I), a mais precoce, tiveram comportamento parecido, indicando que o comprimento do ciclo não foi um fator tão importante no acúmulo de B.

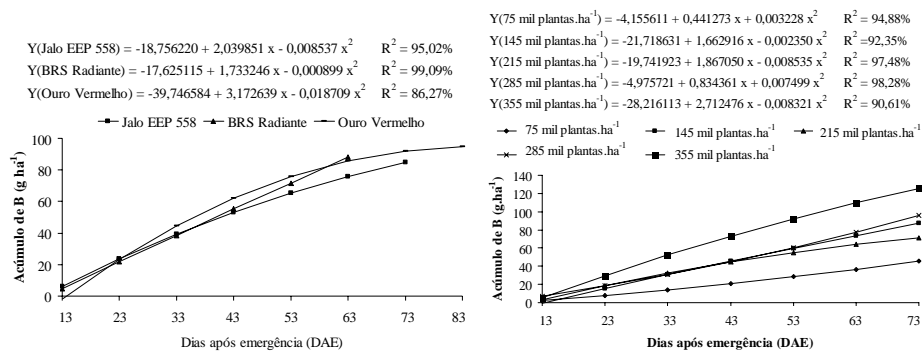


FIGURA 2. Acúmulo de boro (g ha^{-1}): (2A) de três cultivares de feijoeiro em função de dias após emergência (DAE) e (2B) da cv. Bolinha em função de DAE e densidades populacionais, em plantio direto, safra primavera-verão 2006/2007.

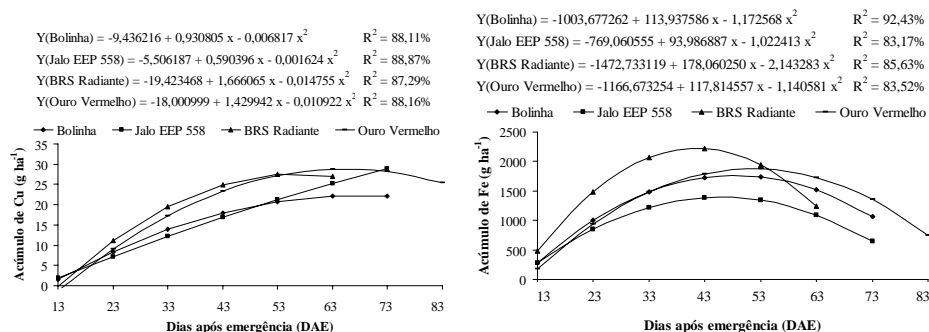


FIGURA 3. Acúmulo de cobre e ferro (g ha^{-1}) de quatro cultivares de feijoeiro em função de dias após emergência, em plantio direto, safra primavera-verão 2006/2007. UFLA, Lavras, MG, 2009.

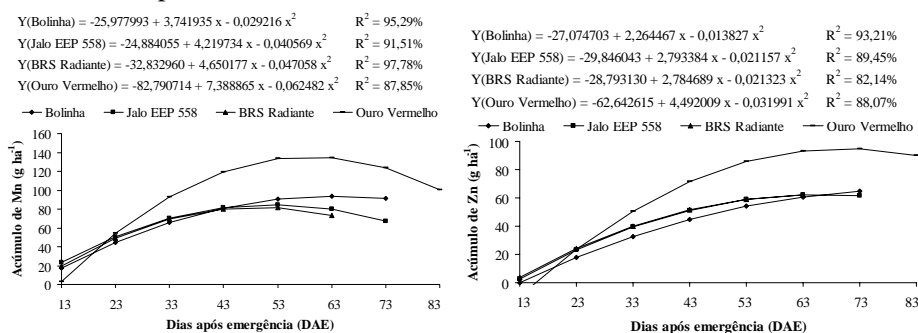


FIGURA 4. Acúmulo de manganês e zinco (g ha^{-1}) de quatro cultivares de feijoeiro, em função de dias após emergência, em plantio direto, safra primavera-verão 2006/2007.

TABELA 3. Valores médios do acúmulo de micronutrientes no estágio R_6 (pleno florescimento), na parte aérea do feijoeiro, em quatro cultivares, em plantio convencional. Lavras, safra primavera-verão 2006/07.

	Bolinha		Jalo EEP 558		BRS Radiante		Ouro Vermelho		Médias
	g ha^{-1}	%	g ha^{-1}	%	g ha^{-1}	%	g ha^{-1}	%	
B	49	60	56	62	50	59	72	94	69
Cu	19	90	18	56	24	109	26	124	95
Fe	635	66	1390	184	1220	195	1873	339	196
Mn	83	93	83	115	78	111	130	163	120
Zn	47	78	53	86	83	157	82	155	119

No caso do cobre, a cv. Jalo apresentou máximo acúmulo no final do ciclo, enquanto as outras três tiveram pontos de máximo um pouco antes da colheita (Figura 3). As quatro cultivares acumularam Fe de forma mais rápida que os demais micronutrientes, apresentando pontos de máximo acúmulo em menores valores de DAE (Figura 3).

Com relação ao acúmulo de Mn e Zn (Figura 4), merece registro o fato de a cv. Ouro Vermelho ter se destacado das demais, apresentando maiores pontos de máximo acúmulo destes nutrientes.

Por outro lado, a análise de variância dos dados finais, obtidos por ocasião da última coleta de cada cultivar, revelou que houve efeito significativo de cultivares (C) sobre o acúmulo de Cu e Fe e de populações sobre os acúmulos de B, Cu e Zn, mas a interação C x P não foi significativa em nenhum dos casos. Na Tabela 4 estão os valores médios finais do acúmulo de macronutrientes, em função de cultivares e populações estudadas.

TABELA 4. Valores médios de acúmulo de micronutrientes (g ha^{-1}) na parte aérea de quatro cultivares de feijoeiro em cinco densidades populacionais (plantas ha^{-1}) no plantio direto, safra primavera-verão 2006/07.*

		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivar	Bolinha	80a	21b	959a	89a	60a
	Jalo EEP 558	91a	32a	756b	72a	55a
	BRS Radiante	85a	22b	1139a	70a	53a
	Ouro Vermelho	77a	21b	553b	80a	53a
População	75 mil pl ha^{-1}	57	16	832	60	40
	145 mil pl ha^{-1}	72	21	796	68	50
	215 mil pl ha^{-1}	87	25	841	78	57
	285 mil pl ha^{-1}	103	31	804	104	71
	355 mil pl ha^{-1}	96	27	986	79	59
Médias		83	24	851	78	55

*Médias seguidas de letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Comparando-se estes valores médios (Tabela 4) com os estimados por outros autores (Tabela 5), verifica-se que os acúmulos de Cu, Mn e Zn ora obtidos são inferiores aos demais. Certamente, os valores obtidos refletem o pequeno crescimento do feijoeiro, decorrente do excesso de chuvas particularmente ocorrido nesta safra das águas 2006/2007 (Figura 1) e que se revelou drasticamente limitante para a cultura. O excesso de chuvas pode ter

afetado, não só reduzindo a disponibilidade de nutrientes no solo, como também reduzindo os processos de absorção e translocação, em consequência de arejamento inadequado ou deficiência de oxigênio (Andrade et al., 2006). Altos valores de acúmulo de Fe são comuns em latossolos como o do presente estudo e podem ser explicados pelos teores encontrados nas análises (Tabela 1). Por outro lado, o acúmulo de B foi similar ao do trabalho de Batista et al. (1975), apesar dos diferentes métodos analíticos utilizados e um pouco inferior ao de Vieira (2006), que utilizou o mesmo método para extração de boro (água quente).

TABELA 5. Acúmulo médio de micronutrientes (g ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro, determinado por diferentes autores, em experimentos de campo.

Autores	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Presente trabalho	83	24	851	78	55
Vieira (2006) ¹	93	49	689	137	168
Batista et al. (1975) ^{2,3}	83	31	-	119	256
Batista et al. (1975) ^{2,4}	29	11	-	57	30

¹Cvs. BRS MG Talismã e OuroNegro (plantio direto e convencional); ² Cv. Roxinho (plantio convencional); ³Safra das águas (plantio convencional); ⁴Safra da seca (plantio convencional)

De acordo com os valores médios do presente trabalho, apresentados na Tabela 5, pode-se verificar que a ordem decrescente de acúmulo foi Fe>B>Mn>Zn>Cu, a qual não é coincidente com a sequência apresentada por Vieira (2006), que foi Fe>Zn>Mn>B>Cu. Em ambas as sequências, entretanto, Fe foi o nutriente mais acumulado, enquanto o Cu foi acumulado em menor quantidade.

Pelos dados da Tabela 4 depreende-se, ainda, que as cultivares não diferiram quanto ao acúmulo de B, Mn e Zn, mas a cv. Jalo acumulou mais Cu e as cultivares Bolinha e Radiante acumularam mais Fe. Diferença varietal no acúmulo de Fe também foi observada por Vieira (2006), com a cv. Ouro Negro acumulando mais Fe que a cv. Talismã.

Quando se considera o efeito das populações de plantas sobre o acúmulo de micronutrientes, verifica-se que, em todas as situações de significância, houve bom ajuste de equações do modelo quadrático (Figuras 5 a 7). À medida que aumentou a população, houve aumento no acúmulo de B e Cu (Figura 5), Mn (Figura 6) e Zn (Figura 7), com pontos de máximo correspondendo a populações de, respectivamente, 338 e 316 mil e 284 e 296 mil plantas ha⁻¹. No caso do acúmulo de Fe, a resposta às populações mostrou pequena depleção, com ponto de mínimo em 171 mil plantas ha⁻¹, crescendo, posteriormente, até a maior população estudada.

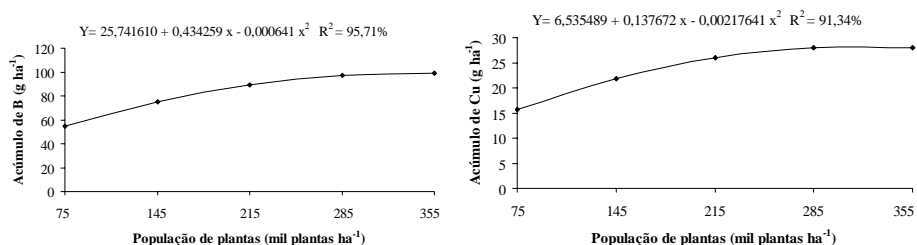


FIGURA 5. Acúmulos de boro e cobre (g ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro em plantio direto (médias de quatro cultivares), em função de densidades populacionais, safra primavera-verão 2006/2007.

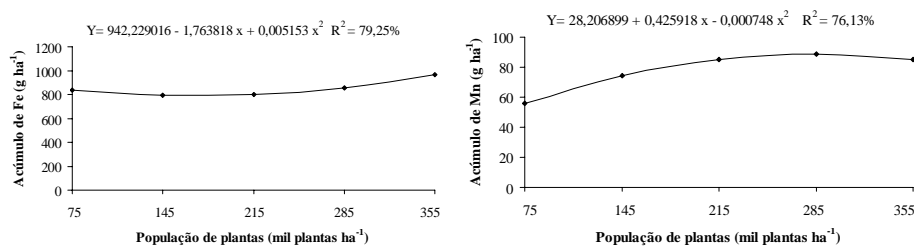


FIGURA 6. Acúmulos de ferro e manganês (g ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro em plantio direto (médias de quatro cultivares), em função de densidades populacionais, safra primavera-verão 2006/2007.

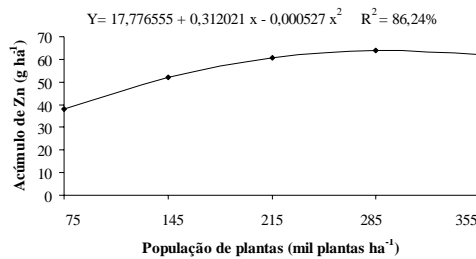


FIGURA 7. Acúmulo de zinco (g ha^{-1}) na parte aérea do feijoeiro em plantio direto (médias de quatro cultivares), em função de densidades populacionais, safra primavera-verão 2006/2007.

CONCLUSÕES

Por ocasião do florescimento, mais de 69% do total de cada micronutriente já é acumulado pelas cultivares de feijoeiro.

O boro é gradualmente acumulado ao longo de todo o ciclo e o ferro é acumulado de forma mais rápida pelas cultivares de feijoeiro.

As cultivares não diferem quanto às quantidades acumuladas de boro, manganês e zinco, mas a cv. Jalo acumula mais cobre, enquanto as cultivares Bolinha e Radiante acumulam mais ferro. A ordem decrescente de acúmulo de micronutrientes foi $\text{Fe} > \text{B} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$.

O incremento da densidade populacional aumenta o acúmulo de micronutrientes pela cultura do feijoeiro, exceto o do Fe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.F. **Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro em Minas Gerais**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, C.A.B. **Limitações de fertilidade e efeito do calcário para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de várzea do sul de Minas Gerais.** 1997, 107 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

ANDRADE, W.E.B. **Limitações nutricionais para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em cultivo sucessivo em solo de várzea da região norte fluminense.** 1997. 125 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, A.J.; VIEIRA, N.M.B. Condições edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão.** 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 67-86.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola.** Jaboticabal: FUNEP, 2006. 247p.

BATISTA, C.M.; BRUNE, W.; BRAGA, J.M. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): V. Absorção de micronutrientes. **Experimentiae**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 33-57, 1975.

CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L.T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B.; LANA, R.M.Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

DESCRITORES mínimos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 8 jan. 2009.

EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais pra a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais.** 1992. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 1999. 412 p.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.** New York: J. Wiley, 1972. 412 p.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción**. Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFÓS, 1991. 734 p.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 460p.

JAUER, A.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O.A.; 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.

LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1988, Londrina. **Anais...** Campinas: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p. 133-178.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 415-436.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-65.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

VIEIRA, N.M.B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional.** 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O artigo 5 será encaminhado para submissão do Periódico Científico **Revista Agronomia.**

Neiva Maria Batista Vieira¹; Messias José Bastos de Andrade¹, Janice Guedes de Carvalho², Anatórcia Ferreira Alves³

¹Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37.200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. ²Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras; ³Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Av. P.H. Holfs, s/n, CEP 36.570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

ARTIGO VI

Rendimento de grãos e seus componentes de cultivares de feijoeiro-comum em diferentes ambientes e populações de plantas

RESUMO. Com o objetivo de estudar o comportamento do rendimento de grãos e dos componentes do rendimento de quatro cultivares de feijoeiro com tipo de grão alternativo ao tipo carioca, em diferentes populações, foram conduzidos dois experimentos de campo em dois ambientes (plantio direto com solo de média fertilidade e plantio convencional e solo menos fértil). O delineamento estatístico utilizado, em cada ambiente, foi em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijão (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho e Jalo EEP 558) e cinco populações de plantas (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹). Determinaram-se o rendimento de grãos e os seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos). Concluiu-se que, nos dois ambientes, as cultivares Jalo e Radiante apresentam maior massa de cem grãos e têm essa massa reduzida com o incremento da densidade de plantas; as cultivares Bolinha e Ouro Vermelho não têm a massa de cem grãos afetada. O número de vagens por planta não é influenciado pelo sistema de plantio, mas varia com a cultivar e é reduzido à medida que aumenta a densidade populacional, exceto na cv. Bolinha; nos dois ambientes, maior número de vagens é apresentado pela cv. Ouro Vermelho. O número de grãos por vagem é o componente do rendimento menos influenciado pelas densidades populacionais: apenas a cv. Ouro Vermelho, no ambiente 2 (sistema convencional), tem este número reduzido com o aumento da população. Nestas condições, o efeito das populações de plantas é dependente da cultivar e somente na cv. Bolinha, uma das menos produtivas, o incremento da população incrementa o rendimento de grãos. Em termos de rendimento médio, as cultivares Bolinha e Jalo são superadas pela cv. Radiante e esta, superada pela cv. Ouro Vermelho.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, crescimento de plantas, sistemas de manejo.

Grain yields and their components of common bean plant cultivars in different environments and plant stands

ABSTRACT. With the objective of studying the behavior and grain yield and the yield components of four bean plant cultivars with type of grain alternative to the carioca type, in different stands, two field experiments were conducted in two environments (no tillage with soil of medium fertility and conventional

planting and less fertile soil). The statistical design utilized in each environment was randomized blocks with three replicates and factorial scheme 4x5, involving four bean plant cultivars (BRS Radiante, Bolinha, Ouro Vermelho and Jalo EEP 558) and five plant stands (75, 145, 215, 285 and 355 thousand plants.ha⁻¹). Grain yield and its primary components (number of pods per plant, number of grains per pod and mass of one hundred grains) were determined. It follows that in the environment, cvs. Jalo and Radiante present greater mass of one hundred grains and have this mass reduced with increasing stand; cvs. Bolinha and Ouro Vermelho do not have their mass of one hundred grains affected. The number of pods per plant is not influenced by planting system, but it ranges with the cultivar and it is reduced as stand is increased, except in cv. Bolinha; in the two environments, increased number of pods is shown by cv. Ouro Vermelho. The number of grains per pod is the yield component least influenced by the stands: only cv. Ouro Vermelho, in environment 2 (conventional system), have this number reduced with increasing stand. Under these conditions, the effect of the plant stands is dependent on the cultivar and only in cv. Bolinha, one of the poorest yielders, the increment of the stand increases grain yield. In terms of average yield, cv. Bolinha and Jalo are outyielded by cv. Radiante and it is outyielded by cv. Ouro Vermelho.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, plant growth, management systems.

INTRODUÇÃO

O mercado de feijão *Phaseolus*, no Brasil, vem apresentando, nos últimos anos, grande preferência pelo tipo comercial carioca. Entretanto, alguns tipos alternativos vêm se tornando importantes em determinadas regiões do estado de Minas Gerais, por apresentar maior cotação de preços no mercado e possibilidade de exportação.

Esta demanda levou alguns programas de melhoramento do feijoeiro a se dedicarem também a estes tipos alternativos e já estão disponíveis no mercado algumas cultivares melhoradas. Entretanto, para o efetivo emprego dessas cultivares, há a necessidade de adequá-las aos sistemas de produção do feijoeiro, aprimorados para o feijão carioca (tipo III ou II/III), às novas opções do tipo I e tipo II, de comportamento bastante distinto.

O hábito de crescimento tem sido considerado um dos caracteres mais importantes, pois é essencial na descrição das cultivares de feijoeiro, na escolha das mais adequadas para o plantio nas mais variadas condições de cultura e, também, na obtenção de novas cultivares pelo melhoramento (Santos & Gavilanes, 2006).

Em ensaios de campo envolvendo diferentes espaçamentos e densidades de plantas de feijoeiro, realizados na América Central pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (1975), verificou-se que o hábito de crescimento é a característica mais importante na determinação do comportamento varietal. Assim, concluiu-se que cultivares de hábito de crescimento tipo I responderam significativamente às maiores densidades de plantio e os tipos II e III apresentaram respostas moderadas, com rendimentos maiores nas maiores densidades. Cultivares classificados como plantas do tipo II apresentam satisfatório potencial produtivo e adequada capacidade de compensação, quando da redução do estande (Dourado Neto & Fancelli, 2000).

Na cultura do feijoeiro, a distribuição espacial de plantas na área é de grande importância sob vários aspectos. Dentre eles, se destaca o controle de doenças, plantas daninhas, colheita, grau de acamamento, aproveitamento de água e fertilizantes, gasto com semente e tratos culturais (Teixeira et al., 1999).

O rendimento de grãos pode ser afetado pela densidade populacional, fato este relacionado ao hábito de crescimento da planta de feijoeiro (Stone & Pereira, 1994; Shimada et al., 2000). Alguns trabalhos envolvendo o estudo da influência da densidade populacional em cultivares de diferentes hábitos de crescimento têm mostrado que há incremento de produtividade com o aumento do número de plantas.ha⁻¹ (Souza et al., 2004; Silva et al., 2007). Solos mais férteis e com melhor disponibilidade de água, como em sistema de plantio direto, por exemplo, podem favorecer esse tipo de resultado. Este raciocínio é

partilhado por Faria (1980), para quem a população não deve ser alta em situações de limitação de solo ou água.

Entretanto, outros trabalhos dessa mesma natureza não encontraram diferença significativa entre as populações estudadas (Arf et al., 1996; Valério et al., 1999; Horn et al., 2000; Jadoski et al., 2000; Thomas, 2000; Souza et al., 2002). Alguns desses autores atribuem este resultado ao fato de que plantas supridas adequadamente, mesmo em menores populações, mantêm a produção por área igual às maiores populações, quando a produção individual das plantas aumenta eficientemente para obter rendimento satisfatório.

A estabilização do rendimento de grãos pode, ainda, ser proporcionada pela interdependência entre os componentes do rendimento, sendo a competição entre as plantas intensificada à medida que ocorrem limitações nos recursos ambientais disponíveis (Adams, 1967). Para Costa et al. (1983), a plasticidade dos componentes do rendimento apresentada por algumas cultivares de feijão, frente a diferentes condições ambientais, devido a variações no espaçamento e na população de plantas, pode facilitar a manutenção de um nível mais estável do rendimento de grãos quando existir o efeito de compensação entre eles.

Em geral, aumentos na população de plantas por área, em uma mesma cultivar, têm efeito no padrão de distribuição das vagens na planta (Horn et al. 2000). O número de vagens é o primeiro componente do rendimento a ser definido na fase reprodutiva, sendo mais facilmente afetado pelo aumento da população, devido ao ambiente de competição (Adams, 1967; Arf et al., 1996). Com raríssimas exceções (Silva et al., 2007), há redução desse componente em função do incremento de plantas.ha⁻¹ (Valério et al., 1999; Jadoski et al., 2000; Jauer, et al., 2003; Souza et al., 2004), em cultivares de diferentes hábitos de crescimento.

Diferentemente do que ocorre com o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem é mais influenciado pelas condições ambientais que

pela população de plantas (Arf et al., 1996; Thomas, 2000). Muitos estudos verificaram a ausência de diferença significativa desse componente do rendimento em função da densidade populacional de plantas (Arf et al., 1996; Shimada et al., 2000; Thomas, 2000; Souza et al., 2002; Jauer et al., 2003; Souza et al., 2004). Entretanto, em alguns trabalhos, foi constatado decréscimo do número de grãos por vagem em função do incremento de população (Valério et al., 1999; Jadoski et al., 2000). Segundo Goulden (1976), a competição por luz e fotoassimilados, proporcionada pelo aumento da população de plantas do feijoeiro, pode ocasionar abortamento de flores e chochamento das vagens, com redução do número de sementes produzidas.

Os efeitos encontrados na literatura para massa de cem grãos são muito variáveis e bastante influenciados pela cultivar (Ramalho & Abreu, 2006). Trata-se do componente do rendimento menos influenciado pela população de plantas (Adams, 1967; Bennett et al., 1977). A grande maioria dos trabalhos envolvendo este componente comprova esta afirmação (Valério et al.; 1999; Jadoski et al., 2000; Jauer et al., 2003; Silva et al., 2007). Entretanto, resultados encontrados por Buzetti et al. (1992) apontaram aumento na massa de cem grãos com a redução da população de plantas, enquanto Stone & Pereira (1994) observaram o mesmo com o aumento do espaçamento entre linhas de cultivo.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de verificar o efeito de diferentes populações de plantas sobre o rendimento de grãos e seus componentes primários, em quatro cultivares de feijoeiro de diferentes hábitos de crescimento, em dois ambientes: um em sistema de plantio direto e outro em sistema convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constou de dois experimentos de campo instalados em diferentes ambientes, em área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Latossolo Vermelho distroférico típico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, 1999), na safra primavera-verão 2006/2007, caracterizada por excessiva precipitação pluvial (Figura 1). O primeiro foi conduzido em sistema de plantio direto, em solo com média fertilidade e o segundo, em plantio convencional, em solo mais pobre. Os resultados da análise química de amostras dos solos, coletadas à profundidade de 0 a 20 cm, antes da semeadura do feijão, podem ser visualizados na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado em cada ambiente foi blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijão (Tabela 2) e cinco populações de plantas (75, 145, 215, 285 e 355 mil plantas.ha⁻¹).

No ambiente 1 (plantio direto), a semeadura foi realizada sob palhada de capim-braquiária, dessecada 30 dias antes da semeadura com 2,5 L.ha⁻¹ de Roundup® e 8 dias antes da semeadura com 2,0 L.ha⁻¹ de Gramoxone®. No ambiente 2 (plantio convencional), o preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens.

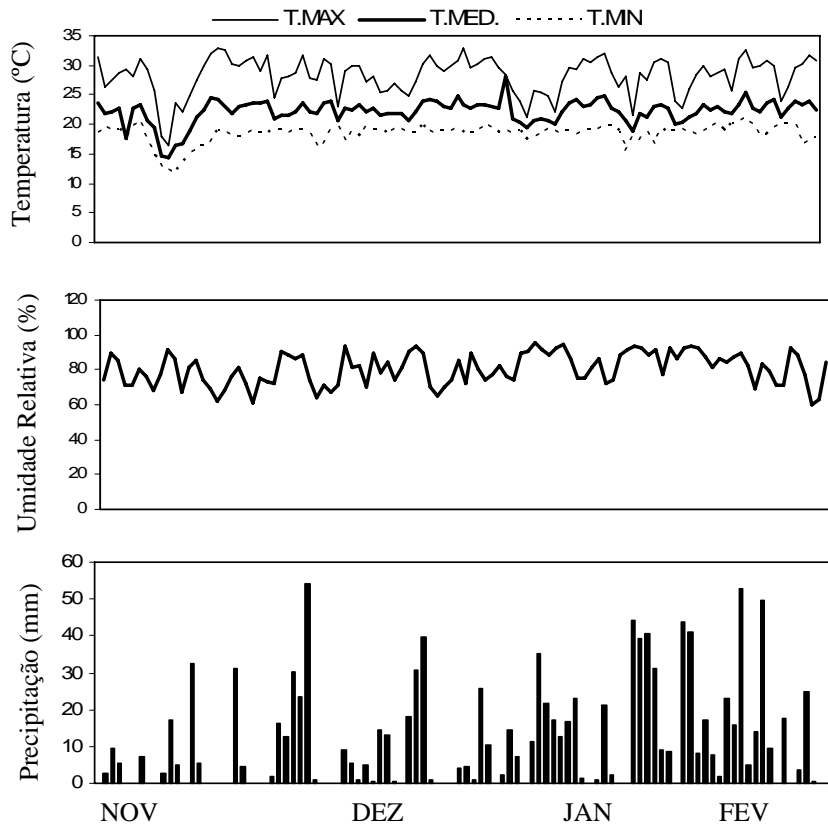


FIGURA 1. Variação diária das temperaturas máxima, média e mínima, umidade relativa do ar e precipitação pluvial em Lavras, de novembro de 2006 a fevereiro de 2007. Fonte: Estação Climatológica de Lavras, situada no *campus* da UFLA.

TABELA 1. Análise química de amostras de material dos solos utilizados (0 a 20 cm).

Características	Amb. 1 (PD)	Amb. 2 (PC)
pH em H ₂ O	6,5 AcF	5,3 AcM
P (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	8,2 Ba	8,9 Ba
K (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	84,0 B	62,0 M
Ca cmolc.dm ⁻³	2,5 B	1,6 M
Mg cmolc.dm ⁻³	0,9 M	0,4 Ba
Al cmolc.dm ⁻³	0,0 Ba	0,3 Ba
S mg.dm ⁻³	11,8 MB	31,7 MB
Matéria Orgânica dag.kg ⁻¹	2,6 M	3,4 M
V (%)	63,2 B	30,2 Ba

* Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com a Chagas et al. (1999). AcF= acidez fraca, AcM=acidez média, Ba=baixo, M=médio, B=bom, MB=muito bom, PD=plantio direto, PC=plantio convencional.

TABELA 2. Principais características das cultivares de feijoeiro-comum estudadas.

Característica	BRS Radiante*	Bolinha	Ouro Vermelho*	Jalo EEP 558*
Grupo comercial**	Outros	Outros	Outros	Jalo
Tipo de grão	rajado	amarelo	vermelho	jalo
Hábito de crescimento	tipo I	tipo II	tipo II/III	tipo III
Peso de 100 grãos	44-45 g	32-33g***	25 g	30-40 g
Porte	ereto	ereto	semi-ereto	semi-prostrado
Ciclo	precoce	médio	normal	médio

* Ramalho & Abreu (2006)

** Classificação segundo Ministério da Agricultura (Descritores..., 2009)

*** Alves (2008)

Cada parcela foi constituída por 8 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas (20 m²). A semeadura foi manual, adotando-se a densidade de plantio ideal para atingir as populações estudadas. Em cada um dos ensaios, todas as parcelas receberam idêntica adubação, determinada por meio do resultado de análise de solo (Tabela 1) e da sua interpretação segundo Chagas et al. (1999). Em nenhum dos experimentos foi feita a correção do solo.

A adubação de cobertura foi realizada, em ambos os experimentos, no estádio V₃-V₄ (Fernandez et al., 1985), utilizando-se 30 kg.ha⁻¹ de N, fonte uréia. Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região em cada sistema de plantio e os ensaios não receberam irrigação.

Por ocasião da colheita (estádio R9, de acordo com Fernandez et al., 1985), avaliou-se a produtividade de grãos a 13% de umidade e os componentes primários do rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos). A produtividade de grãos foi avaliada mediante colheita de todas as plantas pertencentes às duas linhas centrais de cada parcela (5m²), sendo 10 plantas amostradas, aleatoriamente, para a avaliação das demais características.

Todos os dados foram submetidos às análises de variância individual e conjunta (fatorial 4x5) e à análise de regressão (Banzatto & Kronka, 2006), com ajuste de curvas representativas (Gomes, 1990), em função da população de plantas. Os efeitos de cultivares e de ambientes foram avaliados mediante o teste de Scott-Knott (Scott & Knott, 1974), a 5% de probabilidade. O efeito das populações de plantas somente foi considerado nos casos de significância do modelo e dos coeficientes de regressão. A análise estatística foi realizada no programa estatístico Sisvar[®] (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta detectou efeito significativo de ambientes (A) sobre número de grãos por vagem e massa de cem grãos. A população de plantas (P) influenciou o número de vagens por planta e massa de cem grãos. Todas as características foram influenciadas pela cultivar (C) e pela interação C x P. A interação A x C influenciou o rendimento e a massa de cem grãos enquanto a interação A x P não apresentou efeito significativo para

nenhuma das características. A interação tripla mostrou-se significativa para o rendimento de grãos e número de grãos por vagem. Os valores médios das características avaliadas são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Valores médios do rendimento de grãos (RG) ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta (V/P), número de grãos por vagem (G/V) e massa de cem grãos (M100) (g) de quatro cultivares de feijoeiro em dois ambientes e cinco populações de plantas, safra primavera-verão, 2006/2007.*

	RG	V/P	G/V	M100
Convencional	559 a	5,7 a	3,4 a	23,7 b
Direto	608 a	5,9 a	3,1 b	25,2 a
Bolinha	455 c	4,9 b	3,1 b	25,6 b
Jalo EEP 558	457 c	5,1 b	2,6 c	27,2 a
BRS Radiante	572 b	5,9 b	2,6 c	26,4 a
Ouro Vermelho	850 a	7,3 a	4,6 a	18,6 c
75 mil planta.ha⁻¹	574	9,1	3,4	25,6
145 mil planta.ha⁻¹	509	5,8	3,2	25,4
215 mil planta.ha⁻¹	574	5,0	3,1	24,4
285 mil planta.ha⁻¹	635	5,0	3,2	23,4
355 mil planta.ha⁻¹	625	4,0	3,2	23,5
Médias	584	5,8	3,2	24,4

* Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A massa média de cem grãos diferiu com a cultivar e este efeito foi dependente do ambiente e da população de plantas (Tabela 4). De acordo com Ramalho & Abreu (2006), este é um componente do rendimento muito variável e bastante influenciado pela cultivar.

No ambiente 1 (sistema convencional), as cultivares Bolinha, Jalo e Radiante não diferiram quanto a esta característica e superaram a cv. Ouro Vermelho. No ambiente 2 (plantio direto), a cv. Ouro Vermelho também apresentou o menor peso de grãos, entretanto, a cv. Bolinha apresentou comportamento intermediário e foi superada pelas demais cultivares. Deve ser

mencionado, porém, que os valores encontrados no presente trabalho são inferiores aos descritos para as cultivares (Ramalho & Abreu, 2006; Alves, 2008). Provavelmente, esse fato ocorreu em função do excesso de chuvas, condição climática que pode ter afetado o enchimento de grãos.

TABELA 4. Massa média de cem grãos (g) de quatro cultivares de feijoeiro, em função do ambiente e população de plantas, Lavras, primavera-verão, 2006/2007.*

	Bolinha	Jalo EEP 558	BRS Radiante	Ouro Vermelho
Convencional	25,1 A a	25,2 B a	24,4 B a	19,0 A b
Direto	26,0 A b	29,2 A a	28,4 A a	18,2 A c
75 mil plantas.ha⁻¹	24,6 b	29,3 a	28,8 a	19,5 c
145 mil plantas.ha⁻¹	26,6 a	27,2 a	28,7 a	18,9 b
215 mil plantas.ha⁻¹	25,4 b	28,3 a	25,9 b	17,8 c
285 mil plantas.ha⁻¹	25,0 a	25,5 a	24,5 a	18,9 b
355 mil plantas.ha⁻¹	26,2 a	25,6 a	24,1 a	18,0 b
Média	25,6	27,2	26,4	18,6

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Ainda em relação à massa média de cem grãos, o desdobramento da interação cultivares x população de plantas revelou significância apenas para as cultivares de maior tamanho de grão, ou seja, Jalo EEP 559 e BRS Radiante, nas quais houve redução da massa de cem grãos com o incremento da população (Figura 2). Este efeito da população de plantas também foi encontrado por Alves (2008). As cultivares Bolinha e Ouro Vermelho, portanto, não tiveram a massa de cem grãos afetada pelas populações de plantas no intervalo de 75 a 355 mil plantas ha⁻¹. Este resultado corrobora os de Jadoski et al. (2000), estudando a cv. Guapo Brilhante e Souza et al. (2004), estudando a cv. IAPAR 81.

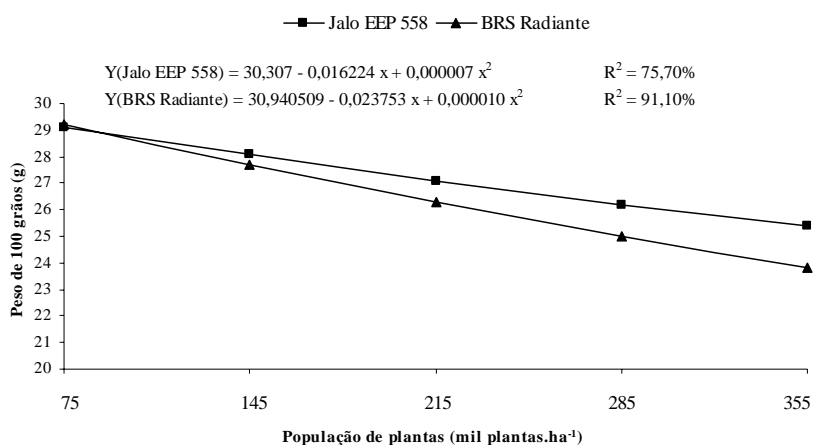


FIGURA 2. Massa de cem grãos de duas cultivares de feijão, em função de população de plantas, em plantio direto (ambiente 1) e plantio convencional (ambiente 2), safra primavera-verão 2006/2007.

O número de grãos por vagem diferiu entre as cultivares (Tabela 3). A cv. Ouro Vermelho apresentou maior valor, seguida da cv. Bolinha e, finalmente, pelas cultivares Jalo e Radiante. Note-se que os valores desta variável são inversamente proporcionais aos da massa de cem grãos (Tabela 4), o que é coerente com muitos resultados encontrados (Perin et al., 2002; Lemos et al., 2004; Alves, 2008).

Citado por muitos autores como uma característica varietal, menos influenciada por fatores ambientais e de cultivo (Bennet et al, 1977; Ramalho et al., 1978; Souza et al., 2008), o número de grãos por vagem não se mostrou influenciado pela população no ambiente 1 (plantio direto), mas, no ambiente 2 (plantio convencional), a cv. Ouro Vermelho teve o seu número de grãos por vagem reduzido (Figura 3). Esse resultado é bastante semelhante aos encontrados por muitos autores (Jadoski et al., 2000; Souza et al., 2008; Alves, 2008). Segundo esses autores, a competição por luz e fotoassimilados, propiciada pelo aumento da população de plantas de feijoeiro, pode ocasionar

chochamento de vagens, com redução do número de sementes produzidas. A cv. Bolinha, por seu turno, aumentou levemente o número de grãos por vagem com o aumento da população (Figura 3).

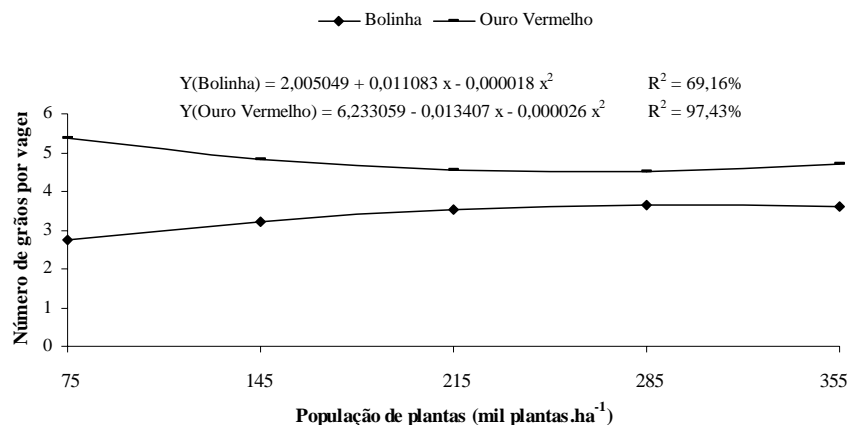


FIGURA 3. Número de grãos por vagem de duas cultivares de feijão, em função de população de plantas, em plantio convencional (ambiente 2), safra primavera-verão 2006/2007.

O fato de justamente as cultivares de menor tamanho de grão terem sido as mais influenciadas pode ser resultado da plasticidade da cultura e da consequente compensação que ocorre entre os componentes primários do rendimento, assinalada por vários autores (Costa et al., 1983; Fernandes, 1987; Arf et al., 1996).

O número de vagens por planta é o componente primário que mais se correlaciona com o rendimento de grãos (Silva et al., 2007; Souza et al., 2008) e é bastante influenciado pelo ambiente (Arf et al., 1996; Thomas, 2000). No presente estudo, esta característica não foi afetada pelo sistema de plantio, mas variou com a cultivar (Tabela 3) e com a população de plantas (Figura 4).

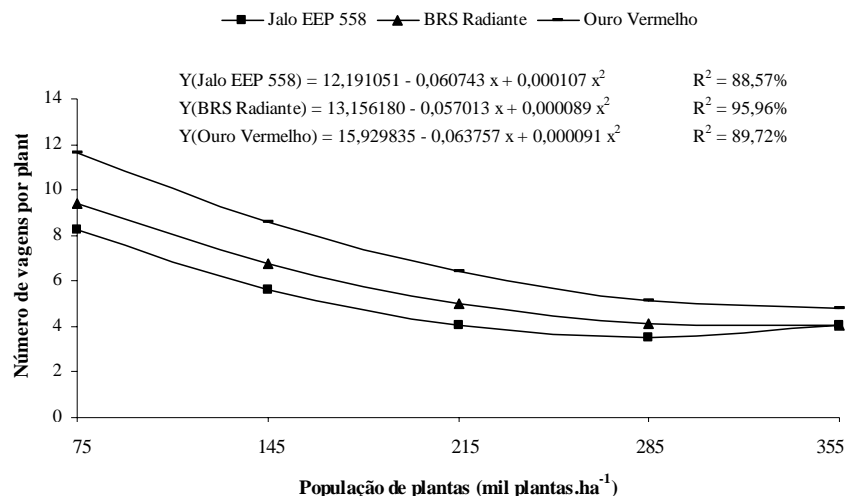


FIGURA 4. Número de vagens por planta de três cultivares de feijão, em função de população de plantas, em plantio direto (ambiente 1) e convencional (ambiente 2), safra primavera-verão 2006/2007.

Considerando-se os valores médios (Tabela 3), a cv. Ouro Vermelho foi a que apresentou maior número de vagens (7,3 vagens planta⁻¹), superando as demais (4,9 a 5,9 vagens planta⁻¹). De maneira geral, quando não há limitação climática relacionada com temperatura ou disponibilidade hídrica, plantas com hábito de crescimento I e II produzem menor número de flores e vagens que plantas de hábito III. No presente estudo, as cultivares Bolinha (tipo II) e Radiante (tipo I) apresentaram menor número de vagens que a cv. Ouro Vermelho (tipo II/III). Entretanto a cv. Jalo (tipo III) não correspondeu ao esperado e também apresentou baixo número de vagens. Como houve chuva em excesso, outros fatores também podem ter contribuído para este resultado.

O número de vagens planta⁻¹ foi a característica do feijoeiro mais influenciada pela população de plantas, fato também observado por muitos autores, como Jadoski et al. (2000) e Alves (2008). Com exceção da cultivar Bolinha, na qual não houve efeito significativo, os valores desta variável

reduziram-se à medida em que aumentou a população de plantas (Figura 4), resultado que é coincidente com os de vários outros trabalhos (Jadoski et al. 2000; Souza et al., 2004; Souza et al., 2008; Alves 2008). Esta redução é, certamente, resultante da crescente competição intraespecífica que se estabelece entre os feijoeiros por fatores de crescimento, tais como luz, água e nutrientes (Taiz & Zeiger, 2004).

O rendimento médio de grãos dos experimentos foi da ordem de 583 kg ha⁻¹, bem abaixo dos rendimentos médios atuais que, nesta safra, situaram-se por volta dos 2.885 kg ha⁻¹, no Brasil e 3.624 kg ha⁻¹, em Minas Gerais (Levantamento..., 2009). Sem dúvida, esta baixa produtividade está relacionada à elevada precipitação pluvial (Figura 1) e todas as suas consequências, resumidas por Andrade et al. (2006).

Apesar desta limitação, que nivelou por baixo o rendimento de grãos e apesar da menor precisão experimental obtida com esta variável-resposta (CV%=36,03), a análise de variância detectou efeito significativo de cultivares. A cv. Ouro Vermelho (850 kg ha⁻¹) superou a cv. Radiante (572 kg ha⁻¹) e esta superou as cultivares Jalo (457 kg ha⁻¹) e Bolinha (455 kg ha⁻¹).

O efeito da população de planta sobre o rendimento foi altamente dependente da cultivar em questão, tendo o desdobramento da interação cultivar x população mostrado que apenas no caso da cv. Bolinha houve aumento de produtividade com o incremento da população (Figura 5). Assim, pode-se estimar, para esta cultivar, um rendimento máximo de 893 kg.ha⁻¹ na população de 355 mil plantas ha⁻¹. Nas demais cultivares, não houve efeito das populações de plantas no intervalo estudado de 75 a 355 mil plantas ha⁻¹, conforme pode ser observado pela proximidade das médias na Tabela 3.

É importante salientar que este resultado discorda de alguns estudos realizados (Souza et al., 2004; Silva et al., 2007), mas é coincidente com outros

em que populações de plantas no intervalo de 100 a 400 mil plantas ha⁻¹ não afetaram o rendimento de grãos (Gomes et al., 2000; Souza et al., 2008).

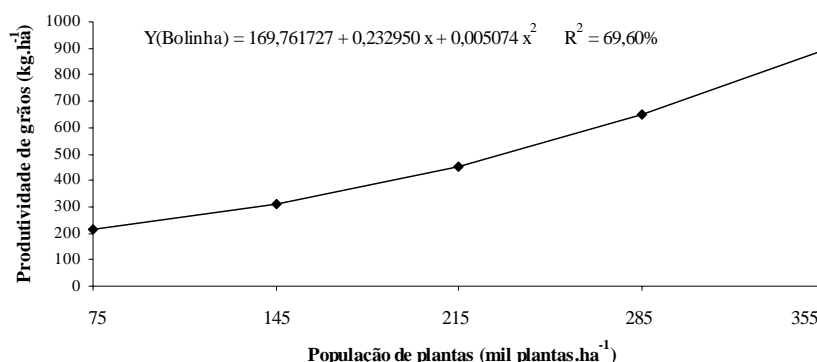


FIGURA 5. Rendimento de grãos (kg.ha⁻¹) da cv. Bolinha, em função de população de plantas, em plantio direto (ambiente 1) e convencional (ambiente 2), safra primavera-verão 2006/2007.

CONCLUSÕES

Nos dois ambientes, as cultivares Jalo e Radiante apresentam maior massa de cem grãos que é reduzida com o incremento da população de plantas. As cultivares Bolinha e Ouro Vermelho não são afetadas.

O número de vagens por planta não é influenciado pelo ambiente, mas varia com a cultivar e é reduzido à medida que aumenta a população de plantas, exceto na cv. Bolinha. Nos dois ambientes, maior número de vagens é apresentado pela cv. Ouro Vermelho.

O número de grãos por vagem é o componente do rendimento menos influenciado pelas populações de plantas. Apenas a cv. Ouro Vermelho, no ambiente 2 (sistema convencional), tem este número reduzido com o aumento da população.

O incremento da população incrementa o rendimento de grãos. Em termos de rendimento médio, as cultivares Bolinha e Jalo são superadas pela cv. Radiante e esta é superada pela cv. Ouro Vermelho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M.W. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, (*Phaseolus vulgaris* L.). **Crop Science**, Madison, v.7, p.505-510, 1967.

ALVES, A.F. **Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro em Minas Gerais**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, A.J.; VIEIRA, N.M.B. Condições edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 67-86.

ARF, O.; SÁ, M.E.; OKITA, C.S.; TIBA, M.A.; GUERREIRO NETO, G.; OGASSAWARA, O. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 629-634, set. 1996.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 247p.

BENNET, J.P.; ADAMS, M.W.; BURGA, C. Pod yield component variation and intercorrelation in (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by planting density. **Crop Science**, Madison, v.17, n.1, p.73-75, 1977.

BUZETTI, S.; ROMEIRO, P.J.M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; GUERREIRO NETO, G. Efeito da adubação nitrogenada em componentes da produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em diferentes densidades. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 1, n. 1, p. 11-9, 1992.

CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L.T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B.; LANA, R.M.Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Sistema de producción de frijol**. Cali, 1975. p. 156-7. (Informe Anual).

COSTA, J.G.C.; KOHAHI-SHIBATA, J.; COLIN, S.M. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 159-67, 1983.

DESCRITORES mínimos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 8 jan. 2009.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FARIA, R.T. Espaçamento e densidade. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cultura do feijão no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1980. p.25-26. (Circular Técnica, 18).

FERNANDES, M.I.P.S. **Efeito da variação de estande dos experimentos com a cultura do feijoeiro**. 1987. 73p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción**. Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 460p.

GOULDEN, D.S. Effects of plant population and row spacing on yield and components of yield of Navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.). New Zealand, **Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v.4, p.177-180, 1976.

HORN, F.L.; SCHUCH, L.O.B.; SILVEIRA, E.P.; ANTUNES, I.F.; VIEIRA, J.C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D.F.; SCHWENGBER, J.E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 41-46, 2000.

JADOSKI, S.O.; CARLESSO, R.; WOISCHICK, D.; PETRY, M.T.; FRIZZO, Z. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: Rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 567-573, 2000.

JAUER, A.; DUTRA, L.M.C.; LUCCA FILHO, O.A.; SANTI, A.L.; ZABOT, L.; UHRY, D.; BONADIMAN, R.; BELLÉ, G.; LÚCIO, A.D. Comportamento da cultivar BR-IPAGRO 44-Guapo brilhante de feijoeiro em quatro populações de plantas na safrinha em Santa Maria-RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 201-206, 2003.

LEMONS, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C.; SILVA, T.R.B. Características agronômicas e tecnológicas de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

LEVANTAMENTO de grãos 2009. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 12 jan. 2009.

PERIN, A.; ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. Efeito do tamanho da semente na acumulação de biomassa e nutrientes e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1711-1718, 2002.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Cultivares. In; VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 415-436.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; SANTA CECÍLIA, F.C.; ANDRADE, M.A.; LIMA, L.A.P. Experimento de espaçamento de plantio na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) realizado na região sul de Minas. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Projeto feijão** (*Phaseolus vulgaris* L.): Relatório 1976/77. Belo Horizonte, MG, 1978. p. 67-74.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-65.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

SHIMADA, M.M.; ARF, O.; SÁ, M.E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

SILVA, A.O.; LIMA, E.A.; MENEZES, H.E.A. Rendimento de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em diferentes densidades de plantio. **Revista das Faculdades Integradas de Bebedouro**, Bebedouro, v. 3, p. 1-5, 2007.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; MUNIZ, J. A.; REIS, R. P. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.87-98, jan./fev. 2002.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; ALVES, V.G.; CAMPAGNOLI, F.B. Densidades de semeadura, níveis de adubação NPK e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em latossolo argiloso de Ponta Grossa-PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 5-12, 2004.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; VIEIRA, N.M.B.; ALBUQUERQUE, A. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 39-43, 2008.

STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão. Efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.521-533, 1994

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, A. P.; ABREU, A. F. B. Genetic control of plant architecture in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, n. 4, p. 577-582, 1999.

THOMAS, L.F. **População de plantas para feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) na safrinha em Santa Maria-RS.** 2000. 129 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M. J. B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamento entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n. 3, p. 515-528, jul./set. 1999.

O artigo 6 foi encaminhado para submissão do Periódico Científico **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**.

Neiva Maria Batista Vieira¹; Messias José Bastos de Andrade¹; Dâmiany Pádua Oliveira¹; Telde Natel Custódio²

¹Depto. de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37.200-000, Lavras, MG, neiva-vieira@uol.com.br; ²Universidade Federal de São João Del Rei, Campus Alto Paraopeba, Caixa Postal 131, 36.420-000, Ouro Branco, MG.