

RESPOSTA DO MILHO CULTIVADO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO À APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E CULTIVO DE PLANTAS DE COBERTURA EM PRÉ-SAFRA

RESPONSE OF CORN GROWN IN TILLAGE SYSTEM FOR THE APPLICATION OF NITROGEN DOSES IN A SEQUENCE OF PLANT COVER

Leandro Rosatto MODA¹; Carlos Leandro Rodrigues dos SANTOS¹; Rilner Alves FLORES²; Bernardo Melo Montes Nogueira BORGES³; Itamar ANDRIOLI⁴; Renato de Mello PRADO⁴

1. Doutorando em Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil; 2. Professor, Doutor em Ciência do Solo, Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brasil. rilner1@hotmail.com; 3. Doutorando em Produção Vegetal – FCAV - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil; 4. Professor, Doutor, FCAV - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

RESUMO: O uso de plantas de cobertura é capaz de produzir grandes quantidades de fitomassa, melhorando a ciclagem de nutrientes, em especial o nitrogênio, promovendo ganho de produtividade e economia de N-fertilizante. Diante disto, o objetivo foi avaliar o efeito do uso de doses de N-mineral associada às plantas de coberturas cultivadas na pré-safra no estado nutricional, acúmulo de nitrogênio e na produção de grãos da cultura do milho, em dois anos agrícolas. O experimento foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho distrófico, com a cultura do milho em sistema de plantio direto. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos principais foram: seis sistemas de semeadura (crotalária, feijão-de-porco, lablabe, milheto, mucuna-preta e pousio); nos tratamentos secundários: quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N). A produção de grãos de milho não foi afetada pelo tipo de cobertura em pré-safra, independente da dose de nitrogênio aplicada no solo. Ainda, o uso de adubação nitrogenada no solo promove ganhos de produtividade de grãos de milhos, no primeiro ano de cultivo, independente do tipo de cobertura em pré-safra. No primeiro ano (2006/2007) as espécies de cobertura que produziram mais fitomassa foram mucuna-preta, feijão-de-porco, crotalária-júncea e lablabe, enquanto que no segundo ano (2007/08) foram a crotalária-júncea, milheto, lablabe, feijão-de-porco e mucuna-preta, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Plantas de pousio. N-mineral. Crotalária. Feijão-de-porco. Milheto. Mucuna-preta.

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna não tem por finalidade somente a produtividade e rentabilidade, mas também à preservação ambiental. A principal técnica de manejo agrícola relacionada com a conservação é o plantio direto, sendo que sua introdução na agricultura foi um dos maiores avanços no processo produtivo brasileiro (ROSA et al., 2011).

No Brasil, são cultivados cerca de 15 milhões de hectares de milho, com produção de aproximadamente 70 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2012).

O milho é bastante exigente em nitrogênio, sendo a suplementação geralmente feita com adubos nitrogenados. A prática da rotação de cultura melhora a ciclagem de nutrientes, além de controlar a incidência de pragas, doenças e plantas invasoras (ROSA et al., 2011). Além do fornecimento de nitrogênio, o uso de plantas de cobertura, em pré-adubação nitrogenada para a cultura do milho, pode influenciar de forma positiva em alguns atributos químicos e/ou físicos do solo quando comparado

aos sistemas convencionais de cultivo (PEREIRA et al., 2010; ANDRIOLI; PRADO, 2012).

Na literatura, vários trabalhos indicam diferenças entre as espécies de plantas de cobertura quanto à liberação de nitrogênio e produção de grãos para a cultura do milho (SILVA et al. 2008; PACHECO et al., 2011). Geralmente, as gramíneas são as que produzem resíduos com maior permanência, por apresentar alta relação C/N, resultando, na maioria dos casos, imobilização microbiana de N e menor disponibilidade do nutriente no solo (ROSA et al., 2011; AITA; GIACOMINI, 2006). Contudo, o uso de leguminosas na rotação de culturas promove a produção de um material com maior qualidade, sendo utilizadas principalmente quando o objetivo é a incorporação de resíduos no solo (ROSA et al., 2011; EIRAS; COELHO, 2011). Na região de Jaboticabal-SP, estudos com N e plantas de cobertura indicaram maior absorção de N pelas plantas de milho e maior rendimento de grãos da cultura com uso em sucessão à crotalária júncea, comparado ao lablabe e ao milheto (ANDRIOLI et al., 2008).

Acredita-se que o uso de plantas de cobertura em pré-safra possa promover um maior acúmulo de biomassa no solo, melhorando a ciclagem de nutrientes, o que aumenta a eficiência de utilização de N-fertilizante pelo milho cultivado em sistema de plantio direto. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do uso de doses de N-mineral associada às plantas de coberturas cultivadas em pré-safra no estado nutricional, acúmulo de nitrogênio e na produção de grãos da cultura do milho, em dois anos agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante dois anos agrícolas (2006/07 e 2007/08) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção no Câmpus da FCAV, UNESP-Jaboticabal, no município de Jaboticabal-

SP, com coordenadas geográficas 21° 15' 22" S 48° 18' 58" W, a 595 m de altitude, com relevo caracterizado como suave ondulado.

O clima é do tipo mesotérmico de inverno seco, sendo classificado pelo Sistema Internacional de Köppen como Cwa, subtropical úmido com estiagem no inverno. A pluviosidade média anual é de 1285 mm. A temperatura média anual é de 22,4 °C, enquanto as médias das máximas e das mínimas estão em torno de 24,5 °C e 18,8 °C respectivamente, de acordo com a Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da, FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal.

A precipitação pluvial e temperatura média do ar durante o período de condução dos experimentos nos dois anos agrícolas estão apresentadas na Figura 1 para os anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08.

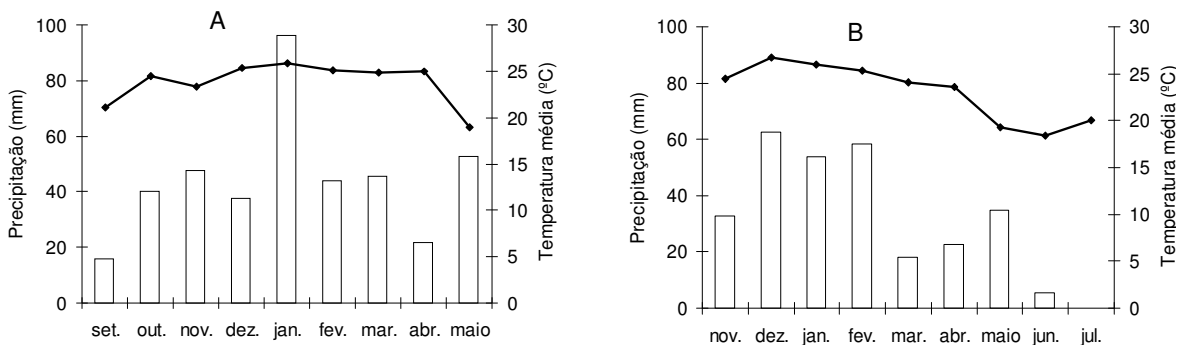


Figura 1. Valores de precipitação pluvial e temperaturas médias mensais durante o cultivo das plantas de cobertura e do milho no ano 2006/07 (a) e 2007/08 (b). Fonte: Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP.

O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho distrófico típico, com textura argilosa. Para fins de determinação da fertilidade do solo foram coletadas 20 amostras simples na área do experimento, estas formando uma composta. Os atributos químicos do solo são os seguintes: pH em $\text{CaCl}_2 = 5,4$; MO (g dm^{-3}) = 23; P resina (mg dm^{-3}) = 45; K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 3,4; Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 24; Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 15; H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 28; SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 42,4; CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 70,4; V (%) = 60. Foi aplicado calcário visando elevar a saturação por bases a 70% de acordo com Raij et al. (1997).

Nos dois anos agrícolas foram utilizados delineamento experimental em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições, sendo os tratamentos principais representados pelas culturas de cobertura em pré-safra à cultura do milho: crotalária júncea (*Crotalaria juncea* L.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC.), lablabe

(*Dolichos lablab* L.), milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), mucuna-preta (*Mucuna aterrima* Merr.) e pousio (vegetação espontânea), para cada sistema de sucessão adotou-se a seguinte nomenclatura, S1, S2, S3, S4, S5 e S6, respectivamente. Os tratamentos nas subparcelas foram quatro doses de N em cobertura (0, 60, 120 e 180 kg ha^{-1} de N), na forma de ureia, aplicadas ao solo. As parcelas foram divididas em subparcelas na ocasião da adubação em cobertura, totalizando 96 subparcelas, de 4,5 m de comprimento por 7 m de largura cada, com área útil de 13,5 m^2 .

No ano agrícola 2006/07, as espécies de cobertura foram semeadas, em plantio direto, sem adubação, dia 26/09/2006, com semeadora para plantio direto com exceção da mucuna-preta e o feijão-de-porco que foram semeados manualmente com auxílio de matraca, em virtude da característica da semente. Na semeadura foi utilizado espaçamento entre linhas de 0,45 m para todas as

espécies. As quantidades de sementes de cada espécie por metro foram as seguintes: 25; 5; 10; 70 e 7 correspondendo respectivamente à crotalária júncea; feijão-de-porco; lablabe; milho e mucuna-preta.

Aos setenta dias após a semeadura (DAS) das plantas de cobertura, fez-se amostragem em dois pontos ao acaso em cada parcela, com o auxílio de um quadrado metálico de 1 m², lançado aleatoriamente, coletando-se todo o material contido na área delimitada por este, para avaliação da matéria seca produzida e N total das plantas de cobertura. O material vegetal foi levado ao laboratório, lavado com detergente 0,1%, água com HCl 1% e água destilada nesta sequência e secas em estufa de circulação forçada a 65°C até peso constante. Determinou-se a produção de matéria seca (MS), sendo realizado em seguida a trituração do material, e também o teor de N total de acordo com a metodologia proposta por Bataglia et al. (1983). Com dados do teor de N e da matéria seca, realizou-se o cálculo do acúmulo do nutriente estimado em t ha⁻¹.

No dia 20/12/2006, 85 DAS, quando as plantas de cobertura apresentavam-se em pleno florescimento, estas foram dessecadas com o herbicida glyphosate e posteriormente foi realizada a semeadura direta do milho. Foi utilizado o híbrido Garra, com espaçamento 0,90 m entre linhas e seis plantas por metro. Na ocasião da semeadura foram aplicados, no sulco, 16 kg ha⁻¹ de N, com exceção do tratamento controle, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O e a adubação em cobertura realizada nas linhas de plantio com o restante das doses estudadas (60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N) na forma de ureia nos estádios vegetativo correspondente V₅ a V₇ da cultura do milho.

No estádio de ocorrência de 50% do pendoamento foi realizada a amostragem foliar coletando-se a parte central da folha da base da espiga da cultura do milho conforme indicam Rajj

(2011). As folhas foram lavadas e secas em estufa a 65 °C até peso constante, trituradas e em seguida, determinado o teor de N total.

A colheita foi realizada aos 150 dias após a germinação com auxílio de uma colhedora especial para áreas experimentais e a produção de grãos foi corrigida para 13% de umidade, com base no peso fresco e seco de uma amostra de grãos desidratada em estufa.

No ano agrícola de 2007/08 foram realizados os mesmos procedimentos anteriormente descritos, diferindo em: quantidade de sementes, por metro linear, das plantas de cobertura: 24; 7; 17; 48 e 7 respectivamente de crotalária juncea, feijão-de-porco, lablab, milho e mucuna-preta; datas da semeadura das plantas de cobertura (10/11/2007); avaliação das plantas (07/02/2008); semeadura do milho híbrido Soma (11/02/2008) e colheita do milho (03/07/2008). Tais diferenças foram devidas à um atraso no início das chuvas no final do ano de 2007.

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, sendo as médias da variável sistema de sucessão ou plantas de coberturas comparada pelo teste de Tukey e para as doses de N foi realizado o estudo de regressão polinomial utilizando o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JR., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantas de cobertura

Observou-se no primeiro ano agrícola, que, independente da espécie de planta usada como cobertura em pré-safra à cultura do milho ou vegetação espontânea presente na área, os teores de N na parte aérea diferiram não significativamente à 0,05 de probabilidade. (Tabela 1). Contudo, a produção de massa seca das plantas de cobertura foi superior à massa seca das plantas espontâneas.

Tabela 1. Concentrações de N total, produção de matéria seca e N acumulado nas plantas de cobertura no ano 2006/07.

Planta de cobertura	N total g kg ⁻¹	MS t ha ⁻¹	N acumulado kg ha ⁻¹
Crotalária-júncea	26,5 a	4,2 a	110,1 ab
Feijão-de-porco	23,4 a	4,9 a	112,8 ab
Lablabe	23,3 a	4,0 a	93,4 ab
Milho	18,7 a	3,8 a	70,78 b
Mucuna-preta	25,3 a	5,4 a	136,9 a
Pousio	24,3 a	1,7 b	40,6 b
CV (%)	26,5	19,6	27,0

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

O material vegetal coletado da área de pousio apresentou teor de N total idêntico ao das plantas usadas como cobertura, porém, a produção de matéria seca foi inferior à do milho e todas as leguminosas. O maior acúmulo de N total na parte aérea foi observado na mucuna-preta (137 kg N ha^{-1}), seguido do feijão-de-porco, crotalária e lab-labe (Tabela 1). Os menores acúmulos foram observados no milho (71 kg ha^{-1}) e de forma semelhante estatisticamente nas plantas espontâneas (41 kg ha^{-1}). Esse efeito é decorrente tanto da maior fitomassa quanto dos teores mais elevados de N das plantas de cobertura (EIRAS; COELHO, 2011). Paulino et al. (2009) citam que o uso de leguminosas com elevado potencial de fixação biológica de nitrogênio (FBN) e de produção de biomassa contribuem para a economia do uso de fertilizantes por aumentar a disponibilidade de N. As gramíneas, por outro lado, produzem resíduos com maior permanência e são utilizadas com o objetivo da manutenção da

cobertura do solo (ROSA et al., 2011). Porém a superioridade das leguminosas deve-se ao sistema radicular pivotante, mais profundo, quando comparado ao das gramíneas, o que contribuiu para maior absorção de água (TORRES et al. 2005).

Por outro lado, no ano agrícola 2007/08, os teores de N foram maiores no feijão-de-porco e mucuna-preta, seguido pelo lab-labe (Tabela 2). Os menores teores de N foram observados na parte aérea de crotalária, plantas coletadas do pousio e milho, sem diferença estatística entre si. As matérias secas de milho e de crotalária júncea foram as maiores, que diferiram significativamente das demais plantas de cobertura, embora não tenham diferido estatisticamente entre si, à exemplo das demais espécies. (Tabela 2). Torres et al. (2005) observaram dentre as coberturas avaliadas, que o milho e a crotalária foram as que apresentaram a maior produção de massa seca, maior acúmulo e a maior liberação de N.

Tabela 2. Concentrações de N total, produção de matéria seca e N acumulado nas plantas de cobertura no ano 2007/08.

Planta de cobertura	N total g kg^{-1}	MS t ha^{-1}	N acumulado kg ha^{-1}
Crotalária-júncea	11,5 c	18,5 a	212,6 a
Feijão-de-porco	27,7 a	5,1 b	141,1 a
Lablabe	19,6 b	8,4 b	166,4 a
Milho	8,4 c	21,0 a	181,5 a
Mucuna-preta	24,0 ab	5,5 b	133,3 ab
Pousio	9,8 c	5,7 b	56,4 b
CV (%)	17,8	14,9	24,3

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

A crotalária se destacou, apresentando o maior valor de acúmulo de N total na parte aérea em relação às demais. Outra vez, o menor acúmulo de nitrogênio foi observado nas plantas coletadas do pousio, que desta vez não diferiu estatisticamente da mucuna-preta (Tabela 2). O N acumulado na mucuna-preta não diferiu das plantas oriundas da área de pousio, isto se deve ao aumento da produção de matéria seca das plantas de pousio do primeiro ano para o segundo, de 1,7 para $5,7 \text{ t ha}^{-1}$. Silva et al. (2006a) em experimento com crotalária e milho observaram efeito semelhante com relação ao N acumulado por estas plantas de cobertura durante 2 anos, a crotalária teve maior acúmulo nos dois anos sendo superior ao milho e pousio.

Na cobertura com milho, provavelmente, pequena parte do N dos resíduos dessa planta foi mineralizada durante o ciclo da cultura do milho, em razão da alta relação C/N e por se tratar de sistema de plantio direto. Estes fatores promovem uma decomposição mais lenta, em virtude do menor

contato dos resíduos com o solo e, conseqüentemente, da menor atividade microbiana (LARA CABEZAS et al., 2004; AMADO et al., 2002). Assim, o uso do milho é importante para promover uma boa cobertura do solo, principalmente em regiões de Cerrado, pois a ocorrência de altas temperaturas e umidade, no verão, implicaria em uma rápida decomposição dos resíduos de baixa relação C/N (LARA CABEZAS et al., 2004).

De um ano para o outro se destacou a produção da crotalária e do milho ($18,5$ e $21,0 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente). Tais comportamentos podem ser explicado devido as diferenças climáticas evidenciadas na Figura 1. Resultados semelhantes aos observados por Bertin et al. (2005) e Andrioli et al. (2008) nos quais a produção de MS do milho foi maior em relação às demais plantas de cobertura.

Milho

A aplicação de doses de nitrogênio em cobertura na primeira safra afetou o teor de N total na folha do milho, independente da espécie cultivada em pré-safra (Tabela 3). Nota-se que houve um ajuste linear ao nível de 1% de probabilidade no teor de N total na folha do milho,

atingindo 24,3 g kg⁻¹ com o uso da dose de 180 kg ha⁻¹ de N, independente do sistema de sucessão utilizado (Figura 2). Na literatura, vários trabalhos mostram o aumento no teor foliar de N em função da aplicação deste nutriente no solo (FONTOURA; BAYER, 2009; CASAGRANDE; FILHO, 2002; SILVA et al., 2005).

Tabela 3. Teor foliar de nitrogênio nas folhas e valores médios de produção de grãos de milho em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e doses de N (N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀)

Tratamentos	Teor de N total (g kg ⁻¹)		Produção (t ha ⁻¹)	
	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
S1	25,6 a	28,7 a	5,32	4,01
S2	22,7 b	28,2 ab	4,61	3,57
S3	21,8 b	28,9 a	4,81	4,77
S4	22,4 b	27,8 ab	4,51	3,97
S5	23,0 ab	28,8 a	4,74	4,65
S6	23,9 ab	26,3 b	4,72	3,74
Teste F	4,96**	5,00**	2,32 ^{ns}	2,90 ^{ns}
CV (%)	10,4	6,3	15,6	27,9
N ₀	22,6	27,3	3,47	3,97
N ₆₀	23,1	27,5	4,82	4,29
N ₁₂₀	23,2	28,8	5,29	4,37
N ₁₈₀	24,5	29,0	5,55	3,85
Teste F	3,93*	4,20**	27,13**	2,58 ^{ns}
CV (%)	10,0	7,3	18,2	18,3
S x N	0,18 ^{ns}	2,18*	1,04 ^{ns}	1,10 ^{ns}

S1 = milho em sucessão a crotalária, S2 = milho/feijão-de-porco, S3 = milho/lablab, S4 = milho/milheto, S5 = milho/mucuna-preta e S6 = milho/pousio. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N. ^{ns} = não significativo, * = significativo a 5% de probabilidade, ** = significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

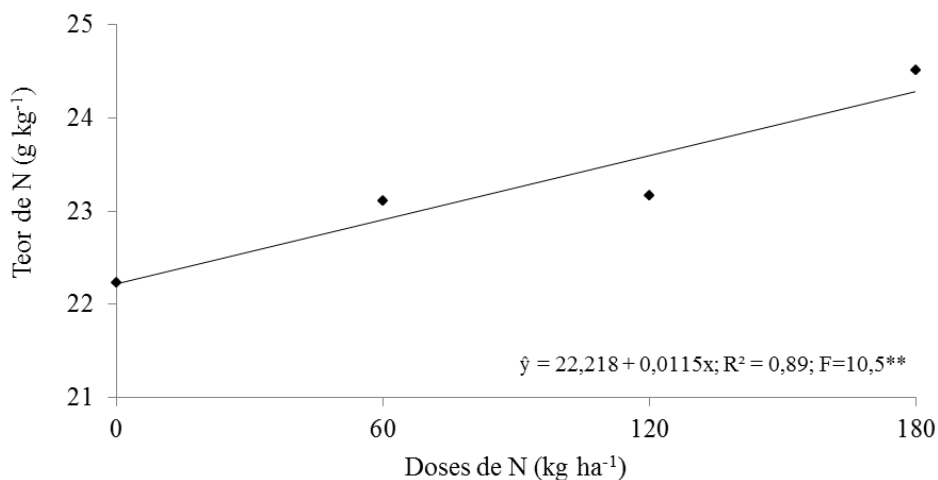


Figura 2. Teor foliar de N total em plantas de milho em função da aplicação de doses de N no ano agrícola de 2006/07, município de Jaboticabal-SP.

Nota-se ainda que, o sistema de sucessão afetou o N total foliar, uma vez que, o sistema S1 (milho em sucessão a crotalária) foi superior a S2, S3 e S4, (milho/feijão-de-porco, milho/lablabe e milho/milheto, respectivamente), contudo estes tratamentos foram estatisticamente semelhantes a S6 (milho/pousio) (Tabela 3). Nota-se que os teores foliares de N na cultura do milho no ano de 2006/07, nos diferentes tratamentos foram inferiores ao limite inferior da faixa (27 e 35 g kg⁻¹) considerada adequada por Raij (2011). Silva et al. (2005), estudando doses e épocas de aplicação de N na cultura do milho, também observaram que para a maioria das doses de N estudadas, os teores de N nas folhas foram inferiores ao descrito como adequado.

Silva et al. (2009) verificaram maiores teores de N nas fitomassas dos consórcios de milho com crotalária, com 33 g kg⁻¹, que diferiram dos consórcios com outras plantas. Desta forma é

compreensível o maior incremento de N observado no presente trabalho, sendo necessário ressaltar que as leguminosas apresentam elevada capacidade de fixação biológica de N (EIRAS; COELHO, 2011; PAULINO et al., 2009).

No ano agrícola 2007/08, o teor de N foliar de plantas de milho foi afetado de forma conjunta pelo tipo de cobertura e doses de N aplicadas (Tabela 3). Após o desdobramento da interação pode-se observar que, os sistemas S2 e S6 apresentaram incrementos com ajustes lineares para o teor de N nas folhas, as quais atingiram 30 e 29,7 g kg⁻¹ com o uso da dose de 180 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 3). Para os demais sistemas a aplicação de nitrogênio no solo não afetou o teor de N nas folhas, a qual apresentou um teor médio de 28,56 g kg⁻¹ (Figura 3). Segundo Raij (2011) os teores de N nas folhas do milho, em todos os tratamentos avaliados, são considerados adequados.

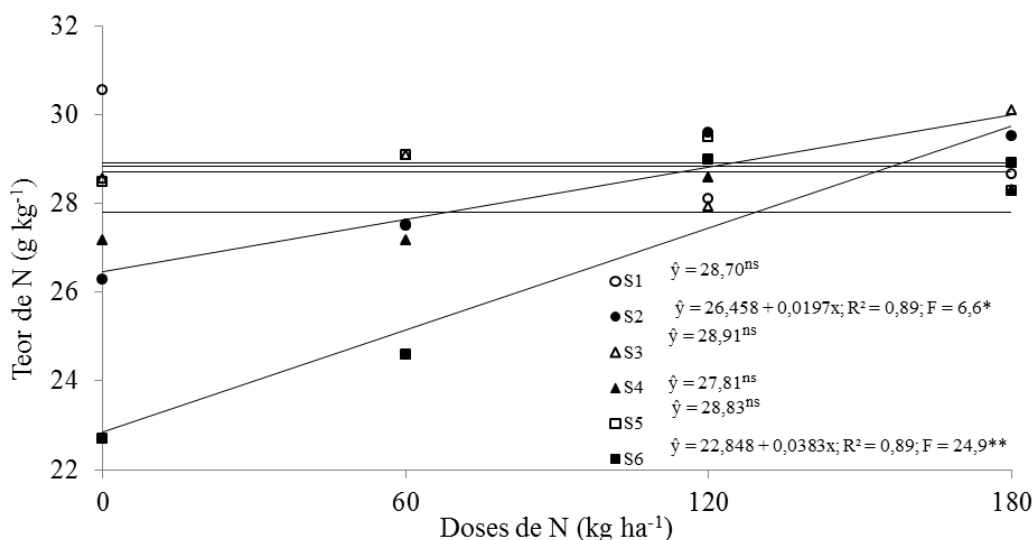


Figura 3. Teor foliar de nitrogênio em milho cultivado sob diferentes sistemas de plantas de cobertura em pré-safra no ano agrícola de 2007/08 em função da aplicação de doses de N, município de Jaboticabal-SP.

Os maiores teores foliares de N na folha da cultura do milho foram obtidos pelas sucessões 3; 5; e 1, milho/lablabe, milho/mucuna-preta e milho/crotalária, respectivamente, já o menor teor foliar de N foi observado nas plantas cultivadas sobre a sucessão 6 (pousio/milho). Notou-se que neste ano, os teores de N foliares inseriram-se na faixa considerada adequada por Raij (2011), com exceção à última, sugerindo que o pousio fornece pouco nitrogênio ao solo em relação às plantas de cobertura. Essas plantas podem ter contribuído com o acréscimo de N por fixação biológica (PAULINO et al., 2009).

Com a aplicação de N acima de 120 kg ha⁻¹, as concentrações do elemento nas folhas das plantas

de milho não diferiram significativamente em função das espécies cultivadas anteriormente ao milho, também se observa que em todos os casos as concentrações de N no tecido foliar estiveram acima da faixa considerada adequada ao milho. Resultados semelhantes foram observados por Bertin et al. (2005).

Silva et al. (2008) afirmam que a presença de leguminosa promoveu efeito sinérgico à absorção de N pelo milho. Tal fato, provavelmente, deveu-se à menor relação C/N (LARA CABEZAS et al., 2004). Desse modo, aliada à grande presença de compostos solúveis, favoreceu a maior e a mais rápida decomposição/mineralização do N pelos microrganismos quimiorganotróficos, estimulando a

maior absorção desse nutriente pelo milho, sobretudo na fase vegetativa, quando é definida a produção potencial da cultura (AMADO et al., 2002; SILVA et al., 2006a).

No primeiro ano (2006/07), o teste F não evidenciou a existência de diferença significativa na produção de grãos entre as plantas de cobertura ou sistemas de sucessão estudados (Tabela 3). Porém, o teste F utilizado para a análise de variância, se trata de um teste global, e alguns efeitos significativos são diluídos pelos outros não significativos, por isso, optou-se por decompor os graus de liberdade dos tratamentos, mesmo não sendo significativos na

análise de variância, e, verificou-se significância na interação dos fatores sistema de sucessão e doses (Figura 4). Em S2 e S3 a produção de grãos aumentou de forma quadrática ($p < 0,05$) com a aplicação das doses de N, atingindo pontos de máxima produção de 5,94 e 6,47 t ha⁻¹, com as doses de 164 e 171 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 4). Os tratamentos S1, S4, S5 e S6 apresentaram aumento de produção com ajuste linear ($p < 0,01$) com produções de grãos de 6,19; 5,66; 5,92 e 5,90 t ha⁻¹ com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

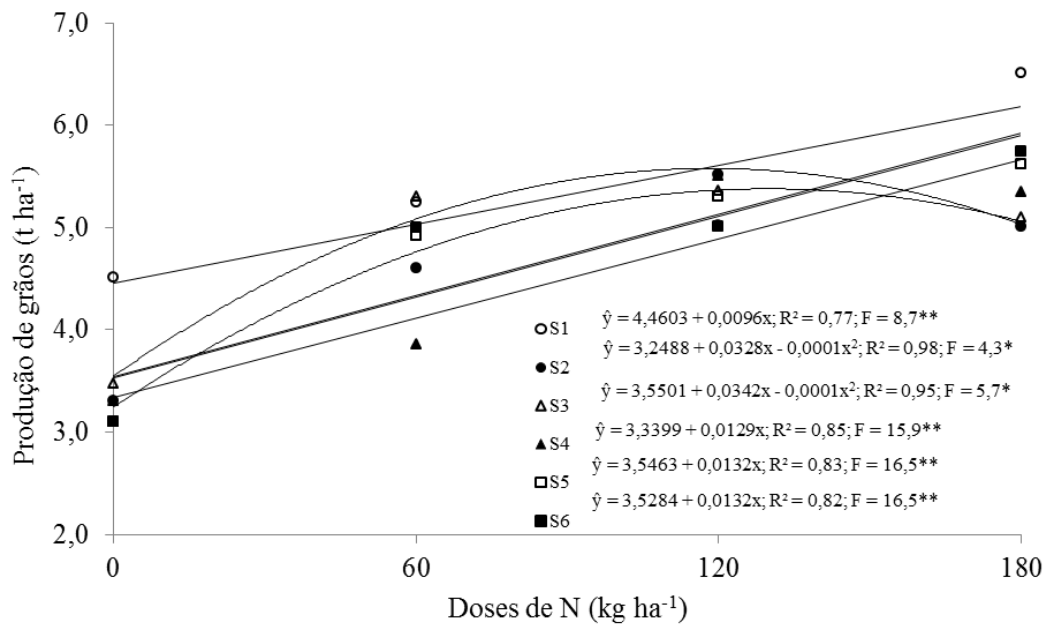


Figura 4. Produção de grãos de milho cultivado sob diferentes sistemas de plantas de cobertura em pré-safra no ano agrícola de 2006/07 em função da aplicação de doses de N, município de Jaboticabal-SP.

As diferenças entre as produções nos diferentes sistemas de produções observadas com o estudo são relatados por vários autores (BERTIN et al., 2005; ANDRIOLI et al., 2008; PELÁ et al., 2010), e, possivelmente, este fato está relacionado ao sincronismo na liberação de nutrientes através da decomposição das plantas, com a demanda de N pelo milho (BERTIN et al., 2005)

A produção de grãos não foi afetada pelo sistema de sucessão tanto no ano agrícola 2006/07 como 2007/08. (Tabela 3). Resultados semelhantes foram observados por Rosa et al. (2011), estudando o consórcio do milho com mucuna anã, feijão guandu anão e estilosantes.

Todavia nota-se para o ano 2006/07 que a sucessão 1 (crotalária/milho) apresentando produtividade média 15% maior que a sucessão 4 (milheto/milho). Este comportamento também foi verificado por Bertin et al. (2005) onde a

produtividade média de sucessão crotalária/milho apresentou-se 12% superior à sucessão milheto/milho. Em experimento com manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho, Silva et al. (2006b) observaram o mesmo comportamento na sucessão do milho com crotalária, onde a produção de grãos foi 21% maior que a sucessão com milheto. Nas mesmas condições edafoclimáticas em que foram conduzidos estes experimentos, foram observados maiores produções de grãos de milho na sucessão crotalária/milho e menor para milheto/milho (PELÁ, 2010; ANDRIOLI et al., 2008). A eficiência da crotalária júncea na produtividade do milho em sucessão, também foi observada por Torres et al. (2005) no triângulo mineiro.

No ano 2007/08, a interação S x N não foi significativa, pelo teste F, considerando também a

produção de grãos. Contudo, ao se desdobrar os graus de liberdade, através do estudo da regressão polinomial, notou-se que, a produção de grãos de milho da área S6 apresentou aumento quadrático com a aplicação das doses de N atingindo um ponto de máxima produção de 4,54 t ha⁻¹ com o uso da dose 125 kg N ha⁻¹ (Figura 5).

Entretanto, nos tratamentos com plantas de cobertura notou-se que as doses de N não influenciaram a produção de grãos (Figura 5), mantendo alta produtividade mesmo sem aplicação de N, o que pode ter ocorrido devido as contribuições das plantas de coberturas, que vão desde o fornecimento de nitrogênio ao solo (TORRES et al., 2005; PAULINO et al., 2009; EIRAS; COELHO, 2011), até melhoria dos atributos físicos e químicos (PEREIRA et al., 2010; ANDRIOLI; PRADO, 2012). Torres et al. (2005), trabalhando com várias espécies de cobertura, verificaram maior velocidade na decomposição das

leguminosas comparado às gramíneas, sendo a maior taxa de liberação de N aos 42 dias após a dessecação, desta forma coincidindo com a época de maior exigência da cultura do milho (RAIJ et al., 1997). Em experimento com leguminosas, Paulino et al. (2009), observaram que, dependendo da produção de matéria seca, as plantas de cobertura adicionam ao sistema uma quantidade de N superior a demandada pela cultura comercial, no caso, frutíferas. Pereira et al. (2010) em estudo com sistema plantio direto, relatam que o cultivo de milho em plantio direto aumenta o valor de porosidade total e de matéria orgânica em relação ao sistema de plantio convencional. Da mesma forma que Andrioli; Prado (2012) afirmou que o cultivo de plantas de cobertura em pré-safra ao milho evidenciaram melhoria na fertilidade do solo na camada de 0 – 0,05 m em relação ao sistema convencional.

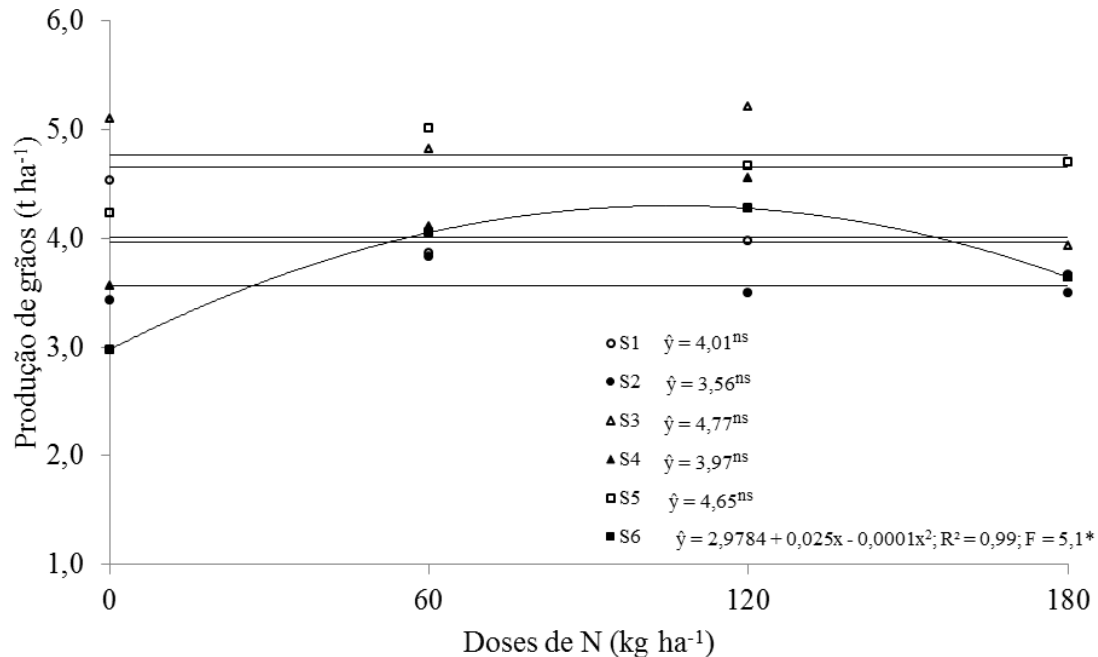


Figura 5. Produção de grãos de milho cultivado sob diferentes sistemas de plantas de cobertura em pré-safra no ano agrícola de 2007/08 em função da aplicação de doses de N, município de Jaboticabal-SP.

CONCLUSÕES

A produção de grãos de milho não foi afetada pelo tipo de cobertura em pré-safra, independente da dose de nitrogênio aplicada no solo.

O uso de adubação nitrogenada no solo promove ganhos de produtividade de grãos de

milhos, no primeiro ano de cultivo, independente do tipo de cobertura em pré-safra. No primeiro ano (2006/2007), as espécies de cobertura que produziram mais fitomassa foram mucuna-preta, feijão-de-porco, crotalárea-júncea e lablabe; enquanto que, no segundo ano (2007/08), foram a crotalárea-júncea, milheto, lablabe, feijão-de-porco e mucuna-preta, respectivamente.

ABSTRACT: The use of cover crops can produce large amounts of biomass, improving the cycling of nutrients, particularly nitrogen, promoting productivity gains and cost savings. Given this, the objective was to evaluate the use of N

rates associated to cover crops grown in pre-harvest nutritional status, nitrogen accumulation and corn yield in both years. The experiment was conducted in an Oxisol with maize, no-tillage system. The experimental design was a randomized block, split plot with four replications. The main treatments were: six cropping systems (sun hemp, jack bean, lablab, millet, and velvet bean fallow) in secondary treatments: four doses of nitrogen (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ N). Corn yield was not affected by the type of coverage for pre-season, regardless of the nitrogen applied in the soil. Still, the use of nitrogen fertilizer in the soil promotes gains in grain yield in the first year of cultivation, regardless of the type of coverage in pre-season. In the first year (2006/2007) the species of coverage produced more biomass were velvet bean, jack bean, sun hemp and lablab, while in the second year (2007/08) were the sun hemp, millet, lablab, jack bean and velvet bean, respectively.

KEYWORDS: Fallow plants. N-mineral. Sun hemp. Jack bean. Millet. Velvet bean.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds). **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Gênese, 2006. 215 p.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. 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**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.
- ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, F. F.; COUTINHO, E. L. M Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1691-1698, 2008.
- ANDRIOLI, I.; PRADO, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 963-978, 2012.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para análise estatística de ensaios agrônômicos**, Jaboticabal: FCAV/UNESP, versão 1.0., 2012.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 49 p. (Boletim Técnico, 78)
- BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 279-286, 2005.
- CASAGRANDE, J. R. R.; FILHO, D. F. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento, junho 2012**. Brasília: Conab, 2012. 29 p.
- EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura do milho. **InterSciencePlace**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 17, p. 96-124, 2011.
- FONTOURA, S. M.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1721-1732, 2009.
- LARA CABEZAS, W. R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D. G. 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.

- PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.
- PAULINO, G. M.; ALVES, B. J. R.; BARROSO, D. G. URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J. A. A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1598-1607, 2009.
- PELÁ, A.; SANTANA, J. S.; MORAES, E. R.; PELÁ, G. N. Plantas de cobertura e adubação com NPK para milho em plantio direto. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 5, p. 371-377, 2010.
- PEREIRA, F. S.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; ALMEIDA, C. X.; PEREIRA, F. S. Physical quality of an oxisol cultivated with maize submitted to cover crops in the precropping period. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 211-218, 2010.
- RAIJ, B. van. Avaliação do estado nutricional das plantas. In: RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. (Ed.). Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. p. 157-171.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. H.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997, 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; LIMA, G. P.; MAULI, M. M. Desempenho da cultura do milho implantada sobre resíduos culturais de leguminosas de verão em sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1287-1296, 2011.
- SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, (Número Especial) p. 2853-2861, 2008.
- SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E. SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005.
- SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio (¹⁵N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006a.
- SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006b.
- SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, 2009.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. P.; 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**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.