

PRODUTIVIDADE DO MILHO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO EM FUNÇÃO DE FONTES E FORMAS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA.

ANDREOTTI, Marcelo¹; WIMMER NETO, Ludwig²; NAVA, Ivair André²; FURLANI JUNIOR, Enes³; BUZETTI, Salatiér⁴.

¹Prof. Assistente Dr. do Dep. de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, FE/UNESP, Campus de Ilha Solteira/SP, C.P. 31, CEP 13385-000 (dreotti@agr.feis.unesp.br).

²Mestrandos - Centro de Ciências Agrárias - UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon/PR, Rua Pernambuco, 1777, Centro.

³Prof. Adjunto do Dep. de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, FE/UNESP, Campus de Ilha Solteira/SP.

⁴Prof. Titular do Dep. de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, FE/UNESP, Campus de Ilha Solteira/SP.

RESUMO: A adubação nitrogenada é responsável por considerável parcela dos custos de produção, sendo assim, a tendência verificada nas últimas décadas aponta para uma melhor distribuição, e práticas que resultem em melhor aproveitamento das fontes de nitrogênio e formas de aplicação que melhorem o desenvolvimento da planta. Com o objetivo de avaliar o efeito de fontes de nitrogênio e a forma de aplicação utilizada em cobertura para a cultura sobre os componentes da produção e a produtividade de milho em sistema de plantio direto, realizou-se o presente trabalho em Latossolo Vermelho Eutroférico, no município de Palotina-PR. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições e os tratamentos arrançados no esquema fatorial 5 x 2, sendo as quatro fontes de adubos (uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e cama de aviário) comparadas com a testemunha, e duas formas de aplicação (incorporado e superficial) com as plantas apresentando de 6 a 8 folhas. As fontes de N em cobertura, sulfato e nitrato de amônio, aumentaram o número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, massa de sabugo por espiga e a produtividade do milho. A cama de aviário proporcionou menor teor de N foliar bem como menores valores para os componentes da produção. A incorporação das fontes de N resultou aumentos dos teores de N foliar, valores da massa de 100 grãos e produtividade, quando comparada à aplicação superficial.

Palavras-chave: uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio, cama de aviário, incorporação.

CORN YIELD UNDER NO TILLAGE SYSTEM AS A FUNCTION OF SOURCES AND METHODS OF NITROGEN APPLICATION BY COVERINE

SUMMARY: The nitrogen fertilization is responsible for a considerable parcel of the corn production cost, over the last decade the tendency has shown to a better distribution, as well as better usage of nitrogen sources and application forms that improve the crop development. The aim of this study was to evaluate the effect of

nitrogen sources as urea-N, ammonium sulfate, ammonium nitrate and poultry manure on the same amount of N (95 kg ha^{-1}) over the production components and corn yield in no-tillage system. Besides that, this study aimed to determine the best N sources and application methods to improve the crop development. The experiment was conducted on a Red Latossol (Oxisol) area, in Palotina country, State of Parana, Brazil. The experiment was a randomized blocks design in a factorial scheme 4X2. The treatments were constituted by four sources of N fertilizers besides a control and two methods of application (incorporation and superficial), 35 days after sowing (6-8 leaf stage) with 4 replications. The coverage incorporated increased the number of grains per ear, weight of 100 grains, mass of straw per ear and grain yield. Due to the delay of organic material decomposition and nitrogen release, the poultry manure provided lower amount of leaf-nitrogen as well as production components. The incorporation of nitrogen provided higher weight of 100 grains, N leaf content and grain yield.

Key-words: urea, ammonium sulfate, ammonium nitrate, poultry manure, incorporation.

INTRODUÇÃO

Vários são os fatores que interferem na produtividade da cultura do milho, como a época de semeadura, clima, nível de fertilidade do solo, população de plantas e adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura, podendo esta ser à lanço ou localizada, com ou sem incorporação. A adubação nitrogenada é responsável por considerável parcela de custos de produção de milho, por isso, a tendência verificada nas últimas décadas aponta para uma melhor distribuição e práticas que visem um melhor aproveitamento das fontes de nitrogênio pela cultura, bem como formas de aplicação que melhorem o desenvolvimento da planta.

O nitrogênio é absorvido pelo milho em todo o seu ciclo vegetativo, sendo pequena nos primeiros 30 dias (até 4 folhas), aumentando de maneira considerável a partir desse estágio.

Atinge taxa superior a $4,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N por dia durante a época do florescimento. Assim sendo, o sucesso da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho, consiste em suprir as plantas com quantidades adequadas no seu período crítico. Portanto, a prática da adubação em cobertura tem mostrado ser bastante efetiva ao minimizar as perdas do nutriente aplicado e atender à demanda da

cultura.

A maximização do uso do N pelas culturas torna-se um desafio, devido a sua dinâmica no solo e a forma como se encontra no adubo (nitrato, amoniacal e amoniacal). Na adubação da cultura do milho, o N é geralmente utilizado como uréia, que apresenta o nutriente na forma amoniacal (mais instável), ou também, como sulfato de amônio, onde o nutriente está na forma amoniacal (mais estável). Devido à dificuldade para otimização do uso de N na adubação das culturas, há muitas discussões com relação a forma e época mais adequada para aplicação deste nutriente, principalmente na cultura do milho, que resulta em maiores produtividades com a aplicação de N, principalmente em sistema plantio direto (Fancelli & Dourado-Neto, 2000).

Além do seu efeito sobre a produtividade do milho, o nitrogênio interfere em diversas outras características da planta relacionadas ao crescimento e ao desenvolvimento, as quais, direta ou indiretamente, afetam a produtividade da cultura. Entre essas destacam-se a influência do N no aumento da massa de 1000 grãos e do número de espigas por planta, da altura de plantas e da massa de espigas, do comprimento da espiga, do diâmetro do colmo, e da produção de massa seca (Pereira et al.,

1999).

Segundo Argenta et al. (1999), a absorção de N pela planta de milho é influenciada pelo local, pela espécie de cobertura de solo no inverno/verão, pela época de semeadura do milho após a dessecação das plantas de cobertura de solo e pelo sistema de manejo de N.

A adubação nitrogenada na cultura do milho, na maioria dos casos, proporciona ganhos expressivos na produção de grãos, mas nem sempre é feita na época correta devido à ocorrência de chuvas no período e por ser uma operação relativamente demorada. Uma das formas de minimizar este problema é a aplicação antecipada de N (antes da semeadura). Porém este procedimento ainda requer estudos, pois conforme Whiethölter (2000), aplicações antecipadas de N em milho podem favorecer a produtividade quando comparado com a aplicação somente em cobertura, dependendo do clima da região, em geral, em condições de temperaturas mais baixas e com palhada de alta relação C/N. Entretanto, Argenta et al. (1999) verificaram que para diminuir a deficiência inicial de N na cultura do milho, em sucessão a gramíneas decorrente da imobilização do N pelos microrganismos na fase inicial de crescimento das culturas, recomenda-se a sua aplicação em doses mais elevadas na semeadura.

Dados de pesquisas realizadas pela Embrapa (2002), indicaram que para cálculo da quantidade de N a ser aplicada, recomenda-se o teor de 1% de N na planta como adequado. Assim, para produtividade de 16 t de massa seca ha⁻¹ (9 t ha⁻¹ de grãos) a planta retira do solo em torno de 160 kg ha⁻¹ de N. Outro parâmetro necessário é a quantidade de N que o solo é capaz de fornecer para a cultura. Em termos médios, os solos tropicais fornecem cerca de 60 a 80 kg ha⁻¹ de N, quantidade suficiente para produzir de 6 a 8 t de massa seca ha⁻¹ (3 a 4 t ha⁻¹ de grãos). Deve-se ressaltar que em solos cultivados com leguminosas e solos de áreas recém desbravadas são mais ricos em N, exigindo menor adubação nitrogenada. A eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados

pelas plantas, isto é, a quantidade de N na planta proveniente dos fertilizantes em dados de pesquisa realizadas com N, indicam que, em média, apenas 50 a 60% do N aplicado como uréia são aproveitados pelas plantas.

Fernandes & Kuramoto (1999) constataram que maiores produtividades de massa seca de palha e de grãos na cultura do milho foram obtidas no sistema de plantio direto nas doses de 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio (uréia), em cobertura. Resultados deste trabalho mostraram ainda que, no sistema plantio direto, como não ocorreu a incorporação dos resíduos orgânicos e do nitrogênio, a decomposição foi mais lenta e gradual, diminuindo as perdas de nitrogênio por lixiviação, disponibilizando desta forma, o nitrogênio durante os períodos de maior demanda da cultura.

A aplicação de nitrogênio a lanço e incorporado ao solo, na semeadura, foi inferior à aplicação em cobertura, segundo resultados do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, que indicaram que a adubação nitrogenada em cobertura, no milho, é prática que, aplicada isoladamente, em solos com teores médios a altos de fósforo e potássio, apresentou resultado econômico superior ao da adubação completa. Por outro lado, à medida que a dose de nitrogênio é aumentada, crescem os riscos de maior perda do elemento (Embrapa, 1993).

A baixa recuperação do N-fertilizante pelas plantas geralmente tem sido atribuída à sua baixa disponibilidade no solo devido a perdas gasosas (principalmente por volatilização de NH₃ e denitrificação), à lixiviação e à imobilização pelos microrganismos (Urquiaga et al., 1990).

Para Ernani (1984) e Bayer et al. (1999), a adubação orgânica com dejetos de animais, em muitas circunstâncias, pode substituir o adubo mineral e em outras, a combinação de ambos é uma alternativa para se obter aumentos significativos de produtividade das culturas. Alguns trabalhos realizados com a cultura do milho mostraram aumentos significativos de massa seca e de grãos devido à aplicação de cama de aviário (Ernani, 1984;

Farias et al., 1986; Klepker et al., 1989; Bayer et al., 1999). Esses benefícios são considerados pelo aumento no solo dos teores de N, P, K, Ca e Mg, encontrados na cama de aviário.

Em experimento realizado com adubação de sementeira e cobertura na produtividade do milho, Broch & Fernandes (2000) constataram que o sulfato de amônio em cobertura, fornecendo nitrogênio e enxofre, aumentou significativamente a produtividade do milho safrinha comparados à adubação no sulco de sementeira.

Já Coelho et al. (1992), em trabalho realizado com doses e métodos de aplicação de uréia e sulfato de amônio na cultura do milho, concluíram que houve resposta significativa na produção de grãos com a aplicação de nitrogênio em cobertura. A porcentagem média de N na massa seca variou de 0,67 na testemunha a 1,06 % com a aplicação de N, correspondendo à produção máxima de grãos. As fontes de uréia e sulfato de amônio e os métodos de aplicação na superfície e incorporado ao solo não afetaram a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelo milho.

Ernani (1984), em trabalho com adição de N para o milho com esterco de suínos, cama de aves e adubos minerais, concluiu que a adição de P, K e calcário não aumentou a produção do milho, e que a maior produção obtida com os tratamentos de adubos orgânicos ocorreu principalmente devido ao nitrogênio que continham. Os tratamentos com cama de aves foram mais eficientes que aqueles com esterco de suínos, e a época de aplicação não afetou a produtividade, em qualquer nível ou fonte de N. Na ausência de N, a aplicação próxima da sementeira foi mais eficiente. A aplicação dos materiais orgânicos 60 dias antes da sementeira provocou menor absorção de N pelo milho e menores

produções de grãos. A adição de N aumentou a produtividade de todos os tratamentos, à exceção daqueles com cama de aves, aplicados aos 10 dias antes da sementeira.

Rodrigues & Kiehl (1986), em trabalho realizado com aplicação de uréia por diferentes métodos e doses, constataram que as perdas de amônia após a aplicação de uréia variaram de 65 a 91% do total do N aplicado, tendo sido tanto mais baixa quanto menor foi a dose de uréia e maior a profundidade de aplicação. A quantidade de amônia perdida aumentou com a dose de uréia de modo mais ou menos proporcional quando o fertilizante foi aplicado à superfície do solo, resultando na volatilização de quase todo o N, enquanto que para as aplicações incorporadas em maior profundidade (5 cm), permitiram melhor controle da volatilização.

A realização de estudos que avaliem a melhor fonte e forma de aplicação da adubação nitrogenada faz-se necessária para um melhor aproveitamento desse recurso. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de fontes de nitrogênio (uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e cama de aviário) fornecendo a mesma quantidade de N (95 kg ha⁻¹), aplicados em cobertura, incorporados ou não, e uma testemunha, sobre os componentes da produção e a produtividade da cultura do milho em sistema de plantio direto.

MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi instalado em 08/10/2002, na Linha Cerâmica, município de Palotina - PR, Latitude 24° 39' S e Longitude 53° 36' W a 380 m de altitude, em área de Latossolo Vermelho Eutroférico, caracterizado quimicamente antes da instalação do experimento (Tabela 1).

Tabela 1- Caracterização química da camada (0,0 - 0,20 m) do solo utilizado no experimento em área de produção agrícola no município de Palotina - PR.

| Profundidade (m) | P | MO | pH CaCl ₂ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | Al ³⁺ | SB | CTC | V |
|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------------------------|------------------|------|-------|------|
| | mg dm ⁻³ | g dm ⁻³ | 0,01 mol L ⁻¹ | | | | cmol _c dm ⁻³ | | | % | |
| 0,00 - 0,20 | 24 | 28 | 5,1 | 0,57 | 7,09 | 1,85 | 4,6 | 0,0 | 9,51 | 14,12 | 67,4 |

O clima que caracteriza a região é o subtropical quente úmido, Cfa, segundo a classificação de Willem Köppen. A temperatura média anual é de 24° C, sendo que a mínima é de 2° C e a máxima de 42° C. As médias de precipitações pluviais, temperaturas e umidade relativa nos meses de condução do experimento (Outubro/2002 a Fevereiro/2003) estão indicadas na Tabela 2.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram arrançados no esquema fatorial 5 x 2, sendo 4 fontes de adubos nitrogenados (uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e cama de aviário), e 2 formas de aplicação de N em cobertura (com incorporação e superficial, sem incorporação), aos 35 dias após emergência da cultura (6-8 folhas) e a testemunha, sem N em cobertura. As parcelas apresentaram 5 m de comprimento por 5,4 m de largura, sendo utilizadas 6 fileiras de milho com espaçamento de 0,90 m entre linhas. A área útil para as avaliações foi constituída das duas linhas centrais das parcelas, excluindo-se duas linhas em cada lateral e um metro de cada lado no sentido do comprimento da parcela.

A área, conduzida em sistema plantio direto há 7 anos, vinha sendo cultivada com soja na safra de verão e milho safrinha no outono/inverno, exceto nos anos de 1999 e 2001, nos quais foi empregada a aveia preta no outono/inverno para formação de palha. No ano agrícola da instalação do experimento foi cultivado o milho safrinha anterior à semeadura do milho para o experimento (híbrido simples - PREMIUM), no qual antes desta fez-se a dessecação das plantas daninhas da área, com herbicida Glyphosate (480 g L⁻¹) na dosagem de 1,35 litros de i.a. ha⁻¹.

Tabela 2 - Médias de precipitações pluviais (mm), temperaturas máxima (MAX) e mínima (MIN), em °C, durante a realização do experimento, nos meses de Outubro/2002 a Fevereiro/2003 (IAPAR, Palotina - PR).

| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | TEMPERATURAS | |
|-----------|----------------------|--------------|-------|
| | | MAX | MIN |
| Outubro | 125 | 36,9 | 20,8 |
| Novembro | 307 | 35,8 | 19,4 |
| Dezembro | 129 | 31,7 | 20,4 |
| Janeiro | 335 | 30,7 | 18,9 |
| Fevereiro | 175 | 36,4 | 22,50 |

A semeadora adubadora foi regulada para distribuir 6 sementes por metro, com densidade de semeadura de 66600 plantas ha⁻¹ para o espaçamento de 0,90 m entre linhas. As sementes de milho foram tratadas com inseticida Thiodicarb (300 g L⁻¹) na dosagem de 600 mL de i.a. por 100 kg de sementes. A semeadura do milho foi realizada no dia 08/10/2002, juntamente com a adubação de 375 kg ha⁻¹ da fórmula 8-20-20 + 4% de S; 0,3% de Zn; 0,05% de B; 0,08% de Cu e 0,15% de Mn.

Os tratamentos foram aplicados manualmente, com distribuição dos adubos realizada superficialmente ao solo, e a incorporação quando necessária, realizada com enxada. As fontes de N foram calibradas para fornecer a mesma quantidade de N (95 kg ha⁻¹), baseado nas exigências da cultura para obtenção de alta produtividade (Embrapa, 2002).

A cama de aviário, proveniente de frangos de engorda, após quatro lotes, apresentou a seguinte caracterização química, segundo análise pelo Laboratório de Química Agrícola Ambiental da UNIOESTE, em g kg⁻¹, 19,3 de N; 16,5 de P; 41,0 de K; 12,2 de Ca e 1,8 de Mg.

O controle das plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado através de uma capina manual aos 23 dias após a emergência. Também realizou-se o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) aos 12 e aos 30 dias após a emergência, com os inseticidas Metomil (215 g L⁻¹) na dosagem de 0,2 L de i.a. ha⁻¹ e Lufenuron (50 g L⁻¹) na dosagem de 0,02 L de i.a. ha⁻¹.

Aos 61 dias após a emergência, quando a cultura apresentava-se em florescimento feminino (espigamento),

realizou-se a coleta das folhas para análise foliar, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Coletaram-se de 15 plantas da área útil, a folha oposta e abaixo da espiga, que após devidamente lavadas com água destilada foram colocadas em estufa de circulação forçada a 65 °C até massa constante. Posteriormente estas foram moídas para determinação dos teores de nutrientes na massa seca (N, P, K, Ca e Mg).

Para a determinação do N total e P, utilizaram-se amostras de 0,2 g de tecido foliar de cada parcela útil, que foram submetidas à digestão sulfúrica. No extrato, o N total foi determinado por destilação pelo método Kjeldahl e o P, por espectrofotometria UV-VIS. Para a determinação de K, Ca e Mg, utilizaram-se amostras de 1,0 g de tecido foliar, submetidas a digestão nítrico-peróxida. No extrato, os teores desses nutrientes foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Tedesco et al., 1995).

A colheita do milho foi realizada no dia 20/02/2003, manualmente, sendo os grãos separados em debulhador de catracas acionado manualmente. Determinou-se a produtividade, a massa de 100 grãos (13% de umidade), o número de grãos por espiga, a massa de palha por espiga e a massa de sabugo por espiga. Determinou-se o número de grãos por espiga através da média do número de grãos de 10 espigas por parcela útil, os quais foram utilizados para avaliar os componentes da produção. Separaram-se a palha e os sabugos das 10 espigas coletadas por parcela útil, onde após secos em estufa de circulação forçada a 65°C por um período de 72 horas, fez-se a pesagem em balança semi-analítica obtendo-se a média de massa seca de palha e sabugo por espiga. Através da média de 8 amostras de 100 grãos, tomadas ao acaso dos grãos colhidos de cada parcela útil, pesados em balança semi-analítica e corrigidos para 13% de umidade, determinou-se a massa de 100 grãos. Fez-se a avaliação da produtividade de grãos de cada parcela útil (5.4 m²), através da pesagem da massa de grãos em balança semi-analítica, corrigindo-se para umidade de 13%, e posteriormente

estimou-se a produtividade em kg ha⁻¹.

Os resultados do número de grãos por espiga, massa de palha por espiga, massa de sabugo por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, bem como os teores médios de N, P, K, Ca e Mg no tecido foliar foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de produtividade de grãos e componentes da produção de milho encontram-se na Tabela 3 e os teores de N, P, K, Ca e Mg no tecido foliar da cultura encontram-se na Tabela 4.

Os resultados da análise de variância mostraram que não houve interação entre fontes e formas de aplicação dos adubos nos teores de nutrientes no tecido foliar, produtividade e componentes da produção. Desta forma, só foram avaliados os efeitos médios das fontes e formas de aplicação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao analisar-se os dados da Tabela 3, verifica-se que entre as fontes de nitrogênio, o sulfato de amônio (S.A.) e o nitrato de amônio (N.A.) foram significativamente superiores à testemunha quanto ao número de grãos por espiga e massa de 100 grãos, com reflexo direto nas maiores produtividades, resultados estes semelhantes aos obtidos por Broch & Fernandes (2000), os quais constataram que o S.A. em cobertura, resultou em aumento da produtividade do milho.

Tabela 3 - Médias de massa de 100 grãos (MCG) (13%), número de grãos por espiga (NGE), massa de palha por espiga (MPE), massa de sabugo por espiga (MSE) e produtividade de grãos (PG), em função da aplicação de fontes de N em cobertura: uréia (U), sulfato de amônio (S.A.), nitrato de amônio (N.A.) e cama de aviário (C.A.), comparados com a testemunha (T), aplicadas com incorporação (I) e superficial (S), em sistema plantio direto (Palotina - PR).

| Tratamentos | MCG (g) | NGE | MPE (g) | MSE (g) | PG (kg ha ⁻¹) |
|-------------|------------|--------|------------|------------|------------------------------|
| T | 26,54 d | 485 c | 15,13 | 21,60 b | 7222 b* |
| U | 27,86 bc | 535 ab | 16,24 | 24,38 a | 8086 ab |
| S.A. | 29,18 a | 542 a | 17,35 | 25,14 a | 8537 a |
| N.A. | 28,95 ab | 538 a | 17,08 | 25,30 a | 8602 a |
| C.A. | 27,46 cd | 500 bc | 15,16 | 21,41 b | 7856 ab |
| I | 28,50 a | 524 | 16,46 | 23,78 | 8340 a |
| S | 27,53 b | 517 | 15,93 | 23,36 | 7781 b |
| C.V. (%) | 2,98 | 4,58 | 11,17 | 4,60 | 10,04 |

* Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora entre as fontes, o S.A. e o N.A. terem sido superiores à testemunha, não houve diferença com relação à uréia (U) e a cama de aviário (C.A.) na produtividade. Entretanto, no número de grãos por espiga e massa de 100 grãos esse resultado não se repetiu, pois apenas a uréia se equivaleu ao sulfato e nitrato de amônio quanto ao número de grãos por espiga, sendo, todavia, significativamente inferior para massa de 100 grãos, com relação ao S.A. Esses resultados podem ser explicados pela menor perda por volatilização das fontes S.A. e N.A. em relação à uréia, que quando aplicada principalmente de forma superficial, sem incorporação, incorre em perdas de N em grandes quantidades. Estas, no entanto, podem ser minimizadas com a incorporação, como constatados por Rodrigues & Kiehl (1986) com uso da uréia em milho. Para a cama de aviário, essa diferença pode ter sido causada pela lenta decomposição do material orgânico e liberação do N, o que provavelmente ocorreu em época posterior a maior necessidade das plantas de milho (entre 6 folhas e o florescimento), uma vez que, 50% do N proveniente da cama de aviário, demora, em média 60 dias para ser mineralizado.

A superioridade dos tratamentos com S.A. e N.A. nos componentes da produção e produtividade em relação à testemunha foi em virtude da aplicação de N, independentemente da fonte, embora a alta produtividade da testemunha estar relacionada ao tempo do sistema de plantio direto na área (7 anos) e alta

fertilidade natural desse solo (Tabela 1). Ainda analisando a Tabela 3, verifica-se que não houve diferença significativa na massa da palha, entretanto, houve diferença na massa de sabugo quando o N foi aplicado na forma mineral, resultando na produção de sabugos maiores e mais pesados, fato este que mostra que o híbrido de milho foi responsivo à aplicação de nitrogênio mineral em cobertura. Já para a cama de aviário não ocorreu o aumento de massa nos sabugos, devido, provavelmente, à liberação lenta do N no período de maior demanda das plantas de milho conforme discutido anteriormente.

Verifica-se também, na Tabela 3, que a incorporação das fontes de N resultou em aumentos dos valores dos componentes da produção, principalmente, da massa de 100 grãos e reflexo na produtividade final. As fontes de N minerais quando incorporadas reduzem as perdas por volatilização, e no caso da cama de aviário, a incorporação pode ter acelerado a decomposição pelo maior contato adubo/solo, liberando mais N no momento de maior necessidade das plantas de milho, ao contrário da aplicação superficial sem incorporação. Essas observações também foram feitas por Fernandes & Kuramoto (1999), trabalhando com nitrogênio em cobertura na cultura do milho, em sistema plantio direto.

De acordo com Malavolta et al. (1997), os teores totais de macronutrientes considerados adequados para a cultura do milho através da análise foliar (g kg⁻¹), são: N (27,5 - 32,5), P (2,5 - 3,5), K (17,5 - 22,5), Ca

(2,5 - 4,0) e Mg (2,5 - 4,0), constatando-se que os teores de nutrientes apresentados na análise foliar do presente trabalho (Tabela 4) estavam adequados para K, superiores para N (exceto a testemunha), P e Ca e inferiores para Mg, para a cultura do milho. Ao analisar-se os teores de N nas folhas de milho (Tabela 4), verifica-se que o S.A., N.A. e U. foram significativamente superiores à testemunha e a cama de aviário. Todos os tratamentos com

as fontes minerais de N foram superiores em relação à testemunha, pelo fato de nesta, não ter sido realizado nenhum tratamento adicional (cobertura) de N. Já com relação à cama de aviário, essa diferença pode ter sido causada pela decomposição lenta do material orgânico, não suprimindo as necessidades de N pelas plantas de milho na época de amostragem foliar.

Tabela 4 - Teores médios de N, P, K, Ca e Mg, obtidos através da análise foliar, em função da aplicação de fontes de N em cobertura: uréia (U), sulfato de amônio (S.A.), nitrato de amônio (N.A.) e cama de aviário (C.A.), comparados com a testemunha (T), aplicadas com incorporação (I) e superficial (S), em sistema plantio direto (Palotina - PR).

| Tratamentos | N | P | K | Ca | Mg |
|--------------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| g kg ⁻¹ | | | | | |
| T | 18,10 c* | 4,90 | 23,02 | 7,49 | 1,69 |
| U | 39,16 ab | 4,45 | 22,42 | 7,42 | 1,86 |
| S.A. | 43,74 a | 4,31 | 21,96 | 7,96 | 2,05 |
| N.A. | 41,62 a | 4,26 | 22,57 | 7,52 | 1,86 |
| C.A. | 29,97 b | 4,03 | 22,16 | 7,41 | 2,04 |
| I | 36,71 a | 4,47 | 22,40 | 7,32 | 1,87 |
| S | 32,32 b | 4,30 | 22,45 | 7,80 | 1,93 |
| C.V. (%) | 19,03 | 10,54 | 4,59 | 12,28 | 13,78 |

* Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Menores perdas por volatilização das fontes de S.A. e N.A., em relação a uréia, seriam de se esperar nos tratamentos sem incorporação, entretanto, pela presença da palha e chuvas regulares logo após a aplicação de N em cobertura, podem ter, provavelmente, reduzido este efeito. Sendo assim, o N disponível aumentou o teor de N no tecido foliar, e conseqüentemente aumentando a massa de sabugos, número de grãos e a produtividade, resultados também verificados por Rodrigues & Kiehl (1986).

Quando avaliados os tratamentos com as fontes de N, os componentes da produção e a produtividade (Tabela 3) e o teor de N no tecido foliar (Tabela 4), sempre apresentaram resultados superiores quando aplicados com incorporação. Verifica-se que a incorporação

foi benéfica porque as perdas de N são menores, conseqüentemente, maior é a disponibilidade de N para as plantas de milho, acarretando assim maior disponibilidade e teores foliares o que se refletiu no aumento da produtividade de grãos, massa de palha e sabugo. Portanto, pelos resultados do presente trabalho sugere-se buscar alternativas para incorporação de adubos nitrogenados mesmo em sistema plantio direto, visto que houve reflexo direto na produtividade de milho.

CONCLUSÕES

As fontes minerais de N em cobertura, incorporadas, aumentaram o teor de N foliar, número de grãos por espiga e massa de 100

grãos do milho.

A cama de aviário, pela lenta decomposição e liberação do N, proporcionou menor teor de N foliar bem como, redução dos valores dos componentes da produção.

A incorporação das fontes de N proporcionou aumentos nos componentes da produção e a produtividade de grãos do milho, quando comparada à aplicação superficial, em sistema plantio direto.

O sulfato de amônio e o nitrato de amônio foram superiores à testemunha no que se refere à produtividade de grãos. A uréia e a cama de aviário não diferiram dos outros tratamentos.

ANDREOTTI M.; WIMMER NETO, L.; NAVA, I. A.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZZETTI, S. Corn crop in no-tillage system as a function of sources and forms of nitrogen fertilization. *Cultura Agrônômica, Ilha Solteira*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; RIZZARDI, M.A.; BARUFFI, M.J. e NETO, V.B. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno e em dois locais. I - Efeito sobre a absorção de N. *Ciência Rural, Santa Maria*, v.29, n.4, p.577-586, 1999.

BAYER, C.; CERETTA, C. A.; SCHNEIDER, N. G. Viabilidade da utilização de cama de aviário como fertilizante na cultura do milho. *Revista Científica Rural, Pelotas*, v.4, n.2, p.10-14, 1999.

BROCH, D. L.; FERNANDES, C. H. Efeito da adubação de plantio e cobertura na produtividade do milho safrinha. Piracicaba: POTAFOS, 2000. 89p.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C. & GUEDES, G. A. A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*,

Campinas, v.16, n.1, p.61-67, 1992.

EMBRAPA. Nutrição e adubação do milho. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br>. Acesso em 15 out. 2002.

EMBRAPA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. Sete Lagoas: CNPM/Embrapa, 1993. 204 p.

ERNANI, P. R. Necessidade da adubação de nitrogênio para o milho em solo fertilizado com esterco de suínos, cama de aves e adubos minerais. *Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, n.2, p.313-317, 1984.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FARIAS, I.; FERNANDES, A. P. M.; LIRA, M. A.; FRANÇA, M. P.; SANTOS, V. F. Efeito da adubação orgânica sobre a produção de forragem de milho, sorgo e capim elefante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.21, n.6, p.1015-1022, 1986.

FERNANDES, F. M.; KURAMOTO, L. M. M. Resposta da cultura do milho (*Zea Mays L.*) a adubação nitrogenada, sob semeadura direta na região de cerrado. *Revista Plantio Direto, Passo Fundo*, v.11, n.1, p.11-18, 1999.

KLEPKER, D.; CERETTA, C. A.; BAYER, C. Efeito da cama de aviário, nitrogênio em cobertura e calagem sobre o rendimento de grãos de milho (*Zea Mays L.*). *Revista do Centro de Ciências Agrárias, Santa Maria*, v.19, n.1, p.203-210, 1989.

LIMA, M. R. de., MARTHAUS, P. S., NIELSEN JUNIOR, R., PASSAIA, A. Efeitos de diferentes formas de aplicação de adubo formulado sobre a produção de dois híbridos comerciais de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 19. Porto Alegre, 1992. Anais. Sete Lagoas, EMBRAPA, 1992. p.120-121.

