

**AVALIAÇÃO DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO
DE COBERTURA NITROGENADA, FONTES
DE NITROGÊNIO E DE ESPAÇAMENTOS
ENTRE FILEIRAS NA CULTURA MILHO**

IRAN DIAS BORGES

2003

IRAN DIAS BORGES

**AVALIAÇÃO DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DA COBERTURA
NITROGENADA, FONTES DE NITROGÊNIO E DE ESPAÇAMENTOS
ENTRE FILEIRAS NA CULTURA MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho

**Lavras
Minas Gerais - Brasil
2003**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Borges, Iran Dias

**Avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes
de nitrogênio e de espaçamentos entre Fileiras na cultura do milho. /
Iran Dias Borges. -- Lavras : UFLA, 2003.**

73 p. : il.

Orientador: Renzo Garcia Von Pinho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Nitrogênio. 2. Sistemas de cultivo. 3. Espaçamento. 4. Uréia. 5.
Sulfato de amônio. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

**CDD - 633.15
- 633.15894**

IRAN DIAS BORGES

**AVALIAÇÃO DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DA COBERTURA
NITROGENADA, FONTES DE NITROGÊNIO E DE ESPAÇAMENTOS
ENTRE FILEIRAS NA CULTURA MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 15 de Agosto de 2003.

Prof. Carlos Alberto Silva – DCS/UFLA

Prof. Antônio Alves Soares – DAG/UFLA



Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

Aos meus pais e familiares

Às minhas irmãs, Raquel e Ângela Cristina, e a Sinhazinha

À minha namorada Luziane pela compreensão, amor e

apoio em todos os momentos

OFEREÇO

Às minhas filhas Nara Tayná

e Maria Cecília,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, proteção, força e guia de todas as horas.

À Universidade Federal de Lavras - UFLA e ao Departamento de Agricultura pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa FERTIPAR pelo apoio na formulação e fornecimento dos adubos necessários para a realização dos experimentos.

À Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES pelo incentivo e liberação para minha capacitação.

À Prefeitura Municipal de Montes Claros pelo imprescindível apoio, representado pelos colegas Reinaldo, Vicente, Nonô, Marcos e Messias

Ao produtor Nelson Carvalho que gentilmente nos cedeu a área, maquinário e insumos para realização dos experimentos no sítio dos rosas.

Ao professor Renzo Garcia Von Pinho pela orientação, apoio e amizade.

Aos colegas de UNIMONTES Fábio, Tida, Flavinho, Zé Ermelino Regina Caleiro e Rosina Rabelo, e ao grande amigo e companheiro Virgílio.

Aos professores, pesquisadores e funcionários do setor de grandes culturas e do Departamento de Agricultura pelo aprendizado, colaboração e convivência amigável e, em especial, ao Marcinho.

Aos colegas e amigos do curso de Pós-graduação, Cláudio, Ramon, Sérgio, Max, Joadil e Roger, pelos grandes momentos de ajuda e aprendizado mútuo e aos graduandos do Grupo do Milho, pela inestimável colaboração.

À Ademar, Marcos e Cristina pelo apoio desde o início de tudo.

BIOGRAFIA

Iran Dias Borges, filho de Geraldo Borges e Emerenciana Dias Borges, nasceu no dia 16 de novembro de 1964, em Montes Claros, MG.

Em agosto de 1987 graduou-se em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, hoje UFLA.

Em 1990 ingressou na Prefeitura Municipal de Montes Claros, como agrônomo da Secretaria Municipal de Agricultura.

Instrutor do SENAR – MINAS desde novembro de 1997.

Em novembro de 1999 especializou-se em irrigação e drenagem pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Em 2000 ingressou na Universidade Estadual de Montes Claros como professor do curso de agronomia em Janaúba, MG.

Em abril de 2002 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia da UFLA, defendendo a dissertação em 15 de agosto de 2003.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Ecofisiologia e cultivares de milho	3
2.2 Arranjo das plantas e sua influência no crescimento e desenvolvimento do milho.....	4
→2.3 Formas e transformações do nitrogênio no solo	9
2.4 A importância do nitrogênio para o milho	11
2.4.1 Adubos nitrogenados para o milho.....	13
2.4.2 Resposta do milho ao parcelamento da adubação nitrogenada.....	15
2.5 Sistemas de cultivo	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Material genético	24
3.2 Caracterização das áreas experimentais	24
3.3 Métodos.....	28
3.3.1 Detalhes experimentais	28
3.3.2 Características avaliadas	30
3.3.3 Delineamento experimental	31
3.3.4 Modelo estatístico.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Sistema convencional de cultivo.....	35
4.1.1 Altura de plantas e de espigas.....	38
4.1.2 Plantas acamadas e quebradas	40
4.1.3 Produtividade de grãos	41
4.2 Sistema de plantio direto	46
4.2.1 Altura de plantas e altura de espiga.....	49
4.2.2 Produtividade de grãos	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
6 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	69

RESUMO

BORGES, Iran Dias. Avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes de nitrogênio e de espaçamento entre fileiras na cultura do milho. 2003. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Para o melhor desempenho da cultura do milho, a escolha do melhor arranjo de plantas na área e a definição da melhor época para aplicação da cobertura nitrogenada estão entre as decisões mais importantes, aliadas a escolha do híbrido e da época de semeadura. Deste modo, vários trabalhos têm sido realizados no Brasil visando esclarecer estes aspectos. Entretanto, no sul de Minas Gerais ainda existe escassez de informações sobre este assunto. O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de híbridos de milho, submetidas a dois espaçamentos entre linhas, associados a quatro épocas de aplicação da adubação nitrogenada e duas fontes de nitrogênio, considerando o sistema cultivo convencional e o plantio direto. Para a instalação dos experimentos, a área disponível para cultivo sob cada sistema de cultivo foi dividida em duas glebas; Na primeira instalou-se um experimento considerando o espaçamento de 0,45 m e na segunda foi conduzido outro experimento com 0,80 m de espaçamento. Para cada experimento foram avaliados, em esquema fatorial 4x2x4, os desempenhos de quatro híbridos de milho (P 30K75, AG 9010, DKB 333B e A 2555) sob duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia) e quatro épocas de aplicação da adubação nitrogenada: 40 kg de N.ha⁻¹ aplicados por ocasião da semeadura, sem cobertura nitrogenada; 40 kg de N.ha⁻¹ na semeadura + 100 kg de N aplicados em cobertura, logo após a semeadura a 20 cm das fileiras; 40 kg de N.ha⁻¹ na semeadura + 50 kg de N em cobertura no estádio de 4 a 5 folhas + 50 kg de N em cobertura no estádio de 7 a 8 folhas a 20 cm das fileiras; 40 Kg N.ha⁻¹ na semeadura + 100 Kg de N em cobertura no estádio de 6 a 7 folhas a 20 cm das fileiras. A antecipação da cobertura nitrogenada para logo após a semeadura proporciona produtividades de grãos semelhante às obtidas quando esta é aplicada em outros estádios fenológicos do milho. No sistema de plantio direto a produtividade de grãos foi maior quando se adotou o espaçamento de 0,45 m entre linhas. Já no sistema de cultivo convencional ocorreu o inverso, ou seja, a produtividade foi maior no espaçamento de 0,80 m. O comportamento dos híbridos foi semelhante nos dois sistemas de cultivo, merecendo destaque o híbrido DKB 333B, que foi o mais

¹ Comitê Orientador: Prof. Renzo Garcia Von Pinho – UFLA (Orientador), Prof. Carlos Alberto Silva –UFLA e Profª Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA.

the height of plants and ears are not affected by the nitrogen sources (urea and ammonium sulfate), independent of the system of cultivation and of the spacing between lines.

1 INTRODUÇÃO

O milho é cultivado em todas as regiões do Brasil, possuindo grande importância social e econômica. A dificuldade de atender à crescente demanda interna do produto, à competição com outras culturas pela ocupação de novas fronteiras agrícolas e à forte perspectiva de expansão de mercados externos para este cereal, seus derivados e para aves e suínos, apontam para a necessidade de trabalhos que objetivem obter maior eficiência na atividade e maior competitividade no mercado. Nestes aspectos, trabalhos enfocando alternativas de espaçamento e arranjo de plantas, sistemas de cultivo, adaptação de híbridos e eficiência no manejo da adubação têm recebido relevante atenção da comunidade científica.

A região sul de Minas Gerais é caracterizada por áreas montanhosas com a agricultura, na sua grande maioria, realizada sob o sistema de cultivo convencional, e cerca de 20% das áreas são exploradas sob sistema de plantio direto. Na maioria das vezes o uso do sistema de plantio direto ocorre de maneira não planejada, tendo como base exemplos de outras regiões do estado e do país que geralmente divergem da realidade regional. Nesta região a produção de milho é realizada por pequenos agricultores, tanto com o objetivo de produção de forragem como de produção de grãos, todavia a produção de milho para grão tem aumentado significativamente, como também a adoção do sistema de plantio direto, fazendo-se necessário o desenvolvimento de pesquisas especificamente para este sistema de cultivo.

A obtenção de maior eficiência na produção está diretamente relacionada, dentre outros fatores, aos cultivares e espaçamentos utilizados, sendo comum a interação entre eles. Avaliar os novos cultivares de milho disponíveis em diferentes espaçamentos é necessário, tendo em vista a

necessidade de conhecer seus efeitos nas características agronômicas sob diferentes ambientes e tipos de manejo da cultura. A redução do espaçamento entre linhas permite melhor arranjo e distribuição espacial das plantas, possibilitando, assim, melhor absorção de água e nutrientes.

Outro fator importante no cultivo do milho é o manejo da adubação nitrogenada, visto a grande demanda e responsividade da espécie a este nutriente. A maioria dos trabalhos sobre manejo da adubação nitrogenada foi realizada há vários anos, com cultivares não mais utilizadas e que diferem quanto a aspectos relacionados à eficiência no aproveitamento do nitrogênio aplicado. Considerando que as cultivares atuais possuem, na sua grande maioria, ciclo mais precoce, o que diminui o tempo de duração da fase de crescimento vegetativo da cultura, o nitrogênio aplicado na semeadura e em cobertura poderia não estar disponível satisfatoriamente nesta fase de maior demanda da cultura, comprometendo a maximização da produção e dos lucros. Deste modo, a concentração da adubação nitrogenada mais próxima à semeadura poderia não comprometer significativamente estes aspectos e ainda minimizar problemas com a disponibilidade de tempo e maquinário para execução da operação.

O acentuado dinamismo do nitrogênio no sistema solo torna o estudo deste elemento bastante complexo, e sendo muitos os fatores que podem influenciar sua disponibilidade às plantas, importante torna-se conhecer a influência de diferentes fontes de nitrogênio em características agronômicas da cultura do milho quando submetida a diferentes manejos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar quatro épocas de aplicação da adubação nitrogenada, associada dois espaçamentos entre linhas (0,45 m e 0,80 m) e a duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia), para quatro híbridos de milho, considerando o sistema de cultivo convencional e o plantio direto, na região sul de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ecofisiologia e cultivares de milho

O milho é uma planta de origem tropical, sendo muito exigente em calor e umidade para se desenvolver e produzir satisfatoriamente (Fancelli, 1995). A espécie é pertencente a um grupo de plantas denominado C₄. Espécies deste grupo se caracterizam por apresentarem fotorrespiração reduzida ou ausente e fixação de CO₂ através de ácidos dicarboxílicos, efetuando uma remoção muito rápida de carboidratos produzidos nas folhas, possuindo, portanto, uma fotossíntese líquida superior à de espécies dos grupos C₃ e CAM (Borger, 1976). O milho responde com altos rendimentos a crescentes intensidades luminosas, o que lhe confere alta produtividade biológica, trabalhando, portanto, como uma eficiente fábrica de açúcar, matéria seca e carboidratos. Uma semente de 0,3 g se transforma em nove semanas em uma planta de 2,0 metros ou mais, gerando cerca de 500 a 1000 grãos (Embrapa, 1993).

Os avanços contínuos no melhoramento genético na cultura do milho têm proporcionado a disponibilidade de híbridos comerciais com alto potencial produtivo, arquitetura mais ereta, porte baixo e ciclo curto. Tais genótipos se mostram mais resistentes ao acamamento e quebramento, facilitam a mecanização e a sucessão com outras culturas, além de permanecerem menos tempo no campo sujeitos a condições adversas do ambiente e viabilizarem a comercialização em época de melhores preços.

A semente é um insumo de diferencial importância para a lavoura de milho pois pode proporcionar ganhos em produtividade sem custo adicional ao sistema de produção. Isto se dá através da agregação de fatores como alto potencial produtivo, tolerância a pragas e doenças, resistência a condições adversas de clima e solo, dentre outras. Apesar disso, mais de quatro milhões de

hectares no Brasil são cultivados com sementes de baixo potencial produtivo, como variedades locais, não melhoradas, e segunda geração de híbridos comerciais (Silva & Corrêa, 1990; Embrapa, 1996). A tendência atual é de aumento no percentual de uso de sementes de híbridos simples e triplos em detrimento ao uso de híbridos duplos, porque os primeiros têm base genética mais estreita e são, geralmente, mais produtivos que os duplos e as variedades, embora possam sofrer mais com as alterações nas condições ambientais (Coelho et al., 2003).

Atualmente o mercado de sementes de milho disponibiliza mais de uma centena de cultivares aos agricultores. Na safra de 2001/2002 foram disponibilizadas cerca de 180 cultivares de milho, sendo 63% destas representadas por híbridos simples e triplos, modificados ou não (Coelho et al., 2003). Porém existe ainda, por bom tempo, mercado para híbridos duplos que atendam a regiões e produtores com nível médio de tecnologia e perspectivas não tão altas de produtividade.

De modo geral, as cultivares de milho devem ser adaptadas à região de cultivo. Isto é verificado por meio de ensaios regionais e nacionais. No entanto, com a expansão do sistema de plantio direto torna-se necessário a condução destas avaliações, sob este sistema de cultivo, já que estas normalmente têm sido conduzidas, na sua maioria, sob sistema de cultivo convencional (Embrapa, 1991).

2.2 Arranjo das plantas e sua influência no crescimento e desenvolvimento do milho

As várias alternativas de combinações de espaçamentos e densidades de plantas pode se definir como “arranjo de plantas”, ou seja, é a forma como as plantas estão distribuídas na área, o espaçamento entre linhas e a distribuição de

plantas na linha. Teoricamente o melhor arranjo de plantas é aquele que proporciona uma distribuição mais uniforme das plantas na linha de semeadura, possibilitando melhor utilização da luz, água e nutrientes (Rizzardi et al., 1994). Segundo Sangoi (2001), plantas espaçadas equidistantemente competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores.

Através de um melhor aproveitamento da luz pode-se ter um acréscimo da produção através do aumento da densidade de plantas e da redução do espaçamento entre linhas de semeadura, otimizando a eficiência de interceptação da luz pelo aumento da área foliar por unidade de área, mesmo nos estágios fisiológicos iniciais; reduzindo a competição inter e intraespecífica por luz, água e nutrientes; aumentando a qualidade da luz interceptada pelas plantas e aumentando o conteúdo de matéria seca e grãos (Molin, 2000).

A definição do melhor arranjo de plantas passa pela escolha do genótipo que possuir características que permitam melhorar a distribuição dos indivíduos na área. Oliveira (1984) relata que a população ideal de plantas está relacionada com a finalidade da cultura (grãos ou forragem) e com as características do híbrido. Os híbridos de ciclo normal, de porte alto, que produzem muita massa, geralmente não se beneficiam do melhor arranjo dentro da área. Pelo grande desenvolvimento vegetativo, logo no início do ciclo podem sombrear o espaço entre fileiras. Já os híbridos de menor porte, com pouco desenvolvimento de massa, demoram muito a fechar os espaços entre as linhas e muitas vezes nem conseguem sombrear toda a área. Plantas de milho com estas características de precocidade e menor porte são as que mais se beneficiam do uso de menores espaçamentos (Mundstock, 1978).

Diversos trabalhos de pesquisa têm mostrado uma tendência de maiores produções de grãos em espaçamentos mais estreitos, principalmente com o milho de porte baixo. Isto porque, além dos benefícios citados por Molin

(2000), e sob o ponto de vista dos agricultores reduzir o espaçamento, propicia maior eficiência no uso dos equipamentos, principalmente semeadoras, pois estas são utilizadas em outras culturas como a soja, o feijão e o algodão, evitando, assim, constantes modificações nas linhas de plantio (www.Pioneer.com/brasil/ 2002).

Mundstock (1978), avaliando efeitos de espaçamentos entre linhas, verificou que os efeitos benéficos dos menores espaçamentos foram ocasionados, possivelmente, pelo melhor aproveitamento de luz no período de enchimentos de grãos, o que concorreu para o maior peso individual de espigas. Aparentemente a pressão de competição imposta pelas diferentes distâncias entre linhas não é muito forte até a época de polinização, pois nem o desenvolvimento das estruturas das espigas nem a emergência destas foram afetadas pelos espaçamentos.

Quando se pensa em diminuir o espaçamento entre linhas, a escolha da cultivar deve também ser levada em conta. Trabalhando com três híbridos, quatro espaçamentos e três densidades, Moraes (1991) concluiu que, ao aumentar o espaçamento, independentemente da cultivar e da densidade utilizada, tem-se um maior peso de espigas, porém menor produção de massa verde e menor acamamento de plantas de milho.

A redução do espaçamento entre linhas promove uma distribuição mais equidistante das plantas na área, o que pode aumentar a eficiência da utilização da radiação fotossinteticamente ativa, água e nutrientes, levando a um incremento na produtividade de grãos (Paszkievicz, 1996), e ainda permitir uma rápida ocupação dos espaços vazios pela cultura, reduzindo não só o período crítico de competição entre plantas daninhas e a cultura, mas também a erosão hídrica na superfície do solo (Pendleton, 1965; Swoboda, 1996). Barbosa (1995)

observou uma resposta linear do espaçamento sobre a produtividade de grãos, aumentando a produção de grãos à medida que diminuiu o espaçamento.

O aumento da densidade populacional na cultura do milho é um dos fatores que podem contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo com conseqüências na maior produtividade de grãos (Merotto et al., 1996), entretanto, pode provocar maior competição entre plantas por nutrientes, água, luz e CO₂, sendo a disponibilidade dos dois primeiros o fator que oferece maiores limitações para o emprego de grandes populações. Segundo Viana et al. (1983), as cultivares precoces toleram maior densidade de semeadura do que as tardias em razão de possuírem menor estatura e massa vegetativa, proporcionando uma maior eficiência no aproveitamento da luz. Quando se tem um solo com bom nível de fertilidade e bom teor de umidade, esses dois fatores deixam de ser importantes para o aumento da densidade populacional e a luz passa a ser o fator mais decisivo para a competição das plantas no período vegetativo (Soares Sobrinho, 1981).

Em uma população de plantas de milho a competição por luz ocorre entre as folhas de uma mesma planta, entre plantas na linhas e entre linhas de plantio, sendo menor a competição entre linhas, o que permite reduzir o espaçamento e, assim, aumentar a população de plantas. Oliveira (1984) relata que a população de plantas está relacionada com a finalidade da cultura (grão ou forragem), com as características do híbrido (porte baixo, médio ou alto), com a fertilidade do solo e a disponibilidade de elementos nutritivos, de água, entre outros.

Com a melhor fertilidade do solo e a disponibilidade de elementos nutritivos e de água, as baixas populações promovem a produção de espigas maiores, eventualmente duas por planta, o que caracteriza a prolificidade do híbrido (Paterniani, 1978). As altas populações favorecem o acamamento e

promovem igualmente uma diminuição da produção pela existência de espigas pequenas, além de eventualmente atrasarem o florescimento feminino, prejudicando a polinização (Argenta, 2001).

Uma espiga de bom tamanho pesa, em média 200 gramas, produzindo 160 gramas de grãos. O tamanho das espigas tende a diminuir com o plantio mais denso. Já com o plantio menos adensado, o tamanho aumenta; e se o milho for prolífero, tende a produzir mais de uma espiga por planta (Paterniani & Viegas, 1987).

Com o objetivo de quantificar o efeito da interação entre densidades de semeadura e cultivares desenvolvidas em diferentes épocas, Tollenaar (1989) avaliou nove híbridos de milho que foram cultivados em Ontário (Canadá) durante o período de 1959 a 1988, em dois locais, e nas populações de 20, 40, 80 e 130.000 plantas/ha. O autor verificou que a densidade ótima de plantio variou em função do tipo de híbrido, constatando a existência da interação. Os híbridos mais recentes tiveram resposta mais significativa ao aumento de densidade de semeadura.

A relação entre o número de plantas por unidade de área e o rendimento e seus componentes é, na verdade, uma função complexa, condicionada por vários fatores. De acordo com Viana et al. (1983), para determinadas condições de solo, clima, cultivar e tratos culturais, há um número ideal de plantas por unidade de área para se atingir a maior produção. A população ótima é o número de plantas capaz de explorar de maneira mais eficiente e completa uma determinada área de solo.

A não concorrência entre as plantas por água, nutrientes e luz pode ser considerada como limite para a utilização de um número máximo de plantas com o uso de cultivares que possuam características adequadas em solos corretamente fertilizados e com disponibilidade de água (Barbosa, 1995). O

aumento da população de plantas, através de alterações no espaçamento e/ou densidade, pode aumentar a produção até o ponto em que a competição por nutrientes, água, luz e CO₂ passa a limitar o processo. Elevando-se o nível de nutrientes no solo é possível desenvolver, numa área, maior número de plantas, desde que os outros fatores não sejam limitantes (Paiva, 1992).

2.3 Formas e transformações do nitrogênio no solo

O nitrogênio é um dos nutrientes que apresentam os efeitos mais espetaculares no aumento da produção de grãos na cultura do milho, como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (Bull, 1993). Em solos de boa fertilidade ou devidamente corrigidos, é o nutriente que controla os níveis de produtividade da cultura (Cantarella, 1993b). Este nutriente se destaca dos demais por apresentar acentuado dinamismo no sistema solo e por ser, normalmente, o nutriente exigido em maiores quantidades pelas culturas (Guilherme et al., 1995).


O estudo do N no solo é bastante complexo se consideradas as formas químicas do elemento, as reações e os processos aos quais este nutriente está sujeito. A fonte primária do nitrogênio no solo é o N do ar (N₂), sendo transferido para o solo através do N elementar, na forma de óxidos, por descargas elétricas ou por fixação biológica e industrial (Raij, 1991). A quase totalidade do N presente no solo está na forma orgânica, como aminoácidos, proteínas, aminoaçucars, amidos, ácidos nucléicos e outros compostos de complexidade variada (Tisdale et al., 1993). Apenas 2 a 3% do N total do solo se encontram na forma inorgânica ou mineral, representada principalmente pelos ions amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻), que são prontamente disponíveis para as plantas (Lopes, 1989). O ion amônio, sendo um cátion, permanece na forma

trocável, já o nitrato é repellido pela superfície das partículas e permanece em solução susceptível à lixiviação (Raij, 1991).

O maior reservatório de N no solo esta ligado às cadeias carbônicas, constituindo a matéria orgânica, em formas não diretamente disponíveis para as plantas (Coelho & Verlengia, 1973; Jorge, 1983; Tisdale et al., 1993; Sá, 1997). Portanto, para estar prontamente disponível para as plantas, o N orgânico precisa ser transformado em formas inorgânicas ou minerais pelos processos da mineralização e imobilização, através da fixação simbiótica (Raij, 1991; Tisdale et al., 1993). O processo pelo qual o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio mineral é denominado mineralização e se deve à ação dos microorganismos heterotróficos, os quais requerem carbono orgânico como fonte de energia (Guilherme et al., 1995). A mineralização ocorre em duas fases, constituídas pela aminação e amonificação (Tisdale et al., 1993).

Vários fatores influenciam a quantidade de N a ser mineralizada, entre eles estão a quantidade e a natureza do material orgânico (relação C/N), a temperatura do solo, a umidade, a aeração (Mary et al., 1996) e o pH do solo (Silva et al., 1994), este último fator mais importante a condicionar a mineralização. O período de duração da mineralização pode variar de 1 a 2 meses (Malavolta, 1981) em função da relação C/N do material em decomposição, da quantidade de resíduos adicionada ao solo e das condições ambientais (Lopes, 1989; Camargo et al., 1997).

Os microorganismos heterotróficos do solo que decompõem a matéria orgânica necessitam de nitrogênio e de outros nutrientes prontamente disponíveis (Guilherme et al., 1995). Portanto, há inicialmente um consumo do nitrato e do amônio existentes no solo, que são incorporados ao protoplasma dos microorganismos, sendo este processo denominado de imobilização (Raij, 1991). Durante o processo de imobilização, os microorganismos competem



efetivamente com as plantas por NH_4^+ e NO_3^- , podendo resultar em deficiência de nitrogênio, sendo necessário maior suprimento de nitrogênio mineral na adubação para compensar a imobilização e o requerimento pela cultura (Melo, 1983; Tisdale et al., 1993).

Estes processos, mineralização e imobilização, são influenciados pelo tipo de resíduo cultural (relação C/N), manejo do resíduo (incorporado/superfície), temperatura do solo, regime de água/aeração (Aulakh et al., 1991), pH e teor de nutrientes no solo (Aita, 1997).

2.4 A importância do nitrogênio para o milho

As necessidades nutricionais do milho, assim como qualquer planta, são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidas, e conhecendo estas necessidades pode-se estimar as taxas que serão exportadas pela colheita dos grãos e as que poderão retornar ao solo pela incorporação dos restos culturais (Cantarella, 1993a). As quantidades extraídas variam em função da produção obtida, que depende de fatores como cultivar, nível de disponibilidade de nutrientes, manejo da cultura e condições climáticas, entre outros (Tabela 1).

TABELA 1. Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade

Tipo de exploração	Produção t/ha	Nutrientes extraídos				
		N	P	K	Ca	Mg
		kg/ha				
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
		Exportação pelos grãos (%)				
		70-77	77-86	26-43	3-7	47-69
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

Fonte: Coelho & França (1995).

A translocação de açúcares e de nitrogênio de órgãos vegetativos, principalmente folhas, para os grãos, está estreitamente relacionada com a formação de grãos na cultura do milho. A este fator, além dos efeitos deste nutriente sobre o crescimento radicular, o aumento no número de espigas por planta e do comprimento de espigas pode ser atribuído ao aumento de produtividade proporcionado pelo nitrogênio.

As exigências de nitrogênio variam com os estádios de desenvolvimento da planta de milho, sendo mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos (Amon, 1975); entretanto, o conteúdo porcentual do nitrogênio nos tecidos jovens de milho é maior que nas outras fases do ciclo de crescimento.

O aproveitamento do N fertilizante pelas plantas é relativamente baixo, chegando, em muitos casos, a menos de 50% (Rao et al., 1997). Segundo Ivanko (1972), a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelo milho, em trabalhos de campo, nunca excedeu a 60%. Isto se deve a perdas por imobilização, desnitrificação, lixiviação e volatilização, sendo que esta última pode também ocorrer através do desprendimento de gás NH_3 pelas plantas para a atmosfera (Harper & Sharpe, 1995).

A deficiência de N diminui o rendimento de grãos por causa da redução do número e peso de vesículas, com simultâneas reduções em óvulos/vesícula e espigas por planta (Uhart & Andrade, 1995).

2.4.1 Adubos nitrogenados para o milho

A planta de milho absorve nitrogênio pelas raízes tanto na forma amoniacal como na forma nítrica, entretanto a idade da planta influencia a escolha da forma nitrogenada. O ion amônio (NH_4^+) é preferencialmente utilizado nos primeiros estágios e o ion nitrato (NO_3^-), nos estádios finais de crescimento (Warncke et al., 1973).

O nitrato pode ser transportado para as raízes por fluxo de massa ou por difusão e o amônio, principalmente por difusão. Os ânions amônio são relativamente imóveis em muitos solos por causa de sua atração pelos sítios de troca de cátions. Nitrato como um ânion é mais móvel e, portanto, considerado mais disponível para absorção pelas plantas. Entretanto, NO_3^- disponível pode ser perdido em solos pelos processos de desnitrificação e lixiviação, o que apresenta um perigo potencial para poluição de lençóis de água (Duete, 2000).

Segundo Anderson et al. (1991), plantas de milho cresceram melhor quando submetidos ao fornecimento exclusivo de NH_4^+ do que quando

comparados à forma nítrica. Isto provavelmente foi devido ao controle do pH ácido da solução nutritiva.

Ivanko (1972) salienta que os fatores que influenciam o cálculo da eficiência de utilização do adubo nitrogenado pelo milho são muito variados, dependendo do tipo de solo, condições climática, acidez, conteúdo de argila, temperatura, distribuição das chuvas, níveis de fertilização nitrogenada e interação com outros nutrientes, tais como P e K.

O sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ e a uréia $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ são fontes amoniacais de N para as plantas. A uréia é um adubo nitrogenado que vem sendo utilizado intensamente na adubação de milho no Brasil, proporcionando menor custo e maior facilidade operacional de aplicação em cobertura (Malavolta, 1981). Apesar do N estar na forma amidica $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$, comporta-se como nitrato (maior possibilidade de lixiviação), porém sua lixiviação é bem menor devido a sua rápida transformação em carbonato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$, sendo a reação subsequente de nitrificação menos rápida, comportando-se, assim, de maneira similar a outras fontes amoniacais. Já a sua hidrólise é muito rápida, embora dependa de fatores que afetam a atividade da enzima urease, como tipo de solo, temperatura, pH e outros (Alef & Nannipieri, 1995). Esta enzima é amplamente distribuída na natureza, estando presente em vários seres vivos, animais, vegetais e microorganismos, além de estar no solo, onde é encontrada em formas livres, ligada às partículas coloidais de origem mineral e orgânica e na biomassa microbiana (Roscoe, 1997).

Durante a sua hidrólise, mediada pela urease, a uréia provoca uma reação fortemente alcalina devido à maior quantidade de NH_3^- formada, que retira prótons do meio. Fenn & Myamoto (1981) observaram diminuição nas perdas de NH_3 proveniente da aquamônia e da uréia em solo contendo altos níveis de cálcio e magnésio solúveis, que precipitaram como CaCO_3 e MgCO_3 .

O sulfato de amônio tem 20% de N e fornece também o enxofre (60%), tem alta estabilidade química e causa reação ácida devido ao NH_4^+ liberado em solução comportar-se como ácido fraco. Tem a desvantagem operacional de necessitar de maior volume de adubo por área para uma mesma quantidade de N por hectare, em relação à uréia, apesar de ser uma fonte menos volátil de N.

Tanto para a uréia como para o sulfato de amônio a incorporação do adubo diminui as perdas por volatilização de NH_3 quando comparada à não incorporação. A profundidade recomendável varia de acordo com a textura do solo. Os solos arenosos exigem uma profundidade maior que os argilosos, e a deposição em torno de 2,0 cm praticamente elimina as perdas em muitos casos (Barretto et al., 1991).

2.4.2 Resposta do milho ao parcelamento da adubação nitrogenada

O aumento gradativo do potencial genético das cultivares modernas de milho tem exigido uma maior e mais eficiente utilização do nitrogênio, que é um dos nutrientes mais exigidos pela espécie. Vários trabalhos têm demonstrado a existência de diferenças genotípicas em cultivares de milho em relação ao uso eficiente do nitrogênio (Machado et al., 1990; Machado, 1997).

Atualmente discute-se muito sobre a época de aplicação do N na cultura do milho e mesmo sobre a necessidade do parcelamento para os híbridos modernos. França et al. (1994) relataram que o parcelamento indiscriminado do N, sem levar em consideração fatores como a produtividade esperada, demanda da cultura, textura do solo e outros, pode comprometer os efeitos da adubação.

A concentração da adubação nitrogenada o mais próximo possível do plantio tem sido muito pesquisada para os híbridos tropicais modernos. Ritchie et al. (1993) afirmam que apesar de serem pequenas as exigências nutricionais

do milho nos estádios iniciais de desenvolvimento, altas concentrações na zona radicular são benéficas, pois promovem um bom arranque inicial, já que neste período ocorre a diferenciação de várias partes da planta. Observando dois híbridos de clima tropical e temperado, Osaki (1995) constatou que a absorção de N pelo primeiro, cultivado no verão, encerrou-se em torno de 60 dias após a emergência, enquanto, no segundo, a absorção continuou até os 110 dias.

Yamada (1995) citou que a adubação nitrogenada tem boa probabilidade de respostas ao uso de 30-40 kg ha⁻¹ de N na adubação de semeadura com cobertura nitrogenada feita logo após a semeadura, sendo recomendável uma segunda cobertura em solos de textura mais arenosa, visando menores perdas e, conseqüentemente, maior disponibilidade de N para as plantas. Corroborando estas recomendações, Souza (2002), estudando sistemas de cultivo e doses de nitrogênio na semeadura, na produção de grãos de milho, em Lavras-MG, verificou que a adubação de semeadura utilizando 40 kg de N. ha⁻¹ proporcionou maior produtividade de grãos no sistema de plantio direto. Resultados semelhantes também foram obtidos por Scherer (2001).

É relevante salientar que a maioria das cultivares disponíveis atualmente no mercado são de ciclo precoce ou super precoce, com florescimento ocorrendo entre 50 e 65 dias após a emergência, enquanto a maioria dos trabalhos com adubação nitrogenada no Brasil foram realizados com cultivares de ciclo mais tardio. Yamada (1996) relata que mesmo para híbridos de ciclo mais curto, as curvas de absorção mostram que a maior absorção ocorre entre 30 e 60 dias após a emergência. Como o N aplicado no solo é imobilizado primeiro pelos microorganismos e só depois de duas a três semanas é liberado na solução do solo, o autor questiona se as adubações em cobertura não estariam sendo realizadas tardiamente, comprometendo a eficiência da adubação.

Por outro lado, trabalhos têm demonstrado a pouca ou nenhuma contribuição do parcelamento da adubação de cobertura com N. As aplicações das doses de 80 e 160 Kg N.ha⁻¹ de forma integral, nos estádios de 4-5, 6-7 e 8-9 folhas, e também em duas aplicações parceladas (40 e 80 Kg.ha⁻¹), nos estádios de 4-5, e 6-7, 4-5 e 8-9, e 6-7 e 8-9 folhas, não proporcionaram aumentos no rendimento de grãos de milho (Escosteguy et al., 1997).

Coutinho et al. (1987) verificaram que a cobertura nitrogenada, realizada por meio de duas aplicações (30 e 50 dias), não proporcionou aumento na produção de grãos de milho, comparado a uma única aplicação aos 40 dias, quando aplicaram as doses de 50 e 100 kg.ha⁻¹ de N. Já Marcano & Ohep (1997) encontraram superioridade da aplicação fracionada do nitrogênio (metade da dose aos 18 dias e a outra aos 35 dias) em relação à aplicação de toda a dose aos 18 dias, quando o milho foi cultivado em solo de baixa CTC e conteúdo de matéria orgânica.

O uso da adubação nitrogenada em cobertura logo após o plantio pode ser interessante para o manejo da cultura do milho. Fancelli et al. (1995) constataram uma nítida tendência de que o uso de nitrogênio tardiamente na cultura do milho, mesmo em doses consideradas adequadas, determina a redução do Índice de Área Foliar (IAF) e do número de grãos por espiga, com conseqüente perda do potencial produtivo da cultura.

Fernandes et al. (2002) não encontraram diferença entre a aplicação de N realizada totalmente na semeadura ou em cobertura, ou ainda entre as aplicações parceladas na semeadura e em cobertura, ressaltando ainda que o ano agrícola foi excelente em termos de quantidade e distribuição de chuvas durante o período de cultivo do milho. Isto pode ter contribuído significativamente para os resultados encontrados.

Estas observações são reafirmadas por Scherer (2001), que concluiu também que em anos com precipitações pouco intensas e bem distribuídas, a adubação nitrogenada aplicada na semeadura do milho é tão eficiente quanto a aplicação parcelada. Em anos com alta intensidade de precipitação, o parcelamento da adubação nitrogenada é recomendável, já em anos com déficit hídrico e distribuição irregular de chuva, a adubação nitrogenada em cobertura poderá ter sua eficiência reduzida.

Souza et al. (2002b), em experimento conduzido no município de Sacramento (MG), no ano agrícola 99/2000, em solo de textura argilosa (46% de argila), verificaram que a cobertura nitrogenada feita logo após o plantio proporcionou um acréscimo de 15% em relação à testemunha sem cobertura, enquanto para a cobertura na época normal (25 dias após emergência-dae), o incremento foi de 7%. A grande vantagem da antecipação da adubação nitrogenada está relacionada com áreas grandes em que não há tempo suficiente para terminar a cobertura se esta for realizada na época convencional.

Trabalhos recentes têm demonstrado não ser significativa a interação entre fonte de nitrogênio e época de aplicação da cobertura nitrogenada (Souza et al., 2002a e Scherer, 2001).

Em experimentos realizados sob sistema de plantio convencional na safra 2000/2001, Souza et al. (2002a) verificaram que os rendimentos médios de grãos de milho não sofreram influência da fonte (uréia ou sulfato de amônio), da época de cobertura (logo após o plantio e aos 25 dae) e da forma de aplicação do adubo (incorporado ou sem incorporação). Isto provavelmente ocorreu devido à ocorrência de chuvas logo após as adubações, fato que aumentou a eficiência da uréia e da aplicação do adubo nitrogenado sem incorporação.

Scherer (2001) constatou que aplicando N em cobertura logo após o plantio ou parcelado, não houve diferença entre as fontes de N utilizadas para o

milho (uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e esterco líquido de suínos), sugerindo então a utilização da fonte com menor custo por unidade de área.

Outra possibilidade é a aplicação de N em pré-semeadura na cultura do milho. Basso et al. (1998), em anos de elevada precipitação constatou-se que a aplicação de parte do N antes da semeadura do milho (logo após o manejo da cultura de cobertura) pode reduzir o rendimento da cultura, sendo que na safra de 1997/1998, em que ocorreram elevadas precipitações pluviais a melhor forma de aplicação de N foi 25% na base e 75% em cobertura.

A antecipação da aplicação do fertilizante nitrogenado tem como vantagens potenciais, ao produtor de milho que adota o sistema de plantio direto, maior arranque inicial da cultura, maior período para execução da operação e maior praticidade (Sá, 1998). Por outro lado, a supressão da cobertura nitrogenada pode favorecer a ocorrência de perdas de N principalmente por lixiviação, em função do menor volume de raízes da cultura, de sua baixa demanda por N e da pequena capacidade de absorção do nutriente nas fases iniciais do ciclo (Sangoi et al., 2002).

2.5 Sistemas de cultivo

A eficiência da produção do milho é baixa, considerando o potencial do material genético disponível atualmente. O problema parece estar relacionado à degradação dos solos causada pelo cultivo intensivo (Fornasieri Filho, 1992). Sistemas de cultivos convencionais, envolvendo o preparo do solo, conduzidos sob condições de clima e solos tropicais e subtropicais, desequilibram a relação solo-meio ambiente.

Os métodos de preparo do solo podem atuar nas propriedades químicas do solo, seja diretamente, alterando a distribuição do teor de nutrientes no solo, e

consequentemente a disponibilidade às plantas, ou indiretamente, através das alterações na estrutura do solo, modificando o balanço hídrico e a atividade biológica, os quais por sua vez, influem decisivamente na dinâmica dos nutrientes como nitrogênio e fósforo. Surge então, como alternativa mais eficiente de manejo/preparo do solo, o sistema de plantio direto na palha (SPDP), que pode ser definido como sendo um sistema de plantio no qual a semente é depositada diretamente no solo não preparado, sob uma camada de resíduos da cultura anterior, e as plantas daninhas são controladas por herbicidas (Derpsch, 1991).

Tal sistema propicia uma redução nas operações mecânicas de preparo e cultivo do terreno, o que contribui para a manutenção dos resíduos culturais e, consequentemente, para proteção a perda de umidade e aumento no teor de matéria orgânica, além de favorecer o controle da erosão, a conservação e a melhoria das condições físico-químicas do solo.

De acordo com Cretta & Silveira (2002), deve-se considerar que no plantio direto, sistemas de cultivo têm influência marcante sobre a conservação do solo e manejo do nitrogênio. A ausência de revolvimento de solo para o plantio resulta num aumento significativo da quantidade de matéria orgânica, principalmente porque as taxas de decomposição são menores. Esta decomposição é um processo essencialmente biológico, sujeito à interferência de diversos fatores, dentre eles a relação C/N, que assume papel importante na mineralização e imobilização do N-mineral da solução do solo.

Os sistemas de preparo do solo influem na distribuição do nitrogênio através do seu perfil. Assim, sistemas que apresentam pouca movimentação do solo, como o plantio direto, apresentam normalmente maiores acúmulos de nitrogênio na camada superficial, quando comparados a sistemas de preparo que envolvem movimentação do solo (Diniz, 1999).

Segundo Maskina et al. (1993), o aumento da quantidade de resíduos como cobertura morta sob o sistema de plantio direto aumentou o teor de C orgânico (10%), nitrogênio total (12%), nitrogênio na forma de nitrato (66%) e, conseqüentemente, aumentou a absorção de nitrogênio pelo milho, principalmente a originada de fertilidade natural do solo, tendo pouco efeito o nitrogênio aplicado no fertilizante.

O efeito do plantio direto sobre a produtividade das culturas depende do local, das condições de clima e solo e do tempo de implantação, ocorrendo grandes variações entre os resultados de pesquisas. O maior ou menor efeito direto sobre o desenvolvimento e a produtividade das culturas depende da adequação de sua implementação (Cruz, 1999). Devido à menor disponibilidade de nitrogênio sob plantio direto, Fink & Wesley (1974) indicaram a necessidade de maiores doses de fertilizantes nitrogenados nesses sistemas.

O cultivo de milho na seqüência de espécie com elevada ou baixa relação C/N apresenta respostas diferenciadas quanto à utilização de nitrogênio sendo que o fluxo de liberação de N ao sistema será sensivelmente influenciado por esta relação (Sá, 1996).

Sá (1996), em trabalho realizado em solos com diferentes níveis de fertilidade e composição granulométrica, constatou que a utilização do sistema de rotação, cuja cultura anterior ao milho seja uma leguminosa, proporcionou uma economia de 50% de N. Estes resultados corroboram as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), que sugere uma redução de 50% da dose de N recomendada após adubação verde com leguminosas de verão ou cereais cultivados nos resíduos de leguminosas.

Há diferenças significativas quanto ao uso de N quando se consideram o sistema convencional e o sistema de plantio direto. A estratégia de uso do N no

sistema de plantio direto deve considerar vários quesitos, como o histórico da área, a rotação de culturas, a formação da palhada, o tempo de adoção do sistema e o regime de chuvas da região (Heinzmann, 1985). O sistema de preparo convencional do solo proporciona um menor conteúdo de matéria orgânica, o que pode ser causado pela sua maior oxidação neste sistema, liberando os compostos orgânicos a formas mais solúveis (Almeida & Rodrigues, 1985) e a maior atividade microbiológica (Stevenson, 1986).

Após cinco anos de utilização do sistema de plantio direto, foi observada a redução da necessidade de N pelas culturas do trigo, milho e sorgo, mantendo a produção de grãos, indicando que o aumento da matéria orgânica na camada superficial do solo estaria proporcionando maior estoque de N, disponibilizado para as culturas, de acordo com o processo de mineralização (Sá, 1998). Estes resultados corroboram os obtidos por Wagger & Denton (1992) quanto à produção média de grãos avaliada durante 5 anos de pesquisas em diferentes classes de solos dos Estados Unidos, o que pode ser atribuído à maior disponibilidade de água neste sistema, sobretudo nos períodos de estiagem, devido à maior cobertura vegetal superficial que favoreceu a infiltração de água no solo.

Segundo Alves et al. (2000), nos primeiros anos de adoção do plantio direto, é comum observar deficiência de N para culturas mais exigentes, como o milho, devido à imobilização do N aplicado através de fertilizantes. Neste caso, doses mais altas que as tradicionais têm sido necessárias. Com o passar dos anos, um novo equilíbrio entre a fração orgânica de N e a mineral é atingido, e a quantidade de fertilizante necessária para manter uma mesma produção tende a cair.

Para as condições do sul de Minas Gerais existem poucas informações sobre redução de espaçamento entre linhas, assim como sobre épocas ideais de

aplicação da cobertura nitrogenada na cultura do milho. Deste modo, é de suma importância a realização de pesquisas enfocando estes temas, para que se possam fornecer aos agricultores mais informações sobre as possibilidades de arrançamento de plantas e épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, objetivando a otimização do uso do maquinário e mão-de-obra e o aumento da produção de grãos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético

Foram utilizados quatro híbridos comerciais com diferentes características de arquitetura, porte e ciclo, de diferentes empresas, todos com elevado potencial produtivo e comprovadamente adaptados às condições edafoclimáticas da região Sul de Minas Gerais (Tabela 2).

TABELA 2. Características dos híbridos utilizados nos experimentos.

Cultivar	Empresa	Base genética	Ciclo	Grão	porte	Densidade (pl./ha)
P 30K75	Pioneer	Híbrido simples	Semi precoce	Semi duro	Baixo/médio	50-65.000
AG 9010	Agroceres/ Monsanto	Híbrido simples	Super precoce	Duro	Baixo	55-70.000
DKB 333B	Braskalb/ Monsanto	Híbrido simples	Semi precoce	Duro	Médio	50-60.000
A2555	Bayer	Híbrido simples	Semi precoce	Duro	Médio	55-65.000

Fonte: EMBRAPA (2003).

3.2 Caracterização das áreas experimentais

O presente trabalho constou de quatro experimentos instalados no ano agrícola 2002/2003, sendo dois sob sistema de plantio direto, instalado no sítio dos Rosas no município de Lavras-MG, distante 15 Km do campus da Universidade Federal de Lavras-UFLA. Os outros dois foram instalados em área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA, também no município de Lavras-MG, sob sistema de cultivo convencional (aração e gradagem). A área

em que foram instalados os experimentos sob sistema de plantio direto possui solo de textura média e vem sendo cultivada sob este sistema a seis anos com diferentes espécies, sendo o cultivo anterior à instalação dos experimentos, ou seja, no inverno/primavera de 2002, realizado sob irrigação, com a cultura do feijão. A área de plantio convencional tem o solo de textura argilosa e vem sendo cultivada com milho por várias safras, e se encontrava em pousio desde o verão anterior e coberta com espécies daninhas que foram roçadas e incorporadas. Os resultados das análises químicas do solo das respectivas áreas estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Resultados da análise de amostras de solo (0 - 20 cm de profundidade) das glebas onde foram conduzidos os experimentos no sistema convencional (UFLA) e no sistema de plantio direto (Rosas). UFLA, Lavras – MG, 2002/2003.

Caraterísticas	Unidade	Convencional	Plantio direto
pH em água	mg/dm ³	6,1	5,8
P (Fósforo Mehlich)	mg/dm ³	7,8	21,7
K (Potássio Mehlich)	mg/dm ³	59,0	149,0
Ca ²⁺ (Cálcio)	cmol/dm ³	2,4	4,5
Mg ²⁺ (Magnésio)	cmol/dm ³	1,5	0,6
Al ³⁺ (Alumínio)	cmol/dm ³	0,1	0,1
H+Al (Acidez potencial)	cmol/dm ³	2,9	2,1
SB (Soma de Bases)	cmol/dm ³	4,1	5,5
t (CTC efetiva)	cmol/dm ³	4,1	5,6
T (CTC a pH 7,0)	cmol/dm ³	7,0	7,6
m (saturação/alumínio)	%	2,0	2,0
V (saturação de bases)	%	58,3	72,3
Ca/T	%	34,3	59,2
Mg/T	%	21,4	7,9
Matéria orgânica	dag/kg	2,4	2,6
P-rem	mg/L	20,5	18,8
Boro (Água quente)	mg/dm ³	0,2	0,4
Zinco	mg/dm ³	4,7	8,1
Cobre	mg/dm ³	2,2	1,8
Manganês	mg/dm ³	8,8	10,9
Ferro	mg/dm ³	32,2	36,0
Sulfato	mg/dm ³	13,8	7,5
Arcia	dag/kg	31,0	42,0
Silte	dag/kg	24,0	36,0
Argila	dag/kg	45,0	22,0
Classe Textural		Argilosa	Textura Média

A condução dos experimentos deu-se em período de ocorrência de temperaturas, intensidade e distribuição de chuvas favoráveis ao cultivo do milho (figuras 1 e 2).

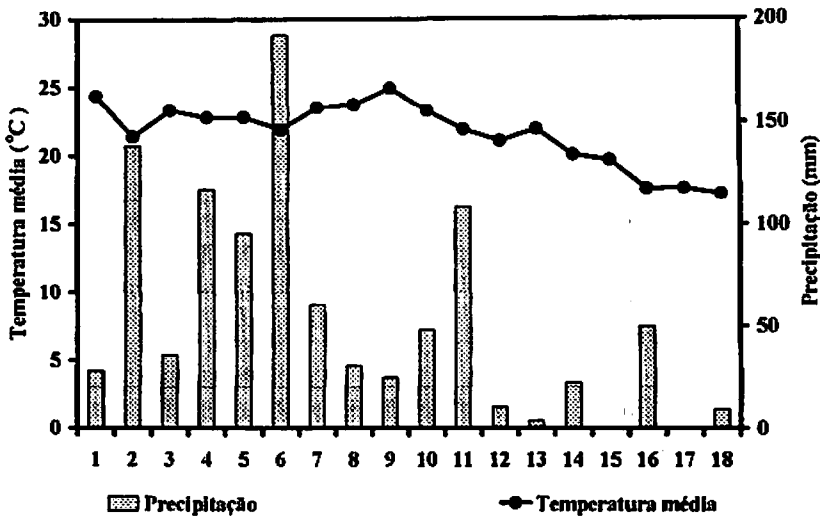


FIGURA 1. Dados médios de temperatura e precipitação pluvial por decêndio, em Lavras - MG, de 01/12/2002 a 29/05/2003. Dados obtidos no setor de Bioclimatologia da UFLA, Lavras - MG, 2003.

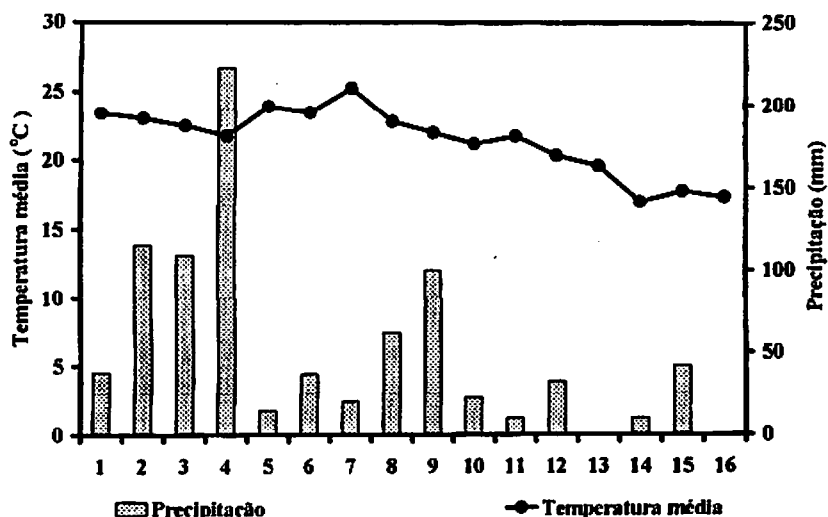


FIGURA 2. Dados médios de temperatura e precipitação pluvial por decêndio, em Lavras – MG, de 22/12/2002 a 29/05/2003. Dados obtidos no Sítio dos Rosas, Lavras – MG, 2003.

3.3 Métodos

3.3.1 Detalhes experimentais

Para a instalação dos experimentos, a área disponível em cada local foi dividida em duas glebas; na primeira instalou-se um experimento considerando o espaçamento entre fileiras de 0,45 m e na segunda foi conduzido outro experimento, com 0,80 m de espaçamento entre fileiras. Em cada experimento foram avaliados, em esquema fatorial, o desempenho de quatro cultivares de milho (P 30K75, AG 9010, DKB 333B e A 2555) sob duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia) e quatro épocas de aplicação da adubação nitrogenada, descritas a seguir:

- 1) 40 S + 0 → 40 kg/ha de N aplicados por ocasião da semeadura no sulco de plantio, sem nenhuma cobertura nitrogenada.
- 2) 40 S + 100 AS → 40 kg/ha de N na semeadura + 100 kg de N aplicados em cobertura, logo após a semeadura a 20 cm das fileiras de plantas;
- 3) 40 S + 50 (4-5 F) + 50 (7-8 F) → 40 kg/ha de N na semeadura + 50 kg de N em cobertura no estágio de 4 a 5 folhas + 50 kg de N em cobertura no estágio de 7 a 8 folhas a 20 cm das fileiras de plantas.
- 4) 40 S + 100 (6-7 F) → 40 kg/ha de N na semeadura + 100 Kg de N em cobertura no estágio de 6 a 7 folhas a 20 cm das fileiras de plantas.

No cultivo convencional, antes da instalação dos experimentos, foram realizadas uma aração e duas gradagens (destorroamento e nivelamento) e posterior sulcamento no espaçamento determinado. O controle de plantas daninhas foi feito com o uso de Atrazina (Gesaprim 500) na dosagem de 6,0 l . ha⁻¹, 15 dias após a emergência das plantas. No sistema de plantio direto o preparo da área constou de sulcamento realizado com semeadora adaptada para o sistema, oito dias após a dessecação realizada com herbicida Roundup de ação total (Glyphosate) na dosagem de 3,0 l . ha⁻¹. Foi necessário, também, um controle químico complementar de plantas daninhas com Atrazina (Gesaprim 500) na dosagem de 3,0 l . ha⁻¹, 12 dias após a emergência das plantas.

As adubações de semeadura foram feitas de acordo com a análise química do solo e a expectativa de produção (CFSEMG, 1999), adotando-se, para isto, 500 Kg.ha⁻¹ do adubo 08-28-16 + 0,5% Zn, formulado com as duas fontes de N utilizadas. Os adubos de plantio e de cobertura foram gentilmente cedidos pela empresa FERTIPAR SUDESTE. As semeaduras para ambos os locais foram realizadas manualmente nos dias 29/11/2002, na UFLA (sistema convencional), e 20/12/2002 no Sítio dos Rosas (Sistema de Plantio Direto na

Palha-SPDP). A densidade de semeadura, após o desbaste realizado quando as plantas se encontravam com 3 a 4 folhas totalmente expandidas, foi de 55.000 plantas . ha⁻¹.

As adubações nitrogenadas de cobertura também foram realizadas manualmente, incorporadas a 3,0 cm de profundidade, de acordo com a descrição dos tratamentos. No estágio de 5 a 6 folhas totalmente expandidas, todas as parcelas de todos experimentos receberam também 50 Kg de K₂O . ha⁻¹.

3.3.2 Características avaliadas

- **Altura de planta**

Tomada do ponto de inserção da folha bandeira até o solo, medindo-se em metros quatro plantas por área útil da parcela, após a maturidade fisiológica do grão.

- **Altura de espiga**

Tomada da inserção da espiga superior até o solo, medindo-se em metros quatro plantas por área útil de parcela, após a maturidade fisiológica do grão.

- **Plantas acamadas e quebradas**

Obtidas somando-se, na área útil da parcela, as plantas inclinadas, formando um ângulo inferior a 20 ° com o solo, mais o número de plantas quebradas abaixo da espiga. Este somatório foi expresso em porcentagem do estande observado na área útil da parcela.

• Produtividade de grãos

A produtividade de grãos das parcelas experimentais foi transformada para $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Os dados referentes ao peso de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) foram corrigidos para a umidade padrão de 13%, utilizando-se a seguinte expressão:

$$P_{13\%} = PC \times \left(\frac{100 - U}{87} \right)$$

Em que:

$P_{13\%}$ = Produtividade de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) corrigida para a umidade padrão de 13%;

PC = Produtividade de grãos sem correção ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$);

U = Umidade dos grãos observada no campo (%).

3.3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado em cada experimento foi em blocos casualizados com três repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 (fontes de N) x 4 (cultivares) x 4 (épocas de aplicação da adubação nitrogenada). Cada parcela constou de quatro linhas de 5,0 m, sendo as duas centrais consideradas como úteis, para efeito de coleta de dados e observações.

Por serem as variáveis avaliadas de natureza qualitativa (cultivar, época de aplicação do N, fontes de N e espaçamentos), os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas entre si pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade. Realizou-se uma análise de variância individual para cada experimento (espaçamento), considerando cada local (sistema de

cultivo) separadamente. Posteriormente foram realizadas as análises de variância conjunta envolvendo os dois experimentos (espaçamentos) conduzidos em cada sistema de cultivo.

3.3.4 Modelo estatístico

Para ambos os locais/sistemas de cultivo (UFLA/Sítios dos Rosas), utilizou-se os mesmo modelo estatístico, como segue:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + F_j + E_k + B_l + CF_{ij} + CE_{jk} + FE_{kl} + CFE_{ijk} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} – Valor observado na cultivar “i”, na fonte “j”, na época “k” e no bloco “l”;

μ – Média Geral;

C_i – Efeito da cultivar “i”, sendo $i = 1, 2, 3$ e 4 ;

F_j – Efeito da fonte de nitrogênio, sendo $j = 1$ e 2 ;

E_k – Efeito da época de aplicação da adubação nitrogenada, sendo $k = 1, 2, 3$ e 4 ;

B_l – Efeito do bloco, sendo $l = 1, 2$ e 3 ,

CF_{jk} – Efeito da interação cultivar / fonte;

CE_{ij} – Efeito da interação cultivar / época;

FE_{kl} – Efeito da interação fonte / época;

CFE_{ijk} – Efeito da interação cultivar / fonte / época;

e_{ijkl} – Erro experimental associado aos valores observados, que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Para as análises conjunta, o modelo estatística utilizado pode ser observado como segue:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + F_j + E_k + S_l + B_m + CF_{ij} + CE_{ik} + CS_{il} + FE_{jk} + FS_{jl} + ES_{kl} + CFE_{ijk} + CFS_{jil} + CES_{ilm} + FES_{jkl} + CFES_{ijkl} + e_{ijklm}$$

em que:

Y_{ijkl} – Valor Observado da cultivar “i” na fonte “j”, na época “k”, no espaçamento “l” e no bloco “m”;

μ - Média geral;

C_i – Efeito da cultivar “i”, sendo $i = 1, 2, 3$ e 4 ;

F_j – Efeito da fonte de nitrogênio, sendo $j = 1$ e 2 ;

E_k – Efeito da época de aplicação da adubação nitrogenada, sendo $k = 1, 2, 3$ e 4 ;

S_l – Efeito do espaçamento “l”, sendo $l = 1$ e 2 ;

B_m – Efeito do bloco “m”, sendo $m = 1, 2$ e 3 ;

CF_{ij} – Efeito da interação cultivar / fonte;

CE_{ik} - Efeito da interação cultivar / época;

CS_{il} – Efeito da interação cultivar / espaçamento;

FE_{jk} – Efeito da interação fonte / época;

FS_{jl} – Efeito da interação fonte / espaçamento;

ES_{kl} – Efeito da interação época / espaçamento;

CFE_{ijk} – Efeito da interação cultivar / fonte / época;

CFS_{jil} – Efeito da interação cultivar / fonte / espaçamento;

CES_{ilm} – Efeito da interação cultivar / época / espaçamento;

FES_{β_{ij}} – Efeito da interação fonte / época / espaçamento;

CFES_{γ_{ijk}} – Efeito da interação cultivar / fonte / época / espaçamento;

e_{ijklm} - Erro experimental associado aos valores observados, que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sistema convencional de cultivo

Os resumos das análises de variância individuais estão apresentados nas Tabelas 1A e 2A. Para altura de plantas e altura de espiga, foi observado efeito significativo ($p \leq 0,01$) para cultivares e épocas de aplicação da cobertura nitrogenada somente no espaçamento de 0,45 m (Tabela 1A).

Para plantas acamadas e quebradas apenas a interação cultivares*fontes, no espaçamento de 0,45 m, mostrou-se significativa ($P \leq 0,01$). Quanto à produtividade de grãos, houve efeito significativo ($P \leq 0,01$) para cultivares e para o fator épocas de aplicação da cobertura nitrogenada nos dois espaçamentos (Tabelas 1A e 2A).

Para fontes de nitrogênio, em ambos espaçamentos adotados não houve diferenças significativas para as características avaliadas. As adubações foram realizadas sempre com incorporação e com a umidade do solo favorável, de modo a minimizar possibilidades de perda de nitrogênio por volatilização e lixiviação de nitratos para ambas as fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia). Vale ressaltar também que durante a época de crescimento vegetativo da cultura ocorreram precipitações em intensidades suficientemente adequadas e bem distribuídas para o bom desempenho da cultura do milho (figura 1), o que pode diminuir tanto para uréia como para sulfato de amônio, as possibilidades de perdas de nitrogênio por lixiviação.

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) variou entre os caracteres com valores sempre inferiores a 19,1% com exceção da variável plantas acamadas e quebradas, que teve valores muito elevados. Isto

devido a várias parcelas apresentarem-se com valores nulos para esta característica.

A seguir são apresentados os resultados médios da altura de plantas e de espigas, plantas acamadas e quebradas e produtividade de grãos, considerando a significância das fontes de variação na análise conjunta envolvendo os dois experimentos conduzidos neste sistema de cultivo.

4.1.1 Altura de plantas e de espigas

As cultivares P 30K75 e AG 9010 foram mais altas no espaçamento de 80 cm, sendo que a DKB 333B foi mais alta no espaçamento de 0,45 m e a A 2555 não teve diferença para esta característica nos dois espaçamentos (Tabela 5). A altura de inserção de espigas foi maior para as cultivares P 30K 75 e AG 9010 com 80 cm de espaçamento. Já as cultivares DKB 333B e A 2555 tiveram alturas de inserção de espigas semelhantes nos dois espaçamentos (Tabela 6).

TABELA 5. Resultados médios de altura de plantas (m) de cultivares de milho em função dos espaçamentos entre linhas, considerando a média de duas fontes nitrogênio e quatro épocas de aplicação da cobertura nitrogenada. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Cultivar	Espaçamento (cm)		Média
	45	80	
P 30K75	2,10 bB	2,25 aA	2,17
AG 9010	1,93 cB	2,30 aA	2,12
DKB 333B	2,36 aA	2,26 aB	2,31
A 2555	2,27 aA	2,29 aA	2,28
Média	2,17	2,28	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-knott ($P \leq 0,05$). Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de "F" ($P \leq 0,01$).

TABELA 6. Resultados médios para altura de espigas (m) de cultivares de milho em função dos espaçamentos entre linhas, considerando a média de duas fontes nitrogênio e quatro épocas de aplicação da cobertura nitrogenada. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Cultivar	Espaçamento (cm)		Média
	45	80	
P 30K75	1,19 bB	1,27 aA	1,23
AG 9010	0,98 cB	1,28 aA	1,13
DKB 333B	1,29 aA	1,23 aA	1,26
A 2555	1,28 aA	1,25 aA	1,26
Média	1,19	1,26	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-knott ($P \leq 0,05$). Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de "F" ($P \leq 0,01$).

Em ambos espaçamentos o comportamento das cultivares para altura de espigas foi semelhante ao relatado para a característica altura de plantas, ou seja, não ocorreram diferenças nas alturas de plantas e de espigas entre as cultivares no espaçamento de 0,80 m (Tabelas 5 e 6). No espaçamento de 0,45 m as cultivares DKB 333B e A 2555 obtiveram maiores alturas, seguidas pela P 30K75 e pela cultivar AG 9010, que obteve as menores alturas de plantas e de espigas. Essa cultivar é classificada como de ciclo precoce (Cruz et al., 2003), o que proporciona um menor desenvolvimento da planta, com uma fase vegetativa mais curta, por demandar uma menor quantidade de graus-dia para florescer. Estes resultados corroboram os obtidos por Oliveira (1990), que observou que materiais mais tardios apresentam maior altura da plantas quando comparados a materiais mais precoces.

4.1.2 Plantas acamadas e quebradas

O percentual de plantas acamadas e quebradas foi considerado muito baixo, independentemente do espaçamento adotado. O espaçamento de 0,45 m entre fileiras proporcionou maior percentagem de plantas acamadas e quebradas (Tabela 7), valor este duas vezes superior ao obtido no espaçamento de 0,80 m. Vale ressaltar que apesar desta superioridade, este valor foi considerado muito baixo, ou seja, menos que 3%, quando comparado aos obtidos em outros trabalhos.

TABELA 7. Porcentagem de plantas acamadas e quebradas em dois espaçamentos entre linhas considerando a média duas fontes de nitrogênio, quatro épocas de aplicação da cobertura nitrogenada e quatro cultivares. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Espaçamento (m)	Média
0,45	2,78 a
0,80	1,21 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de "F" ($P \leq 0,01$).

Morais (1991) encontrou resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho trabalhando com três cultivares de milho, quatro espaçamentos e três densidades de semeadura, concluindo que independentemente da cultivar e da densidade utilizada, ao se aumentar o espaçamento tem-se maior peso de espigas, menor produção de massa verde e menor acamamento de plantas. Barbosa (1995), também trabalhando com milho em sistema convencional de cultivo em Lavras-MG, observou que com o aumento do espaçamento de 0,70 a

0,90 m houve, de forma linear, uma redução no número de plantas acamadas e quebradas.

4.1.3 Produtividade de grãos

As cultivares P 30K75 e DKB 333B foram as mais produtivas, com média superior a 8200 Kg.ha⁻¹. As cultivares AG 9010 e A-2555 não diferiram entre si para esta característica e apresentaram-se com produtividade inferior a 7300 Kg.ha⁻¹ (Tabela 8). Vale ressaltar que para esta característica não houve interação entre as cultivares com nenhum outro fator estudado, indicando que o comportamento das cultivares foi semelhante quando variaram as fontes de adubo nitrogenado, as diferentes épocas de aplicação da cobertura nitrogenada e os dois espaçamentos. Essa afirmação também é válida quando se considera o fator época de aplicação da cobertura nitrogenada, que também não interagiu com nenhum outro fator (Tabela 4). Deste modo, para a época de aplicação da cobertura, independentemente das cultivares, das fontes de adubo e dos espaçamentos, sempre que não foi realizada a cobertura nitrogenada a produtividade de grãos foi inferior, em média 11% menor do que o obtido na média dos outros tratamentos (Tabela 9).

Os resultados confirmam as recomendações de Dourado-Neto & Fancelli (2000) de que o parcelamento da adubação nitrogenada será necessário quando o teor de argila for menor que 30%, a época for favorável à lixiviação (período chuvoso) e forem usadas doses maiores que 100 kg de N.ha⁻¹. Neste experimento evidenciou-se a necessidade de parcelar da adubação nitrogenada, sendo que aplicaram-se 140 kg de N.ha⁻¹, de acordo com a expectativa de produção (CFSEMG, 1999), e considerando a boa fertilidade do solo.

TABELA 8. Resultados médios de produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de cultivares de milho considerando a média de dois espaçamentos entre linhas, duas fontes de nitrogênio e quatro épocas de aplicação da cobertura nitrogenada. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Cultivares	Média
DKB 333B	8604,18 a
P 30K75	8265,30 a
A 2555	7212,65 b
AG 9010	6798,03 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

TABELA 9. Resultados médios de produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função das épocas de aplicação da cobertura nitrogenada considerando a média de dois espaçamentos entre linhas, duas fontes de nitrogênio e quatro cultivares. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Épocas de aplicação da cobertura nitrogenada.	Média
40 S + 0	7127,23 b
40 S + 100 AS	8099,46 a
40 S + 50 (4-5 F) + 50 (7-8 F)	7842,13 a
40 S + 100 (6-7 F)	7811,35 a

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($P \leq 0,05$).


* 40 S + 0 = 40 kg de N na semeadura, sem cobertura; 40 S + 100 AS = 40 kg de N na semeadura + 100 kg de N após semeadura; 40 S + 50 (4-5 F) + 50 (7-8 F) = 40 kg de N na semeadura + 50 kg de N com 5 – 6 folhas + 50 kg N com 7 – 8 folhas; 40 S + 100 (6-7 F) = 40 kg de N na semeadura + 100 kg de N com 6 – 7 folhas.

Quanto à época de aplicação da cobertura nitrogenada, não houve diferenças entre os três tratamentos, ou seja, $100 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ aplicados logo após a

semeadura, dividido em duas aplicações com 4-5 folhas e 7-8 folhas ou tudo aplicado quando a planta estava com 6-7 folhas. Estes resultados concordam com os obtidos por Scherer (2001) e Fernandes et al. (2002), os quais, como neste trabalho, também trabalharam em condições de precipitações em intensidades suficientemente adequadas para o bom desempenho da cultura do milho e bem distribuídas (figura 1), o que pode ter contribuído significativamente para os resultados encontrados, reduzindo possíveis perdas de N por volatilização e lixiviação de nitratos, quando o N é aplicado antecipadamente em cobertura.

Fancelli (1995) afirma que uma precipitação acima de 500 mm bem distribuída durante o ciclo da cultura do milho é fundamental para a obtenção de bons resultados, exigência satisfeita durante a realização deste experimento. Entretanto, Bortolini et al. (2001), cultivando milho com e sem excesso hídrico e altas doses de nitrogênio, verificou maior perda de N por lixiviação quando aplicou água em excesso na cultura (lâmina d'água 50% superior à considerada adequada), simulando os efeitos da ocorrência de chuvas intensas.

Um fato relevante e que vale a pena ser discutido, foi a alta produtividade obtida do tratamento em que não foi realizada a cobertura nitrogenada que foi superior a 7 toneladas . ha⁻¹. Possivelmente a existência anterior ao plantio, de um aporte significativo de N neste solo, oriundo provavelmente do uso constante de adubos nitrogenados e da mineralização de matéria orgânica da palhada de milho e resto de plantas daninhas, incorporados ano a ano, proporcionou essa produtividade. Vale ressaltar que a prática da incorporação de restos culturais da cultura do milho pode restituir aproximadamente 42% do nitrogênio extraído pela cultura (Muzilli & Oliveira, 1982). A boa fertilidade do solo (Tabela 3), associada a uma suficiente adubação de plantio (40 Kg de N, 140 Kg de P₂O₅ e 80 Kg de K₂O + 2,5 Kg de Zn) que propiciou um bom arranque e crescimento vegetativo da cultura, além da



cobertura com 50 Kg K_2O . ha^{-1} , que otimizou o aproveitamento de N pela cultura, favoreceram a obtenção dessa produtividade.

A adubação utilizada foi para a obtenção de altas produtividades (CFSEMG, 1999). A alta produtividade, mesmo sem a cobertura nitrogenada, permite sugerir uma contribuição do solo com cerca de 100 kg de N. ha^{-1} . Para cada tonelada de grão produzida são necessários 20 kg de N, e no plantio forneceram-se apenas 40 kg de N. ha^{-1} , obtendo-se uma produtividade superior a 7 toneladas. ha^{-1} (Cantarella et al., 1996).

Os resultados permitem inferir que ocorreu uma contribuição do referido aporte de N já existente no solo em cerca de 100 kg de N. ha^{-1} , o que juntamente com os 40 kg de N . ha^{-1} aplicados na semeadura, seria suficiente para obtenção de 7 toneladas . ha^{-1} ; segundo pesquisas, para cada tonelada de grão de milho produzida seriam necessários 20 kg de N . ha^{-1} (Cantarella et al., 1996). A cada 1% de matéria orgânica no solo ocorre liberação, por ciclo, de 10 a 40 kg de N . ha^{-1} (Furtini Neto et al., 2001). Como a análise do solo apresenta um percentual de 2,6% de matéria orgânica, somente esta possivelmente é responsável pela liberação de cerca de 30 kg de N. ha^{-1} para cada 1% de matéria orgânica, o que resultaria em contribuição de 78 kg de N. ha^{-1} .

A semelhança da produção de grãos obtida com a cobertura nitrogenada realizada logo após o plantio, com as obtidas nas outras épocas de aplicação da cobertura nitrogenada neste trabalho, corrobora os resultados obtidos por Scherer (2001) e Fernandes et al. (2002), os quais também trabalharam em condições de precipitações bem distribuídas e em intensidades suficientemente adequadas para o bom desempenho da cultura do milho. Isto pode ter contribuído significativamente para os resultados encontrados reduzindo, possivelmente, perdas de N por volatilização e lixiviação de nitratos quando aplicado antecipadamente em cobertura, possibilitando o aproveitamento deste

nutriente, em quantidades satisfatórias, nos períodos críticos de demanda da cultura.

O espaçamento de 0,80 m proporcionou maior produtividade de grãos que o de 0,45 m (Tabela 10). A premissa de que plantas espaçadas mais equidistantemente competem minimamente por nutrientes, água, luz e outros fatores (Sangoi, 2001), proporcionando maiores produtividades de grãos nas condições de realização deste experimento e na densidade adotada (55.000 pl . ha⁻¹) não resultou em ganho na produtividade, apesar de propiciar vantagens aos produtores, como a maximização do uso dos equipamentos, principalmente semeadoras, que poderiam ser utilizadas em outras culturas como a soja, o feijão e o algodão sem a necessidade de modificar as linhas de plantio na semeadora (www.pioneer.com/brasil/2002).

TABELA 10. Resultados médios de produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) em função de dois espaçamentos entre linhas considerando a média de duas fontes de nitrogênio, quatro épocas de aplicação da cobertura nitrogenada e quatro cultivares. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Espaçamentos (cm)	Média
45	7062,65 b
80	8377,43 a

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste "F" (P<0,01).

Estes resultados contrariam os obtidos por Bortolini (2002), que trabalhando com espaçamentos de 0,45, 0,70 e 0,90 m, em três densidades de semeadura, observou aumento médio de 26% quando reduziu o espaçamento de 0,90 para 0,45 m. Também Vazquez (2002), usando o espaçamento de 0,46 m, observou aumento de produção (19,4%) quando reduziu o espaçamento de 0,82

m para 0,46 m entre linhas. Provavelmente, adotando densidades maiores que a utilizada neste trabalho, poderíamos ter resultados diferentes, tendo em vista que na maioria dos casos, para várias cultivares comerciais, os benefícios da redução de espaçamento estão associados ao aumento da densidade.

4.2 Sistema de plantio direto

Os resultados obtidos no sistema de plantio direto foram semelhantes aos obtidos no sistema de plantio convencional para as características avaliadas e para as fontes de variação analisadas. As análises de variância individuais estão apresentadas nas Tabelas 3A e 4A.

Para o fator fonte de nitrogênio, em ambos espaçamentos não houve diferenças significativas para as características avaliadas. As adubações foram realizadas sempre com incorporação e com a umidade do solo favorável, condição esta favorecida pela manutenção da palhada sobre o solo, eliminando possibilidades de perda de nitrogênio por volatilização e lixiviação de nitratos pelas fontes amoniacais de nitrogênio. Vale ressaltar que como no sistema convencional, durante a época de crescimento vegetativo da cultura ocorreram precipitações em intensidades suficientemente adequadas para o bom desempenho da cultura do milho, e bem distribuídas (figura 2), o que diminuiu as possibilidades de perdas de nitrogênio por lixiviação, tanto do sulfato de amônio como da uréia.

Nas características de altura de plantas e altura de espigas, independentemente do espaçamento adotado, houve efeito significativo para cultivares ($P \leq 0,01$). O percentual de plantas acamadas e quebradas não variou significativamente em nenhuma fonte de variação. Vale ressaltar que no espaçamento de 80 cm não foram observadas plantas acamadas e quebradas, o que inviabilizou a realização da análise estatística.

A produtividade de grãos foi influenciada pelas cultivares nos dois espaçamentos. No espaçamento de 0,80 m também foram observadas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) para o fator épocas de aplicação da cobertura nitrogenada (Tabela 4A). A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) variou entre os caracteres com valores sempre inferiores a 11,5%, com exceção da variável plantas acamadas, que teve valor de C.V. muito elevado devido à presença de valores nulos em várias parcelas.

O resumo da análise de variância conjunta envolvendo os dois experimentos sob sistema de plantio direto está apresentado na Tabela 11. Constatou-se efeito significativo ($P \leq 0,01$) para altura de plantas e altura de espigas para as fontes de variação cultivares e espaçamentos. Não houve efeito significativo para plantas acamadas e quebradas em nenhuma fonte de variação. A produtividade de grãos foi influenciada pelos fatores cultivares, épocas de aplicação da cobertura nitrogenada e espaçamentos ($P \leq 0,01$).

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) variou entre os caracteres com valores sempre inferiores a 11,4%, com exceção da variável plantas acamadas e quebradas, que teve valor de C.V. muito elevado.

Fonte de variação	GL	QM			C.V. (%)	Média Geral
		AP	AE	PA		
Blocos	2	0,014 ^{NS}	0,005 ^{NS}	0,069 ^{NS}	5633103,228 ^{NS}	11,37
Cultivares (C)	3	1,511 ^{**}	0,832 ^{**}	0,191 ^{NS}	22900959,088 ^{**}	9578,21
Fontes (F)	1	0,001 ^{NS}	0,001 ^{NS}	0,275 ^{NS}	3698,839 ^{NS}	
Époc. cob.N (E)	3	0,009 ^{NS}	0,012 ^{NS}	0,390 ^{NS}	11057018,511 ^{**}	
Espaçamentos (S)	1	0,409 ^{**}	0,112 ^{**}	1,167 ^{NS}	42183300,104 ^{**}	
C*F	3	0,012 ^{NS}	0,006 ^{NS}	0,107 ^{NS}	871600,830 ^{NS}	
C*E	9	0,009 ^{NS}	0,006 ^{NS}	0,196 ^{NS}	1580788,415 ^{NS}	
C*S	3	0,038 ^{NS}	0,012 ^{NS}	0,191 ^{NS}	2679171,398 ^{NS}	
F*E	3	0,012 ^{NS}	0,010 ^{NS}	0,275 ^{NS}	346003,031 ^{NS}	
F*S	1	0,030 ^{NS}	0,031 ^{NS}	0,275 ^{NS}	523300,832 ^{NS}	
E*S	3	0,010 ^{NS}	0,010 ^{NS}	0,390 ^{NS}	2833663,678 ^{NS}	
C*F*E	9	0,021 ^{NS}	0,007 ^{NS}	0,361 ^{NS}	580618,386 ^{NS}	
C*F*S	3	0,004 ^{NS}	0,001 ^{NS}	0,107 ^{NS}	330594,667 ^{NS}	
C*E*S	9	0,008 ^{NS}	0,013 ^{NS}	0,196 ^{NS}	661819,985 ^{NS}	
F*E*S	3	0,011 ^{NS}	0,006 ^{NS}	0,275 ^{NS}	807905,010 ^{NS}	
C*F*E*S	9	0,009 ^{NS}	0,005 ^{NS}	0,361 ^{NS}	419326,149 ^{NS}	
Erro	126	0,018	0,011	0,296	1186838,871	

** P ≤ 0,01; ^{NS} Não significativo.

TABELA 11. Resumo da análise de variância envolvendo os dois espaçamentos, para médias de altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) e metros, plantas acamadas e quebradas (PA) e porcentagem e produtividade de grãos (Prod.) em kg. ha⁻¹. Sítio dos Rosas, Lavras-MG, 2002/2003.

Observou-se que os resultados das análises de variância conjunta foram muito semelhantes aos obtidos no sistema de plantio convencional, isto é, para todas as características avaliadas as fontes de variação consideradas tiveram significância semelhantes às observadas no sistema de cultivo convencional.

A seguir são apresentados os resultados médios de altura de plantas, altura de espigas, porcentagem de planta acamadas e quebradas e produtividade de grãos, considerando a significância das fontes de variação das análises conjunta envolvendo os dois experimentos.

4.2.1 Altura de plantas e altura de espiga

As cultivares tiveram comportamento semelhante para ambas as variáveis, com a cultivar DKB 333B apresentando altura de plantas e de espigas superior à altura de plantas e espigas das cultivares A 2555 e P 30K75. Já a cultivar AG 9010 apresentou a menor altura de plantas e de espigas (Tabela 12).

O espaçamento de 0,80 m proporcionou maior crescimento de plantas e no espaçamento de 0,45 m obtiveram-se plantas com maior altura de inserção de espigas (Tabela 13). A porcentagem de plantas acamadas e quebradas não foi influenciada por nenhuma fonte de variação.

TABELA 12. Resultados médios de altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) em metros e produtividade de grãos (Prod.) em kg.ha⁻¹ de cultivares de milho, considerando a média de dois espaçamentos entre linhas, duas fontes de nitrogênio e quatro épocas de aplicação da cobertura nitrogenada. Sítio dos rosas, Lavras-MG, 2002/2003.

Cultivares	AP	AE	Prod.
DKB 333B	2,64 a	1,46 a	10430,64 a
P 30K75	2,49 b	1,40 b	9825,78 b
A 2555	2,47 b	1,38 b	9166,75 c
AG 9010	2,22 c	1,16 c	8889,68 c

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

TABELA 13. Resultados médios de altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) em metros e produtividade de grãos (Prod.) em kg.ha⁻¹ em dois espaçamentos, considerando a média de duas fontes de nitrogênio, quatro épocas de aplicação da cobertura nitrogenada e quatro cultivares de milho. Sítio dos Rosas, Lavras-MG, 2002/2003.

Espaçamento	AP	AE	Prod.
0,45	2,50 a	1,33 b	10046,94 a
0,80	2,41 b	1,37 a	9109,49 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste "F" ($P \leq 0,01$).

4.2.2 Produtividade de grãos

A cultivar DKB 333B foi a mais produtiva, seguida pela P 30K75. Já A 2555 e AG 9010 foram as menos produtivas (Tabela 12). O espaçamento de 0,45 m proporcionou maiores produtividades que o de 0,80 m (Tabela 13). Para uma mesma densidade de plantas de milho, o espaçamento entre linhas de 0,45 m proporciona uma distribuição mais equidistante das plantas na área em relação ao de 0,80 m, e as plantas espaçadas equidistantemente competem minimamente por nutrientes, água, luz e outros fatores, podendo proporcionar maiores produtividades de grãos (Sangoi, 2001).

Estes resultados concordam com os obtidos por Bortolini (2002), que trabalhando com espaçamentos de 0,45, 0,70 e 0,90 m em três densidades, observou aumento médio de 26% quando reduziu o espaçamento de 0,90 para 0,45 m. Vazquez (2002), usando o espaçamento de 0,46 m, também observou aumento de produção (19,4%) quando reduziu o espaçamento de 0,82 m para 0,46 m. Resende (2003), trabalhando com 0,45, 0,70 e 0,90 m de espaçamento, obteve menores produções com 0,45 m entre linhas, independentemente da densidade de semeadura e dos cultivares utilizados.

A ausência da cobertura nitrogenada proporcionou menor produção do que quando foi realizada a cobertura, sendo a produtividade em média 10,5% inferior. Não foram constatadas diferenças significativas nas três épocas de aplicação da cobertura nitrogenada (Tabela 14), permitindo inferir que, para as condições de temperatura, intensidade e distribuição da precipitação, em que foi realizado este trabalho, é viável a aplicação de toda a cobertura nitrogenada por ocasião da semeadura com incorporação a 20 cm das linhas, sem prejuízo à produtividade.

TABELA 14. Resultados médios de produtividade de grãos (Prod.) em kg.ha⁻¹ em função das épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, considerando a média de dois espaçamentos entre linhas, duas fontes de nitrogênio e quatro cultivares. Sítio dos Rosas, Lavras-MG, 2002/2003.

Época de aplicação da cobertura nitrogenada [*]	Prod.
40 S + 0	8886,92 b
40 S + 100 AS	9868,18 a
40 S + 50 (4-5 F) + 50 (7-8 F)	9934,70 a
40 S + 100 (6-7 F)	9623,06 a

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($P \leq 0,05$)

* 40 S + 0 = 40 kg de N na semeadura, sem cobertura; 40 S + 100 AS = 40 kg de N na semeadura + 100 kg de N após semeadura; 40 S + 50 (4-5 F) + 50 (7-8 F) = 40 kg de N na semeadura + 50 kg de N com 5 – 6 folhas + 50 kg N com 7 – 8 folhas; 40 S + 100 (6-7 F) = 40 kg de N na semeadura + 100 kg de N com 6 – 7 folhas.

Correto é também inferir que, pelas produtividades obtidas no tratamento em que não foi realizada a cobertura nitrogenada, o aporte de N já existente no solo, juntamente com os 40 Kg de N aplicados no plantio, estiveram disponíveis nas épocas críticas de demanda da cultura por este nutriente, e foram suficientes para a obtenção das altas produtividades alcançadas, em média de 9 toneladas .ha⁻¹. Somando-se a isto, a boa fertilidade deste solo, a adubação de semeadura adotada para a obtenção de altas produtividades (CFSEMG, 1999) e a cobertura com 50 kg de K₂O. ha⁻¹ contribuíram para estes resultados

Este aporte de N existente neste solo é oriundo, provavelmente, do uso constante de adubos nitrogenados na área e da mineralização de matéria orgânica das palhadas de milho, de leguminosas utilizadas em rotação (feijão) e de restos de culturas e plantas daninhas dessecados ano a ano.

Os resultados permitem inferir que ocorreu uma contribuição do referido aporte de N já existente no solo em cerca de 140 kg de N.ha⁻¹. Isto, juntamente com os 40 kg de N.ha⁻¹ aplicados na semeadura, seria suficiente para obtenção de 9 toneladas.ha⁻¹, pois, segundo pesquisas, para cada tonelada de grão de milho produzida seriam necessários 20 kg de N .ha⁻¹ (Cantarella et al., 1996).

Também o aumento da matéria orgânica na camada superficial ao longo dos seis anos de instalação do sistema de plantio direto, estaria proporcionando maior estoque de N, disponibilizando-o para a cultura do milho, de acordo com o processo de mineralização (Sá, 1998). A cada 1% de matéria orgânica no solo ocorre liberação, por ciclo, de 10 a 40 kg de N.ha⁻¹ (Furtini Neto et al., 2001). Como a análise do solo apresenta um percentual de 2,4% de matéria orgânica e a área é cultivada sob sistema de plantio direto a seis anos, sugerindo um estágio mais avançado de estabilização da matéria orgânica, esta possivelmente é responsável pela liberação de cerca de 30 kg de N. ha⁻¹ para cada 1% de matéria orgânica, o que resultaria em contribuição de 72 kg de N.ha⁻¹.

A semelhança entre a produção de grãos obtida com a cobertura nitrogenada realizada logo após o plantio, e as obtidas nas outras épocas de aplicação da cobertura nitrogenada neste trabalho corrobora os resultados obtidos por Scherer (2001) e Fernandes et al. (2002), os quais, também trabalharam em condições de precipitações bem distribuídas e em intensidades suficientemente adequadas para o bom desempenho da cultura do milho. Isto pode ter contribuído significativamente para os resultados encontrados reduzindo, possivelmente, perdas de N por volatilização e lixiviação de nitratos quando aplicado antecipadamente em cobertura, possibilitando o aproveitamento deste nutriente, em quantidades satisfatórias, nos períodos críticos de demanda da cultura.

Vale ressaltar que o nitrogênio presente na solução do solo na forma de nitrato é consideravelmente lixiviado sob condições de excesso de precipitação. Bortolini et al. (2001), cultivando milho com e sem excesso hídrico e altas doses de nitrogênio, verificou maior perda de N por lixiviação quando aplicou água em excesso na cultura (lâmina d'água 50% superior à considerada adequada), simulando os efeitos da ocorrência de chuvas intensas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados obtidos é possível inferir que, para ambos os sistemas de cultivo (convencional e direto), nas condições ambientais de realização deste experimento, é viável a antecipação da cobertura nitrogenada para logo após o plantio, sem prejuízos na produtividade de grãos e com as vantagens de maior racionalização do uso do maquinário e da mão-de-obra na propriedade. Entretanto, em anos de elevada precipitação pluvial, nos períodos iniciais de desenvolvimento, a ponto de promover lixiviação de N no solo, ou em anos de seca, a dinâmica do nitrogênio no solo poderá ser afetada, comprometendo a produtividade.

As produtividade obtidas nos tratamentos sem cobertura nitrogenada foram inferiores em 13 sacos . ha⁻¹ no sistema convencional e em 15 sacos . ha⁻¹ no sistema plantio direto. Entretanto, sugere-se avaliar a viabilidade econômica da cobertura nitrogenada levando em consideração a redução no aporte de nitrogênio no solo que ocorreria com a não realização das adubação de cobertura em anos consecutivos de cultivo.

Contudo, por se tratarem de resultados preliminares, sugere-se cautela ao fazer inferências dos resultados obtidos, pois outros fatores, tais como manejo dos restos culturais, sistema de rotação de cultura, tempo de adoção do plantio direto, textura do solo e forma de aplicação da fonte de nitrogênio, podem afetar o desempenho da prática de aplicação da cobertura nitrogenada logo após o plantio. Todavia, mesmo em cultivos em solos de boa fertilidade e com um suficiente aporte de N no solo, e sendo adequadas as condições de precipitação, a cobertura nitrogenada promoverá ganhos significativos na produtividade de grãos de milho.

Foram escolhidas, para estes experimentos, cultivares com diferentes características de ciclo, arquitetura e porte. Os resultados evidenciam a necessidade de outros estudos sobre este fator em diversos ambientes, já que houve comportamento diferente dos cultivares nos dois sistemas de cultivo adotados.

Independentemente do sistema de cultivo adotado, as fontes de variação avaliadas (cultivares, épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, espaçamentos e fontes de N) tiveram variação semelhante para todas as características avaliadas. Entretanto, os resultados obtidos se referem a um ano apenas de experimentação, sendo necessário a realização de mais pesquisas em outros anos e locais, o que permitirá maior segurança nas inferências dos resultados obtidos.

6 CONCLUSÕES

A antecipação da cobertura nitrogenada para logo após a semeadura proporciona produtividades de grãos semelhantes às obtidas quando esta é aplicada em outros estádios fenológicos do milho.

Independentemente do sistema de cultivo (convencional ou direto) e do espaçamento entre linhas adotados, a realização da cobertura nitrogenada proporciona incrementos significativos na produtividade de grãos de milho.

No sistema de plantio direto a produtividade de grãos foi maior quando adotou-se o espaçamento de 0,45 m entre linhas. Já no sistema de cultivo convencional ocorreu o inverso, ou seja, a produtividade foi maior no espaçamento de 0,80 m.

O comportamento das cultivares foi semelhante nos dois sistemas de cultivo, merecendo destaque a cultivar DKB 333B, que foi a mais produtiva.

A altura de plantas e de espigas e a porcentagem de plantas acamadas e quebradas não são influenciadas pelas épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, independentemente do sistema de cultivo adotado.

A produtividade de grãos, o percentual de plantas acamadas e quebradas, a altura de plantas e a altura de espigas não são afetadas pelas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia), independentemente do sistema de cultivo e dos espaçamentos entre linhas adotados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (Coord.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 76-111.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P (Ed.). Urease activity. In: _____. **Methods in applied soil microbiology in biochemistry**. London: Academic press, 1995. p. 316-320.

ALMEIDA, F. S. de; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicida – contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional**. Londrina: IAPAR, 1985. 482 p.

ANDERSON, D. S.; TEYKER, R. H.; RAYBURN, A. L. Nitrogen form effects on early corn root morphological and anatomical development. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 14, n. 11, p. 1255-1266, 1991.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDR, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha do milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 13, n. 12, p. 158-167, 2001.

ARNON, I. **Mineral nutrition of mayze**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452 p.

AULAKH, M. S.; DORAN, J. W.; WALTERS, D. T. et al. Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 4, p. 1020-1025, July/Aug. 1991.

BARBOSA, J. A. **Influencia de espaçamento e arquitetura foliar no rendimento de grãos e outras características agronômicas do milho (Zea mays L.)**. 1995. 48 p. (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BARRETTO, M. C. de V. **Perdas por volatilização da amônia de duas fontes de N em função da dose, profundidade de aplicação e umidade inicial de três diferentes solos.** Piracicaba, 1991. 160 p.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; MARCOLAN, A. L.; DURIGON, R. **Manejo do nitrogênio do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo no inverno, no sistema de plantio direto.** In: FERTIBIO, 1998, Caxambu. Anais... Caxambu: [s. n], 1998. p. 145.

BOGER, P. **Crop productivity in the light of basic photosynthesis research.** *Plant Research and Development*, Tiibinger, v. 3, p. 60-75, 1976.

BORTOLINI, C. G. **Influência do espaçamento entre linhas e do estande de plantas de milho sobre o rendimento de grãos.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis, SC, 2002. CD-ROM.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. **Rendimento de grãos de milho cultivado após avcia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico.** *Pesquisa Agropetúária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, set. 2001.

BULL, L. T. **Nutrição mineral do milho.** In: *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade.* Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 63-145.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. **Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 575-579, out./dez. 1997.

CANTARELLA, H. **Calagem e adubação do milho.** In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho – fatores que afetam a produtividade.* Piracicaba: Potafós, 1993a. p. 147-196.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio.** In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade.* Piracicaba: Potafós, 1993b. p. 166.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. VAN; CAMARGO, C. E.; OLIVEIRA de. 13. Ceres In. RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas, SP: Instituto Agrônômico, 1996. p. 43-47. (IAC. Boletim Técnico, 100).

CERETTA, C. A.; SILVEIRA, M. J. da. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5., 2002, Guarapuava. Anais... Guarapuava: Cooperativa agrária Colônia Vitória, 2002. p. 115-129.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? *Informações Agrônômicas*, Piracicaba, n. 101, mar. 2003. Encarte Técnico.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Nutrição e adubação: seja doutor do seu milho. *Arquivo do Agrônomo Potafos*, Piracicaba, n. 2, set. 1995.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. *Fertilidade do solo*. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro do Ensino Agrícola, 1973. 384 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa – MG, 1999. 359 p.

COUTINHO, E. L. M.; JÚNIOR, A. F.; SOUZA, E. C. A.; CARNIER, P. E. Aplicação de uréia na cultura do milho: efeitos de doses, modo de aplicação e parcelamento. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v. 62, n. 3, p. 239-246, dez. 1987.

CRUZ, J. C.; CORRÊA, L. A.; PEREIRA FILHO, E. E. G. e.; PEREIRA, F. T. F.; VERSIANI, R. P. GUISTEM, J. M. Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil par a safra 2002/03. Disponível em: Acesso em 16 jun. 2003.

CRUZ, J. C. Manejo de solos em sucessão de culturas. In: SEMINARIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. Anais... Barretos: CAT/IEA, 1999. p. 39-49.

DERPSCH, R. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Rossdorf: Verlagsgesellschaft, 1991. 268 p.

DIBB, D. W.; WELCH, L. F. Corn growth as affected by ammonium vs. Nitrate absorbed from soil. Agronomy Journal, Madison, v. 68, n. 1, p. 89-94, Jan./Feb. 1967.

DINIZ, J. A. Desempenho de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em áreas de plantio convencional e direto, sob diferentes densidades de semeadura. Jaboticabal, 1999. 117 p.

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

DUETE, R. R. C. Estudo de doses de nitrogênio na adubação de milho usando ¹⁵N. 2000. 152 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA. (Brasília, DF). Recomendações técnicas para o cultivo do milho. 2. ed. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1996. 204 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção. Sete Lagoas, 1991. 85 p (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 14).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recomendações técnica para o cultivo do milho. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1993. 204 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cultivares de milho para 2002/2003. Brasília: EMBRAPA/CNPMS. Capturado: 28/06/2003 em <http://www.cnpms.embrapa.br>.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; RIZZARDI, M. A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de N em cobertura na cultura do milho em 2 épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 71-7, jan./mar. 1997.

FANCELLI, A. L. *Fisiologia da produção do milho*. Piracicaba: Aldeia Norte, 1995.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; CASADEI, R. Desempenho da cultura do milho em função das doses de nitrogênio aplicadas em diferentes estádios fenológicos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2002. CD-ROM .

FENN, L. B.; MYAMOTO, S. Ammonia losses and associated reactions of urea in calcareous soils. *Soil science Society of America Journal*, Madison, v. 45, n. 3, p. 537-540, May/June 1981.

FERNANDES, R. N.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E, BUZETTI, S.; ANDRADE, J. A. C.; AGUIAR, E. C. Manejo do Solo e Época de Aplicação de Nitrogênio no Desenvolvimento e Rendimento do Milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2002. CD-ROM .

FINK, R. J.; WESLEY, D. Corn yield as affected by fertilization and tillage system. *Agronomy Journal*, Madison, v. 66, n. 1, p. 70-71, 1974.

FORNASIERI FILHO, D. *A cultura do milho*. Jaboticabal: FUNESP, 1992. p. 229-245.

FRANÇA, G. E.; COELHO, A. M.; RESENDE, M.; BAHIA FILHO, A. F. C. Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho irrigado. In: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. *Relatório anual: 1992-1993*. Sete Lagoas: EMBRAPA, 1994. p. 28-30.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. do; RESENDE, A. V. de; GUILHERME, L. R. G; GUEDES, G. A. de A. *Fertilidade do solo*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

GUILHERME, L. R. G.; VALE, F. R.; GUEDES, G. A. **Fertilidade do solo: Dinâmica e disponibilidade de nutrientes.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. 171 p.

HARPER, L. A.; SHARPE, R. R. Nitrogen dynamics in irrigated corn: Soil-plant nitrogen and atmospheric ammonia transport. *Agronomy Journal*, Madison, v. 87, n. 4, p. 669-675, July/Aug. 1995.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, set. 1985.

IVANKO, S. Recent progress in the use of ^{15}N in research on nitrogen balance studies in soil-plant relationship. In: IAEA. *Isotope and radiation in soil-plant relationship including forestry.* Vienn, 1972. p. 483-497.

JOHNSON, G. A.; HOVERSTAD, T. R.; GREENWALD, R. E. Integrated weed management using narrow row spacing, herbicides and cultivation. *Agronomy Journal*, Madison, v. 90, n. 1, p. 40-46, Jan./Feb. 1998.

JORGE, J. A. *Solo – manejo e adubação.* 2. ed. São Paulo: Nobel, 1983. 307 p.

LOPES, A. S. *Manual de fertilidade do solo.* São Paulo: ANDA/POTAFÓS, 1989. 153 p.

MACHADO, A.T. *Perspectivas do melhoramento genético em milho (Zea mays L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio.* 1997. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MACHADO, A. T.; PURCINO, A. A. C.; MAGALHÃES, P. C.; MAGNAVACA, R.; MAGALHÃES, J. R. Efeito da seleção genética em duas populações de milho, para maior eficiência na utilização de nitrogênio. In:

REUNION DE MAICEROS DE LA ZONA ANDINA, 14.; REUNION SUDAMERICANA DE MAICEROS 1., 1990, Maracay. *Anais...* Maracay, 1990.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola – adubos e adubação.* 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

MARCANO, F.; OHEP, C. Respueta del cultivo de maiz a tres practicas de labranza, dos fuentes nitrogenadas y tres formas de application del nitrogeno. *Agronomia Tropical*, Maracay, v. 47, n. 1, p. 61-85, ene./mar. 1997.

MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D.; ROBIN, D. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. *Plant and Soil*, The Hague, v. 181, n. 1, p. 71-82, Apr. 1996.

MASKINA, M. S.; POWER, J. F.; DORAN, J. W. et al. Residual effects of crop residues on corn yield and nitrogen uptake. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 57, n. 6, p. 1555-1560, Nov./Dec. 1993.

MELO, F. A. F. *Fertilidade do solo*. São Paulo: Nobel, 1983. 400 p.

MEROTTO Jr., A.; ALMEIDA, M. L.; FUCHS, O. Aumento do rendimento de grãos de milho proporcionado pelo aumento na população de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. *Resumos...* Londrina: IAPAR, 1996. p. 194.

MOLIN, R. *Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura do milho*. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 2000. p. 1-2.

MORAIS, A. R. de Efeito de cultivares, espaçamento e densidades no rendimento forrageiro visando a produção de silagem de milho (*Zea mays* L.). 1991. 97 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MUNDSTOCK, C. M. Efeitos de espaçamento entre linhas e de populações de plantas de milho (*Zea mays* L.) de tipo precoce. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronômica*, Brasília, v. 13, n. 1, p. 13-17, 1978.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L. Nutrição e adubação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *O milho no Paraná*. Londrina, 1982. p. 83-104. (IAPAR. Circular, 29)

OLIVEIRA, J. M. VAZ. *O milho*. Lisboa: Clássica Editora, 1984. 218 p.

OLIVEIRA, M. D. X. Comportamento da cultura do milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de semeadura nas regiões centro e norte de Mato Grosso do Sul. 1990. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

OSAKI, M. Comparison of productivity between tropical and temperate maize. 1. Senescence and productivity in relation to nitrogen nutrition. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 41, n. 3, p. 439-450, Sept. 1995.

OSAKI, M. Comparison of productivity between tropical and temperate maize. 2. parameters determining the productivity in relation to the amount of nitrogen bsorbed. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 41, n. 3, p. 451-459, Sept. 1995.

PAIVA, L. E. Influência de níveis de nitrogênio, espaçamento de densidade no rendimento forrageiro e qualidade de silagem de milho (*Zea mays* L.). 1992. 81 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.


PASZKIEWICZ, S. Narrow row spacing influence on com yield. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 51., 1996, Chicago. *Proceedings...* Chicago, IL, 1996. p. 130-138.

PATERNIANI, E. Phenotypic recurrent selection for prolificacy in maize. *Maydica*, Bergamo, v. 23, n. 29, 1978.

PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed). *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 2 v., 795 p.

PENDLETON, J. Cultural practices: plant density and row spacing for com. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 20., 1965, Chicago. *Proceedings...* Chicago, IL, 1965. p. 51-58.

RAO, T. P.; ITO, O.; MATSUNAGA, R.; YONEYAMA, T. Knetics of ¹⁵N-Labelled nitrate uptake by maize (*Zea mays* L.) Root Segments. *Soil Science of Plant Nutrition*, Tokyo, v. 43, n. 3, p. 491-498, Sept. 1997.



RAIJ, B. V. Nitrogênio. In: _____. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991. Cap. 9, p. 163-179.

RESENDE, S. G. de **Alternativas de espaçamento entre fileiras e densidade de plantas no cultivo de milho**. 2003. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corns plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension service, 1993. 21 p. (Special Report ; n. 48).

RIZZARDI, M. A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho na linha de semeadura e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1231-1236, ago. 1994.

ROSCOE, R. **Atividade da urease em um latossolo vermelho escuro de Sete Lagoas-MG, cultivado com milho, sob diferentes métodos de preparo do solo**. 1997. 51 p.

SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: FERTIBIO, 1998, Caxambu. **Anais.** Caxambu: [s. n], 1998. p. 32.

SÁ, J. C. M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema de plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1996. 24 p.

SÁ, J. C. M. Parâmetros para recomendação de calagem e adubação no sistema de plantio direto. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Pato Branco. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1997. p. 63-81.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: Na important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, jan./fev. 2001.

SANGOI, L.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C. Acumulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 259-267, Mar. 2002.

SCHERER, E. E. Avaliação de fontes e épocas de aplicação de adubo nitrogenado na cultura do milho no sistema de plantio direto. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 48-53, mar. 2001.

SILVA, B. G.; CORRÊA, L. A. Cultivares de milho. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 14, n. 164, p. 13-14, 1990.

SOARES SOBRINHO, J. Comportamento da cultura de milho (*Zea mays* L.) Piranão em diferentes níveis de nitrogênio, espaçamento e densidades. 1981. 110 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, J. A.; PAES, J. M. V.; ZITO, R. Efeito da época de realização da cobertura nitrogenada com sulfato de amônio e uréia na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis, SC. *Anais...* Florianópolis, 2002a. CD-ROM.

SOUZA, J. A.; TEIXEIRA, M. R.; PAES, J. M. V.; ZITO, R. Efeito da época de aplicação e do parcelamento do nitrogênio no rendimento do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis, SC. *Anais...* Florianópolis, 2002b. CD-ROM.

SOUZA, L. O. V. Sistemas de cultivo, épocas de semeadura e doses de nitrogênio na produção de grãos de milho. 2002. 44 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

STEVENSON, F. J. *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York: John Wiley, 1986. 380 p.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. *Soil fertility and fertilizers*. 5. ed New York, 1993. 634 p.

TOLLENAAR, M. Response of dry matter accumulation in maize to temperature. I. Dry matter partitioning. *Cropscience*, Madison, v. 29, n. 5, p. 1239-1246, Sept./Oct. 1989.

UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. Nitrogen and carbonum accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. *Crop Science*, Madison, v. 35, n. 1, p. 183-190, Jan./Feb. 1995.

VAZQUEZ, G. H.; SILVA, M. R. R. Influência do espaçamento entre linhas de semeadura em híbridos simples de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis, SC. Florianópolis, 2002. CD-ROM.

VIANA, A. C.; SILVA, A. F. da; MEDEIROS, J. B. de.; CRUZ, J. C.; CORREA, L. A. Práticas culturais. In: EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. *Cultura do milho*. Brasília, 1983. p. 87-99.

WAGGER, M. G.; DENTON, H. P. Crop and tillage rotations - grain-yield, residue cover, and soil-water. *Soil Science society of America Journal*, Madison, v. 56, n. 4, p. 1233-1237, July/Aug. 1992.

WARNCKE, D. D.; BARBER, S. A. Ammonium and nitrate uptake by corn (*Zea mays* L.) as influenced by nitrogen concentration and $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ ratio. *Agronomy Journal*, Madison, v. 65, n. 6, p. 950-953, Nov./Dec. 1973.

www.pionner.com/brasil/2002

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 71, p. 1-3, set. 1995.

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar. *Informações Agronômicas Potafos*, Piracicaba, n. 74, p. 1-5, dez, 1996.

ANEXOS

- TABELA 1A.** Resumo da análise de variância para as médias de altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de grãos (Prod.), para o experimento onde foi usado o espaçamento de 45 cm. UFLA, Lavras-MG, 2002/2003. 70
- TABELA 2A.** Resumo da análise de variância para as médias de altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de grãos (Prod.), para o experimento onde foi usado o espaçamento de 0,80 m. UFLA, Lavras-MG, 2002/2003. 71
- TABELA 3A.** Resumo da análise de variância para as médias de altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de grãos (Prod.), para o experimento onde foi usado o espaçamento de 0,45 m. Fazenda dos Rosas, Lavras-MG, 2002/2003. 72
- TABELA 4A.** Resumo da análise de variância para as médias de altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de grãos (Prod.), para o experimento onde foi usado o espaçamento de 0,80 m. UFLA, Lavras-MG, 2002/2003. 73

TABELA 1A. Resumo da análise de variância para as médias de altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) em metros, porcentagem de plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de grãos (Prod.) em kg/ha¹, para o experimento onde foi usado o espaçamento de 45 cm no sistema convencional de cultivo. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Fonte de variação	GL	QM			Media Geral	CV (%)	Media Geral
		AP	AE	PA			
Blocos	2	0,004 ^{NS}	0,001 ^{NS}	63,547 ^{NS}	3665341,084 ^{NS}	19,07	7062,65
Cultivar (C)	3	0,865 ^{**}	0,475 ^{**}	12,654 ^{NS}	14486082,293 ^{**}	140,16	2,78
Fontes (F)	1	0,002 ^{NS}	0,009 ^{NS}	0,752 ^{NS}	2423720,772 ^{NS}	19,07	7062,65
Epo. cob. N (E)	3	0,068 ^{**}	0,047 ^{**}	3,300 ^{NS}	7972097,436 ^{**}	140,16	2,78
C*F	3	0,027 ^{NS}	0,007 ^{NS}	46,504 ^{**}	1812125,791 ^{NS}	19,07	7062,65
C*E	9	0,009 ^{NS}	0,004 ^{NS}	4,306 ^{NS}	1067566,755 ^{NS}	19,07	7062,65
F*E	3	0,009 ^{NS}	0,004 ^{NS}	11,303 ^{NS}	3312000,537 ^{NS}	19,07	7062,65
C*F*E	9	0,008 ^{NS}	0,008 ^{NS}	23,936 ^{NS}	1959426,619 ^{NS}	19,07	7062,65
Erro	62	0,017	0,011	15,157	1813572,810	19,07	7062,65

** P ≤ 0,01; ^{NS} Não significativo.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância para as médias de altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) em metros, porcentagem de plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de grãos (Prod.) em kg.ha⁻¹, para o experimento onde foi usado o espaçamento de 80 cm no sistema convencional de cultivo. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Fonte de variação	GL	QM			
		AP	AE	PA	Prod.
Blocos	2	0,283 ^{NS}	0,120 ^{NS}	14,852 ^{NS}	5198807,693 ^{NS}
Cultivar (C)	3	0,017 ^{NS}	0,012 ^{NS}	2,061 ^{NS}	21067417,670 ^{**}
Fontes (F)	1	0,040 ^{NS}	0,023 ^{NS}	7,326 ^{NS}	548296,625 ^{NS}
Épo. cob. N (E)	3	0,014 ^{NS}	0,013 ^{NS}	7,448 ^{NS}	2448684,216 ^{**}
C*F	3	0,065 ^{NS}	0,027 ^{NS}	0,290 ^{NS}	868833,212 ^{NS}
C*E	9	0,042 ^{NS}	0,031 ^{NS}	3,960 ^{NS}	510178,922 ^{NS}
F*E	3	0,030 ^{NS}	0,015 ^{NS}	3,023 ^{NS}	176683,954 ^{NS}
C*F*E	9	0,048 ^{NS}	0,032 ^{NS}	6,661 ^{NS}	678293,328 ^{NS}
Erro	62	0,033	0,019	4,318	451605,893
CV (%)		8,03	11,04	172,08	8,02
Média Geral		2,28	1,26	1,21	8377,43

** P ≤ 0,01.; ^{NS} Não significativo.

TABELA 3A. Resumo da análise de variância para as médias de altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) em metros, porcentagem de plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de grãos (Prod.) em kg.ha⁻¹, para o experimento onde foi usado o espaçamento de 45 cm no sistema de plantio direto. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Fonte de variação	GL	QM			
		AP	AE	PA	Prod.
Blocos	2	0,024 ^{NS}	0,017 ^{NS}	0,139 ^{NS}	6350871,530 ^{NS}
Cultivar (C)	3	0,947 ^{**}	0,467 ^{**}	0,383 ^{NS}	10563536,198 ^{**}
Fontes (F)	1	0,009 ^{NS}	0,010 ^{NS}	0,551 ^{NS}	219504,321 ^{NS}
Épo. cob. N (E)	3	0,009 ^{NS}	0,009 ^{NS}	0,779 ^{NS}	1402179,900 ^{NS}
C*F	3	0,013 ^{NS}	0,004 ^{NS}	0,214 ^{NS}	755604,109 ^{NS}
C*E	9	0,006 ^{NS}	0,008 ^{NS}	0,392 ^{NS}	1116674,017 ^{NS}
F*E	3	0,012 ^{NS}	0,015 ^{NS}	0,551 ^{NS}	263299,437 ^{NS}
C*F*E	9	0,008 ^{NS}	0,006 ^{NS}	0,723 ^{NS}	805170,410 ^{NS}
Erro	62	0,012	0,012	0,599	1323639,398
CV (%)		4,37	8,38	496,13	11,45
Média Geral		2,50	1,33	0,16	10046,94

^{**} P ≤ 0,01; ^{NS} Não significativo.

TABELA 4A. Resumo da análise de variância para as médias de altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) em metros, porcentagem de plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de grãos (Prod.) em kg.ha⁻¹, para o experimento onde foi usado o espaçamento de 80 cm no sistema de plantio direto. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Fonte de variação	GL	QM		
		AP	AE	Prod.
Blocos	2	0,002 ^{NS}	0,001 ^{NS}	748770,859 ^{NS}
Cultivar (C)	3	0,602 ^{**}	0,378 ^{**}	15016594,288 ^{**}
Fontes (F)	1	0,022 ^{NS}	0,022 ^{NS}	307495,350 ^{NS}
Épo. cob. N (E)	3	0,009 ^{NS}	0,011 ^{NS}	12488502,289 ^{**}
C*F	3	0,003 ^{NS}	0,003 ^{NS}	446591,389 ^{NS}
C*E	9	0,011 ^{NS}	0,010 ^{NS}	1125934,383 ^{NS}
F*E	3	0,011 ^{NS}	0,002 ^{NS}	890608,603 ^{NS}
C*F*E	9	0,022 ^{NS}	0,006 ^{NS}	194774,124 ^{NS}
Erro	62	0,025	0,010	1041015,755
CV (%)		6,58	7,36	11,20
Média Geral		2,41	1,37	9109,49

** P ≤ 0,01.; ^{NS} Não significativo.