

# 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-<sup>15</sup>N(\*)

ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE (\*\*)

## RESUMO

O experimento foi conduzido em um solo podzólico de Lins e Marília — variação Lins, barro arenoso, localizado no Município de Monte Azul Paulista, do Estado de São Paulo. O híbrido duplo H-6999B foi utilizado.

O experimento constou de 8 tratamentos com 6 repetições. A quantidade de nitrogênio aplicado na forma de sulfato de amônio -<sup>15</sup>N, foi de 100 Kg/ha, e as de fósforo e de potássio foram de 100 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha e de 50 Kg K<sub>2</sub>O/ha nas formas de superfosfato simples e de cloreto de potássio, respectivamente.

Em relação aos modos de aplicação, os dados mostraram que não houve diferença significativa entre eles, embora as parcelas que receberam o nitrogênio a) em faixa, b) em faixa mais aplicação lateral e c) incorporado mais faixa e mais aplicação lateral, deram produções maiores (7.100 Kg/ha em média). Estes dados foram corroborados pela percentagem do nitrogênio na planta proveniente do fertilizante.

A aplicação lateral do nitrogênio, 40 dias após a semeadura, acusou a maior quantidade de proteína (377 Kg/ha) e maior eficiência no aproveitamento do fertilizante e na sua conversão em proteína.

Correlação positiva ( $r = 0,691$ ) foi encontrada entre a produção e a concentração de nitrogênio na folha escolhida para fins de diagnose do estado nutricional da planta de milho.

## INTRODUÇÃO

Antes de adubar uma cultura, deve-se solucionar uma equação aparentemente bastante simples ((ULRICH, 1964):

$X$  na planta =  $X$  no solo +  $X$  no adubo, em que  $X$  = nutriente.

\* Recebido para publicação em 30-12-1977.

Trabalho patrocinado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear e pela Agência Internacional de Energia Atômica.

\*\* USP-ESALQ — Centro de Energia Nuclear na Agricultura e Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes — Caixa Postal 96. 13400 — Piracicaba, SP, Brasil.

Com a equação indica, necessita-se saber: a) a quantidade de nutriente que o solo pode fornecer e, se essa quantidade é insuficiente, quanto de adubo deve ser adicionado. Entretanto, a quantidade de adubo não é a única variável a ser cogitada; deve-se procurar também as formas em que será aplicado, a época e o modo de sua aplicação, tendo-se sempre em vista a garantia de uma produção compensadora do ponto de vista econômico.

Conhece-se a quantidade de nutrientes que o milho precisa para dar uma determinada colheita. Neste particular, há bastante dados na literatura (CATANI et al., 1954; SOUBIES, 1953; JONES & HUSTON, 1964; MUSGRAVE, 1963) e se bem que certas variações existam, têm-se uma idéia acerca das exigências globais do milho em nutrientes e da relação de equilíbrio entre nitrogênio, fósforo, potássio, dentro da planta. Deve-se contudo, estabelecer uma distinção entre a necessidade alimentar da planta, ou seja, o equilíbrio da alimentação, e a necessidade de adubação da planta num determinado solo, ou seja, o equilíbrio da adubação. E esse equilíbrio da adubação poderia ser restabelecido se as quantidades de nutrientes disponíveis que o solo possa fornecer à planta, pudessem ser conhecidas. Na realidade, todo o problema da adubação racional gira em torno das quantidades de nutrientes a serem aplicados sob forma de adubos, para a obtenção da máxima produção econômica.

Por outro lado, a época da aplicação dos adubos deve ser aquela em que a planta exige este ou aquele nutriente. O ideal seria evidentemente fornecer à planta cada dia uma alimentação apropriada às necessidades do momento. Entretanto, na prática isso não é possível, porque podemos aplicar os adubos antes ou no momento da semeadura e uma ou várias vezes no decorrer do seu ciclo vegetativo. Portanto, é preciso formar reserva ((BOISCHOT, 1960), de tal maneira que a concentração dos nutrientes, principalmente fósforo e potássio na solução do solo, sejam suficientes a ponto de atender em cada instante as exigências da planta. Para o nitrogênio, o problema é um pouco diferente; será preciso parcelar as aplicações, evitando realizá-las durante as épocas chuvosas ou quando a planta não está em condições de aproveitá-lo. No primeiro caso, o nitrogênio pode sofrer lavagem e não mais estar ao alcance das raízes do milho.

O modo de aplicação dos adubos, ou seja a localização dos mesmos, é importante. Localização correta significa colocar o adubo no solo de maneira tal que, além de não prejudicar a germinação, permita que a planta absorva os nutrientes com maior facilidade. A localização do fertilizante é importante por três razões. (COLLINGS, 1955; MALAVOLTA, 1959); 1) utilização eficiente pela planta, quando se aplicam pequenas doses de fertilizantes; 2) prevenção contra o dano causado pela concentração salina, no caso de adubos potássicos e nitrogenados; 3) conveniência para o agricultor.

Uma melhor aproximação ao problema da época de aplicação e localização de adubos, tem sido verificada desde o advento dos isótopos radioativos e estáveis. Com o uso das técnicas nucleares, a quantidade de um dado nutriente absorvida pela planta submetida a um tratamento com fertilizante marcado pode ser determinada diretamente.

Os objetivos deste trabalho foram os seguintes: estudar os efeitos de diferentes modos e épocas de aplicação do sulfato de amônio-<sup>15</sup>N na produção de milho em grão na concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, nas plantas e nas folhas, na quantidade de nitrogênio na planta proveniente do solo e do fertilizante, no uso eficiente do fertilizante aplicado e na sua conversão em proteína.

## REVISÃO DA LITERATURA

Época de aplicação e localização do nitrogênio — ARRUDA, 1959 aplicou o N totalmente em cobertura, aos 30 e aos 60 dias após a germinação, em partes iguais, e o P e o K foram colocados ao lado das linhas na semeadura.

VIEGAS et al., 195, obtiveram melhor resposta ao nitrogênio quando 1/3 foi aplicado no plantio, 1/3 durante o desbaste e 1/3 no florescimento.

VIEGAS & FREIRE, 1956, em ensaios realizados entre 1933-1937 e 1944-1945, mostraram que a aplicação dos adubos fosfatados nos sulcos de plantio foi tão eficiente quanto a lateral; para os nitrogenados e potássicos que com frequência prejudicam a germinação quando aplicados nos sulcos destinados às sementes, a aplicação lateral em sulco aberto de 10 cm ao lado do destinado à semeadura e no mesmo nível das sementes mostrou-se consistentemente superior.

COSTA LIMA, citado por PIMENTEL GOMES & CAMPOS, 1966, aplicou o nitrogênio em cobertura, em duas vezes, 2 e 6 semanas após a semeadura do milho. Em outro ensaio, realizado pelo Instituto de Pesquisas Agronômicas, no Vale de São Francisco, os adubos nitrogenado e o potássico foram aplicados em cobertura, 1 mês após a semeadura, e o fertilizante fosfatado foi distribuído no sulco de plantio.

COURY & MALAVOLTA, 1953, fizeram um ensaio com 7 tratamentos, sendo 3 em sulco, 3 em cova e 1 a lanço, para se estudar a melhor forma de localização de adubos NPK para o milho. O melhor tratamento foi aquele em que os adubos foram colocados na cova, misturados com a terra e abaixo da semente.

GRANER, 1957-1958, encontrou que não houve diferenças significativas apreciáveis quando os adubos NPK eram aplicados de um só lado do sulco de semeadura, nos dois lados, ou no próprio sulco de

GODOY JUNIOR & GRANER, 1961, encontraram que o emprego de nitrogênio da Petrobrás, colocado em ambos os lados da linha do milho e abaixo das sementes a uma profundidade de 10 cm produziu resultados melhores que quando aplicado em cobertura, 30 dias após a germinação.

GOOR, 1952, na Indonésia, fazendo aplicação fracionada de 100 kg de sulfato de amônio, obteve um aumento de produção de 690 kg quando metade daquela dose foi aplicada na semeadura e a outra metade 5 semanas após a semeadura, comparando-se com a aplicação de toda a dose na semeadura. Este pesquisador chegou às seguintes conclusões: 1) a época de aplicação depende do tempo em que a variedade amadurece; 2) duas aplicações são mais benéficas do que a quantidade aplicada de uma só vez; 3) o tempo de aplicação deveria ser mudado de acordo com a distribuição da chuva; 4) aplicações tardias do nitrogênio podem ser desvantajosas.

Os trabalhos de RHOADES & LOWREY, 1954, de PUMPHREY & HARRIS, 1956, LANZA, 1958, 1959, 1960, colocaram em evidência que a aplicação do N, seja no momento da aração, seja no momento da semeadura, quer localizado em cobertura quando as plantas alcançam 15-30 cm de altura, não determinaram diferenças na produção, enquanto que a eficiência do N era reduzida com a aplicação tardia em cobertura quando as plantas alcançam a altura de 50-90 cm. Outros autores julgam ser mais eficientes aplicações tardias do nitrogênio em cobertura (NELSON, 1956), porque levariam a um aumento do teor proteico do grão. LANZA, 1959, de fato, não encontrou diferenças significativas na produção quando o N foi aplicado 15, 30 e 45 dias após a emergência da planta e chegou à conclusão de que a época em que se fornece o nitrogênio não tem influência sobre a produção; enquanto que para alguns solos, a época em que se distribui o nitrogênio é indiferente, para outros, torna-se útil fracionar o adubo nitrogenado.

LANZA, 1960, à luz dos resultados obtidos, afirma que não existe uma correlação estreita entre a produção máxima, que pode ser conseguida e uma época precisa de aplicação de nitrogênio, porém tais relações variam de acordo com as condições do ambiente pedoclimático e do desenvolvimento da planta.

FAYEMI, 1966, na Nigéria, mostrou que as mais altas produções foram obtidas quando o nitrogênio foi fracionado em duas vezes, 1 e 2 meses após a semeadura. Na aplicação em quatro fracionamentos: na semeadura, 1, 2 e 3 meses após a mesma, não houve diminuição na produção quando comparada com a aplicação em dois fracionamentos.

Diagnose foliar no milho — A análise de plantas foi inicialmente empregada como um método biológico para avaliar a fertilidade do solo

(HALL, 190<sup>5</sup>), porém a corrente atual é ueilizar a análise de folhas como um guia do estado nutricional da planta (GOODALL & GREGORY, 1947).

Após os trabalhos de LAGATU & MAUME, 1926, MACY, 1936, em seu estudo sobre as exigências minerais das plantas em nutrientes, introduziu o conceito de percentagens críticas de nutrientes. Foram encontrados dois pontos de inflexão nas curvas representando a relação entre produção e teor em porcentagem do nutriente. O ponto de inflexão superior (maior abcissa), foi denominado de “percentagem crítica”, acima do qual pode ocorrer aumento no teor do nutriente porém é duvidoso o aumento de produção. A percentagem crítica representa uma concentração ótima, ideal, e indica também o início da faixa de “consumo de luxo”. O ponto de inflexão inferior, o segundo ponto de inflexão (menor abcissa), Macy o designou como “percentagem mínima”, onde pode haver aumento de produção sem que haja aumento na concentração do nutriente. Entre estes dois pontos da curva, existe a zona de “deficiência ajustável” onde crescem a concentração e a produção.

O conceito de Macy foi baseado nas relações entre análise de folhas e produção em cevada. Uma relação semelhante foi encontrada por BOULD & CATLOW, 1947, entre N na folha e produção de frutos de *Ribes nigrum*.

ULRICH, 1948, definiu “nível crítico de nutriente” como aquela faixa de concentração em que o crescimento da planta é limitado em comparação com aquela de plantas com alto nível de nutrientes. O nível crítico assim definido é um valor de referência para os teores encontrados no material analisado. Por outro lado, a evidência mostra que plantas com composição química grandemente diferenciadas dão produções similares, desde que as concentrações dos nutrientes estejam bem acima do nível crítico. Porém, quando um ou mais dos nutrientes atingem o nível crítico ele se torna limitante e qualquer mudança no equilíbrio de nutriente afetará o crescimento da planta.

PREVOT & OLLAGNIER, 1961, basearam na “lei dos fatores no mínimo” a sua aproximação à análise de folha. A luz da lei do mínimo, a produção aumenta quando aumenta o fator que está no mínimo. Quando o fator causador da deficiência na planta não está mais no mínimo, outros fatores podem tornar-se “mínimos” seguindo-se então a mesma lei. Estes pesquisadores admitem que nosso conhecimento do estado químico dos elementos minerais nas plantas é muito impreciso e como consequência, a dignose foliar, no que diz respeito aos níveis de nutrientes na planta, não pode ter um significado absoluto e assim se manterá até que informações mais fundamentais sejam colhidas sobre certos aspectos da nutrição das plantas.

DUMENIL, 1961, investigou os níveis críticos e o equilíbrio de nutriente em folhas de milho usando métodos de regressão múltipla e encontrou que produções iguais ocorreram em concentrações variáveis de N e de P na folha dentro de certos limites. A concentração de N e de P na folha calculada na base de 95% da maior produção variou com a concentração do outro nutriente, devido à sua interação significativa sobre a produção. Então o nível crítico de N e P não é um ponto nem uma faixa estreita de valores, mas inclui uma larga faixa de valores dependendo de como ele é definido e do nível do outro nutriente na folha. O equilíbrio de nutriente N-P pareceu ser crítico somente na produção máxima ou próximo a ela. Se a percentagem de um dos nutrientes é mantida constante em algum nível mais baixo do que aquele exigido para a produção máxima e a percentagem do outro variou, a concentração crítica e a produção máxima ocorrem a níveis mais baixos. Aliás, KENWORTHY, 1949 e EMMERT, 1949, chegaram à conclusão de que os níveis críticos variaram consideravelmente com os níveis dos outros fatores.

THOMAS & MACK, 1939a, 1939b, utilizaram pela primeira vez o método da diagnose foliar no milho, tomando a terceira ou quarta folha a partir da base. Posteriormente, TYNER, 1946, utilizou a lâmina da sexta folha a partir da base, na época da plena inflorescência feminina. Este pesquisador alegou vários motivos pelos quais fez amostragem da 6.<sup>a</sup> folha e nessa fase de crescimento do milho: a) é uma fase do ciclo vegetativo que pode ser facilmente reconhecida e descrita; b) todas as variedades de milho amadurecem aproximadamente ao mesmo após essa fase; c) o peso dos órgãos vegetativos, nessa época, atinge o máximo; d) é um período em que a exigência em nutrientes é elevada.

TYNER, 1946, adotou o mesmo critério de MACY, e.c., apenas chamando de zona de proporcionalidade" o que Macy chamou de zona de deficiência ajustável". Como tentativa, Tyner propôs como níveis críticos: 2,9% N, 0,295% P e 1,30% de K com base em 6,6% de umidade. Com base às plantas secas em estufa, estes valores equivalem a 3,09% N, 0,31% P e 1,39% K. Em relação ao potássio, este pesquisador assinou que este teor poderá ser alterado, não tendo encontrado um ponto a partir do qual a tendência de relação linear entre os rendimentos e os teores de potássio desaparecesse. É interessante frisar que os adubos foram aplicados a lanço e a seguir, incorporados na época da semadura.

BENNETT et al., 1953, publicaram os dados de 8 experimentos para determinar a eficiência do N aplicado lateralmente na produção, composição química da folha e do grão do milho. Na escolha da folha, adotaram a 6.<sup>a</sup> folha a partir da base como o recomenda TYNER, 1946. Aqueles autores, estabeleceram o nível crítico do N como sendo 2,8 a 3,0%, correspondente a 95% da produção máxima e encontraram que o teor de fósforo na folha situa-se entre 0,17 e 0,21%, P; estes teores, embora abaixo do nível crítico proposto por Tyner, não indicam que as

plantas necessitam de fósforo. Para o potássio, o teor deste elemento na folha situa-se entre 1,42 a 2,12%.

VIETS et al., 1954, escolheram várias folhas e em várias épocas do ciclo vegetativo do milho, porém a 2.<sup>a</sup> folha debaixo da espiga superior, na inflorescência feminina, foi estudada mais intensamente. Estes pesquisadores acreditam que resposta nenhuma será obtida à aplicação do N quando a concentração nas folhas for de 2,83% ou mais e que talvez a faixa situada entre 2,2-2,8% apresenta fome escondida” no milho. Além disso, registraram uma variação dos teores em K entre os limites 1,90 e 2,79% com pouca relação com a produção.

DULAC, 1955, verificou a existência de uma relação nitrogenio-rendimento, num intervalo de rendimento de 4.800 a 9.300 kg, correspondendo a uma variação dos teores entre os limites de 2,3 e 3,5% de N.

WITTERS & SEATZ, 1953, encontraram 1,5% como nível mínimo de potássio necessário às folhas, 60 dias após a semeadura. Estes autores consideram que os teores superiores a 1,7% correspondem a um consumo de luxo.

DELONG, MACKAY & STEPPLER, 1953, trabalhando com a 6.<sup>a</sup> folha a partir da base, encontraram que o teor mínimo para o K era dentro de uma zona de teores elevados e relativamente indiferentes à adubação potássica. Em relação ao N e P, os teores achados situam-se abaixo dos valores limites propostos por TYNER, 1946.

REICHMANN et al., 1959, escolheram a 2.<sup>a</sup> folha debaixo da espiga mais alta, a qual na variedade Nodak 301 que utilizaram corresponde a 6.<sup>a</sup> folha a partir da base. A amostragem composta de 24 folhas por parcela, foi efetuada durante a polinização. Estes autores encontraram que o nível crítico” para N, calculado a partir de 95% da produção máxima, varia de ano para ano, e se situa entre 2,75% a 3,61%. A percentagem crítica de P não foi claramente estabelecida. Houve, por outro lado, correlação positiva entre produção e percentagem de N e P nas folhas.

LANZA, 1960, analisando a porção clorofilada da 2.<sup>a</sup> folha abaixo da espiga principal, colhida na época do florescimento encontrou uma correlação positiva entre produção, teor de proteína no grão e teor de N na folha. Os valores críticos achados pelo citado autor situam-se entre 2,40% N para a testemunha e 3,10% N para os tratamentos que receberam nitrogênio.

LOUÉ, 1963, para fins de diagnose, analisou somente o terço mediano, após eliminar a nervura, da 2.<sup>a</sup> folha abaixo da espiga mais alta colhida durante o florescimento. Este autor encontrou uma zona de teores de 0,4% K acerca de 1,0% K, onde há carência e grave deficiência;

uma outra que vai de 1,0% até 1,6% K, onde os aumentos de produção não são proporcionais e uma terceira zona de 1,6% de K a 1,8% K que é considerada pelo autor como nível crítico, onde não existe relação entre teor de K na folha e rendimento.

GALLO & COELHO, 1963, escolheram a folha de posição (+4) ou seja, a 4.<sup>a</sup> folha a partir do ápice, considerando como primeira aquela de posição mais alta em que a interseção da lâmina com a bainha é visível, em plantas com 9 semanas de idade. Os resultados obtidos pelos autores apontam a base da folha como a parte mais adequada ao estudo ds formas nítrica e nitrogênio total, sendo N-nitrato dosado na nervura e o N-total, na parte clorofilada da lâmina. Consideram ainda que o teor de N-NO<sub>3</sub> dosado na nervura constitui um índice muito melhor do que a determinação do N-total.

BISHOP et al., 1964, encontraram que o teor de 2,37% N nas folhas correspondia às plantas que não receberam nitrogênio; com a aplicação de 45 kg/ha de N, o teor de N passou a 2,78%. Os teores em % de P variaram de 0,22 a 0,29%, sendo atingido este teor com a aplicação de 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; em relação ao potássio, o teor neste elemento atingiu 1,68 a 1,78% com a aplicação de 120 kg/ha de K<sub>2</sub>O.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Solo Utilizado — O solo utilizado é clasificado ,de acordo com a Comissão de Solos, 1960, como Podzólico de Lins e Marília-variação Lins. Tem a sua origem na decomposição do Arenito de Bauru com cimento calcário e pertence à série Bauru, formação Itaqueri. Está localizado no Estado de São Paulo, no Município de Monte Azul Paulista, na Fazenda Santa Maria.

No local do experimento, a espessura do horizonte superficial é de 0-20 cm e a declividade pertence à clases A (0-2%).

Análise química do solo do local dos experimentos — As análises químicas foram feitas em amostras compostas do solo tomadas a profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Os dados obtidos encontram-se no Quadro 1.

Q UADRO 1 — Análises químicas do solo do local do experimento

Pro- fundi- dade	Valor pH (H <sub>2</sub> O) KCl	% C		% N		e.mg/100 g de solo							
		% C	Total	Total	Ca++	K+	Mg++	H+	CTC	V%	P solúvel	P total	K total
0—20	5,88	5,02	0,491	0,128	2,90	0,305	0,44	3,04	7,15	50,00	0,108	2,469	6,73
20—40	5,94	5,07	0,385	0,128	3,12	0,202	0,35	2,77	6,78	53,50	0,065	2,450	7,60

A determinação do valor pH (H<sub>2</sub>O) e pH (KCl) foi feita no potenciômetro Beckman, usando-se a relação solo: água (ou KCl) igual a 1:2,5.

A capacidade de troca catiônica (CTC), o cálcio e o magnésio trocáveis foram determinados pelo método do ácido etilenodiamino tetraacético, sal sódico (GLÓRIA, et al., 1965, 1966). O potássio trocável foi determinado pelo método descrito por CATANI et al., 1955.

As determinações dos outros elementos foram realizadas pelos seguintes métodos:

Carbono: método WALKLEY-BLACK, descrito por JACKSON, 1958;

Nitrogênio total: método KJELDAHL, descrito por JACKSON, 1958;

Fósforo solúvel: a) extraído com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05N, de acordo com o método descrito por CATANI et al., 1955;

Fósforo total: método descrito por CATANI & BATAGLIA, 1966. Neste método utiliza-se o ácido ascórbico como agente redutor, a temperatura ambiente, em presença de supcarbonato de bismuto como catalizador.

Potássio total: método descrito por CHAPMAN & PRATT, 1961 utilizando o ácido fluorídrico.

Análise química das plantas — O nitrogênio total foi determinado pelo micro-Kjeldahl (MALAVOLTA, 1957). O fósforo total foi determinado pelo método do metavanadato, utilizando o fotolorímetro Klett-Summerson, e o potássio por fotometria de chama, seguindo-se as técnicas descritas por LOTT et al., 1956.

Determinação da relação isotópica <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N e cálculo da porcentagem do nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF) — O nitrogênio combinado do material vegetal ou do fertilizante passa a forma amoniacal após prévia digestão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e a seguir convertido em nitrogênio gasoso (N<sub>2</sub>), através da reação com hipobromito de sódio, como descrito em RITTENBERG, 1946. A relação isotópica-<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N no gás (N<sub>2</sub>) foi determinada no espectrômetro de massa marca Hitashi RMU-60, nos laboratórios de Ceibersdorf, Áustria, da Agência Internacional de Energia Atômica.

A concentração ou abundância de átomos por cento de <sup>15</sup>N pode ser expressa assim:

$$A \% \text{ } ^{15}\text{N} = \frac{\text{N.}^\circ \text{ de átomos de } ^{15}\text{N}}{\text{N.}^\circ \text{ de átomos de } ^{14}\text{N} + \text{N.}^\circ \text{ de átomos de } ^{15}\text{N}} \times 100$$

As concentrações das diversas espécies moleculares estão relacio-

nadas às correntes iônicas medidas; então a concentração de átomo % de  $^{15}\text{N}$  pode ser expressa da seguinte forma em termos moleculares:

$$A \text{ \% } ^{15}\text{N} = \frac{(^{14}\text{N}^{15}\text{N}) + 2(^{15}\text{N}^{15}\text{N})}{2(^{14}\text{N}^{14}\text{N}) + 2(^{14}\text{N}^{15}\text{N}) + 2(^{15}\text{N}^{15}\text{N})} \times 100$$

ou

$$A \text{ \% } ^{15}\text{N} = \frac{I_{29} + 2 I_{30}}{2 I_{28} + 2 I_{29} + 2 I_{30}} \times 100$$

Porém, como a concentração de  $^{15}\text{N}$  usada neste trabalho não é muito alta, não é preciso medir a corrente devida a íons de massa 30.

Após uma série de substituições matemáticas, a % de átomos de  $^{15}\text{N}$  em abundância pode ser expressa pela fórmula:

$$\frac{100}{2R+1}, \text{ onde } R \text{ é a relação de intensidade entre os picos}$$

$^{14}\text{N}^{14}\text{N}/^{14}\text{N}^{15}\text{N}$ . A percentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso foi calculada subtraindo da % de átomos de  $^{15}\text{N}$  em abundância a % de átomos de  $^{15}\text{N}$  em abundância normal (0,365%).

Conhecendo a concentração de átomos % de  $^{15}\text{N}$ , pode calcular a percentagem de Nitrogênio na planta do fertilizante nitrofenado- $^{15}\text{N}$ .

% de N na planta proveniente do fertilizante.

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

**Delineamento experimental** — O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, constando de 8 tratamentos com 6 repetições cada um.

Os tratamentos eram os seguintes:

**Tratamento A** — Todo o nitrogênio (100 kg N/ha), na forma de sulfato de amônio foi incorporado ao solo antes da semeaduras.

**Tratamento B** — Todo o nitrogênio foi aplicado lateralmente, 40 dias após a semeadura.

**Tratamento C** — Todo o nitrogênio foi aplicado em faixa.

**Tratamento D** — Metade do nitrogênio (50 kg N/ha) foi incorporado e a outra metade foi aplicado lateralmente 40 dias após a semeadura.

Tratamento E — Metade do nitrogênio foi incorporado e a outra metade foi aplicado em faixa.

Tratamento F — Metade do nitrogênio foi aplicado em faixa e a outra metade aplicado lateralmente 40 dias após a semeadura.

Tratamento G — 1/3 do N foi incorporado, 1/3 aplicado em faixa e 1/3 aplicado lateralmente 40 dias após a semeadura.

Tratamento H — Não recebeu nitrogênio.

Os tratamentos A, B, C, D, E, G receberam o nitrogênio na forma de sulfato de amônio- $^{15}\text{N}$  (marcado) ou não, o fósforo na forma de superfosfato simples e o potássio na forma de cloreto. O tratamento H recebeu apenas fósforo e potássio.

A área total do experimento foi 2.217,6 m<sup>2</sup> (55,44m x 40,0 m). Cada bloco correspondia a uma área de 369,6 m<sup>2</sup> (9,24 x 40,0 m). As paralelas, com uma área de 46,2 m<sup>2</sup> cada uma, e espaçamento de 1 m entre linhas, foram divididas em duas subparcelas. A maior delas tinha as dimensões de 7,04 m x 5,0 m, e recebeu o sulfato de amônio não marcado; chamaremos esta parcela de sub-parcela produção”, porque os dados de produção foram obtidos a partir da mesma. A menor das sub-parcelas, chamada de “sub-parcela N<sup>15</sup>”, tinha as dimensões de 2,2 m x 5,0 m; esta sub-parcela recebeu o sulfato de amônio marcado.

Preparo do terreno e amostragem do solo — Quinze dias antes da semeadura em 5/11/64, foi feita a aração com arado de discos a uma profundidade de 20 cm. A seguir foi locada a área do experimento. Procedeu-se à amostragem do solo, fazendo-se 12 amostras compostas, cada uma delas formada por 10 amostras simples, e a profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos de plástico. Após secagem ao ar, foram passadas em peneira de 2 mm, fazendo-se a análise química das mesmas.

Execução do experimento — O híbrido duplo H-6999 B foi utilizado em todos os experimentos.

Foi utilizado o sulfato de amônio, enriquecido com 0,9% de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso. Antes da semeadura, que foi feita em 20/11/64, colocando 15 sementes por metro linear, aplicou-se por incorporação em todas as parcelas, fósforo e potássio nas doses de 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 kg de K<sub>2</sub>O por hectare e nitrogênio no caso do tratamento A. Em seguida, os blocos, as parcelas e sub-parcelas foram delimitadas.

Devido à pequena área da parcela, a incorporação foi simulada. Foram abertos 16 sulcos manualmente, distanciados 32 cm entre si e a uma profundidade de 15 cm. O sulfato de amônio marcado e não marcado, o superfosfato e o cloreto de potássio foram aplicados nos taludes dos sulcos. Após os sulcos terem sido recobertos, procedeu-se à demarcação das 5 linhas e à semeadura.

A aplicação do adubo nitrogenado em faixa foi feita a uma distância de 5 cm ao lado e 5 cm abaixo das sementes, as quais foram colocadas em sulcos de 15 cm de profundidade cada um.

A aplicação lateral do adubo nitrogenado (o marcado e o não marcado) foi feita em sulcos de 6 cm de profundidade e a uma distância de 15 cm da linha. Deve-se resaltar que essa aplicação foi feita 40 dias após a semeadura.

Desbaste — O desbaste foi feito 1 dia após o plantio em todas as parcelas, deixando uma distância de 22 cm entre planta, o que corresponde a uma densidade de plantio de 45.454 plantas/ha.

Tratos culturais — Durante o decorrer dos experimentos, a cultura foi mantida sempre livre da concorrência das ervas daninhas.

Amostragens de plantas e de folhas — A primeira amostragem de plantas foi feita em 29/12/64, no mesmo dia da aplicação lateral do nitrogênio para os tratamentos B, D, F e G. Foram então colhidas 10 plantas em todas as "sub-parcelas -N<sup>15</sup>" do experimento, as quais foram colocadas em sacos de papel de 10 kp, secas em estufa a 70-80°C, pesadas e moídas a um grau de finura definido pela peneira de malha 40. A seguir, as amostras foram colocadas em bandejas e submetidas à esquarteramento, a fim de se obter, por sorteio, 5 a 10 g do material, que serviu para a determinação da relação isotópica <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N.

A segunda amostragem foi efetuada no dia 8/2/1965 no aparecimento da inflorescência masculinas. Para essa amostragem, colheu-se plantas inteiras e também folhas. Colheu-se 10 plantas em todas as "sub-parcelas N<sup>15</sup>" do experimento. As plantas, cortadas em várias partes, foram colocadas em sacos de pano de 60 kg. As mesmas foram deixadas a secar previamente em casa de vegetação durante 2 a 3 dias, transferidas para sacos de papel, procedendo-se a seguir como na primeira amostragem.

A amostragem de folhas foi feita somente para as "sub-parcelas produção", em 20 plantas, colhendo-se a folha oposta à espiga mais alta correspondendo à 7.<sup>a</sup> folha a partir da panícula. Foram retirados os 30 cm centrais da lâmina, eliminando-se a nervura central. As folhas foram colocadas em sacos de papel de 2 kg, procedendo-se a seguir como na primeira amostragem.

Colheita — As três linhas inteiras de todas as "sub-parcelas produção" foram colhidas, em 12/5/65, deixando-se 5 plantas a partir do limite entre essa sub-parcela e a "sub-parcela N<sup>15</sup>". As espigas foram colocadas em sacos de pano, desgranadas, determinando-se a percentagem de umidade em amostras compostas de cada tratamento, no aparelho Steinlite, Eletronic Tester. Os cálculos de produção foram baseados em 14% de umidade. Para tanto, amostras de grãos de cada "sub-parcela produção" foram obtidas no aparelho de esquarteramento

de JONES. Estas amostras secas em estufa a 70-80°C foram moídas e analisadas.

Balanço hídrico — O balanço hídrico foi feito pelo sistema de THORNTHWAITE & MATTER, 1955, de acordo com CAMARGO, 1966, considerando que a capacidade de armazenamento de água dos solos agrícolas é da ordem de 125 mm pluviométricos. Com o balanço hídrico, pode-se verificar as épocas excedentes em que o solo conta com excessos hídricos ou deficiências hídricas, relacionando-se com as épocas de semeadura e crescimento da planta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise química do solo — O local do experimento não havia sido adubado há 10 anos. O resultado da análise de solo encontra-se no Quadro 1.

A tomada de amostras até 40 cm nos permite ter uma idéia da riqueza do solo em nutrientes nesta profundidade, uma vez que o subsolo é uma fonte importante de nutriente (MURDOCK & ENGERBERT, 1958); além disso, o trabalho de FOTE et al., 1960, citado por TISTALE & NELSON, 1966, mostra que a maior porcentagem de distribuição das raízes do milho, em um solo podzólico, encontra-se até essa profundidade. Pelo critério geral de interpretação dos resultados de análises para os solos do Estado de São Paulo, sob o aspecto de fertilidade do solo (CATANI et al., 1955), observa-se que o solo para as amostras nas duas profundidades acusa teor baixo em carbono, teor médio em hidrogênio “trocável” ( $H^+$ ) e porcentagem média de saturação em bases; à profundidade de 0-20cm, o solo acusa teor alto em potássio trocável” ( $K^+$ ) e teor médio em cálcio trocável” ( $Ca^{++}$ ). Quanto ao nitrogênio total e magnésio trocável” ( $Mg^{++}$ ) o solo apresenta teores médios e baixo respectivamente; à profundidade de 20-40 cm, o solo acusa teor médio em nitrogênio total e potássio trocável”; em relação ao  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$ , apresenta teores baixos. Quanto ao fósforo, em ambas as profundidades, os teores em fósforo solúvel ( $PO_4^{-3}$ ) são baixos. Verifica-se que o nível de fertilidade do local do experimento é em pouco mais alto.

Como se pode ver, o solo acusa um valor pH favorável ao desenvolvimento do milho (THOMPSON, 1952) e necessita de adubação nitrogenada e fosfatada, porém de pouca ou nenhuma adubação potássica, o que foi confirmado por experimentos em vasos realizados por nós. O valor A deste solo, determinado com o superfosfato- $p^{32}$  foi de 14 mg P/Kg de solo (NEPTUNE, 1964, 1965).

Uma vez que este solo apresenta teor alto em potássio “trocável”, é de se supor que o mesmo possui uma boa reserva neste elemento; procedeu-se então; à determinação do teor total em potássio. De fato, verificou-se que a porcentagem do teor em  $K^+$  em função do teor total

é de 3,4 a 4,5 para as amostras tomadas à profundidade de 0-20 cm e de 2,6 a 2,7 para as amostras tomadas à profundidade de 20-40 cm. Evidentemente, os dados obtidos sugerem a existência de outras formas de ocorrência do potássio, além de "trocável". Este fato tem chamado a atenção de outros pesquisadores (CATANI & KUPPER, 1949). Investigando as formas em que o potássio "não trocável" ocorre no solo procedente do Arenito de Bauru (CATANI, 1951), constatou a presença de minerais de potássio nas frações de 0,25 a 0,105mm, 0,105 a 0,053mm e de 0,053 a 0,020mm. Os resultados obtidos por aquele pesquisador indicaram que os minerais primários de potássio não responsáveis pelo teor elevado naquele elemento.

Com o fósforo se repete o mesmo fato. Encontrou-se que a porcentagem de fósforo solúvel em função do fósforo total é de 4,4 e 2,6 para as amostras do local I tomadas as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente. Como se pode ver, existe uma boa reserva de fósforo total, que não é disponível, e como frisou KELLOG, 1950, citado por CATANI, 1957, nos solos latossólicos e mesmo nos podzólicos vermelhos e amarelos, preponderam a forma adsorvida e a ligada ao ferro e alumínio.

Peso da matéria seca da planta e sua análise química espectrométrica -

Primeira Amostragem — Os resultados da 1.<sup>a</sup> amostragem encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2 — Peso em t/ha da matéria seca (M.S.) das plantas de milho, % de N total na planta, quantidade de nitrogênio na planta em kg/ha proveniente do solo e do fertilizante (NPPSF), % de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (% NPPF), quantidade em kg/ha de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF), e % de uso eficiente do fertilizante (UEF) — (1.<sup>a</sup> amostragem).

Tratamento	Peso em t/ha das plantas	% N total na planta	kg/ha de NPPSF	% UUPPF arc sen V%	kg/ha de NPPF	% UEF
A	1,016	2,57	25,83	56,25	48,62	14,53
B	0,448	2,16	9,50	—	—	—
C	0,899	2,76	24,50	61,70	—	15,1
D	0,786	2,36	18,0	40,35	39,42	7,35
E	1,019	2,57	25,83	52,47	46,43	13,35
F	0,647	2,53	16,0	43,78	41,41	6,92
H	0,435	2,11	9,0	—	—	—
d.m.s. 0,05	0,385	0,27	8,7	—	5,77	5,1
C.V.	27,8%	5,92%	25,6%	—	7,32%	26,9%
F	7,40	14,29**	12,56	—	17,56**	12,18

Na 1.<sup>a</sup> coluna desta tabela constam o peso em t/ha das plantas secas de milho (média de 6 repetições). Os tratamentos que diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade são: A e B, A e H, A e F, E e B, E e H, C e B, C e H.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos A, C e E o tratamento A em que toda a quantidade de N (100 kg de N/ha) foi os quais produziram maior quantidade de matéria seca, destacando-se incorporado antes da semeadura; a seguir o tratamento E, em que metade, ou seja, 50 kg N/ha foi incorporado antes da semeadura e a outra metade foi aplicado em faixa de 5 cm do lado da linha e 5 cm debaixo da semente; vem em seguida o tratamento C em que todo o nitrogênio foi aplicado em faixa. Por outro lado, não houve diferença significativa entre os tratamentos D, F, G, B e H. O tratamento D recebeu apenas a metade da dose de N, porquanto a outra metade foi aplicada lateralmente 40 dias após o plantio. Como no tratamento F, o qual apenas recebeu a metade da quantidade de N aplicada em faixa, no tratamento G um terço da quantidade de N (33 kg) foi incorporado ao solo, e um terço aplicado em faixa; finalmente o tratamento H recebeu apenas fósforo e potássio.

Na 2.<sup>a</sup> coluna encontra-se a percentagem de N total nas plantas. As médias de tratamentos que diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade são C e B, C e H, A e B, A e H, E e B, E e H, G e B, G e H, F e B, F e H.

Se bem que o tratamento C não determinou maior quantidade de matéria seca, o seu teor em N total foi o mais elevado, 2,76%. Sucederam-lhe os tratamentos A e E com 2,57% de N total e o tratamento F com 2,53% N embora não houvesse diferença estatisticamente significativa entre os cinco tratamentos citados. A seguir vem o tratamento D com 2,36% total e os tratamentos B e H com 2,16% e 2,11%, respectivamente.

Quanto à quantidade em kg/ha de nitrogênio proveniente do solo e do fertilizante (NPPSF), os dados encontram-se no Quadro 2, 3.<sup>a</sup> coluna. Os contrastes significativos ao nível de 1% de probabilidade são E e B, E e H, A e B, A e H, C e B, C e H, e aqueles significativos ao nível de 5% são EeF, A e F, E e H. Os tratamentos que determinam maior quantidade de nitrogênio são justamente aqueles em que se aplicou todo o nitrogênio antes do plantio ou no momento da semeadura, independentemente da localização, quer sejam os tratamentos A, C e E.

A percentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante nos diversos tratamentos, encontra-se no Quadro 2, 4.<sup>a</sup> coluna. As médias dos tratamentos, transformadas para arc sen V%, que diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade, são C e F, C e D, C e G, A e F,

A e D, A e G, E e G e aquelas que diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade foram as já citadas e mais E e D.

Pode-se verificar que as plantas dos tratamentos A, C e E, as quais absorveram 56,25%, 61,70% e 52,47% de N proveniente do fertilizante, são as mesmas que acumularam maior quantidade de nitrogênio total. A seguir as plantas dos tratamentos E, F e G absorveram 40,35%, 43,78% e 37,90% de N, respectivamente.

Segunda Amostragem — Os dados da segunda amostragem estão no Quadro 3. O peso da matéria seca das plantas de milho em t/ha, aparece na 1.<sup>a</sup> coluna. As médias dos tratamentos que diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade são: A e B, C e B e de todos os tratamentos em relação ao tratamento H.

Quadro 3 — Peso em t/ha da matéria seca (M.S.) das plantas de milho, % de N total na planta, quantidade de nitrogênio na planta em kg/ha proveniente do solo e do fertilizante (NPPSF), % de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (% NPPF) e a quantidade em kg/ha de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF). (2.<sup>a</sup> amostragem).

Tratamento	Peso em t/ha das plantas	% N total na planta	kg/ha de NPPSF	% NPPF	kg/ha de NPPF	% UEF
A	9,934	1,12	112,2	39,17	43,0	43,0
B	6,943	1,35	93,7	42,35	39,5	39,5
C	9,410	1,24	119,8	48,17	57,8	57,8
D	8,719	1,19	103,2	43,78	44,7	44,7
E	9,101	1,14	104,7	40,25	42,5	42,5
F	8,667	1,32	113	46,60	53,1	53,1
G	8,110	1,19	95,7	52,83	50,5	50,5
H	4,588	1,03	46,7	—	—	—
d.m.s. 0,05	1,920	0,264	30,1	7,76	11,77	11,77
CV	12,6%	11,93%	16,4%	10,10%	13,7%	13,7%
F	16,38**	3,31**	11,9	2,73	6,35%	6,35**

Pode-se observar que o aumento de produção de matéria seca na 2.<sup>a</sup> amostragem é aproximadamente 10-15 vezes maior em relação à produção obtida na 1.<sup>a</sup> amostragem e o tempo decorrido entre as duas amostragens foi de 38 dias. Convém assinalar que a produção de matéria seca do tratamento B, na 2.<sup>a</sup> amostragem foi 15 vezes maior do

que a da 1.<sup>a</sup> amostragem, embora o sulfato de amônio tenha sido aplicado lateralmente 40 dias após a semeadura. Nas duas amostragens, nota-se o efeito do nitrogênio sobre a produção de matéria seca em relação ao tratamento H que não recebeu o nitrogênio.

Os teores em nitrogênio total expressos em percentagem para cada tratamento (coluna 2) equivalem praticamente à metade dos teores da 1.<sup>a</sup> amostragem. As médias dos tratamentos B e H da 2.<sup>a</sup> amostragem são as que diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade e aquelas que diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade são F e H. Observa-se que os teores em N total mais elevados são os correspondentes às plantas dos tratamentos B e F, nos quais o nitrogênio foi aplicado lateralmente 40 dias após a semeadura; porém tal fato não ocorreu com o tratamento G.

Em relação à quantidade de N em Kg/ha na planta, os dados da coluna 4 do Quadro 3, indicam que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, de todos os tratamentos em relação ao tratamento H.

A percentagem do N na planta proveniente do fertilizante para os diferentes tratamentos encontra-se na coluna 5 do Quadro 3. De acordo com as médias dos tratamentos, houve efeito de tratamentos ao nível de 5% de probabilidade, e apenas os tratamentos G e A diferem entre si, o primeiro com 52,83% de N e o segundo com 39,17%, ambos provenientes do fertilizante.

Uma maior utilização do adubo nitrogenado foi constatada para o tratamento C em que todo o nitrogênio foi aplicado em faixa, o tratamento F em que a metade da dose do nitrogênio foi incorporada e a outra metade aplicada em faixa e o tratamento G onde 1/3 do N foi incorporado, 1/3 aplicado em faixa e 1/3 aplicado lateralmente.

No Quadro 4, encontram-se na 4.<sup>a</sup> e 5.<sup>a</sup> colunas a soma das médias dos pesos da planta seca e das quantidades de N das duas amostragens para os diferentes tratamentos. Os valores na 4.<sup>a</sup> e 6.<sup>a</sup> colunas são expressos em função da percentagem do total do peso da planta seca e da quantidade de nitrogênio. Nota-se que aos 39 dias, ou seja, na época da 1.<sup>a</sup> amostragem, houve pouca produção de matéria seca e pouca acumulação de nutrientes, da ordem de 4% a 20%; enquanto que na época da 2.<sup>a</sup> amostragem, ou seja aos 78 dias após a semeadura, essa percentagem passou a ser da ordem de 80 a 95%. Pelo exame dos dados desse Quadro, pode-se inferir que as exigências do milho para o nitrogênio aumentou consideravelmente entre os 39 dias e os 78 dias.

Quadro 4 — Peso da planta seca e acumulação do nitrogênio nas duas amostragens

Tratamentos	Amostragem	Peso da planta seca		Nitrogênio	
		g	%	g	%
A	1. <sup>a</sup>	23,35	9,65	0,573	18,97
	2. <sup>a</sup>	218,50	90,35	2,447	11,03
	TOTAL	241,85	100,00	3,020	
B	1. <sup>a</sup>	9,85	6,06	0,213	9,37
	2. <sup>a</sup>	152,7	93,94	2,061	90,63
	TOTAL	162,55		2,274	
C	1. <sup>a</sup>	19,78	4,31	0,544	17,49
	2. <sup>a</sup>	207,00	95,69	2,567	82,51
	TOTAL	226,78		3,111	
D	1. <sup>a</sup>	17,28	8,26	0,400	14,91
	2. <sup>a</sup>	191,80	91,74	2,282	85,09
	TOTAL	209,08		2,682	
E	1. <sup>a</sup>	22,42	10,07	0,574	20,10
	2. <sup>a</sup>	200,20	89,93	2,282	79,90
	TOTAL	222,62		2,856	
F	1. <sup>a</sup>	14,23	6,95	0,354	12,33
	2. <sup>a</sup>	190,60	93,05	2,516	87,67
	TOTAL	204,83		2,870	
G	1. <sup>a</sup>	15,43	7,96	0,311	12,78
	2. <sup>a</sup>	178,40	92,04	2,122	87,22
	TOTAL	193,83		2,433	
H	1. <sup>a</sup>	9,50	8,60	0,201	16,21
	2. <sup>a</sup>	100,90	91,40	1,039	83,79
	TOTAL	110,4		1,240	

Análise de folhas — No Quadro 5, encontram-se os teores em percentagem do N, P e K, totais na folha. A análise estatística revelou que somente o tratamento H difere dos demais ao nível de 1% de probabilidade. Este tratamento que recebeu apenas o fósforo e o potássio, acusou um teor de 2,05% N total, enquanto que os outros tratamentos, não significativos entre si, apresentam teores que situam entre 2,73% a 3,08% de N total.

Quadro 5 — Porcentagem de N, P e K na folha de milho.

Tratamentos	% de N	% de P	% de K
A	2,73	0,228	1,48
B	3,08	0,230	1,59
C	2,89	0,227	1,28
D	3,04	0,228	1,36
E	2,94	0,235	1,32
F	2,82	0,238	1,40
G	3,01	0,243	1,60
H	2,05	0,228	1,50
d.m.s. 0,05	0,52		0,23
C.V.	9,92%	7,52%	8,49%
F.	8,48**	0,70 N.S.	5,89**

Em relação a concentração do P total, não houve diferença significativa entre os tratamentos e os teores situam-se entre 0,227% a 0,243%.

Os teores em porcentagem de K na folha, situam-se entre 1,28 a 1,60%. As médias dos tratamentos que diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade são G e E, G e C, B e E e B e C e aquelas que diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade são as já citadas e mais G e D, B e D.

Produção de milho em grão (t/ha), % de N no milho em grão, quantidade de proteína (Kg/ha) e % de eficiência do fertilizante na sua conversão em proteína — os resultados da produção de milho em grão em t/ha, calculada com base em 14% de umidade, encontram-se no Quadro 6. Somente o tratamento H, com uma produção de 3,746 t/ha, difere dos demais, se bem que a produção do tratamento A é bem baixa em comparação com os demais. Isso pode ser interpretado como sendo devido a uma perda de  $\text{NO}_3^-$  por lixiviação após transformação do  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NO}_3^-$  ou então ao fato de que as raízes não encontraram suficiente nitrogênio na zona da sua expansão.

Quadro 6 — Milho em grão. Produção em (t/ha), % de N total no grão, quantidade de proteína em kg/ha produzido a partir do nitrogênio do solo e do fertilizante; quantidade de proteína produzido a partir do nitrogênio do fertilizante e % da eficiência do fertilizante na sua conversão em proteína.

Tratamento	Produção em t/ha	% de N total	Quantidade de proteína em kg/ha produzido a partir do nitrogênio do solo e do fertilizante	Quantidade de proteína produzido a partir do nitrogênio do fertilizante.	% da eficiência do fertilizante na sua conversão em proteína.
A	5,843	1,34	487,7	205,1	32,8
B	7,154	1,48	659,3	376,7	60,3
C	7,155	1,30	581,4	298,8	47,8
D	6,789	1,40	592,6	310,0	49,6
E	7,019	1,40	616,6	334,0	53,4
F	7,087	1,35	599,1	316,5	50,6
G	7,128	1,32	591,1	308,5	49,4
H	3,746	1,18	282,6	—	—
d.m.s. 0,05	1,341	0,260			
C.V.	11,1%	10,29%			
F	16,5	2,34			

Estabelecendo-se correlações entre produção de milho em grão e % de nitrogênio proveniente do fertilizante e também % de N total na folha, encontraram-se para o primeiro caso, correlação ( $r = 0,429$ ), significativo ao nível de 1%, o que indica que a folha escolhida, ou seja aquela oposta à espiga mais alta e correspondente à 7.<sup>a</sup> folha a partir da panícula, reflete o estado nutricional da planta nesse elemento.

No mesmo Quadro 6, encontram-se os teores percentuais do nitrogênio total no grão. Houve uma correlação positiva ( $r = 0,428$ ) entre produção de milho em grão e percentagem de nitrogênio no mesmo. O milho em grão do tratamento B, em que a aplicação de todo o nitrogênio foi feita 40 dias após o plantio, acusou maior concentração neste nutriente, diferindo apenas do tratamento H. Em relação ainda a este tratamento B, as plantas, mesmo após a 2.<sup>a</sup> amostragem, continuou absorvendo o nitrogênio, o que veio a refletir-se positivamente, nos dados de produção, na quantidade de proteína e na eficiência do fertilizante nitrogenado e a sua conversão em proteína.

## CONCLUSÕES

Em relação aos modos e épocas de aplicação de nitrogênio, não houve diferença estatística significativa entre os modos de aplicação do nitrogênio. Os dados de produção corroboraram àqueles obtidos em relação à porcentagem de nitrogênio da planta proveniente do fertilizante, salvo para o tratamento em que todo nitrogênio foi aplicado lateralmente 40 dias após a semeadura. Entretanto, foi obtida uma menor produção para o tratamento em que todo o nitrogênio foi incorporado e maiores produções para o tratamento em que o nitrogênio foi aplicado lateralmente, 40 dias após a semeadura (7156 Kg/ha) para aquele em que o nitrogênio foi aplicado em faixa na semeadura (7154 Kg/ha) e para aquele em que toda a quantidade de nitrogênio foi parcelada em três vezes (7128 Kg/ha).

Dois fatores parecem influir grandemente para estas produções: 1) as condições climáticas favoráveis e 2) a quantidade de nitrogênio aplicado (100 Kg/ha). De fato, durante o crescimento até 15 dias depois da inflorescência feminina, não houve variação da média da temperatura e houve um excedente de água de 500 mm. Por outro lado, o efeito da aplicação de 100 Kg N/ha foi notável. A produção no tratamento testemunha (sem adubo) foi de 2300 Kg/ha e as plantas do tratamento que receberam P e K deram uma produção de 3746 Kg/ha.

Com a aplicação do nitrogênio lateralmente, 40 dias após a semeadura, foi obtida a maior quantidade de proteína proveniente do fertilizante ((377 Kg/ha) e maior eficiência do fertilizante na sua conversão em proteína (60%).

Correlações positivas foram encontradas entre produção de milho em grão e % de nitrogênio na folha escolhida ( $r = 0,691$ ), o que indica que a folha oposta à espiga mais alta correspondente à 7.<sup>a</sup> folha a partir da panícula, reflete bem o estado nutricional da planta neste nutriente.

Foi observada, como é de se esperar maior acúmulo de nitrogênio na 2.<sup>a</sup> amostragem, ou seja na época da inflorescência masculina, não havendo porém, diferença entre os diferentes modos de aplicação.

## SUMMARY

EFFECT OF DIFFERENT TIMES AND METHODS OF NITROGEN APPLICATION ON, MAIZE YIELD, QUANTITY OF PROTEIN, EFFICIENCY OF THE FERTILIZER AND ITS CONVERSION IN PROTEIN, UTILIZING AMMONIUM SULPHATE-<sup>15</sup>N.

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

The following conclusion can be drawn:

1) In respect the placement and times of nitrogen fertilizer application, the data showed there was no significant difference among the methods of application, although the plots which received the nitrogen a) in banding, b) in banding plus sidedressing or c) in plowrig down plus sidedressing, gave better yields. (7.100 kg/ha). These data were corroborated by the per cent uptake of nitrogen in the plant derived from the fertilizer.

2) Sidedressing nitrogen, 40 days after sowing, gave the higher quantity of protein (377 Kg/ha) coming from the fertilizer and the higher efficiency of the nitrogen fertilizer in its conversion in protein (60%).

3) Good correlation ( $r = 0.691$ ) has been found between corn yield and concentration of nitrogen in the leaf chose for diagnostic purpose of the N status of the corn plant.

#### LITERATURA CITADA

- ARRUDA, H.V. de, 1959. Contribuição para o Estudo da Adubação mineral do milho nas terras roxas do município de Ribeirão Preto. Tese de Doutorado. 39 pp.
- BENNETT, W.R., STANFORD, G. & DUMENIL, L., 1953. Nitrogen, phosphorus and potassium content of corn leaf and grain as related to nitrogen fertilization and yield. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 17: 252-258.
- BISHOP, R.F., JACKSON, L.P., MACEACHERN, C.R. & MACLEOD, L.B., 1964. A long-term field experiment with commercial fertilizers and manure. III. Fertility levels, crop yields and nutrient levels in corn, oats and clover. Can. J. Soil Sci., 44: 56-65.
- BOISCHOT, P., 1960. Os princípios da adubação. Separata da "Association française pour l'Etude du Sol".
- BOULD, C. & CATLOW, E., 1947. A manurial experiment on black currants. Progress Report. II. Long Ashton Res. Sta. A. Rep. for 1947, pp. 52-58.
- CAMARGO, A.P. de, 1966. Contribuição a determinação de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Bolm. n.º 161, Inst. Agron. Campinas.
- CATANI, R.A. & KUPPER, A., 1949. As formas "trocável" e "fixa" dos cátions  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  nos solos do Est. de S. Paulo. Bragantia, 9: 185-192.
- CATANI, R.A., 1951. Identificação microquímica de minerais primários de potássio no solo. Bragantia, 11: 23-28.
- CATANI, R.A., GALLO, J.R. & GARGANTINI, H., 1954. Extração de elementos nutritivos do solo por diversas culturas. Inst. Agron. Campinas (cartaz).
- CATANI, R.A., GALLO, J.R., & GARGANTINI, H., 1955. Amostragem de solo, métodos de análise. Interpretação e indicações para fins de fertilidade. BIm. n.º 69, Inst. Agron. Campinas.
- CATANI, R.A., NASCIMENTO, A.C. & GALLO, J.R., 1957. Formas de ocorrência do fósforo nos solos do Est. de São Paulo. Revta. Agríc., Piracicaba, 32: 147-163.
- CATANI, R.A. & BATAGLIA, O.C., 1966. Determinação do fósforo total do solo. Em Relatório a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 5 pp. datilografadas.
- CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F., 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. Univ. Calif. Davis, Agric. Sci.
- COLLINGS, G.H.C., 1955. Commercial Fertilizers. Their sources and use. McGraw-Hill Book Company, N.Y.

- COURY, T. & MALAVOLTA, E., 1953. Localização do adubo em relação à semente. *Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, **10**: 64-80.
- DE LONG, W.A., MACKAY, D.C. & STEPPLER, H.A., 1953. Coordinated soil plant analysis. I. Nutrient cations. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, **17**: 262-266.
- DULAC, J., 1956. Diagnostic foliaire des céréales. V. Intéret de la relation "azote-rendement" comme élément d'appréciation de la cinématique de l'alimentation azotée chez le blé (Production du grain). *C.r. Acad. Agric. Fr.*, **42**: 112-118.
- DUMENIL, L., 1961., Nitrogen and phosphorus composition of corn leaves and corn yields in relation to critical levels and nutrient balance. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* **25**: 295-298.
- EMMERT, E.M., 1949. Tissue analysis in diagnosis of nutritional troubles. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, **54**: 291-298.
- GHISI (2); JORGE KUHN NETO (3); VALQUÍRIA DE BEM GOMES
- FAYEMI, A.A., 1966. Effects of time of nitrogen application on yield of maize in the tropics. *Expl. Agric.* **2**(2): 101-105.
- GALLO, R.J. & COELHO, A.S., 1963. Diagnose foliar da nutrição nitrogenada do milho pela análise química das folhas. *Bragantia*, **22**(2.<sup>a</sup> parte): 537-548.
- GLÓRIA, N.A. da, CATANI, R.A. & MATUO, T., 1965a. O método do EDTA na determinação de cálcio e magnésio "trocável" do solo. *Revta. Agric., Piracicaba*, **40**: 67-74.
- GLÓRIA, N.A. da, CATANI, R.A. & MATUO, T., 1966. A determinação da capacidade de cations de solo pelo método do EDTA. *Revta. Agric. Piracicaba*, **40**: 193-198.
- GODOY JUNIOR, C. & GRANER, E.A., 1961. Milho: Adubação mineral nitrogenada. II. Momento de aplicação do calnitro. *Revta. Agric., Piracicaba*, **36**: 225-232.
- GOODALL, D.W. & GREGORY, F.G., 1947. Chemical composition of plants as an index of their nutritional status. *Imp. Bur. Hort. Tech. Comm.*, **17**.
- GOOR, G.A. Van de, 1952. Agronomic research on maize in Indonesia. *Landbouw, Djakarta*, **24**: 343-460.
- GRANER, E.A., 1957-1958. Adubação do milho. Estudo comparativo sobre a colocação da mistura de adubos nos sulcos de semeadura e em sulcos laterais ao sulco de semeadura. *Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, **14-15**: 67-80.
- HALL, A.D., 1905. The analysis of the soil by means of the plant. *J. Agric. Sci.*, **1**: 65-68.
- JACKSON, M.L., 1958. Soil chemical analysis. Englewood. Cliffs, N.J., Prentice Hall Inc., 498 pp.
- JONES, W.J. & HUSTON, H.A., 1914. Composition of the maize at various stages of its growth. *Ind. Agric. Exp. Stn. Bull.* **175**.
- KENWORTHY, A.L., 1949. Wheels of nutrition — a method of demonstrating nutrient — element balance. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, **54**: 47-52.
- LAGATU, H. & MAUME, L., 1926. Diagnostic de l'alimentation d'un végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie. *C.r. Acad. Sci. Fr.*, **182**: 653-655.
- LANZA, F., 1958. La nutrizione minerale del Mais. II. Effetti della concimazione fosfo-potassica e azotata, della classe di maturità dell'ibrido e della precessione culturale sulla resa unitaria di granella. *Maydica*, **3**: 80-94.
- LANZA, F., 1959. La nutrizione mineral del mais. III. Effect della letamazione e della concimazione azotata sulla resa e sul contenuto proteico dello granella. *Maydica*, **4**: 67-81.
- LANZA, F., 1960. La concimazione azotata al mais. I. Ricerche Agronomiche. *Maydica*, **5**: 67-85.
- LOTT, W.L., NERY, J.P., GALLO, J.R. e MEDCALF, J.C., 1956. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. *Bolm. n.º 79, Inst. Agron. Campinas*.

- LOUÉ, A., 1963. Contribuição para o estudo da nutrição cationica do milho, principalmente a do potássio. *Fertilité*, n.º 20.
- MACY, P., 1936. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. *Pl. Physiol.*, 11: 749-764.
- MALAVOLTA, E., 1957. Contribuição ao estudo da alimentação nitrogenada do arroz (*Oryza sativa*, ). Tese. Piracicaba, São Paulo.
- MALAVOLTA, E., 1959. Manual de Química Agrícola. Adubos e Adubação. Ed. "Ceres". São Paulo.
- MURDOCK, J.T. & ENGELBERT, L.E., 1958. The importance of sub soil phosphorus to corn. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 22: 53-57.
- MUSGRAVE, O.L., 1963. Soil chemistry and plant nutrition. *Em* Short course of soil fertility. Ohio St. Univ.
- NELSON, L.B., 1956. The mineral nutrition of corn as related to its grow and culture. *Adv. Agron.*, 8: 320-375.
- NEPTUNE, A.M.L., 1964. Estudo da disponibilidade do fósforo para o milho. Seminário, Dept. Química, ESALQ, Piracicaba.
- NEPTUNE, A.M.L., 1965. Report on the IAEA, Research Contract nr. 232/RB. 10 pags. datilograf.
- PIMENTEL GOMES, F. & CAMPOS, H., 1966. Resultados de Ensaio de Adubação, pags. 429-449. *Em* Cultura e Adubação do Milho. Ed. Inst. Bras. Potassa. São Paulo, Brasil.
- PRÉVOT, P. & OLLAGNIER, M., 1961. Law of the minimum and balanced mineral nutrition. *Em* "Plant Analysis and Fertilizer Problems". (W. Reuther, Red.). *Am. Inst. Biol. Sciences*, Publ. n.º 8, pp. 255-277.
- PUMPHREY, F.V. & HARRIS, L., 1956. Nitrogen fertilizer for corn production on an irrigated chestnut soil. *Agron. J.* 48: 207-212.
- REICHMAN, G.A., GRUNES, D.L., CARLSON, C.W. & ALESSI, J., 1959. N and P composition and yield of corn as affected by fertilization. *Agron. J.*, 51: 575-578.
- RHOADES, H.F. & LOWREY, G.W., 1954. Fertilizer for corn. *Neb. Agric. exp. Stn. Q.*, 4: 7-8.
- RITTENBERG, D., 1946. The preparation of gas samples for mass spectrographic isotope analysis. *Em* Preparation and measurement of isotopic tracers. pp. 31-42. Ed. Ann. Arbor, Michigan, USA.
- SOUBIÉS, L. & CADET, R., 1953. L'exportation d'éléments fertilizants par le maïs. *C.r. Acad. Agric., Fr.*, 39: 176-178.
- THOMAS, W. & MACK, W.B., 1939a. The diagnosis of *Zea mays* subjected to differential fertilizer treatment. *J. Agric. Res.* 58: 477-491.
- THOMAS, W. & MACK, W.B., 1939b. A foliar diagnosis study of the effect of three nitrogen carriers on the nutrition of *Zea mays*. *J. Agric. Res.* 59: 303-313.
- THOMPSON, L.M., 1952. Soils and soil fertility. McGraw-Hill Book Company, New York.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L., 1966. Soil Fertility and Fertilizers. The MacMillan Comp. New York.
- TYNER, E.H., 1946. The relation of corn yields to leaf nitrogen, phosphorus and potassium content. *Soil Science Society American Proc.* 11: 317-323.
- ULRICH, A., 1948. Plant analysis — Methods and interpretation of results. *Em* Diagnostic Techniques for soils and crops. American Potash Institute. Washington, D.C.
- ULRICH, A., 1964. Plant analysis as a guide to the fertilization of sugar beets and grapes. *Em* Curso Intern. Diagnose Foliar. Mimeografado, 13 pags.
- VIEGAS, G.P., CATANI, R.A. & FREIRE, E.S., 1955. Adubação do milho. IV. Adubação azotada em cobertura. *Bragantia*, 14: 179-192.

- VIEGAS, G.P. & FREIRE, E.S., 1956. Adubação do milho. IV. Ensaio sobre modos de aplicação dos adubos. *Bragantia*, **15**: 1-20.
- VIETS, F.G., NELSON, C.E. & CRAWFORD, C.L., 1954. The relationship among corn yields, leaf composition and fertilizers applied. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, **18**: 297-301.
- WITTERS, H. & SEATZ, L.G., 1953. Effect of potash fertilization on yield, stalk breakage and mineral composition of corn. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, **17**: 369-371.

