

EFEITOS DE ÉPOCAS E DE MODOS DE APLICAÇÃO DO SULFATO DE AMÔNIO - ^{15}N E INTERAÇÃO NITROGÊNIO - ^{15}N - FÓSFORO - ^{32}P , NA QUANTIDADE E TEORES DE N, P, K NA PLANTA E NA FOLHA DO MILHO, NA PRODUÇÃO, NA QUANTIDADE DE PROTEÍNA E EFICIÊNCIA DO NITROGÊNIO DO FERTILIZANTE CONVERTIDO EM PROTEÍNA *

ANDRÉ M. LOUIS NEPTUNE **
ANTONIO CAMPANELLI ***

RESUMO

O experimento constou de 10 tratamentos, com 6 repetições. Em todos os tratamentos, o fósforo - ^{32}P foi aplicado em faixa, enquanto que variam os modos de aplicação de nitrogênio - ^{15}N , o qual foi incorporado ao solo, ou colocado na mesma faixa que o superfosfato, ou em faixa em separado, na semeadura, ou aplicado lateralmente 35, 63, 73 e 82 dias após a se-

* Trabalho patrocinado pela Agência Internacional de Energia Atômica e pela Comissão Nacional de Energia Nuclear. Entregue para publicação em 31/12/1980.

** Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) e Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

*** Pesquisador do CENA na época da realização deste trabalho. Atualmente na Fazenda Santa Maria, Marconésia, S.P.

meadura. A quantidade de nitrogênio foi de 80 kg/ha na forma de sulfato de amônio - ^{15}N e a de fósforo de 15 kg/ha na forma de superfósforo - ^{32}P . Verificou-se que: 1) maior produção foi obtida quando o nitrogênio e o fósforo foram misturados e aplicados em faixa na semeadura; 2) menor produção e menor quantidade de proteína foram obtidas quando o fósforo foi aplicado em faixa e o nitrogênio aplicado lateralmente 83 dias após a semeadura; 3) a aplicação do fósforo em faixa na semeadura e a aplicação do nitrogênio lateralmente, 63 dias após a semeadura deu ensejo a maior quantidade de proteína e a maior eficiência do nitrogênio do fertilizante na sua conversão em proteína; 4) em relação à percentagem do fósforo na planta proveniente do fertilizante, a absorção de fósforo foi maior quando o nitrogênio e o fósforo foram misturados e aplicados na mesma faixa, indicando, assim, um efeito do NH_4^+ na absorção do fósforo, porém este efeito desapareceu aos 63 dias. Em relação a % NPPF, houve um efeito de curta duração do fósforo na absorção do nitrogênio; 5) o milho continua absorvendo o nitrogênio do fertilizante, mesmo quando aplicado, lateralmente, aos 73 dias e 83 dias após a semeadura, com reflexo positivo no aumento do teor e quantidade de proteína; 6) a folha do milho +2 pode ser escolhida para análises 73 dias após a semeadura como indicador do estado nutricional do milho em nitrogênio e fósforo. No caso do potássio, a folha +2 deverá ser analisada 117 dias após a semeadura; 7) o superfósforo na dose utilizada constituiu um fator limitante na produção.

INTRODUÇÃO

Neste trabalho, além de estudar os efeitos de modos e épocas de aplicação do nitrogênio, como foi feito por NEPTUNE (1977), procurou-se ver a interação nitrogênio - fósforo, no que diz respeito à possível ação do nitrogênio na absorção do fósforo e vice-versa, ao efeito na produção do milho em grão, na quantidade de proteína, na eficiência do fertilizante nitrogenado e da conversão deste elemento em proteína, nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, na planta e na folha,

Para STANFORD & NELSON (1949), a localização do superfosfato $-^{32}\text{P}$ ao nível da semente e em faixa de um lado ou dos dois lados da semente resultou em uma maior utilização do fósforo, do que quando foi feita a localização em uma única faixa acima da semente ou em uma faixa de 7,5 cm abaixo da mesma. A produção do milho em grão, porém, não acusou diferença significativa entre os métodos de localização, se bem que houve aumento de produção de matéria seca na parte aérea da planta, principalmente durante os primeiros estágios de desenvolvimento da mesma. NELSON *et alii* (1949) encontraram que a aplicação de pequenas quantidades de fósforo misturado com a semente e a seguir misturado com o solo no sulco, permitiu uma maior absorção deste elemento; a aplicação menos eficiente resultou quando feita na superfície.

Trabalhos de vários pesquisadores mostram que a aplicação do nitrogênio pode resultar em um aumento na absorção do fósforo pela planta, e isso parece ser um fenômeno nas relações solo-planta (COLE *et alii*, 1963, GRUNES, 1959).

STARISTKA & HILL (1955) e BOUDIN & SAMPLE (1958) relataram que a adição de certos sais de N aumentou a solubilidade dos fertilizantes fosfatados. Por outro lado, o efeito favorável do íon amônio sobre o íon nitrato na absorção do fósforo pelas plantas tem sido mencionado por vários pesquisadores (HAMMER, 1940; NICHTINGALE, 1937).

LORENZ & JOHNSON (1953) e RENNIE & SOPER (1958) demonstraram que o sulfato de amônio aumenta a eficiência do fósforo, sendo o radical NH_4^+ o fator que facilita a absorção da-

quele elemento pela planta. A esta mesma conclusão chegaram OLSON & DREIER (1956) que, em estudos com trigo e aveia, encontraram melhores respostas ao nitrogênio amoniacal do que ao nitrito. Por outro lado TRODGON & VOLK (1949) constataram que ao aplicar o sulfato de amônio a eficiência dos fertilizantes fosfatados diminuiu.

ROBERTSON *et alii* (1954), encontraram que a aplicação de uma mistura mecânica, de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio junto da semente foi o tratamento mais eficiente para a utilização do fósforo do que quando o nitrogênio e o potássio eram aplicados em uma faixa e o fósforo em outra.

Um resumo dos resultados de experimentos conduzidos sobre o efeito do N na utilização do P a partir do superfosfato radioativo foi feito por FINE (1955) e HADDOK *et alii* (1957). Estes dados independentemente do tipo do solo ou do clima, indicam que a % do P proveniente do fertilizante no milho, na batatinha, na beterraba açucareira e no trigo aumentou quando o N nas formas de sulfato ou de nitrato de amônio foi misturado com o fósforo e aplicado na mesma faixa.

Todas as fontes de nitrogênio parecem influenciar a absorção do fósforo e do fertilizante. Nos experimentos de CALDWELL (1960), os maiores efeitos obtidos com o nitrato e o sulfato de amônio, quando misturados com adubo fosfatado, enquanto que o $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e o NaNO_3 , quando misturados com o superfosfato, não aumentaram a absorção do fósforo. Este autor ressaltou também o efeito da relação N:P dos fertilizantes sobre a absorção do fósforo e encontrou que com a relação N:P₂O₅ de 1:2, a porcentagem de P proveniente da mistura N+P era de 57,1 e quando a relação era de 1:20, essa porcentagem passou a ser de 25,6.

Muitas pesquisas foram feitas a fim de esclarecer as condições sob as quais a aplicação de N resulta em uma utilização mais eficiente do solo e do fósforo do fertilizante. Várias teorias foram postuladas para explicar o fenômeno: A primeira delas considera que o aumento na absorção do P seria devido a uma maior ramificação do sistema radicular pela apli-

cação de N, resultando uma distribuição da raiz em um volume maior de solo, estabelecendo desta arte maior contacto com o fósforo do fertilizante, principalmente na zona contendo os adubos nitrogenados e fosfatados (DUNCAN & OHLROGGE, 1958, 1959; MILLER & OHLROGGE, 1958); a segunda teoria é que a planta é fisiologicamente estimulada pela absorção de N, provocando uma maior exigência de P (GRUNES *et alii*, 1958; COLE *et alii*, 1963; MILLER, 1965; BENNETT *et alii*, 1962). Em relação a essa teoria existe a possibilidade de que um efeito de N sobre a capacidade de troca das raízes possa ser em parte responsável por essa ação (DRAKE & STECKEL, 1955; MACLEAN & ADAMS, 1954); a terceira teoria admite que os efeitos do nitrogênio na absorção do fósforo são devidos mais às interações químicas entre os sais de nitrogênio e fósforo do que aos efeitos fisiológicos do N na planta (CALDWELL, 1960; LORENZ & JOHNSON, 1953).

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado é um Podzólico de Lins e Marília, variação de Lins localizado na Fazenda Santa Maria, Marcondesia, no Município de Monte Azul Paulista. Outras características do solo podem ser encontradas em NEPTUNE (1977).

O experimento instalado em 27 de dezembro de 1965 consistiu de 10 tratamentos com 6 repetições, utilizando o híbrido duplo H-6999B. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso. A área da parcela era de 24,64m (7m x 3,52m), com 7 linhas e espaçamentos de 1 m entre as mesmas. Os tratamentos, foram os seguintes:

- A - O nitrogênio - ^{15}N (80 kg/ha de N) na forma de amônio - ^{15}N e o fósforo ^{32}P (15 kg/ha de P) na forma de superfosfato - ^{32}P foram misturados e aplicados em faixa.
- B - O nitrogênio - ^{15}N e o fósforo - ^{32}P foram aplicados em faixa, mas separadamente, um de cada lado da linha, na semeadura.
- C - O nitrogênio - ^{15}N foi incorporado antes da semea-

dura e o fósforo - ^{32}P aplicado em faixa na sementeira.

D - O nitrogênio - ^{15}N foi aplicado lateralmente, a uma distância de 50 cm da linha e a uma profundidade de 12 cm, aos 35 dias após a sementeira. O fósforo- ^{32}P foi aplicado em faixa na sementeira.

E - Idem ao tratamento D; apenas o N foi aplicado aos 63 dias após a sementeira.

F - Idem ao tratamento D; apenas o N foi aplicado aos 73 dias após a sementeira.

G - Idem ao tratamento D; apenas o N foi aplicado aos 83 dias após a sementeira.

H-P- Apenas o fósforo foi aplicado em faixa.

H-N- Apenas o nitrogênio foi aplicado em faixa.

T- Não foi aplicado adubo nenhum (Testemunha).

O potássio na dose de 50 kg/ha de K_2O foi incorporado antes da sementeira em toda a área do experimento. O sulfato de amônio - ^{15}N tinha 1,2% de átomos de ^{15}N em excesso e o superfosfato simples - ^{32}P tinha uma atividade específica de 0,2mC/g P_2O_5 .

A aplicação dos adubos nitrogenado marcado e fosfatado marcado em faixa foi feita a 5 cm das sementes, as quais foram colocadas em sulcos de 15 cm de profundidade, em número de 15 por metro linear.

No caso do tratamento B, onde o nitrogênio - ^{15}N e o fósforo - ^{32}P foram aplicados em separado, procedeu-se da seguinte forma: foram abertos 2 sulcos, um de cada lado da linha, a uma profundidade de 15 cm; a seguir a crista do camalhão foi removida, abrindo-se nesse lugar um pequeno sulco de 5 cm de profundidade onde foram colocadas as sementes de milho.

A incorporação do nitrogênio (tratamento C) foi simulada devida a pequena dimensão da parcela. Foram abertos 23 sulcos

cos adjacentes e o sulfato de amônio - ^{15}N (marcado) foi aplicado nos 4º, 5º, 6º, 7º, 8º e 9º sulcos, enquanto que os restantes receberam o sulfato de amônio comum. Após os sulcos terem sido recobertos, procedeu-se à demarcação das linhas e à sementeira.

A aplicação lateral do adubo nitrogenado foi feita em sulcos abertos com 12-15 cm de profundidade e a uma distância de 50 cm da linha de milho. O ^{15}N foi aplicado sempre em ambos os lados da linha 2.

Deve-se observar que quando se usou o superfosfato- ^{32}P , o mesmo foi aplicado na linha 2 das parcelas dos tratamentos A, B e C.

Durante o decorrer do experimento, a cultura foi mantida sempre livre da concorrência das ervas daninhas.

Amostragens de plantas e de folhas

Primeira amostragem de plantas. O primeiro desbaste foi feito em todas as parcelas do experimento em 11 dias após a sementeira em 07-01-1966. De cada linha, foram cortadas, rente à superfície do solo, 20 plantinhas que foram descartadas, conservando somente 20 plântulas da linha 2 das parcelas dos tratamentos A, B, C, T, para posterior tomada de peso, análises de N e P totais e determinação de átomos de ^{15}N em excesso na planta e a radioatividade do fósforo. Essa operação repetir-se-ia em todas as amostragens.

Segunda amostragem de plantas. Foi efetuada em 31-01-1966. O segundo desbaste foi feito em todas as parcelas e tomou-se 5 plantas da linha 2 de cada parcela dos tratamentos A, B, C e T. Após esta segunda amostragem, o espaçamento entre as plantas ficou sendo de 22 cm, o que, corresponde a uma densidade de plantio de 40.000 plantas de milho/ha.

Terceira amostragem de plantas e primeira amostragem de folhas. Foram feitas no dia 10-03-1966. Tomou-se 4 plantas da linha 2 de cada parcela dos tratamentos A, B, C e T. Quanto à amostragem das folhas, aquelas de posição +2 foram colhidas de 10 plantas de linha 2 das parcelas dos tratamentos

A, B, C, D, H-P e H-P, de acordo com o sistema KUIJPER, cita por VAN DILLEWIJN (1952) e adotado por SAMUELS *et alii* (1957) e GALLO (1963). Neste sistema, a aurícula, parte externa da junção da lâmina com a bainha, visível e mais alta, é designado por +1. A folha a qual pertence esta aurícula recebe o mesmo número +1. As folhas mais velhas do que a +1, são designadas na ordem da idade, +2, +3, +4, etc. Das folhas colhidas, foram retiradas os 30cm centrais da lâmina eliminando-se a nervura central. O critério adotado na escolha da folha foi adotado para as 2a., 3a. e 4a. amostragens de folhas.

Quarta amostragem de plantas e segunda amostragem de folhas. Foram feitas no dia 19-03-1966, no aparecimento da inflorescência masculina. Foram colhidas 5 plantas, procedendo-se em tudo como nas amostragens anteriores de plantas. Quanto às folhas, elas foram colhidas de 10 plantas da linha 3 dos tratamentos A, B, C, D, E, H-P e H-N.

Terceira amostragem de folhas. Foram colhidas da linha 4 dos tratamentos A, B, C, D, E, F, H-P e H-N em 23-03-1966, no aparecimento da inflorescência feminina.

Quarta amostragem de folhas. Foram efetuadas em 13-04-1966 no estado de "milho verde".

Em ambas as amostragens, foram cortadas as folhas de 10 plantas da linha 2 de todos os tratamentos.

Quinta amostragem de plantas. Coincidiu com a colheita e foi efetuada em 18-05-1966. Foram cortadas 5 plantas da linha 2 dos tratamentos A, B, C, D, E, F, G e T, As espigas foram separadas e desgranadas, determinando-se a unidade dos grãos. Plantas e grãos foram analisadas para determinações de ^{15}N , teores de N, P e K, totais.

Colheita. Foram colhidas as espigas das plantas das linhas 4, 5 e 6 de todas parcelas. As espigas foram desgranadas, determinando-se a porcentagem de unidade em amostras das parcelas no aparelho SKEINLITE ELECTRONIC TESTER: Os cálculos de produção foram baseados em 14% de umidade. Estas amostras secas em estufa a 70°C foram a seguir moídas e analisadas.

A análise química das plantas, das folhas e dos grãos para os nutrientes N, P e K e a determinação da relação isotópica $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, foram feitas como indicado por NEPTUNE (1977).

A determinação da radioatividade do fósforo foi feita utilizando o contador GM para líquidos ou em contador GM de janela de mica de $1,2 \text{ mg/cm}^2$, após precipitação de fósforo sob a forma de fosfato duplo de magnésio e amônio, segundo a técnica recomendada pela IAEA (1965).

O balanço hídrico (CAMARGO, 1966) acusou um excedente de água de 311 mm, de novembro de 1965 até abril de 1966, o que demonstrou que a água não constituiu um fator limitante no desenvolvimento do milho no decorrer do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Peso das plantas de milho

Os resultados, no que diz respeito ao peso das plantas de milho, nas amostragens, encontram-se na Tabela 1. Quanto ao peso da planta da primeira amostragem, efetuada aos 21 dias após a semeadura, média de 20 plantas, os contrastes significativos ao nível de 5% de probabilidade são: A e B, A e C, A e T, B e T, C e T. O peso da planta do tratamento A é 2 vezes superior ao do tratamento B, 1,89 vezes superior ao do tratamento C e 4,8 vezes superior ao do tratamento T. Verifica-se que a planta do tratamento A, em que o fósforo e o nitrogênio foram misturados e aplicados em faixa, acusou um peso da planta maior do que a planta dos outros tratamentos.

Com relação ao peso da planta da segunda amostragem, efetuada 35 dias após a semeadura, os contrastes significativos ao nível de 5% de probabilidade são: A e B, A e C, A e T, C e B, C e T, B e T. Entre os tratamentos na segunda amostragem (Tabela 2), verifica-se que a taxa de aumento de peso obedeceu à mesma da primeira amostragem. Entre os mesmos tratamentos das primeira e segunda amostragens, os dados mostram que o peso da planta do tratamento A da segunda amostragem é 7,86 vezes superior aquele do seu homólogo da primeira amostragem, sendo o aumento de peso da planta do tratamento C

Tabela 1 - Peso da planta seca em gramas

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem	5a. amostragem
A	1,67	14,8	75,20	197,33	160,00
B	0,80	7,2	59,01	161,83	137,00
C	0,88	9,8	71,62	200,00	169,00
T	0,35	3,1	31,47	109,33	65,00
d.m.s. 0,05	0,394	2,53	16,48	30,76	33,84
C.V.	25,74%	17,26%	26,11%	11,05%	15,29%
F	32,02*	63,06**	24,08**	41,43**	32,10**

Tabela 2 - Ganho de peso da planta em g por amostragem

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem	5a. amostragem
A	1,67	13,13	60,40	122,13	-37,33
B	0,80	6,4	51,81	102,82	-24,83
C	0,88	8,92	61,82	128,82	-31,00
T	0,35	2,75	28,37	77,86	-44,33

da segunda amostragem superior em 10 vezes ao do seu homólogo da primeira amostragem.

As terceira e quarta amostragens foram efetuadas 63 e 73 dias respectivamente após a sementeira. Não houve diferença significativa entre os tratamentos A e C, mas houve entre os tratamentos A, B e C e destes para o tratamento T, sendo a diminuição de peso mais acentuada na quarta amostragem.

O aumento de peso, por outro lado, foi mais sensível, do tratamento A da terceira amostragem para o seu homólogo da primeira e segunda, sendo da terceira para a primeira e segunda amostragem de 36 vezes e 4,6 vezes maior respectivamente. Maior ainda foi o aumento do peso da planta do tratamento T (testemunha), sendo de 81 vezes maior do que o da primeira amostragem e de dez vezes o da segunda amostragem.

No que concerne à quarta amostragem, efetuada na inflorescência masculina, o aumento de peso do tratamento A foi de 73 vezes maior do que o peso das plantas da primeira amostragem, de 9 vezes para com a segunda amostragem e de 3 vezes para a terceira amostragem (Tabela 2). Maior ainda foi a taxa de aumento quando se considera os resultados dos pesos das plantas dos tratamentos B, C e T.

A quinta amostragem foi feita 186 dias após a sementeira, na época da colheita. Ocorreu diminuição no peso das plantas (Tabelas 1 e 2) sendo os contrastes significativos: A e B, C e B, A e T e T, C e T. Este fato demonstrou que metabólitos migraram para a formação de grãos, sabugos e palhas de espiga e que as plantas entraram em um processo de senilidade.

Em relação a interação N-P, os dados mostram que, inicialmente, nas primeira e segunda amostragens até os 35 dias, os pesos das plantas foram maiores principalmente no tratamento A; porém a partir da terceira amostragem o tratamento C passou a igualar o Tratamento A.

Teores em percentagem de N total na planta

Observando os dados da Tabela 3, verifica-se que os teo

Tabela 3 - Porcentagem de N total na planta

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem	5a. amostragem
A	4,09	2,80	1,45	1,19	0,63
B	3,38	3,20	1,52	1,00	0,68
C	3,32	2,92	1,26	1,05	0,65
T	2,07	3,06	1,28	1,07	0,63
d.m.s. 0,05	0,37	0,35	0,16	-	-
C.V.	6,94%	7,06%	7,04%	11,57%	17,54%
F	86,70**	3,99**	9,96**	2,42N.S.	1,67 N.S.

res de N na planta vão diminuindo da primeira até a quinta amostragem. Na primeira amostragem, nota-se que todos os tratamentos diferem do tratamento T. Os contrastes significativos são: A e B, A e C. O teor de N na planta do tratamento A é de 4% enquanto que o da testemunha é de 2%.

Com os teores de N nas plantas na segunda amostragem, ficou claro que nem sempre o teor em % de um nutriente na planta inteira, constituiu um índice do estado nutricional da mesma; nesse caso torna-se mais interessante calcular a quantidade do nutriente na planta.

Não houve nas quarta e quinta amostragens diferença significativa entre os teores de N nas plantas de todos os tratamentos.

Quantidades de N na planta e eficiência da utilização do N em percentagem

Como aconteceu com o peso da planta, os dados da Tabela 4, mostraram a superioridade do Tratamento A, nas primeira e segunda amostragens, sobre todos os tratamentos. Não houve diferença entre os tratamentos B e C, porém destes para o tratamento C.

Enquanto diminuiu o teor de N nas diferentes amostragens (Tabela 3), observou-se maior acúmulo de N na planta até a quarta amostragem inclusive, destacando-se sempre o tratamento A e a seguir o tratamento C. Os dados da Tabela 5, calculados a partir dos dados da Tabela 4, mostram a quantidade de N absorvido por planta em cada amostragem, a qual foi aumentado até a quarta amostragem.

Na quinta amostragem (Tabela 5), os sinais negativos que precedem os números indicam quantidades de N a mais que devem ser encontrados nas espigas (grãos, sabugo) e nas palhas. Se atribuirmos o valor 100 à quantidade de N acumulada na quarta amostragem (Tabela 4), obteremos as percentagens de absorção nas diferentes amostragens e tratamentos. Observa-se, então, que, 0,61% a 2,9% dos N foram absorvidos na primeira amostragem, 7,78% a 14,55% na segunda amostragem, de 26% a 40% na terceira amostragem e 53 a 65% na 4a. amostragem.

Quadro 4 - Quantidade em g de N acumulado na planta nas amostragens

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem	5a. amostragem
A	0,068	0,408	1,087	2,336	1,006
B	0,027	0,230	0,883	1,638	0,942
C	0,029	0,288	0,894	2,104	1,162
T	0,007	0,096	0,401	1,148	0,408
d.m.s. 0,05	0,016	0,067	0,175	0,522	0,055
C.V.	29,22%	15,72%	12,86%	16,35%	32,99%
F	42,80**	62,21**	46,57**	16,90**	7,67**

da segunda amostragem superior em 10 vezes ao do seu homólogo da primeira amostragem.

As terceira e quarta amostragens foram efetuadas 63 e 73 dias respectivamente após a sementeira. Não houve diferença significativa entre os tratamentos A e C, mas houve entre os tratamentos A, B e C e destes para o tratamento T, sendo a diminuição de peso mais acentuada na quarta amostragem.

O aumento de peso, por outro lado, foi mais sensível, do tratamento A da terceira amostragem para o seu homólogo da primeira e segunda, sendo da terceira para a primeira e segunda amostragem de 36 vezes e 4,6 vezes maior respectivamente. Maior ainda foi o aumento do peso da planta do tratamento T (testemunha), sendo de 81 vezes maior do que o da primeira amostragem e de dez vezes o da segunda amostragem.

No que concerne à quarta amostragem, efetuada na inflorescência masculina, o aumento de peso do tratamento A foi de 73 vezes maior do que o peso das plantas da primeira amostragem, de 9 vezes para com a segunda amostragem e de 3 vezes para a terceira amostragem (Tabela 2). Maior ainda foi a taxa de aumento quando se considera os resultados dos pesos das plantas dos tratamentos B, C e T.

A quinta amostragem foi feita 186 dias após a sementeira, na época da colheita. Ocorreu diminuição no peso das plantas (Tabelas 1 e 2) sendo os contrastes significativos: A e B, C e B, A e T e T, C e T. Este fato demonstrou que metabólitos migraram para a formação de grãos, sabugos e palhas de espiga e que as plantas entraram em um processo de senilidade.

Em relação a interação N-P, os dados mostram que, inicialmente, nas primeira e segunda amostragens até os 35 dias, os pesos das plantas foram maiores principalmente no tratamento A; porém a partir da terceira amostragem o tratamento C passou a igualar o Tratamento A.

Teores em percentagem de N total na planta

Observando os dados da Tabela 3, verifica-se que os teo

Em relação aos dados de % NPPF (Tabela 6), verifica-se que a planta do tratamento A, na primeira amostragem, acusou maior % de NPPF. Na segunda amostragem, não houve diferença entre os tratamentos A e C. Os dados da quinta amostragem mostram que o tratamento D, em que o sulfato de amônio - ^{15}N foi aplicado lateralmente 35 dias após a semeadura, ou seja, quando da segunda amostragem, apresentou maior % NPPF, embora não houve diferença significativa entre os tratamentos D, A, B e C, porém os contrastes significativos foram D e E, D e F, D e G, B e G, C e G, A e G. Por outro lado, a absorção do N do fertilizante continuou nas épocas da inflorescência masculina e da inflorescência feminina, como ficou comprovado com os tratamentos F e G, cujas plantas absorveram 21,82% e 15,27% de N, respectivamente.

Tabela 6 - Porcentagem de N na planta proveniente do fertilizante (NPPF)

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	5a. amostragem
A	71,7	54,1	28,27
B	44,7	42,3	29,98
C	53,4	48,3	29,07
D	-	-	34,13
E	-	-	20,33
F	-	-	21,82
G	-	-	15,27
d.m.s. 0,05	10,85	7,98	11,32
C.V.	12,1%	10,4%	24,30%
F	24,31**	8,2*	6,72**

Para calcular (Tabela 7) a quantidade de N na planta proveniente do fertilizante, utilizou-se dos dados das Tabelas 5 e 6 e calculou-se a % EUF da seguinte forma, considerando a densidade da planta sendo de 40.000 plantas/ha:

$$\% \text{ UFU} = \frac{\text{quantidade de NPPF em kg/ha}}{\text{quantidade de N aplicado no solo em kg/ha}} \times 100$$

Tabela 7 - Quantidade de N em g na planta proveniente do fertilizante (NPPF) e porcentagem da eficiência da utilização do fertilizante (% EFU)

Tratamentos	1a. amostragem		2a. amostragem		5a. amostragem	
	Qtde. NPPF	%EFU	Qtde. NPPF	%EFU	Qtde. NPPF	%EFU
A	0,049	2,45	0,184	9,20	0,285	14,25
B	0,012	1,20	0,085	4,25	0,282	14,10
C	0,015	1,50	0,125	6,25	0,338	16,90

A eficiência do fertilizante nitrogenado utilizado em %, foi maior no tratamento A, nas primeira e segunda amostragens; porém na quinta amostragem, não houve diferença.

Percentagens e quantidades de P e K na planta

Em relação a % de P total na planta (Tabela 8), o tratamento A difere dos outros e os tratamentos B e C diferem do tratamento T, na primeira amostragem. Nas 2a., 3a, 4a. e 5a. amostragens, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Verifica-se que os teores de P vão diminuindo, o que é devido, obviamente, a um fenômeno de diluição.

No que diz respeito à quantidade de fósforo acumulado na planta (Tabela 9), o tratamento A difere dos outros, nas 1a. e 2a. amostragens, isso sugere que há um efeito do nitrogênio na absorção do fósforo, porém este efeito desaparece na 3a. amostragem em diante. Como foi constatado no caso do nitrogênio, há uma diminuição no teor e na quantidade de P acumulado, na 5a. amostragem, cabendo aqui a mesma explicação que foi dada anteriormente. Observa-se que os melhores tratamentos na 3a. e 4a. amostragens foram A e C.

Na Tabela 10, temos as quantidades de P na planta em cada amostragem e nos diferentes tratamentos, havendo um aumento na quantidade de P de amostragem, destacando-se os tratamentos A e C.

Em relação a % FPPF (Tabela 11), houve maior absorção, do fósforo do fertilizante pela planta do tratamentos A nas 3 amostragens, o que veio comprovar a ação benéfica de amônio na absorção do fósforo do superfosfato.

Na Tabela 12, encontram-se os dados a respeito das quantidades de fósforo na planta proveniente do fertilizante e a eficiência na utilização do fósforo do fertilizante em percentagem (% EUF). Como das outras vezes, o tratamento A se destaca nas 3 amostragens, refletindo-se esse fato na % EUF, a qual é baixa, ainda mais se comprarmos estes dados com %EUF do nitrogênio (Tabela 7).

Quanto aos teores de K na planta (Tabela 13), não hou-

Tabela 8 - Porcentagem de P na planta

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem	5a. amostragem
A	0,380	0,211	0,131	0,089	0,044
B	0,239	0,216	0,117	0,090	0,035
C	0,234	0,210	0,113	0,094	0,030
T	0,171	0,227	0,132	0,101	0,047
d.m.s. 0,05	0,059	-	0,01	-	-
C.V.	13,81%	8,52%	7,96%	13,16%	26,15%

Tabela 9 - Quantidade de P acumulado na planta em 1×10^{-4} g

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem	5a. amostragem
A	24	318	890	1740	710
B	21	156	690	1440	480
C	20	206	800	1780	520
T	6	72	420	1100	300
d.m.s. 0,05	18	80	210	34	34
C.V.	38,13%	25,89%	17,5%	13,42%	32,20%

Tabela 10 - Quantidade de P na planta em cada amostragem em 1×10^{-4} g

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem
A	64	254	572	850
B	20	136	534	750
C	21	185	594	980
T	6	66	348	680

Tabela 11 - Percentagem de P na planta proveniente do fertilizante

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem
A	88,1	49,4	32,11
B	32,4	31,9	22,29
C	66,6	28,9	20,36
d.m.s. 0,05	16,30	10,0	2,04
C.V.	16,50%	17,27%	3,71%
F	44,68**	18,03**	97,84**

Tabela 12 - Quantidade em g de fósforo na planta proveniente do fertilizante (FPPF) em 1×10^{-4} g e eficiência na utilização do fósforo do fertilizante (EUF) em porcentagem

Tratamentos	1a. amostragem		2a. amostragem		3a. amostragem	
	Qtde. FPPF	/ % EUF	Qtde. FPPF	/ % EUF	Qtde. FPPF	/ % EUF
A	56	1,49	157	4,19	286	7,62
B	6	0,16	50	1,33	154	4,11
C	14	0,37	59	1,57	163	4,35

ve diferença entre os tratamentos nas amostragens. Houve porém, diferença significativa, em relação à quantidade de K acumulado na planta (Tabela 14), destacando-se como melhores os tratamentos A e C. A mesma tendência foi observada no sentido de haver uma diminuição no teor de K e uma maior acumulação de K na ordem crescente das amostragens.

Tabela 13 - Porcentagem de K na planta

Tratamentos	2a. amostragem	3a. amostragem	4a, amostragem	5a. amostragem
A	4,35	2,05	1,55	1,038
B	4,56	2,27	1,70	1,057
C	4,33	2,06	1,69	1,195
T	4,27	2,29	1,61	1,103
d.m.a. 0,05	-	0,35	-	-
C.V.	11,42%	9,65%	7,79%	14,65%
E	0,40 N.S.	2,32 N.S.	2,01 N.S.	1,14 N.S.

Tabela 14 - Gramas de K na planta

Tratamentos	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem	5a. amostragem
A	0,655	1,545	2,583	1,654
B	0,327	1,326	2,766	1,447
C	0,428	1,522	3,390	2,001
T	0,135	0,723	1,758	0,716
d.m.s. 0,05	0,175	0,352	0,741	0,504
C.V.	27,46%	16,55%	16,54%	20,82%
F	25,08**	19,72**	14,04**	19,28**

Quantidades de matéria seca, de nitrogênio, fósforo e potássio após a colheita de milho

Após a colheita das espigas, ficam no terreno colmos e folhas que são incorporados ao solo. As quantidades de matéria seca, de N, P e K, expressas em kg/ha foram calculadas e encontram-se na Tabela 15. Dos dados obtidos, o potássio é o elemento que mais contribuiu ao enriquecimento do solo, vindo a seguir o nitrogênio e o fósforo. Como é óbvio, as plantas adubadas deram maiores quantidades de matéria seca e de nutrientes (N, P, K).

Tabela 15 - Quantidade de matéria seca (M.S.), de N, P e K em kg/ha, fornecidos pelas plantas após a colheita

Tratamento	Quantidade de M.S.	N	P	K
A	72,7	45,7	3,2	75,2
B	62,2	42,8	2,2	65,7
C	76,8	52,8	2,4	90,9
T	29,5	18,5	1,4	32,5

Análise de folhas

Percentagem de N total e de NPPF

A 1a. amostragem de folhas, correspondente à 3a. amostragem de plantas, foi efetuada 63 dias após a semeadura.

Na Tabela 16, encontram-se os teores em % de N total na folha, os tratamentos H-P e T acusaram os mais baixos teores, 2,03% e 1,80% respectivamente e diferem dos outros tratamentos, os quais acusaram teores que variam de 2,47% a 2,57%. Não houve diferença significativa entre os outros tratamentos. A mesma tendência foi observada nas 2a. e 3a. amostragens. Na 4a. amostragem, efetuada 117 dias após a semeadura, observa-se uma diminuição nos teores de N em relação às amostragens anteriores, os quais variam de 1,73% N a 2,15%.

Tabela 16 - Porcentagem de N total na folha

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem
A	2,40	2,52	2,52	1,94
B	2,57	2,54	2,64	1,94
C	2,45	2,40	2,31	1,80
D	2,52	2,61	2,60	1,96
E	-	2,40	2,54	2,15
F	-	-	2,36	1,91
G	-	-	-	1,73
HP	2,03	2,12	1,96	1,80
NH	2,47	2,59	2,68	2,07
T	1,80	1,94	1,96	1,87
d.m.s. 0,05	0,40	0,35	0,48	0,38
C.V.	9,40%	7,95%	10,64%	10,39%
F	10,67**	9,70**	8,42**	2,50*

Os dados referentes à % de nitrogênio na folha proveniente do fertilizante encontra-se na Tabela 17. Não houve, na 1ª amostragem, diferença significativa entre os tratamentos A, B, e C, porém destes para o tratamento D, em que o nitrogênio foi aplicado, lateralmente, 35 dias após a semeadura. A % NPPF foi de 55% para o tratamento D, contra 38%, 32,8% e 31,8% para os tratamentos A, B e C, respectivamente.

Na quarta amostragem, estágio de "milho verde", os tratamentos A, B, C e D são respectivamente equivalentes com 33,4%; 30,9%; 34,8%; 35,8% NPPF. A seguir, encontram-se os tratamentos também equivalentes, E e F, com 19,4% e 17,6% de NPPF respectivamente, com teores bem menores do que os anteriores. Convém lembrar que no tratamento E, o nitrogênio foi aplicado 54 dias antes da quarta amostragem e no tratamento F, 44 dias antes da mesma. Por último ficou o tratamento G com 7,1% NPPF, a mais baixa, sendo o nitrogênio ter sido aplicado 34 dias antes da quarta amostragem.

Percentagens de P e K

Os teores de P total na folha (Tabela 18) vão diminuindo com as amostragens; o mesmo aconteceu com os teores de P na planta. Os valores limites da primeira amostragem, são: 0,17% de P para a testemunha (tratamento T) e 0,207% para o tratamento B; enquanto que na quarta amostragem, os teores limites são: 0,124% para o tratamento B e 0,164% para o tratamento F.

Quanto aos teores de K na folha (Tabela 19), verifica-se que estes vão diminuindo.

Produção de milho e correlação com teores de N, P, K nas folhas; quantidade de nitrogênio e de proteína proveniente do solo e do fertilizante; eficiência de fertilizante na sua conversão em proteína

As produções de milho em grão em t/ha encontram-se na Tabela 20. A análise de variância revelou: a) que todos os tratamentos diferem da testemunha; b) que os tratamentos H-P e H-N diferem dos outros tratamentos; c) que não há diferença significativa entre os tratamentos A, B, D, E, que produziram acima de 4 t de milho em grão.

Tabela 17 - Porcentagem de N na folha proveniente do fertilizante

Tratamentos	1a. amostragem	4a. amostragem
A	38,05	33,40
B	32,83	30,93
C	31,83	34,83
D	55,43	35,82
E	-	19,43
F	-	17,63
G	-	7,10
d.m.s. 0,05	11,46	8,88
C.V.	17,40%	19,07%
F	15,16**	30,21**

Tabela 18 - Porcentagem de P na folha

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem
A	0,198	0,193	0,189	0,132
B	0,207	0,197	0,188	0,124
C	0,205	0,190	0,177	0,129
D	0,213	0,206	0,180	0,152
E	-	0,209	0,202	0,161
F	-	-	0,180	0,164
G	-	-	-	0,152
HP	0,198	0,203	0,186	0,143
HN	0,191	0,196	0,168	0,132
T	0,175	0,189	0,161	0,132
d.m.s. 0,05	0,028	-	0,030	0,023
C.V.	7,67%	6,62%	8,85%	8,65%
F	4,06**	1,86 N.S.	3,64**	8,21**

Tabela 19 - Porcentagem de K na folha

Tratamentos	1a. amostragem	2a. amostragem	3a. amostragem	4a. amostragem
A	1,99	1,46	1,45	1,70
B	2,07	1,52	1,44	1,81
C	1,93	1,42	1,34	1,77
D	1,94	1,36	1,34	1,56
E	-	1,44	1,32	1,50
F	-	-	1,36	1,48
G	-	-	-	1,47
HP	2,05	1,50	1,42	1,53
HN	2,10	1,60	1,36	1,76
T	1,70	1,42	1,34	1,38
d.m.s. 0,05	0,24	0,16	-	0,31
C.V.	6,81%	5,99%	1,48 N.S.	10,21%
T	5,94**	4,26**	1,48 N.S.	5,12**

Tabela 20 - Produção de milho em grãos em t/ha, % de N total no grão, quantidade de N no grão proveniente do solo e do fertilizante (NGPSF), e quantidade de N no grão proveniente do fertilizante (NGPF)

Tratamentos	Produção em t/ha	% de N total	Quantidade NGPSF kg/ha	% NGPF	Quantidade NGPF kg/ha
A	4,469	1,49	66,7	27,72	18,49
B	4,255	1,47	62,5	25,45	15,91
C	3,924	1,35	53,7	27,20	14,61
D	4,318	1,54	66,3	33,38	22,13
E	4,106	1,63	77,0	39,02	20,05
F	3,631	1,54	55,0	32,28	18,30
G	3,348	1,59	53,0	21,30	11,29
HP	1,982	1,28	26,2	-	-
HN	2,452	1,54	37,5	-	-
T	1,432	1,33	18,8	-	-
d.m.s. 0,05	0,440	0,29	14,53	8,05	-
C.V.	6,8%	10,20%	12,6	15,02%	-
F	130,8	3,59	-	10,71**	-

É de se acreditar que maior produção poderia ser obtida se fosse aplicada maior quantidade de superfosfato simples.

Houve correlação positiva e significativa entre produção e teor de nitrogênio ($r = 0,717^{***}$) na primeira amostragem da folha +2. Houve também correlação positiva e significativa entre produção e teor de fósforo ($r = 0,537^{***}$). Quanto ao K, houve correlação positiva e significativa ($r = 0,365^{**}$) na quarta amostragem. Em relação a % N total no grão (terceira coluna - Tabela 20), os contrastes significativos são: E e H-P. Observa-se uma certa tendência de se aumentar o teor de nitrogênio naqueles tratamentos em que este elemento foi aplicado tardiamente, principalmente no tratamento E, em que o N foi aplicado 63 dias após a semeadura.

Quanto a quantidade de nitrogênio no grão proveniente do solo e do fertilizante (NGSPF), a análise de variância revelou que o tratamento E não difere dos tratamentos A e D, mas difere dos outros tratamentos; o que veio indicar que o nitrogênio e o fósforo aplicados juntos, em faixa, na semeadura, deram um arranque inicial, o qual repercutiu favoravelmente, na primeira e segunda amostragens, na produção e na quantidade de NGPSP. Pode haver também um efeito do fósforo para uma maior absorção do nitrogênio, lembrando nesse tratamento A que a relação N:P é de 5:1. Já no parágrafo anterior, foi feita referência a respeito do tratamento E.

Os tratamentos A, B, C, D, E, F e G diferem dos tratamentos H-P, H-N e T.

No que diz respeito à % NGPF e a quantidade de NGPF (Tabela 20) o método clássico superestima esses valores. Nesse sentido, o método, usando isótopos estável ou radioativo, é direto. Como das vezes anteriores, o tratamento E se destacou, mostrando maior % NGPF, não diferindo dos tratamentos D, E e F, nos quais o nitrogênio foi aplicado tardiamente. O mesmo fato foi constatado em relação à quantidade de NGPF.

Como consequência, à maior quantidade de NGPSF, deve corresponder maior quantidade de proteína no grão fornecida pelo solo e pelo fertilizante (PSF); à maior quantidade de

NGPF, corresponde maior quantidade de proteína proveniente do fertilizante (PPF) e maior percentagem da eficiência do fertilizante na sua conversão em proteína. É, o que indica, como é óbvio, os resultados das primeira, segunda e terceira colunas da Tabela 21. Neste particular, destacaram-se os tratamentos E, D, A e F.

Tabela 21 - Quantidade de proteína no grão fornecida pelo solo e pelo fertilizante (PSP), quantidade de proteína proveniente do fertilizante (PPF), e percentagem da eficiência do fertilizante na sua conversão em proteína (EFCP)

Tratamentos	PSP kg/ha	PPF kg/ha	%EFCP
A	416,88	115,56	24,07
B	390,63	99,44	20,72
C	335,63	91,31	19,02
D	414,38	138,31	28,81
E	481,25	187,81	39,12
F	343,75	117,38	23,83
G	331,25	70,56	14,70

CONCLUSÕES

Em relação a épocas e modos de aplicação do sulfato de amônio- ^{15}N e do superfosfato simples - ^{32}P , os resultados permitem inferir que: 1) maior produção (4.469 kg/ha) e uma quantidade não negligível de proteína (417 kg/ha) foram obtidas quando o nitrogênio e o fósforo foram misturados e aplicados em faixa na semeadura; 2) menor produção de milho (3.348 Kg/ha) e menor quantidade de proteína (331 Kg/ha) foram obtidas quando o fósforo aplicado em faixa e o nitrogênio aplicado lateralmente 83 dias após a semeadura; 3) a aplicação do fósforo em faixa na semeadura e a aplicação do nitrogênio lateralmente 63 dias após a semeadura produzem 4106 Kg/ha de mi-

lho, maior quantidade de proteína (481 kg/ha) e maior eficiência do nitrogênio do fertilizante na sua conversão em proteína (39%); 4) em relação à % FPPF a absorção de fósforo foi maior quando o nitrogênio e o fósforo foram misturados e aplicados na mesma faixa, indicando, assim, um efeito do NH_4^+ na absorção do fósforo, porém este efeito desapareceu aos 63 dias. Em relação à % NPPF, houve um efeito de curta duração do fósforo na absorção do nitrogênio; 5) o milho continua absorvendo o nitrogênio do fertilizante, mesmo quando aplicado lateralmente, aos 73 dias e 83 dias após a semeadura, com reflexo positivo no aumento do teor e quantidade de proteína; 6) a folha do milho +2 pode ser escolhida para análises 73 dias após a semeadura como indicador do estado nutricional do milho em nitrogênio e fósforo. No caso do potássio, a folha +2 deverá ser analisada 117 dias após a semeadura; 7) o superfosfato na dose utilizada constituiu um fator limitante da produção.

SUMMARY

EFFECTS OF DIFFERENT TIMES AND METHODS OF AMMONIUM SULPHATE- ^{15}N APPLICATION AND NITROGEN-PHOSPHORUS ^{32}P INTERACTION ON QUANTITIES AND CONTENTS OF N, P, K, IN PLANT AND LEAF OF MAIZE, ON YIELD, QUANTITY OF PROTEIN AND EFFICIENCY OF THE NITROGEN OF THE FERTILIZER AND ITS CONVERSION INTO PROTEIN

The experiment herein described was carried on a podzolic soil, in the State of São Paulo, Brazil with the double hybrid corn HD-6999B.

The following conclusions were drawn:

- 1 - In respect of placement and times of application of superphosphate- ^{32}P and ammonium sulfate- ^{15}N the data showed that: a) greater yield and fair quantity of protein were obtained when the nitrogen and phosphorus were mixed and applied in banding at seeding time; b) lower yield and lower quantity of protein were obtained when phosphorus and applied in banding and nitrogen applied at side-dressing,

83 days after seeding; c) phosphorus application in banding and nitrogen application in side-dressing, 63 days after seeding, gave a fair yield and a higher quantity of protein and a higher efficiency of nitrogen of the fertilizer in its conversion into protein.

- 2 - In respect of % FPPF, it seemed there was an effect of NH_4^+ on phosphorus uptake, but this effect disappeared at 63 days after seeding. Regarding the % NPPF, there was also an effect of phosphorus on nitrogen uptake, but of short duration.
- 3 - The corn plants still continue to take up the nitrogen of the fertilizer even at 73 and 83 days after seeding, not to increase yield, but to increase the contents and quantity of protein.
- 4 - The maize leaf +2 can be taken for analysis at 73 days after seeding as an indicator of the nutritional status of maize plant in nitrogen and phosphorus. In the case of potassium, the leaf will be taken for analysis at 117 days after seeding.
- 5 - The superphosphate at the level applied constituted a limiting factor for better yield.

LITERATURA CITADA

- BENNETT, W.F.; PESEK, J.; HANWAY, 1962. Effect of nitrogen on phosphorus absorption by corn. *Agron. J.* 54: 437-442.
- BOULDIN, D.R.; SAMPLE, E.C., 1958. The effect of associated salts on the availability of concentrated superphosphate. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 22: 124-129.
- CALDWELL, A.C., 1960. The influence of various nitrogen carriers on the availability of fertilizer phosphorus to plants. In 7th Int. Congr. Soil Sci. Vol. III: 517-525.
- COLE, C.V.; GRUNES, D.L.; PORTER, L.; OLSEN, S.R., 1963. The

- effects of nitrogen on short-term phosphorus absorption and translocation in corn. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 27: 671-674.
- DRAKE, M.; STECKEL, J.E., 1955. Solubilization of soil and rock phosphate as related to root cation exchange capacity. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 19: 449-450.
- DUNCAN, W.G.; OHLROGE, A.J., 1958. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. II. Root development in the band. *Agron. Jour.* 50: 605-608.
- FINE, L.O., 1955. The influence of nitrogen and potassium on the availability of fertilizers phosphorus. North Central Region. Publ. n^o 67. S. Dak. Agric. Exp. Stn. Bull. Nr. 453.
- GALLO, R.J.; COELHO, A.S., 1963. Diagnose foliar da nutrição nitrogenada do milho pela análise química das folhas. *Bragantia* 22: 537-548.
- GRUNES, D.L.; VIETS, F.G. Jr.; SHIH, S.H., 1958. Proportionate uptake of soil and fertilizer phosphorus by plant as affected by nitrogen fertilization. I. Growth chamber experiment. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 22: 43-48.
- HADDOCK, J.L.; HAUSENBUELLER, R.L.; STANBERRY, C.O., 1957. Studies with radioactive phosphorus in soils of the Western States, 1950-1953. Res. Rep. Nr. 12, US Dep. Agric.
- HAMMER, C.L., 1940. Growth responses of Biloxi soybeans to variation in relative concentration of phosphate and nitrate in the nutrient solution. *Bot. Gaz.* 101: 63-649.
- LORENZ, O.A.; JOHNSON, L.M., 1953. Nitrogen fertilization as related to the availability of phosphorus in certain California soils. *Soil Sci.* 75: 119-129.
- MILLER, M.H.; OHLROGGE, A.J., 1958. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. I. Effect of placement of nitrogen on the uptake of band-placed phosphorus at different soil phosphorus levels. *Agron. J.* 50: 95-97.

- MILLER, M.H., 1965. Influence of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ on root growth and P absorption by corn from a fertilizer band. *Agron. J.* **57**: 393-396.
- McLEAN, E.O.; ADAMS, D., 1954. Further studies involving cationic activities in systems of plant roots. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* **18**: 273-275.
- NELSON, W.L.; KRANTZ, B.A.; WELCH, C.D.; HALL, N.S., 1949. Utilization of phosphorus as affected placement. II. Cotton and corn in North Carolina. *Soil Sci.* **68**: 137-144.
- NEPTUNE, A.M.L., 1977. Efeito de diferentes épocas e modos de aplicação do nitrogênio na produção do milho, na quantidade de proteína, na eficiência do fertilizante e na diagnose foliar, utilizando o sulfato de amônio- ^{15}N . *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"* **34**: 515-539.
- NIGHTINGALE, G.R., 1937. The nitrogen nutrition of green plants. *Bot. Rev.* **3**: 85-174.
- OLSON, R.A.; DREIER, A.F., 1956. Nitrogen, a key in fertilizer phosphorus efficiency. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* **20**: 509-514.
- RENNIE, D.A.; SOPER, R.J., 1958. The effect of nitrogen additions on fertilizer phosphorus availability. II. *Soil Sci.* **9**: 155-167.
- ROBERTSON, W.K.; SMITH, P.M.; OHROGGE, A.J.; KLINCH, O. M., 1954. Phosphorus utilization by corn as affected by placement and nitrogen and potassium fertilization. *Soil Sci.* **77**: 219-226.
- SAMUELS, G.; ALERS, S.A.; LANDRAU, P. Jr., 1957. A comparison of different leaf-sampling techniques used on the foliar diagnosis of sugar cane on different countries. *J. Agric. Univ. P. Rico* **41**: 1-10.
- STANFORD, G.; NELSON, L.N., 1949. Utilization of phosphorus as affected by placement: I. Corn In Iowa. *Soil Sci.* **68**: 129-135.

STAROSIKA, R.W.; HILL, W.L., 1955. Influence of soluble salts on the solubility of, and plant response to dicalcium phosphate. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 19: 193-198.

TRODGOM, W.O.; VOLK, G.W., 1949. The effect of nitrogenous fertilizers applied to soil on the formation of nitrates, the availability of phosphates and soil reaction. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 14: 216-220.

Diagramação e composição:
Jorge Luiz Diorio
Piracicaba - Estado de São Paulo