
Luiz Antonio de Mendonça
Costa¹, Kassio Guilherme
Rocha², Dercio Ceri Pereira²

**SULFATO DE AMÔNIO EM COBERTURA
NA CULTURA DO MILHO SOB SISTEMA
DE PLANTIO DIRETO**

RESUMO: A cultura do milho é muito responsiva à adubação nitrogenada, tanto por se tratar de uma *Poaceae* como pelos vários anos de melhoramento genético. Entretanto, outros fatores devem ser considerados quanto ao uso de doses excessivas de nitrogênio, principalmente aspectos econômicos e ambientais. Neste trabalho objetivou-se avaliar a produtividade do milho híbrido em doses crescentes de sulfato de amônio, bem como de outras características como massa de grãos, altura de plantas (em quatro estádios) e altura de inserção de espigas. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis tratamentos e três repetições. As doses avaliadas de sulfato de amônio foram zero em relação à recomendada para o milho, 50% menor, 25% menor, 25% maior e 50% maior do que a recomendada para a região. Doses crescentes de sulfato de amônio promoveram aumentos de massa fresca de grãos e produtividade. O tratamento +50% da dose recomendada para a região, 247,50 kg ha⁻¹, apresentou os maiores aumentos de massa fresca de grãos e produtividade. Para a altura de plantas, na quarta avaliação, observou-se diferença estatística entre os tratamentos. O tratamento em que se utilizou dose 50% menor do que a recomendada foi o que apresentou o menor valor. Para a altura de inserção de espigas, não se observou efeito das doses de sulfato de amônio. Concluiu-se que o uso da dose recomendada para a cultura do milho na região é suficiente para atingir altas produtividades.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., nitrogênio, altura inserção espiga.

¹ Pesquisador Visitante – UNIOESTE – Imendo@gmail.com

² Eng. Agrônomo

AMMONIUM SULFATE IN COVER CROPS ON AMIZE UNDER NO-TILLAGE SYSTEM

SUMMARY: Maize crop is very responsive to nitrogen fertilization, because it is a *poaceae* and by several years of plants breeding. However, other factors must be considered as the use of extra rates of nitrogen, mainly economic and environment aspects. This trial aimed at evaluating the maize hybrid yield under increasing rates of ammonium sulfate as well as in other parameters like grain mass, plants height (four stages) and ear insertion height. The experiment was carried out in randomized blocks with six treatments and three replications. Increasing doses of ammonium sulfate stimulated increases in fresh weight of grains and yield. For the plants height parameter, there was a statistical difference among the treatments. The treatment, which used 50% less dose than the recommended was the one with the lowest value. For the ear insertion height, there was no effect of doses with ammonium sulfate. At last, it was concluded that the use of recommended dose for maize in the region is enough to obtain high yields.

KEY WORDS: *Zea mays* L., nitrogen, ear insertion height.

INTRODUÇÃO

Dentre as culturas agrícolas, o milho (*Zea mays* L.) é uma das principais, servindo de alimento para homens e animais. Trata-se de um cereal energético e protéico, constituído de 60% de carboidratos, 10% de proteínas, 4% de lipídios, minerais e vitaminas (FANCELLI & LIMA, 1982). Araújo et al. (2004) apontam a utilização dos fertilizantes nitrogenados dentre os fatores que proporcionam elevada produtividade de milho nos EUA. O nitrogênio apresenta-se em diversos modos no solo, ou seja, óxido nitroso, óxido nítrico, nitrito, nitrato (formas mais absorvidas pelos vegetais), amoniacal (NH_4^+) e o gás nitrogênio (N_2), componente majoritário do ar atmosférico (MALAVOLTA, 1997).

O nitrogênio é um elemento essencial para síntese protéica e também faz parte da molécula de clorofila. A falta de nitrogênio induz clorose, crescimento lento, baixos níveis de proteína nas sementes e partes vegetativas. A maioria das culturas agrícolas absorve parte do nitrogênio como nitrato, com exceção do arroz que absorve o elemento na forma de amônio. Segundo LOPES (1998), é bom manter o nitrogênio na forma de amônio, até o momento em que a cultura necessite dele, pois o nitrogênio amoniacal não é susceptível à lixiviação, protegendo dessa forma o lençol freático.

Para Malavolta (1980), no plantio, as culturas anuais recebem apenas uma fração da dose de nitrogênio total, o restante é fornecido

em cobertura sobre a superfície do solo ou ao lado das plantas nos estádios de maior necessidade. Segundo Cantarella (2007), o milho com modesta produção, em condição desfavorável ou elevada, cultivado com alta tecnologia e híbridos atuais podem absorver de 80 a 350 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

De acordo com Lara Cabezas & Couto (2007), a maior produtividade de grãos de milho foi obtida com sulfato de amônio, independente da época de aplicação. Para RAIJ (1991), o sulfato de amônio possui pouca higroscopicidade e ótimas propriedades físicas. Outra vantagem do adubo é o elevado teor de enxofre, aspecto que não é superado por outro fertilizante. Entretanto, apresenta a desvantagem de acidificar o solo e possui pouco nitrogênio. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses crescentes de sulfato de amônio como adubação de cobertura sobre o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Santa Helena, Paraná, localizado a 54°21'10" W de Longitude e 24°42'30" S de Latitude, com altitude média de 260 m. O clima enquadra-se no tipo Cfa, com precipitação média anual de 1.800 mm, com verões quentes, geadas pouco frequentes, tendência de concentração das chuvas nos meses de verão e sem estação seca definida (IAPAR, 1998). A implantação do experimento foi em solo classificado como LATOSSOLO ROXO Eutrófico, com boa drenagem e textura argilosa (EMBRAPA, 2006), analisado nas camadas de 0-10 e 10-20 cm com as seguintes características químicas (Tabela 1):

Tabela 1 Análise química do solo inicial da área experimental

Prof (cm)	pH CaCl ₂	Ca -----cmol _c dm ⁻³ -----	Mg -----cmol _c dm ⁻³ -----	K -----cmol _c dm ⁻³ -----	CTC -----cmol _c dm ⁻³ -----	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	V%
0-10	6,10	8,86	3,20	0,93	15,73	38,91	18,22	82,58
10-20	5,50	7,96	2,19	0,66	14,50	25,49	39,17	74,55

A adubação de plantio, comum aos tratamentos, foi de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 8-30-20, conforme análise de solo (Tabela 1). A cultura utilizada anterior ao cultivo do milho foi trigo.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 6 tratamentos e 3 repetições, totalizando 18 parcelas.

As parcelas foram constituídas por 6 linhas, com espaçamento de 0,7 m e comprimento de 10 m, totalizando 42 m². Foi utilizado 2 m de espaçamento entre blocos. A área experimental apresentou as seguintes dimensões: 16,6 x 60 m, num total de 996 m².

A cultivar de milho utilizada foi a AG 8021, com as seguintes características: alto potencial produtivo para a região, grão amarelo alaranjado, semi-dentado, com ciclo de 140 - 165 dias. Os tratamentos utilizados foram baseados na utilização de sulfato de amônio (21% N e 23,7% S) em cobertura, aplicado a lanço na superfície do solo, a saber: T₀ (testemunha); T₁ (-50% da dose recomendada: 82,50 kg ha⁻¹); T₂ (-25% da dose recomendada: 123,75 kg ha⁻¹); T₃ (dose recomendada para alta produtividade para a região do município de Santa Helena: 165 kg ha⁻¹); T₄ (+25% da dose recomendada: 206,25 kg ha⁻¹); T₅ (+50% da dose recomendada: 247,50 kg ha⁻¹). A distribuição da adubação de cobertura ocorreu quando as plantas estavam no estágio V4 com quatro folhas, desenvolvidas conforme escala de RITCHIE & HANWAY, 1989. Todas as adubações foram realizadas com solo úmido, na parte da tarde, com baixa incidência de radiação solar.

A semeadura foi mecanizada em sistema plantio direto, com densidade de 8 sementes por metro linear à profundidade de 0,04 m. As sementes foram previamente tratadas com o inseticida Thiamethoxam (dose 210g de princípio ativo/ 100 kg de sementes).

Efetuiu-se o desbaste manual após emergência das plântulas (quatro plântulas por metro), o que perfaz uma população de 57.143 plantas ha⁻¹.

Durante o ciclo da cultura, realizaram-se as medidas das alturas de plantas e inserção da espiga em cinco plantas escolhidas aleatoriamente. As avaliações foram realizadas em quatro épocas distintas. A primeira avaliação ocorreu com 15 dias após emergência (DAE), a segunda aos 25 DAE, a terceira aos 35 DAE e a quarta, no período de florescimento com 78 DAE.

Para colheita, eliminaram-se 2,5 m de cada extremidade da parcela e uma linha de cada lado, o que resultou em uma área útil de 14 m² por parcela. Por ocasião da colheita, os grãos apresentavam 18% de umidade. As espigas com palha passaram por um período de secagem de cinco dias e atingiram 13% de umidade. As espigas foram debulhadas com máquina manual. Os grãos resultantes da debulha foram pesados a fim de se determinar a produtividade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância com o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000). Nas análises, consideraram-se as doses de N como fator quantitativo com a realização

da análise de regressão, enquanto a altura da planta e altura de inserção da espiga foram consideradas como fator qualitativo, comparando-se as médias pelo teste LSD a 5 % de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as características avaliadas, a produtividade e a massa fresca de grãos apresentaram resultados significativos com o aumento das doses de sulfato de amônio em cobertura. Na Figura 2, os rendimentos médios de massa fresca de grãos e de produtividade de milho aumentaram, e o efeito das doses de sulfato de amônio em cobertura em relação à massa fresca de grãos e produtividade foi linear.

Os aumentos da massa fresca de grãos e produtividade de milho, nas parcelas que receberam sulfato de amônio em cobertura, foram em função da disponibilidade de nitrogênio, enquanto na parcela testemunha, a disponibilidade de nitrogênio foi limitada, dependente da mineralização de nitrogênio da matéria orgânica do solo. Verificou-se que os teores de matéria orgânica de 38,91 e 25,49 g dm⁻³ (Tabela 1), obtidos nas profundidades 0-10 e 10-20 cm antes da instalação do experimento, possibilitaram uma contribuição significativa do N no solo. O nitrogênio da matéria orgânica, uma vez iniciada a decomposição, entra no estoque de N orgânico do solo, passa a ser mineralizado e assimilado pelo milho de modo semelhante à adubação dos demais tratamentos (MENEZES & SALCEDO, 2007).

Na parcela, a massa fresca de grãos apresentou maior rendimento com a dose de 247,50 kg ha⁻¹ (T_g). Dessa maneira, a aplicação de 247,50 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio proporcionou a maior produtividade e, em relação à testemunha, o aumento de 1.872 kg ha⁻¹ (18,78%) na produtividade de grãos. O aumento na massa fresca de grãos e a produtividade possivelmente foram devido às contribuições do enxofre, resultante da migração para camadas sub-superficiais no solo e posteriormente quando entra na formação de proteínas. De acordo com FERREIRA et al. (2001), os acréscimos nas doses de nitrogênio (0 a 210 kg ha⁻¹) utilizam como fonte o sulfato de amônio, com aplicações na semeadura, 25 e 45 dias após a emergência, o qual aumentou o teor de enxofre nos grãos. Neste sentido, Lara Cabezas et al. (2005) afirmaram ter obtido aumento médio de 847 kg ha⁻¹ de grãos em comparação à aplicação de uréia quando o sulfato de amônio foi aplicado em pré-semeadura e cobertura.

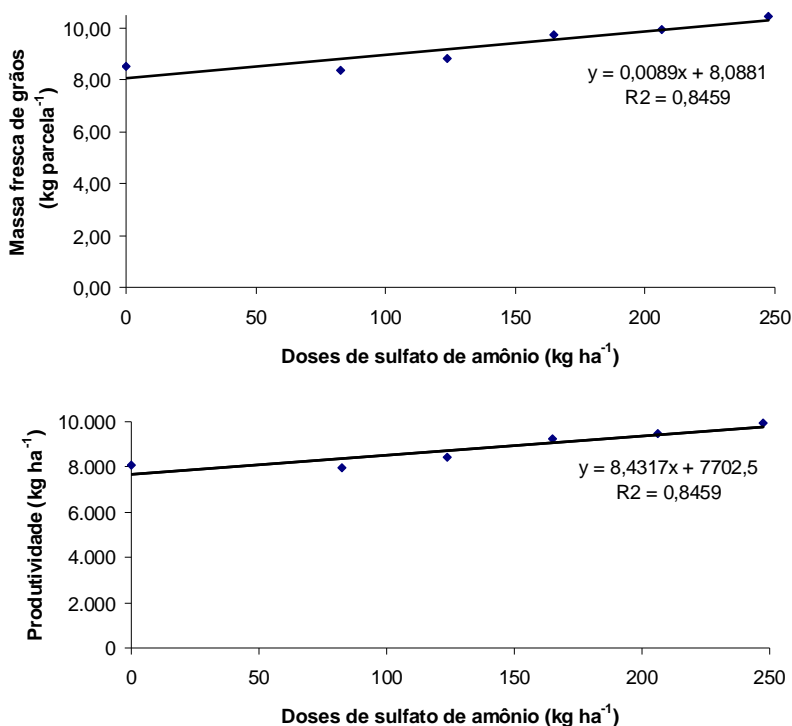


Figura 1 Massa fresca de grãos e produtividade de milho com aplicações em cobertura de doses de sulfato de amônio.

A dose de 247,50 kg ha⁻¹ não alcançou a máxima produtividade agrônômica, indicando que a massa fresca de grãos e a produtividade poderiam apresentar aumentos de rendimentos com doses maiores de sulfato de amônio. Tal resultado está de acordo com os obtidos por CRUZ et al. (2008), com a aplicação de sulfato de amônio em cobertura, em que as cultivares: DKB-395, DOW- 8850, TRACTOR, AG-9010, com a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, não apresentaram máxima produtividade. Isso indica que as cultivares poderiam alcançar maiores rendimentos com doses mais elevadas nitrogênio.

As alturas das plantas de milho diferiram estatisticamente, o que indica afastamento dos resultados entre os tratamentos (Tabela 2). Na primeira coleta, pode-se destacar T₃ com a dose de nitrogênio recomendada para a região Oeste do Paraná, superando T₅ com a máxima quantidade de nitrogênio.

Tabela 2 Alturas de plantas e inserção de espiga, expressas em m, nos tratamentos na cultura do milho

Tratamento	Altura das plantas				Altura de inserção das espigas
	coleta				
	15 DAE	25 DAE	35 DAE	78 DAE	
T ₀	0,28 ab	0,62 b	1,07 b	2,66 ab	1,31 a
T ₁	0,27 ab	0,63 ab	1,08 b	2,61 b	1,28 a
T ₂	0,28 ab	0,62 b	1,08 b	2,66 ab	1,29 a
T ₃	0,28 a	0,62 b	1,15 ab	2,66 ab	1,30 a
T ₄	0,28 ab	0,64 ab	1,20 a	2,69 a	1,28 a
T ₅	0,26 b	0,66 a	1,23 a	2,70 a	1,33 a
DMS	0,02	0,02	0,10	0,07	0,09
CV(%)	4,07	2,09	4,83	1,43	3,82

T₀= Testemunha; T₁= -50% da dose recomendada: 82,50 kg ha⁻¹; T₂= -25% da dose recomendada: 123,75 kg ha⁻¹; T₃=Dose recomendada para alta produtividade para a região do município de Santa Helena: 165,00 kg ha⁻¹; T₄ = +25% da dose recomendada: 206,25 kg ha⁻¹; T₅= +50% da dose recomendada: 247,50 kg ha⁻¹. Médias, seguidas de mesma letra, dentro de cada característica, não diferem entre si, pelo teste LSD, a 5% de probabilidade de erro.

DMS = Diferença mínima significativa. CV = Coeficiente de variação.

Na segunda coleta, ocorrem mudanças significativas, pois T₅ obteve crescimento acima de T₀, T₂ e T₃, fato resultante da contribuição de nitrogênio pela maior quantidade de sulfato de amônio recebido, com isso adquiriu altura superior. Resultados concordantes a esses foram obtidos por Gomes et al. (2007), os quais, ao avaliarem aumentos crescentes de nitrogênio, observaram uma resposta linear concomitante na altura das plantas, com valores de 2,22 m para dose de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Isso se deve ao maior crescimento vegetativo das plantas de milho como resposta à adubação nitrogenada. Os valores observados nos tratamentos T₄ e T₅ na terceira e quarta avaliações de altura das plantas apresentaram-se superiores, sendo estatisticamente semelhantes, enquanto os tratamentos T₀, T₁ e T₂ na terceira e T₁ na quarta avaliação apresentaram-se estatisticamente inferiores. Estes resultados diferem dos obtidos por Lucena et al. (2000), cuja dose de máxima eficiência física foi de 100 kg ha⁻¹ de N para altura máxima de planta de 146,30 cm.

O tratamento T₁ apresentou altura de planta 3,33% menor em relação ao valor máximo obtido. As doses de nitrogênio propiciaram crescimento semelhante em T₄ e T₅, com crescimento distinto e pouco afastado de T₁ na quarta avaliação. Esses resultados concordam com os encontrados por CASAGRANDE & FONASIERI FILHO (2002), os quais, em trabalho de adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha, utilizaram dois híbridos. Os autores verificaram que a altura das plantas foi semelhante com resultados médios de 2,28 m. SOUZA et al. (2003)

relatam que a altura de planta é um atributo genético, sendo o milho influenciado pelo ambiente em que se desenvolve.

Para altura de inserção de espiga, os tratamentos não apresentaram diferença significativa. Resultados superiores aos obtidos neste trabalho foram encontrados por SILVA et al. (2005) ao aplicarem a metade da dose de nitrogênio no plantio e metade no estádio de 4 a 6 folhas, apresentando maior altura de espiga em relação ao tratamento que foi aplicado todo o nitrogênio no estádio de 8 a 10 folhas. De acordo com ERNANI et al. (2005), a altura do milho só aumentou devido à incorporação da uréia. LOURENTE et al. (2007) trabalharam com culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho e concluíram que o sulfato de amônio e a uréia afetam somente o número de grãos por espiga e o teor de nitrogênio foliar.

CONCLUSÕES

Para a altura das plantas, aos 78 dias após emergência, observou-se diferença estatística entre os tratamentos. No tratamento em que se utilizou dose de -50% menor que a recomendada: 82,5 kg ha⁻¹, foi registrado o menor valor. Para a altura de inserção de espigas, não se observou efeito das doses de sulfato de amônio.

Doses crescentes de sulfato de amônio promoveram aumentos de produtividade. O uso da dose recomendada para a cultura do milho na região é suficiente para atingir altas produtividades. O tratamento +50% da dose recomendada para a região, 247,50 kg ha⁻¹, apresentou os maiores aumentos de massa fresca de grãos e produtividade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p.771-777, 2004.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 375-470.

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.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J.R.; ALBUQUERQUE, A.W.; PEREIRA, R.G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p.62-68, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006. 306 p.

ERNANI, P. R. et al. Forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 360-365, 2005.

FANCELLI, A. L.; LIMA, U. A. **Milho**: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo: SICCI; PROMOCET; FEALQ, 1982. 112p. (Série Extensão Agroindustrial, 5).

FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; PEREIRA, P.R.G.; CARDOSO, A.A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000, 66p.

GOMES, R.F.; SILVA, A.G.; ASSIS, R.L.; PIRES, F.R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1998.

LARA CABEZAS, W. A. R.; COUTO, P. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 739-752, 2007.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ARRUDA, M.R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 215-226, 2005.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2.ed.; Piracicaba, 1998. 177p.

LOURENTE, E.R.P.; ONTOCELLI, R.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E.; RODRIGUES, E.T. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.

LUCENA, L.F.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; ANDRADE, A.P. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 334-337, 2000.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed.; Piracicaba : POTAFOS, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 361-367, 2007.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology/ Cooperative Extension Service, 1989. (Special Report, 48).

SILVA, E.C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005.

SOUZA, L.C.F.; FEDATTO, E.; GONÇALVES, M.C.; ALVES SOBRINHO, T.; HOOGERHEIDE, H.C.; VIEIRA, V.V. Produtividade de grãos de milho irrigado em função da cultura antecessora e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 44-51, 2003.