

NOTA CIENTÍFICA

PLANTAS DE COBERTURA E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

LEONARDO SANTOS COLLIER¹; FÁBIO YOSHIYUKI KIKUCHI²; LUIZ PAULO FIGUEIREDO BENÍCIO²; SÉRGIO ALVES DE SOUSA²; DJALMA JÚNIOR ALMEIDA TEIXEIRA DE SOUZA² E DEYVID DIEGO CARVALHO MARANHÃO²

Recebido em 11.01.2010 e aceito em 14.03.2011

¹ Professor Adjunto III, Curso de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Gurupi, TO, CEP 77402-970, e-mail: leonardo@uft.edu.br

² Acadêmicos do curso de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, e-mail: fabiokikuchi@hotmail.com; akkmaru@gmail.com; ser_gi_nho8@gmail.com; djalmajunior@uft.edu.br

RESUMO: Existem poucos resultados sobre a interferência de plantas de cobertura e seu efeito na adubação nitrogenada, principalmente na cultura do milho no Tocantins. Neste trabalho, realizado em Gurupi, TO, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico com 30% de argila, avaliou-se a fertilidade do solo e a produtividade do milho safrinha, em delineamento estatístico de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com seis repetições, após o cultivo em sucessão às culturas de cobertura *Crotalaria juncea* e sorgo (*Sorghum vulgare*), consideradas como parcelas e em quatro diferentes épocas de parcelamento de N como sub-parcelas: T1) 150 Kg ha⁻¹ de N na semeadura; T2) 50 Kg ha⁻¹ na semeadura e 100 Kg ha⁻¹ aos 30 dias; T3) 75 Kg ha⁻¹ aos 15 dias e aos 45 dias; T4) 50 Kg ha⁻¹ aos 15, 45 e aos 60 dias, além de T5) testemunha com palha de sorgo e crotalaria sem aplicação de N. Por ocasião da colheita, foram quantificados nas duas fileiras centrais das subparcelas a matéria seca da parte aérea, o peso de espigas maduras e a massa de grãos, e no solo foi realizada amostragem para análise dos atributos químicos relacionados à fertilidade. Não houve diferença no peso da quantidade de matéria seca da parte aérea, no peso de espigas maduras e na massa de grãos devido ao cultivo anterior com plantas de cobertura e nem às épocas de parcelamento de N. Estas não foram diferentes entre si, mas apenas da testemunha. Os atributos de fertilidade do solo não diferiram em relação aos tratamentos de épocas de parcelamento do nitrogênio. Na presença da palhada das duas plantas de cobertura foi possível a otimização da adubação nitrogenada de cobertura.

Termos para indexação: nitrogênio, cobertura morta, *Crotalaria juncea*, *Sorghum vulgare*, produtividade de milho

EFFECT OF DIFFERENT COVER CROPS AND SPLIT NITROGEN APPLICATION ON CORN YIELD

ABSTRACT: There are very few results concerning cover crops and their effects on nitrogen fertilization response, mainly linked to maize fields in Tocantins state. This research, carried out in Gurupi, Tocantins, on Red Yellow typic Latosol with 30% of clay, evaluated soil fertility and corn yield in aleatorized experimental blocks with split-plots with six repetitions with corn grown after *Sorghum vulgare* or *Crotalaria juncea* as plots, and in four different dates of nitrogen parceling fertilization in the split-plots: T1) 150 Kg ha⁻¹ of N all in the sowing; T2) 50 Kg ha⁻¹ in the sowing and 100 Kg ha⁻¹ 30 days after; T3) 75 Kg ha⁻¹ with 15 and with 45 days after; T4) 50 Kg ha⁻¹ with 15, with 45 and with 60 days; and T5) a control treatment on SO and CO straw without mineral N fertilization. During harvest the two central rows of each split-plot the aerial tissues dry mass, ripe spikes weight, and grain mass were quantified and samples from the soil, in order to analyze chemical

characteristics related to fertility. There were no differences on aerial dry mass yield, ripe spikes weight and grain mass concerning cover crops cultivated before, neither related to dates of N parceling fertilization. These did not differ itself, only from treatment without N fertilization. Soil chemical properties did not differ related to the dates of N parceling fertilization. The straw standing of the two cover crops optimized N fertilization after sowing.

Index terms: Nitrogen, cover crops, *Crotalaria juncea*, *Sorghum vulgare*, maize yield

INTRODUÇÃO

Com a formação e preservação de coberturas do solo (plantio direto na palhada), nas áreas sob cerrado podem ser conferidas mais economia, conservação física e química do solo e sustentabilidade dos sistemas de produção. Da palha na superfície do solo resulta o aporte de matéria orgânica e nutrientes com interferência na eficiência da adubação química dos cultivos (Crusciol et al., 2005; Chagas et al., 2007). Pela localização afastada do litoral e próxima à linha do Equador, verificam-se concentração do período chuvoso e elevadas temperaturas no sul do Tocantins. Em alguns trabalhos foi quantificada expressiva velocidade de decomposição de resíduos, mesmo em períodos de pouca intensidade de chuva, tornando-se difícil a manutenção de palhada nessa região (Silva et al., 2002). Portanto, o cultivo de plantas de cobertura vem sendo realizado antes da semeadura da cultura principal objetivando-se incremento na produtividade dos cultivos subseqüentes, pois, dentre os benefícios da palhada, há a disponibilização de nutrientes com destaque para o nitrogênio (Souza & Melo, 2000).

O nitrogênio é um nutriente responsável pelo crescimento da planta e o milho é um dos que mais demandam este nutriente, que desempenha como constituinte essencial dos aminoácidos, principais integrantes de proteínas (Mar et al., 2003). A formação de grãos na cultura do milho está diretamente relacionada com o suprimento de N, translocação de açúcares e de N de órgãos vegetativos para os grãos.

A adubação nitrogenada em cobertura tem sido bastante efetiva, contribuindo para a redução de as perdas do nutriente aplicado e atendimento da demanda da cultura, dependendo da variedade e condições em que ela se desenvolve. A palhada é muito importante neste aspecto, pois, dependendo do tipo e da forma de manejo do resíduo vegetal em decomposição na superfície do solo em sistema de plantio direto pode ser afetada a eficiência da adubação nitrogenada da cultura em sucessão. Entre as espécies empregadas na adubação verde, podem ser destacadas as da família das leguminosas pela formação de associações simbióticas com bactérias fixadoras de N_2 , resultando quantidades expressivas desse nutriente (Perin et al., 2003; Aita et al., 2001) e contribuição para a nutrição das culturas subseqüentes (Andreola et al., 2000). Outro aspecto importante das leguminosas é a estreita relação C/N com o que, aliada à presença de compostos solúveis, é favorecida sua decomposição e mineralização, sendo acelerada a reciclagem de nutrientes (Amado et al., 2002). Com os resíduos vegetais são proporcionados, geralmente, também outros efeitos benéficos às culturas, muitas vezes difíceis de serem mensurados, como, por exemplo, o fornecimento de outros

macro e micronutrientes, efeitos na aeração do solo, redução da amplitude térmica, eliminação de camadas compactadas, controle de plantas infestantes, pragas e doenças e aumento na retenção de umidade (Calegari, 2004).

Por outro lado, o emprego de gramíneas, mesmo com a imobilização de N no solo e diminuição de sua disponibilidade para o milho nos estádios iniciais de desenvolvimento (Wolschick et al., 2003), tem grande importância pela larga relação C/N, promovendo-se mais persistência e proteção ao solo, estratégico para regiões onde se verifica intensa velocidade de decomposição de resíduos. Nos trabalhos realizados na região Sul do país, nos resíduos de gramíneas, mesmo em sistema de semeadura direta (SPD) e adubados com N (Sá, 1989) não são incorporadas grandes quantidades de C e N (Lovato et al., 2004). Não se sabe se, nas condições do cerrado, isso implicaria em resultados desfavoráveis para o milho e na matéria orgânica do solo quando cultivado após gramíneas como sorgo, milheto ou capim pé-de-galinha (*Eleusine coracana* L.).

A eficiência de aproveitamento de N pela cultura, ao longo de todo seu ciclo pode ser alterada pelos efeitos dessa decomposição. Como tradicionalmente são aplicadas, para culturas de grãos não-fixadoras, quantidades menores na semeadura do que em cobertura, é em relação a esta que se estuda a influência das plantas de cobertura previamente utilizadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar se há interferência de diferentes culturas de cobertura nas formas de parcelamento da adubação nitrogenada para milho e respectiva influência na fertilidade do solo e produtividade do milho safrinha, nas condições de período chuvoso no sul do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no campus universitário de Gurupi, na Universidade Federal do Tocantins, localizado a 11°43' S e 49°04' N, a 280 m de altitude, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com 30% de argila. Os resultados da análise química de amostras do solo da área experimental, por ocasião do período de seca, anterior à semeadura, são: 5,5 de pH em CaCl_2 33 g kg^{-1} de matéria orgânica; 16,0 mg dm^{-3} de P assimilável (OBS: inversão realizada no mesmo padrão de citação dos nutrientes citados a seguir pelos autores) 21,7; 31,5; 1,25; 2,16 mmol $_c$ dm^{-3} de Ca, Mg, Al e K trocáveis, respectivamente. Foi utilizada uma área com histórico de sucessão cultural de plantas de cobertura antes da semeadura de soja e ou principalmente do milho em SPD desde 2000. O trabalho foi desenvolvido de outubro de 2005 a maio de 2006.

Utilizou-se um delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas com seis repetições. As parcelas foram constituídas pelos resíduos das plantas de cobertura: crotalaria júncea (*Crotalaria juncea*) (CR) cultivar KR1, ou sorgo (*Sorghum vulgare*) (SO), variedade forrageira da Pioneer (855F). As subparcelas foram constituídas por quatro diferentes combinações de parcelamento da adubação nitrogenada para o milho: T1) 150 Kg ha^{-1} de N na semeadura; T2) 50 Kg ha^{-1} na semeadura e 100 Kg ha^{-1} aos 30 dias; T3) 75 Kg ha^{-1} aos 15 e 45 dias;

T4) 50 Kg ha⁻¹ aos 15, 45 e 60 dias; e T5) testemunha sem aplicação de N sob palhada das duas plantas de cobertura. A fonte empregada foi uréia.

Fez-se um controle químico prévio das plantas espontâneas, utilizando-se 3,0 L ha⁻¹ de glyphosate e, em 10 de novembro, semearam-se as culturas de cobertura (CR e SO), sem adubação química, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas. Elas foram acamadas com rolo-faca aos 60 dias de ciclo, no início de seu florescimento, sendo coletadas três amostras de plantas inteiras, utilizando-se um quadrado metálico de 0,50 m x 0,50 m, por parcela, para a determinação da quantidade de matéria seca produzida.

Após estas operações foi realizada a semeadura do milho híbrido superprecoce AGN 35A42, objetivando-se estande de 36 plantas por 10 metros no espaçamento de 0,45 m entre fileiras, em quatro linhas com 7,2 m de comprimento. Na adubação de semeadura foram utilizados 430 Kg ha⁻¹ da fórmula 00-20-18 e cerca de 333 kg ha⁻¹ de uréia nos tratamentos respectivos.

A colheita do milho ocorreu após 100 dias, nas duas linhas centrais das parcelas, com 25% de umidade nos grãos das espigas. Juntamente com esta operação, foram coletadas amostras de plantas para a quantificação da matéria seca produzida nos tratamentos com diferentes parcelamentos de N e colheita de espigas com palha para pesagem, amostrando-se três plantas por parcela. As amostras de material vegetal (folha + colmo) foram secadas em estufa para se manter o peso constante do resíduo de milho e para redução do teor de água dos grãos para 15%. Após estas operações, coletaram-se quatro amostras de solo por subparcela, na profundidade de 0 - 20 cm para realização de análises químicas, empregando-se a metodologia da EMBRAPA (1997).

Nas análises estatísticas dos tratamentos entre as diferentes combinações de parcelamento de N e entre as plantas de cobertura empregadas foi utilizado o software ESTAT, para análise de variância e contraste de médias com teste Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na quantificação de massa seca (MS) das plantas cultivadas após 60 dias foram determinados 6,9 Mg ha⁻¹ na parte aérea do sorgo e 3,9 Mg ha⁻¹ na da crotalária. Embora as duas plantas de cobertura tenham sido desenvolvidas durante mesmo período, a crotalária teve um desenvolvimento inicial mais lento devido à incidência de lagarta rosca (*Elasmopalpus* spp.) o que também pode explicar menor produção de biomassa já que não era de se esperar para as condições do Tocantins. Mesmo com esses valores, não houve efeito significativo destas diferentes coberturas formadoras de palhada nos parâmetros de produção do milho avaliados (Tabela 1).

Segundo Wolschick et al. (2003), com relação C/N das gramíneas superior a 30:1 é prejudicado o equilíbrio de N no solo, sendo diminuída sua disponibilidade para o milho nos estádios iniciais de desenvolvimento. Todavia, nas condições ambientais do cerrado tocantinense, de solos muito bem drenados, elevadas temperaturas (médias > 27 °C) e precipitação pluvial (>1200 mm

concentrados em 4 meses) pode ter sido favorecida uma decomposição mais rápida da palhada, resultando em N imobilizado por menos tempo. Silva et al. (2002) quantificaram grande velocidade de decomposição desses resíduos nesta região. Embora teoricamente pudesse ocorrer mais imobilização de N, a maior produção de biomassa obtida pelo SO em relação à CR também pode ser reflexo de condições mais favoráveis para o desenvolvimento da cultura relacionadas à umidade e temperatura da superfície do solo, além de sombreamento de plantas infestantes. Embora houvesse expectativa de mais decomposição e fornecimento de N para as leguminosas, Lassus (1990) obteve, no acompanhamento da decomposição de leguminosas tropicais, mais formação de lignina, que estaria associada à matéria orgânica mais estável; daí também a possível equiparação dos resultados entre resíduos de SO e CR.

TABELA 1. Parâmetros produtivos do milho AGN 35A42, após diferentes culturas de cobertura e com diferentes épocas de parcelamento do nitrogênio, em Gurupi-TO, 2006.

Tratamentos	Massa Seca	Espiga	Grãos
	parte aérea	com palha	
	----- Mg ha ⁻¹ -----		
Crotalária	22,02 a	23,4 a	6,73 a
Sorgo	23,13 a	22,7 a	6,85 a
C.V. (%)	31,0	13,3	15,6
T1	25,07a	22,7 ab	7,08 a
T2	22,34 ab	24,37 a	7,33 a
T3	22,96 ab	25,4 a	7,48 a
T4	23,25 ab	23,3 a	6,96 a
T5	19,28 b	19,48 b	5,11 b
C.V. (%)	19,1	13,8	14,7

T1: 150 kg ha⁻¹ de N na semeadura; T2: 50 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 100 kg ha⁻¹ aos 30 dias; T3: 75 kg ha⁻¹ de N aos 15 dias e 75 kg ha⁻¹ aos 45 dias; T4: 50 kg ha⁻¹ de N aos 15, 45 e 60 dias; T5: Testemunha com palha de crotalária e sorgo e sem N. Médias seguidas de mesma letra não são diferentes estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

A produtividade de massa seca (palhada) verificada na avaliação de massa seca da crotalária foi inferior aos 6,0 Mg ha⁻¹, citados por Darolt (1998), como sendo a quantidade mínima ideal de matéria seca em um sistema de rotação de culturas. No período inferior a 60 dias houve influência na menor quantidade de biomassa para o milho. Trabalhando no Tocantins, com crotalária e, no mesmo período do ano, por 72 dias, Collier et al. (2006), obtiveram 9,51 Mg ha⁻¹ de massa seca, num período em que se registraram também 220 mm a mais de precipitação pluvial do que nesta ocasião (Figura 1).

O tratamento sem nitrogênio (testemunha) foi diferente dos tratamentos com adubação nitrogenada, sendo o menos produtivo; porém, naqueles só com as palhadas (SO e CR) constataram-se em média, 77% da produção de massa seca e 68% da produção de grãos do tratamento mais produtivo (Tabela 1). Embora no trabalho não tenha sido avaliado o teor de N na palha, supõe-se que tenha havido contribuição dessas coberturas em atributos químicos e também físicos do solo, com consequente efeito positivo na produção de milho, como relatado na literatura (Andreola et al., 2000; Aita et al., 2001; Lovato et al., 2004; Collier et al., 2006). A precipitação pluvial determinada nos meses em que as temperaturas médias sempre foram superiores aos 26 °C (dados citados por GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS, 2008 e MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA, 1992), são fatores contribuintes para decomposição das palhadas. Possivelmente, devido

à rápida decomposição da leguminosa (Moura et al., 2010) houve a disponibilização de nutrientes essenciais para obtenção de adequada produção de espigas, como constatado por Favero et al. (2000) e Perin et al. (2004), quando determinaram níveis de N e Ca em crotalária júncea em relação a outras espécies e culturas espontâneas.

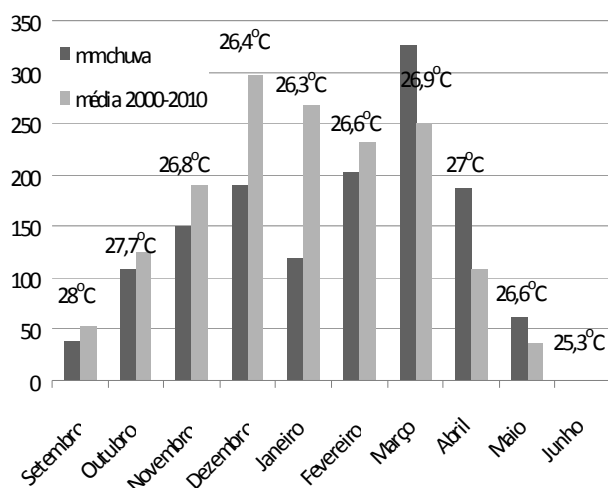


FIGURA 1. Temperatura média mensal em °C da série histórica (dados do INMET para cidade do Peixe, TO, 1961-1990), quantidade de chuva registrada, em mm, no período de setembro de 2005 a junho de 2006 e média registrada no período na década mensurada na estação climatológica de Gurupi-TO, Universidade Federal do Tocantins.

Embora com mais parcelamento sugere-se menos perda de N, isso não foi refletido na produção (Tabela 1), pois não houve diferença significativa entre o tratamento em que se utilizou todo N na semeadura (T1) e os demais, mesmo sabendo-se da eficácia da adubação nitrogenada em cobertura na minimização das perdas do nutriente aplicado e atendimento da demanda da cultura (Casagrande & Fornasier Filho, 2002; Wolschick et al., 2003). Já que não houve diferença, pode-se aventar a utilização de todo o adubo na semeadura; na prática isso está relacionado à economia de operações de aplicação, de trânsito de máquinas na área e, conseqüentemente, à redução de parte dos custos de produção.

Embora os autores que trabalham com adubação em milho safrinha, como Casagrande & Fornasier Filho (2002), atribuam o desempenho superior dos tratamentos com maiores doses na semeadura, à lixiviação em menor quantidade, na região onde o trabalho foi desenvolvido, além das temperaturas médias serem superiores a 26°C, a precipitação total no período foi maior do que 700 mm (Figura 1) com regular distribuição no período considerado com o que pode ter sido garantida mais umidade no solo. Conforme observado por Wolschick et al. (2003), há prejuízo na absorção de N em anos com irregularidades na distribuição de chuvas, do que poderiam resultar efeitos diferentes entre os tratamentos estudados no local e época em questão.

O resultado obtido para a aplicação da maior dose no plantio também é citado por Yamada (2000) que afirma ser viável tecnicamente a aplicação total ou parcial do N recomendado em pré-semeadura e semeadura. Segundo Silva et al. (2006), a aplicação de todo o N na semeadura, incorporado ao solo, desfavorece a imobilização do N pelos microorganismos quimiorganotróficos

para a decomposição dos resíduos. Embora essa forma de aplicação sugerisse mais perdas, condicionaria maior e mais contínua disponibilidade de N mineral na solução do solo, provocando maior aproveitamento do N pelo milho (Amado et al., 2002).

A produção de grãos e espiga está diretamente relacionada com a área foliar fotossinteticamente ativa da planta, em função da assimilação de CO₂ e síntese de carboidratos resultando em mais acúmulo de biomassa e produção de grãos. Os valores de produtividade de grãos não foram diferentes significativamente entre os tratamentos com palhadas antecessoras e entre épocas de parcelamento do N (Tabela 1) e no caso do peso de espigas com palha o tratamento com todo N na semeadura chegou a não diferir para a testemunha. O possível motivo destes resultados é a característica da própria palhada de cobertura, pois a partir da decomposição, são aportados aportam nutrientes ao solo, com disponibilização gradual, sendo reduzidos os efeitos de diferentes manejos de adubação nitrogenada e, satisfeita em parte, a exigência desse nutriente. Palhadas de diferentes naturezas na relação C/N e velocidade de decomposição podem estar disponibilizando boa parte da demanda de N para a cultura subsequente. Este resultado corrobora com os de Escosteguy et al. (1997) e Casagrande & Fornasieri Filho (2002) que também não obtiveram efeito das doses de N e das épocas de parcelamento de N no rendimento de grãos, dentre outros parâmetros da cultura do milho.

No tratamento T5, mesmo sem adubação nitrogenada, a produção de grãos obtida foi 5.114 Kg ha⁻¹ de grãos (Tabela 1). Casagrande & Fornasieri Filho (2002), que obtiveram produtividade média de tratamento equivalente a 4.592 Kg ha⁻¹, demonstraram haver disponibilidade de N no solo, proveniente de outras fontes não controladas, como possivelmente os resíduos. Esses resultados são diferentes daqueles obtidos com milho por Mar et al. (2003) que relataram produtividade da testemunha bem inferior às dos tratamentos adubados e cultivados em resteva de soja. Na área experimental em questão os níveis de P, K, Ca e Mg não são baixos e isso pode ter influenciado a produtividade da testemunha além da decomposição das palhadas utilizadas no tratamento 5.

A ausência de diferença do tratamento com sorgo é contrastante com os resultados de outros autores que verificaram maiores valores de produtividade de grãos de milho cultivado sobre palhada de crotalária, pelo maior aporte de N (Silva et al., 2006; Collier et al., 2006). Pelo resultado de ausência de significância para época de parcelamento empregado sugere-se que, diferentemente do constatado por Martha Junior et al. (2009), o manejo da palhada foi auxiliar na redução de perdas de N mineral pela adubação.

Quando se avaliam os resultados da fertilidade do solo, verifica-se que, após a colheita do milho, nas parcelas com a crotalária como planta de cobertura os níveis de matéria orgânica são estatisticamente superiores aos do sorgo (Tabela 2), o que não era de esperar, pois a produtividade de MS de sorgo foi superior. Acredita-se que, devido à relação C/N mais estreita da leguminosa (fabácea) em relação à da gramínea (poácea), na presença da palha de crotalária foi facilitado o

processo de humificação realizado pelos microorganismos e, por isso a palhada de crotalária permaneceria sobre a superfície do solo por um tempo menor em relação à de sorgo.

TABELA 2. Atributos químicos da fertilidade do solo, na camada de 0-20 cm de profundidade, avaliados após colheita do milho AGN 35A42 sob palhada de sorgo e crotalária, e com diferentes épocas de parcelamento do nitrogênio, 2006, em Gurupi-TO, 2006.

Tratamentos	Mat. orgânica G kg ⁻¹	pH em CaCl ₂	Al	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg	P mg dm ⁻³	K
Crotalária	26,1 a	5,5 a	1,8 a	19,2 a	17,6 a	9,5 a	26,5 a
Sorgo	22,7 b	5,4 a	2,0 a	17,3 a	18,4 a	8,4 a	21,6 b
C.V. (%)	17,1%	10,2%	66,9%	50,6%	48,0%	55,9%	25,9%
T1	24,6 a	5,4 a	1,9 a	16,2 a	16,4 a	11,0 a	26,1 a
T2	24,6 a	5,3 a	2,3 a	17,7 a	17,5 a	7,1 a	25,5 a
T3	23,1 a	5,5 a	2,0 a	18,4 a	18,0 a	8,2 a	23,8 a
T4	23,6 a	5,3 a	1,7 a	17,8 a	20,2 a	8,8 a	21,1 a
T5	26,3 a	5,7 a	1,6 a	21,0 a	18,0 a	14,6 a	20,3 a
C.V. (%)	27,4%	8,6%	60,3%	26,8%	36,9%	87,9%	35,4%

T1: 150 kg ha⁻¹ de N na semeadura; T2: 50 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 100 kg ha⁻¹ aos 30 dias; T3: 75 kg ha⁻¹ de N aos 15 dias e 75 kg ha⁻¹ aos 45 dias; T4: 50 kg ha⁻¹ de N aos 15, 45 e 60 dias; T5: Testemunha com palha de crotalária e de sorgo e sem N. Médias seguidas de mesma letra não são diferentes estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

No geral foram constatados teores médios 2,0 cmol_c maiores de Ca no solo (Tabela 2) sob resíduo de crotalária, o que pode ser explicado pela maior quantidade de Ca na palhada residual da leguminosa em relação à de sorgo, o que pode ser comparados com resultados de Perin et al. (2004), em que se tem mais quantidade de Ca no solo nos tratamentos com crotalária. Apesar desses valores, os dados obtidos nos tratamentos de plantas de cobertura não foram diferentes estatisticamente entre si, não permitindo inferir se o tratamento mais produtivo promovia uma maior extração do nutriente em questão.

Quanto ao modo de parcelamento do N, o tratamento com os menores teores de matéria orgânica foi o mais produtivo (Tabela 2). Poderia estar ocorrendo mais decomposição da matéria orgânica e fornecimento de nutrientes para uma maior produtividade de grãos, como aventado por Crusciol et al. (2005), Chagas et al. (2007), Gama-Rodrigues et al. (2007) e Torres et al. (2005), contrariamente ao constatado na testemunha, com menos produtividade e maior teor de matéria orgânica. Torres et al. (2005) relatam uma liberação máxima de N dos resíduos de gramíneas e leguminosas até aos 42 dias, o que pode ter sido otimizado pelo milho devido ao fato de ter sido utilizado material de ciclo precoce.

Valores de alguns parâmetros de solo foram superiores na testemunha como os teores de Ca e P. Sugere-se que, com a deficiência de N, outros nutrientes deixam de ser absorvidos, demonstrando-se a interação entre eles. O teor de matéria orgânica foi maior porque, pelo menor teor de N, é reduzida a eficiência da biota do solo responsável pela degradação dos resíduos, diminuindo-se sua "queima".

Para os parâmetros de fertilidade analisados somente no tratamento T1, em que se utilizou todo o N na semeadura (Tabela 2), foi promovida mais acidificação quando sob palhada de crotalária (pH 5,0) do que sob a de sorgo (pH 5,7). Possivelmente, com a mineralização mais rápida do N ocorre mais acidificação no solo pelo processo de nitrificação. Deve-se considerar que a exportação de nutrientes e as chuvas são também agentes de reacidificação do solo.

A ausência de diferenças significativas entre tratamentos de adubação nitrogenada para os demais parâmetros (Tabela 2) esteve coerente com o obtido nos atributos de produtividade de grãos, sugerindo pouca interferência nos nutrientes analisados no solo após cultivo.

CONCLUSÃO

Considerando-se o resultado de apenas um ano de trabalho, o histórico da área de uso do sistema de plantio direto e a região de Gurupi, TO, pode-se concluir, preliminarmente, o seguinte:

- A produtividade do milho e a fertilidade do solo não são prejudicadas pela aplicação do nitrogênio total, em dose única, na semeadura da cultura, e independentemente da palhada residual ser de sorgo ou de crotalária júncea;
- As culturas de sorgo e de crotalária júncea são opções (viáveis) de cobertura do solo para a cultura subsequente do milho safrinha;
- Os teores de matéria orgânica e de potássio são superiores na palhada de crotalária júncea em relação à de sorgo.

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários do Campus Universitário de Gurupi e aos acadêmicos de Agronomia que participaram do desenvolvimento do experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; BASSO, C.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.157-164, 2001.
- 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 Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.241-248, 2002.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e ou mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.867-874, 2000.
- CALEGARI, A. Alternativa de rotação de cultura para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Brasília, n.80, p.62-70, 2004.

CASAGRANDE, J.R.R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.1, p.33-40, 2002.

CHAGAS, E.; ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; GUERRA, J.G.M. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p. 723-729, 2007.

COLLIER, L.S.; CASTRO, D.V.; DIAS NETO, J.J.; BRITO, D.R.; RIBEIRO, P.A.A. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1100-1105, 2006.

CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, 2005.

DAROLT, M.R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, M. R. **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: Iapar, p.16-45 (Circular, 101). 1998.

EMBRAPA **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS/EMBRAPA/MAA, 1997. 212p.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.1, p.71-77, 1997.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C.; NEVES, J.L.C. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.171-177, 2000.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.1421-1428, 2007.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS. **Atlas do Tocantins**. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente – SEPLAN. 62p. 2008.

LASSUS, C. Composição de resíduos vegetais em um solo manejado com nove sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.3, p.375-380, 1990.

LOVATO, T.; MIELNICICKZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.175-187, 2004.

MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.267-274, 2003.

MARTHA JUNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; VILELA, L. Recuperação de 15N-Ureia no sistema solo-planta de pastagem de capim Tanzânia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.1, p.95-101, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Normas Climatológicas** (1961-1990). SPI/EMBRAPA. Brasília. 84p. 1992.

Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.9, n.1, p.109-119, 2011

MOURA, E.G.; SERPA, S.S.; SANTOS, J.G.D.; SOBRINHO, J.R.S.C.; AGUIAR, A.C.F. Nutrient efficiency in alley cropping systems in the Amazonian periphery. **Plant and Soil**, v.334, p.1007-1024, 2010.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.4, p.791-796, 2003.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.35-40, 2004.

SÁ, J.C.M. **Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio na produção de milho, após resteva de aveia preta (*Avena Strigosa*), sob plantio direto**. Resultados de Pesquisa 88/89. Castro: Fundação ABC, (Boletim Técnico, 4). 1989.

SILVA, F.L.; LAURINDO, P.C.; COLLIER, L.S. Gramíneas para cobertura em plantio direto no sul do Tocantins: persistência da palha e fertilidade do solo. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. 14, 2002, Cuiabá, MT, **Anais...** Cuiabá: SBCS/UFMT. 2002, CD-Rom.

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, p.3, p.739-746, 2006.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Teores de nitrogênio nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.885-896, 2000.

TORRES, J.R.L.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.609-618, 2005.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M.; JADOSKI, S.O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com "El Niño". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.461-468, 2003.

YAMADA, T. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.91, p.1-5, 2000.

★★★★★