

# ABSORÇÃO E REDISTRIBUIÇÃO DO NITROGÊNIO PROVENIENTE DO FERTILIZANTE, $\text{CO}({}^{15}\text{NH}_2)_2$ , POR DOIS HÍBRIDOS DE MILHO<sup>1</sup>

MARCELO CALVACHE U.<sup>2</sup>, PAULO L. LIBARDI<sup>3</sup>, KLAUS REICHARDT<sup>4</sup>,  
REYNALDO VICTÓRIA<sup>5</sup>, JOSÉ C. ARAÚJO SILVA<sup>6</sup> e SEGUNDO URQUIAGA C.<sup>7</sup>

**RESUMO** - Em um Paleudalf Óxico (Terra Roxa Estruturada) no *campus* da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, estudou-se a absorção e redistribuição do nitrogênio proveniente do fertilizante pelo milho (*Zea mays* L.) (híbridos C-111X e C-511), em oito épocas do desenvolvimento da cultura (setembro/79 a fevereiro/80), usando-se  ${}^{15}\text{N}$  como traçador. A adubação constou de 100 kg N/ha (uréia com 5,86% de átomos de  ${}^{15}\text{N}$ ), 80 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha (superfosfato simples) e 60 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha (cloreto de potássio), com aplicação parcelada do N, ou seja, 1/3 do total na semeadura e os 2/3 restantes, 42 dias após a germinação (dag). Os tratamentos obedeceram ao delineamento estatístico de parcelas divididas: híbridos como parcelas e épocas de desenvolvimento como subparcelas, com três repetições. Concluiu-se: a percentagem do N fertilizante na planta inteira variou sensivelmente ( $p = 0,05$ ) entre as épocas, sendo a máxima (33,65%) aos 15 dag, porém, dentro de cada época, este parâmetro foi similar para todas as partes da planta; a maior acumulação do N total e do fertilizante ocorreu até aos 60 dag nas partes vegetativas e entre 120-150 dag no grão e na parte inteira; na floração, a planta absorveu cerca de 50% de todo o N fertilizante extraído durante o ciclo; no início da maturação dos grãos (120 dag), houve acumulação do N total e do fertilizante em torno de 60% do absorvido pela planta; os híbridos tiveram comportamento similar e, no final do ciclo, as folhas perderam para fora da planta cerca de 10% do N acumulado aos 120 dag.

Termos para indexação: Paleudalf Óxico, adubação, partes vegetativas, floração, maturação.

## ABSORPTION AND REDISTRIBUTION OF FERTILIZER NITROGEN, $\text{CO}({}^{15}\text{NH}_2)_2$ , BY TWO CORN HYBRIDS

**ABSTRACT** - In an Oxalic Paleudalf soil (Terra Roxa Estruturada) at the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" campus, the absorption and redistribution of fertilizer nitrogen by corn (*Zea mays* L.) (hybrids Cargill C-111X and C-511) at eight different sampling times, were studied, using tracer  ${}^{15}\text{N}$ . Fertilizers used were 100 kg N/ha (urea labelled with 5.86 atom %  ${}^{15}\text{N}$ ), 80 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha (simple superphosphate), and 60 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha (potassium chloride). Nitrogen was applied 1/3 at sowing and 2/3 at 42 days after germination (dag). Experimental design used was a split-plot: hybrids as plots and sampling times as sub-plots, with three replicates. It was shown that the percent nitrogen derived from fertilizer for the whole plant varied significantly ( $p = 0.05$ ) for sampling time, having a maximum (33.65%) at 15 dag for the leaves and at 120-150 dag for the grain and whole plant. At flowering the plant absorbed about 50% of the fertilizer nitrogen absorbed during the entire cycle; at 120 dag about 60% of the nitrogen was derived from fertilizer; both hybrids had similar behaviours, and at the end of the cycle the leaves lost about 10% of the accumulated N.

Index terms: Oxalic Paleudalf, fertilization, leaves, flowering, maturation.

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*, L.), pela sua importância na alimentação mundial, é uma das culturas mais estudadas do ponto de vista da nutrição mineral. Destaca-se o papel do nitrogênio na produção e na qualidade nutricional deste cereal.

O nitrogênio, seja do solo ou do fertilizante, pode ser absorvido pelas raízes das plantas de milho, tanto na forma amoniacal como nítrica (Viets et al. 1946), porém está determinado que esta cul-

- <sup>1</sup> Aceito para publicação em 11 de maio de 1982
- <sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Comissão Equatoriana de Energia Atômica, bolsista da AIEA junto ao CENA/USP.
- <sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Professor Assistente, DFM/ESALQ/USP; pesquisador do CENA/USP e bolsista do CNPq.
- <sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Professor Titular, DFM/ESALQ/USP e pesquisador do CENA/USP.
- <sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., CENA/USP.
- <sup>6</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc. da UEMA, PGESALQ/USP.
- <sup>7</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Professor da UNA La Molina, Lima, Peru, PGESALQ/USP, bolsista da AIEA junto ao CENA/USP.

tura preferentemente absorve o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) mais intensamente nos primeiros estádios de crescimento e o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nos estádios finais (Schrader et al. 1972, Warncke & Barber 1973 e Zsoldos 1971).

Mediante técnicas de enriquecimento isotópico pode-se marcar os fertilizantes nitrogenados e estudar mais facilmente a dinâmica deste nutriente na planta (Ivanko & Maxianova 1968), ou seja, obter informações mais diretas e precisas acerca do tipo de adubo, doses, localização e época de aplicação mais adequada à cultura. Na região de clima tropical úmido, estes estudos são de grande importância, tendo-se em conta que, pela alta precipitação pluvial, este nutriente pode ser lixiviado, diminuindo, assim, a utilização do fertilizante pela planta. Em nosso meio, alguns pesquisadores (Neptune 1966, Malavolta & Pires 1978 e Reichardt et al. 1979) têm usado adubos nitrogenados marcados com  $^{15}\text{N}$ , procurando obter o máximo aproveitamento do adubo nitrogenado pela cultura de milho.

O presente trabalho teve por objetivo estudar a época de maior absorção do nitrogênio, bem como a redistribuição deste nutriente na planta, nos vários estádios de desenvolvimento de dois híbridos de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido num solo representativo do município de Piracicaba, São Paulo, localizado junto ao Posto Agrometeorológico da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", no período de outubro de 1979 a fevereiro de 1980.

O solo experimental, Terra Roxa Estruturada, segundo a "Soil Taxonomy" (Estados Unidos. Department of Agriculture 1975), corresponde a um Paleudalf Óxico.

Nas Tabelas 1 e 2 apresentam-se algumas características físicas e químicas do solo, determinadas segundo a metodologia indicada em Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979) e Catani & Jacintho (1974).

Os tratamentos estudados constaram de dois híbridos de milho e oito épocas de amostragem, com três repetições, analisados de acordo com o desenho estatístico de parcelas divididas: os híbridos correspondendo às parcelas, e as épocas, às subparcelas, para os parâmetros analisados. Todos estes tratamentos receberam adubação NPK.

Os híbridos de milho estudados foram o Cargill-111 X de ciclo vegetativo de, aproximadamente, 150 dias, porte alto e grão sedimentado, e o Cargill-511, mais precoce

TABELA 1. Algumas características físicas do perfil do solo em estudo.

Profundidade (cm)	Análise mecânica (mm) (%) <sup>1</sup>							Densidade (g . cm <sup>-3</sup> )		Porosidade total $\alpha^3$ (%)		Classe textural
	Areia m. grossa (2 - 1)	Areia grossa (1 - 0,5)	Areia média (0,5 - 0,25)	Areia fina (0,25 - 0,10)	Areia m. fina (0,10 - 0,05)	Limo (0,05 - 0,002)	Argila < 0,002	Disp. H <sub>2</sub> O	dg	dp		
0 - 15	0,1	1,6	5,9	15,3	7,8	27,9	41,4	25,6	1,32	2,81	53,02	argila
15 - 30	0,1	1,2	5,9	14,8	6,8	24,5	46,7	29,7	1,30	2,84	54,22	argila
30 - 45	0,1	1,0	4,0	10,9	5,2	20,1	58,7	9,2	1,27	2,86	55,59	argila
45 - 60	0,1	0,8	4,1	10,2	4,8	19,5	60,5	1,9	1,21	2,90	58,27	argila
60 - 75	0,1	0,9	3,7	10,6	5,9	18,3	60,5	3,2	1,25	2,89	56,88	argila
75 - 90	0,2	1,0	3,7	10,7	6,6	21,6	56,3	1,5	1,27	2,87	55,75	argila
90 - 105	0,2	1,0	4,1	11,3	7,1	21,2	55,1	2,2	1,27	2,85	55,44	argila
105 - 120	0,2	1,1	4,5	11,8	6,4	23,5	52,5	1,8	1,28	2,85	55,09	argila

<sup>1</sup> Laboratório do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes - ESALQ/USP (método da pipeta, dispersante Calgon).

<sup>2</sup> Densidade global ou aparente (dg), pelo método do cilindro volumétrico; densidade das partículas ou real (dp) pelo método do álcool (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1979).

<sup>3</sup> Calculada a partir de dg e dp, ou  $\alpha = (1 - dg/dp) 100$ .

TABELA 2. Algumas características químicas do perfil do solo em estudo.

Prof. (cm)	pH		Δ pH	%		Rel. C/N	meq/100 g TFSA						V (%)	
	(H <sub>2</sub> O)	(KCl)		C. org.	N-total		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>		CTC
0 - 30	5,70	4,90	-0,80	0,73	0,11	6,64	0,13	0,47	0,04	4,10	0,92	6,40	11,92	46,39
30 - 60	6,00	5,30	-0,70	0,57	0,08	7,12	0,06	0,31	0,02	3,48	0,99	4,40	9,20	52,17
60 - 90	6,00	5,40	-0,60	0,46	0,06	7,67	0,06	0,31	0,03	3,74	0,88	3,90	8,86	55,98
90 - 120	6,10	5,50	-0,50	0,40	0,05	8,00	0,04	0,28	0,02	2,96	0,80	4,00	8,06	50,37

Resumo da metodologia usada nas análises: o pH em água, na relação 1:25 e solução normal de KCl para o pH em KCl; o carbono orgânico, de acordo com Walkley-Black, descrito por Jackson (1976); o nitrogênio total, pelo método semimicro Kjeldahl, descrito por Bremner (1965a); o fósforo, o potássio, o sódio o cálcio, o magnésio e o alumínio + hidrogênio, pela metodologia descrita em Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979); CTC com acetato de cálcio N, pH 7,0.

(em torno de 140 dias), porte médio e grão dentado. As amostragens de plantas foram efetuadas nas épocas E<sub>1</sub> = 15, E<sub>2</sub> = 30, E<sub>3</sub> = 45, E<sub>4</sub> = 60, E<sub>5</sub> = 75, E<sub>6</sub> = 90, E<sub>7</sub> = 120 e E<sub>8</sub> = 150 dias após a germinação (dag), segundo os estádios de desenvolvimento da cultura descritos por Hanway (1963). A adubação aplicada foi de 100, 80 e 60 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, sendo as fontes: uréia (45% N com 5,86% de átomos de <sup>15</sup>N), superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O).

As unidades experimentais constaram de quatro sulcos de 3 m de comprimento e 1 m entre linhas, com as plantas distanciadas 0,20 m (população equivalente a 50.000 plantas/ha). Na semeadura (27.9.79), aplicou-se a adubação fosfórica e potássica, mais 1/3 da nitrogenada; o restante, aos 42 dag. As práticas culturais empregadas foram de acordo com as recomendadas por Viegas (1978). Nas épocas de amostragem, as plantas foram tiradas, ao acaso, de cada unidade experimental, de covas competitivas e separadas em caule ou colmos (mais pendão e bonecas), folhas (mais bainhas e ligudas), brácteas (mais palha da espiga e pedúnculo), sabugo e grão.

Os parâmetros avaliados foram:

- nitrogênio total na planta ou partes desta (NTP, percentagem, mg/planta);
- nitrogênio na planta (ou partes desta) proveniente do fertilizante (NPPF, percentagem, mg/planta);
- nitrogênio na planta proveniente do solo (NPPS, mg/planta).

O nitrogênio total do material vegetal foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl (Bremner 1965), e a análise da composição isotópica do nitrogênio (<sup>15</sup>N - <sup>14</sup>N), pelo método de Dumas modificado (Trivelin et al. 1973). A percentagem do NPPF foi calculada a partir da expressão:

$$\% \text{ NPPF} = \frac{\% \text{ de átomos de } ^{15}\text{N} \text{ em excesso na planta}}{\% \text{ de átomos de } ^{15}\text{N} \text{ em excesso no fertilizante}} \times 100 \dots (1)$$

onde q % átomos <sup>15</sup>N em excesso resulta da percentagem de átomos <sup>15</sup>N na amostra subtraída a abundância natural no meio (0,369% átomos <sup>15</sup>N).

A quantidade de nitrogênio na planta (ou partes) proveniente do fertilizante (QNPPF), em mg/planta, foi calculada de acordo com a expressão:

$$\text{QNPPF} = \frac{\% \text{ NPPF} \times \text{NTP}}{100} \dots (2)$$

Enquanto que o NPPS, em mg/planta, foi obtido a partir da expressão:

$$\text{NPPS} = \text{NTP} - \text{QNPPS} \dots (3)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Nitrogênio total na planta

As Tabelas 3 e 4 mostram os resultados das quantidades médias de N total extraídas pelas diferentes partes da planta do milho em função do estágio de desenvolvimento, bem como o resumo da análise estatística correspondente.

Observa-se que a quantidade de nitrogênio absorvida variou significativamente ( $p = 0,05$ ) com as épocas de amostragem em todas as partes consideradas da planta, à exceção do sabugo. As folhas e caule, em geral, alcançaram o valor máximo de N na  $E_4$  (60 dag), cujas médias foram de 1.917 e 530 mg N/planta, respectivamente. A partir daí, a parte aérea diminuiu de forma significativa ( $p = 0,05$ ) sem nitrogênio acumulado, indicando translocação para as brácteas e grãos; o mesmo não ocorreu com o caule, no qual o N absorvido permaneceu sem variação. As brácteas, que aparece-

ram na  $E_5$  (75 dag), alcançaram o valor máximo de acúmulo de N na  $E_7$  (120 dag), diminuindo ( $p = 0,05$ ), depois na maturação da cultura, indicando, também, translocação para os grãos. Nestes (que surgiram na  $E_6$ , 90 dag), a acumulação máxima de N ocorreu aos 150 dag, não sendo estatisticamente diferente da  $E_7$ .

Com o aparecimento das diferentes partes no desenvolvimento da cultura, a quantidade de nitrogênio absorvida pela planta inteira incrementou-se ( $p = 0,05$ ) até a sétima época, com tendência a diminuir (10%) na última amostragem (150 dag), sem alcançar significação estatística. Esta diminuição pode ser atribuída às perdas por valorização e lavagem pela parte aérea que ocorreu frequentemente, e com maior significação, nas épocas de maturação das culturas (Wetselaar & Farquhar 1980).

Os híbridos não mostraram diferenças estatísticas significativas para todas as partes da planta ava-

TABELA 3. Quantidades médias de nitrogênio total (mg N/planta) contidas na planta inteira (ou órgãos) de dois híbridos de milho (*Zea mays*, L.), em oito épocas de desenvolvimento da cultura adubada com 100 kg N/ha.

Tratamentos		Órgão					Planta total
Dag	Híbrido	Folhas	Caule	Brácteas	Sabugo	Grãos	
$E_1$ 15	C-111X	105					105
	C-511	113					113
$E_2$ 30	C-111X	206					206
	C-511	295					295
$E_3$ 45	C-111X	1.090	210				1.299
	C-511	1.129	241				1.371
$E_4$ 60	C-111X	1.876	530				2.400
	C-511	1.953	529				2.487
$E_5$ 75	C-111X	1.576	362	340	214		2.492
	C-511	1.530	433	289	269		2.522
$E_6$ 90	C-111X	1.056	485	175	100	1.283	3.099
	C-511	1.124	596	282	191	2.196	4.388
$E_7$ 120	C-111X	834	503	385	193	2.789	4.704
	C-511	917	483	372	197	3.052	5.031
$E_8$ 150	C-111X	414	477	305	283 <sup>a</sup>	2.981	4.461
	C-511	373	502	158	135 <sup>b</sup>	3.106	4.274

TABELA 4. Resumo das análises estatísticas das quantidades de nitrogênio total (mg N/planta) contidas na planta inteira (ou órgãos) de dois híbridos de milho (*Zea mays*, L.), em oito épocas de desenvolvimento da cultura adubada com 100 kg N/ha.

Tratamentos (dag)	Órgão					Planta total	
	Folhas	Caule	Brácteas	Sabugo	Grãos		
E <sub>1</sub> 15	109 f					109 e	
E <sub>2</sub> 30	251 e					251 e	
E <sub>3</sub> 45	1.110 c	226 b				1.335 d	
E <sub>4</sub> 60	1.917 a	530 a				2.447 c	
E <sub>5</sub> 75	1.553 b	398 ab	315 b	242		2.507 c	
E <sub>6</sub> 90	1.090 d	541 a	228 b	145	1.740 b	3.744 b	
E <sub>7</sub> 120	876 d	493 b	379 a	195	2.926 a	4.868 a	
E <sub>8</sub> 150	394 e	490 ab	232 b	209	3.044 a	4.368 ab	
<b>Média híbridos</b>							
C-111X	895	428	301	197	2.351	2.347	
C-511	930	464	275	198	2.783	2.560	
Blocos	2,36	2,36	1,08	0,29	0,78	1,50	
Híbridos	2,44	2,03	0,45	0,001	3,08	3,21	
Épocas	143,78 **	4,83 **	4,98 *	2,33	29,02 **	163,27 **	
Híbr. x época	0,27	0,19	2,64	3,99 *	2,44	2,62 *	
D.M.S. (Tukey 5%)	Época	245,96	241,24	135,78	-	540,9	652,91
	Híbr. x época	-	-	-	114,37	-	596,06
C.V. (%)	Híbridos	8,49	17,32	33,18	33,17	20,54	16,83
	Épocas	14,27	29,77	27,47	32,58	12,76	14,09

\* = 1% de probabilidade.

\*\* = 5% de probabilidade.

Obs. Valores seguidos da mesma letra, ou sem letra, não diferem estatisticamente (5%).

liadas. Na planta inteira houve interação, híbridos versus épocas, apenas aos 90 daf, onde o híbrido V-511 superou (p= 0,05) o mais tardio, mostrando sua precocidade.

A análise da regressão dos resultados de acumulação de nitrogênio pela planta inteira mostrou que ela pode ser descrita pelas seguintes funções de terceiro grau:

das quais deduzem-se as seguintes características:

Híbrido	Ponto de máximo (dag)	Quantidade máxima (mg N/planta)	Ponto de inflexão
C-111X	138	4.694	64
C-511	124	5.090	65

Híbrido	Função	$r^2$
C-111X	$\hat{y} = 296,25 + 11,69 x + 0,62 x^2 - 0,0032 x^3$	0,97
C-511	$\hat{y} = 58,14 - 17,58 x + 1,26 x^2 - 0,0064 x^3$	0,97

Analisando estes dados, verifica-se que o híbrido C-511 acumulou 396 mg N/planta (aproximadamente 18 kg N/ha) a mais que o C-111X (maior acumulação de N em função do tempo); entretanto, eles não foram diferentes na produção de grãos, sendo seus valores 6.226 e 6.844 kg/ha, respectivamente. Os dados obtidos são similares àqueles encontrados por Andrade et al. (1975), Hanway (1963) e Lové (1963), para os quais, o valor máximo de nitrogênio absorvido ocorreu 90 e 110 dag. O comportamento dos híbridos em estudo com respeito à marcha de absorção de nitrogênio foi similar aos relatados por vários autores (Cho et al. 1967, Ivanko 1971, Malavolta & Pires 1978, Neptune 1966).

**Porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante**

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados os resultados médios deste parâmetro estudado, nas diferen-

tes partes da planta, em função dos estádios de desenvolvimento do milho, assim como o resumo das análises estatísticas efetuadas.

Observa-se que não houve diferenças significativas entre os híbridos em estudo, porém, com respeito às épocas, encontraram-se diferenças ( $p = 0,05$ ) apenas para as folhas e caule, as quais manifestaram-se na planta inteira. Nesta, a porcentagem máxima de NPPF (33,65%) ocorreu aos 15 dag, diminuindo, a seguir, significativamente ( $p = 0,05$ ), até os 45 dag (10,24%); daí aumentou normalmente atingindo 17,57% aos 90 dag, época de formação dos grãos. Os percentuais elevados aos 15 e 90 dag resultaram provavelmente da maior absorção do N fertilizante aplicado na vizinhança das raízes quando pequenas, no primeiro caso, e da maior fração (2/3) do N fornecida com maior absorção pela cultura, no segundo caso. Por estes resultados, ao final da cultura, mais de 85% do N proveio do solo. Além disso, não foi

**TABELA 5.** Porcentagem média do nitrogênio na planta (ou órgão) proveniente do fertilizante (mg N/100 mg de N total) em dois híbridos de milho (*Zea mays*, L.), em oito épocas de desenvolvimento da cultura adubada com 100 kg N/ha.

Tratamentos		Órgão					Planta total
Dag	Híbrido	Folhas	Caule	Brácteas	Sabugo	Grãos	
E <sub>1</sub> 15	C-111X	32,05					32,05
	C-511	35,24					35,24
E <sub>2</sub> 30	C-111X	16,91					16,91
	C-511	22,52					22,52
E <sub>3</sub> 45	C-111X	11,51	8,29				10,93
	C-511	9,93	7,56				9,49
E <sub>4</sub> 60	C-111X	15,90	17,31				16,21
	C-511	13,01	12,80				12,99
E <sub>5</sub> 75	C-111X	14,89	13,27	16,32	17,94		15,10
	C-511	13,86	12,59	15,52	16,37		14,12
E <sub>6</sub> 90	C-111X	15,61	15,21	16,25	14,96	18,12	16,60
	C-511	18,60	15,20	17,30	15,39	19,88	18,54
E <sub>7</sub> 120	C-111X	14,60	11,14	13,79	17,97	17,43	15,98
	C-511	12,82	9,99	11,42	15,23	14,20	13,30
E <sub>8</sub> 150	C-111X	12,74	9,49	17,46	16,29	16,11	15,16
	C-511	13,62	10,86	14,95	14,97	15,37	14,58

TABELA 6. Resumo das análises estatísticas da percentagem do nitrogênio na planta (ou órgão) proveniente do fertilizante (mg N/100 mg de N total) em dois híbridos de milho (*Zea mays*, L.), em oito épocas de desenvolvimento da cultura adubada com 100 kg N/ha.

Tratamentos (dag)	Órgão					Planta total	
	Folhas	Caule	Brácteas	Sabugo	Grãos		
E <sub>1</sub> 15	33,65 a					33,65 a	
E <sub>1</sub> 30	19,72 b					19,72 b	
E <sub>2</sub> 45	10,72 c	7,92 c				10,24 d	
E <sub>3</sub> 60	14,46 c	15,08 a				14,60 d	
E <sub>4</sub> 75	14,38 c	12,93 a	15,92	17,16		14,61 c	
E <sub>5</sub> 90	17,10 b	15,21 a	16,77	15,18	19,00	17,57 c	
E <sub>6</sub> 120	13,71 c	10,56 b	12,61	16,60	15,81	14,54 c	
E <sub>7</sub> 150	13,17 c	10,17 b	16,21	15,63	15,74	14,87 c	
Média híbridos							
C-111X	16,77	12,45	15,96	16,79	17,22	17,37	
C-511	17,45	11,50	14,80	15,49	16,48	17,60	
Blocos	0,274	4,99	3,52	2,76	0,56	0,34	
Híbridos	0,405	9,47	7,50	3,62	0,26	0,048	
F Épocas	49,0 **	9,18 **	2,37	0,68	2,21	41,07 **	
H/b. x época	2,12	1,04	0,46	0,36	0,99	1,94	
D.M.S. (Tukey 5%)	Época	4,75	4,28	-	-	-	5,11
	H/b. x época	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)	Híbridos	21,41	7,74	6,74	10,35	18,13	20,27
	Épocas	14,71	19,63	19,41	16,57	18,18	15,46

\* = 5% de probabilidade.

\*\* = 1% de probabilidade.

Obs. Valores seguidos da mesma letra, ou sem letra, não diferem estatisticamente (5%).

observada interação significativa para híbridos *versus* épocas de amostragem. Também observou-se a pouca variação da percentagem NPPF nos diferentes órgãos, nas diferentes épocas, indicando alta mobilidade do nitrogênio dentro da planta; para Hill (1980), esse comportamento é justificado, visto que as proteínas contidas na planta são resultado de contínua síntese e degradações, facilitando a redistribuição dos aminoácidos.

**Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante**

As Tabelas 7 e 8 mostram os resultados das quantidades médias do nitrogênio proveniente

do fertilizante (mg/planta), nas diferentes partes da planta, nos diferentes estádios de seu desenvolvimento, e as análises estatísticas correspondentes.

Observa-se que só as folhas, caule e grãos variaram significativamente em suas quantidades de NPPF nas épocas de amostragem, as quais manifestaram-se na quantidade total extraída pela planta. Nas folhas, o acúmulo máximo de NPPF (274 mg) ocorreu aos 60 dag (E<sub>4</sub>), diminuindo, a seguir, sensivelmente, até a colheita (150 dag). No caule, o máximo ocorreu aos 90 dag; daí também diminuiu, sensivelmente, até a colheita. O NPPF contido nas brácteas e sabugo mostrou, de igual modo, tendência a diminuir na maturação do milho. As diminuições das QNPPF nestes órgãos

TABELA 7. Quantidades médias de nitrogênio na planta toda (ou órgão) proveniente do fertilizante (mg de N/planta) em dois híbridos de milho (*Zea mays*, L.), em oito épocas de desenvolvimento da cultura adubada com 100 kg N/ha.

Tratamentos		Órgão					Planta total
Dag	Híbrido	Folhas	Caule	Brácteas	Sabugo	Grãos	
E <sub>1</sub> 15	C-111X	34					34
	C-511	40					40
E <sub>2</sub> 30	C-111X	35					35
	C-511	66					66
E <sub>3</sub> 45	C-111X	120	17				143
	C-511	111	18				129
E <sub>4</sub> 60	C-111X	299	92				391
	C-511	243	65				313
E <sub>5</sub> 75	C-111X	232	48	54	35		373
	C-511	212	55	45	44		356
E <sub>6</sub> 90	C-111X	165	74	28	15	233 <sup>b</sup>	514
	C-511	209	91	48	31	432 <sup>a</sup>	811
E <sub>7</sub> 120	C-111X	122	56	53	34	488	754
	C-511	116	48	43	30	434	672
E <sub>8</sub> 150	C-111X	52	46	53	46	468	666
	C-511	50	37	23	20	474	616

TABELA 8. Resumo das análises estatísticas das quantidades de nitrogênio na planta (ou órgão) proveniente do fertilizante (mg de N/planta) em dois híbridos de milho (*Zea mays*, L.), em oito épocas de desenvolvimento da cultura adubada com 100 kg N/ha.

Tratamentos (dag)	Órgão					Planta total
	Folhas	Caule	Brácteas	Sabugo	Grãos	
E <sub>1</sub> 15	37 d					37 d
E <sub>2</sub> 30	50 d					50 c
E <sub>3</sub> 45	116 c	18 d				136 c
E <sub>4</sub> 60	274 a	78 b				352 b
E <sub>5</sub> 75	222 f	52 b	50	41		364 b
E <sub>6</sub> 90	187 b	83 a	38	23	332 b	662 a
E <sub>7</sub> 120	119 c	52 b	48	32	460 ab	713 a
E <sub>8</sub> 150	51 d	42 c	38	33	471 a	641 a
<b>Média híbridos</b>						
C-111X	132	56	47	33	396	364
C-511	131	52	40	31	441	375



TABELA 8. Continuação.

	Tratamentos (dag)	Órgão					Planta total
		Folhas	Caule	Brácteas	Sabugo	Grãos	
F	Blocos	0,274	34,33 *	0,91	0,19	11,44	3,45
	Híbridos	0,005	6,64	1,66	0,16	11,39	0,61
	Épocas	61,245 **	15,04 **	1,54	2,09	6,06 *	81,19 **
	Híb. x época	1,74	1,48	4,08	2,97	4,49	3,86 **
D.M.S. (Tukey 5%)	Época	51,85	27,59	-	-	127,20	143,18
	Híb. x época	-	-	23,14	-	121,13	122,25
C.V. (%)	Híbridos	26,69	6,83	32,78	37,83	7,51	14,12
	Épocas	20,80	28,14	28,50	39,29	18,30	20,52

\* = 5% de probabilidade.

\*\* = 1% de probabilidade.

Obs. Valores seguidos da mesma letra, ou sem letra, não diferem estatisticamente (5%).

foram acompanhadas pelo incremento da quantidade de NPPF nos grãos, indicando grande translocação do N para os grãos.

Os híbridos tiveram, em geral, comportamento similar, porém, na última época (150 dag), as brácteas no C-511 apresentaram diminuição significativa (P = 0,05). Com relação ao acúmulo de N na planta inteira, o C-511 superou significativamente o C-11X na sexta época (90 dag). O acúmulo máximo de NPPF pela planta inteira ocorreu aos 120 dag, semelhante ao acúmulo de N total pela planta, antes discutido.

Na Fig. 1, pode ser melhor visualizada a marcha de absorção e distribuição do NPPF apresentadas anteriormente. Observa-se que, a partir dos 120 dag, quando os grãos, sabugo, brácteas e caule não variaram significativamente em suas quantidades de NPPF acumuladas, as folhas apresentaram sensível diminuição (≈ 10%), o que pode ser explicado, igualmente, pelas considerações feitas quanto à diminuição do N total acumulado pela planta, ao final do ciclo da cultura. Por estes resultados, recomenda-se, para fins de balanço do nutriente fornecido, considerar o máximo do nutriente absorvido pela planta e não necessariamente a quantidade acumulada ao final da cultura.

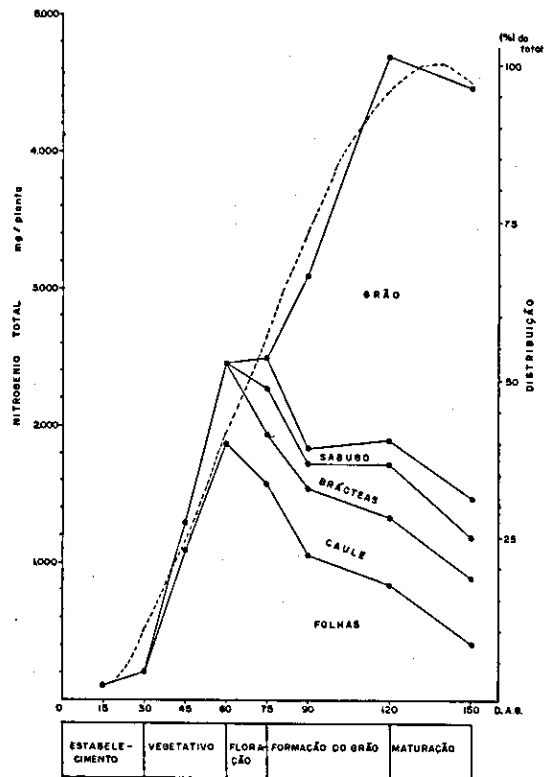


FIG. 1. Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante e sua distribuição nas diferentes partes dentro dos estádios de desenvolvimento da cultura.

## CONCLUSÕES

1. A percentagem de nitrogênio proveniente do fertilizante na planta inteira variou sensivelmente ( $p = 0,05$ ) entre as épocas de desenvolvimento das plantas, sendo máxima (33,65%) aos 15 dag, porém, dentro de cada época, este parâmetro foi similar para todas as partes da planta.

2. A maior acumulação do nitrogênio total e do proveniente do fertilizante ocorreu até 60 dias após a germinação (dag), nas partes vegetativas e entre 120 e 150 dag, no grão e na planta inteira.

3. Na floração, a quantidade absorvida do N proveniente do fertilizante foi cerca de 50% do total da contribuição desta fonte, durante o ciclo da cultura.

4. No início da maturação (120 dag), a quantidade de N, total e do fertilizante, extraída pelos grãos foi, aproximadamente, 60% do total absorvido.

5. Os híbridos de milho em estudo tiveram comportamento similar, distinguindo-se o C-511 apenas por ter acumulado o máximo de N total (5.090 mg/planta) quatorze dias antes do C-111X.

6. Ao final da cultura (150 dag), as folhas perderam para fora da planta, aproximadamente, 10% do N, total e do fertilizante, acumulado aos 120 dias após a germinação das plantas.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.P.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. & SARRUGE, J.R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (*Zea mays*, L.). I. Acumulação de macronutrientes. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, 32:115-49, 1975.
- BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E. Methods of soil analysis. s.l. American Society of Agronomy, 1965. part 2, p.1149-76.
- CATANI, R.A. & JACINTHO, A.O. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. Piracicaba, ESALQ, 1974. 54p. (Boletim Técnico Científico, 37).
- CHO, C.M.; PROKSCH, G. & CALDWELL, A.C. The effect of placement the utilization of nitrogen by maize as determined by  $^{15}\text{N}$ -labelled ammonium sulphate. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Áustria. Isotope in plant nutrition and physiology. Viena, 1967. p.47-53.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. part 1 e 2.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification to making and interpreting soil surveys. Washington, 1975. 754p. (Agriculture Handbook, 436).
- HANWAY, J.J. Growth stages of corn. Agron. J., 55: 487-92, 1963.
- HILL, J. The remobilization of nutrients from leaves. J. Plant Nutr., 2(4):407-44, 1980.
- IVANKO, S. Metabolic pathway of nitrogen assimilation in plant tissue when  $^{15}\text{N}$  is used as a tracer. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Áustria. Nitrogen-15 in soil plant studies. Viena, 1971. p.119-56.
- IVANKO, S. & MAXIANOVA. The effect of nutritional conditions on root metabolism and the quantitative and qualitative composition of nitrogens compounds translocated from the root to the aerial parts of plants. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Áustria. Isotopes studies on the nitrogen chain. Viena, 1968. p.149.
- LOVÉ, A. Estudo comparativo das exigências minerais de algumas variedades de milho híbrido. Fertilidade, 20: 22-32, 1963.
- MALAVOLTA, E. & PIRES, D.J. Nutrição e adubação do milho. In: PATERNIANI, E. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Piracicaba, ESALQ e Fundação Cargill, 1978, p.429-75.
- NEPTUNE, A.M.L. Estudos sobre adubação e diagnose foliar do milho (*Zea mays*, L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1966. p.167. Tese - Cátedra.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; VICTÓRIA, R.L. & VIEGAS, G.P. Dinâmica do nitrogênio num solo cultivado com milho. R. Bras. Ci. Solo, 3:17-20, 1979.
- SCHRADER, L.E.; DOMSKA, D.; JUNG, P.U. & PETERSON, L.A. Uptake and assimilation of ammonium-N and nitrate-N and their influence on the growth of corn (*Zea mays*, L.). Agron. J., 65:690-5, 1972.
- TRIVELIN, P.C.O.; SALATI, E. & MATSUI, E. Preparo de amostras para análise de  $^{15}\text{N}$  por espectrometria de massa. Piracicaba, CENA, 1973, p.41. (Boletim Técnico, 2).
- VIEGAS, G.P. Práticas culturais do milho. In: PATERNIANI, E. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. p.376-426.
- VIETS, F.G.; MOXON, A.L. & WHITE, E.J. Nitrogen metabolism of corn as influenced by ammonium nutrition. Plant Physiol., 21:271-89, 1946.
- WARNCKE, D.D. & BARBER, S.A. Ammonium and nitrate uptake by corn (*Zea mays*, L.) as influenced by nitrogen concentration and  $\text{NH}_4/\text{NO}_3$  rate. Agron. J., 65:950-4, 1973.

WETSELAAR, R. & FARQUHAR, G.D. Nitrogen losses from tops of plants. *Adv. Agron.*, 33:263-301, 1980  
 ZSOLDOS, F. Ammonium and nitrate ion uptake by

plants. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena. Áustria. Nitrogen-15 in soil plant studies. Viena, 1971, p.81-9.