



Pesquisa Agropecuária Tropical

ISSN: 1517-6398

pat@agro.ufg.br

Escola de Agronomia e Engenharia de
Alimentos
Brasil

de Lima Lázaro, Rafael; Torres da Costa, Antonio Carlos; de Freitas da Silva, Keoma; Mansano Sarto,
Marcos Vinicius; Barbosa Duarte Júnior, José

Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde

Pesquisa Agropecuária Tropical, vol. 43, núm. 1, enero-marzo, 2013, pp. 10-17

Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos

Goiânia, Brasil

Disponibile en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253025748005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde¹

Rafael de Lima Lázaro², Antonio Carlos Torres da Costa²,
Keoma de Freitas da Silva², Marcos Vinicius Mansano Sarto², José Barbosa Duarte Júnior²

ABSTRACT

Yield of maize grown in
succession to green fertilization

The use of previous crops which have the capacity of supplying nitrogen to maize by symbiotic fixation or nutrient recycling is important to yield maintenance. This study aimed at evaluating the yield of maize grown in succession to green fertilization. A completely randomized blocks design was used with four replications and the following treatments: maize grown on black oat, black oat + oilseed radish, black oat + white lupin, white lupin, crambe, spontaneous vegetation (fallow ground) and spontaneous vegetation (fallow ground) + topdressing nitrogen fertilization. Concerning grain yield, significant differences were observed among treatments. The maize grown on black oat + white lupin straw reached the highest yield (10,817 kg ha⁻¹), resulting in a higher income and differing from the one grown on black oat and crambe straw and spontaneous vegetation. The use of white lupin, black oat + white lupin and black oat + oilseed radish showed to be a viable alternative for a higher grain yield, making the topdressing nitrogen fertilization unnecessary.

KEY-WORDS: *Zea mays* L.; cover crops; nitrogen fertilization.

RESUMO

A utilização de espécies antecessoras ao milho, capazes de fornecer nitrogênio pela fixação simbiótica ou reciclagem de nutrientes, é importante para a manutenção da produtividade. Este trabalho objetivou avaliar a produtividade do milho cultivado em sucessão à adubação verde. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e os seguintes tratamentos: milho cultivado sobre a palhada de aveia preta, aveia preta + nabo forrageiro, aveia preta + tremoço branco, tremoço branco, crambe, vegetação espontânea e vegetação espontânea + adubação nitrogenada em cobertura. Houve diferença significativa entre os tratamentos, para a produtividade de grãos. O milho cultivado com a utilização de palhada de aveia preta + tremoço branco foi o mais produtivo (10.817 kg ha⁻¹), apresentando rendimento superior e diferindo do milho cultivado sobre palhada de aveia preta, crambe e vegetação espontânea. O uso de tremoço branco, aveia preta + tremoço branco e aveia preta + nabo forrageiro é uma alternativa viável para se obter maior rendimento de grãos de milho, dispensando a adubação nitrogenada em cobertura.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L.; plantas de cobertura; fertilização nitrogenada.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho e o que mais influencia na produtividade de grãos (Amado et al. 2002, Cantarella & Duarte 2004, Sousa & Lobato 2004). Assim, a utilização de plantas que fixem o N atmosférico, ou o reciclem de camadas mais profundas para a superfície, é uma estratégia para suprir a quantidade de N requerida pelo milho, pois o N mantido na forma orgânica é menos sujeito a perdas por lixiviação ou volatilização, sendo disponibilizado mais lentamente, de acordo com a mineralização dos resíduos vegetais. Além disto, o uso de adubos verdes, em substituição

a fertilizantes nitrogenados, é importante para a melhoria da qualidade do ambiente, pelo fato de a produção industrial de N consumir grande quantidade de energia obtida a partir da queima de combustíveis fósseis (Silva et al. 2006).

Dentre as espécies empregadas na adubação verde, as leguminosas destacam-se por formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, e sua baixa relação C/N, aliada à grande presença de compostos solúveis, favorece a rápida decomposição e mineralização, com expressivo aporte de N ao sistema solo-planta (Aita et al. 2001, Perin et al. 2004, Ferreira et al. 2011, Partelli et al. 2011). Por outro lado, o emprego de gramíneas pode amenizar a perda

1. Trabalho recebido em jul./2012 e aceito para publicação em fev./2013 (nº registro: PAT 19218).

2. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Centro de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil.
E-mails: lazaro_rafael@hotmail.com, antonio.costa2@unioeste.br, keomadasilva@hotmail.com, marcos_sarto@hotmail.com, jose.junior6@unioeste.br.

de N, mediante a reciclagem e imobilização em sua fitomassa, ao mesmo tempo em que sua baixa taxa de decomposição, favorecida pela alta razão C/N, confere cobertura mais prolongada do solo (Cabezas et al. 2004, Perin et al. 2004).

Outra espécie que possui potencial para aumentar a disponibilidade de N no solo é o nabo forrageiro. Por pertencer à família das brássicas, ele não possui a capacidade de fixar N_2 atmosférico, porém, apresenta alta capacidade de extrair N de camadas mais profundas do solo (Heinzmann 1985).

O cultivo de diferentes espécies de plantas de cobertura possibilita a melhoria e a conservação do solo e da matéria orgânica, além de promover consideráveis aumentos de rendimento nas culturas subsequentes e apresentar, também, significativa viabilidade econômica. Além disto, várias espécies (dentre elas as de outono/inverno e primavera/verão) contribuem para a diminuição da infestação de pragas (Calegari 2006).

De modo geral, os adubos verdes, ou as culturas de cobertura usadas para formar palhada para o sistema de semeadura direta, desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto daqueles adicionados por meio de fertilizantes minerais e não aproveitados pelas culturas comerciais quanto daqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo (Torres et al. 2008). Além disto, o uso de plantas de cobertura, aliado à sucessão de culturas (milho e soja) sob semeadura direta, melhora as propriedades físicas do solo, tais como porosidade, densidade e resistência mecânica à penetração (Alves & Suzuki 2004).

Segundo Calegari et al. (1992), o uso de plantas de cobertura do solo, com sistemas de produção específicos de cada região, deve ser avaliado, a fim de viabilizar o sistema de semeadura direta. Assim, este trabalho objetivou avaliar a produtividade do milho cultivado em sucessão à adubação verde.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de maio/2009 a janeiro/2010, no município de Assis Chateaubriand (PR) (24°25'S, 53°31'W e 440 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa (subtropical úmido), com precipitações médias anuais variando entre 1.250 mm e 1.500 mm, bem distribuídas ao longo do ano. A precipitação pluviométrica ocorrida durante o

período de condução do experimento encontra-se especificada na Figura 1.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico de classe argilosa (Embrapa 2006), e sua análise, antes da implantação do experimento, resultou nos seguintes valores: pH ($CaCl_2$) = 5,3; P ($mg\ dm^{-3}$) = 18,63; S ($mg\ dm^{-3}$) = 2,02; B ($mg\ dm^{-3}$) = 0,32; K^+ ($cmol_c\ dm^{-3}$) = 0,81; Mg^{+2} ($cmol_c\ dm^{-3}$) = 2,44; Al^{+3} ($cmol_c\ dm^{-3}$) = 0,0; CTC ($cmol_c\ dm^{-3}$) = 16,13; M.O. ($g\ dm^{-3}$) = 40,47; e V(%) = 69,25.

A área experimental vem sendo cultivada desde a década de 1990, sob sistema de semeadura direta. Nos anos anteriores à implantação do experimento, havia sido cultivada soja, no verão, e trigo, no inverno.

A semeadura dos adubos verdes (aveia preta, nabo forrageiro e tremoço branco) ocorreu no dia 16/05/2009. Devido ao ciclo do crambe, a semeadura foi realizada no dia 16/07/2009. A densidade de semeadura utilizada foi de 60 $kg\ ha^{-1}$ de sementes de aveia preta, 30 $kg\ ha^{-1}$ + 10 $kg\ ha^{-1}$ de sementes de aveia preta + nabo forrageiro, 30 $kg\ ha^{-1}$ + 60 $kg\ ha^{-1}$ de sementes de aveia preta + tremoço branco, 120 $kg\ ha^{-1}$ de sementes de tremoço branco e 15 $kg\ ha^{-1}$ de sementes de crambe. A semeadura foi realizada a lanço, com posterior gradagem, para incorporação das sementes ao solo.

Os adubos verdes foram manejados por ocasião do florescimento. Foi aplicada a mistura dos herbicidas glifosato e 2,4-D, nas doses de 2,0 p.c. $L\ ha^{-1}$ e 1,0 p.c. $L\ ha^{-1}$, respectivamente. Nestas plantas, foi avaliado o rendimento de massa seca da parte aérea, utilizando-se um quadro (0,50 m x 0,50 m) para demarcar a área da parcela onde foi coletada

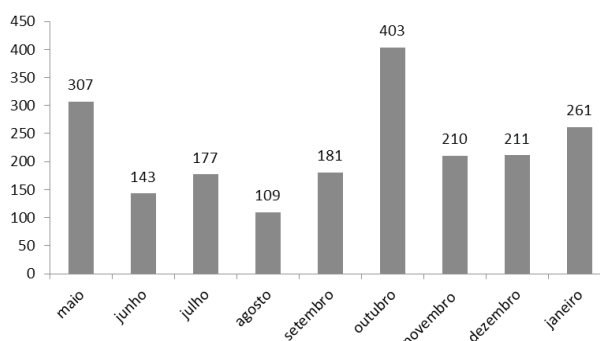


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal (mm) ocorrida de maio de 2009 a janeiro de 2010 (Assis Chateaubriand, PR).

a amostra (rente ao solo), sendo, esta, levada para estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, por sete dias, até atingir peso constante. Após este processo, obteve-se sua massa seca.

A semeadura do híbrido simples modificado Pioneer 30B39 foi realizada no dia 21/09/2009, distribuindo-se cinco sementes por metro, na população de 60.000 plantas ha⁻¹. O espaçamento adotado foi de 0,80 m entre as linhas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e sete tratamentos, em parcelas de 20,0 m², com cinco linhas espaçadas em 0,80 m, assim constituídos: milho cultivado sobre a palhada de aveia preta, aveia preta + nabo forrageiro, aveia preta + tremoço branco, tremoço branco, crambe, vegetação espontânea (pousio) e vegetação espontânea (pousio) + adubação nitrogenada em cobertura, no estágio V₆, na quantidade de 100 kg ha⁻¹ de N. Todos os tratamentos receberam uma adubação de base, sendo 00-20-20 o adubo utilizado, na quantidade de 413 kg ha⁻¹.

Durante a condução do experimento, foram realizadas pulverizações foliares, nos estádios V₃ e V₁₂, com Lufenurum (0,3 p.c. L ha⁻¹) e Metomil (0,8 p.c. L ha⁻¹), para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Foi realizada, também, uma pulverização com Imidacloprido + Betaciflutrina (0,65 p.c. L ha⁻¹), para o controle dos percevejos barriga-verde (*Dichelops furcatus*) e marrom (*Euschistus heros*).

A colheita do milho ocorreu no dia 28/01/2010 e as avaliações foram obtidas considerando-se a área útil da parcela formada por três linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade, onde foram coletadas 10 plantas de cada parcela experimental, para determinação das características vegetativas e produtivas.

Foram avaliados os seguintes caracteres: altura da planta (medindo-se a altura entre o nível do solo até a base da inserção da última folha), altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo (utilizando-se paquímetro, medindo-se o diâmetro do colmo próximo ao nível do solo, no terceiro nó a partir da base da planta), diâmetro e comprimento das espigas (determinados após a colheita, medindo-se 10 espigas ao acaso, no terço médio da espiga, utilizando-se paquímetro e régua graduada em centímetros), número de grãos por espiga, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira (determinado nas mesmas espigas em que foram avaliados o diâmetro

e o comprimento das espigas) e produtividade de grãos (determinada por meio da colheita das espigas das duas linhas centrais, dentro de cada parcela, debulhando-se e pesando-se os grãos, com posterior correção de umidade para 13% e extrapolação do resultado para kg ha⁻¹).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey. O programa estatístico utilizado para o procedimento das análises estatísticas foi o SAEG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as espécies de cobertura de solo, no inverno, a aveia preta é a mais cultivada no Sul do Brasil, e, de acordo com Silva et al. (2007), um dos motivos para o seu uso é o alto rendimento de matéria seca (MS). No entanto, no presente trabalho, a aveia preta solteira apresentou produção de MS intermediária (4.237 kg ha⁻¹), quando comparada aos demais tratamentos (Tabela 1). Resultado semelhante foi obtido por Aita et al. (2001) e Carvalho et al. (2007), os quais encontraram valores de 4.417 kg ha⁻¹ e 4.632 kg ha⁻¹, respectivamente.

Camargo & Piza (2007), avaliando a produção de biomassa de plantas de cobertura e seus efeitos na cultura do milho, em sistema de semeadura direta, observaram que a aveia preta produziu maior quantidade de palhada, porém, sem reflexos sobre a produtividade de grãos, na cultura do milho.

Por outro lado, o consórcio aveia preta + nabo forrageiro foi o que apresentou maior produtividade de massa seca (5.458 kg ha⁻¹), diferindo, estatisticamente, dos demais tratamentos. O elevado rendimento de MS, na parte aérea, evidencia o grande potencial do uso de sistemas consorciados de aveia preta com nabo forrageiro, em relação ao cultivo isolado de aveia preta, como culturas antecessoras ao milho. Com esta estratégia de manejo, pode-se manter adequada a quantidade de palha na superfície do solo, fato importante para a sustentabilidade do sistema de semeadura direta, além de aumentar a disponibilidade de N para o milho em sucessão, pelo processo de reciclagem (Silva et al. 2007).

Silva et al. (2007), avaliando sistemas de cobertura de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos de milho, obtiveram, para a aveia preta solteira e para o consórcio aveia preta + nabo forrageiro, produção de 3.600 kg ha⁻¹ e 4.700 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente. Os autores verificaram, ain-

Tabela 1. Massa seca das plantas de cobertura (MSPC), altura das plantas (ALP), altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE) e comprimento da espiga (CE) de milho cultivado sobre a palhada de diferentes plantas de cobertura do solo (Assis Chateaubriand, PR, safra 2009/2010).

Tratamentos	MSPC	ALP	AIE	DC	DE	CE
	kg ha ⁻¹	m		mm		cm
Aveia preta	4.237 bc	2,09 a	1,06 a	22,20 a	48,77 a	17,61 a
Aveia preta + nabo forrageiro	5.459 a	2,11 a	1,08 a	22,51 a	48,54 a	17,11 a
Aveia preta + tremoço branco	4.460 b	2,08 a	1,02 a	21,71 a	48,75 a	17,82 a
Tremoço branco	3.945 c	2,09 a	1,05 a	21,71 a	49,50 a	17,98 a
Crambe	2.335 d	2,01 a	1,00 a	20,73 a	48,69 a	16,58 a
Pousio	1.128 e	2,14 a	1,11 a	21,32 a	48,25 a	18,27 a
Pousio + N em cobertura	1.098 e	2,10 a	1,06 a	21,99 a	49,34 a	17,21 a
C.V. (%)	4,53	3,20	5,94	3,83	2,25	6,02

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, diferem estatisticamente pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

da, que a quantidade de N acumulada na parte aérea da aveia e no consórcio aveia preta + nabo forrageiro foi de 50 kg ha⁻¹ e 47 kg ha⁻¹, respectivamente.

Excetuando-se o pousio, o crambe apresentou a menor produção de MS. Esta baixa produção pode ser atribuída à quantidade de chuvas ocorridas durante o período de cultivo (Figura 1). Conforme Pitol (2008), o crambe apresenta exigência máxima entre 150 mm e 200 mm, até o pleno florescimento, ou seja, esta cultura tem seu desenvolvimento prejudicado em condições de boa precipitação pluviométrica, pois possui alta tolerância ao estresse hídrico.

Em relação à cultura do milho, não houve diferença significativa entre os tratamentos, para a altura de plantas (Tabela 1). Este comportamento também foi observado por Carvalho et al. (2004), que, avaliando o desempenho do milho em sucessão a adubos verdes, concluíram que a altura de plantas de milho não foi influenciada pelos adubos verdes.

Por outro lado, Santos et al. (2010), ao estudarem o efeito de adubos verdes e da adubação nitrogenada em cobertura, na cultura do milho, concluíram que a adubação verde influenciou positivamente na altura de planta, mesmo na ausência de adubação nitrogenada.

Conte & Prezotto (2008), ao avaliarem o desempenho do milho em sistema de adubação verde, também observaram que a altura de plantas foi influenciada pelo uso da adubação verde. Mayub et al. (2002) atribuem o aumento na altura das plantas ao fornecimento de N via adubação verde. No presente trabalho, isto não ocorreu, provavelmente devido ao alto teor de matéria orgânica do solo.

De acordo com Silva et al. (2006), para um mesmo material genético, e para as mesmas condições climáticas, a altura da planta é um parâmetro que determina o desenvolvimento da cultura e que tem correlação positiva com a produtividade, ou seja, plantas maiores tendem a ser mais produtivas, provavelmente porque sofrem menos estresse e acumulam maiores quantidades de reservas no colmo.

Para a altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga e comprimento da espiga, também não foi observada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 1).

Carvalho et al. (2004), Conte & Prezotto (2008) e Santos et al. (2010) observaram que a altura de inserção da espiga não é influenciada pelo uso de adubos verdes. Por outro lado, Conte & Prezotto (2008) concluíram que o diâmetro do colmo é influenciado pela adubação verde.

Lourente et al. (2007) e Santos et al. (2010) constataram que a adubação verde influenciou de forma significativa o diâmetro e o comprimento de espigas. Ohland et al. (2005), ao estudarem a influência de culturas de cobertura do solo, também concluíram que o diâmetro de espigas é influenciado pela utilização destas plantas. No presente trabalho, isto não ocorreu, provavelmente devido ao alto teor de matéria orgânica do solo onde foi conduzido o experimento. De acordo com Ohland et al. (2005), o comprimento e o diâmetro de espiga são características que determinam o potencial de produtividade da cultura do milho.

Para o número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por

espiga, também não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). Carvalho et al. (2004) e Santos et al. (2010) observaram diferenças significativas, em relação ao número de grãos por espiga, porém, esta diferença não interferiu na produtividade de grãos.

Em relação à produtividade de grãos, houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). O milho cultivado sobre palhada de aveia preta + tremoço branco foi o mais produtivo ($10.817 \text{ kg ha}^{-1}$), com rendimento superior e diferindo estatisticamente do milho cultivado sobre palhada de aveia preta (9.180 kg ha^{-1}), crambe (8.372 kg ha^{-1}) e vegetação espontânea (9.650 kg ha^{-1}). Esta alta produtividade de grãos pode ser explicada pela alta fertilidade do solo [$\text{P} (\text{mg dm}^{-3}) = 18,63$; $\text{S} (\text{mg dm}^{-3}) = 2,02$; $\text{B} (\text{mg dm}^{-3}) = 0,32$; $\text{K}^+ (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 0,81$; $\text{Mg}^{+2} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 2,44$; $\text{Al}^{+3} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 0,0$; $\text{CTC} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 16,13$; $\text{M.O.} (\text{g dm}^{-3}) = 40,47$; $\text{V}\% = 69,25$] onde foi conduzido o experimento, pela boa disponibilidade hídrica (Figura 1) e, também, pela característica do híbrido utilizado.

Na ausência do fornecimento de N em cobertura, as maiores produtividades de grãos de milho foram obtidas nos tratamentos com aveia preta + tremoço branco, aveia preta + nabo forrageiro e tremoço branco solteiro. Provavelmente, estes resultados, em parte, possam ser atribuídos às características destas plantas de cobertura, pois o tremoço branco tem capacidade de incorporar N ao solo pelo processo de fixação simbiótica e o nabo forrageiro por ser muito eficiente na reciclagem de nutrientes (Ohland et al. 2005, Silva et al. 2006). O fato de estas plantas terem baixa relação C/N pode ser compensado pelo con-

sórcio com a aveia preta, pois esta planta apresenta alta relação C/N, o que faz com que a velocidade de liberação de N seja mais lenta (Aita et al. 2001, Perin et al. 2004, Silva et al. 2007).

De acordo com Silva et al. (2007), sob baixa disponibilidade de N no solo, para a cultura do milho, as consorciações de uma gramínea com uma espécie da família das leguminosas ou das brássicas, no inverno, de uma forma geral, aumentam o rendimento de grãos de milho, em relação à sucessão à aveia preta em cultivo isolado, sem reduzir a quantidade de resíduos culturais, no sistema de semeadura direta. Por outro lado, sob alta disponibilidade de N no solo, para a cultura do milho, os efeitos das espécies de cobertura do solo, no inverno, seja em cultivo isolado ou em consórcio, sobre o milho cultivado em sucessão, são similares.

Pavinato et al. (1994), avaliando o efeito de resíduos culturais de espécies de inverno sobre o rendimento de grãos de milho, observaram que as leguminosas são capazes de suprir, parcial ou totalmente, as necessidades de N pela cultura do milho, destacando-se o tremoço branco, que proporcionou produtividade semelhante à obtida com a aplicação de 110 kg ha^{-1} de N mineral e 61% superior à testemunha (sem suplemento de N mineral).

De acordo com Silva et al. (2006), na ausência de adubação nitrogenada, as maiores produtividades são obtidas quando a cultura antecessora é uma leguminosa ou nabo forrageiro. Segundo Weber & Mielniczuk (2009) e Santos et al. (2010), na ausência de fertilização nitrogenada, o uso de leguminosas como culturas antecessoras aumenta a produtividade do milho.

Tabela 2. Número de fileiras de grãos por espiga (NFG), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), população de plantas (PP) e produtividade de grãos (PG) de milho cultivado sobre a palhada de diferentes plantas de cobertura do solo (Assis Chateaubriand, PR, safra 2009/2010).

Tratamentos	NFG	NGF	NGE	PG (kg ha^{-1})
Aveia preta	15,65 a	40,40 a	632,60 a	9.180 cd
Aveia preta + nabo forrageiro	16,10 a	38,20 a	617,00 a	10.508 ab
Aveia preta + tremoço branco	15,40 a	40,03 a	616,61 a	10.817 a
Tremoço branco	15,65 a	40,08 a	626,85 a	9.975 abc
Crambe	16,18 a	38,30 a	620,10 a	8.372 d
Pousio	15,75 a	40,13 a	631,99 a	9.650 bc
Pousio + N em cobertura	15,50 a	39,63 a	614,67 a	10.286 ab
C.V. (%)	4,77	3,75	7,31	4,14

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, diferem estatisticamente pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

Silva et al. (2009), ao avaliarem o aproveitamento de N pelo milho, em razão da adubação verde com crotalária e milheto, concluíram que o aproveitamento do N da leguminosa (crotalária) pelo milho foi maior que o da gramínea (milheto).

Os restos culturais representam importante reserva de nutrientes na superfície do solo, pois podem promover disponibilização lenta e gradual, conforme a interação entre fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade biológica do solo e características inerentes à planta de cobertura (Oliveira et al. 2002), mas, quando o N é liberado tardiamente, a produtividade da cultura em sucessão torna-se prejudicada (Santos et al. 2010).

Apesar de não ser observada diferença significativa entre os tratamentos com milho cultivado sobre a palhada de aveia preta + tremoço branco, aveia preta + nabo forrageiro e vegetação espontânea + N, observou-se que estes tratamentos resultaram em rendimentos superiores a 10.000 kg ha⁻¹, sendo os mais produtivos. Estes valores mostram que é possível a obtenção de altos índices de produtividade, sem, necessariamente, utilizar N mineral.

Esses resultados corroboram os observados por Aita et al. (2001), que, avaliando o uso de gramínea, leguminosa e pousio de inverno, evidenciaram a possibilidade de redução da quantidade de N mineral, na cultura do milho, mantendo, ainda, uma boa produtividade. Amado et al. (2000), Gonçalves et al. (2000), Ferreira et al. (2011) e Partelli et al. (2011) concluíram que a adubação verde é uma boa alternativa para complementar o suprimento de N e, em algumas situações, possibilita aumento de produtividade, em relação à aplicação somente com N mineral.

De acordo com Monegat (1991), dependendo da espécie, a quantidade de N fornecida ao sistema pode chegar a 220 kg ha⁻¹, contribuindo, desta forma, para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados industriais e, consequentemente, no custo de produção da lavoura. Spagnollo et al. (2001), em análise econômica sobre o uso de leguminosas, na cultura do milho, concluíram que o cultivo de leguminosas para a cobertura do solo demonstrou ser alternativa viável para aumentar, significativamente, a receita líquida da cultura do milho.

Não foi observada diferença na produtividade de grãos, quando o milho foi cultivado após a aveia solteira e pousio sem aplicação de N em cobertura. Este comportamento pode ser atribuído à alta razão

C/N dos resíduos da aveia, que imobiliza boa parte do N do solo, pela ação dos micro-organismos que atuam na decomposição de resíduos, reduzindo a disponibilidade de N no solo e, consequentemente, para o milho (Silva et al. 2007).

Aita et al. (2001) e Heinrichs et al. (2001) observaram que, quando a aveia preta antecede a cultura do milho, há redução na produtividade de grãos, em relação ao cultivo do milho após pousio, fato atribuído à diminuição na disponibilidade de N no solo, pela imobilização microbiana. Por este motivo, Silva et al. (2007) mencionam que o consórcio de aveia preta com leguminosas e com brássicas, como, por exemplo, o nabo forrageiro, visa a aumentar a disponibilidade de N no sistema e o tempo de permanência de resíduos na superfície do solo.

CONCLUSÕES

1. O milho cultivado sobre as palhadas de aveia preta + tremoço branco, aveia preta + nabo forrageiro, tremoço branco e vegetação espontânea + N em cobertura apresentou maior rendimento de grãos.
2. O uso de adubos verdes (tremoço branco, aveia preta + tremoço branco e aveia preta + nabo forrageiro) é uma alternativa viável para a obtenção de alto rendimento de grãos de milho, dispensando a fertilização nitrogenada em cobertura.

REFERÊNCIAS

- AITA, C. et al. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 26, n. 1, p. 27-34, 2004.
- AMADO, T. J. C. et al. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.
- AMADO, T. J. C. et al. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 26, n. 2, p. 241-248, 2002.
- CABEZAS, W. R. L. et al. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em

- sistema plantio direto e solo preparado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1005-1013, 2004.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JÚNIOR, R. et al. *Sistema plantio direto com qualidade*. Londrina: Iapar; Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2006. p. 55-74.
- CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. C. (Ed.). *Adubação verde no Sul do Brasil*. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1992. p. 1-55.
- CAMARGO, R.; PIZA, R. J. Produção de biomassa de plantas de cobertura e efeitos na cultura do milho sob sistema plantio direto no município de Passos, MG. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 76-80, 2007.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Eds.). *Tecnologia de produção de milho*. Viçosa: UFV, 2004. p. 139-182.
- CARVALHO, I. Q. de et al. Espécies de cobertura de inverno e nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 179-184, 2007.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.
- CONTE, A. M. C.; PREZOTTO, A. Desempenho agrônomo do milho em sistema de adubação verde. *Agrarian*, Dourados, v. 1, n. 2, p. 35-44, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa/DPI, 2006.
- FERREIRA, E. P. B. et al. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 695-701, 2011.
- GONÇALVES, C. N. et al. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 24, n. 1, p. 153-159, 2000.
- HEINRICH, R. et al. Cultivo consorciado de aveia preta e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 25, n. 2, p. 331-340, 2001.
- HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.
- LOURENTE, E. R. P. et al. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 1, p. 55-61, 2007.
- MAYUB, A. et al. Effect on different nitrogen levels and seeds rates on growth yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*) fodder. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, v. 72, n. 11, p. 648-650, 2002.
- MONEGAT, C. *Plantas de cobertura de solo: características e manejo de pequenas propriedades*. Chapecó: Ed. do Autor, 1991.
- OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação no milho em plantio direto. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.
- OLIVEIRA, T. K. et al. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.
- PARTELLI, F. L. et al. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011.
- PAVINATO, A. et al. Resíduos culturais de espécies de inverno e rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 29, n. 9, p. 1427-1432, 1994.
- PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.
- PITOL, C. Cultura do crambe. In: FUNDAÇÃO MS. *Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno - 2008*. Maracajú: Fundação MS, 2008. p. 85-88.
- SANTOS, P. A. et al. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 123-134, 2010.
- SILVA, A. A. et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. *Ciência Rural*, Santa Maria v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007.
- SILVA, D. A. et al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006.
- SILVA, E. C. et al. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 44, n. 2, p. 118-127, 2009.

- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 129-144.
- SPAGNOLLO, E. et al. Análise econômica do uso de leguminosas estivais intercalares à cultura do milho, na ausência e na presença de adubação nitrogenada, no oeste de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 25, n. 3, p. 709-715, 2001.
- TORRES, J. L. R. et al. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.
- WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 429-437, 2009.