

RAIMUNDO NONATO CARVALHO ROCHA

Doada para biblioteca
do CPAA.
Município - AM.
06-10-2003

**RESPOSTA DE HÍBRIDOS DE MILHO DE CICLO SUPERPRECOCE,
PRECOCE E NORMAL À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO SISTEMA
PLANTIO DIRETO**

Classificação da biblioteca Central da UFV
Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e

Rocha, Raimundo Nonato Carvalho, 1971-
Resposta de híbridos de milho de ciclo superprecoce,
precoce e normal à aplicação de nitrogênio no sistema
de plantio direto / Raimundo Nonato Carvalho Rocha.

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para a
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

T
004/03

VIÇOSA

MINAS GERAIS - BRASIL

2003

Unidade: *Amazônia Oriental*
 Valor aquisição: *R\$ 1.200,00*
 Data aquisição: *08.10.03*
 N.º v. Fiscal/Fatura: *-*
 Provedor: *-*
 N.º OCS: *-*
 Origem: *Doação*
 N.º Registro: *2003.00027*

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da UFV

T
 R672r
 2003

Rocha, Raimundo Nonato Carvalho, 1971-
 Resposta de híbridos de milho de ciclo superprecoce, precoce e normal à aplicação de nitrogênio no sistema plantio direto / Raimundo Nonato Carvalho Rocha. – Viçosa : UFV, 2003
 47. : il.

Orientador: João Carlos Cardoso Galvão
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Milho - Híbridação - Efeito do nitrogênio. 2. Plantio direto. 3. Milho - Adubação nitrogenada. 4. Milho - Fenologia. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

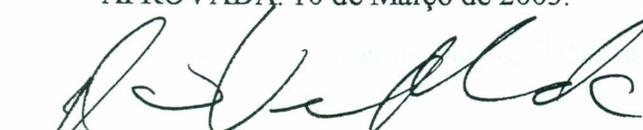
CDD 19.ed:633.153
 CDD 20.ed. 633.153

RAIMUNDO NONATO CARVALHO ROCHA

**RESPOSTA DE HÍBRIDOS DE MILHO DE CICLO SUPERPRECOCE,
PRECOCE E NORMAL À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO SISTEMA
PLANTIO DIRETO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 10 de Março de 2003.



Prof. Glauco Vieira Miranda
(Conselheiro)



Prof. Ernani Luiz Agnes
(Conselheiro)



Pesq. Isabel Cristina dos Santos



Prof. Joênes Mucci Pelúzio



Prof. João Carlos Cardoso Galvão
(Orientador)

A Deus,

a meus pais, Nilo e Zila,

a minha filha, Fernanda

a minha esposa, Elizângela,

a meu orientador João Carlos

a minhas irmãs, Lezé, Janete e Socorro

a meus afilhados, Thiago, Junho e Guilherme

a meus amigos, Tibertino e Fidelis,

Dedico.

Aos professores doutores Dr. José Manoel Colliques, Rubens Farias de Faria, Carlos Eduardo de Jesus, Cel. Tereza dos Santos, Cassio Leite, pelo incentivo, apoio, e colaboração durante o curso de Graduação.

Ao programa mineiro, pelo apoio e incentivo em momentos necessários para a realização deste trabalho.

Aos familiares **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida.

Aos meus pais, Nilo Ribeiro Rocha e Zila Francisca de Carvalho, pelo incentivo, carinho, compreensão e apoio.

A minhas irmãs, Janete, Socorro, Maria da Cruz, e especialmente minha segunda mãe Zezé pelo constante apoio.

A Universidade do Tocantins pela grande oportunidade de realizar o curso de graduação.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

Ao professor João Carlos Cardoso Galvão, pela orientação, dedicação, amizade, apoio, incentivo e, principalmente, pela confiança em mim depositada.

Ao professor Glauco Vieira Miranda, pelo apoio, conselhos, sugestões e colaboração, mas principalmente, pela amizade.

À minha querida professora e anjo da guarda Kênia Ferreira Rodrigues, pela amizade, coerência, e apoio no momento em que mais precisei.

Aos professores Ernani, Paulo Roberto, pelo conselho e amizade.

À Mara, secretária do curso de pós-graduação, pela atenção dispensada.

Aos professores Joênes Mucci Peluzio, Herick Collichio, Rubens Fausto da Silva, Gerson Fausto da Silva, Gil Rodrigues dos Santos, Camilo Lelis, pela amizade apoio e conhecimentos transmitidos durante o curso de Graduação.

Ao programa milho[®], pelo apoio na obtenção dos insumos necessários para realização deste trabalho.

Aos funcionários do campo experimental de Coimbra, pelo apoio e amizade.

Aos colegas de república, Rodrigo, Raimundo Wagner, Renato Sarmento pela compreensão e amizade adquirida nesses dois anos de convivência e especialmente ao amigo Uberlando Tiburtino Leite pela orientação genérica, que muito contribui para realização desse curso.

À todos os moradores do morro do macaco que me acolheram quando cheguei nessa cidade, em especial ao Sr. João da Granja e minha grande amiga Adriana e familiares.

À Fábio Daniel, Ângela, Hélio e Ana Célia, Manoel, Gisely e alguém que esta preste a chegar neste mundo, o grande Evaristinho, pelo apoio e amizade.

Aos inúmeros amigos, que aqui conquistei e que tanto me apoiaram, entre eles Domingos e Tata.

Ao grande amor da minha vida, pela incansável e tolerante espera durante esses dois anos à distância, minha esposa Elizângela Carvalho.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

RAIMUNDO NONATO CARVALHO ROCHA, filho de Nilo Ribeiro Rocha e Zila Francisca de Carvalho Rocha, nasceu em 07 de dezembro de 1971, no Maranhão.

Realizou o curso Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Urutaí, em Urutaí, Goiás.

Em março de 1996, iniciou o curso de Engenharia Agrônoma na Universidade do Tocantins, graduando-se em janeiro de 2001.

Em março de 2001, ingressou no programa de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em 10 de março de 2003.

1.5. Aumento médio da produção de soja como fertilizante

1.6. Impacto ambiental da produção de fertilizantes na produção

1.7. Uso do SPAD como indicador do nível de nitrogênio no milho

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características da área experimental

3.2. Tipos de milho

3.3. Procedimento da casa de cultivo

3.4. Delineamento experimental

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Nitrogênio no solo.....	3
2.2. Manejo do nitrogênio.....	6
2.3. Respostas do milho à adubação nitrogenada.....	9
2.4. Parcelamento e época de aplicação do fertilizante nitrogenado.....	11
2.5. Aproveitamento do nitrogênio aplicado como Fertilizante.....	13
2.6. Uso de análise foliar para diagnose de nitrogênio na planta.....	16
2.7. O índice SPAD como indicador do nível de nitrogênio no milho.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Características da área experimental.....	19
3.2. Híbridos de milho.....	20
3.3. Parcelamento da dose de nitrogênio.....	20
3.4. Delineamento estatístico.....	21

3.5. Procedimento experimental e colheita.....	21
3.6. Avaliação das características das plantas	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Análise de variância.....	25
4.2. Altura da planta e da inserção da primeira espiga.....	26
4.3. Prolifricidade.....	27
4.4. Florescimento feminino (FF)	28
4.5. Massa de 1000 grãos.....	29
4.6. Rendimento de grãos.....	30
4.7. Correlação entre o índice SPAD e o rendimento de grãos.....	32
4.8. Correlação entre o teor foliar de N e o rendimento de grãos.....	34
4.9. Correlação entre o índice SPAD e teor de N na folha.....	35
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	40

prolifricidade dos híbridos de milho AG5010, P32R21 e DKB 313, em

função do parcelamento de adubação nitrogenada

5. Altura da planta (m) de três híbridos de milho em função do parcelamento de adubação nitrogenada

6. Altura da inserção da primeira espiga (m) de três híbridos de milho em função do parcelamento de adubação nitrogenada

7. Valores da massa de 1000 grãos (g) floridos em função do parcelamento de adubação nitrogenada em três híbridos de milho em função do parcelamento de adubação nitrogenada

8. Rendimento de grãos (kg ha⁻¹) de três híbridos de milho em função do parcelamento de adubação nitrogenada

LISTA DE TABELAS

1. Resultado da análise química do solo..... 19
2. Características dos híbridos utilizados no experimento..... 20
3. Porcentagem de 120 kg ha^{-1} de N aplicado na semeadura e nos estádios de 4^a e 8^a folhas, de acordo com parcelamento da adubação nitrogenada..... 21
4. Resumo da análise de variância para as características de rendimento de grãos (kg ha^{-1}), massa de 1000 grãos (g), altura da planta (m), altura da inserção da primeira espiga (m) florescimento feminino (FF) e prolificidade dos híbridos de milho AG9010, P32R21 e DKB 333, em função do parcelamento da adubação nitrogenada..... 25
5. Altura da planta (m), de três híbridos em função do parcelamento da adubação nitrogenada..... 26
6. Altura da inserção da primeira espiga (m), de três híbridos simples em função do parcelamento da adubação nitrogenada..... 27
7. Valores da massa de 1000 grãos (g), florescimento feminino e prolificidade em três híbridos de milho, em função do parcelamento da adubação nitrogenada..... 29
8. Rendimento de grãos (kg há^{-1}), de três híbridos simples em função do parcelamento da adubação nitrogenada..... 32

9. Análise de correlação simples (r) entre as variáveis dependentes avaliadas nos estádios de quatro e de oito folhas completamente desenvolvidas e no florescimento feminino do híbrido de milho AG9010.....	34
10. Análise de correlação simples (r) entre as variáveis avaliadas nos estádios de quatro e de oito folhas completamente desenvolvidas no florescimento feminino de híbrido de milho P32R21.....	36
11. Análise de correlação simples (r) entre as variáveis dependentes avaliadas nos estádios de quatro e de oito folhas completamente desenvolvidas no florescimento feminino do híbrido de milho DKB 333..	37

LISTA DE FIGURAS

1. Valores acumulados de precipitação pluvial e média da temperatura por decêndio, durante o período experimental..... 20

ROCHA, Patrícia Nogueira Cordeiro, M. S. (1998). *Resposta da cultura de Yucca rostrata a diferentes níveis de fertilização nitrogenada em condições de campo em março de 2003. Resposta de híbridos da Morueira (Musa sapientum) à fertilização com Nitrato e Nitrato + Aplicação de Nitrogênio em Cultivo em Plástico Direto. Orientador: João Carlos Cardoso Garcia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 102 páginas e 10 figuras. Disponível em: http://www.ufv.br/posgrad/posgrad/2003-2004/2003_2004_102.pdf*

A grande habilidade de adaptação do milho ao ambiente de cultivo, tanto em condições de campo quanto em condições de cultivo em plástico, é resultado da plasticidade fisiológica e morfológica da espécie. Essa plasticidade é resultado da capacidade de absorção de nutrientes e água do solo, da capacidade de adaptação a diferentes condições de cultivo, da capacidade de adaptação a diferentes níveis de fertilização nitrogenada e da capacidade de adaptação a diferentes níveis de irrigação. A grande habilidade de adaptação do milho ao ambiente de cultivo, tanto em condições de campo quanto em condições de cultivo em plástico, é resultado da plasticidade fisiológica e morfológica da espécie. Essa plasticidade é resultado da capacidade de absorção de nutrientes e água do solo, da capacidade de adaptação a diferentes condições de cultivo, da capacidade de adaptação a diferentes níveis de fertilização nitrogenada e da capacidade de adaptação a diferentes níveis de irrigação.

RESUMO

ROCHA, Raimundo Nonato Carvalho, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2003, **Resposta de Híbridos de Milho de ciclo Superprecoce, Precoce e Normal à Aplicação de Nitrogênio no Sistema Plantio Direto**. Orientador: João Carlos Cardoso Galvão. Conselheiros: Glauco Vieira Miranda, Ernani Luiz Agnes e Paulo Roberto Gomes Pereira.

A grande mobilidade do nitrogênio no solo possibilita perdas, sugerindo, como regra geral, o parcelamento da adubação nitrogenada. Em razão disso objetivou-se avaliar o efeito do parcelamento da adubação nitrogenada aplicada em híbridos simples de milho, de ciclos superprecoce, precoce e normal, cultivados em sistema de plantio direto, e avaliar a aplicabilidade da leitura SPAD, na diagnose precoce, para recomendação de adubação nitrogenada. Os tratamentos foram constituídos por três híbridos de milho (DKB 333, P32R21 e AG 9010) e seis formas de aplicação da dose de 120 kg de N ha⁻¹, (1) 100% na semeadura (S), (2) 40% S e 60% 4ª folha, (3) 40% S e 60% 8ª folha, (4) 20% S e 80% 4ª folha, (5) 20% S e 80% 8ª folha, (6) 20% S, 40% 4ª folha e 40% 8ª mais um tratamento testemunha, (7) zero de nitrogênio. Estes foram arranjados em parcelas subdivididas com quatro repetições, em que os híbridos e os parcelamentos foram casualizados nas parcelas e nas subparcelas, respectivamente. A adubação nitrogenada influenciou todas as

características avaliadas, exceto a massa de 1000 grãos do híbrido AG9010 e a prolificidade do AG9010 e P32R21. Já a interação híbrido x parcelamento afetou a massa de 1000 grãos, o florescimento feminino e a prolificidade. Os resultados evidenciaram que o rendimento de grãos não foi influenciado pelo ciclo dos híbridos avaliados, e que, ausência de adubação nitrogenada retardou o florescimento nos híbridos avaliados. A aplicação de 120 kg ha⁻¹nitrogênio em dose única na semeadura e parcelada em diferentes estádios vegetativos proporcionou produtividade semelhante de grãos. O parcelamento da adubação nitrogenada não influenciou significativamente ao nível analisado a altura da plantas, a altura da inserção da primeira espiga, prolificidade, florescimento feminino e a massa de 1000 grãos. O índice SPAD pode ser usado para diagnose do teor de nitrogênio no milho, no estágio da 4^a folha completamente desenvolvida, para os cultivares AG9010 ciclo superprecoce e P32R21 ciclo precoce. Para o híbrido DKB 333 ciclo normal não houve correlação entre o índice SPAD e o teor de nitrogênio na 4^a folha completamente desenvolvida.

ABSTRACT

ROCHA, Raimundo Nonato Carvalho M.S., Universidade Federal de Viçosa, March 2003. **Superprecocious, Precocious and Normal cycle corn hybrids answer, to the nitrogen application in the direct plantation system.** Advisor: João Carlos Cardoso Galvão. Committee members: Glauco Vieira Miranda, Ernani Luiz Agnes and Paulo Roberto Gomes Pereira.

The great mobility of the nitrogen in the soil enables losses, suggesting, as a general rule, the division of the nitrogenous manuring. Due to it, an evaluation of the nitrogenous manuring division effect used in simple corn hybrids, with super-precocious cycle, precocious and normal, cultivated in direct plantation system, and to evaluate the applicability of the SPDA reading, in the precocious diagnosis, for the nitrogenous manuring recommendation. The treatments were constituted of three corn hybrids (DKB 333, P32R21 and AG9010) and six ways of the dose application of 120 Kg of N ha⁻¹; (1) 100% in the seeding, (S); (2) 40% S and 60% fourth leaf, (3) 40% S and 60% eighth leaf; (4) 20% S and 80% fourth leaf; (5) 20% S and 80% eighth leaf; (6) 20% S; 40% fourth leaf and 40% eighth leaf and an attestation treatment, (7) zero of nitrogen. These treatments were arranged in parcels subdivided with four repetitions, in which the hybrids and the parcels constituted the parcels and the sub-parcels, respectively. The nitrogenous manuring influenced all the

evaluated characteristics, except the mass of 1000 grains of the hybrid AG9010 and the prolificity of the AG9010 and the P32R21. The interaction hybrid x parceling affected the mass of 1000 grains, the female flowering and the prolificity, The results showed that the efficiency of the grains wasn't influenced by the cycle of the hybrids evaluated and that the lack of nitrogenous manuring delayed the flowering in the evaluated hybrids. The application of 120 kg ha⁻¹ of nitrogen in a single dose in the seeding and divided in different vegetative stages provided a similar productivity of grains. The nitrogenous manuring division had no significative influence in the analized level, the hight of the plants, the hight of the insertion of the first spike, prolificity, female flowering and the mass of 1000 grains. The SPAD index can be used to diagnose the content of nitrogen in the corn, in the stage of the fourth leaf completely developed, for the growers AG9010, super-precocious cycle and P32R21, precocious cycle. For the hybrid DKB333, normal cycle had no correlation between the SPDA index and the content of nitrogen in the fourth completaly developed leaf.

Impacto, recuperação e manuseio da capacidade produtiva

O reconhecimento da necessidade de fertilizar com nitrogênio para a produtividade de milho tem despertado o interesse por fertilizantes nitrogenados, bem como por novas técnicas de cultivo que favoreçam sua eficiência nos sistemas agrícolas. Algumas alternativas surgem com o fertilizante nitrogenado, começando a 60% no custo total gasto em fertilizantes e por 20% de produtividade, sendo necessário avaliar a produção agrícola. Nesse contexto, as informações microbológicas que permitem ao solo a recuperação da capacidade produtiva são fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Um polímero pode ser usado para reduzir as perdas de nutrientes do solo.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho possui grande importância sócio-econômica no Brasil. Apesar de não ter ocorrido grande incremento na área cultivada nos últimos anos, a melhoria do manejo e o emprego de tecnologias têm resultado em aumento na produtividade do cereal. A baixa fertilidade natural dos solos e o manejo do nitrogênio estão entre os principais fatores limitantes à obtenção de uma produtividade mais elevada nas principais culturas econômicas. Associado a estes fatos, a reduzida disponibilidade de capital para investimento em insumos acentua a necessidade de pesquisas que desenvolvam alternativas de baixo custo, visando retardar o declínio da fertilidade dos solos e ao mesmo tempo, recuperar e manter a capacidade produtiva.

O reconhecimento da necessidade do nitrogênio para elevar a produtividade do milho tem aumentado a demanda por fertilizante nitrogenado, bem como por novas técnicas de cultivo que favoreçam sua eficiência nos sistemas agrícolas. Algumas estimativas sugerem que o fertilizante nitrogenado corresponde a 80% do custo total gasto em fertilizantes e por 30% de toda a energia associada à moderna produção agrícola. Além disso, devido às transformações microbiológicas que ocorrem no solo, o nitrogênio está sujeito a perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação, constituindo-se assim, em um poluente potencial do solo, do ar e dos mananciais de água.

A crescente preocupação com a poluição das águas e da atmosfera pelo uso indiscriminado e ineficiente de fertilizantes nitrogenados tem estimulado a busca de alternativas, que possibilitem o uso racional desse insumo. Portanto, torna-se necessária a adoção de técnicas de manejo que contribuam para aumentar a eficiência do aproveitamento do adubo nitrogenado, podendo, dessa forma, minimizar a possibilidade de poluição do meio ambiente, além de contribuir para o desenvolvimento de uma agricultura ecológica. Devido à complexa dinâmica do nitrogênio no solo e ao alto custo de sua obtenção pela indústria, a busca de alternativas mais viáveis para a aplicação do nitrogênio na agricultura e seu uso mais eficiente pelo milho se tornaram necessários. Assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito do parcelamento do adubo nitrogenado (PAN) sobre os componentes de produção de híbridos simples de milho de ciclos superprecoce, precoce e normal, cultivados em sistema de plantio direto; avaliar a validade da leitura do índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) na diagnose precoce e proporcionar subsídios para recomendação de adubação nitrogenada.

Em sistema de plantio direto, a ausência de revolvimento da solo resulta no longo do tempo em aumento progressivo de matéria orgânica e nitrogênio superficial. Com isso, o aumento dos nutrientes e matéria orgânica e nitrogênio resulta no aumento da fertilidade química do solo. Para isso, o sistema de plantio direto requer a aplicação de fertilizantes nitrogenados em parcelamento, para evitar a perda de nitrogênio por volatilização e desnitrificação. SCHOLLEN, 1990.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Nitrogênio no solo

O nitrogênio é o elemento que mais limita o desenvolvimento e a produtividade de biomassa em gramíneas (FREIRE et al., 2001). Esta limitação ocorre porque o milho requer grandes quantidades de nitrogênio, de 1,5 a 3,5% do peso seco da planta, que não é suprido suficientemente pelo solo necessitando assim, do uso de adubos nitrogenados (MARSCHNER, 1995).

A principal fonte de nitrogênio do solo para as culturas é a matéria orgânica (BAYER e MIELNICZUK, 1997). Em solos degradados, os baixos teores de matéria orgânica ocasionam menor disponibilidade de nitrogênio mineral para as culturas, resultando em limitações à produtividade.

No sistema de plantio direto, a ausência de revolvimento do solo resulta, ao longo do tempo, em aumento expressivo de restos culturais sobre a sua superfície. Com isso, a dinâmica dos nutrientes é alterada, inclusive a do nitrogênio, devido ao aumento do teor de matéria orgânica do solo. Esse sistema de cultivo proporciona também, elevação na quantidade de nitrogênio do solo potencialmente mineralizável (SOUZA e MELO, 2000), provocando elevação nos teores totais de nitrogênio nas camadas superficiais (VARGAS e SCHOLLES, 1998).

A maior parte do nitrogênio no solo encontra-se na forma orgânica (>90%). Por meio do processo de mineralização, o nitrogênio da matéria orgânica é transformado nos íons inorgânicos, amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), que são as formas de nitrogênio mais absorvidas pelas plantas. A quantificação da taxa de mineralização do nitrogênio orgânico contribui para o conhecimento da disponibilidade potencial do nutriente durante os cultivos agrícolas, podendo-se, com isso, sugerir a recomendação da adubação nitrogenada. Na forma de nitrato, o nitrogênio não é retido no solo, estando sujeito a perdas por lixiviação e/ou por desnitrificação (FREIRE et al., 2001). Segundo SILVA et al. (1994), em pH próximo da neutralidade, solos com teores elevados de matéria orgânica levam à formação de nitrato. Nestas condições, o N-nítrico pode ser lixiviado, uma vez que, além de muito solúvel, o NO_3^- apresenta baixa energia de adsorção às partículas do solo, podendo comprometer o sincronismo entre a disponibilidade no solo e a cinética de absorção pelas plantas (BASSO e CERETTA, 2000). A percentagem de recuperação pelas plantas do nitrogênio adicionado ao solo é reduzida, evidenciando as elevadas perdas do nutriente pelos processos de volatilização, lixiviação e erosão. Essa recuperação do nitrogênio pelas plantas é dependente das características dos resíduos vegetais, do tipo de cultura, das condições ambientais e do tipo de manejo adotado (GONÇALVES et al., 2000).

A relação C/N dos resíduos de cobertura de solo determina se há predominância dos processos de mineralização ou de imobilização líquida de nitrogênio, durante a fase inicial de sua decomposição. Uma relação C/N acima de 30:1 resulta na imobilização do nitrogênio mineral pela biomassa microbiana, finalizando apenas quando o valor da relação no material em

decomposição estiver próximo a 20:1 (ARGENTA e SILVA, 1999). Como a taxa de mineralização do carbono em solos ácidos é mais rápida que a do nitrogênio, haverá uma redução da relação C/N, ocorrendo, em consequência, maior liberação de nitrogênio mineral, processo conhecido como mineralização. Além disso, esse processo é influenciado pelo regime nutricional das plantas que deram origem aos resíduos vegetais, sendo tanto maior quanto mais elevado for o teor de nitrogênio nos tecidos vegetais e a quantidade de resíduos de cobertura (TOLLENAAR et al., 1993). Assim, resíduos de soja possuem maior taxa de decomposição que os de milho.

Ressalta-se, também, que o teor de matéria orgânica do solo ainda é utilizado como critério básico para a recomendação da adubação nitrogenada, considerando a alta correlação existente entre o nutriente absorvido pelas plantas e sua presença na matéria orgânica (GIANELLO et al., 2000). Além de ser um processo de fácil execução e de baixo custo, a determinação do teor de matéria orgânica fornece outros indicativos importantes das características dos solos, como a acidez potencial, a capacidade de troca de cátions, a capacidade de retenção de água e a estruturação dos agregados.

A seqüência de espécies de culturas em sucessão também afeta a disponibilidade de nitrogênio no solo (ARGENTA et al., 1999b). As gramíneas mantêm a cobertura da superfície do solo por períodos mais longos. Nestas condições, há necessidade de maior atenção para a adubação nitrogenada na semeadura, para que possa haver a compensação do efeito da imobilização do nitrogênio pelos microrganismos do solo na fase inicial de crescimento da cultura de sucessão.

Embora parte do nitrogênio contido na forma orgânica no solo seja mineralizada pela atividade microbiana, essa quantidade, às vezes, não é suficiente para atender à demanda de culturas exigentes (AMADO et al., 2000). Além disso, o nitrogênio orgânico do solo é liberado lentamente, em torno de 2 a 3% durante o ano, enquanto a demanda do nutriente pelo milho é maior no início do desenvolvimento das plantas. Assim, a combinação das fontes de nitrogênio, oriundo de fertilizantes e de leguminosas, pode ter várias vantagens para o manejo desse nutriente, contribuindo, dessa forma, para a sustentabilidade do agrossistema.

2.2. Manejo do nitrogênio

A utilização de sistemas conservacionistas de produção é considerada uma alternativa eficiente, comparado ao sistema tradicional, quanto ao acúmulo de matéria orgânica no solo (AMADO et al., 2001). A prática do plantio direto expandiu-se para a região dos cerrados, consolidando-se como uma alternativa para a sustentabilidade da agricultura nessa região.

A assimilação do nitrogênio é um processo vital que controla o crescimento e o desenvolvimento das plantas, apresentando efeitos pronunciados sobre a fitomassa e a produtividade das culturas (FERREIRA et al., 2002). O acréscimo do teor de matéria orgânica no solo pode promover alterações no manejo da adubação nitrogenada, embora esse teor seja influenciado principalmente pela quantidade e características dos resíduos que antecedem a cultura.

Devido à mobilidade do N-nítrico nos solos, o manejo dos fertilizantes nitrogenados é importante para reduzir perdas e aumentar a eficiência de seu uso pelas culturas. O uso de fertilização mineral e de leguminosas é a principal

alternativa para fornecimento em larga escala de nitrogênio às culturas. Porém, o ideal seria que a taxa de mineralização do nutriente no solo atendesse às necessidades da planta e à imobilização pelos microorganismos do solo. Desse modo, o manejo do nitrogênio é importante para maximizar a eficiência de sua utilização pelas plantas e, ao mesmo tempo, minimizar os danos ambientais (KLAUSNER et al., 1990). Considerando que o solo apresenta limitada capacidade de suprir a demanda de nitrogênio das culturas, os riscos de poluição ambiental aumentam quando doses elevadas de adubos nitrogenados são aplicadas ao solo, principalmente em condições de intensa precipitação. Portanto, em uma agricultura sustentável, faz-se necessário aprimorar a recomendação da adubação nitrogenada.

Embora seja amplamente conhecida a necessidade de se adicionar nitrogênio ao cultivo de gramíneas, visando complementar o nitrogênio do solo e assegurar rendimento elevado, não há uma recomendação definida de quanto aplicar desse nutriente e de quando fazê-lo. A dificuldade decorre da falta de um método, que indique a disponibilidade de nitrogênio para as plantas durante o ciclo, como ocorre para o fósforo, potássio e micronutrientes (FREIRE et al., 2001). As recomendações atuais baseiam-se na capacidade de suprimento do nutriente pela matéria orgânica do solo, na expectativa de produção, no histórico da área, na quantidade extraída pela cultura (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1999) e na eficiência de seu uso. Assim, quando a recomendação da adubação nitrogenada for subestimada, tem-se uma redução no rendimento de grãos; quando superestimada, haverá redução nos lucros do produtor pelo gasto desnecessário com a compra do adubo nitrogenado, além de prejuízos ao meio

ambiente, ocasionados pela lixiviação do nitrato que se encontra em excesso na solução do solo (ARGENTA et al., 2001).

O histórico da área, no que diz respeito à sucessão e à rotação de culturas, ao sistema de cultivo, se foi plantio direto, cultivo mínimo ou convencional, e ao número de anos de exploração agrícola, afeta a quantidade do fertilizante nitrogenado a ser aplicado. Associado a isso, o clima, o tipo de solo e as práticas de manejo determinam a dinâmica da matéria orgânica, cujo teor no solo está diretamente relacionado com a intensidade de adição de resíduos vegetais e da decomposição das frações orgânicas (SILVA et al., 1999). Para um mesmo tipo de solo, o manejo das culturas estabelece a qualidade e quantidade da matéria orgânica e, conseqüentemente, a composição e a atividade de microrganismos decompositores, bem como as taxas de perda de nitrogênio.

No sistema de plantio direto, há a preocupação em elevar a disponibilidade de nitrogênio no início do crescimento do milho. Isto poderia comprometer a quantidade do nitrogênio disponível para a cultura, já que a sua imobilização mineral pela biomassa microbiana é a principal causa da disponibilidade reduzida do nutriente. Segundo BAYER e MIELNICZUK (1997), essa menor disponibilidade do nitrogênio no sistema de plantio direto, comparado ao cultivo convencional, não deve ser decorrente das perdas do nutriente e sim, da menor taxa de mineralização da matéria orgânica no solo. A menor disponibilidade de nitrogênio para o milho em plantio direto deve ocorrer somente no início da implantação do sistema, ocorrendo, em etapas posteriores, aumento na mesma.

Segundo MALAVOLTA (1990), a adubação nitrogenada é tida como uma complementação da capacidade de suprimento de nitrogênio dos solos, por meio da mineralização da matéria orgânica. Entretanto, ao fim do ciclo de cultivo, grande parte do nitrogênio do fertilizante fica retido no resíduo da cultura (COELHO et al., 1991a). SAMPAIO et al. (1995) consideram o resíduo de plantas nativas como principal fonte desse nutriente para as plantas, uma vez que imobiliza rapidamente grande parte do nitrogênio aplicado.

2.3. Respostas do milho à adubação nitrogenada

As respostas do milho à adubação nitrogenada, tal como as de outras culturas, são dependentes das características inerentes aos cultivares utilizados, do manejo da cultura – principalmente da densidade de semeadura, das condições de uso do solo e das condições climáticas e em especial, da ocorrência de chuvas (LANTMAN et al., 1985). A demanda de nitrogênio pelo milho é elevada, sendo em geral, necessária a aplicação do nutriente na forma de adubo, para complementar a quantidade fornecida pelo solo, visando obtenção de produtividades elevadas. CRUZ (1980) considera a adubação nitrogenada, o meio mais rápido e mais econômico para se aumentar a produtividade do milho, e que o baixo rendimento da cultura no Brasil seja, em grande parte, causado pela falta dessa adubação.

O rendimento de grãos de milho responde positivamente à aplicação de nitrogênio, o que pode ser confirmado pelos resultados obtidos por ESCOSTEGUY et al. (1997), em que o máximo rendimento de grãos foi alcançado com a aplicação de 160 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura, comparado à aplicação de 80 kg ha^{-1} . COELHO et al. (1991b) sugerem que a aplicação de doses elevadas de nitrogênio (120 kg ha^{-1} a 200 kg ha^{-1}) em

cobertura deve ser feita de forma parcelada, especialmente quando realizada em solos de textura arenosa e em áreas sujeitas a alta intensidade de chuvas. Em contrapartida, uma única aplicação deve ser realizada quando forem utilizadas doses consideradas baixas ou médias (60 a 100 kg ha⁻¹), nos cultivos em solos de textura média e/ou argilosa e sem o uso de irrigação. Em sistema de plantio direto, a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N no milho proporcionou maior eficiência de utilização pela cultura, constatada pela maior recuperação do nutriente aplicado (FERNANDES et al., 1998).

COELHO et al. (1992) observaram aumento na produção de grãos superiores a 80% com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, comparado ao tratamento não adubado. PEREIRA (1991) e MELGAR et al. (1991) relatam que a aplicação dessa dose também proporcionou maior produção de espigas, maior número de grãos por espiga e maior peso de massa de 100 grãos, em relação aos valores obtidos com as doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N.

Barber e Mackey (1986), citados por MENGEL (1996), utilizaram a produção máxima de raízes por planta para avaliar a resposta à aplicação de nitrogênio em dois híbridos de milho, um de ciclo longo (Mo 17) X (B73) e outro de ciclo curto (P3732). A produção máxima de raízes por planta, 775 metros lineares para o híbrido precoce, ocorreu aos 75 dias após o plantio, por ocasião da emissão do estilo-estigma. Já o híbrido de ciclo longo produziu quase o dobro de raízes por planta, 1424 metros lineares, atingindo a produção máxima aos 91 dias após o plantio. Na ausência de nitrogênio, a absorção do nutriente, o comprimento máximo de raízes e a produtividade de ambos os híbridos foram similares. Entretanto, quando aplicada a dose de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, o

híbrido de maior ciclo produziu mais raízes, absorveu mais nitrogênio e teve maior produtividade que o híbrido precoce.

2.4. Parcelamento e época de aplicação do fertilizante nitrogenado

O aumento da disponibilidade de nitrogênio pode ser obtido através de aplicações parceladas, durante o período de crescimento das plantas. O sincronismo da aplicação de nitrogênio com os períodos de sua alta demanda na cultura resulta em seu alto aproveitamento. Essa prática objetiva diminuir o tempo de permanência do nitrogênio no solo antes da absorção pela planta, reduzindo as perdas. Assim, as necessidades nutricionais do milho, bem como de qualquer outra cultura, são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos. O conhecimento dessas quantidades permite estimar as taxas que serão exportadas através da colheita dos grãos e as que poderão ser restituídas ao solo através de restos culturais, sendo que as quantidades extraídas, obviamente, variam em função da produção obtida (BULL, 1993). De modo geral, o nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas plantas, sendo que o milho é uma das culturas que apresentam maiores incrementos na produção de grãos, em resposta à adubação nitrogenada (MALAVOLTA, 1980; BULL, 1993).

Existem atualmente muitas discussões sobre a época de aplicação do nitrogênio no milho e mesmo sobre a necessidade do parcelamento da dose a ser aplicada. FRANÇA et al. (1994) reportam que o parcelamento indiscriminado do nitrogênio, sem levar em consideração, fatores como produtividade esperada, demanda da cultura e textura do solo dentre outros, pode comprometer os efeitos da adubação.

COELHO et al. (1996), trabalhando com o parcelamento da dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em várias percentagens, no estágio de 7 a 8 folhas, utilizando quatro diferentes híbridos de milho sob irrigação, concluíram que os híbridos apresentaram comportamento semelhante com relação à produção de grãos. O parcelamento do nitrogênio a partir do estágio de 7 a 8 folhas não revelou diferenças entre os híbridos. RIZZARD et al. (1996) relatam efeito positivo do parcelamento da dose de 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio em relação à dose de 80 kg ha⁻¹, principalmente quando aplicado nos estádios de 4-5 e 6-7 folhas. De acordo com YAMADA (1996), mesmo para híbridos de ciclo mais longo, as curvas de absorção mostram que a maior taxa de absorção do nitrogênio pelo milho ocorre entre 30 e 60 dias após a emergência das plantas. Como o nitrogênio aplicado no solo é retido primeiro pelos microrganismos e só depois de duas a três semanas é liberado na solução do solo, o autor questiona se a adubação em cobertura não estaria sendo efetuada tardiamente, comprometendo assim, a eficiência da adubação.

Apesar de as exigências nutricionais do milho no estágio inicial de desenvolvimento serem baixas, a concentração de nutrientes na zona radicular pode ser elevada, o que proporciona arranque inicial satisfatório, principalmente no período de diferenciação das diversas partes da planta (VITTI e FAVARIN, 1997). Estes autores ressaltam também que, apesar da baixa produção de matéria seca até os vinte primeiros dias, é coerente a preocupação com o fornecimento de maior quantidade de nitrogênio no sulco de plantio, pois sua disponibilidade depende da taxa de mineralização dos resíduos e do húmus do solo.

No parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, devem ser levados em consideração, o tipo de solo, a dose de nitrogênio a ser utilizada, o regime hídrico da região e a fase da cultura. Em alguns casos, a adubação nitrogenada em cobertura, aplicada em dose única na fase inicial de maior exigência da cultura do milho (35 a 40 DAE), é eficiente quando comparada ao parcelamento em duas ou mais aplicações (NOVAIS et al., 1974). Em sistema de plantio direto, LARA CABEZAS (1998) e CANTARELA (1999) demonstraram que, para doses de até 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, em solos argilosos, a aplicação pode ser feita em dose única.

Quando se utiliza a uréia como fonte de nitrogênio, alguns cuidados devem ser considerados para reduzir as perdas do nutriente através da volatilização da amônia. Deve-se evitar a aplicação de doses elevadas dessa formulação nitrogenada, principalmente em solos com baixa capacidade de retenção de amônia. A aplicação da uréia na superfície do solo, ou sobre restos culturais, pode resultar em perdas de até 54% do nitrogênio aplicado.

2.5. Aproveitamento do nitrogênio aplicado como fertilizante

Os elevados custos dos fertilizantes nitrogenados, o efeito nocivo ao meio ambiente causado pelas elevadas e sucessivas aplicações e a conservação de energia têm estimulado pesquisas que resultam em melhores práticas de manejo do fertilizante nitrogenado, buscando maximizar a eficiência de utilização do nitrogênio e o aproveitamento do fertilizante aplicado.

REICHARDT et al. (1979) encontraram, para a cultura do milho, eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado de 89%, com aplicação de sulfato de amônio 15N, na dose de 80 kg ha⁻¹ de N, em solo relativamente pobre em nitrogênio. Esse elevado valor pode ter sido resultado de uma possível

distribuição uniforme da precipitação pluvial durante o período de condução do experimento, favorecendo a recuperação do nitrogênio pelas plantas.

Hera (1979), citado por ULLOA (1981), usando nitrato de amônio, sulfato de amônio e uréia, em diferentes épocas e métodos de aplicação, em experimentos de campo realizados na Romênia, com adubação de 160 kg ha^{-1} de N, obteve eficiência de 48,3%, quando adicionado em cobertura durante o período vegetativo, antes do florescimento. O mesmo autor afirmou que a época de aplicação do fertilizante é mais importante que a fonte química utilizada. Quando aplicou a dose de 120 kg ha^{-1} de N, toda na semeadura, obteve uma produtividade de 3.359 kg ha^{-1} . Aplicando metade da dose do nutriente na semeadura e a outra metade no período vegetativo, a produtividade obtida foi de 4.029 kg ha^{-1} , e a eficiência de utilização do fertilizante subiu de 25,3 para 33,9%.

Em trabalho realizado por ULLOA (1981), utilizando a dose de 100 kg ha^{-1} de N, 1/3 no plantio e 2/3 aos 42 DAE, observou-se que a eficiência de utilização do fertilizante aumenta conforme avançam os estádios de desenvolvimento da planta. No estabelecimento da cultura, até 30 DAE, pequenas frações do fertilizante (7,43%) foram absorvidas, tendendo a decrescer até os 45 DAE (6,55%). A segunda aplicação do fertilizante nitrogenado no período vegetativo (42 DAE), época da floração, cerca de 17% do nitrogênio foi absorvido e nos estádios finais de formação de grãos e maturação, aproximadamente 30% do nitrogênio fertilizante foi utilizado pela planta: 19,4% no grão e 10,6% nos restos culturais. A maior concentração de nitrogênio no grão ocorre a partir da floração, quando grande parte do nitrogênio do fertilizante contido nas partes vegetativas se transloca

intensamente até o grão, onde é acumulado em forma de glutamina, alanina e ácido aspártico, formando a proteína do grão.

YAMADA (1996) observou que maiores doses de nitrogênio (30-50 kg ha⁻¹), aplicadas por ocasião do plantio, promoveram melhor desenvolvimento inicial e maior produção de grãos em relação às lavouras adubadas com 10-15 kg ha⁻¹. O mesmo autor relata ainda que a aplicação de 32 Kg ha⁻¹ no plantio, permitiu melhor resposta, enquanto a adição de 90 kg ha⁻¹ aos 30 dias após a emergência foi menos efetiva, levando à suposição de que a adubação nitrogenada foi realizada tardiamente. Estes resultados foram obtidos para o híbrido BR 205, de ciclo precoce.

A população de plantas é um dos fatores mais importantes na resposta do milho à adubação de modo geral, e ao nitrogênio em particular. Os dados de Mundstock (1979), citados por CANTARELLA (1993), ilustram essa influência e mostram ausência de resposta à aplicação de nitrogênio, quando utilizada a população de 20.000 plantas ha⁻¹ e uma resposta crescente com o aumento da população de plantas. Esse comportamento foi observado em ano de chuvas normais, não se repetindo, o que não ocorreu nos dois anos anteriores devido à seca. As respostas à aplicação do nitrogênio têm sido conseguidas com populações em torno de 50 a 60 mil plantas ha⁻¹ ou mais elevadas, para o caso do uso de híbrido de porte baixo ou para áreas irrigadas.

As recomendações de adubação nitrogenada estão ao redor de 15-20 kg de N por tonelada de grãos produzida, o que pelo menos repõe o que é retirado pelos grãos. Sem a devida fertilização do solo é impossível atingir a produtividade planejada, principalmente em relação ao nitrogênio, que tem papel vital na produtividade do milho. Apesar dos inúmeros trabalhos de

pesquisas realizadas nas últimas décadas, muitas ainda são as dúvidas sobre e quantidade de nitrogênio a ser aplicado, a época e as respostas dos cultivares de diferentes ciclos, ao manejo dessa adubação (YAMADA 1996).

2.6. Uso de análise foliar para a diagnose de nitrogênio na planta

Na maioria dos países em que a agricultura se encontra em estágios mais avançados, o uso do teor de matéria orgânica no solo, como parâmetro indicador do nível de nitrogênio no sistema solo/planta durante a estação de cultivo, está sendo substituído por outros que indicam o nível de nitrogênio na planta. SIMS et al. (1995) citam alguns métodos propostos para a previsão da necessidade de nitrogênio durante o período vegetativo dos cereais, os quais se baseiam em testes de solo e em análises laboratoriais de amostras de plantas. Esses métodos possuem a vantagem de apresentarem alta correlação com o rendimento de grãos. No entanto, por serem laboratoriais, os mesmos possuem como desvantagens, o tempo e o trabalho despendidos para sua realização e as despesas com coleta, processamento e análise de amostras (WASKOM et al., 1996). Além disso, de posse dos resultados, não há tempo suficiente para tomar decisão de aplicar ou não o nitrogênio no mesmo ciclo.

2.7. O índice SPAD como indicador do nível de nitrogênio no milho.

Vários trabalhos têm mostrado altas correlações entre os valores obtidos por meio do clorofilômetro medidor do índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), e a tonalidade verde da folha durante o ciclo da cultura comparada com o rendimento de grãos em milho (OLIVEIRA, 1998; ARGENTA et al., 2002).

Na cultura do milho, a relação entre teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos já está bem estabelecida (WASKON et al., 1996). No

entanto, o consumo de luxo desse nutriente pela planta, sob forma de nitrato, pode resultar em concentração acima do nível adequado. A cor verde da folha se correlaciona positivamente com o teor de nitrogênio na planta e com o rendimento de grãos (ARGENTA et al., 2002). Esta relação é atribuída principalmente, ao fato de 50 a 70% do nitrogênio total das folhas ser integrante de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (CHAPMAN e BARRETO, 1997).

A vantagem da leitura do índice SPAD é que ele não sofre influência do consumo de luxo de nitrogênio pela planta, que se acumula como nitrato, forma que não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser quantificado pelo clorofilômetro (DWYER et al., 1995).

SCHERPERS et al. (1992) verificaram que a calibração do clorofilômetro com a concentração de nitrogênio nas folhas, em geral, tem sensibilidade, resultado da estreita correlação entre a concentração de nitrogênio nas folhas e a tonalidade verde destas. A leitura do índice SPAD tem apresentado maior correlação com o rendimento de grãos do que com o teor de nitrogênio foliar. Contudo, vários autores citam que muitos fatores podem afetar a leitura do índice SPAD. Dentre eles, pode-se citar o estresse hídrico, genótipos, estágio de desenvolvimento da planta, temperatura, irradiação solar, tipo de fertilizante nitrogenado, doenças ou outro tipo de estresse da planta que afeta o conteúdo de clorofila e, conseqüentemente, a tonalidade verde medida pelo clorofilômetro. Assim, é importante lembrar que o clorofilômetro possibilita ao agricultor, fazer controle da fertilização com nitrogênio, mas ainda não substitui outros métodos. SCHERPERS et al. (1992) sugeriram que, para o uso deste método na recomendação de adubação, é preciso fazer sua calibração em

cada campo, em cada híbrido, estágio de desenvolvimento e sistema de produção utilizado.

A maior limitação à utilização do clorofilômetro como indicador do nível de nitrogênio em milho é que ele não prediz com precisão a quantidade de nitrogênio suplementar que deverá ser aplicada (SUNDERMAN et al., 1997). Por outro lado, os indicadores de solo não predizem com segurança, quando este nutriente deverá ser aplicado (SCHRODER et al., 2000).

Assim, evidencia-se a necessidade de interagir o uso de indicadores do nível de nitrogênio no solo e na planta com a produção.

O experimento foi conduzido no município de São Carlos, no período de novembro de 2001 a março de 2002. A área experimental situa-se no município de São Carlos, no Estado de São Paulo, com as seguintes coordenadas geográficas 20° 50' 30" de latitude sul e 47° 40' 00" de longitude oeste, com altitude de 714 metros. O solo na área é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, tipo B, com as características físicas e químicas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo.

Característica	Variedades em produção	
	Amostra 0 - 5 cm	Amostras 0 - 20 cm
Matéria orgânica	5,17	5,13
Clorofila (dm ³)	4	5
Alumina (dm ³)	160	160
Areia (dm ³)	4	3
Ca ²⁺ (cmol ⁺ dm ³)	2,06	2,12
Mg ²⁺ (cmol ⁺ dm ³)	0,63	0,63
Al ³⁺ (cmol ⁺ dm ³)	0,0	0,1
K ⁺ +Al ³⁺ (cmol ⁺ dm ³)	3,2	3,2
CE (meq/dm ³)	2,6	3,0
CTC (g mola ⁻¹ dm ³)	7,34	8,02
CTC (T) (cmol ⁺ dm ³)	6,38	6,91
pH	5,0	5,0
SiO ₂	0,0	0,0
Fe (mg/dm ³)	1,0	1,1
Zn (mg/dm ³)	1,0	1,1

Corrigido para relação 1:2,5

Ca²⁺, Mg²⁺ e H⁺ E: amarelo KOI 1 mol/L

P, K e S: água quente extrato 0,1

H⁺ + Al³⁺: suspensão de cálcio 0,5 mol/L, a pH 7,0

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características da área experimental

O experimento foi instalado na Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia - UFV, situada em Coimbra, na Zona da Mata de Minas Gerais, no período de novembro de 2001 a março de 2002. A área é caracterizada pelas coordenadas geográficas 20° 50' 30" de latitude sul e 42° 48' 30" de longitude oeste, com altitude de 715 metros. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, fase terraço, cujas características de fertilidade estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo

	Valores/Interpretação	
	Amostra 0- 5 cm	Amostra 0- 20 cm
PH em água	5,18	5,12
P(mg/ dm ³)	5	5
K (mg/ dm ³)	150	95
Na cmol _c /dm ³	4	2
Ca ²⁺ cmol _c /dm ³	2,06	2,18
Mg ²⁺ cmol _c /dm ³	0,89	0,82
Al ³⁺ cmol _c /dm ³	0,0	0,1
H ⁺ +Al ³⁺ cmol _c /dm ³	3,2	3,2
SB cmol _c /dm ³	2,8	3,0
CTC (t) cmol _c /dm ³	3,34	3,33
CTC (T) cmol _c /dm ³	6,08	6,19
V %	55	52
M %	0,0	3,0
MO dag/kg	3,0	2,7
Argila (%)	70	70

pH em água: relação 1 : 2,5

Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: Extrator KCl 1 mol/L

P, K e Na: Extrator Mehlich 1

H⁺ + Al³⁺: Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol/L, a pH 7,0

Os dados de precipitação e de temperatura coletados na área durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1.

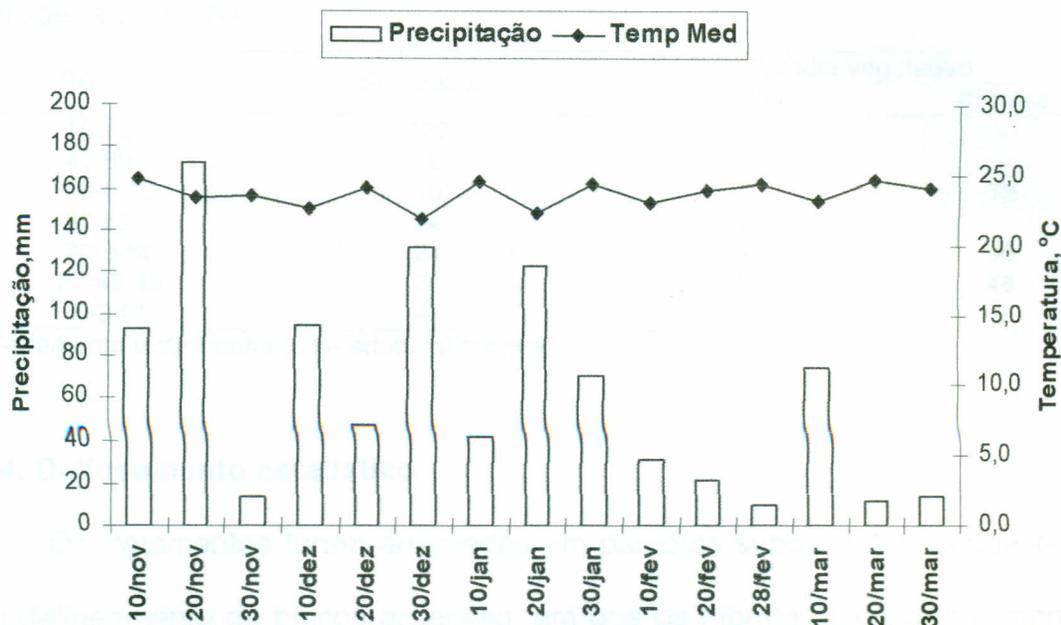


Figura 1. Valores acumulados de precipitação pluvial média e média da temperatura por decêndio, durante o período experimental.

3.2. Híbridos de milho

Foram utilizados os híbridos AG 9010 de ciclo superprecoce, P32R21 de ciclo precoce e DKB 333 de ciclo normal, cujas características se encontram na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos híbridos utilizados no experimento

Nome comercial	Tipo de híbrido	Ciclo e unidades de calor (U.C)	FF (dias)	Altura de plantas (m)	População (mil plantas ha ⁻¹)
AG 9010	Híbrido Simples	Superprecoce/795 U.C.	53	2,00	55-70
P32R21	Híbrido Simples	Precoce/820 U.C	55	2,20-2,50	50-60
DKB 333	Híbrido Simples	Normal/970 U.C	60-65	2,20-2,40	50-55

Informações fornecidas pelas Empresas produtoras dos híbridos.

3.3. Parcelamento da dose de nitrogênio

O parcelamento da dose de nitrogênio aplicado em todos os híbridos foi constituído por seis formas da dose de 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia mais o tratamento testemunha, como descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Porcentagem de 120 kg ha⁻¹ de N aplicado na sementeira e nos estádios de 4^a e 8^a folhas, de acordo com o parcelamento da adubação nitrogenada (PAN)

PAN (%)	Sementeira	Estádio vegetativo	
		4 ^a folha	8 ^a folha
100-0-0	120	-	-
40-60-0	48	72	-
40-0-60	48	-	72
20-80-0	24	96	-
20-0-80	24	-	96
20-40-40	24	48	48
0-0-0*	0	0	0

* Tratamento testemunha (sem adubo nitrogenado)

3.4. Delineamento estatístico

Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas, obedecendo ao delineamento de blocos ao acaso, em que os híbridos e os parcelamentos de nitrogênio constituíram as parcelas e as subparcelas, respectivamente.

Cada parcela foi constituída de 18 linhas de 41 m de comprimento e as subparcelas, de seis linhas de 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,90 m, apresentando após desbaste, cinco plantas por metro linear, equivalentes à população de 55.555 plantas ha⁻¹. Foram consideradas como bordadura, as quatro fileiras externas de cada subparcela, além de 0,5 m das extremidades das duas linhas centrais. Assim, a área útil da subparcela foi constituída pelas duas fileiras centrais, totalizando 7,2 m².

3.5. Procedimento experimental e colheita

A amostragem e contagem das plantas daninhas existentes na área, mostrou predominância de mais de 70%, para *Artemísia verlotorum* Lamotte, planta de difícil controle, necessitando de doses elevadas de herbicidas. O preparo da área experimental foi iniciado com eliminação das ervas daninhas, utilizando-se herbicidas à base de Glifosate + 2,4D, dosagem de 5,0 litro ha⁻¹ de Roundup + 1,0 litro ha⁻¹ de DMA. A sementeira foi realizada com máquina de

plantio direto SHM – 11/13 – Semeato, uma semana após a eliminação das ervas daninhas.

A adubação de base foi realizada com a aplicação de 300 kg da fórmula 8-28-16 por hectare em todos os tratamentos que receberam nitrogênio. O tratamento testemunha recebeu apenas 84 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de superfosfato simples e de cloreto de potássio, respectivamente. Foram aplicados, logo após a semeadura, 24 e 96 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, nos tratamentos que receberam 48 e 120 kg ha⁻¹ do nutriente na semeadura, uma vez que a adubação de base forneceu somente 24 kg ha⁻¹ de N.

O controle de plantas daninhas foi realizado quando as plantas de milho se encontravam no estágio de seis folhas completamente desenvolvidas, utilizando herbicida à base de Paraquat, em jato dirigido entre as fileiras, na dosagem de 2 L ha⁻¹ de Gramoxone. O controle de pragas foi realizado nos estádios de terceira e quinta folhas completamente desenvolvidas, utilizando inseticida à base de Deltametrina, na dosagem de 1mL de Decis L⁻¹ de água. As aplicações dos produtos foram realizadas com uso de pulverizador costal.

A colheita foi realizada quando os grãos atingiram umidade em torno de 20%. Posteriormente à debulha dos grãos, a umidade foi corrigida para 13%, para a determinação da massa de grãos obtida nas subparcelas.

3.6. Avaliação das Características das Plantas

O efeito do parcelamento da dose de nitrogênio sobre os híbridos foi analisado por meio das seguintes características:

1) Altura de planta – mediu-se a distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da folha bandeira expressa em metros, utilizando-se 10 plantas por subparcela, tomadas ao acaso dentro da área útil;

2) Altura de inserção da primeira espiga - mediu-se a distância entre a superfície do solo e a base da primeira espiga, expressa em metros, utilizando-se 10 plantas por subparcela, tomadas ao acaso dentro da área útil;

3) Prolificidade - tomou-se o número total de espigas de cada subparcela e dividiu-se pelo número de plantas da mesma;

4) Florescimento feminino – anotação em dias do período entre a emergência plena das plântulas e a emissão do estilo-estigma;

5) Massa de 1000 grãos - foi retirada uma amostra de 1000 grãos de cada subparcela, com umidade corrigida para 13%, para determinação da massa;

6) Leitura do índice SPAD – Essa leitura foi efetuada com clorofilômetro em 10 plantas por subparcela (duas leituras por folha), em pontos situados no terço central da lamina da folha, a dois centímetros das margens; foram realizadas nos estádios de quatro e oito folhas completamente desenvolvidas e no estágio de emissão do estilo estigma (embonecamento), na folha oposta e abaixo da espiga superior;

7) Teor de nitrogênio na folha - para a sua determinação, foi seguida metodologia de amostragem sugerida por MALAVOLTA (1997); as folhas utilizadas para as leituras foram coletadas e levadas para laboratório, sendo todas separadas no terço médio longitudinal, secas a temperatura de 70°C, até peso constante; após secas, foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 malhas por polegada; para as análises, as amostras foram mineralizadas por via úmida, em ácido sulfúrico concentrado e o teor de N-orgânico foi

dosado, usando-se reagente de Nessler (JACKSON, 1958); o N-nitrato foi extraído em água quente (45°C), filtrado em carvão ativado e analisado segundo recomendação de CATALDO et al. (1975) e N-total foi obtido pela somatória destes;

8) Produtividade – foi estimada a partir da conversão para hectare, da produção obtida na subparcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância, com o auxílio do programa estatístico SAEG, com as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Foi realizada análise de correlação simples entre as variáveis dependentes leitura do índice SPAD, teor de N na folha e rendimento de grãos.

Tabela 4. Resultado da análise de variância para rendimento de grãos (kg ha⁻¹), massa de 1000 grãos (g) e teor de N na primeira espiga (mg g⁻¹) em função da dose de adubação nitrogenada (kg ha⁻¹) em milho AG 8612 e AG 833 em função do período de maturação da adubação nitrogenada.

Dose (kg ha ⁻¹)	CV (%)	AG 8612		AG 833	
		100	200	100	200
100	12	22344	21354	21354	21354
200	12	22344	21354	21354	21354
100	12	22344	21354	21354	21354
200	12	22344	21354	21354	21354
100	12	22344	21354	21354	21354
200	12	22344	21354	21354	21354
100	12	22344	21354	21354	21354
200	12	22344	21354	21354	21354

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise de variância

A análise de variância dos dados (Tabela 4) mostrou que a interação entre híbridos de milho e parcelamento da dose de nitrogênio influenciou as características massa de 1000 grãos, florescimento feminino e prolificidade. Por outro lado, os efeitos dos híbridos e dos tratamentos, isoladamente, foram observados para a altura da planta, altura da inserção da espiga, florescimento feminino e prolificidade. Para o rendimento de grãos, ocorreu somente efeito isolado do parcelamento, não havendo, portanto, efeito da interação entre os fatores híbridos e o parcelamento.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as características de rendimento de grãos (kg ha^{-1}), massa de 1000 grãos (g), altura da planta (m), altura da inserção da primeira espiga (m), florescimento feminino (FF) e prolificidade dos híbridos de milho AG 9010, P 32R21 e DKB 333, em função do parcelamento da adubação nitrogenada (PAN)

FV	GL	Quadrado Médio					
		Altura da planta	Altura da espiga	Prolificidade	FF	Massa de 1000 grãos	Rendimento de grãos
Repetição	3	0,069971*	0,0114 ^{ns}	0,0075 ^{ns}	2,555 ^{ns}	589,26*	2127229*
Híbrido	2	1,405822**	0,2242**	0,0721**	1042,583**	14756,48**	2791121 ^{ns}
Resíduo (A)	6	0,01709	0,0232	0,0018	2,2341	220,53	949953
PAN	6	0,444298**	0,2433**	0,0356**	83,662**	6968,12**	3949260**
Híbrido x PAN	12	0,02444 ^{ns}	0,0094 ^{ns}	0,0165**	4,0138**	529,18**	789393 ^{ns}
Resíduo (B)	54	0,01709	0,0175	0,0039	1,5634	170,09	706223,4
Média		2,171	1,0579	1,0282	57,452	304,6	8651,8
CV (%)		6,02	12,54	6,14	2,18	4,28	9,71

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

4.2. Altura da planta e da inserção da primeira espiga

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios para altura da planta para os híbridos e para os parcelamentos da dose de nitrogênio, respectivamente. Verifica-se que tanto os híbridos como o parcelamento influenciaram significativamente essa característica. No que se refere ao comportamento dos híbridos, o P32R21 apresentou a maior altura de planta (2,38 m) sem diferir significativamente do DKB 333 (2,10 m), sendo superior àquela verificada no AG9010 (1,93 m). Os resultados obtidos para altura da planta situam-se na faixa de valores considerados característicos dos híbridos avaliados, quando cultivados em condições ideais. Somente entre os tratamentos foram observados diferenças envolvendo níveis de adubação em relação à testemunha, que apresentou a menor altura de planta (1,74 m) concordando com FERREIRA (1997). A redução na altura da planta no tratamento testemunha resultou da deficiência de nitrogênio, que, segundo ARNOR (1975), resulta em divisão retardada das células nos pontos de crescimento, acarretando uma redução no tamanho da planta, com reflexos no rendimento de grãos.

Tabela 5. Altura da planta (m) de três híbridos, em função do parcelamento da adubação nitrogenada (PAN)

PAN	Altura da planta (m)			Média
	AG 9010	P 32R21	DKB 333	
100-0-0	2,06	2,31	2,13	2,17A
40-60-0	1,98	2,60	2,30	2,29A
40-0-60	2,00	2,45	2,24	2,23A
20-80-0	2,02	2,49	2,29	2,27A
20-0-80	1,89	2,46	2,20	2,18A
20-40-40	2,04	2,46	2,30	2,28A
0-0-0	1,55	1,83	1,86	1,74B
Média	1,93B	2,38A	2,10A	2,17

Médias na linha e na coluna seguidas com a mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à altura da inserção da primeira espiga, também foi detectada diferença significativa entre os híbridos testados (Tabela 6). O DKB 333 e o P32R21 apresentaram médias de 1,13 e 1,07 m, respectivamente, superiores àquela obtida pelo AG 9010 de 0,96 m. Semelhante ao comportamento da altura da planta, a altura da inserção da primeira espiga foi superior nos tratamentos envolvendo doses de nitrogênio em relação à testemunha, também verificado por SILVA e SILVA (2002).

Tabela 6. Altura da inserção da primeira espiga(m) de três híbridos simples, em função do parcelamento da adubação nitrogenada

PAN	Altura da inserção da primeira espiga (m)			Média
	AG 9010	P 32R21	DKB 333	
100-0-0	0,99	1,14	1,18	1,10B
40-60-0	1,21	1,18	1,22	1,20B
40-0-60	1,02	1,12	1,15	1,09B
20-80-0	0,99	1,11	1,18	1,09B
20-0-80	0,90	1,07	1,17	1,04B
20-40-40	0,96	1,13	1,20	1,09B
0-0-0	0,65	0,73	0,87	0,75A
Média	0,96B	1,07AB	1,13 A	1,05

Médias na linha e na coluna seguidas com a mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3. Prolificidade

Para a prolificidade (Tabela 7), foi verificada interação significativa entre os híbridos e os tratamentos. O DKB 333 foi o mais prolífico entre os híbridos, não diferindo significativamente do P32R21. Contudo, esse comportamento ocorreu apenas na presença da adubação nitrogenada, de modo que, na ausência desta adubação, a prolificidade foi reduzida, tenha sido igual à do P 32R21 e inferior à do AG 9010, sugerindo maior exigência em nitrogênio por parte do mesmo.

O confronto dos dados mostrou também que o híbrido P32R21 foi o que apresentou a menor prolificidade, apesar de não ter diferido do AG 9010, tanto na presença, quanto na ausência da adubação nitrogenada. Para os parcelamentos, o confronto das médias mostra que os mesmos não influenciaram a prolificidade dos híbridos.

Apesar de a prolificidade ser pouco influenciada por fatores extrínsecos à planta (SANGOI e ALMEIDA, 1994), quando se comparam os tratamentos adubados com o tratamento testemunha (sem nitrogênio), verifica-se que, na ausência da adubação nitrogenada, a prolificidade do híbrido DKB 333 foi inferior àquela determinada nos tratamentos adubados, sugerindo efeito do nitrogênio sobre essa característica. Esses resultados são coerentes com aqueles obtidos por DURIEUX et al., (1993), que verificaram a formação da segunda espiga estar relacionada com o aumento das doses de nitrogênio para genótipos capazes de produzir mais de uma espiga por planta. Contudo, para os híbridos P32R21 e AG9010, a prolificidade não foi influenciada pela adubação nitrogenada, pois não houve diferença no confronto das médias dos tratamentos adubados com o tratamento testemunha.

4.4. Florescimento feminino (FF)

O florescimento feminino foi significativamente influenciado pela interação entre os tratamentos e os híbridos (Tabela 7). O confronto das médias mostrou que os híbridos AG9010 e P32R21 se apresentaram como os mais precoces e o DKB 333 como o mais tardio. Não foi observada influência dos parcelamentos sobre a precocidade dos híbridos. Entretanto, observou-se que, quando os híbridos foram submetidos a condições em que o fornecimento de

nitrogênio era bem inferior ao exigido pelos mesmos, ocorreu uma extensão do florescimento, variando em torno de 6 a 10 dias. Isto foi confirmado pela diferença detectada entre o tratamento testemunha e aqueles que receberam a adubação nitrogenada.

Tabela 7. Valores de massa de 1000 grãos (g), florescimento feminino(FF) e prolificidade em três híbridos de milho, em função do parcelamento da adubação nitrogenada (PAN)

PAN	Prolificidade			FF			Massa de 1000 grãos		
	AG9010	P32R21	DKB 333	AG9010	P32R21	DKB 333	AG-9010	P32R21	DKB333
100-0-0	1,03Aa	0,99Aa	1,07Aa	52 Aa	54B a	63Ca	330,13Aa	284,53Ba	321,19Aa
40-60-0	1,00Aa	1,06Aa	1,10Aa	52 Aa	52Aa	63Ba	327,72Aa	304,61Ba	327,29Aa
40-0-60	1,01Ba	0,98Ba	1,17Aa	52 Aa	52Aa	64Ca	321,61Aa	275,99Ba	339,20Aa
20-80-0	0,99Ba	0,98Ba	1,10Aa	52 Aa	54Ba	64Ca	323,51Aa	298,96Ba	324,95Aa
20-0-80	1,04Ba	0,90Ba	1,21Aa	52 Aa	53Aa	66Bab	323,10Aa	276,81Ba	330,71Aa
20-40-40	0,99Ba	1,02ABa	1,11Aa	52 Aa	54Ba	62Ca	326,14Aa	293,31Ba	315,39ABa
0-0-0	0,98Aa	0,93ABa	0,83Bb	59 A b	62Bb	69Cb	285,42Aa	213Cb	252,94 B b

Médias na coluna com a mesma letra minúscula e na linha com a mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.5. Massa de 1000 grãos

A interação entre híbridos e parcelamento da dose de nitrogênio influenciou significativamente a massa de 1000 grãos (Tabela 7). Verifica-se que, para o híbrido DKB 333 e P32R21, a presença de nitrogênio, independentemente do parcelamento da dose de nitrogênio utilizado, elevou a massa de 1000 grãos. Tais resultados confirmam a necessidade de nitrogênio para a produção de grãos. Esses resultados concordam com aqueles encontrados por FRANÇA et al. (1985) que, ao analisarem dados obtidos em 170 experimentos de milho, conduzidos em Minas Gerais, relataram aumento de produção em resposta à adubação nitrogenada, em 99% dos ensaios.

Por outro lado, verifica-se que a massa de 1000 grãos foi semelhante para o híbrido AG 9010, na presença e na ausência de adubação nitrogenada.

O comportamento distinto de híbridos de milho quanto à utilização de nitrogênio tem sido observado não somente nas diferentes respostas ao fertilizante nitrogenado, mas também em diferenças na absorção e na utilização do nitrogênio absorvido. Portanto, híbridos com níveis similares de eficiência no uso de nitrogênio apresentam diferenças marcantes no comportamento dessa característica, as quais contribuem para o aumento da eficiência (TOLLENAAR, 1997).

4.6. Rendimento de grãos

A média do rendimento de grãos obtida com a aplicação do nitrogênio foi 104 % superior à obtida na sua ausência. (Tabela 8). São reportados na literatura vários relatos afirmando esse aumento no rendimento de grãos de milho, em resposta à adição de nitrogênio (COELHO et al., 1992; OLIVEIRA, 1998; CASAGRANDE e FORNASIERI FILHO, 2002). De acordo com COELHO e FRANÇA (1995), o nitrogênio e o potássio são os elementos que promovem os maiores incrementos na produção do milho, quando já se tem certo nível tecnológico empregado. Os resultados obtidos neste trabalho confirmam a resposta do milho à adubação nitrogenada, estando em concordância com os resultados encontrados por COELHO et al. (1992), que obtiveram aumentos na produção de grãos superiores a 80%, com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, comparados à dose zero de nitrogênio. Por outro lado, o incremento no rendimento de grãos obtido nesse estudo foi 53% e 22,84% superior aos reportados por SOUZA et al. (2001) e por OLIVEIRA (1998), respectivamente, apesar de eles terem utilizado as doses de 150 e 130 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, superiores àquela aqui estudada. Contudo, apesar de

inferiores, esses incrementos também confirmam a capacidade de resposta do milho à adubação nitrogenada.

Todos os tratamentos apresentaram rendimento de grãos estatisticamente superiores apenas ao obtido pela testemunha, não havendo, portanto, diferença significativa entre os tratamentos, quando foram aplicados os 120 kg ha⁻¹ de N na semeadura ou em cobertura, nos diferentes estádios vegetativos. Estes resultados corroboram os obtidos por SOUZA et al. (2001) e por COELHO et al. (1996). Estatisticamente, eles não permitem inferir que o parcelamento da dose de nitrogênio a ser aplicada, traga benefícios quanto a aumentos de rendimento de grãos, quando comparado à aplicação da dose total na semeadura, em plantio direto. Esse comportamento foi verificado para todos os híbridos testados, mostrando não haver relação entre a maior disponibilidade de nitrogênio no início do ciclo da cultura e a duração do ciclo da mesma, como sugere YAMADA (1996).

No presente trabalho, a resposta do milho ao parcelamento do nitrogênio foi influenciada pelo tipo de solo, uma vez que o solo no qual o ensaio foi instalado, possui textura em torno de 70% de argila. Essa textura contribui para uma redução das perdas do nitrogênio nos tratamentos em que o nutriente foi fornecido em aplicação única na semeadura, coerente com os resultados obtidos por CANTARELLA (1999).

É importante ressaltar que, mesmo os resultados dos tratamentos não apresentando diferenças significativas entre si, o rendimento obtido no tratamento em que a dose de 120 kg ha⁻¹ de N foi dividida em 40% na semeadura e 60% na quarta folha, foi 6% superior ao obtido com a aplicação total da dose na semeadura.

Tabela 8. Rendimento de grãos (kg ha⁻¹) de três híbridos simples, em função do parcelamento da adubação nitrogenada (PAN)

PAN	Rendimento de grãos			Média
	AG 9010	P 32R21	DKB 333	
100-0-0	9486	8922	8962	9123A
40-60-0	9577	10011	9468	9685A
40-0-60	9653	9038	9845	9512A
20-80-0	9396	8770	9217	9127A
20-0-80	9121	8680	9952	9251A
20-40-40	9581	9072	9236	9296A
0-0-0	5526	3592	4573	4563B
Média	8906A	8298A	8751A	8651

Médias na linha e na coluna seguidas com a mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O rendimento de grãos de 4.563 kg ha⁻¹ (Tabela 8) obtido no tratamento sem adubação nitrogenada, apesar de ter sido significativamente inferior ao obtido nos tratamentos que receberam nitrogênio, foi relativamente elevado. Para YAMADA (1996) e VITTI e FAVARIN (1997), para a obtenção de um rendimento desse nível, seria necessária a absorção de aproximadamente 80 kg ha⁻¹ de N, uma vez que o milho absorve em média, de 15 a 20 kg ha⁻¹ de N, por tonelada de grãos. O alto rendimento em grão obtido sem a aplicação de nitrogênio pode ser explicado pelo efeito residual da cultura anterior e pelas chuvas.

4.7. Correlação entre o índice SPAD e o rendimento de grãos

A análise de correlação simples neste trabalho mostrou haver correlação significativa entre a leitura do índice SPAD nos estádios de quatro e oito folhas completamente expandidas e o rendimento de grãos. Para o híbrido de ciclo precoce AG 9010, a correlação entre a 4ª folha e o rendimento de grão foi de 0,87%; para a oitava folha, foi de 0,96%. Para o híbrido precoce P32R21, essas correlações foram de 0,81% e de 0,97, respectivamente. (Tabela 9 e 10). A correlação entre o índice SPAD na quarta e na oitava folha e o teor de N no

florescimento também foi elevado e significativo, concorda com trabalhos realizados por OLIVEIRA (1998).

Essa correlação positiva e elevada entre essas variáveis é de grande importância para a diagnose precoce de nitrogênio, por ser de baixo custo, ter maior praticidade, garantindo tomada de decisões em tempo hábil para possíveis adubações de cobertura com nitrogênio, sem o comprometimento da produção. Uma vez que a época de maior demanda de nitrogênio pelo milho ocorre entre o início do florescimento e o início da formação de grãos (ARNON, 1975), a correlação positiva entre o índice SPAD na quarta e na oitava folhas e o rendimento de grãos é importante também, pelo fato de esses estádios compreenderem a época mais indicada para a aplicação do nitrogênio em cobertura no milho.

Estes resultados discordam daqueles obtidos por ARGENTA et al. (2002), trabalhando com dois híbridos simples, P32R21 e Cargil 901, de ciclo precoce e superprecoce, respectivamente. Utilizando o mesmo sistema de cultivo, os autores obtiveram uma correlação não significativa entre o índice SPAD no estágio de quatro folhas e o rendimento de grãos. Contudo, os resultados obtidos por esses autores são coerentes com os obtidos com o híbrido de ciclo normal DKB 333, em que as correlações do índice SPAD na quarta e na oitava folhas com o rendimento de grãos não foram significativas (Tabela 11), demonstrando que a diagnose precoce com o clorofilômetro não constitui técnica adequada para o híbrido. Estes resultados apontam a necessidade de calibração do clorofilômetro para cada tipo de híbrido, concordando com afirmação feita por SCHERPERS et al. 1992.

Foi constatada para os três híbridos, elevada correlação positiva, de 0,99*, 0,97* e 0,98* respectivamente, para AG 9010, P32R21 e DKB 333, entre o índice SPAD no florescimento e o rendimento de grãos (Tabelas 9, 10 e 11), não variando a correlação com o ciclo do híbrido.

4.8. Correlação entre o teor foliar de N e o rendimento de grãos

A correlação foi variável segundo o tipo de híbrido e o estágio de desenvolvimento da planta. Verificou-se correlação positiva para todos os híbridos avaliados, entre o teor foliar de nitrogênio no florescimento e o rendimento de grãos foi de 0,90*, 0,94* e 0,98* respectivamente, para o AG 9010, P32R21 e DKB 333, (Tabelas 9, 10 e 11), confirmando resultados obtidos por OLIVEIRA (1998) e por ARGENTA et al. (2002). Para os híbridos P32R21 e DKB 333, também foi verificada correlação positiva entre o teor de nitrogênio na quarta folha e o rendimento de grãos, coerente com os resultados verificados por OLIVEIRA (1998). Não houve, porém, correlação significativa entre o rendimento de grãos e o teor de nitrogênio na oitava folha, em nenhum dos híbridos. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por WASKOM et al. (1996), que não encontraram correlação significativa entre o teor de N no estágio de sete folhas e o rendimento de grãos.

Tabela 9. Análise de correlação simples (r) entre as variáveis dependentes avaliadas nos estádios de quatro e de oito folhas(F) completamente desenvolvidas e no florescimento feminino (FF) do híbrido de milho AG 9010

Variáveis	Índice SPAD			Teor de N		
	4ª folha	8ª folha	FF	4ª folha	8ª folha	FF
Rendimento de grãos	0,87*	0,96*	0,99*	ns	ns	0,90*
Índice SPAD (4ª folha)	-	0,91**	0,85*	0,78*	0,77*	0,82*
Índice SPAD (8ª folha)		-	0,97**	ns	0,76*	0,98**
Índice SPAD (FF)			-	ns	ns	0,93**
Teor de N (4ª folha)				-	0,79*	ns
Teor de N (8ª folha)					-	0,77*

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

^{ns} Não significativo

Correlação positiva entre o teor de nitrogênio nos estádios iniciais do ciclo e o rendimento de grãos é desejável, considerando-se que a avaliação do estado nutricional da planta nessa fase de desenvolvimento forneceria informações seguras para a tomada de decisões quanto à aplicação do nitrogênio em cobertura, ainda na estação de cultivo. Contudo, as informações reportadas na literatura (MALAVOLTA et al., 1989; WASKOM et al., 1996; ARGENTA et al., 2002) sugerem que a recomendação de adubação baseada na análise foliar para o milho, não é indicada. Essa análise é prática laboratorial, portanto, há uma demanda de tempo relativamente longa para a sua realização, não havendo tempo suficiente entre a coleta da amostra e o retorno do resultado da análise laboratorial no mesmo ano agrícola, para tomar-se a decisão de aplicar ou não o nitrogênio. Caso haja atraso na época de aplicação, ocorrerá redução no rendimento de grãos.

4.9. Correlação entre o índice SPAD e o teor de N na folha

A leitura do índice SPAD e o teor de nitrogênio na folha correlacionaram-se em todos os estádios de desenvolvimento avaliados, para todos os híbridos, exceto para o P32R21, em que a leitura do índice SPAD não se correlacionou significativamente com o teor de N na oitava folha (Tabelas 9, 10 e 11), concordando com resultados obtidos por WASKON et al. (1996) e ARGENTA et al. (2002). A correlação significativa entre a leitura do índice SPAD na quarta folha e o teor foliar de N no florescimento, para os híbridos AG9010 e P32R21 (Tabelas 9 e 10), é interessante do ponto de vista da diagnose precoce, uma vez que o teor de N no florescimento se correlaciona positivamente com o rendimento de grãos. Assim, os dados fornecidos pela leitura do índice SPAD nesse estágio de desenvolvimento da planta poderão servir de subsídio para

recomendação de aplicação de nitrogênio no milho, confirmando a correlação verificada entre essa leitura e o rendimento de grãos.

Tabela 10. Análise de correlação simples (r) entre as variáveis dependentes avaliadas nos estádios de quatro e de oito folhas completamente desenvolvidas no florescimento feminino (FF) do híbrido de milho P32R21

Variáveis	Índice SPAD			Teor de N		
	4ª folha	8ª folha	FF	4ª folha	8ª folha	FF
Rendimento de grãos	0,81**	0,97*	0,97*	0,91*	ns	0,94*
Índice SPAD (4ª folha)	-	ns	ns	0,85*	ns	0,88**
Índice SPAD (8ª folha)		-	0,99**	0,91**	ns	0,87**
Índice SPAD (FF)			-	0,89**	ns	0,88**
Teor de N (4ª folha)				-	ns	0,86**
Teor de N (8ª folha)					-	ns

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

ns Não significativo

Apesar de a relação entre o teor de N na folha e o rendimento de grãos ser bem conhecida, o teor de nitrogênio, além de ser influenciado pelo seu consumo de luxo e envolver determinação laboratorial, apresenta a grande desvantagem de não possibilitar a correção da deficiência na planta no mesmo ano agrícola, dado o tempo despendido entre a coleta da amostra e o resultado final da análise, servindo, apenas, como parâmetro indicativo para os próximos cultivos. No entanto, a vantagem da determinação pelo clorofilômetro, além de não ser influenciada pelo consumo de luxo de nitrogênio pela planta, pode ser feita em alguns minutos, possibilitando o rápido diagnóstico da situação da lavoura. O aparelho tem custo mínimo de manutenção, ao contrário da análise foliar de nitrogênio que exige a compra sistemática de produtos químicos, eliminando a necessidade de envio de amostras para laboratório, podendo o agricultor realizar quantas amostras desejar, sem implicar em destruição das folhas (MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 11. Análise de correlação simples (r) entre as variáveis dependentes avaliadas nos estádios de quatro, e de oito folhas completamente desenvolvidas e florescimento feminino (FF) do híbrido de milho DKB 333.

Variáveis	Índice SPAD			Teor de N		
	4ª folha	8ª folha	FF	4ª folha	8ª folha	FF
Rendimento de grãos	ns	ns	0,98*	0,89*	ns	0,98*
Índice SPAD (4ª folha)	-	ns	ns	0,83*	ns	ns
Índice SPAD (8ª folha)		-	0,82*	0,86**	0,96**	0,83*
Índice SPAD (FF)			-	0,93**	ns	0,99**
Teor de N (4ª folha)				-	ns	0,96**
Teor de N (8ª folha)					-	ns

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

ns Não significativo.

RESUMO E CONCLUSÕES

O reconhecimento da necessidade do nitrogênio para elevar a produtividade do milho tem aumentado a demanda por fertilizante nitrogenado, bem como por novas técnicas de cultivo que favoreçam sua eficiência nos sistemas agrícolas. Algumas estimativas sugerem que o fertilizante nitrogenado corresponde a 80% do custo total de fertilizantes e por 30% de toda a energia associada à moderna produção agrícola. Além disso, devido às transformações microbiológicas que ocorrem no solo, o nitrogênio está sujeito a perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação, constituindo-se em um poluente potencial do solo, do ar e dos mananciais de água.

O presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito do parcelamento do adubo nitrogenado sobre os componentes de produção de híbridos simples de milho de ciclos superprecoce, precoce e normal, cultivados em sistema de plantio direto; avaliar a validade da leitura do índice SPAD na diagnose precoce e proporcionar subsídios para a recomendação da adubação nitrogenada.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Foi realizada também, análise de correlação simples entre as variáveis dependentes leituras

do índice SPAD e teor de N na folha. A adubação nitrogenada influenciou todas as características avaliadas, exceto a massa de 1000 grãos do híbrido AG9010 e a prolificidade do AG9010 e P32R21. Já a interação híbrido x parcelamento afetou a massa de 1000 grãos, o florescimento feminino e a prolificidade.

A análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos nas condições do presente trabalho permitiram concluir que:

1. O rendimento de grãos não é influenciado pelo ciclo dos híbridos;
2. Baixos níveis de nitrogênio retardam o florescimento do milho;
3. A aplicação do nitrogênio em dose única na semeadura e parcelada em diferentes estádios vegetativos proporciona a mesma produtividade de grãos;
4. O parcelamento da adubação nitrogenada não influenciou altura de plantas, altura de inserção de primeira espiga, prolificidade, florescimento feminino e massa de 1000 grãos;
5. A leitura do índice SPAD é eficiente para diagnose precoce do teor de nitrogênio no milho, na 4ª folha completamente desenvolvida, para os cultivares AG 9010 (superprecoce) e P32R21(precoce). Para o híbrido DKB 333 (normal) não há correlação entre o índice SPAD e o teor de nitrogênio na 4ª folha completamente desenvolvida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.179 - 189, 2000.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.189-197, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.4, p.745-754, 1999.

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

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.715-722, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C.G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.519-527, 2002.

ARNOR, I. Mineral nutrition of maize. Bern: **International Potash Institute**, 1975, 452p.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.905-915, 2000.

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 235-239, 1997.
- BULL, L.T. Nutrição Mineral do Milho, In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. ed. **Cultura do Milho - Fatores que afetam a produtividade**, Piracicaba, POTAFOS, 1993, p. 63-145.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, 1993, p.147-169.
- CANTARELLA, H.A. Adubação do milho "safrinha". In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, V. 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 1999, p.15-24.
- CARDOSO, A.N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.T.M. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.71-104.
- CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho "safrinha". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.1, p.33-40, 2002.
- CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHARDER, M. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.6, n.1, p.71-78, 1975.
- CHAPMAN, T.M.; BARRETO, H.J. Using chlorophyll meter estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.4, p.557-562, 1997.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.de; BAHIA FILHO, A.F.C. Balanço de nitrogênio (^{15}N) em um latossolo Vermelho-Escuro sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, p.187-193, 1991a.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.de.; BAHIA FILHO, A.F.C. Nutrição e adubação do milho forrageiro, In: EMBRAPA -Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção**, Sete Lagoas, 1991b. p.429-443. (Circular Técnica, 14).

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.61-67, 1992.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Seja o doutor do seu milho** – nutrição e adubação. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1995.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª Aproximação**, Viçosa, 1999. 359p.

CRUZ J.C. **Sistema de produção de milho, avaliação agrônômica e econômica**. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. EMBRAPA, Sete Lagoas. 1980.

DURIEUX, R.P.; KAMPRATH, E.J.; JAKSON, M.A.; MOLL, R.H. Root distribution for corn: the effect nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p.958-962, 1993.

DWYER, L.M.; ANDERSON, A.M.; M.A, B.L. Quantifying the nonlinearly in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.75, n.1, p.179-182, 1995.

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

FERNANDES, L.A.; FURTINI NETO, A.E.; VASCONCELLOS, C.A.; GUEDES, G.A.A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.247-254, 1998.

FERREIRA, A.C.B. **Efeitos da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho**. Viçosa, UFV, 1997. 74p. (Tese de Mestrado).

FERREIRA, L.A.; FURTINI NETO, A.E.; VASCONCELOS, C.A. GUEDES, G.A.A. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Ciência e Prática**, v.32, n.1, p.13-17, 2002.

FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L.A. Adubação nitrogenada no Estado de Minas Gerais. In: SANTANA, M.B.M. ed. **Adubação Nitrogenada no Brasil**, CEPLAC: SBSC. Ilhéus, p.107-124, 1985.

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: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas: EMBRAPA, 1994, p.28-30.

FREIRE, F.M.; VASCONCELOS, C.A.; FRANÇA, G.E. Manejo da fertilidade do solo em sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.49-62, 2001.

GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O.; REICHMANN, E.; TEDESCO, M.J. Avaliação da disponibilidade do nitrogênio do solo estimada por métodos químicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.93-101, 2000.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 153-159, 2000.

JAKCSON, M.L. Nitrogen determination for soil and plant tissue. In: **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1958. p.183-204.

KLAUSNER, S.D.; REID, W.S.; BOULDIM, D.R. Relationship between late spring soil nitrate concentration and corn yield of maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.2, p.350-354, 1990.

LANTMAN, A.F.; OLIVEIRA, E.L.; CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A. Adubação nitrogenada no estado do Paraná. In: SANTANA, M.B.M. (ed). **Adubação Nitrogenada no Brasil**. SEPLAC, SBCS, Ilhéus, p.20-46. 1985.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDORFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.363-376, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 215p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: **Princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E. Pesquisa com nitrogênio no Brasil - passado, presente e perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE NITROGÊNIO EM PLANTAS. Itaguaí, 1990. **Anais...** Itaguaí: **Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 1990. p.89-177.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London Academic Press Limited, 1995, 889p.

MELGAR, R.J.; SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S.; SANCHEZ, P.A. Doses e épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado para o milho em latossolo da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.15, p.289-296, 1991.

MENGEL, D. Manejo de nutrientes na cultura do milho de alta produtividade. **Informações Agronômicas** v.73, p.4-5, 1996.

NOVAIS, M. V.de.; NOVAIS, R.F. de.; BRAGA, J. M. Efeito da adubação nitrogenada e de seu parcelamento sobre a cultura do milho em Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.115, p.193-202, 1974.

OLIVEIRA, R.H.de. **Produção e teores de nitrogênio no milho “safrinha” irrigado em respostas a doses de nitrogênio, de composto orgânico e de molibdênio**. Viçosa: UFV, 1998. 128p. (Tese de Mestrado).

PEREIRA, J.E. **Influência de cultivares e doses de nitrogênio no rendimento e qualidade de forragem para produção de silagem de milho (*Zea mays* L.)**. Lavras: ESAL, 1991. 80p. (Tese de Mestrado).

REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; URQUIAGA, S.C.; VITORIA, R.L.; VIEGAS, G.P. Dinâmica do nitrogênio num solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.1, p. 17-20, 1979.

RIZZARD, M.; ESCOSTEGUY, P.; ARGENTA, G.; KOCH, E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em duas épocas de semeadura de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, XXI., 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, V.M.; ALVES, G.D. Capacidade de suprimento de nitrogênio e resposta à fertilização de vinte solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.269-279, 1995.

SANGOI, I.; ALMEIDA, M.L. Doses e época de aplicação de nitrogênio para cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.13-24, jan. 1994.

SCHERPERS, J.S.; FRANCIS, D.D.; VIGIL, M. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter ratings. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.23, n.17, p.915-922, 1992.

SCHRODER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.66, n.1, p.151-164, 2000.

SILVA, C.A.; ANDERSON, S.J.; VALE, F.R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois latossolos submetidos à calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.593-602, 1999.

SILVA, C.A.; VALE, F.R. do.; GUILHERME, L.R.G. Nitrificação em latossolos da região sul de Minas Gerais: efeito da acidez do solo. **Ciência e Prática**, Lavras, v.18, n.4, p.388-394, 1994.

SILVA, P.S.L.; SILVA, P.I.B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1057-1064, 2002.

SIMS, J.T.; VASILAS, B.L.; GARTLEY, K.L. Evaluation of soil and plant nitrogen tests for maize on manured soils of the Atlantic coast plain. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.2, p.213-222, 1995.

SOUZA, A.C.; CARVALHO, J.G.; PINHO, R.G.V.; CARVALHO, M.L.M. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronômicas do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.321-329, 2001.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.885-896, 2000.

SUNDERMAN, H.D.; PONTIUS, J.S.; LAWLESS, J.R. Variability in leaf chlorophyll concentration among fully fertilized corn hybrids. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.28, n.19, p.1793-1803, 1997.

TOLLENAAR, M.; MIHAJLOVTC, M.; VYN, J. Corn growth following cover crops: influence of cereal cultivars, cereal removal, and nitrogen rate. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.2, p.251-255, 1993.

TOLLENAAR, M.; NISSANKA, S.P.; RAJEAN, I.; BRULSEMA, T.W. Yield response of and new corn hybrids to nitrogen. **Better Crops**, v.81, n.4, p.3-5, 1997.

ULLOA, A.M.C. **Absorção, translocação e eficiência da utilização do nitrogênio fertilizante CO ($^{15}\text{NH}_2$)₂ em dois Híbridos de Milho (*Zea mays* L.)**, Piracicaba, ESALQ/USP, 1981.78p. (Tese de Mestrado).

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v.22, p.411-417, 1998.

VITTI, G.C.; FAVARIN, J.L. Nutrição e manejo químico do solo para a cultura do milho. In: FANCELLI, A.L.; Dourado Neto, D. **Tecnologia da produção do milho**, Piracicaba: 1997. p.104-120.

WASKOM, R.M.; WESTFALL, D.G.; SPELLMAN, D.E. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.27, n.3, p.545-560, 1996.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar?** Piracicaba: POTAFOS, 1996. 5p. (Potafos. Informações Agronômicas, 74).