

SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

EFEITO DE DOSES E DA ÉPOCA DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NOS CARACTERES AGRONÔMICOS DA CULTURA DO MILHO SOB PLANTIO DIRETO⁽¹⁾

Renata Ferreira Gomes⁽²⁾, Alessandro Guerra da Silva⁽³⁾, Renato Lara de Assis⁽³⁾ & Fábio Ribeiro Pires⁽⁴⁾

RESUMO

A cultura do milho é de grande importância na região Centro-Oeste para produção de grãos. Com o objetivo de avaliar o efeito da melhor dose e época de aplicação de N nos caracteres agronômicos do milho em sistema plantio direto, instalou-se um ensaio no município de Rio Verde (GO), no ano agrícola 2002/03. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial $6 \times 4 + 1$, com quatro repetições, sendo constituído por seis épocas de aplicação de N (antecipada; semeadura; 30 dias em cobertura; semeadura mais 30 dias em cobertura; semeadura mais 30 e 45 dias em cobertura; e antecipada mais semeadura mais 30 dias em cobertura) e quatro doses de N (25, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹), acrescido da testemunha sem a aplicação de N. Foi utilizado o híbrido P30K75 e a uréia como fertilizante nitrogenado. A dose de 150 kg ha⁻¹ proporcionou maiores valores de rendimento de grãos, teor de N nas folhas, peso de grãos por espiga e altura de plantas. Os maiores teores de N nas folhas foram obtidos nas aplicações em cobertura, semeadura mais 30 dias em cobertura e semeadura mais 30 e 45 dias em cobertura. As aplicações de N em cobertura (30 dias) e parcelada (antecipada mais semeadura mais 30 dias em cobertura) proporcionaram maiores pesos de grãos por espiga e de mil grãos. Não foi constatado efeito significativo das doses e épocas de aplicação de N para rendimento de proteína e severidade de doenças. A maior rentabilidade da aplicação de N foi obtida com aplicação de 25 kg ha⁻¹ na semeadura.

Termos de indexação: adubação nitrogenada, cobertura, uréia, *Zea mays*.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em outubro de 2006 e aprovado em maio de 2007.

⁽²⁾ Engenheira-Agrônoma, Rural Rio Produtos Agrícola Ltda. Av. Presidente Vargas 2673, CEP 75903 290 Jardim Goiás (GO). E-mail: renata@ruralrio.com.br

⁽³⁾ Professor da FESURV – Universidade de Rio Verde. Caixa Postal 104, CEP 75901-970 Rio Verde (GO). E-mail: silvaag@fesurv.br; assis@fesurv.br

⁽⁴⁾ Professor do Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES/UFES. Rua Humberto de Almeida Franklin 257, Bairro Universitário, CEP 29933-290 São Mateus (ES). E-mail: fabiopires@ceunes.ufes.br

SUMMARY: EFFECT OF DOSES AND TIMING OF NITROGEN APPLICATION ON AGRONOMICAL TRAITS OF NO-TILL CORN

Maize is an important crop for grain production in the Center-West region of Brazil. An experiment was installed in Rio Verde (GO) in the 2002/03 growing season to evaluate the effect of doses and timing of nitrogen application on the agronomic traits of no-tillage maize. The experiment was evaluated as a 6 x 4 + 1 factorial in a randomized complete block design with 4 repetitions. The factors consisted of six nitrogen applications (before sowing; at sowing; top dressed 30 days after sowing; at sowing and top dressed 30 days after sowing; at sowing and top dressed 30 and 45 days after sowing; pre-sowing and at sowing and top dressed 30 days after sowing) and four nitrogen levels (25, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹), plus one control treatment without nitrogen application. The corn hybrid P30K75 and urea fertilizer were used. The dose of 150 kg ha⁻¹ led to the highest grain yield, nitrogen leaf concentration, grain weight per ear and plant height. The nitrogen leaf concentration was higher for applications in top dressing, at sowing and top dressed 30 days after sowing and at sowing and after top dressed 30 and 45 days after sowing. The nitrogen applications as top dressing (30 days) and split application (pre-sowing plus at sowing and top dressed 30 days after sowing) led to the highest kernel weight per ear and per 1,000 grains. The effect of dose or date of nitrogen application on protein yield and disease severity was not significant. The highest net profit was obtained with the application of 25 kg ha⁻¹ nitrogen at sowing.

Index terms: nitrogen fertilizer, top-dressing, urea, Zea mays.

INTRODUÇÃO

O manejo inadequado da cultura, a baixa fertilidade natural dos solos e a limitada disponibilidade de capital dos agricultores para investimento em insumos agrícolas estão entre os principais fatores limitantes à produtividade da cultura do milho na região Centro-Oeste.

O N é requerido em grandes quantidades pelo milho (Escosteguy et al., 1997; Freire et al., 2001). O reconhecimento da importância desse nutriente em elevar a produtividade tem acarretado aumento da demanda por fertilizantes nitrogenados. No sistema plantio direto, verifica-se elevação da quantidade de N potencialmente mineralizável do solo (Souza & Melo, 2000), o que proporciona aumento nos teores totais nas camadas superficiais no solo (Vargas & Scholles, 1998) e redução de perdas por imobilização, liberando gradualmente o nutriente para as culturas.

No sistema plantio direto, a aplicação de N mineral em pré-semeadura para o cultivo de milho na região dos cerrados representa uma prática de risco, em razão da ocorrência de chuvas de alta intensidade, acarretando a perda do referido nutriente por lixiviação e volatilização (Lara Cabezas et al., 1997), podendo resultar, conseqüentemente, em perda de produtividade (Silva et al., 2005). Entretanto, essa prática promove acréscimos no teor de N no solo e na absorção pelas plantas após o manejo da cultura de cobertura, podendo também influenciar a taxa de decomposição dos resíduos vegetais (Basso & Ceretta, 2000). Em cobertura, os efeitos do N são demonstrados

em alguns trabalhos (Grove et al., 1980; Escosteguy et al., 1997), sendo um dos macronutrientes que mais influenciam a produtividade na cultura do milho (Amado et al., 2002; Silva et al., 2005).

A relação C/N dos resíduos de coberturas de solo determina se há predominância dos processos de mineralização ou de imobilização líquida de N durante a fase inicial de sua decomposição (Jansen & Kucey, 1988; Tollenaar et al., 1993; Argenta & Silva, 1999; Amado et al., 2000). Quando espécies de leguminosas são cultivadas como culturas de cobertura, o principal benefício trazido por essas plantas é o aporte de N fixado biologicamente (Aita et al., 2001). A presença de resíduos dessas espécies antes do cultivo do milho é o principal fator responsável pelo fornecimento de N na ausência da adubação mineral (Amado et al., 1999; Ceretta et al., 2002). As leguminosas podem proporcionar também maior rendimento de grãos de milho, quando comparado com o cultivo de aveia e ao pousio invernal na ausência da adubação nitrogenada no milho (Da Ros & Aita, 1996; Aita et al., 2001).

Geralmente, quando a cultura do milho é implantada no sistema plantio direto em sucessão a gramíneas, ocorre deficiência inicial de N (Teixeira et al., 1994; Da Ros & Aita, 1996; Argenta & Silva, 1999). Ao utilizar o carbono da palhada das gramíneas para fornecimento de energia, os microrganismos do solo imobilizam o N mineral, diminuindo sua disponibilidade para a cultura do milho (Aita et al., 2001). Com a continuidade do processo de decomposição dos resíduos das gramíneas, há diminuição da relação C/N, uma vez que o carbono está sendo perdido na forma

de CO₂ e o N, conservado pela formação da massa celular microbiana (Victoria et al., 1992). Decorrida a fase mais ativa da decomposição, uma fração do N, que foi imobilizado inicialmente, poderá ser mineralizada após a morte de parte dos microrganismos, aumentando a quantidade de N disponível no solo, mas talvez não suficiente para atender à demanda das plantas de milho. Para solucionar esse problema, Argenta & Silva (1999) destacam algumas estratégias de manejo do N em cultivos de milho em sucessão à aveia, como o atraso da época de semeadura do milho após a dessecação da aveia, a aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da aveia e a aplicação deste nutriente no manejo da aveia, ou seja, em pré-semeadura do milho. Dessa forma, recomenda-se que o manejo do N para cultivo de milho deva ser analisado caso a caso, evitando-se assim generalizações.

Para a região Centro-Oeste, visando diminuir a deficiência inicial de N no milho, recomenda-se a aplicação de maior dose na semeadura, em relação aos sistemas convencionais (Argenta & Silva, 1999; CFSMG, 1999; Silva et al., 2005), aumentando-se assim a decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de N para o desenvolvimento das plantas. Isso demonstra a importância do conhecimento da dinâmica de liberação de nutrientes pelas culturas antecessoras ao milho (Amado et al., 2002), principalmente no sistema de plantio direto no cerrado.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da época de aplicação e de doses de N nos caracteres agrônômicos da cultura do milho, cultivado no sistema plantio direto, no município de Rio Verde (GO).

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado na área de pesquisa do Centro Tecnológico da COMIGO (Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano), no município de Rio Verde (GO), situado na latitude de 17° 46' 03" S e longitude de 51° 01' 50" W, com altitude média de 836 m. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 1999), textura argilosa e relevo plano, com declividade média de 1%, sendo cultivado no sistema plantio direto há 10 anos. A área experimental foi cultivada anteriormente com milho na safra de verão.

O delineamento estatístico empregado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 6 x 4 + 1, com quatro repetições. Foram avaliadas seis épocas de aplicação de N e quatro doses do referido elemento, acrescido de um tratamento adicional como testemunha. As épocas de aplicação de N foram: antecipada (15 dias antes da semeadura); semeadura; 30 dias após a semeadura (DAS), em cobertura; semeadura mais 30 DAS, em cobertura; semeadura mais 30 e 45 DAS, em cobertura; e antecipada mais

semeadura mais 30 DAS em cobertura. As doses de N avaliadas foram: 25, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹. Além desses 24 tratamentos, foi realizado um tratamento adicional como testemunha, sem aplicação de N, totalizando 25 tratamentos.

Quando se efetuaram aplicações de N em apenas uma época, a quantidade total correspondente à determinada dose foi aplicada de uma só vez. Para parcelamento da adubação em duas ou em três vezes, foram empregadas doses iguais em cada época de aplicação.

Foi utilizada uréia como fertilizante nitrogenado. As aplicações em pré-semeadura e na semeadura foram realizadas por meio da abertura mecânica de sulcos de, aproximadamente, 10 cm de profundidade, na linha de semeadura, sendo o fertilizante nitrogenado posteriormente incorporado e os sulcos cobertos, para evitar perdas por volatilização. Nos tratamentos que receberam cobertura, a aplicação da uréia foi feita superficialmente, 20 cm ao lado da linha de semeadura, seguindo os procedimentos adotados pelos agricultores do município de Rio Verde (GO). Em todas as aplicações de cobertura o solo se encontrava úmido, favorecendo o uso do N pelas plantas de milho.

O cultivar de milho P30K75 foi utilizado neste ensaio, sendo classificado como híbrido simples, de ciclo semiprecoce, com arquitetura foliar semi-ereta. A semeadura foi realizada mecanicamente no dia 11 de dezembro de 2002 e a emergência, considerada seis dias após essa data. Aos 25 dias após emergência, efetuou-se o desbaste das plantas, deixando 4,8 plantas por metro linear. A adubação de plantio utilizada foi 400 kg ha⁻¹ da fórmula 00-18-06, conforme análise de solo (Quadro 1). Cada parcela foi constituída de quatro linhas de semeadura, com 5,0 m de comprimento e espaçadas de 0,8 m entre si. Como área útil, consideraram-se as duas linhas centrais, eliminando 0,5 m de cada extremidade.

O manejo de plantas daninhas foi realizado com 2,5 L de atrazine e 0,5 L de nicosulfuron, com aplicação aos 20 dias após emergência. No controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foram utilizados 100 mL de Permetrin acrescidos de 150 mL de Novaluron, em 200 L de calda, sendo necessárias duas aplicações desses produtos: a primeira no momento em que se aplicaram os herbicidas pós-emergentes e a segunda, aos 35 dias após emergência.

A colheita das plantas de milho foi feita manualmente, em 11 e 12 de abril de 2003. O rendimento de grãos foi avaliado pela pesagem dos grãos colhidos na área útil das parcelas, corrigindo a umidade para 130 g kg⁻¹. O teor de proteína nos grãos foi obtido pela secagem de amostra de grãos em estufa a 65 °C até peso constante, determinando-se o teor de N nos grãos pelo método Kjeldahl. O teor de N nas folhas foi determinado pela coleta aleatória, em cinco plantas, da quarta folha a partir do ápice, na área útil de cada parcela na fase de florescimento (CFSMG, 1999), determinando-se o teor de N foliar pelo método Kjeldahl.

Quadro 1. Características químicas e físicas, nas profundidades de 0–10 e de 10–20 cm, do solo onde foi realizado o ensaio

Profundidade	pH CaCl ₂	Ca	Mg	Al	H + Al	K	P Mehlich-1	MO	SB	CTC	Sat. Bases
cm		————— cmol _c dm ⁻³ —————				— mg dm ⁻³ —		g dm ⁻³	- cmol _c dm ⁻³ -		%
0–10	5,10	3,63	0,80	0,03	2,30	66,5	9,95	21,10	4,60	6,90	67
10–20	4,80	2,43	0,60	0,10	2,60	31,3	2,89	20,00	3,11	5,71	54
	B	Fe	Mn	Z	Co	Cu	Areia	Silte	Argila		
	————— mg dm ⁻³ —————						————— g kg ⁻¹ —————				
0–10	0,28	48,25	19,97	7,28	0,09	0,64	440	127	433		
10–20	0,27	70,75	12,83	2,10	0,09	0,30	440	127	433		

O peso dos grãos por espigas foi obtidos pela pesagem dos grãos debulhados de cinco espigas de plantas da área útil das parcelas, com posterior correção de umidade para 130 g kg⁻¹. Foi determinado o peso de mil grãos, com correção de umidade para 130 g kg⁻¹. A altura de plantas foi avaliada em cinco plantas da área útil de cada parcela, medindo-se a distância do nível do solo ao ápice da inflorescência masculina. A severidade de doenças foliares no milho foi determinada pela avaliação de cinco plantas de cada parcela aos 14 dias após florescimento, apresentando-se os resultados em percentagem (Azevedo, 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando constatada significância, empregou-se o teste Tukey para comparação entre as médias das épocas de aplicação de N e a análise de regressão para as doses de N. Nesta análise, a escolha do modelo de regressão foi baseada na significância dos coeficientes de regressão e no maior valor do coeficiente de determinação.

Foi avaliada a rentabilidade da aplicação de uréia. Nessa análise foi determinado o valor, em reais, proporcionado pela aplicação de N, o qual foi obtido pela diferença entre o valor da produção de cada tratamento e o valor da testemunha. O resultado obtido foi subtraído do custo de aquisição do insumo. Assim, consideraram-se os valores, vigentes em abril de 2003, de R\$ 18,50 e R\$ 720,00 para saca de 60 kg de milho e tonelada de uréia, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto às características analisadas, não foram verificadas significâncias para as fontes de variação “doses x épocas de aplicação de N” e “fatorial vs testemunha” (Quadros 2 e 3). Isso significa que as doses

de N não apresentaram relação com a época de aplicação e que os valores médios das doses e épocas de aplicação de N, em todas as características avaliadas, não diferiram do valor obtido da testemunha (dose zero de N). Portanto, avaliou-se o efeito médio para as variáveis que apresentaram significância.

As doses de N influenciaram significativamente o rendimento de grãos de milho (Quadro 2), sendo verificado maior produção na dose de 150 kg ha⁻¹ de N (7.012 kg ha⁻¹), o qual foi 8,21% superior ao da testemunha (6.480 kg ha⁻¹).

As respostas do milho ao aumento da dose de N foram adequadamente representadas pelo modelo de regressão polinomial de segundo grau ($Y = ax^2 + bx + c$), para rendimento de grãos, e modelo de regressão de primeiro grau ($Y = a + bx$), para teor de N nas folhas e altura de plantas (Quadro 4). Não se ajustou modelo que explicasse o efeito das doses de N no peso de grãos na espiga. Os resultados permitiram constatar aumento do rendimento de grãos, do teor de N nas folhas e da altura de plantas com o incremento das doses de N.

No entanto, não foi encontrada significância para a variável rendimento de grãos nas diferentes épocas de aplicação de N (Quadro 2). Resultados diferentes foram encontrados por Silva et al. (2005) na mesma região, sendo observado que o N incorporado e aplicado (120 kg ha⁻¹) todo na semeadura e aos 15 dias após emergência das plântulas promoveu maior rendimento de grãos em relação aos demais tratamentos (6.688 e 6.604 kg ha⁻¹, respectivamente). Resultados obtidos por Coelho (1987) constataram que a aplicação integral de N na semeadura proporcionou maior ganho de matéria seca de milho por kg de N em comparação à aplicação em cobertura. Cantarella (1993) relata que, embora a absorção do N pelo milho seja mais intensa aos 40 a 60 dias após emergência, a planta ainda absorve aproximadamente 50% do N necessário após

Quadro 2. Rendimento de grãos, de proteína nos grãos e teor de N nas folhas em função das doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho - Rio Verde (GO)

Dose de nitrogênio	Rendimento de grãos	Rendimento de proteína nos grãos	Teor de N nas folhas
	kg ha ⁻¹		mg g ⁻¹
0	6.480	567	28,9
25	6.537	576	29,3
50	6.494	586	29,7
100	6.684	582	30,2
150	7.012	614	31,4
Épocas de Aplicação de N			
Antecipada (Ant)	6.467	577	28,8 b
Semeadura (Sem)	6.704	590	29,1 b
30 dias (cobertura)	6.413	565	31,0 a
Sem + 30 dias (cobertura)	6.968	617	30,9 a
Sem + 30 + 45 dias (cobertura)	6.853	594	30,9 a
Ant + Sem + 30 dias (cobertura)	6.686	594	30,3 ab
Fontes de Variação			
Blocos	ns	ns	ns
Doses	**	ns	**
Épocas	ns	ns	**
Doses x Épocas	ns	ns	ns
Fatorial vs Test.	ns	ns	ns
CV (%)	10,15	10,73	5,42

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 %. ** e ns: Significativo a 1 % e não-significativo pelo teste F, respectivamente.

Quadro 3. Peso de grãos por espiga, peso de mil grãos, altura de plantas e severidade de doenças em função das doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho - Rio Verde (GO)

Dose de nitrogênio	Peso de grãos por espiga	Peso de mil grãos	Altura de plantas	Severidade de doenças
	kg ha ⁻¹	g	m	%
0	177	321	2,15	3,50
25	162	312	2,15	4,54
50	168	323	2,17	4,46
100	178	326	2,19	4,75
150	183	320	2,22	4,71
Épocas de Aplicação de N				
Antecipada (Ant)	162 b	311 ab	2,15 b	4,63
Semeadura (Sem)	167 ab	306 b	2,23 a	4,44
30 dias (cobertura)	182 a	331 a	2,15 ab	4,31
Sem + 30 dias (cobertura)	172 ab	320 ab	2,19 ab	4,63
Sem + 30 + 45 dias (cobertura)	175 ab	324 ab	2,20 ab	4,75
Ant + Sem + 30 dias (cobertura)	179 a	328 a	2,18 ab	4,94
Fontes de Variação				
Blocos	*	*	**	**
Doses	*	ns	*	ns
Épocas	*	*	*	ns
Doses x Épocas	ns	ns	ns	ns
Fatorial vs Test.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8,19	6,58	3,54	26,02

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 %. **, * e ns: Significativos a 1 e 5 % e não-significativo pelo teste F, respectivamente.

Quadro 4. Equações de regressões entre doses de nitrogênio e rendimento de grãos, teor de nitrogênio nas folhas e altura de plantas de milho

Parâmetros	Equações	R ²
Rendimento de grãos	$\hat{y} = 6500,63 - 1,1496x + 0,0302x^2$	0,98*
Teor de N nas folhas	$\hat{y} = 2,887 + 0,0016x$	0,98**
Altura de plantas	$\hat{y} = 2,144 + 0,0005x$	0,97**

** e *: Significativos a 1 e 5 % pelo teste F, respectivamente.

o início do florescimento. O autor afirma que é provável que haja vantagens na aplicação tardia de parte do N nos casos de uso de doses elevadas ou, principalmente, em cultivos em solos arenosos ou em áreas irrigadas.

Para rendimento de proteína nos grãos, os resultados da análise de variância indicaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Quadro 2). Nesse caso, constatou-se que os valores variaram de 567 a 614 kg ha⁻¹ para a testemunha e a dose de 150 kg ha⁻¹, respectivamente. A não-significância dos resultados pode ter sido influenciada pelo fornecimento de N do solo para as plantas de milho no tratamento testemunha, advindo principalmente da decomposição da matéria orgânica, fazendo com que a concentração de N nos grãos, associada ao rendimento de grãos, se assemelhasse aos tratamentos que receberam adubação nitrogenada. O fornecimento de N do solo pela matéria orgânica é destacado por vários autores (Klausner et al., 1990; CFMSG, 1999; Bayer & Mielniczuk, 1997; Gianello et al., 2000).

Por outro lado, observou-se que as doses e épocas de aplicação de N influenciaram significativamente os resultados do teor de N nas folhas (Quadro 2). As épocas 30 dias em cobertura, semeadura mais 30 dias, semeadura mais 30 e 45 dias e antecipada mais semeadura mais cobertura aos 30 dias apresentaram teores de N nas folhas semelhantes entre si. Nas épocas de aplicação antecipada e também na semeadura, independentemente da dose, foram obtidos valores inferiores aos dos demais tratamentos, exceto para aplicação antecipada mais semeadura mais 30 dias em cobertura. Isso pode ser explicado, provavelmente, pelo fato de que a absorção de N pela cultura do milho é pequena nos primeiros 30 dias de desenvolvimento da planta, sendo maior entre 40 e 50 dias após emergência, o que tem sugerido o parcelamento da adubação nitrogenada em até duas vezes em cobertura (Cantarella, 1993). Nota-se também aumento linear no teor de N nas folhas quando se aumenta a dose (Quadro 4). Nessa situação, a dose de 150 kg ha⁻¹ de N proporcionou teor de 31,4 mg g⁻¹, sendo superior ao da testemunha (28,9 mg g⁻¹); o que já era esperado, em razão da maior disponibilidade de N para as plantas de milho.

Para peso de grãos por espiga, houve efeito significativo de doses e épocas de aplicação de N (Quadro 3). A maior dose (150 kg ha⁻¹) foi a que proporcionou melhor resposta (183 g), e as doses de 25 e 50 kg ha⁻¹ proporcionaram valores médios inferiores aos da testemunha (177 g). Podem-se observar semelhanças nos resultados obtidos entre a época de aplicação aos 30 dias em cobertura e o tratamento de aplicação antecipada mais semeadura mais 30 dias em cobertura, os quais diferiram da aplicação antecipada, que apresentou desempenho inferior.

Quanto ao peso de mil grãos, constatou-se significância somente para as épocas de aplicação de N (Quadro 3). A aplicação aos 30 dias em cobertura e antecipada mais semeadura mais 30 dias em cobertura se destacaram entre os tratamentos, diferindo dos resultados obtidos com a aplicação de N na semeadura. A não-significância encontrada para o fator doses permite concluir que o aumento da quantidade de N fornecido via adubação não foi eficiente em aumentar o peso de mil grãos; contudo, o fornecimento do nutriente, principalmente nos tratamentos que envolveram a aplicação em cobertura, proporcionou obtenção de maiores valores (Quadro 3), devido ao maior teor foliar de N nestes tratamentos (Quadro 2).

Na altura de plantas de milho, houve significância do efeito de doses e épocas de aplicação de N (Quadro 3). À medida que se aumentaram as doses de N, houve aumento linear concomitante na altura das plantas (Quadro 4), atingindo valores de 2,22 m para a dose de 150 kg ha⁻¹. Isso se explica devido ao maior crescimento vegetativo das plantas de milho em resposta à adubação nitrogenada. Como destacam Aita et al. (2001), os crescimentos da área foliar e da taxa fotossintética são influenciados pelo estado nutricional das plantas de milho, apresentando relação direta com o teor de N nos tecidos vegetais. A aplicação do N na semeadura proporcionou a maior altura de plantas, mostrando valores superiores aos da aplicação antecipada, podendo ter ocorrido maior perda de N quando aplicado nesta época, havendo com isso, menor contribuição na característica avaliada.

Na análise de severidade de doenças foliares, constatou-se não-significância para as fontes de

variação testadas. Com o maior desenvolvimento vegetativo proporcionado pelo aumento das doses de N, era esperada maior severidade de doenças foliares nas plantas de milho, porém isso não ocorreu, pois a tolerância às principais doenças do híbrido P30K75 resultou em baixa severidade. Destaca-se ainda que as doenças observadas no momento da avaliação foram a cercospora (*Cercospora zea-maydis*), helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), mancha de diplódia (*Diplodia macrospora*), mancha de faeosféria (*Phaeosphaeria maydis*) e ferrugem polysora (*Puccinia polysora*).

As variáveis altura de plantas e teor de N nas folhas apresentaram correlação positiva e significativa com o rendimento de grãos, com valores de r de 0,94** e 0,96**, respectivamente. Dessa forma, o maior rendimento de grãos proporcionado pelo maior teor de N nas folhas das plantas de milho demonstra a importância desse nutriente quando o objetivo principal é a maximização da produção.

Na análise econômica da aplicação de uréia para as condições de realização do ensaio, observou-se que o uso de 25 kg ha⁻¹ de N na semeadura e nas aplicações antecipada e semeadura mais cobertura proporcionou acréscimos de R\$ 220,66 ha⁻¹ e R\$ 16,24 ha⁻¹, respectivamente (Quadro 5), em relação à testemunha que não recebeu aplicação de N. A maior rentabilidade na primeira situação se deve ao fornecimento de N pela matéria orgânica presente no solo. Quanto à dose de 50 kg ha⁻¹, a aplicação somente foi viável quando o N foi aplicado na semeadura mais cobertura aos 30 dias (R\$ 49,68 ha⁻¹). Com o uso de 100 kg ha⁻¹, obteve-se lucro nas aplicações semeadura mais cobertura aos 30 dias e semeadura mais cobertura aos 30 e 45 dias (R\$ 33,70 ha⁻¹ e R\$ 57,19 ha⁻¹, respectivamente). Para a dose de 150 kg ha⁻¹, a aplicação de N na semeadura mais cobertura aos 30 e 45 dias apresentou rentabilidade de R\$ 47,34 ha⁻¹. Essa análise torna-se importante no posicionamento da aplicação de N, levando-se em consideração o N fornecido pela matéria orgânica do solo, objetivando, assim, maior rentabilidade no uso de fertilizantes.

Quadro 5. Rentabilidade econômica da aplicação de nitrogênio, utilizando uréia, do ensaio de épocas e doses de aplicação de nitrogênio na cultura do milho

Época de aplicação	Dose de N (kg ha ⁻¹)			
	25	50	100	150
	R\$ ha ⁻¹			
Antecipado	-86,79	-192,48	-70,28	-186,91
Semeadura	220,66	-221,16	-241,22	-3,01
30 dias (cobertura)	-145,64	-14,51	-250,28	-193,01
Sem + 30 dias (cobertura)	-6,15	49,68	33,70	4,57
Sem + 30 + 45 dias	-132,87	-32,46	57,19	47,34
Ant + Sem + 30 dias	16,24	-44,85	-112,82	-124,56

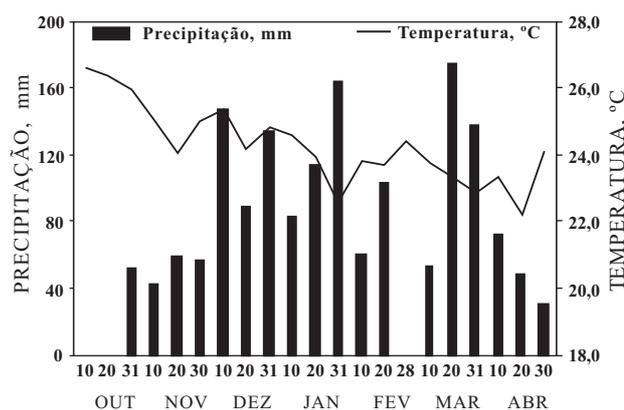


Figura 1. Dados médios, por decêndio, de precipitação (mm) e de temperatura (°C), de outubro de 2002 a abril de 2003, no município de Rio Verde (GO).

CONCLUSÕES

1. A dose de 150 kg ha⁻¹ de N proporcionou maiores rendimento de grãos, teor de N nas folhas, peso de grãos por espiga e altura de plantas.
2. Não houve efeito das doses e das épocas de aplicação de N para rendimento de proteína nos grãos e severidade de doenças.
3. Os maiores teores de N nas folhas foram obtidos nas aplicações em cobertura, semeadura mais 30 dias em cobertura e semeadura mais 30 e 45 dias em cobertura.
4. As aplicações de N em cobertura (30 dias) e parcelada (antecipada mais semeadura mais 30 dias em cobertura) proporcionaram maiores pesos de grãos por espiga e de mil grãos.
5. A maior rentabilidade de aplicação de N foi obtida com aplicação de 25 kg ha⁻¹ na semeadura.

AGRADECIMENTO

À Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano, pelo apoio na execução do ensaio.

LITERATURA CITADA

- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N. & DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. R. Bras. Ci. Solo, 25:157-165, 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. R. Bras. Ci. Solo, 26:241-248, 2002.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 24:179-189, 2000.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. & BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. R. Bras. Ci. Solo, 23:679-686, 1999.
- ARGENTA, G. & SILVA, P.R.F. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. Ci. Rural, 29:745-754, 1999.
- AZEVEDO, L.A.S. Manual de quantificação de doenças de plantas. São Paulo, O autor, 1997. 114p.
- BASSO, C.J. & CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 24:905-915, 2000.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, 21:235-239, 1997.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H., eds. Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Potafos, 1993. p.147-169.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N. & SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. Ci. Rural, 32:49-54, 2002.
- COELHO, A.M. Balanço de nitrogênio (15 N) na cultura do milho (*Zea mays* L.) em um Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1987. 142p. (Tese de Mestrado).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. – CFSMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359p.
- DA ROS, C.O. & AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 20:135-140, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- 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. R. Bras. Ci. Solo, 21:71-77, 1997.
- FREIRE, F.M.; VASCONCELLOS, C.A. & FRANÇA, G.E. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. Inf. Agropec., 22:49-62, 2001.
- GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O.; REICHMANN, E. & TEDESCO, M.J. Avaliação da disponibilidade do nitrogênio do solo estimada por métodos químicos. R. Bras. Ci. Solo, 24:93-101, 2000.
- GROVE, L.T.; RITHEY, K.D. & NADERMAN JUNIOR, G.C. Nitrogen fertilization of maize on oxisol of the cerrado of Brasil. Agron. J., 72:261-265, 1980.
- JANSEN, H.H. & KUCEY, R.M.N. C, N, and S mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime. Plant Soil, 106:35-41, 1988.
- KLAUSNER, S.D.; SUHET, A.R. & DUXBURY, J.M. Estimating nitrogen mineralization in a "cerrado" Dark-Red Latosol, by laboratory incubation, and the effect of soil sample disturbance. Pesq. Agropec. Bras., 25:617-623, 1990.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDÖRFER, G.H. & PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). R. Bras. Ci. Solo, 24:363-376, 2000.
- SILVA, E.C.; FERREIRA, S.M.; SILVA, G.P.; ASSIS, R.L. & GUIMARÃES, G.L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 29:725-733, 2005.
- SOUZA, W.J.O. & MELO, W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. R. Bras. Ci. Solo, 24:885-896, 2000.
- TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M. & MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, 18:207-214, 1994.
- TOLLENAAR, M.; MIHAJLOVIC, M. & VYN, T.J. Corn growth following cover crops: Influence of cereal cultivar, cereal removal, and nitrogen rate. Agron. J., 85:251-255, 1993.
- VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. R. Bras. Ci. Solo, 22:411-417, 1998.
- VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C. & VARGAS, A.A.T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-120.