

Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto

Eliana Gambarato Bertin*, Itamar Andrioli e José Frederico Centurion

Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: egbertin@netsite.com.br

RESUMO. Foram cultivadas plantas de cobertura em pré-safra ao milho (*Zea mays*), em plantio direto, visando avaliar cobertura do solo, produção de fitomassa e acúmulo de N pelas espécies de cobertura; fornecimento do nutriente ao milho e produtividade da cultura. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, sendo as plantas de cobertura os tratamentos principais, e os secundários, 0 e 120 kg ha⁻¹ de N (NH₄NO₃), na adubação de cobertura do milho. Constatou-se melhor cobertura viva pelo milheto (*Pennisetum americanum*), *Crotalaria juncea* e vegetação espontânea (pousio); o milheto produziu mais fitomassa e foi mais eficiente na cobertura morta do solo; a crotalária e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) apresentaram maiores conteúdos de N. Na ausência de adubação nitrogenada, a sucessão pousio/milho proporcionou maior conteúdo de N acumulado na palhada, no grão e na biomassa do milho; a cultura, em sucessão à crotalária, apresentou maior produção de grãos.

Palavras-chave: sucessão de culturas, cobertura do solo, matéria seca, fornecimento de nitrogênio, *Zea mays*.

ABSTRACT. Cover plants in corn pre-cropping of no-tillage system. Covering plants in corn pre-cropping (*Zea Mays*) were cultivated in no-tillage system to evaluate soil coverage, phytomass production and N accumulation for the species of covering plants; N supply to corn and crop productivity. The experimental design was made in randomized blocks, with subdivided plots, being the cover plants the main treatments and secondary ones 0 and 120 kg ha⁻¹ of N (NH₄NO₃) at the time of corn cover fertilization. It was possible to confirm millet (*Pennisetum americanum*), sun hemp (*Crotalaria juncea*) and spontaneous vegetation as better cover system; millet produced more phytomass and was more efficient in the soil covering; sun hemp and jack bean (*Canavalia ensiformis*) presented greater contents of N. In the lack of N fertilization, the following of spontaneous vegetation/corn granted greater N content accumulated in corn straw, in corn grain and biomass; the culture following sun hemp presented the greatest grain production.

Key words: crop following, soil coverage, dry matter, nitrogen supply, *Zea mays*.

Introdução

O uso contínuo de culturas anuais em uma mesma área, a movimentação intensa do solo e a reposição inadequada dos nutrientes exportados podem constituir-se em fatores limitantes para a manutenção e o aumento da produtividade, levando à degradação gradativa do solo decorrente do manejo inadequado. A adoção de sistemas de manejo de solo e de cultura adequadamente conduzida proporciona aporte de material orgânico, através dos resíduos vegetais, além da ação benéfica das raízes das plantas e da proteção oferecida à superfície do solo (Campos *et al.*, 1995).

Entre os sistemas de manejo do solo que vêm sendo difundidos na agricultura, com o intuito de evitar o desgaste ou a degradação do solo, está o plantio direto, que exclui as práticas de revolvimento

do solo (gradagem, aração, subsolagem e escarificação, principalmente), permitindo o acúmulo de material vegetal na superfície, sobre o qual será semeada ou plantada a cultura seguinte.

O plantio direto não deve ser visto como uma receita universal, mas como um sistema que exige adaptações locais. Nas regiões Norte e Nordeste do Estado de São Paulo, essa prática ainda é pouco difundida, devido ao predomínio de altas temperaturas, dificultando a formação de uma camada adequada de cobertura morta. Além do aumento na velocidade de decomposição do material vegetal, provocada pelas altas temperaturas, as culturas anuais não produzem quantidade suficiente de fitomassa, sendo rapidamente metabolizada pelos microrganismos do solo. Sem cobertura, o solo se adensa mais facilmente, retém menor quantidade de

água, atinge facilmente altas temperaturas e fica mais suscetível à erosão, comprometendo o sistema.

A solução para esses problemas pode ser conseguida através do uso de plantas de cobertura. Segundo Alvarenga *et al.* (1995), a manutenção da superfície do solo, coberta por material vegetal, em fase vegetativa ou como resíduos, é o manejo mais recomendado para a proteção e a conservação do solo.

As culturas de cobertura, além de produzirem boa quantidade de massa, contribuindo para a formação de uma camada de palha sobre o solo, são capazes de reciclar nutrientes, diminuindo as perdas por lixiviação, beneficiando em produtividade as culturas econômicas sem aumentar os custos. Entre as espécies utilizadas, destacam-se as poáceas e as fabáceas. As poáceas colaboram na manutenção de níveis maiores de matéria orgânica no solo, comparadas às fabáceas, devido a sua alta relação C/N e ao alto teor de lignina na sua composição, formando húmus de maior estabilidade; porém, podem apresentar problemas em relação à disponibilidade de N (Bulisani e Roston, 1993). As fabáceas, por sua vez, pela sua capacidade de fixação simbiótica do N₂ atmosférico, fornecem maiores quantidades de N ao solo e à cultura seguinte. No entanto, para o máximo aproveitamento do N, é importante que a liberação do nutriente dos resíduos culturais ocorra em sincronia com a demanda do elemento pela cultura (Stute e Posner, 1995). O fornecimento de N pelas fabáceas se torna importante não apenas pela economia na adubação nitrogenada, mas também pela redução da contaminação do lençol freático por N de origem mineral.

Muitos estudos têm sido realizados com plantas de cobertura de inverno na região Sul do Brasil, quanto à proteção do solo, às características das plantas, ao fornecimento de nutrientes, entre outros. Provavelmente, isso se deve à maior difusão do plantio direto naquela região. Na região Sudeste, especialmente na porção Norte do estado de São Paulo, poucos trabalhos foram realizados quanto a essas características para plantas de cobertura de verão. Além disso, nessa região, semelhante ao que ocorre nos cerrados, uma das principais dificuldades na realização do plantio direto é a baixa produção de matéria seca das culturas de safrinha, associada à rápida decomposição. Nesse sentido, o presente trabalho teve o objetivo de estudar o sistema na região e de pesquisar as características de algumas plantas de cobertura de verão e suas vantagens para a cultura econômica. Essas espécies foram cultivadas anteriormente à cultura do milho, em plantio direto,

visando avaliar a cobertura do solo, a produção de fitomassa e o acúmulo de N pelas culturas de cobertura, o fornecimento de N ao milho e a produtividade dessa cultura.

Material e métodos

A área experimental situa-se na Fazenda de Ensino e Pesquisa no Campus da Unesp, município de Jaboticabal, na porção Centro-Norte do Estado de São Paulo, localizada a 21° 15' 22" latitude Sul e 48° 18' 58" longitude Oeste. O clima é classificado pelo Sistema Internacional de Classificação de Köppen como Cwa. A pluviosidade média anual é de 1285 mm, concentrada, principalmente, de outubro a março, e a temperatura média anual é de 22,4°C, de acordo com a Estação Agrometeorológica da FCAV/Unesp, Campus de Jaboticabal.

O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado (Embrapa, 1999), cultivado em plantio direto desde a safra 1998/99. No segundo semestre de 2000, iniciou-se experimento com plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho. De setembro/2001 a março/2002, a área permaneceu cultivada com espécies de cobertura. O início do presente trabalho se deu em setembro de 2002, com a semeadura de plantas de cobertura, as quais foram manejadas quimicamente em dezembro para que fosse semeada a safra do milho. As características químicas do solo, analisadas em meados de 2000, na profundidade de 0-0,20 m, segundo metodologia descrita em Raij *et al.* (1987), são as seguintes: pH (CaCl₂) 5,4; 23 g dm⁻³ de matéria orgânica; 45 mg dm⁻³ de P (resina); 3,4 de K, 24 de Ca, 15 de Mg, 28 de H+Al, 42,4 de SB, 70,4 de CTC, todos em mmol_c dm⁻³; e 60% de saturação por bases.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, cujos tratamentos principais foram as plantas de cobertura (18 x 7 m/parcela), e os secundários (9 x 7 m/subparcela), duas doses de N (0 e 120 kg ha⁻¹), na forma de nitrato de amônio, aplicado em cobertura na cultura do milho. A seguir, são apresentadas as 5 espécies de cobertura cultivadas na área em 2000, 2001/2002 e 2002, nessa sequência: 1) milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) - crotalária júncea (*Crotalaria juncea* L.) - milheto; 2) guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) - sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) - crotalária júncea; 3) mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper e Tracy) Merr.) - milheto - feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC.); 4) crotalária júncea - pousio (vegetação espontânea) - lablabe (*Dolichos lablab* L.); 5) braquiária (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf) - mucuna-preta - pousio.

As culturas de cobertura foram semeadas em sistema plantio direto, sem adubação, em 10/09/02. Foi efetuada a quebra de dormência das sementes de feijão-de-porco, anteriormente à semeadura. Todas as espécies foram semeadas com espaçamento de 0,5 m entre linhas, e a quantidade de sementes por metro linear foi de 70, 25, 5 e 10 para milho, crotalária, feijão-de-porco e lablabe, respectivamente.

A cobertura viva foi avaliada a cada 15 dias após a semeadura (DAS) das plantas, através do método do cavalete (Stocking citado por Roloff e Bertol, 1998), totalizando seis avaliações. Antes do manejo químico, ocorrido em 13/12/02, foram coletadas 3 subamostras da parte aérea das plantas de cobertura, com o auxílio de um quadro de 0,8 x 0,8 m, nas parcelas, a fim de formar uma amostra composta e avaliar a massa da matéria seca (MS) da parte aérea e os teores de C e N totais. Posteriormente, foi estimado o N acumulado a partir da concentração total do nutriente na amostra multiplicada pela produção estimada de MS por área.

Nas parcelas sob pousio, a vegetação que se desenvolveu foi, basicamente, apaga-fogo (*Alternanthera tenella* Colla), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) e picão-preto (*Bidens pilosa* L.); em menor intensidade, desenvolveram-se capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde) e losna-branca (*Parthenium hysterophorus* L.).

As avaliações da porcentagem de cobertura morta do solo foram realizadas aos 0, 15, 30, 60, 90 e 120 dias após o manejo (DAM) das plantas de cobertura, pelo método da transeção linear (Sloneker e Moldenhauer, 1977). Seis dias após as plantas de cobertura serem dessecadas, foi efetuada a semeadura direta do milho. O híbrido utilizado foi o Agromen 3150, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e 6 plantas por metro linear. Nessa ocasião, utilizaram-se 400 kg ha⁻¹ da formulação 4-20-20. Como não houve desbaste, a população aproximada foi de 65000 plantas ha⁻¹.

Decorridos 29 dias após a semeadura, as parcelas foram subdivididas em função da adubação nitrogenada em cobertura no milho.

No estágio correspondente ao ponto de maturidade fisiológica do milho, foram coletadas 5 plantas em cada subparcela e separadas em folha, colmo, palha da espiga, sabugo e grão, para estimativa de produção de MS, análise de N no tecido da planta e estimativa de N acumulado. Para o cálculo de produção de MS e N acumulado referente à palhada, foram somadas a MS e o N acumulado da folha, colmo, palha e sabugo; enquanto para biomassa, somou-se a MS e o N

acumulado da palhada e do grão. Em 10/05/03, para a obtenção da produção de grãos, foram colhidas 5 fileiras centrais de 5 m cada, com o auxílio de colhedora especial para áreas experimentais, eliminando-se 1 m em cada extremidade. O teor de água dos grãos foi corrigido para 13%. As precipitações diárias ocorridas durante o desenvolvimento das plantas de cobertura e do milho são apresentadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

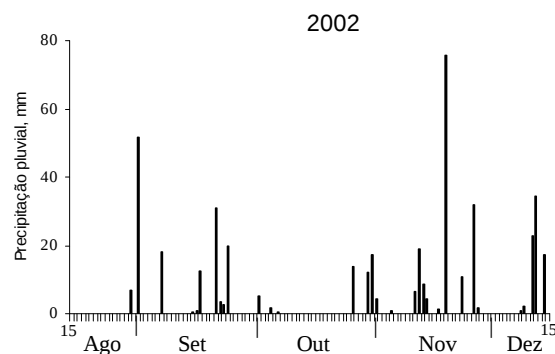


Figura 1. Precipitação diária durante o cultivo das plantas de cobertura.

As análises de C e N totais no material vegetal foram realizadas de acordo com os procedimentos contidos em Tedesco *et al.* (1995) e metodologia de Bataglia *et al.* (1983), respectivamente. Os resultados referentes às avaliações das espécies de cobertura foram analisados conforme delineamento em blocos casualizados, enquanto os demais, de acordo com o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas. Todos os resultados foram submetidos ao teste F para a análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias. O efeito do tempo sobre a cobertura morta foi avaliado por meio de análise de regressão polinomial (Banzatto e Kronka, 1992).

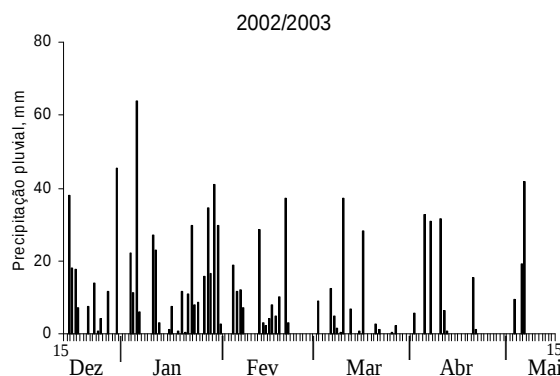


Figura 2. Precipitação diária durante o ciclo da cultura do milho.

Resultados e discussão

As plantas diferiram significativamente entre si quanto à cobertura do solo somente aos 90 dias após a semeadura (DAS) (Tabela 1). Nessa avaliação, verificou-se que as melhores coberturas vivas foram proporcionadas pelo milheto, crotalária e pousio. Em relação ao milheto, Andrioli e Pelá (2001), trabalhando na mesma região, observaram que a espécie foi a primeira a atingir 100% de cobertura do solo, em relação à braquiária brizanta, crotalária júncea, mucuna-preta, guandu e pousio. No entanto Alvarenga *et al.* (1995) encontraram resultados diferentes dos obtidos no presente estudo, no final das avaliações (70 dias após a emergência - DAE), em que as plantas responsáveis por 100% de cobertura do solo foram o feijão-de-porco, o lablabe e a mucuna-preta, enquanto a crotalária cobriu 89%, o que parece indicar um desempenho diferente entre espécies, conforme as condições edafoclimáticas da área onde foram feitas as observações. Vale ressaltar que, no estudo realizado por Alvarenga *et al.* (1995), as sementes das fabáceas foram previamente inoculadas, o que não ocorreu no presente trabalho.

O milheto e a vegetação desenvolvida no pousio apresentaram crescimento inicial lento (15 e 30 DAS), comparados à crotalária, ao feijão-de-porco e ao lablabe. Entretanto, aos 45 DAS, o milheto apresentou o melhor desenvolvimento e, após os 60 dias, as plantas espontâneas do pousio se sobressaíram, sendo alcançadas pelo milheto e pela crotalária apenas aos 90 DAS. Segundo Roloff e Bertol (1998), a cobertura do solo depende, principalmente, da espécie, da biomassa aérea e da densidade populacional. Dessa forma, a cobertura viva proporcionada pelas espécies desenvolvidas no pousio, no decorrer dos 60 DAS, provavelmente se deve à germinação de sementes presentes no solo, com o aumento da umidade, ocasionando alta densidade de plantas espontâneas.

Os resultados obtidos neste trabalho diferem dos de Ros e Aita (1996) que, na média de dois anos de estudo, concluíram que, no inverno, o pousio contribuiu apenas com 30% de cobertura viva aos 80

DAE, a poácea (aveia preta), com 80%, e as fabáceas (ervilhaca comum e forrageira, tremço azul e chícharo), com 90%, nas condições edafoclimáticas da região de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul.

Tabela 1. Cobertura viva do solo pelas plantas de cobertura.

Cobertura viva	Dias após a semeadura					
	15	30	45	60	75	90
	%					
Milheto	5,7 a	10,1 a	27,2 a	38,9 a	58,2 a	100,0 a
Crotalária júncea	9,0 a	13,9 a	18,5 a	30,4 a	51,1 a	100,0 a
Feijão-de-porco	6,3 a	14,2 a	22,6 a	41,3 a	67,4 a	71,6 b
Lablabe	8,6 a	12,8 a	17,0 a	29,0 a	50,2 a	52,5 b
Pousio	4,3 a	6,0 a	12,1 a	27,7 a	73,5 a	98,7 a
C.V. (%)	40,98	40,73	36,51	29,16	22,37	11,06

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2, observa-se que a concentração de C total das plantas foi semelhante, exceto a da vegetação espontânea da parcela sob pousio, que apresentou valor mais baixo de C. Os maiores teores de N total foram encontrados na crotalária, no feijão-de-porco e no lablabe, diferindo estatisticamente do pousio e do milheto. Tal resultado confirma a relação estabelecida por De-Polli e Chada (1989) de que o teor de N é maior nas espécies mais tenras.

A maior relação C/N foi atingida pelo milheto, o que era esperado, devido à espécie ser uma poácea e apresentar, de maneira geral, relação C/N mais alta que as fabáceas. O valor da relação encontrado neste estudo, para o milheto, foi semelhante ao obtido por Torres (2003) em plantas de milheto cultivadas em Uberaba, Estado de Minas Gerais, na mesma época do ano, porém avaliadas aos 110 dias após a semeadura.

A mais alta produção de MS da parte aérea foi alcançada pelo milheto, superior à observada por Pelá (2002), aos 105 DAS (4019,4 kg ha⁻¹), cultivado nas mesmas épocas e condições edafoclimáticas, em ano distinto. Entretanto, ainda nas mesmas condições, produção superior à obtida neste trabalho (7757,8 kg ha⁻¹) foi constatada por Andrioli (2004), em plantas conduzidas em pré-safra, no mesmo ano.

Tabela 2. Concentração de C e N totais, relação C/N, produção de matéria seca e N acumulado na parte aérea das plantas de cobertura.

	C total	N total	C/N	MS	N acumulado
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹		t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Milheto	397,5 a	19,5 b	20,6 a	6,24 a	119,9 b
Crotalária júncea	409,5 a	33,8 a	12,1 b	4,79 abc	162,2 a
Feijão-de-porco	401,5 a	33,4 a	12,0 b	4,93 ab	164,7 a
Lablabe	412,5 a	31,2 a	13,3 b	3,19 c	99,5 b
Pousio	364,6 b	24,2 b	15,1 b	3,98 bc	95,9 b
C.V. (%)	2,71	7,03	8,85	12,89	10,50

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produção de MS da parte aérea observada no feijão-de-porco e na crotalária não diferiram estatisticamente do milho. O feijão-de-porco apresentou quantidade de MS da parte aérea próxima à encontrada por Alvarenga *et al.* (1995) pela mesma espécie (5,3 t ha⁻¹), com sementes previamente inoculadas. Tal resultado demonstra melhor desenvolvimento da planta nas condições edafoclimáticas do presente estudo, já que a densidade de plantio utilizada foi a mesma e, neste trabalho, as sementes não foram inoculadas.

O lablabe produziu a menor quantidade de fitomassa. Essa espécie tem apresentado produção de massa seca inferior a outras plantas de cobertura (milho, crotalária júncea, feijão-de-porco, feijão-bravo-do-Ceará, mucuna-preta e guandu), em trabalhos realizados na região Sudeste (Favero *et al.*, 2000; Andrioli, 2004), mostrando-se pouco eficiente como espécie produtora de biomassa, nessa região.

A quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas de cobertura foi mais expressiva no feijão-de-porco e na crotalária, graças às altas concentrações de N nos seus tecidos e à produção de matéria seca relativamente alta, comparadas às demais espécies. Foi identificado, por Andrioli (2004), resultado semelhante no acúmulo superior de N pela crotalária, em relação ao milho e ao lablabe.

Através da análise de regressão polinomial, foi possível observar que a persistência da cobertura sobre o solo se ajusta na forma linear para as espécies, exceto para a crotalária júncea, que se ajusta melhor na forma quadrática (Tabela 3; Figura 3).

A maior porcentagem de cobertura foi proporcionada pelo milho, durante todo o período avaliado. Tal resultado está coerente com as observações feitas por Pelá (2002), que justificou a maior persistência dos resíduos de milho em função da maior produção de MS da parte aérea e da relação C/N apresentada pela espécie.

O tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo é determinado pela velocidade de decomposição dos resíduos culturais, e esta, por sua vez, está relacionada ao teor de lignina e à relação C/N dos resíduos, que, quanto maiores, indicam

mais lenta decomposição (Heinrichs *et al.*, 2001).

A rápida diminuição da cobertura do solo pelos resíduos de crotalária nas primeiras avaliações se deve, provavelmente, ao ataque microbiano à fração mais facilmente decomponível do resíduo, composta principalmente, de proteínas e de carboidratos simples; a maior persistência dos resíduos de crotalária, apresentada após os 60 dias, é consequência do ataque de microorganismos a compostos mais resistentes, como celulose e lignina (Bertol *et al.*, 1998).

As plantas de cobertura e as doses de N aplicadas em cobertura no milho não influenciaram os valores médios de MS da parte aérea, porém a interação entre esses dois fatores promoveu efeitos significativos sobre a MS da biomassa aérea (Tabela 4).

Nota-se, na Tabela 5, que a ausência de adubação nitrogenada de cobertura proporcionou a maior produção de MS da parte aérea do milho em sucessão ao pousio, e a menor, no cultivo após o milho. A realização da adubação de cobertura acarretou produções de MS da parte aérea do milho

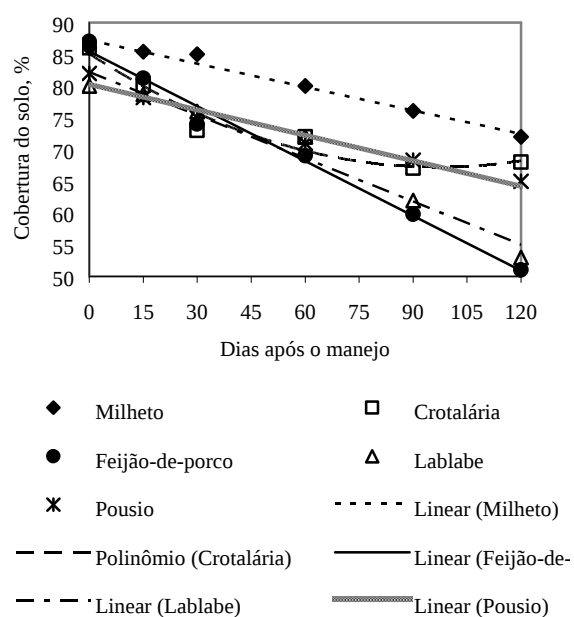


Figura 3. Cobertura do solo (%) proporcionada pelas plantas de cobertura até 120 dias após o manejo.

Tabela 3. Equações de regressão ajustadas em função da porcentagem de cobertura do solo (CS) e dos dias após o manejo das plantas de cobertura (DAM).

Plantas de cobertura	Equação	R ²
Milho	CS = 87,26667 - 0,124127 DAM	0,96
Crotalária	CS = 85,31515 - 0,3785859 DAM + 0,001952862 DAM ²	0,94
F.-de-porco	CS = 85,53333 - 0,2863492 x	0,98
Lablabe	CS = 82,06667 - 0,2234921 x	0,94
Pousio	CS = 80,2 - 0,132381 x	0,95

semelhantes entre os sistemas de sucessão. Resultados semelhantes em relação à poácea (milheto) e à adubação nitrogenada também foram encontrados por Amado *et al.* (2000), os quais constataram que a produção de MS da parte aérea do milho, na ausência de adubação nitrogenada, foi menor em sucessão à aveia-preta comparado à ervilhaca e à ervilhaca+aveia, tendo desaparecido essa tendência com a utilização de doses de N.

A quantidade média de N acumulado nas plantas de milho diferiu significativamente, com o uso de diferentes espécies de cobertura, no grão e na biomassa (Tabela 4). Os maiores conteúdos foram verificados nas plantas que se desenvolveram após o pousio, e os menores, após o milheto. Amado *et al.* (2000) também constataram menor absorção de N, na média de aplicação de três doses do elemento, nas plantas de milho cultivadas após poácea (aveia-preta). No grão, Andrioli (2004) verificou que o cultivo de crotalária, antes do milho, determinou o maior acúmulo médio de N, seguido pelo lablabe e pelo milheto.

O menor acúmulo de N pelo milho, cultivado em sucessão a poáceas, pode ser atribuído à maior relação C/N dos seus resíduos comparado ao das fabáceas. Para utilizar o C na biossíntese e também

como fonte de energia, os microrganismos do solo imobilizam o N da palha, inclusive parte do N mineral do solo, diminuindo a sua disponibilidade para o milho (Ros e Aita, 1996).

A média de N acumulado na palhada, no grão e na biomassa das plantas de milho, foi maior quando a cultura recebeu adubação nitrogenada de cobertura (Tabela 4), indicando resposta ao N absorvido, nos sistemas de cultura avaliados. Segundo Amado *et al.* (2000), essa combinação de plantas de cobertura e N mineral pode trazer várias vantagens ao manejo de N, contribuindo para a sustentabilidade do agroecossistema.

A ausência de adubação nitrogenada em cobertura no milho influenciou na quantidade de N acumulado na parte aérea da cultura cultivada após milheto, feijão-de-porco e lablabe, apresentando valores significativamente inferiores aos encontrados com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N (Tabela 5). O milho que não recebeu a adubação apresentou maior quantidade de N acumulado no grão e na biomassa em sucessão ao pousio, e menores em sucessão ao milheto e ao lablabe. Menor acúmulo de N nas plantas e nos grãos de milho, devido a resíduos de poáceas, na ausência de adubação nitrogenada, também foi constatado por Pöttker e Roman (1994).

Tabela 4. Matéria seca (MS) e N acumulado na parte aérea das plantas de milho e produtividade de grãos pela cultura em função dos tratamentos.

PC	Palhada		Grãos		Biomassa		Produtividade de grãos
	MS	N acum.	MS	N acum.	MS	N acum.	
	kg ha ⁻¹						
Milheto	8786 a	74,1 a	5359 a	70,1 b	14144 a	144,2 b	6387 b
Crotalária	9210 a	79,4 a	6231 a	85,1 ab	15440 a	164,5 ab	7167 a
Feijão-de- porco	9374 a	85,6 a	5841 a	80,2 ab	15215 a	165,8 ab	6915 ab
Lablabe	9374 a	79,6 a	5658 a	73,3 ab	15032 a	152,8 ab	6705 ab
Pousio	9455 a	88,9 a	6367 a	93,0 a	15822 a	181,9 a	6991 ab
C.V. (%)	8,37	12,03	10,78	12,82	8,69	11,64	5,61
N ₀	9121 a	69,0 b	5725 a	75,7 b	14846 a	144,7 b	5880 b
N ₁₂₀	9359 a	94,0 a	6057 a	84,9 a	15416 a	179,0 a	7786 a
C.V.(%)	7,27	13,57	8,73	10,06	6,49	10,01	10,51
PC x N	ns	ns	ns	*	*	*	Ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. MS = matéria seca; PC = plantas de cobertura

Tabela 5. Matéria seca e N acumulado na parte aérea das plantas de milho, em função da interação entre plantas de cobertura e doses de N.

	Matéria seca		N acumulado			
	Biomassa		Grão		Biomassa	
	N ₀	N ₁₂₀	N ₀	N ₁₂₀	N ₀	N ₁₂₀
	kg ha ⁻¹					
Milheto	13151 bB	15138 aA	58 cB	82 aA	115 cB	173 aA
Crotalária	15938 abA	14942 aA	89 abA	81 aA	160 abA	169 aA
Feijão-de-porco	14855 abA	15576 aA	71 bcB	89 aA	148 abcB	183 aA
Lablabe	13939 abB	16124 aA	65 cB	82 aA	121 bcB	184 aA
Pousio	16346 aA	15298 aA	96 aA	90 aA	179 aA	185 aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, para doses de N, e minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. N₀ e N₁₂₀ = 0 e 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura no milho

Quanto à produção de grãos (Tabela 4), observa-se que a maior média foi alcançada pelo cultivo do milho em sucessão à crotalária, apresentando produtividade média 12% superior ao cultivo de milho em pré-safra. Possivelmente, houve maior sincronismo na liberação de nutrientes pela decomposição da crotalária, com a demanda da cultura do milho, comparados ao milho.

Nas mesmas condições edafoclimáticas, foram observadas maiores produções de grãos de milho na sucessão crotalária júncea/milho e menor para milho/milho (Pelá, 2002; Andrioli, 2004). Em outras regiões do Brasil, vários autores constataram influência positiva no rendimento de grãos de milho em sucessão às fabáceas, quando comparado a poáceas (Carvalho *et al.*, 1996; Ros e Aita, 1996; Amado *et al.*, 1999; Aita *et al.*, 2001).

A associação das plantas de cobertura e da aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no milho proporcionou maior rendimento médio de grãos.

Em todos os tratamentos, aproximadamente 50% do N absorvido pela cultura é exportado pelos grãos, evidenciando a necessidade de reposição desse nutriente. É importante conhecer o efeito de diferentes culturas de cobertura sobre a resposta do milho ao N, para que se possa realizar os devidos ajustes nas recomendações de adubação nitrogenada (Pöttker e Roman, 1994).

Conclusão

Aos 90 dias após a semeadura das plantas, o milho, a crotalária júncea e a vegetação espontânea desenvolvida no pousio apresentaram maior porcentagem de cobertura viva e os resíduos de milho, a maior porcentagem de cobertura morta no solo, até os 120 dias após o manejo das plantas.

A espécie de cobertura que produziu mais fitomassa foi o milho e as que mais acumularam nitrogênio foram a crotalária júncea e o feijão-de-porco.

O lablabe não é recomendado como planta de cobertura para esta região.

A produtividade média de grãos de milho foi menor em sucessão ao milho. A produtividade média mais elevada foi obtida com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura na cultura.

Referências

AITA, C. *et al.* Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

ALVARENGA, R.C. *et al.* Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação de recuperação de

solos. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

AMADO, T.J.C. *et al.* Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 679-686, 1999.

AMADO, T.J.C. *et al.* Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.

ANDRIOLI, I.; PELÁ, A. Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho no sistema de plantio direto em Jaboticabal-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p. 274.

ANDRIOLI, I. *Plantas de cobertura em pré-safra a cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP*. 2004. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 1992.

BATAGLIA, O.C. *et al.* *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. (Boletim Técnico, 78).

BERTOL, E. *et al.* Persistência de resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 22, n. 4, p.705-712, 1998.

BULISANI, E.A.; ROSTON, A.J. Leguminosas: adubação verde e rotação de culturas. In: CURSO SOBRE ADUBAÇÃO VERDE NO INSTITUTO AGRONÔMICO, 1., 1993, Campinas. *Anais...* Campinas: Instituto Agronômico, 1993. p. 13-16. (Documentos IAC, 35).

CAMPOS, B.C. *et al.* Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.

CARVALHO, A.M. *et al.* Caracterização de espécies de adubos verdes para o cultivo de milho em latossolo vermelho-escuro originalmente sob cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., 1996, Planaltina. *Anais...* Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p.384-388.

DE-POLLI, H.; CHADA, S.S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 13, n. 3, p. 287-293, 1989.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FAVERO, C. *et al.* Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 171-177, 2000.

HEINRICHS, R. *et al.* Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do

milho em sucessão. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 331-340, 2001.

PELÁ, A. *Uso de plantas de cobertura em pré-safra e seus efeitos nas propriedades físicas do solo e na cultura do milho em plantio direto na região de Jaboticabal-SP*. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. *Pesq. Agropecu. Bras*, Brasília, v. 29, n. 5, p. 763-770, 1994.

RAIJ, B. VAN et al. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

ROLOFF, G.; BERTOL, O.J. Método para a estimativa da cobertura do solo e da altura de algumas culturas de verão. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 319-327, 1998.

ROS, C.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho

em plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 20, n. 1, p. 135-140, 1996.

SLONEKER, L.L.; MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. *J. Soil Water Cons.*, Ankeny, v. 32, n. 3 p. 231-236, 1977.

STUTE, J.K.; POSNER, J.L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the Upper Midwest. *Agron. J.*, Madison, v. 87, p. 1063-1069, 1995.

TEDESCO, M.J. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos-UFRGS, 1995.

TORRES, J.L.R. *Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba – MG*. 2003. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

Received on December 15, 2004.

Accepted on August 19, 2005.