

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 23

Campinas, outubro de 1964

N.º 31

ADUBAÇÃO DO MILHO

XXV — MODO E ÉPOCA DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO (1)

L. T. MIRANDA, *engenheiro-agrônomo, Seção de Cereais*, e E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo* (2), Instituto Agrônomo

RESUMO

Para estudar modos e épocas de aplicação de nitrogênio (sulfato de amônio) na cultura do milho, foram conduzidas, em 1961-62 e 1962-63, dez experiências em oito localidades do Estado de São Paulo. Além de um tratamento com PK e outro com NPK, nos quais os adubos foram empregados na ocasião do plantio, em sulcos laterais, estudaram-se quatro com doses adicionais de N aplicadas em cobertura. Em dois destes, as coberturas foram efetuadas em uma faixa ao lado de cada linha de plantas; nos outros dois, no centro de entrelinhas alternadas. Em cada tipo de localização, aplicaram-se as coberturas de uma vez, 45 dias após o plantio, ou em duas parcelas iguais, 30 e 60 dias depois da sementeira. As doses de N foram: no plantio, 30 kg/ha, em 1961-62, e 20 kg/ha, em 1962-63; em cobertura, respectivamente, 90 e 100 kg/ha.

O nitrogênio não aumentou a produção em duas experiências. Na média das demais, não houve diferença entre as épocas e os modos de aplicação em cobertura. Empregado exclusivamente no plantio, o nutriente em estudo favoreceu a vegetação na maioria das experiências, mas somente em duas aumentou a produção de grãos. Entretanto, quando aplicado no plantio e em cobertura, seu efeito foi positivo nas oito experiências, atingindo, na média delas, +1.021 kg/ha ou +27%. Baseados nas observações feitas, os autores supõem que os resultados da adubação conjugada teriam sido ainda melhores se a dose inicial fôsse reduzida para 10 ou 15 kg/ha e se a cobertura fôsse efetuada um mês após a germinação, repetindo-a, no caso do parcelamento, cerca de duas semanas mais tarde.

1 — INTRODUÇÃO

Mendes (6) foi, talvez, o primeiro a demonstrar que o método tradicionalmente usado, no Estado de São Paulo, para aplicar nitrogênio na cultura do milho — por ocasião do plantio, em conjunto com os outros nutrientes — não era satisfatório. Em experiências conduzidas por esse autor em Piracicaba, relatadas em 1948 (6), as respostas ao nitrogênio mineral, desanimadoras quando êle o empregava no plantio

(1) Trabalho apresentado no I Encontro de Técnicos em Agricultura, realizado em Campinas nos dias 26 a 28 de agosto de 1964. Recebido para publicação em 28 de agosto de 1964.

(2) Contratado pelo Conselho Nacional de Pesquisas, para colaborar com técnicos do Instituto Agrônomo. Sua colaboração no presente trabalho foi prestada na apresentação e interpretação dos resultados obtidos.

ou pouco depois, elevaram-se a +25, +52 e +71% nos três anos em que passou a aplicá-lo 40 a 50 dias após a emergência das plantas.

Em 1955, Viégas, Catani e Freire (11) publicaram os resultados de quatro experiências nas quais a dose de nitrogênio (salitre do Chile) foi total ou parcialmente empregada nos sulcos de plantio, concluindo que as respostas a êsse nutriente foram tanto mais elevadas quanto maior foi a porção aplicada em cobertura. Nesse trabalho, os autores estudaram os dois principais inconvenientes da aplicação pelo método tradicional: arrastamento do nitrogênio, antes que o milho atinja a fase de mais ativa absorção de nutrientes, quando chove abundantemente no período imediato ao plantio, e prejuízo na germinação e no desenvolvimento inicial das plantas, quando o tempo corre sêco nesse período. O último inconveniente também foi estudado por Viégas e Freire (12) em trabalho publicado em 1956, no qual relataram experiências que comparavam o método tradicional com a aplicação no momento do plantio, mas em sulcos laterais.

Godoy e Graner (5) apresentaram, em 1963, os resultados de duas experiências bienais com Nitrocálcio, realizadas entre 1959-60 e 1962-63. Numa delas, foram idênticos os resultados do emprêgo dêsse adubo por ocasião do plantio ou em cobertura, 30 dias depois da germinação; na outra, porém, a aplicação parcelada (parte no plantio e parte em cobertura) mostrou-se mais eficiente que a de tôda a dose em cobertura e muito melhor que a aplicação exclusivamente no plantio.

Com a divulgação dêsses resultados, o emprêgo do nitrogênio na cultura do milho tem aumentado apreciavelmente nos últimos anos. Para isso, também têm concorrido a introdução de híbridos cada vez mais produtivos e o uso de espaçamentos mais cerrados, inovações conducentes a maiores produções por unidade de área e, por conseguinte, a maior consumo de nutrientes.

Em comparação com o método tradicional, já se obteve grande progresso com a aplicação do nitrogênio em cobertura, em adição a pequena dose inicial, empregada por ocasião do plantio, em sulcos laterais aos destinados às sementes. Todavia, é preciso aperfeiçoar o nôvo método, sobretudo porque, como se viu no parágrafo anterior, existe a possibilidade de se usarem, economicamente, doses muito maiores que as empregadas na prática. O objetivo do presente trabalho é apresentar mais uma contribuição nesse sentido.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 — PLANO EXPERIMENTAL

Em blocos ao acaso, com quatro repetições, foram estudados os seguintes tratamentos :

- a) PK
- b) NPK
- c) NPK + N_{1f}
- d) NPK + N_{2f}
- e) NPK + N_{1e}
- f) NPK + N_{2e}

Em todos os tratamentos, o fósforo e o potássio foram aplicados por ocasião do plantio, quando se empregou, também, a dose de nitrogênio do tratamento *b* e das partes designadas como NPK dos demais tratamentos. As partes N_{1f}, N_{2f}, N_{1e} e N_{2e} dos tratamentos *c*, *d*, *e*, e *f*, que constituíram a maior porção das doses totais de nitrogênio, foram aplicadas em cobertura, em diferentes épocas e posições: N_{1f} e N_{2f}, respectivamente, de uma vez, 45 dias após o plantio, ou em duas parcelas iguais, 30 e 60 dias após o plantio, em uma faixa situada a cerca de 20 cm de cada fileira de plantas; N_{1e} e N_{2e}, respectivamente, de uma vez ou em duas parcelas iguais, nas épocas há pouco mencionadas, em uma faixa situada no meio de cada entrelinha ímpar (alternadamente), para reduzir à metade o trabalho de aplicação.

Na leitura dos resultados, deve-se ter em mente que, nos índices das aplicações de N em cobertura, os algarismos 1 e 2 representam o número de aplicações, ao passo que as letras *f* e *e* se referem à localização das faixas adubadas, respectivamente, ao lado das fileiras e nas entrelinhas. Deve-se, também, esclarecer que nem sempre foi possível efetuar as coberturas nos prazos programados; alterações importantes serão mencionadas quando necessário.

As doses de P₂O₅ e K₂O corresponderam, respectivamente, a 60 e 30 kg/ha, e foram empregadas nas formas de superfosfato simples e cloreto de potássio. As de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, diferiram, quanto ao parcelamento, nos dois anos em que foram realizadas as experiências. Em 1961-62, empregaram-se 30 kg/ha de N por

ocasião do plantio e 90 kg/ha em cobertura, de uma vez ou em duas parcelas iguais; em 1962-63, reduziu-se para 20 kg/ha a parte aplicada no plantio, elevando-se para 100 kg/ha a destinada às coberturas. Assim, no primeiro e no segundo anos as doses iniciais dos tratamentos *c*, *d*, *e* e *f* corresponderam, respectivamente, a 1/4 e 1/6 da dose total, que foi sempre a mesma (120 kg/ha). No tratamento *b*, que não teve aplicações em cobertura, só foram empregados 30 kg/ha de N, no primeiro ano, e 20 kg/ha, no segundo.

O fósforo e o potássio, bem como a dose de nitrogênio aplicada no plantio, foram espalhados no fundo dos sulcos, efetuando-se a semeadura em pequenos sulcos, abertos com enxada, em um dos taludes dos sulcos adubados, de maneira que as sementes ficassem cêrca de 5 cm ao lado e acima do nível da faixa adubada.

Os canteiros constaram de seis fileiras com 10 m de extensão e espaçadas de 1 m, sendo utilizadas, para observações e colheita, somente as quatro fileiras centrais ou 40 m². Nas fileiras, as covas ficaram distanciadas de 0,40 m e receberam quatro sementes, a fim de deixar no desbaste, feito quando as plantas tinham 20 a 25 dias de idade, duas plantas por cova.

Segundo êsse plano, foram instaladas, em diversas localidades do Estado de São Paulo, cinco experiências em 1961-62 e cinco em 1962-63. Dêse total, oito foram plantadas na segunda quinzena de outubro ou na primeira de novembro; as outras duas, a 21 e 24 de novembro. A colheita foi efetuada, em regra, no decorrer de abril. Em uma experiência (n.º 1), usou-se a geração F₂ do híbrido simples duro 1227; nas demais, o híbrido Hmd-6999-B.

2.2. — LOCALIZAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS (*)

Para referências neste trabalho, as experiências foram numeradas de 1 a 10.

Experiência n.º 1 — Conduzida em 1961-62 na fazenda Santa Helena, Município de Amparo, em solo massapê com pH = 5,5, 0,15%

(*) Os solos foram analisados na Seção de Química Mineral do Instituto Agrônomico. Os autores agradecem a colaboração, na execução das experiências, do Sr. Jacinto A. Cintra, proprietário da fazenda Santa Helena, Amparo; do Sr. Simão Amorim, proprietário do sítio Amorim, Promissão; do Eng.º Agr.º Spencer Corrêa de Arruda, da Estação Experimental do Instituto Biológico em Campinas; do Eng.º Agr.º Clóvis Nery, da Estação Experimental do Ministério da Agricultura em São Simão; dos Eng.ºs-Agr.ºs M. P. Campara, Sérgio B. Paranhos, H. Scaranari e Guido de Sordi, de estações experimentais do Instituto Agrônomico.

de N e, em e.mg por 100 g de solo sêco, 0,23 de PO_4^{-3} extraído em solução de ácido oxálico + oxalato de potássio, 0,28 de K^+ e 3,90 de Ca^{++} trocáveis.

Experiências n.ºs 2 e 10 — Realizadas, respectivamente, em 1961-62 e 1962-63, em diferentes áreas de terra-roxa-legítima da Estação Experimental «Hélio de Moraes», do Instituto Agrônômico, situada no Município de Jaú. A análise do solo da experiência n.º 2 revelou pH = 5,6, 0,05% de N e, em e.mg por 100 g de solo, 0,32 de PO_4^{-3} solúvel em ácido oxálico + oxalato de potássio, 0,15 de K^+ e 4,00 de Ca^{++} . Para terra roxa, o teor de N parece excessivamente baixo.

Experiência n.º 3 — Conduzida em 1961-62, numa área um tanto acidentada de solo massapê da Estação Experimental do Instituto Biológico do Estado de São Paulo (Fazenda Mato Dentro), no Município de Campinas. A análise desse solo revelou pH = 5,6, 0,12% de N e, por 100 g de solo, 0,42 e.mg de PO_4^{-3} solúvel em ácido oxálico + oxalato de potássio, bem como 0,20 e.mg de K^+ e 4,50 e.mg de Ca^{++} trocáveis.

Experiência n.º 4 — Realizada em 1961-62 no sítio Amorim, Município de Promissão, em solo derivado do arenito Bauru com pH = 4,5, 0,05% de N e, em e.mg por 100 g de solo, 0,06 de PO_4^{-3} solúvel em ácido oxálico + oxalato de potássio, 0,12 de K^+ e 1,60 de Ca^{++} trocáveis.

Experiências n.ºs 5 e 6 — Instaladas, respectivamente, em 1961-62 e 1962-63, na Estação Experimental de Pindorama, do Instituto Agrônômico. As duas experiências foram localizadas em solo derivado do arenito Bauru, mas em áreas diferentes. O solo da experiência n.º 5 tinha pH = 5,75, 0,06% de N e, por 100 g de solo, 0,26 e.mg de PO_4^{-3} solúvel em ácido oxálico + oxalato de potássio, 0,16 e.mg de K^+ e 2,80 e.mg de Ca^{++} trocáveis.

Experiência n.º 7 — Conduzida em 1962-63 na Estação Experimental de São Simão, do Ministério da Agricultura. A área utilizada, de terra-roxa-misturada, tinha vegetação de cerrado e havia sido desbravada no ano anterior. A análise de amostra desse solo revelou pH = 5,0, 0,12% de N e, por 100 g de solo, 0,53 e.mg de PO_4^{-3} solúvel em ácido oxálico + oxalato de potássio, bem como 0,15 e.mg de K^+ e 1,70 e.mg de Ca^{++} trocáveis.

Experiência n.º 8 — Realizada em 1962-63, na Estação Experimental de Ribeirão Preto, do Instituto Agrônomo, numa área de terra-roxa-legítima que vinha sendo cultivada com plantas anuais, adubadas principalmente com fósforo e potássio. A análise mostrou ter o solo $\text{pH} = 5,6$, 0,19% de N e, por 100 g de solo sêco, 1,84 e.mg de PO_4^{--3} extraído em solução de ácido oxálico + oxalato de potássio, 0,30 e.mg de K^+ e 5,40 e.mg de Ca^{++} trocáveis.

Experiência n.º 9 — Instalada em 1962-63, numa área de terra-roxa-legítima da Estação Experimental «José Vizioli», do Instituto Agrônomo, situada no Município de Piracicaba.

Vê-se que a investigação abrangeu vários tipos de solo. Como a classificação usada foi a de Paiva e colaboradores (8), convém dizer que, de acordo com trabalho mais recente (3), as áreas utilizadas pertenciam às unidades Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro-orto, Latossolo Vermelho Amarelo-orto, Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa, Podzólico Vermelho Amarelo-orto e Podzolizado-variedade Marília.

Embora as experiências fôssem realizadas somente em dois anos, a dispersão das localidades, associada às diferenças nas datas de plantio, possibilitou cobrir considerável amplitude de variação nas condições meteorológicas prevaletentes nos períodos anteriores e posteriores ao plantio e às aplicações de nitrogênio.

3 — RESULTADOS

De modo geral, a germinação se processou normalmente e, excluindo a experiência n.º 4, de Promissão, os «stands» finais médios oscilaram entre 73 e 98% do «stand» perfeito. A não ser nas experiências de Promissão e Ribeirão Preto, o nitrogênio contribuiu para melhorá-lo um pouco.

Em Promissão, o «stand» médio correspondeu a apenas 59%. A variação entre os tratamentos e dentro deles foi grande, mas não se notou influência consistente do nitrogênio. Em Ribeirão Preto, porém, o «stand» final, tendo alcançado 84% no tratamento PK, baixou para 77% na média dos que receberam nitrogênio. Nessa localidade, a sementeação foi efetuada em solo quase sêco e as chuvas caídas no período seguinte, além de fracas, foram muito espaçadas. Parece que,

QUADRO 1. — Produções de grãos obtidas em dez experiências sobre modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do milho. As experiências n.º 1 a 5 foram conduzidas em 1961-62; as n.ºs 6 a 10, em 1962-63

Número e localização das experiências	Tratamentos (1)						Médias
	PK	NPK	NPK + N _{1t}	NPK + N _{2t}	NPK + N _{1e}	NPK + N _{2e}	
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
1 — Amparo	2.246	3.006	3.530	3.712	3.721	3.362	3.263
2 — Jaú	5.885	5.298	6.462	6.537	6.370	6.519	6.179
3 — Campinas	2.031	1.496	3.037	3.207	3.182	2.522	2.579
4 — Promissão	912	594	666	677	636	497	664
5 — Pindorama	1.530	2.426	4.869	4.306	4.653	4.112	3.649
6 — Pindorama	6.939	6.078	7.292	6.980	7.400	7.318	7.001
7 — São Simão	1.851	1.490	1.897	2.482	2.697	2.950	2.228
8 — Ribeirão Preto	5.919	5.919	5.843	6.022	5.689	5.970	5.894
9 — Piracicaba	4.336	4.074	5.092	5.072	4.725	4.767	4.678
10 — Jaú	5.387	5.322	6.256	6.112	6.125	6.231	5.906

(1) Nos tratamentos PK e NPK, os adubos foram empregados na ocasião do plantio; nos demais, as doses adicionais de N foram aplicadas em cobertura. V. significado dos símbolos no capítulo 2.

nas condições prevalecentes, a aplicação lateral não foi suficiente para evitar que a dose de nitrogênio aplicada no plantio prejudicasse a germinação e as platinhas recém-nascidas.

As produções obtidas nas dez experiências são apresentadas no quadro 1. Excetuando as de Promissão, elas variaram entre sofríveis e muito boas. Em média dos quatro melhores tratamentos, que foram, em regra, os adubados com nitrogênio tanto no plantio como em cobertura, as produções oscilaram entre 2.506 e 3.581 kg/ha, em três experiências, e entre 4.485 e 5.881 kg/ha, em três, mas se elevaram a mais de 6.000 kg/ha nas outras três. Em Promissão, as produções foram muito baixas, tendo a média de todos os tratamentos alcançado apenas 664 kg/ha.

Observa-se, no quadro 1, que as respostas ao nitrogênio, mesmo nos melhores tratamentos, foram praticamente nulas, na experiência de Ribeirão Preto, e negativas, na de Promissão.

É de estranhar que em Ribeirão Preto não tenha havido reação ao nitrogênio, pois a produção alcançou cerca de 6.000 kg/ha e o coeficiente de variação foi pequeno (4,7%). Poder-se-ia alegar que o solo tinha teor relativamente elevado de nitrogênio (0,19%), mas essa explicação não é aceitável, porque, em experiências realizadas em áreas vizinhas, com semelhante histórico da ocupação anterior, têm-se obtido boas respostas ao nutriente em aprêço. Parece mais razoável admitir-se que o insucesso tenha sido uma consequência do prejuízo, assinalado linhas atrás, causado aos «stands» e às plantas sobreviventes pela dose de nitrogênio aplicada na ocasião do plantio.

É provável que o efeito negativo do nitrogênio na experiência de Promissão não esteja associado aos métodos de aplicação. O solo utilizado era pobre e, além de muito ácido ($\text{pH} = 4,5$), tinha baixo teor de cálcio (1,6 e.mg), situação que foi agravada pelo uso do nitrogênio na forma de sulfato de amônio. Conforme geralmente acontece em solos ácidos (2), os «stands» e as produções oscilaram extraordinariamente dentro dos mesmos tratamentos, e o coeficiente de variação atingiu 62,8%.

Em vista do exposto, as experiências de Promissão e Ribeirão Preto serão excluídas do estudo para verificar a influência, sobre a produção, dos métodos de aplicação de nitrogênio.

No quadro 2, são apresentados os cinco contrastes ortogonais de maior interesse para os tratamentos estudados. As variâncias residuais das experiências individuais oscilaram entre 0,1402 e 0,5416 t/ha, o que

Quadro 2. — Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do milho. Efeitos observados nas oito experiências em que o nitrogênio aumentou a produção. A significância dos contrastes mencionados na 2.a à 6.a coluna foi obtida pela análise da variância; a da última coluna, pelo teste de Tukey

Número e localização das experiências	Aplicação de N em cobertura			Tratamentos com cobertura versus tratamentos sem cobertura (*)	Efeitos de N aplicado	
	Modos (†)		Interações		sômente no plantio (‡)	no plantio e em cobertura (¶)
	kg/ha	kg/ha				
1961-62						
1 — Amparo	+80	-89	+271	+955*	+760	+1.335**
2 — Jaú	+55	+112	-37	-881**	-587	+587
3 — Campinas	+270	-244	+415	+1.224***	-535	+956**
5 — Pindorama	+205	-552*	-11	+2.507**	+895*	+2.955**
1962-63						
6 — Pindorama	-223	-197	-115	+739**	-861*	+309
7 — São Simão	-634	+419	+166	+836*	-362	+655
9 — Piracicaba	+336	+10	-31	+709***	-262	+578*
10 — Jaú	+6	-19	-125	+826***	-65	+794**
Médias de 1961-62	+152	-193	+159	+1.392*	+133	+1.458**
Médias de 1962-63	-129	+53	-26	+777***	-387	+584**
Médias gerais	+11	-70	+66	+1.084**	-127	+1.021**
Limites fiduciais (t 5%)	±144	±144	±144	±356	±288	---

(*) Cobertura em tôdas as fileiras versus cobertura em entrelinhas alternadas, (†) Cobertura em duas parcelas versus cobertura de uma só vez, (‡) Médias dos quatro tratamentos que receberam N no plantio e em cobertura versus médias de NPK (N sômente no plantio) e PK, (¶) Tratamento NPK (com doses de N de 30 kg/ha em 1961-62 e 20 kg/ha em 1962-63) versus PK, (¶) Médias dos quatro tratamentos que receberam N tanto no plantio como em cobertura. (ao todo 120 kg/ha) versus PK.

permitiu analisar também o conjunto das oito experiências consideradas (quadro 3).

Nesse conjunto, o coeficiente de variação correspondeu a 13,1%. Nas experiências individuais, oscilou entre 7,2 e 8,1%, em três, e entre 11,5 e 22,4% em quatro; na experiência de São Simão, instalada em terreno de cerrado recém-desbravado, é que êsse coeficiente se elevou a 33,0%.

Estudando, em primeiro lugar, as maneiras de aplicar nitrogênio em cobertura, verifica-se, na segunda coluna do quadro 2, que as aplicações em tôdas as fileiras ou em entrelinhas alternadas (médias dos tratamentos NPK + N_{1f} e NPK + N_{2f} contra as dos tratamentos NPK + N_{1e} e NPK + N_{2e}) não diferiram estatisticamente, quer em cada experiência, quer na média das oito.

Na comparação da terceira coluna, entre duas e uma aplicações em cobertura (médias de NPK + N_{2f} e NPK + N_{2e} contra as de NPK + N_{1f} e NPK + N_{1e}), só houve um caso de contraste significativo, na experiência n.º 5, de Pindorama, onde a aplicação em duas vezes se mostrou inferior. Nas demais experiências e na média das oito, as diferenças não foram significativas.

As interações épocas x modos de aplicação em cobertura, bem como épocas x anos e modos x anos, também não foram significativas.

Das respostas ao nitrogênio aplicado na ocasião do plantio (sexta coluna do quadro 2), seis foram negativas e apenas duas positivas. Só alcançaram significância as duas obtidas em Pindoarma, uma das quais, em 1961-62, foi positiva, e a outra, em 1962-63, negativa. Em média, das quatro experiências do primeiro ano, das quatro do segundo e das oito dos dois anos, os efeitos, não significativos, corresponderam, respectivamente, a +133, -387 e -127 kg/ha.

Êsses resultados mostram (detalhes no capítulo 4) o que, muitas vezes, acontece ao milho adubado, por ocasião do plantio, com pequena dose de nitrogênio, quando, mais tarde, no período crítico do seu desenvolvimento, as plantas não encontram no solo suficiente quantidade dêsse nutriente para continuar o ritmo de crescimento impulsionado pela dose inicial.

Quer isso dizer que o efeito do nitrogênio aplicado em cobertura, calculado em relação ao tratamento NPK, que só o recebeu no plantio, seria exagerado e não corresponderia ao que se deve esperar daquela aplicação, se efetuada na ausência de uma dose inicial. Para atenuar êsse inconveniente, na quinta coluna do quadro 2 são comparadas as

QUADRO 3. — Adubação do milho. Análise da variância do conjunto das oito experiências em que o nitrogênio aumentou a produção. Dados em t/ha de grãos

F. V.	S. Q.	G. L.	Q. M.	F
Tratamentos	50,7527	5	10,1505	14,21**
N em cobertura <i>versus</i> sem cobertura (1)	50,1914	1	50,1914	26,46**
Cobertura em cada linha <i>versus</i> cobertura em entrelinhas alternadas (2)	0,0045	1	0,0045	0,01
Cobertura 2 vezes <i>versus</i> cobert. 1 vez (3)	0,1572	1	0,1572	0,49
Interações (4)	0,1417	1	0,1417	0,92
N no plantio <i>versus</i> P.K (5)	0,2579	1	0,2579	0,32
Tratamentos <i>versus</i> experiências	25,0050	35	0,7144	2,11**
(1) x entre anos	4,0231	1	4,0231	11,89***
(1) x dentro anos	9,2566	6	1,5428	4,56***
(2) x entre anos	0,6328	1	0,6328	1,87
(2) x dentro anos	2,1193	6	0,3532	1,04
(3) x entre anos	0,4877	1	0,4877	1,44
(3) x dentro anos	1,7543	6	0,2924	0,86
(4) x entre anos	0,2763	1	0,2763	0,82
(4) x dentro anos	0,8035	6	0,1339	0,40
(5) x entre anos	1,0850	1	1,0850	3,21
(5) x dentro anos	4,5664	6	0,7611	2,25*
Experiências	531,7574	7	75,9653	224,42***
Entre anos	51,4913	1	51,4913	152,12***
Dentro anos	480,2661	6	80,0444	236,47***
Blocos dentro experiências	56,5458	24	2,3561	6,96***
Resíduo	40,6208	120	0,3385	
Total	704,6817	191	0,3689	

médias dos quatro tratamentos que receberam nitrogênio no plantio e em cobertura com as dos dois adubados sem ou com êsse elemento no plantio (PK e NPK).

Observa-se que, em tôdas as experiências, aquelas médias foram significativamente superiores a estas, tendo os aumentos de produção pela adubação em cobertura variado entre 709 e 2.507 kg/ha. Em média dos dois anos, êsse aumento atingiu 1.084 kg/ha e foi significativo ao nível de 1%. A interação anos x «com nitrogênio em cobertura» x «sem nitrogênio em cobertura» foi significativa ao nível de 1º/oo, indicando que o aumento médio de 1.392 kg/ha, obtido em 1961-62, foi estatisticamente superior ao de 1962-63 (777 kg/ha). Dentro dos anos, essa interação também foi significativa ao nível de 1º/oo, o que se deve tão sòmente ao ano de 1961-62, quando os aumentos variaram de 881 a 2.507 kg/ha.

Na última coluna do quadro 2, figuram os efeitos globais do nitrogênio, isto é, as diferenças entre as médias dos tratamentos que o receberam tanto no plantio como em cobertura e a produção do tratamento PK. Confrontando êsses resultados com os da quinta coluna, verifica-se que agora, como seria de esperar, os efeitos se tornaram maiores nas experiências em que o nitrogênio aplicado sòmente no plantio aumentou a produção, e menores, naquelas em que êle a depressiu. Em vista disso, o efeito médio de 1962-63 diminuiu, ao passo que o de 1961-62 aumentou, de sorte que a média dos dois anos foi apenas ligeiramente inferior à da quinta coluna.

A comparação das duas últimas colunas do quadro 2 dispensa maiores comentários sòbre o comportamento do nitrogênio aplicado exclusivamente no plantio ou no plantio e em cobertura. Aqui basta dizer que, no primeiro caso, houve apenas duas respostas positivas e, destas, sòmente uma alcançou significância, ao passo que, no segundo caso, tôdas as respostas foram positivas, sendo que cinco foram significativas. Em média das oito experiências, o efeito do elemento em estudo, que correspondeu a -127 kg/ha no primeiro caso, elevou-se, no segundo, a +1.021 kg/ha, e foi altamente significativo.

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Da primeira parte do presente capítulo serão excluídas as experiências n.ºs 4 e 8, pois que, nelas, o nitrogênio não aumentou a produção.

Das oito experiências consideradas, somente em uma foi significativo o contraste entre duas aplicações e uma de nitrogênio em cobertura. Nas demais, e na média geral, as produções não diferiram significativamente. Entre as maneiras de efetuar as coberturas, em uma faixa ao lado de cada fileira de plantas ou em entrelinhas alternadas, não houve diferenças significativas. As interações épocas x modos de aplicação, épocas x anos e modos x anos também não foram significativas. Assim, nas condições das experiências relatadas, o método mais simples, de uma só cobertura em entrelinhas alternadas, seria o preferido.

Em experiências conduzidas com milho no Estado de Indiana, E.U.A., para estudar modos e épocas de aplicação da dose suplementar de nitrogênio (em adição a pequena dose empregada no plantio), Robertson e Ohlogge (9) verificaram que, em geral, era indiferente aplicá-la 25 cm ao lado das fileiras ou no centro das entrelinhas, e que seu emprêgo quando as plantas tinham a altura do joelho era mais eficiente do que quando já atingiam a cintura.

Cerca de duas semanas antes do florescimento é que o milho começa a absorver nitrogênio em grandes proporções (11). Isso ocorre, em regra, dois meses depois do plantio. Ora, embora programada para 45 dias após o plantio, em várias das experiências relatadas, a cobertura em uma só vez teve que ser retardada de uma semana ou mais. Como o nitrogênio foi empregado na forma de sulfato de amônio, que precisa ser nitrificado para poder ser arrastado à zona das raízes, é provável que, em alguns casos, a dose empregada em cobertura tenha atuado com apreciável atraso. Todavia, a dose aplicada na ocasião do plantio deve ter contribuído para atenuar eventual deficiência de nitrogênio no período anterior à atuação da cobertura.

À primeira vista, parece estranho que o parcelamento da dose aplicada em cobertura não tenha influído favoravelmente, pois, nesse caso, a primeira parcela foi empregada duas a três semanas mais cedo que a cobertura de uma só vez. Mas é que a aplicação da segunda parcela, programada para 60 dias após o plantio, em vários casos só pôde ser efetuada bem depois.

Em média das oito experiências consideradas, o efeito do nitrogênio empregado na ocasião do plantio (30 kg/ha, em 1961-62, e 20 kg/ha, em 1962-63) correspondeu a -127 kg/ha, sendo que, somente em dois casos, foi positivo. Enquanto isso, o efeito da dose de 120 kg/ha, da

qual 90 ou 100 kg foram aplicados em cobertura e os restantes 30 ou 20 kg, como há pouco indicado, elevou-se, na média geral, a +1.021 kg/ha ou +27% da produção com PK. Nas experiências individuais, as respostas a essa dose oscilaram entre +309 e +655 kg/ha, em quatro casos, e entre +794 e +2.955 kg/ha, nos outros quatro.

O fato de não exigir grande quantidade de nitrogênio na sua fase inicial não significa que, nessa fase, o milho deixe de responder a moderada adubação nitrogenada. Na maioria das experiências, era visível, na vegetação, a influência da dose aplicada no plantio. Parece, assim, que os resultados obtidos na produção de grãos, quando essa dose não foi suplementada pela cobertura, foram ocasionados por desequilíbrio na nutrição periódica das plantas.

Nos Estados Unidos da América do Norte, ao tempo em que se usavam, na cultura em aprêço, pequenas doses de nitrogênio, empregadas antes ou por ocasião do plantio, notava-se que elas provocavam muito maior crescimento das plantas, o qual, geralmente, não se traduzia em maior produção de grãos (1, 7). Estudando o assunto, Scarseth e colaboradores (10) verificaram que, ao atingirem o período de absorção de nutrientes em grande escala, tais plantas, em vista do estímulo inicial, exigiam maior quantidade de nitrogênio que as não adubadas. Nos solos pobres, sendo escassas as disponibilidades naturais e já pouco ou nada existindo da pequena dose empregada na ocasião do plantio — parte porque as plantas a haviam consumido e parte porque havia sido levada a posições inacessíveis às raízes — manifestava-se, no período crítico, o desequilíbrio que conduzia à falta de correspondência entre o desenvolvimento vegetativo e a produção de grãos.

Por outro lado, não se deve esperar que a aplicação de nitrogênio exclusivamente em cobertura, sobretudo quando efetuada tardiamente, seja suficiente para proporcionar os melhores resultados, porque, nos solos pobres, as plantas sofreriam fome de nitrogênio durante o período inicial e não alcançariam desenvolvimento adequado à plena utilização da dose assim aplicada. Daí a conveniência de conjugar as duas épocas de aplicação.

Convém lembrar que, na experiência de Ribeirão Preto, excluída do cálculo dos efeitos porque nela o nitrogênio não modificou a produção, a aplicação no plantio, embora feita lateralmente, prejudicou o «stand». Nas outras experiências, não se observou tal prejuízo, mas isso não quer dizer que, na sua fase inicial, as plantas tenham escapado

a danos de outra natureza, causados por excessiva concentração de sais (4).

As considerações anteriores levam a supor que o efeito do nitrogênio na presente série de experiências teria sido ainda melhor se a dose inicial fôsse reduzida a uns 10 ou 15 kg/ha e, para não prejudicar o ritmo normal de crescimento das plantas, a cobertura fôsse efetuada cerca de um mês após a germinação, no caso de uma só aplicação, e repetida duas semanas mais tarde, no caso de duas coberturas. Isso, nas condições das experiências, em que o nitrogênio foi empregado na forma amoniacal.

FERTILIZER EXPERIMENTS WITH CORN XXV — METHODS OF NITROGEN APPLICATION

SUMMARY

Ten experiments were carried out in 1961-62 and 1962-63 at eight different localities of the State of São Paulo to study methods of nitrogen (ammonium sulfate) application to corn. Besides one treatment with PK and one with NPK, in which the fertilizers were side-placed at planting time, four further treatments were included to study the effect of supplementary amounts of nitrogen applied as top-dressing. In two of the latter treatments nitrogen was applied eight inches from each row; in the other two, in the center of the odd inter-rows. In each type of localization the top-dressed amount of nitrogen was applied either 45 days after planting or halved for applying 30 and 60 days after planting. The following rates of nitrogen were used: at planting time, 30 kilograms to the hectare in 1961-62 and 20 in 1962-63; as top-dressing, 90 and 100 kilograms, respectively.

Nitrogen did not increase the yields in two of the ten experiments and no difference was observed between the methods of top-dressing in the remaining eight experiments. Applied exclusively at planting time, nitrogen favored the growth of the plants but only in two experiments it increased the yields. However, when applied both at planting time and as top-dressing, it increased the yields in all of the eight experiments, its average response being +1,021 kilograms to the hectare, corresponding to +27% of the PK treatment yield.

LITERATURA CITADA

1. Agricultural Extension Service, Pennsylvania. Fertilizing farm crops. State College, Pennsylvania Agric. Exp. Sta., 1941. (Circ. 208).
2. COCHRAN, W. G. Some difficulties in the statistical analysis of replicated experiments. *Emp. J. Exp. Agric.* 6:157-175. 1938.
3. Comissão de Solos, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo, Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634 p. (Boletim n.º 12).

4. FREIRE, E. S. & VIÉGAS, G. P. Adubação do milho. V — Considerações sobre o uso de excesso de sementes em trabalhos experimentais. *Bragantia* 14:[203]-214. 1955.
5. GODOY, C. (jr.) & GRANER, E. A. Milho: Momento de aplicação do Nitrocálcio. Trabalho apresentado na XV Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Campinas, 7 a 13 de julho de 1963. (Resumo 78).
6. MENDES, C. T. Adubações azotadas. *Rev. Agric., Piracicaba* 23:271-289. 1948.
7. MERKLE, F. G. Field crops: north. *Proc. Jt. Comm. Fertil. Appli.* 21st, Washington, 1945. p. 63-66.
8. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., KÜPPER, A. (e outros). Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11:[227]-253. 1951.
9. ROBERTSON, W. K. & OHLROGGE, A. J. An evaluation of methods of side-dressing corn with nitrogen. *Agron. J.* 44:170-172. 1952.
10. SCARSETH, G. D., COOK, H. L., KRANZ, B. A. (e outros). How to fertilize corn effectively in Indiana. Lafayette, Purdue Agric. Exp. Sta., 1944. 40 p. (Bulletin n.º 482).
11. VIÉGAS, G. P., CATANI, R. A. & FREIRE, E. S. Adubação do milho. IV — Adubação azotada em cobertura. *Bragantia* 14:[179]-192. 1955.
12. ——— & FREIRE, E. S. Adubação do milho. VI — Ensaio sobre modos de aplicação dos adubos. *Bragantia* 15:[1]-20. 1956.