

COMISSÃO IV – FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE NITROGENADO PARA MILHO EM LATOSSOLO DA AMAZÔNIA CENTRAL⁽¹⁾

R. J. MELGAR⁽²⁾, T. J. SMYTH⁽³⁾, M. S. CRAVO⁽⁴⁾
& P. A. SÁNCHEZ⁽³⁾

RESUMO

Avaliaram-se os efeitos de três doses e cinco métodos de aplicação de fertilizante nitrogenado (uréia) para milho (*Zea mays* L.), durante dois cultivos consecutivos, em um latossolo amarelo próximo de Manaus (AM). Cada dose de N (40, 80 e 120kg/ha) foi aplicada de uma vez (a) ao plantio ou (b) 25 dias após o plantio (DAP); parcelada em duas vezes e aplicada (c) ao plantio e 25 DAP ou (d) 25 e 55 DAP; e (e) parcelada em três vezes e aplicada ao plantio, aos 25 e 55 DAP. Os componentes de rendimento de grãos, matéria seca total (MST) e absorção de N aumentaram linearmente, em função das doses de N aplicadas. O parcelamento das doses de N, em duas ou três aplicações iguais não proporcionou aumento de rendimento de grãos em relação à aplicação única aos 25 DAP, porém foram produzidos menos grãos com aplicação única ao plantio. Aplicações de N aos 25 e 55 DAP aumentaram a recuperação de N do fertilizante, a densidade de espigas, o peso de grãos e a proporção de matéria seca produzida no período de crescimento pós-pendoamento.

Termos de indexação: Trópico Úmido, componentes de rendimento de grãos, absorção de N, recuperação de N do fertilizante.

SUMMARY: FERTILIZER NITROGEN RATES, TIMING AND DISTRIBUTION FOR CORN GROWN ON AN OXISOL IN THE CENTRAL AMAZON

Five methods for applying urea-N to corn (Zea mays L.) were evaluated during two consecutive crops grown on an Acrudox near Manaus, Brazil. Each N rate (40, 80 and 120 kg of N ha⁻¹) was applied as a single application (a) at planting or (b) 25 days after planting (DAP); split in two equal parts (c) at planting and 25 DAP or (d) at 25 and 55 DAP, and (e) split in three equal parts at planting, 25 and 55 DAP. Grain yield components, total dry matter and N uptake increased linearly across the range of N rates evaluated. Partitioning the fertilizer N into two or three equal applications did not produce higher yields than a single application at 25 DAP, but less grain was produced with a single application at planting. Nitrogen applications at 25 DAP and 55 DAP and silking increased fertilizer N recovery, ear density, kernel weight and the proportion of total dry matter assimilated during post-silking growth.

Index terms: humid tropics, grain yield components, N uptake, fertilizer N recovery.

⁽¹⁾ Trabalho n° 12391 do Serviço de Pesquisa Agrícola de Carolina do Norte, Raleigh, Carolina do Norte 27695-7643 (USA). Extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à Universidade Estadual de Carolina do Norte. Trabalho desenvolvido através do convênio EMBRAPA/UEPAE de Manaus/North Carolina State University (USA). Recebido para publicação em maio e aprovado em novembro de 1991.

⁽²⁾ Pesquisador do Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária (INTA) da Argentina - Estación Experimental de Corrientes, CC n° 57, 3400 Corrientes, Argentina.

⁽³⁾ Professor do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Estadual de Carolina do Norte (USA), Raleigh, N.C. 27695-7619.

⁽⁴⁾ Pesquisador da EMBRAPA/UEPAE de Manaus, Caixa Postal 455, CEP 69001 Manaus (AM).

INTRODUÇÃO

O clima na Amazônia Central é caracterizado por uma estação úmida com mais de 2.000mm de precipitação, que vai de outubro a maio (Goes Ribeiro, 1976). Associadas a essa alta precipitação, há extensas áreas de latossolos caracterizadas como de alta permeabilidade e com baixa capacidade de retenção de água (Corrêa, 1984; Falesi, 1986). Nessas condições, o potencial de lixiviação, abaixo da zona radicular, é alto. Além disso, aproximadamente 70-80% da área apresenta altos valores de saturação de Al no subsolo (Demattê, 1981; Sánchez, 1987), o que restringe o crescimento das raízes e a absorção de água e nutrientes.

Pode-se aumentar a disponibilidade do N do fertilizante, através de aplicações parceladas, durante o período de crescimento das plantas. O parcelamento da dose do fertilizante melhorou a absorção do N pelo milho (*Zea mays* L.) e reduziu as perdas por lixiviação, até a profundidade de 120cm, de 53 para 28% do N aplicado em um ultissol arenoso sob ambiente tropical úmido na Nigéria (Arora & Juo, 1982). Em Serra Leoa, o parcelamento da dose de N foi mais efetivo no aumento do rendimento de grãos de milho do que a aplicação de toda a dose no plantio. Nesse experimento também se obteve melhor eficiência quando o fertilizante nitrogenado foi aplicado aos 30 dias após o plantio (Haque, 1979). Resultados semelhantes foram reportados por Fox et al. (1974) em regiões úmidas e subúmidas de Porto Rico.

A sincronização das aplicações de N com o período de alta demanda da cultura resultou em alta recuperação do N aplicado (Hahné et al., 1977; Hills et al., 1983). Em muitos experimentos, em regiões temperadas, obtiveram-se melhores resultados nas aplicações efetuadas algumas semanas após o plantio, do que com toda a dose no plantio (Stanford, 1973; Olson & Kurtz, 1982; Broadbent, 1984). Aplicações de N, na metade do ciclo da cultura, geralmente resultam em boa recuperação do N, devido a já estar o sistema radicular desenvolvido, como também por haver uma utilização mais eficiente do fertilizante durante o período de enchimento dos grãos (Gass et al., 1971; Fried et al., 1975; Begeriego et al., 1979; Olson & Kurtz, 1982).

O parâmetro da recuperação aparente do N do fertilizante vem sendo muito usado como uma estimativa da eficiência da fertilização. Contudo, essa recuperação é altamente relacionada com a dose aplicada e com o potencial de absorção da cultura, logo, com o potencial máximo de rendimento. Conseqüentemente, as recuperações de N decrescem com o aumento das doses aplicadas, em vista de o suprimento de N exceder as necessidades da cultura.

Outra medida da eficiência do fertilizante é a recuperação líquida de seu N, expressa como sendo o aumento na quantidade de N na matéria seca da parte aérea por unidade do fertilizante, a qual é, essencialmente, a porção linear da curva que relaciona a absorção de N pela cultura com o N aplicado (Grove, 1979).

No primeiro cultivo de milho em um latossolo amarelo da Amazônia brasileira, a recuperação de N do fertilizante foi de 91%, com a dose de 20kg/ha, e 50-60%, com a de 60kg/ha (Smyth et al., 1989). Esses valores estão muito próximos dos obtidos em outras regiões tropicais, como no Cerrado do Brasil (Grove, 1979) e em Porto Rico (Fox et al., 1974). Contudo, as recuperações, em doses equivalentes, decresceram em cultivos subsequentes (Smyth et al., 1989). As doses do fertilizante nitrogenado, nesses experimentos, foram

parceladas em três partes iguais com base em outros estudos feitos na Amazônia peruana (Benites, 1981). Ainda não existem dados de pesquisa que indiquem se esse método de parcelamento das doses de N pode ser melhorado, aumentando-se a proporção do N nas últimas aplicações. Uma vez que a fertilização nitrogenada é um dos principais fatores para produção sustentada em solos dos trópicos, as recomendações para uso eficiente devem incluir doses e práticas de manejo que maximizem a eficiência de uso do adubo nitrogenado. Assim, objetivou-se neste estudo: (1) determinar a dose ótima e o método de aplicação de N para milho, em condições tropicais úmidas, e (2) estimar o efeito e a eficiência de diferentes doses de N e parcelamento das doses sobre a absorção de N do fertilizante e sobre os componentes de rendimento de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local - Efetuaram-se os experimentos na Estação Experimental da EMBRAPA/UEPAE de Manaus, localizada no km 30 da Rodovia AM-010. O solo, classificado como latossolo amarelo álico muito argiloso (Rodrigues et al., 1972), apresentava, antes do primeiro cultivo, as seguintes características químicas, na camada de 0-20cm: pH em água 4,4; C 1,94%; N 0,18%, Ca, Mg, K e Al trocáveis 0,78, 0,37, 0,10 e 0,58 meq/100ml respectivamente; saturação de Al 32% e P (Mehlich 1) 14 ppm. O clima da área foi classificado como "Afi", tropical, quente e úmido, de acordo com Koeppen (Goes Ribeiro, 1976). Dados climáticos de longo prazo da estação experimental indicam uma temperatura média anual de 25,7°C e precipitação anual de 2.461mm (EMBRAPA, 1987). Os dados de precipitação acumulada do período experimental são apresentados na figura 1.

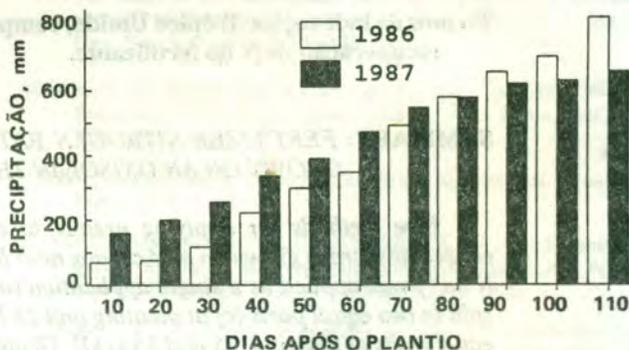


Figura 1. Precipitação acumulada durante o período de crescimento dos dois cultivos de milho.

Experimentos de campo - Efetuaram-se dois cultivos consecutivos de milho, nos períodos chuvosos de 1986 e 1987. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas eram de 4 x 5m com espaçamento de 1m entre as linhas de plantio. Os tratamentos consistiram em um arranjo fatorial de três níveis de N (40, 80 e 120kg/ha de N), aplicados em cinco modos diferentes, tendo como fonte a uréia. A testemunha, sem N, foi incluída como tratamento adicional. O N foi aplicado de uma vez ou parcelando-se as doses em duas ou três partes iguais.

Os tratamentos que receberam aplicação única foram os seguintes: (1) ao plantio, no sulco e abaixo das sementes (basal, 1-0-0) e (2) aos 25 dias após plantio (DAP) (0-1-0). Os tratamentos com as doses parceladas em duas vezes foram: (3) aplicações precoces, metade no plantio e metade aos 25 DAP (1/2-1/2-0) e (4) aplicações tardias, metade aos 25 DAP e metade no pendoamento (55 DAP) (0-1/2-1/2). No tratamento com a dose parcelada em três vezes (5) efetuaram-se as aplicações no plantio, aos 25 e aos 55 DAP (1/3-1/3-1/3). Todas as aplicações de N, após o plantio, foram feitas ao lado da linha de plantio e incorporadas imediatamente com enxada. Embora a volatilização de N não tenha sido medida, essa prática foi tomada para minimizar tais perdas. Semeou-se milho (BR 5102 - variedade de polinização aberta) em 13-11-86 e 2-4-87, com uma densidade de 10 a 12 sementes/metro de linha, com desbaste no estádio V-6. A população média de plantas no estádio de pendoamento foi de 9,4 e 5,7 plantas/metro quadrado no primeiro e segundo cultivos respectivamente. O fósforo e o potássio foram aplicados nas doses de 100kg/ha de P_2O_5 e 60kg/ha de K_2O , antes de cada cultivo. Antes do segundo, aplicaram-se 2t/ha de calcário calcítico (46,2% CaO e 1,3% MgO com PRNT de 73%). O calcário e os fertilizantes foram incorporados com enxada rotativa antes do plantio e os resíduos de cultura, removidos da área após o primeiro cultivo. O controle de ervas daninhas foi feito com aplicação de glifosate e manualmente, quando necessário.

Amostragem de plantas - Coletaram-se dez plantas das três linhas centrais, na segunda aplicação de N (25 DAP) para avaliar a resposta parcial do N aplicado ao plantio. Outras seis plantas por parcela foram tomadas, ao acaso, no período de pendoamento (55 DAP) para avaliar a resposta parcial da primeira e da segunda aplicação de N. Avaliou-se a resposta final ao N no período de maturação fisiológica, que ocorreu aos 105 e 109 DAP, respectivamente, no primeiro e no segundo cultivo. As espigas das três linhas centrais de 3m cada uma foram colhidas manualmente e separadas em grãos, palha e sabugo. De cada parte, tomou-se uma subamostra para determinação da umidade e nitrogênio. Na avaliação dos rendimentos, ajustaram-se os pesos dos grãos para 13% de umidade, pesaram-se os restos culturais após a colheita e coletaram-se subamostras para determinar os teores de umidade e nitrogênio. Para analisar os teores de N, as amostras de tecido foram digeridas por uma mistura de H_2O_2 e H_2SO_4 , sendo o N determinado por destilação micro-Kjeldahl (Kenney & Nelson, 1982).

Avaliaram-se os componentes de rendimento de cada parcela, estimando-se: (a) a densidade de espiga, expressa em espigas/metro quadrado; (b) o peso de grãos pela pesagem de quatro subamostras de 40 grãos por parcela e expresso em grama/100 grãos; e (c) o número de grãos por espiga, tomando-se o rendimento de grãos/parcela, a densidade das espigas e o peso de grãos.

A recuperação aparente do N do fertilizante foi calculada como sendo a diferença da absorção entre um tratamento fertilizado com N e a testemunha, e expressa como a porcentagem do N do fertilizante aplicado. O N na cultura derivado da mineralização do N nativo do solo foi considerado o absorvido nas parcelas testemunhas.

Análise estatística - Analisaram-se os dados como parcelas subdivididas, onde os tratamentos foram as parcelas principais e os anos, as subparcelas, utilizando-se os procedimentos gerais para modelos lineares do Statistical Analysis

System (SAS Institute Inc., 1988). Para as variáveis da cultura medidas na colheita, os efeitos da variação de parcelamento e época de aplicação foram testados em contrastes de um único grau de liberdade, enumerados como segue: (a) aplicações únicas x parcelamentos; (b) aplicação inicial de toda a dose x aplicações de toda a dose aos 25 DAP; (c) parcelamentos das doses de N em três aplicações x duas aplicações iguais, e (d) aplicações parceladas precoces (plantio e 25 DAP) x aplicações parceladas tardias (25 e 55 DAP). As variações no acúmulo de matéria seca e absorção de N aos 25 DAP refletem somente as diferentes doses aplicadas ao plantio. Os efeitos de tratamentos sobre as variáveis da cultura no pendoamento incluíram as diferenças tanto das doses como de suas distribuições entre aplicações, no plantio e aos 25 DAP. Contudo, as análises da variância dos dados de plantas no pendoamento excluíram os tratamentos que receberam doses de N parceladas em três vezes (1/3-1/3-1/3) ou em duas vezes (0-1/2-1/2), porque as doses e seu parcelamento são confundidas nesses tratamentos. As equações que descrevem as respostas da cultura ao N aplicado foram desenvolvidas pelos procedimentos de regressão múltipla. Os coeficientes que estimam a contribuição relativa das doses de N aplicado: no plantio (N1), aos 25 DAP (N2) e aos 55 DAP (N3) foram usados para avaliar os efeitos combinados das doses de N, parcelamento e época de aplicação, sobre os componentes de rendimento da cultura. Os coeficientes que estimam a contribuição relativa das doses de N sobre a absorção de N representam a recuperação líquida do fertilizante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Período inicial de crescimento

Em ambos os cultivos, houve uma significativa resposta, aos 25 DAP, em acúmulo de matéria seca e absorção de N às doses do fertilizante aplicadas no plantio. A análise da variância indicou que houve efeito significativo da interação cultivos x doses de N somente para absorção de N. A diferença de população de plantas entre cultivos resultou em níveis significativamente mais baixos de acúmulo de matéria seca e de absorção de N no segundo cultivo (Quadro 1). A produção de matéria seca proporcionou uma resposta curvilínea às doses crescentes de N aplicadas no plantio (Figura 2).

Em ambos os cultivos de milho, houve resposta linear na absorção de N, em função das doses de N aplicadas no plantio (Figura 2). A recuperação líquida de N do fertilizante dimi-

Quadro 1. Acúmulo médio de matéria seca e absorção de N nos períodos iniciais de crescimento, nos dois cultivos de milho⁽¹⁾

Cultivo	Matéria seca		N absorvido	
	25 DAP	55 DAP	25 DAP	55 DAP
	kg/ha			
1986	426	3.237	10,2	55,0
1987	132	1.369	3,4	44,0

⁽¹⁾Para 25 DAP: em resposta ao N aplicado no plantio; Para 55-DAP: em resposta ao N aplicado no plantio e aos 25 DAP.

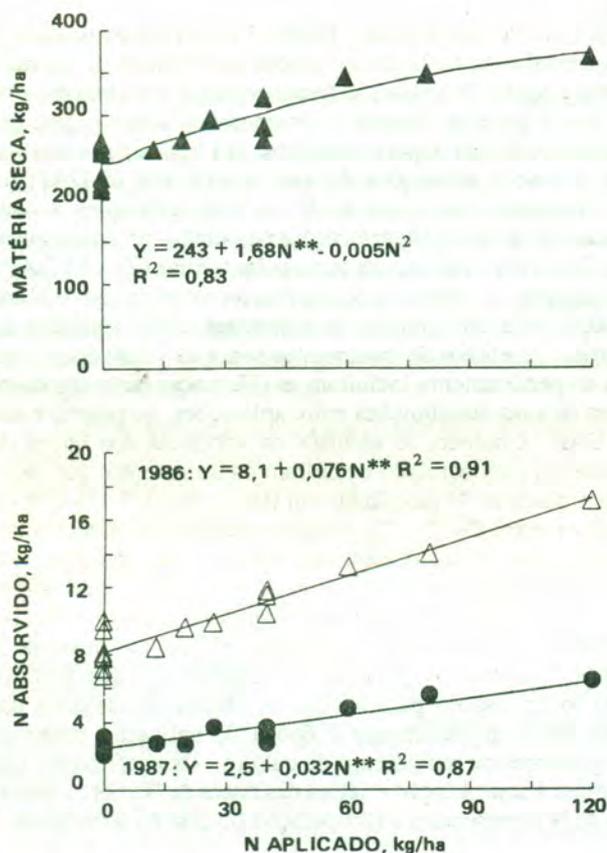


Figura 2. Matéria seca (média de dois cultivos) e N absorvido aos 25 DAP, em função das doses de N aplicadas no plantio em dois cultivos consecutivos de milho. Coeficientes significativos a 1%.

nuiu de 0,08kg/kg de N aplicado no primeiro cultivo, para 0,03kg/kg no segundo. Além do efeito da menor população de plantas, essa redução foi favorecida pela alta precipitação pluvial no início do segundo cultivo (Figura 1) e, possivelmente, pela maior perda de N por lixiviação.

No estágio de pendoamento, houve diferenças significativas entre cultivos para o acúmulo de matéria seca e a absorção de N: ambos aumentaram significativamente em função das doses de adubo nitrogenado (Figura 3). O efeito de época e parcelamento das aplicações do fertilizante no plantio e aos 25 DAP foi significativo somente para absorção de N. O acúmulo de N nas plantas com única aplicação aos 25 DAP (58kg/ha) ou com metade da dose no plantio e metade aos 25 DAP (57kg/ha) foi maior do que o obtido com a aplicação de toda a dose no plantio (48kg/ha) (dados não mostrados).

As equações de regressão que estimam o efeito combinado da aplicação de doses variadas de N, em diferentes proporções no plantio e aos 25 DAP, sobre o acúmulo de matéria seca e absorção de N no pendoamento, são apresentadas no quadro 2. Uma vez que as interações entre tratamentos por cultivo não foram significativas, tais equações foram desenvolvidas usando-se as médias dos tratamentos dos dois cultivos. Essas regressões sugerem que a resposta linear para ambas as variáveis da planta, ao N aplicado aos 25 DAP, foi duas vezes maior que às quantidades equivalentes aplicadas no plantio. Contudo, a inclusão do termo quadrático nos modelos sugere que a magnitude de resposta em acúmulo de matéria seca e absorção de N decresceu quando as doses de N aplicadas aos 25 DAP foram aumentadas.

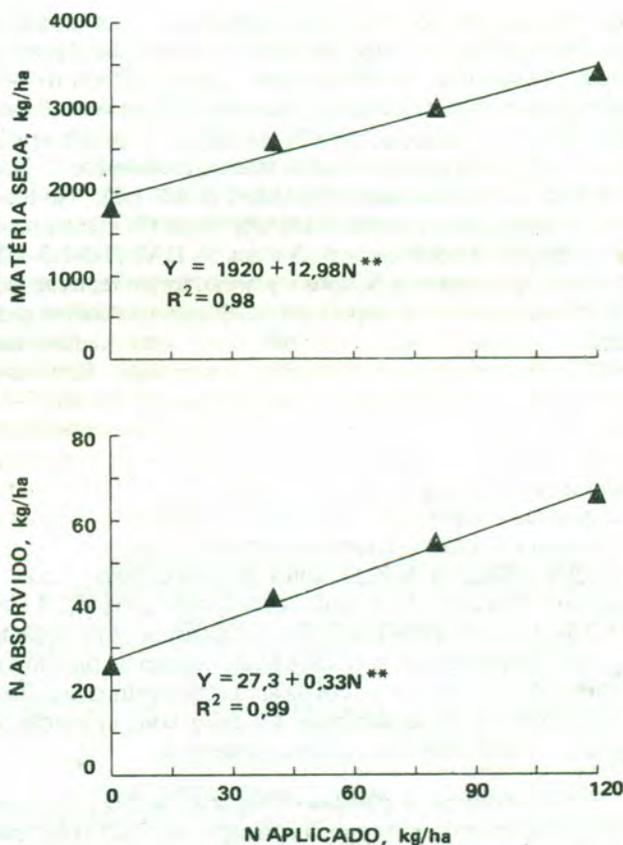


Figura 3. Matéria seca acumulada e N absorvido no pendoamento, em função das doses de N aplicadas no plantio e aos 25 DAP. Valores médios dos dois cultivos e de três métodos de aplicação.

Quadro 2. Coeficientes de regressão para avaliação da variável doses de N aplicadas ao plantio (N1) e aos 25 DAP (N2) sobre a matéria seca acumulada e absorção de N no período de pendoamento de milho. Médias de dois cultivos

Componentes da planta	Coeficientes de regressão				
	b0	N1	N2	N2 ²	R ²
Matéria seca (kg/ha)	1.971**	13,7**	27,1**	0,14*	0,92
N absorvido (kg/ha)	25,7**	0,28**	0,58**	0,002*	0,92

** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente.

Avaliações na colheita

No quadro 3, encontra-se um resumo estatístico das diferenças entre cultivos, doses de N, época e parcelamento das aplicações do fertilizante nitrogenado, em relação às variáveis da plantas avaliadas na colheita. Embora tenha havido diferenças significativas entre cultivos e entre tratamentos para a maioria dessas variáveis, não houve diferença para a interação de tratamentos por cultivo. Além disso, para nenhuma das variáveis da cultura observou-se interação significativa entre doses de N e épocas de aplicação. Conseqüentemente, as equações de regressão que estimaram as respostas das variáveis da cultura na colheita, às doses de N aplicadas no plantio, aos 25 DAP e no pendoamento, foram feitas com as médias dos tratamentos dos dois cultivos (Quadro 4).

Matéria seca total

A resposta média de matéria seca total (MST) às doses de N, em ambos os cultivos e para todos os métodos de aplicação, é mostrada na figura 4. Os valores mais altos de MST, 7,1t/ha para o primeiro cultivo e 4,3t/ha para o segundo, foram obtidos com a aplicação de 120kg/ha de N parcelado em duas aplicações iguais aos 25 DAP e no pendoamento (55 DAP) (dados não mostrados). As principais diferenças em MST entre épocas de aplicação de N foram observadas entre aplicações únicas no plantio e aos 25 DAP (Quadro 3 e Figura 5). O parcelamento das doses de N em duas ou três aplicações não resultou em aumento significativo de MST em relação à aplicação única aos 25 DAP (Quadro 5).

A matéria seca acumulada no pendoamento representou, em média, 57 e 78% da MST na colheita, respectivamente, no primeiro e no segundo cultivo. A fertilização nitrogenada diminuiu a proporção da MST na colheita que tinha sido acumulada pelas plantas até o pendoamento (Quadro 5): sua proporção mais alta até o pendoamento foi obtida em trata-

mentos que receberam todo o fertilizante nitrogenado entre o plantio e os 25 DAP. Esses resultados sugerem que o acúmulo de MST foi retardado para o estágio de pós-pendoamento, quando o fertilizante nitrogenado foi concentrado em aplicações aos 25 e aos 55 DAP. Essa observação é também apoiada pela ausência de efeitos de época e parcelamento do fertilizante nitrogenado, sobre o acúmulo de matéria seca no pendoamento.

Rendimento de grãos

Houve um aumento linear em rendimento de grãos a doses de N quando consideradas as médias dos dois cultivos e as épocas de aplicação (Figura 4). Tal como a MST, o rendimento de grãos foi mais baixo no segundo cultivo. Os rendimentos para tratamentos sem N foram de 0,6 e 0,4t/ha no primeiro e no segundo cultivo respectivamente. Rendimentos mais elevados, de 3,4t/ha no primeiro cultivo e 1,8t/ha no segundo, foram obtidos com 120kg/ha de N, aplicados em parcelas iguais aos 25 e aos 55 DAP (dados não mostrados). Não houve vantagem em rendimento com a distribuição do

Quadro 3. Resumo das análises da variância para doses de N e efeitos de métodos de aplicação sobre as variáveis⁽¹⁾ medidas durante os dois cultivos consecutivos de milho

Efeitos	GI	Grãos	Componentes de rendimento			Nitrogênio		mst
			Es/m ²	Gr/Es	PGr	Abs.	Rec.	
Tratamentos								
Test. x outros	1	**	**	**	**	**	-	**
Doses de N								
Efeito linear	1	**	**	**	**	**	**	**
Efeito quadrático	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Distribuição das aplic.								
Única x parcela	1	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Plantio x 25 DAP	1	**	**	ns	**	**	*	**
2 vezes x 3 vezes	1	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Precoce x tardia	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Doses x Métodos	8	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cultivos	1	**	**	*	*	**	*	**
Cult. x Tratamentos	15	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		31	20	21	6	30	46	21

⁽¹⁾Rendimento de grãos, densidade de espigas (Es/m²), grãos por espiga (Gr/Es), peso de grãos (PGr), absorção de N (Abs.), recuperação aparente de N (Rec.), matéria seca total na colheita (MST).

**, *, ns: Valores do teste de F significativos a 1 e 5% e não significativo respectivamente.

Quadro 4. Coeficientes de regressão para avaliação da variável doses de N aplicadas ao plantio (N1), aos 25 DAP (N2) e aos 55 DAP (N3) sobre a matéria seca total, absorção total de N e componentes de rendimento de grãos de milho. Média de dois cultivos

Componentes da planta	b0	N1	N2	N3	R ²
Matéria seca (kg/ha)	2,778*	17,1**	26,0**	24,8**	0,86
N absorvido (kg/ha)	25,4**	0,23**	0,34**	0,41**	0,94
Grãos (kg/ha)	636**	11,4**	15,0**	18,3**	0,95
Espigas/m ²	3,3**	0,003ns	0,14**	0,019**	0,61
Grãos/espiga	89**	0,85**	0,85**	0,78**	0,85
Peso de cem grãos (g)	25,8**	0,012ns	0,009ns	0,035**	0,36

**, *, ns: Coeficientes de regressão significativos a 1 e 5% e não significativos respectivamente.

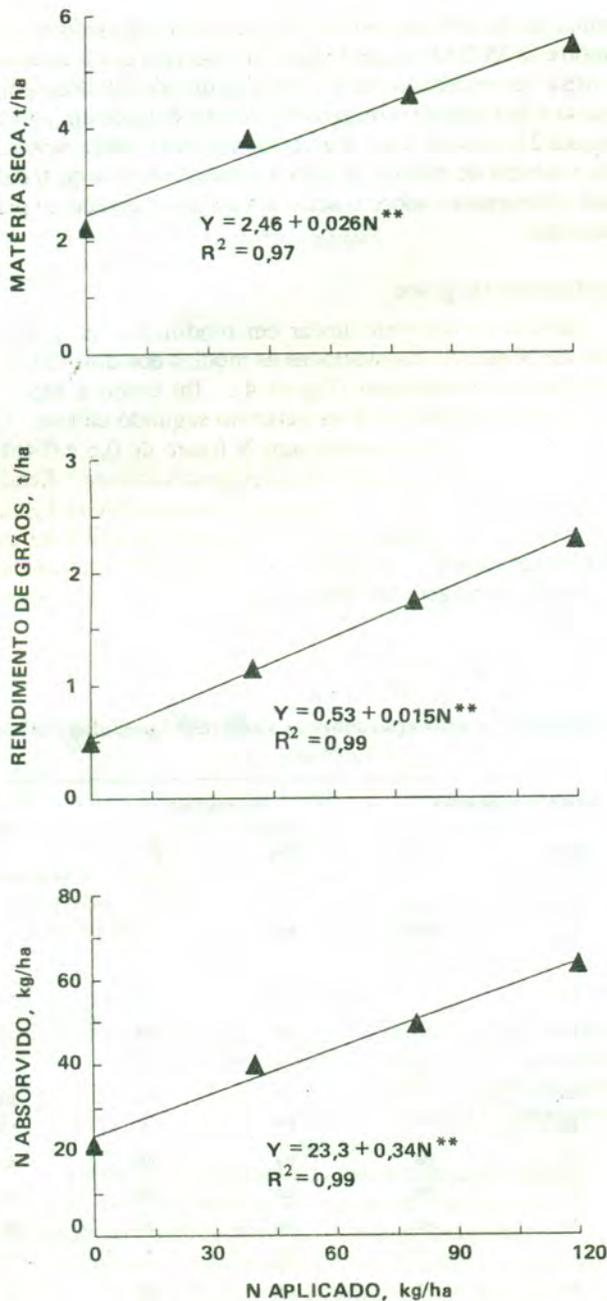


Figura 4. Matéria seca total, rendimento de grãos e N absorvido, avaliados no período de colheita do milho, em função das doses de N aplicadas. Valores médios dos dois cultivos e de cinco métodos de aplicação.

fertilizante em múltiplas aplicações (Quadro 3). Contudo, rendimentos obtidos nos tratamentos com aplicações únicas de N foram melhorados significativamente, quando a aplicação do N foi retardada do plantio para os 25 DAP (Figura 5). Em relação à época de distribuição do fertilizante nitrogenado, houve uma tendência de aumento de rendimentos de grãos, quando se concentrou a aplicação do N nas últimas duas épocas. A equação de regressão no quadro 4, que estima a resposta em rendimento em função das quantidades de N aplicadas em cada época também prediz um progressivo aumento no rendimento por unidade de fertilizante aplicado, quando a época foi retardada do plantio para o pendoamento. Esses resultados estão de acordo com os obtidos em outros

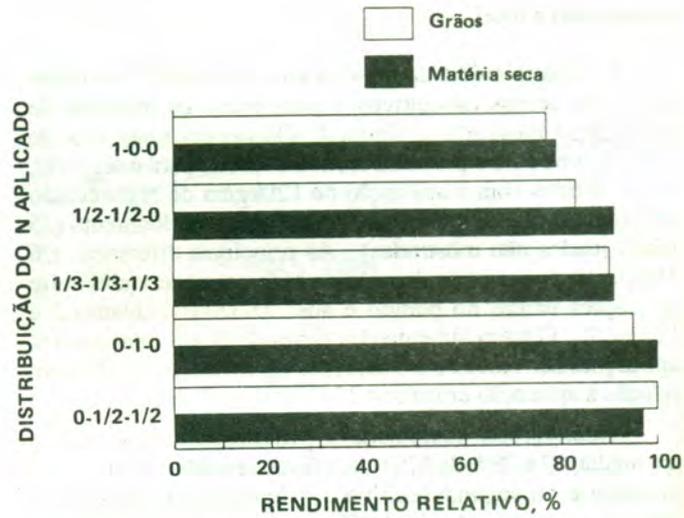


Figura 5. Rendimento relativo de grãos e matéria seca de milho em função das épocas de aplicação de N. Valores médios dos dois cultivos e três doses de N.

Quadro 5. Efeito da época de aplicação e da forma de parcelamento das doses de N sobre a percentagem da matéria seca total acumulada até o pendoamento durante dois cultivos consecutivos de milho

Tratamentos	Cultivo		
	1986	1987	Média
	%		
Doses de N (kg/ha)			
0	75	98	87
40	59	74	67
80	56	76	66
120	51	78	65
DMS 0,05:	8	16	10
Épocas ⁽¹⁾ e Parcelamento			
0-1-0	52	73	62
1-0-0	66	82	74
1/2-1/2-0	61	83	72
0-1/2-1/2	48	67	57
1/3-1/3-1/3	51	75	63
DMS 0,05	9	ns	13

⁽¹⁾Épocas: plantio, 25 e 55 DAP respectivamente. Os números referem-se à fração da dose de N aplicada em cada época.
ns: não significativo.

estudos em regiões temperadas (Olson & Kurtz, 1982; Bege-riego et al., 1979) e tropicais (Haque, 1979).

Componentes de rendimento

As médias de cultivos e tratamentos para densidade de espigas, número de grãos por espiga e peso de grãos encontram-se no quadro 6. A menor população de plantas no segundo cultivo resultou em redução na densidade de espigas, o que foi parcialmente compensado pelo tamanho das espigas e peso individual de grãos. Houve aumento linear em todos

os componentes de rendimento de grãos em função do aumento nos níveis de N aplicados (Quadro 3). Os dados de rendimento também sugerem que os rendimentos superiores obtidos pelo retardamento das aplicações de N, do plantio para os 25 DAP, estão associados com o aumento da densidade de espigas e peso de grãos (Quadro 6).

Absorção e recuperação de nitrogênio

Houve aumento linear na média de absorção de N em ambos os cultivos, em função dos níveis de fertilizante nitrogenado estudados (Figura 4). A contribuição relativa de cada aplicação sobre a absorção de N mostrou que a recuperação líquida de N aumentou quando a época de aplicação foi retardada no período de crescimento da cultura (Quadro 4). A absorção de N, na testemunha, diminuiu de 28kg/ha, no primeiro cultivo, para 15kg/ha no segundo (dados não mostrados). Neste, além da menor contribuição de N nativo do solo, a recuperação aparente de N também foi menor - 46% no primeiro cultivo versus 35% no segundo (dados não mostrados). A recuperação aparente diminuiu linearmente com o aumento das doses de N aplicadas (Quadro 3). Considerando-se a média dos dois cultivos e de todas as épocas de aplicação, as recuperações de N foram 48, 36 e 36% para as doses de 40, 80 e 120kg/ha de N respectivamente. A recuperação aparente máxima foi de 70% com 40kg/ha de N aplicados aos 25 DAP, no primeiro cultivo (dados não mostrados). A aplicação única aos 25 DAP resultou em níveis mais altos de recuperação aparente de N do que a aplicação da mesma dose no plantio (Quadro 3 e Figura 6). A média de 46% de N recuperado foi obtida com aplicação única aos 25 DAP, considerando-se as médias de todas as doses. A recuperação

aparente de N foi menor nos tratamentos que receberam a maior proporção do N no plantio; o valor médio mais baixo de recuperação aparente de N (30%) foi obtido nos tratamentos que receberam todo o N no plantio.

Em outros trabalhos (Gass et al., 1971; Hahne et al., 1977; Hills et al., 1983; Broadbent, 1984), também foi observado que as aplicações de N nos estádios de mais alta demanda da planta resultaram em maior eficiência de absorção e mais alta recuperação do N aplicado. A melhor resposta às aplicações tardias de N pode estar relacionada à maior "habilidade"

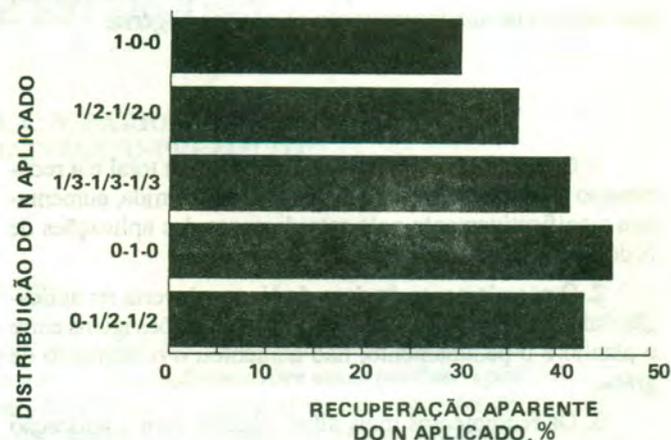


Figura 6. Recuperação aparente do fertilizante nitrogenado em função das suas épocas de aplicação. Valores médios dos dois cultivos de milho e três doses de N.

Quadro 6. Valores médios de densidade de espiga, grãos por espiga e peso de grãos em função de doses e parcelamento do N aplicado

Tratamentos	Espigas/m ²	Grãos/espiga		Peso de cem grãos
		n°	g	
Cultivo de 1986	5,7	147	26,4	
Cultivo de 1987	2,6	156	27,4	
Doses de N (kg/ha):				
0	2,4	75	26,0	
40	4,0	124	26,5	
80	4,2	159	26,8	
120	4,5	187	27,7	
Épocas ⁽¹⁾ e Parcelamento:				
0-1-0	4,1	155	26,3	
1-0-0	3,4	145	26,4	
1/2-1/2-0	3,8	146	26,6	
0-1/2-1/2	4,3	143	27,7	
1/3-1/3-1/3	4,2	143	26,6	
DMS 0,05:				
Cultivo	0,3	ns	0,7	
Doses de N	0,4	11	0,5	
Época	0,5	ns	1,0	
Doses x época	ns	ns	ns	

⁽¹⁾Épocas: plantio, 25 e 55 DAP respectivamente. Os números referem-se à fração da dose de N aplicada em cada época.
ns: não significativo.

da planta na absorção, em vista de já existir um sistema radicular bem desenvolvido. Segundo Ritchie et al. (1986), o crescimento radicular segue um padrão similar ao dos componentes da parte aérea, iniciando um crescimento rápido entre 20 e 30 DAP e atingindo o desenvolvimento máximo próximo do estágio de pendoamento.

As mais altas recuperações de N no presente estudo foram baixas, se comparadas às recuperações obtidas com doses semelhantes em outras regiões tropicais, como nos Cerrados do Brasil (Grove, 1979) ou em Porto Rico (Fox et al., 1974), onde os rendimentos de milho são da ordem de 6 a 8t/ha. Contudo, as recuperações aparentes de N e o rendimento de grãos com as mesmas doses de N aplicadas foram semelhantes aos resultados reportados por Arora & Juo (1982) para regiões de alta precipitação pluvial da Nigéria.

CONCLUSÕES

1. O rendimento de grãos, a matéria seca total e a recuperação aparente de N, nesta região tropical úmida, aumentaram significativamente pelo retardamento das aplicações de N do plantio para os 25 DAP.

2. O parcelamento da dose de N, que deveria ter aplicação única aos 25 DAP, em duas ou três aplicações iguais entre o plantio e o pendoamento, não aumentou o rendimento de grãos.

3. Os rendimentos mais altos, obtidos com a aplicação de N aos 25 DAP e no pendoamento, em relação ao obtido com toda a dose no plantio, resultaram em aumento em densidade de espigas, peso individual de grãos e proporção de matéria seca total assimilada durante o estágio de crescimento pós-pendoamento.

LITERATURA CITADA

- ARORA, Y. & JUO, A.S.R. Leaching of fertilizer ions in a kaolinitic Ultisol in the high rainfall tropics: leaching of nitrate in field plots under cropping and bare fallow. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 46:1212-1218, 1982.
- BEGERIEGO, M.; HAUCK, R.D. & OLSON, R.A. Uptake, translocation and utilization of ¹⁵N depleted fertilizer in irrigated corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 43:528-533, 1979.
- BENITES, J.R. Nitrogen response and cultural practices for corn based cropping systems in the Peruvian Amazon. Raleigh, North Carolina State University, 1981. 173p. (Tese de Doutorado)
- BROADBENT, F.E. Plant use of soil nitrogen. In: HAUCK, R.D. et al., eds. Nitrogen in crop production. Madison, ASA, CSSA & SSSA, 1984. p.171-182.
- CORRÊA, J.C. Características físico-hídricas dos solos latossolo amarelo, podzólico vermelho-amarelo e podzol hidromórfico do Estado do Amazonas. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19:347-360, 1984.
- DEMATTÊ, J.L.I. Characteristics of Brazilian soils related to root growth. In: RUSSELL, R.C.; IGUE, K. & MEHTA, Y.R., eds. The soil/root system in relation to Brazilian agriculture. Symposium on the soil/root system. Londrina, PR, 1980. Proceedings, Londrina, IAPAR, 1981. p.21-24.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1985. EMBRAPA/UEPAE Manaus, 1987. 20p. (Boletim Agrometeorológico, 6)
- FALESI, I.C. Estado atual de conhecimento de solos da Amazônia brasileira. In: SÍMPOSI DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém, 1984. *Clima e Solo, Anais.* Belém, EMBRAPA/CPATU, 1986. p.168-191.
- FOX, R.H.; TALLEYRAND, H. & BOULDIN, D.R. Nitrogen fertilization of corn and sorghum grown in Oxisols and Ultisols in Puerto Rico. *Agron. J.*, Madison, 66:534-540, 1974.
- FRIED, M.; SOPER, R.J. & BROESHART, J. ¹⁵N-labeled single treatment fertility treatments. *Agron. J.*, Madison, 67:393-396, 1975.
- GASS, W.B.; PETERSON, G.A.; HAUCK, R.D. & OLSON, R.A. Recovery of residual nitrogen by corn (*Zea mays* L.) from various soil depths as measured by ¹⁵N tracer techniques. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 35:290-294, 1971.
- GOES RIBEIRO, M.N. Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta Amaz.*, Manaus, 6:229-233, 1976.
- GROVE, T.L. Nitrogen fertility in Oxisols and Ultisols of the humid tropics. New York, Ithaca, 1979. 28p. (Cornell International Bulletin, 36)
- HAHNE, H.C.H.; KROONTJE, W. & LUTZ JR., J.A. Nitrogen fertilization. I: Nitrate accumulation and losses under continuous corn cropping. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 41:562-567, 1977.
- HAQUE, I. Timing the application of N to maize in Sierra Leone. *Expl. Agric.*, London, 15:247-251, 1979.
- HILLS, F.J.; BROADBENT, F.E. & LOREZ, O.A. Fertilizer nitrogen utilization by corn, tomato and sugarbeet. *Agron. J.*, Madison, 75:423-426, 1983.
- KENNEY, D.R. & NELSON, D.W. Nitrogen - inorganic forms. In: PAGE, A.L., ed. *Methods of soil analysis: part 2.* 2.ed. Agronomy, Madison, 9:643-698, 1982.
- OLSON, R.A. & KURTS, L.T. Crop nitrogen requirements, utilization and fertilization. In: STEVENSON, F.J., ed. *Nitrogen in agricultural soils.* Agronomy, Madison, 22:567-604, 1982.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. & BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames, Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1986. (Special reports, 48)
- RODRIGUES, T.E.; REIS, R.S.; MORIKAWA, I.K.; FALESI, I.C.; SILVA, B.N.R.; GUIMARÃES, G.A.; LOPES, E.C. & BASTOS, J.B. Levantamento detalhado dos solos do IPEAAO (Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária da Amazônia Ocidental). Manaus, IPEAAO, 1972. 63p. (Boletim Técnico, 1)
- SÁNCHEZ, P.A. Management of acid soils in the humid tropics of Latin America. In: IBSRAM (International Board for Soil Research and Management). *Management of acid tropical soils for sustainable agriculture.* Proceedings, Bangkok, Thailand, 1987. p.63-107.
- SAS Institute. SAS/STAT user's guide release: 6.03 edition. Cary, North Carolina, 1988. 1028p.
- SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S. & MELGAR, R.J. Nitrogen management. In: CAUDLE, N., ed. *Trop Soils technical report, 1986-87.* Raleigh, North Carolina State University, 1989. p.152-154.
- STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. *J. Environ. Qual.*, Madison, 2:159-166, 1973.