

Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta

Ciro Franco Fiorentin (*); Leandro Borges Lemos; Celso Antonio Jardim; Domingos Fornasieri Filho

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Produção Vegetal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900 Jaboticabal (SP), Brasil.

(* Autor Correspondente: ciflorentin@yahoo.com.br

Recebido: 17/dez./2010; Aceito: 5/jul./2011

Resumo

A definição da dose de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sucessão a plantas graníferas e de cobertura de solo em semeadura direta é fundamental para aumentar a produtividade de grãos e a qualidade nutricional e tecnológica do produto final. Objetivou-se, neste trabalho, verificar a viabilidade de formação e manutenção de palhada de cobertura para região de clima tropical e a influência da adubação nitrogenada em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio) no feijoeiro irrigado (inverno-primavera), em sucessão a culturas formadoras de palhada, no primeiro ano de instalação do sistema de semeadura direta. O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas, com três repetições, dispostos em blocos casualizados. As parcelas principais foram representadas por três sistemas de produção de palhada (milho exclusivo, milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva) e as subparcelas, por doses de nitrogênio em cobertura. Os resultados obtidos permitiram verificar que a palhada de *B. ruziziensis* proporcionou maior quantidade e manutenção da cobertura do solo e favoreceu o aumento nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos. A aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro, cultivado em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, milho consorciado com *B. ruziziensis* e milho exclusivo, não traz benefícios quanto ao aumento nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos, no primeiro ano de implantação do sistema de semeadura direta.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Brachiaria ruziziensis*, componentes de rendimento, produtividade de grãos, tecnologia de grãos.

Formation and maintenance of grass mulching concurrently to influence of nitrogen topdressing in irrigated common bean in no-tillage system

Abstract

The definition of the nitrogen topdressing rates in common bean irrigated in succession to grain and cover crops on no-tillage system is critical to increase the yield, nutritional and technological quality of the final product. The aim of this study was to verify the formation and maintenance feasibility of cover mulch to tropical climate region and the nitrogen topdressing influence (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of nitrogen) on irrigated common beans (winter-spring), in succession to crop mulch formed in the first year of no-tillage system implementation. The experimental design was in split plot, with three replications in randomized blocks. The main plots were represented by three systems of straw production (corn, corn intercropped with *Brachiaria ruziziensis*, and *B. ruziziensis*) and the subplots for nitrogen topdressing rates. The *B. ruziziensis* mulch provided major quantity and maintenance of the ground cover and increased yield components and grain yield. The nitrogen topdressing application in common beans plants cultivated in succession to *B. ruziziensis*, corn intercropped with *B. ruziziensis* and corn does not increase grain yield in the first year of no-tillage system implementation.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Brachiaria ruziziensis*, yielding components, yield, technological grains.

1. INTRODUÇÃO

Na região do Cerrado Brasileiro, o feijoeiro irrigado, até o fim do século XX, foi predominantemente cultivado em solos manejados na forma convencional (arações e gradagens) em sucessão às culturas produtoras de grãos (milho e soja). Nesse período, observaram-se reduções na produtividade com o passar dos anos de cultivo, em razão da degradação física e biológica do solo proporcionado pelo sistema convencional de preparo físico, da diminuição da matéria orgânica devido ao reduzido aporte de carbono e intensa mineralização microbiana, associados ao incremento de patógenos como nematoides e fungos, em especial, dos causadores do mofo-branco e podridões radiculares (FERRAZ et al., 1999).

Com o sucesso do sistema de semeadura direta, em especial na Região Sul do Brasil e Sudoeste paulista, os agricultores da Região Norte paulista e pesquisadores de órgãos públicos têm procurado alternativas de cultivo que privilegiem a produção e manutenção de resíduos culturais na superfície do solo, em uma região que se caracteriza por ser Aw, segundo a classificação de Köppen (MIRANDA et al., 2011), ou seja, clima tropical com estação seca de inverno. Assim, busca-se elevar o teor de matéria orgânica do solo, que depende fundamentalmente da quantidade de palhada produzida pela rotação de culturas na área, contribuindo para a recuperação física (SILVA e MIELNICZUK, 1997), química (TORRES et al., 2005) e biológica (SILVA et al., 2009) do solo.

A utilização de gramíneas produtoras de elevada quantidade de palhada e com sistema radicular capaz de explorar em profundidade o perfil do solo, possibilita maior uniformidade na distribuição de nutrientes no perfil do solo quando decomposta (SILVA e MIELNICZUK, 1997). Assim, palhada de *Brachiaria* spp., tanto em termos de quantidade quanto em percentual de cobertura no solo, poderá contribuir para a proteção da superfície contra ação desagregadora das gotas de chuva e irrigação, aproximando as partículas em decorrência do fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera (SILVA e MENDONÇA, 2007).

A competição dos microrganismos com o feijoeiro, especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, a grande absorção e extração do nitrogênio (N) pela planta, limitam a produtividade da cultura, mesmo que outros fatores de produção sejam otimizados.

Segundo SILVA et al. (2003), a aplicação de N em cobertura na cultivar IAC Carioca Eté, semeada em 25/4/01 em sistema de semeadura direta, permitiu verificar que a dose máxima aplicada de 150 kg ha⁻¹ de N, promoveu a máxima produtividade de grãos – 2.187 kg ha⁻¹; com as demais doses, os dados ajustaram-se linearmente, em sucessão ao arroz, milho, mucuna preta, soja, crotalaria e milho consorciado com mucuna preta. No entanto, houve acréscimo de apenas 9% na produtividade de grãos

em relação ao tratamento-testemunha. Já SILVEIRA et al. (2005) descrevem que o N aplicado em cobertura afetou a produtividade de grãos do feijoeiro de inverno, cultivar Pérola, em todas as palhadas estudadas no sistema de semeadura direta. Nas palhadas de milho consorciado com *B. brizantha*, além de *B. brizantha*, mombaça, sorgo e estilosantes cultivados exclusivamente, a dose máxima utilizada no trabalho, 120 kg ha⁻¹, não foi suficiente para atingir a máxima produtividade de grãos.

Vale ressaltar que no sistema de semeadura direta, em comparação ao manejo de solo convencional, possa haver necessidade de utilizar maiores doses de N, devido aos efeitos da velocidade de decomposição e relação C/N da palhada presente sobre o solo, no processo de imobilização do N. Esse processo é verificado quando a semeadura é realizada no sistema de semeadura direta, sobre grande quantidade de palhada na superfície do solo deixada pelas culturas antecessoras, havendo acentuada influência na adubação nitrogenada (CABEZAS et al., 2004; BARBOSA FILHO et al., 2005).

Contudo, não há distinção entre a recomendação da adubação nitrogenada no sistema de semeadura direta e convencional, através do Boletim Oficial de Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo para o feijoeiro, sendo feita de forma idêntica nos dois sistemas de cultivo.

FARINELLI e LEMOS (2010b), utilizando feijoeiro cultivar Pérola no sistema de semeadura direta e convencional, com doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹) em sucessão a aveia-preta (outono-inverno) e milho (primavera), verificaram que a produtividade de grãos foi influenciada positivamente pela adubação nitrogenada em cobertura, com comportamento linear crescente no sistema de semeadura direta. No preparo convencional, a maior produtividade seria alcançada com 185 kg ha⁻¹ de N, reforçando a necessidade de maiores quantidades do nutriente no sistema de semeadura direta para atingir-se a máxima produtividade técnica.

Objetivou-se verificar a viabilidade de formação e manutenção de palhada para região de clima tropical e a influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado (inverno-primavera) em sucessão à cultura do milho e braquiária, no primeiro ano de implantação do sistema de semeadura direta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em Jaboticabal (SP), situado na latitude de 21° 14' 33" S e longitude de 48° 17' 10" W, a altitude média de 565 metros acima do nível do mar, com clima Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca de inverno), em Latossolo Vermelho eutrófico, cultivado anteriormente com culturas anuais (milho, feijão e arroz) por, no mínimo, 15 anos no sistema de

semeadura convencional de manejo físico do solo, com alguns períodos de pousio na área.

Antes da instalação do experimento, procedeu-se à retirada de amostras de terra para fins de análise da fertilidade do solo na camada 0-20 cm, obtendo-se valores de pH (CaCl₂): 5,2; M.O. (g dm⁻³): 21; P resina (mg dm⁻³): 56; H + Al; K; Ca; Mg; SB; CTC (mmol_c dm⁻³): 25; 4,4; 24; 10; 38,4; 63,4 e V: 61%. A seguir, realizou-se a escarificação da área, seguida de aração com arado de discos e duas passagens de grade niveladora e, posteriormente, realizou-se o cultivo das espécies para cobertura do solo representadas por milho cultivado exclusivamente, milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* e *B. ruziziensis* cultivada exclusivamente.

Utilizou-se o híbrido simples DKB 390 para o cultivo do milho exclusivo, com semeadura mecânica realizada em 19/11/2008, na densidade populacional estimada de 60.000 plantas ha⁻¹, com linhas espaçadas de 0,9 m. A adubação de semeadura foi constituída de 20 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O; em cobertura foram utilizados 140 kg ha⁻¹ de N (na forma de uréia), realizada quando o milho atingiu o estágio V₆ (50% das plantas com seis folhas completamente expandidas), seguida da aplicação de 15 mm de água.

No milho consorciado com *B. ruziziensis*, a cultura do milho foi desenvolvida nos mesmos procedimentos já citados, efetuando a semeadura da *B. ruziziensis* na densidade de 500 pontos de valor cultural ha⁻¹, no momento da adubação nitrogenada do milho (15/12/08), na proporção de duas linhas entre as linhas de milho.

A *B. ruziziensis* exclusiva foi semeada mecanicamente 15/12/08, em linhas espaçadas de 0,22 m entre si, com 500 pontos de valor cultural ha⁻¹, sem a aplicação de fertilizantes minerais.

A colheita do milho, exclusivo e consorciado, foi realizada mecanicamente em 9/4/09 e a área mantida em repouso até o momento das operações de manejo para dessecção, com herbicida não seletivo glifosato (1.800 g ha⁻¹ de equivalente ácido), efetuada aos 30 dias antes da semeadura do feijoeiro.

O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas, com três repetições, dispostas em blocos casualizados. As parcelas foram representadas por três sistemas de cultivo agrícola (milho exclusivo, milho consorciado com *B. ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva) antecedendo o feijoeiro. As subparcelas foram formadas por cinco doses de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N), utilizando uréia no estágio de desenvolvimento V_{4.4} (50% das plantas com quatro trifólios completamente expandidos), tendo ocorrido precipitação pluvial de 31 mm após 12 horas da adubação. Cada subparcela foi composta por dez linhas de feijoeiro espaçadas de 0,45 m e com 5 m de comprimento, desprezando-se as linhas externas e 0,5 m em cada extremidade.

A cultivar do feijoeiro Pérola foi semeada diretamente sobre a palhada de milho e de *B. ruziziensis* em 3/8/09 – tendo ocorrido seu desenvolvimento no período de inverno-primavera – à densidade populacional estimada de 12 sementes por metro linear, equivalente a 266.000 pl. ha⁻¹. As sementes foram previamente tratadas com os produtos carbendazim + tiram (45 g e 105 g de i.a. por 100 kg de sementes, respectivamente) e tiametoxam (140 g de i.a. por 100 kg de sementes).

A adubação de semeadura foi de 200 kg ha⁻¹ do formulado 5-15-10. A irrigação da área foi realizada com sistema tipo aspersão convencional, cujo manejo foi feito com base no método do tanque “Classe A” parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998), por meio do balanço hídrico climatológico simplificado (LOPES et al., 2004). O controle das plantas invasoras foi efetuado mediante a utilização de herbicida pós-emergente à base de fluazifop-P-butil (0,15 kg ha⁻¹ de i.a.). Preventivamente, efetuou-se o controle de insetos-pragas e doenças fúngicas com azoxistrobina, lambda-cialotrina + tiametoxam, tebuconazol + trifloxistrobina, detametrina + triazofós, carbendazin e famoxadona + mancozebe.

A colheita do feijoeiro foi realizada com arranquio manual, seguida de trilha mecanizada (6/11/09), utilizando colhedora de parcela, quando as plantas estavam com as hastes desfolhadas e 90% das vagens secas.

No decorrer do período experimental foram realizadas as seguintes avaliações:

- determinação da massa seca da palhada presente como cobertura do solo e da porcentagem de cobertura do solo aos dez dias antes da semeadura do feijoeiro, no florescimento pleno e aos 30 dias após a colheita da leguminosa. Para isso, foi utilizado quadro de madeira com dimensões internas de 0,5 x 0,5 m, sendo as amostras colhidas submetidas à lavagem e secas em estufa de ventilação forçada de ar a 65 a 70 °C até massa constante. Para a determinação da porcentagem de cobertura do solo foi utilizado o método descrito por LAFLÉN et al. (1981);
- determinação do N total foliar das plantas de feijoeiro – retirou-se no florescimento da cultura a terceira folha trifoliolada com pecíolo do terço médio de 30 plantas, de acordo com as recomendações de AMBROSANO et al. (1997). As folhas foram submetidas à lavagem em água deionizada por três vezes, com condução à estufa de circulação de ar forçada a temperatura de 65 a 70 °C até massa constante. Depois de secas foram levadas para digestão, de acordo com método descrito em BATAGLIA et al. (1983);
- determinação da densidade populacional final, dos componentes de rendimento e da produtividade de grãos – imediatamente antes da colheita foi determinada a população final de plantas em uma das linhas da área útil e coletadas dez plantas consecutivas na linha para a determinação do número de vagens por

planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos. A produtividade de grãos foi obtida após colheita de três linhas centrais de cada subparcela, com determinação do grau de umidade dos grãos, padronizando-se a 13% de base úmida;

- d) determinação do teor proteico e das características tecnológicas dos grãos – após digestão do material, o teor proteico dos grãos (PB%) foi determinado pela fórmula $PB = N \text{ total nos grãos} \times 6,25$, expressa em $g \text{ kg}^{-1}$. Para a determinação das características tecnológicas, inicialmente realizou-se a homogeneização das amostras e classificação em peneira de furos oblongos $12/64'' \times 3/4''$. O tempo para cozimento foi avaliado com o auxílio do cozedor de Mattson, com anterior hidratação dos grãos em água deionizada durante um período de 12 horas. O tempo para máxima hidratação foi determinado por meio do método descrito por FARINELLI e LEMOS (2010a,b).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando alcançada significância estatística, utilizou-se teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Os dados provenientes do fator doses de N e da interação sistemas de cultivo e de N foram analisadas por meio de regressão polinomial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar o comportamento da palhada resultante dos três sistemas de cultivo antecedendo o feijoeiro verifica-

se, por meio dos dados apresentados na tabela 1, que a maior quantidade de palhada é produzida pela *B. ruziziensis* exclusiva, na avaliação, realizada aos dez dias antes da semeadura do feijoeiro, cobrindo 100% da superfície do solo. Observa-se, ainda, a maior quantidade de palhada em cobertura sobre o solo no florescimento e aos 30 dias após a colheita do feijoeiro com o cultivo anterior de *B. ruziziensis* exclusiva, ambas as avaliações com 98% da cobertura do solo (Tabela 1). Sem manejo de corte, ocorreu o florescimento da *B. ruziziensis* nesse sistema e formou-se grande banco de sementes no solo, permitindo incremento na quantidade de palhada aos 30 dias após a colheita do feijoeiro, por meio da germinação, a partir da finalização do ciclo vital do feijoeiro. O maior desenvolvimento inicial da cultura do milho pode ter interferido no desenvolvimento inicial da *B. ruziziensis* quando do consórcio entre elas, provavelmente devido à competição por luminosidade, de forma que a quantidade de palhada derivada do sistema de cultivo com milho exclusivo e do milho consorciado com *B. ruziziensis* foi estatisticamente similar em todo o período experimental (Tabela 1).

A aplicação de N em cobertura no feijoeiro diminuiu, com ajuste quadrático, a quantidade de palhada sobre o solo no florescimento do feijoeiro apenas no sistema de cultivo em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva (Figura 1). Esse fato provavelmente deve-se à influência do N na intensificação da mineralização da palhada. Após a estimativa do uso de 99 kg ha^{-1} de N em cobertura, a quantidade de palhada sobre o solo tendeu a elevar-se, possivelmente pela maior disponibilidade de N no solo, facilitando o

Tabela 1. Quantidade de palhada e intensidade de cobertura da palhada de culturas antecessoras sobre o solo (*B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo), aos 10 dias antes da semeadura do feijoeiro, no florescimento e aos 30 dias após a colheita da leguminosa cultivar Pérola, desenvolvido com a aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura

Tratamentos	Palhada antes da semeadura (kg ha^{-1})	Cobertura antes da semeadura (%)	Palhada no florescimento (kg ha^{-1})	Cobertura no florescimento (%)	Palhada após a colheita (kg ha^{-1})	Cobertura após a colheita (%)
Sucessão (S)						
<i>B. ruziziensis</i>	12.931	100	7.959 a	98 a	9.219 a	98 a
Consórcio	6.343	93	5.911 b	77 b	4.704 b	78 b
Milho	6.160	73	5.801 b	70 c	4.326 b	75 b
CV (%)	-	-	16,0	3,0	13,3	3,7
Dose de N (D)						
0	-	-	7.673	82	5.624	83
40	-	-	6.510	82	5.805	84
80	-	-	6.291	84	5.910	83
120	-	-	6.403	81	6.525	85
160	-	-	5.908	82	6.551	84
CV (%)	-	-	13,0	4,0	18,1	5,3
Teste F						
S	-	-	20,0**	760,3**	170,4**	396,7**
D	-	-	5,4** ⁽¹⁾	1,6 ns ⁽²⁾	1,4 ns	0,5 ns
S x D	-	-	6,2**	2,0 ns	3,0*	1,5 ns

Médias não seguidas pela mesma letra minúscula na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% (*) e a 1% (**) de significância.

⁽¹⁾ $y = -9,0893x + 7283,9$, $R^2 = 0,75^{**}$

⁽²⁾ Diferenças não significativas pelo teste F ($p > 0,05$).

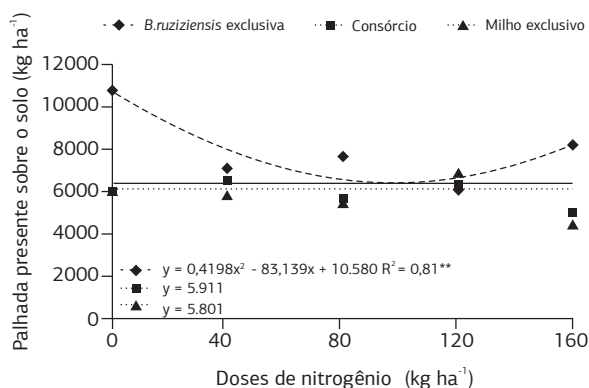


Figura 1. Desdobramento da interação referente à presença de palhada sobre o solo quando do florescimento do feijoeiro cultivar Pérola, desenvolvido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo.

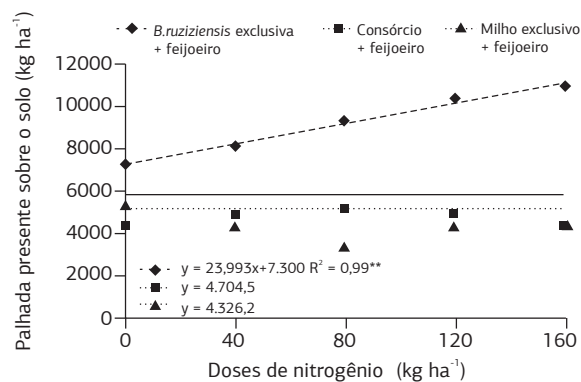


Figura 2. Desdobramento da interação referente à presença de palhada sobre o solo aos 30 dias após colheita de feijoeiro cultivar Pérola, desenvolvido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo.

desenvolvimento vegetativo da *B. ruziziensis*, presente via banco de sementes.

A quantidade de palhada sobre o solo no florescimento do feijoeiro nas sucessões com milho exclusivo e consorciado, não foi influenciada pela adubação nitrogenada em cobertura (Figura 1), provavelmente pela palhada ser de alta relação C/N, dificultando sua mineralização por microrganismos. De acordo com TORRES et al. (2005), a palhada do gênero *Brachiaria* pode ter uma relação entre 16 e 20/1.

A análise de regressão evidenciou aumento linear na quantidade de palhada sobre o solo na sucessão com *B. ruziziensis* exclusiva após 30 dias da colheita do feijoeiro, na proporção de 24 kg ha⁻¹ a cada kg de N aplicado, provavelmente pelo elevado banco de sementes da forrageira presente no solo, com resposta positiva ao N residual da adubação em cobertura realizada no feijoeiro (Figura 2).

Houve diferenças significativas para a densidade populacional de plantas nos diferentes sistemas de cultivo. A menor densidade populacional final de plantas de feijoeiro ocorreu utilizando a *B. ruziziensis* exclusiva como cultura antecessora (Tabela 2). A elevada quantidade de palhada da *B. ruziziensis* exclusiva presente quando da semeadura do feijoeiro (Tabela 1), prejudicou o funcionamento adequado do mecanismo de corte da semeadora, não efetuando a abertura da palhada de forma satisfatória, provavelmente pelo efeito “colchão” que a forrageira promoveu, visto que os discos de corte estavam devidamente afiados. Assim, algumas sementes foram depositadas no interior da palhada, sem entrar em contato com o solo. Nas áreas onde foi utilizado milho consorciado com a forrageira e naquelas com milho exclusivo, não foram observados problemas quanto à plantabilidade do feijoeiro (Tabela 2).

O teor foliar de N total no florescimento do feijoeiro foi influenciado positivamente pela palhada de *B. ruziziensis* exclusiva quando comparada com a palhada de milho exclusivo (Tabela 2). Entretanto, mesmo na

Tabela 2. Densidade populacional final e teor de nitrogênio total em trifólios no florescimento de plantas de feijoeiro cultivar Pérola, desenvolvido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão ao cultivo de *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo

Tratamentos	Densidade populacional final (pl. m ⁻²)	Teor de nitrogênio total foliar (g kg ⁻¹)
Sucessão (S)		
<i>B. ruziziensis</i>	19,8 b	38 a
Consórcio	23,3 a	36 ab
Milho	24,8 a	35 b
CV (%)	10,2	5,5
Dose de N (D)		
0	23,4	34
40	22,3	34
80	22,5	36
120	22,4	37
160	22,7	39
CV (%)	8,9	10,6
Teste F		
S	18,41 **	7,06*
D	0,43 ns (1)	2,87* (2)
S x D	1,33 ns	1,00 ns

Médias não seguidas pela mesma letra minúscula na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% (*) e a 1% (**) de significância.

(1) Diferenças não significativas pelo teste F (p>0,05).

(2) $y = 0,0334x + 33,546$; $R^2 = 0,96^{**}$.

ausência de adubação nitrogenada, os teores observados estão compreendidos dentro da faixa considerada como adequadas ao feijoeiro, entre 30 e 50 g kg⁻¹ de acordo com AMBROSANO et al. (1997)

Verifica-se que a palhada resultante dos diferentes sistemas de cultivo, interferiu nos componentes de

rendimento e na produtividade de grãos de feijão, exceto na massa de cem grãos (Tabela 3).

As plantas de feijoeiro conduzidas sobre área com *B. ruziziensis* exclusiva produziram, em média, mais vagens por planta e grãos por vagem em relação à área com milho exclusivo (Tabela 3). É possível mencionar que a menor densidade populacional final de plantas, nesse sistema de cultivo, possa ter influenciado estes componentes de rendimento (Tabela 2). Em cultivares com hábito de crescimento indeterminado, o número de vagens por planta e de grãos por vagem aumenta com a redução na densidade populacional final de plantas, compensando o rendimento de grãos de menores populações com maior rendimento médio por planta, sem alterar a massa de cem grãos (JADOSKI et al., 2000). Não obstante, alguns autores revelaram incremento no número de grãos por vagem em função da aplicação de N, contrariando os resultados constantes deste trabalho (SORATTO et al., 2005; FARINELLI et al., 2006).

Quanto à produtividade de grãos, foi observado que no feijoeiro em sucessão à palhada de milho exclusivo, obteve-se menor rendimento de grãos quando comparado com a sucessão em palhada de *B. ruziziensis* exclusiva e milho consorciado com *B. ruziziensis* (Tabela 3). A elevada relação C/N da palhada exclusiva de milho e a menor porcentagem de cobertura do solo (Tabela 1) podem ter contribuído para os menores valores da maioria dos componentes de rendimento do feijoeiro nesse sistema de cultivo. Embora

não se observe diferença significativa, houve aumento de 8,2% na produtividade de grãos de feijão em sucessão ao milho consorciado com *B. ruziziensis*, em relação ao sistema de cultivo com *B. ruziziensis* exclusiva, o que pode ser devido ao resíduo da adubação aplicado na cultura do milho cultivado anteriormente.

Outro aspecto a ser considerado na produtividade de grãos é o potencial da liberação de N pela mineralização da palhada ao feijoeiro (SILVA et al., 2003). Nesse contexto, por haver menor relação C/N e possibilitar maior ciclagem de nutrientes por meio de seu sistema radicular profundo, a *B. ruziziensis* pode ter liberado ao solo maior quantidade de N e outros nutrientes presentes em sua composição em relação à palhada de milho. Espécies gramíneas com características perenes possuem alta densidade de raiz, renovações periódicas do sistema radicular e uniforme distribuição dos exsudatos no solo (SILVA e MIELNICZUK, 1997); disponibilizam compostos orgânicos de fácil degradação, utilizados como fonte de energia, estimulando a atividade microbiana (FREIXO et al., 2002), melhorando a biologia do solo, permitindo que estirpes de rizóbios nativos presentes no solo realizem a fixação biológica de N₂ atmosférico (SILVA et al., 2009).

Quanto ao teor de proteína bruta nos grãos do feijão, não houve influência pelo sistema de cultivo (Tabela 4). Mesmo não ocorrendo diferença significativa pelas doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro, houve pequena variação numérica entre os dados, porém

Tabela 3. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de feijão cultivar Pérola, desenvolvido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão ao cultivo de *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo

Tratamentos	Vagens por planta (unid.)	Grãos por vagem (unid.)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Sucessão (S)				
<i>B. ruziziensis</i>	11,4 a	4,5 a	25,8	2.143 a
Consórcio	10,3 ab	4,4 a	25,2	2.319 a
Milho	8,8 b	3,8 b	24,9	1.636 b
CV (%)	14,2	8,2	6,5	8,6
Dose de N (D)				
0	8,7	4,6	24,7	1.892
40	9,9	4,3	24,8	1.995
80	10,5	3,9	25,4	2.007
120	11,0	4,1	25,6	2.119
160	10,6	4,3	26,1	2.151
CV (%)	16,0	11,7	6,7	11,7
Teste F				
S	12,24*	17,54*	1,14 ns	61,62**
D	2,74 ns ⁽¹⁾	2,57 ns	1,02 ns	1,72 ns
S x D	0,54 ns	1,16 ns	0,59 ns	1,05 ns

Médias não seguidas pela mesma letra minúscula na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% (*) e a 1% (**) de significância. (1) Diferenças não significativas pelo teste F (p>0,05).

Tabela 4. Proteína bruta, tempo para cozimento e tempo para máxima hidratação de grãos de feijão cultivar Pérola, desenvolvido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão ao cultivo de *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo

Tratamentos	Proteína bruta (g kg ⁻¹)	Tempo para cozimento (min.)	Tempo para máxima hidratação (h:min)
Sucessão (S)			
<i>B. ruziziensis</i>	211	30	09:12 a ⁽¹⁾
Consórcio	212	32	08:56 b
Milho	214	34	08:55 b
CV (%)	3,6	17,7	0,8
Dose de N (D)			
0	215	36	08:57
40	210	31	09:08
80	205	31	09:11
120	213	30	08:58
160	217	32	08:52
CV (%)	2,8	11,1	3,6
Teste F			
S	0,21 ns ⁽¹⁾	1,15 ns	73,34**
D	1,87 ns	3,49* ⁽²⁾	1,46 ns
S x D	0,47 ns	1,07 ns	0,38 ns

Médias não seguidas pela mesma letra minúscula na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% (*) e 1% (**) de significância. (1) Diferenças não significativas pelo teste F (p>0,05). (2) $y = 0,0005x^2 - 0,1051x + 35,403$; $R^2 = 0,86^*$.

de reduzido valor prático, e assim, não houve interação entre as palhadas de cobertura do solo com as doses de N utilizadas. FARINELLI et al. (2006), estudando a sucessão aveia-preta/milheto/feijão (cultivar Pérola) e utilizando doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹), verificaram que a adubação nitrogenada aumentou o conteúdo proteico dos grãos, possivelmente pela translocação de N das folhas para os grãos. No presente trabalho, a inoculação natural de microrganismos presentes no solo pode ter contribuído, por meio da fixação biológica de N₂ atmosférico, para a demanda de N por parte dos grãos do feijão.

Vale ressaltar que o aumento do teor de proteína bruta não significa maior qualidade nutricional. CARELLI et al. (1981), em experimento de campo, verificaram que a aplicação de doses até 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura no feijoeiro, aumentou o teor proteico, bem como dos aminoácidos lisina, cistina e leucina no grão, enquanto os valores de valina, treonina e metionina diminuíram, prejudicando o valor biológico da leguminosa para monogástricos.

O sistema de cultivo não influenciou o tempo para cozimento dos grãos de feijão pela análise de variância (Tabela 4). No entanto, a dose de N aplicado em cobertura influenciou de forma significativa o tempo para cozimento dos grãos, iniciando com 35,4 minutos para o tratamento sem aplicação de N em cobertura, reduzindo quadraticamente até 29,9 minutos na dose de 105 kg ha⁻¹ de N (Tabela 4), porém, sem interação entre palhadas e doses de N aplicadas em cobertura. Os valores estão dentro do adequado pela literatura. FARINELLI e LEMOS (2010b) verificaram redução linear no tempo para cozimento de grãos de feijão cultivar Pérola, iniciando em 26,3 minutos no tratamento sem aplicação de N, decrescendo até 22,9 minutos com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura no sistema de semeadura direta.

Quanto ao tempo para máxima hidratação, os grãos colhidos sobre a sucessão utilizando a *B. ruziziensis* exclusiva demoraram 16 e 17 minutos a mais para atingir a máxima hidratação do que aqueles colhidos sobre as sucessões utilizando o consórcio e o milho exclusivo respectivamente (Tabela 4). Esse processo pode ter ocorrido devido à produção de grãos mais graúdos, selecionados acima da peneira de furos oblongos 12/64" x 3/4", conforme descrito no item material e métodos. Apesar de observadas diferenças para o tempo máximo de hidratação entre os tratamentos, todos obtiveram desempenho satisfatório, uma vez que na culinária brasileira, os grãos de feijão são deixados em maceração à temperatura ambiente na noite anterior, 12 a 14 horas antes de seu preparo. Não houve interação entre as doses de N em cobertura com os diferentes sistemas de cultivo utilizados no trabalho. FARINELLI e LEMOS (2010b) verificaram aumento no tempo para a máxima hidratação dos grãos até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura e correlação

negativa ($r = -0,88^*$) entre o tempo para a máxima hidratação e o tempo de cocção dos grãos, no sistema de semeadura direta para a cultivar Pérola.

De acordo com SILVA et al. (2006) e FARINELLI e LEMOS (2010b), há necessidade de se desenvolver mais pesquisas científicas sobre a influência e a interação com outras práticas culturais entre a adubação nitrogenada no teor de proteína bruta, tempo para cozimento e tempo para a máxima hidratação dos grãos de feijão, visto que a época de semeadura e a cultivar (CARBONELL et al., 2003; FARINELLI e LEMOS, 2010a), o tempo transcorrido após a colheita e o histórico do armazenamento (RAMOS JÚNIOR et al., 2005; COELHO et al., 2009) podem interferir nessas determinações.

4. CONCLUSÃO

A palhada de *B. ruziziensis* permite maior quantidade e manutenção da cobertura do solo no decorrer do ciclo de feijoeiro e favorece o aumento nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos de feijão.

A aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro, cultivado em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, não traz benefícios quanto ao aumento nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos, no primeiro ano de implantação do sistema de semeadura direta.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Pan evaporation method. In: Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO, 1998. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56)
- AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p.194-195. (Boletim Técnico 100)
- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. Ciência e Agrotecnologia, v.29, p.69-76, 2005.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLAM, P.R.; GALLO, J.R. Método de análise química de plantas. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)

- CABEZAS, L.W.A.R.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S.S.U.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade do milho em sistema plantio direto e solo preparado. *Ciência Rural*, v.34, p.1005-1013, 2004.
- CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. *Bragantia*, v.62, p.369-379, 2003.
- CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; TEIXEIRA, J.P.F. Efeito do nitrogênio no teor de proteína bruta e composição em aminoácidos em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.16, p.795-799, 1981.
- COELHO, S.R.M.; PRUDENCIO, S.H.; NÓBREGA, L.H.P.; LEITE, C.F.R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.539-544, 2009.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão cultivados em diferentes safras agrícolas. *Bragantia*, v.69, p.759-764, 2010a.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. *Bragantia*, v.69, p.165-172, 2010b.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L.B.; PENARIOL, F.G.; EGÉA, M.M.; GASPAROTO, M.G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.307-312, 2006.
- FERRAZ, L.C.L.; CAFÉ FILHO, A.C.; NASSER, L.C.B.; AZEVEDO, J. Effects of soil moisture, organic matter and Grass mulching on the carpogenic germination of sclerotia and infection of bean by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathology*, v.48, p.77-82, 1999.
- FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.425-434, 2002.
- JADOSKI, S.O.; WOISCHICK, R.C.; PETRY, D.M.T.; FRIZZO, Z. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: rendimento de grãos e componentes do rendimento. *Ciência Rural*, v.30, p.567-573, 2000.
- LAFLEN, J.M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E.A. Measuring crop residues cover. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.36, p.341-343, 1981.
- LOPES, A.S.; PAVANI, L.C.; CORÁ, J.E.; ZANINI, J.R.; MIRANDA, H.A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. *Engenharia Agrícola*, v.24, p.89-100, 2004.
- MIRANDA, M.J.; PINTO, H.S.; ZULLO JÚNIOR, J.; FAGUNDES, R.M.; FONSECHI, D.B.; CALVE, L.; PELLEGRINO, G.Q. Clima dos municípios paulistas. CEPAGRI/UNICAMP. 2011. [cited 2011 Apr 16]. Available from: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>.
- RAMOS JUNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; SILVA, T.R.B. Características tecnológicas de cultivares de feijão antes e após o armazenamento. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v.30, p.97-103, 2005.
- SILVA, E.F.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; MERCANTE, F.M.; RODRIGUES, E.T.; VITORINO, A.C.T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. *Bragantia*, v.68, p.443-451, 2009.
- SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, p.113-117, 1997.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Propriedades do solo influenciadas pela matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p.319-337.
- SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SORATTO, R.P. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.25, p.81-87, 2003.
- SILVA, T.R.B.; LEMOS, L.B.; TAVARES, C.A. Produtividade e características tecnológicas de grãos de feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.739-745, 2006.
- SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.377-381, 2005.
- SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M. da; LEMOS, L.B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. *Bragantia*, v.64, p.211-218, 2005.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.609-618, 2005.