

NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO

Hélio Lopes dos Santos \*

Gonçalo Evangelista de França \*

José Ferreira Mendes \*\*

Antônio Carlos Viana \*

Antônio F. de Castro Bahia Filho \*

Charles L. Rhykerd \*\*\*

---

\* Engenheiro Agrônomo da Seção de Solos do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste - IPEACO - Caixa Postal, 151 - 35700 - Sete Lagoas, MG

\*\* Químico Tecnologista da Seção de Solos do IPEACO

\*\*\* Executor do Projeto Nacional de Milho e Sorgo (PNMS), Ph.D., Universidade de Purdue.

Visando proceder o levantamento dos trabalhos envolvendo o emprêgo do nitrogênio na cultura do milho, principalmente com aqueles conduzidos em Minas Gerais foi que o Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias do Estado de Minas Gerais, através da Seção de Solos do IPEACO-EMBRAPA realizou este trabalho, que além de contribuir para a orientação dos programas de adubação com a cultura do milho fornecerá subsídios para novas pesquisas.

#### 1. NITROGÊNIO NO SOLO:

Como é largamente conhecido, a maior parte do nitrogênio presente no solo, encontra-se na forma orgânica. Segundo KURTZ e SMITH (12) a quantidade total de nitrogênio na camada arável de diferentes solos está na faixa de 1.000 a 4.000 kg/ha. O nitrogênio prontamente disponível para as plantas ou seja a forma inorgânica, existe apenas em pequenas quantidades no solo, excedendo raramente 5% do total e sendo de natureza extremamente dinâmica.

VERDADE (20) estudando a disponibilidade de nitrogênio em uma terra rôxa, encontrou para a profundidade 0-20cm., valores que oscilaram de 10 a 420 kg/ha de nitrogênio na forma de  $\text{NO}_3^-$ .

O nitrogênio ( $\text{NO}_3^-$ ) é solúvel em água e se transloca com facilidade a través do perfil do solo. Por outro lado a formação do esqueleto dos microorganismos, a imobilização no humus e a adsorção nos cristais das argilas minerais são processos mais rápidos ainda. Também a absorção pelas plantas, perda por lixiviação, volatilização e competição das ervas daninhas podem alterar rapidamente a quantidade de nitrogênio no solo.

MIRANDA (14) visando estudar o problema da adubação do milho no Estado de São Paulo, realizou no período de 1951-1961, 96 experimentos fatoriais NPK 3<sup>3</sup>, baseando-se nos tipos de solos e nos dados de análise química. Observou que a correlação entre o teor de nitrogênio total no solo e a produção, foi praticamente nula, não discriminando classes de resposta e que, isoladamente, não tem nenhuma utilidade.

Estes fatores indicam a dificuldade de se obter um método analítico que expresse realmente o grau de fertilidade dos solos para este nutriente. Es

forços têm sido feitos neste sentido, entretanto, os resultados obtidos até o momento não dão boa correlação com a produção ou apresentam problemas de ordem prática, que dificultam sua aplicação em condições de rotina em laboratórios.

## 2. ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO PELO MILHO.

O nitrogênio é absorvido pelas plantas na forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) e amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), entretanto devido ao processo de nitrificação é a forma nítrica a mais absorvida pelos vegetais superiores.

A absorção de nutrientes depende em larga escala do nível de fertilidade do solo e das condições climáticas.

Segundo VIEGAS (21) uma colheita de 8.200 kg/ha de sementes de milho, extraí do solo aproximadamente 180 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 140 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ . Estes dados dão uma indicação geral das necessidades da cultura, que devem ser supridas pelo solo e pelos fertilizantes.

A Figura 1 mostra a absorção de nitrogênio pelo milho durante os diversos estádios de desenvolvimento, como percentagem do total absorvido, SAYRE (18).

Observa-se assim que o nitrogênio é absorvido durante todo o ciclo da planta, entretanto, sua absorção durante o primeiro mês é pequena, aumentando rapidamente deste ponto em diante e atingindo a taxa superior a 4,5 kg/N por hectare por dia, durante a época do pendoamento ao emponecamento.

Assim o sucesso da adubação nitrogenada na cultura do milho consiste em suprir a planta de quantidade suficiente do nutriente, durante este período crítico, procedendo a adubação de cobertura entre os 40-45 dias, após a germinação das sementes.

## 3. RESPOSTA DO MILHO A ADUBAÇÃO NITROGENADA:

O milho requer grande quantidade de nitrogênio e a sua deficiência promove sensível redução no desenvolvimento e na produção. A produção de milho é limitada com maior frequência pela deficiência de nitrogênio do que qualquer outro nutriente, BERGER (3).

A resposta a fertilizantes nitrogenados varia amplamente de uma região para outra, devido às condições climáticas e tipo de solo. Dentre os fatores climáticos, a precipitação pluviométrica e a temperatura são os mais efetivos.

Apesar de ocorrer no Brasil resposta generalizada à aplicação do nitrogênio nos mais diferentes tipos de solos, deve-se salientar que a sua intensidade é bastante variável, estando a mesma quase sempre associada com a aplicação de fósforo.

GOMES E CAMPOS (8) sumarizando resultados de ensaios realizados no Estado de Minas Gerais por diversos pesquisadores, verificaram resposta generalizada com a aplicação de nitrogênio. Assim, um grupo de ensaios fatoriais realizados em Patos de Minas, região de solos reconhecidamente ricos em fósforo, nos anos agrícolas de 1960/61/62, (milho consorciado com feijão), apresentou em termos médios uma produção de 3.006 kg de grãos/ha na ausência de nitrogênio e de 4.010 kg/ha com a aplicação de 60 kg/ha deste nutriente. Outro grupo de 17 ensaios fatoriais NPK 3<sup>3</sup>, realizados no Triângulo Mineiro nos municípios de Uberlândia, Ituiutaba, Canápolis, Monte Alegre, Araguari, Capinópolis e Tupaci-guara, indicaram que as respostas mais notáveis foram devido a adição de nitrogênio e fósforo. A aplicação de 60 kg de N/ha acarretou um aumento de 933 kg de grãos/ha em relação à média dos tratamentos sem nitrogênio alcançando praticamente a mesma resposta observada nos experimentos de Patos de Minas.

BAHIA et al. (2) em trabalhos conduzidos em diferentes e representativos solos do Estado de Minas Gerais, utilizando o híbrido H6999B encontraram respostas altamente significativas com a aplicação de nitrogênio para a maioria dos solos estudados, conforme se observa no Quadro 1.

Ensaio de adubação N,P,K resultantes do convênio UREMG/ACAR (19) instalados em diversos tipos de solos, municípios e regiões do Estado de Minas Gerais, utilizando-se os híbridos Ag16 e Ag19 mostraram que a excessão dos solos do Nordeste de Minas, os demais responderam a aplicação dos três elementos em maior ou menor grau. Observa-se ainda, que a presença de nitrogênio foi responsável por maiores aumentos, principalmente quando em presença de fósforo e potássio, o que pode ser observado no Quadro 2.

Trabalhos desenvolvidos em vários locais do Estado de Minas Gerais, pelo projeto FAO/ANDA/ABCAR/MA, nos anos agrícolas 1971/72/73 com a cultura do milho, através de "Ensaio Demonstrativos" e relatados GRAFHORST e OLIVEIRA-FILHO (9,10) revelaram existir acentuada resposta a nitrogênio para a maioria dos solos, Quadro 3.

Embora a resposta positiva do milho a aplicação de nitrogênio seja quase generalizada, em algumas circunstâncias, não se tem verificado 'acréscimo' na produção devido ao uso deste nutriente. Resultados de trabalhos realizados no Estado de São Paulo por GALLO et al. (5) indicaram que de 31 experimentos realizados, 24 responderam positivamente à aplicação de nitrogênio.

Trabalhos realizados nos municípios de Arcos, Rio Pombo, Sete Lagoas, Uberlândia, Belo Horizonte, Patos de Minas e Água Limpa, por ARAUJO e ARAUJO (11) com o objetivo de estudar épocas de aplicação de adubos nitrogenados ( salitre do Chile e sulfato de amônio) constataram que a adubação nitrogenada, somente em três locais, proporcionou resposta positiva.

FREITAS et al (4) em trabalhos conduzidos em São Paulo em solos sob cerrado corrigido para pH 5,55 não encontraram resposta à aplicação de nitrogênio na produção de milho, admite-se, entretanto que a falta de resposta tenha sido limitada por outra deficiência.

Relação inversa entre a resposta a nitrogênio e conteúdo de matéria orgânica foi observada por MIKKELSEN et al. (13) em dois solos sob cerrado recém desbravados. Constataram resposta positiva com aplicação de até 240 kg de N/ha em um regossol com baixo nível de matéria orgânica e resposta negativa quando se adicionou 60 kg de N/ha em um latossol vermelho escuro com 2,6% de matéria orgânica. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por MIRANDA (14), que em estudos realizados em vários solos, obteve menor resposta a adubação nitrogenada nos solos orgânicos com aumento de produção de apenas 2%, enquanto que nos demais solos os aumentos variaram de 7 a 39%.

A ausência de resposta à aplicação de nitrogênio pode ser distribuída a vários fatores: seca, encharcamento, concorrência de ervas daninhas, solos com alto suprimento de nitrogênio nativo, época de modo de aplicação de nitrogênio, toxidez de alumínio, deficiência de fósforo, potássio e outros.

O efeito de práticas culturais sobre a resposta do milho a nitrogênio tem sido observada com bastante frequência. O aumento geral da produção observada no México nos últimos 25 anos é atribuída a melhores variedades associado as práticas culturais bem conduzidas SANCHEZ (17).

Em dois locais de Patos de Minas, NOVAIS et al. (16) estudando o efeito de três níveis de N (0, 80 e 160 kg/ha) em três populações, (30.000, 60.000 e 90.000) plantas/ha com os híbridos Ag 206 e H6999B em presença de uma adubação básica de 40 kg de  $P_2O_5$  e 40  $K_2O$ /ha, sobre a produção de grãos e algumas caracte-

terísticas agronômicas da cultura do milho, observaram que o híbrido Ag206 o mais produtivo e que melhor respondeu a aplicação de nitrogênio. A produção foi linear até 160 kg de nitrogênio, especialmente para o Ag206. Observaram existir uma interação entre população e nível de nitrogênio para os híbridos estudados. A queda do peso médio das espigas em razão do aumento de população foi compensada por maiores aplicações de nitrogênio, tendo o Ag206 se comportado melhor neste aspecto.

Trabalhos semelhantes de GALVÃO et al. (6) conduzidos em Viçosa e Sete Lagoas, com os híbridos Ag23 e Ag17, mostraram também resposta para nitrogênio nos vários locais. Constataram ainda que para cada nível de nitrogênio existe uma população ideal, e que as maiores produções foram observadas com população entre 40.000 a 60.000 plantas/ha. O nitrogênio aumentou o peso médio das espigas, enquanto que a população diminuiu. Comportamento diferente para os híbridos estudados quanto a população e níveis de nitrogênio foi também observado.

Trabalhos realizados no México e Venezuela, citados por SANCHEZ (17) mostraram que para se obter um máximo de produção, exige-se maiores populações de plantas com níveis de nitrogênio mais elevado. A população mais adequada para um nível ótimo de nitrogênio foi de 45.000 a 75.000 plantas/ha, enquanto que, para solos não adubados as populações de 28.000 a 38.000 plantas/ha foram as que apresentaram melhores resultados.

Estudando o efeito de níveis de nitrogênio e da população de plantas sobre o tamanho das sementes, em dois locais do município de Patos de Minas, NUNES VAIS et al. (15), observaram que a produção total aumentou com a população, atingindo o máximo com 50.000 a 70.000 plantas/ha, em função do híbrido, nível de nitrogênio e local. Observaram ainda que a percentagem de sementes classificadas em peneiras 22, decresceu com a população para todos níveis de nitrogênio, híbrido e local. Constataram também as condições ideais para produção de sementes selecionadas com maior tamanho, seriam aquelas com menor população e maior nível de N, do que aquelas para produção de grãos, quando não se preocupa com o tamanho das sementes.

A comparação do efeito de diferentes fontes de adubos nitrogenados sobre a produção de milho, não têm mostrado diferenças. Trabalhos realizados no Brasil, Colômbia, Argentina, México, Perú, Romênia, Gana, e RAU, sob a coordenação da AIEA, Agência Internacional de Energia Atômica (11), mostraram que não houve na produção diferenças entre si, com a aplicação de sulfato de amônio, uré

e nitrato de amônio. Outro exemplo deste fato é o trabalho de GARGANTINI et al. (7) que comparando a eficiência da amônia anidra e o sulfato de amônio, não observaram diferenças na produção entre ambos.

O nitrogênio está sujeito a grandes perdas por diferentes processos, sendo a lixiviação provavelmente o mais importante para a região do trópico úmido. Por esta razão a época e o modo de sua aplicação também revestem-se de grande importância para o seu melhor aproveitamento.

Trabalhos sobre o aproveitamento de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho, foram conduzidos em vários países da região tropical sob a coordenação da AIEA (11) usando a técnica do N<sup>15</sup>. Os dados destes trabalhos indicam que o aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados variaram de 68% na Romênia a 14% no Brasil, com um aproveitamento médio para os seis países de 40%. A conversão dos fertilizantes nitrogenados em proteína do grão foi em termos médios de 26%, constituindo-se esta informação uma das primeiras tomadas em dados de experimento de campo.

#### 4. CONCLUSÕES:

Os resultados dos trabalhos realizados no Estado de Minas Gerais, indicam uma resposta generalizada do milho à aplicação de fertilizantes nitrogenados, fato este que ocorre também toda a América Tropical.

A intensidade da resposta é entretanto bastante variável, estando geralmente associada a condições climáticas, tipos e nível de fertilidade dos solos, aos híbridos e práticas culturais.

Observa-se entretanto a falta de informações que possibilitem um melhor manejo do nitrogênio em solos tropicais. Por outro lado a extrapolação de informações obtidas nas regiões de clima temperado em muitas circunstâncias parecem aconselháveis. Entretanto certas transformações que ocorrem com o nitrogênio do solo, matéria orgânica e com absorção de nutrientes são bastante diferentes nas regiões tropicais, devido principalmente as condições climáticas, embora os processos biológicos sejam os mesmos. Assim é que a localização do nitrogênio, a época e modo de sua aplicação, visando diminuir a sua perda devido a processo de lixiviação, associado ao estudo do movimento da água através do perfil do solo durante o ciclo da planta, são aspectos que merecem mais pesquisas a fim de obter uma melhor eficiência no uso dos fertilizantes nitrogenados visando um menor custo de produção.

A grande solubilidade dos fertilizantes nitrogenados, atualmente utilizados são também responsáveis por grande perda deste nutriente, constituindo-se um problema que deve ser encarado e estudado pela tecnologia de fertilizantes.



## BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ARAÚJO, R.A. & ARAÚJO, W.A. Adubação nitrogenada na cultura do milho. Boletim de Agricultura, Belo Horizonte, 7 (1/2):13-9,1958.
2. BAHIA, F.; MAGNAVACA, R.; SANTOS, H.L. dos; SILVA, J.; BAHIA FILHO, A.F.C.; FRANÇA, G.E.; MURAD, A.M.; MACEDO, A.A.; SILVA, T.; CUNHA FILHO, E. Ensaio de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do milho em Minas Gerais. I. Análise pela lei de MITSCHERLLICH. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia (No prelo).
3. BERGER, J. Fertilizers and manures. In Maize production and manuring of maize Geneva, Centre d'etud de l'azote, 1962.pt. 1, p. 73-93.
4. FREITAS, L.M.M. de; McLUNG, A.C.; LOTT, W.L. Experimentos de adubação em solos de campo cerrado. Matão, Instituto de Pesquisa IRI - 1960.32 p. (Boletim, 21).
5. GALLO, J.R.; HIROGE, R.; MIRANDA, L.T. de. Análise foliar na nutrição do milho. III. Correlação de análise de folhas com produção. Bragantia, Campinas, 27 (1): 177-86, 1968.
6. GALVÃO, J.D.; BRANDÃO, S.S.; GOMES, F.R. Efeito da população de plantas e níveis de nitrogênio sobre a produção de grãos e sobre o peso médio das espigas de milho. Experientiae, Viçosa, 9 (2): 32-9,1969.
7. GARGANTINI, H.; dos SANTOS D.; SOBRINHO, J. ALOISI; ALVES, A., NETTO, A.COERA. Estudos comparativo de formas de nitrogênio, sulfato de amônia anidra na fertilização do milho. Bragantia, Campinas, 27 (2): 67-70.1968.
8. GOMES, F.P. & CAMPOS, H. de. Resultados de ensaios de adubação. In: CULTURA e a adubação do milho. São Paulo, Insituto Brasileiro do Postassa, 1966.cap. 14, p.429-49.
9. GRAFHORST, J.V. & DLIVEIRA FILHO, J.M. Informe preliminar dos resultados do ano agrícola 1971/1972. Projeto FAO/ANDA/ABCAR. Belo Horizonte.ACAR,1974 . p. 10-13.

10. GRAFHORST, J.V. & OLIVEIRA FILHO, J.M.O. Informe preliminar dos resultados do ano agrícola 1972/1973. Projeto FAO/ANDA/ABCAR. Belo Horizonte. ACAR, 1974. p. 9-11.
11. INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena. Fertilizer management. III. Practices for maize. Results of experiments with isotopes Viena, 1970. 78p. (Tech. Reports Series, 121).
12. KURTZ, T.L. & SMITH, G.E. Nitrogen fertility requirements. In PIERRE N. L., ALDRICH, S.R.; MARTIN, W.P. Advance corn production. Principles and practices. Ames, The IOWA State University Press, 1967. Cap. 9, p. 197-230.
13. MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M. de; McLUNG, A.C. Efeitos da calagem e da fertilização de algodão, milho e soja em solos de cerrado. Matão, Instituto de Pesquisas IRI, 1963. 48 p. (Boletim, 29).
14. MIRANDA, L.T. Resultados de experimentos de adubação e sugestões para interpretação baseada na análise química do solo. In: CULTURA e adubação do milho. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potássio, 1966. Cap. 15, p. 451-72.
15. NOVAIS, R.F.; GALVÃO, D.G.; BRAGA, J.M. Efeito da adubação nitrogenada, população de plantas e híbridos sobre o tamanho das sementes de milho. Experientiae, Viçosa, 13 (2): 27-47, 1972.
16. NOVAIS, F.R.; BRAGA, J.M.; GALVÃO, S.D.; GOMES, F.R. Efeito de N, populações de plantas e híbridos sobre a produção de grãos e sobre algumas características agrônômicas da cultura do milho. Experientiae Viçosa, 12(10):341-82, 1971.
17. SANCHEZ, P.A. Nitrogen Fertilization. In:  
A review of soils research in tropical Latin America. s.l. 1973. p. 90-125 -  
(Tech. Bul. 219).
18. SAYRE, J.D. Mineral accumulation in corn. Plant Physiol. Washington, 23(3): 267-281, 1948. Citado por BERGER, J. Maize production and manuring of maize Geneva, Centre d'Etud de l'Azote, 1962. pt. 1, p. 67-70

19. UNIVERSIDADE RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS & ASSOCIAÇÃO DE CRÉDITO E ASSISTÊNCIA RURAL. Resultados parciais e relatórios dos ensaios de adubação de milho. Viçosa, 30p. 1967.
20. VERDADE, F.C. Estudo da variabilidade dos nitratos num solo tipo terra-rôxa' misturada. Bragantia, Campinas, 11: 269-76, 1951.
21. VIEGAS, G.P. Adubação do milho. II. Adubação mineral quantitativa. Bragantia, Campinas, 14: 149-70, 1955.

QUADRO 1 - Média de produção de milho (kg/ha) para os diferentes locais e níveis de nitrogênio 1967/68/69.

Níveis de N	L O C A I S													
	PATOS		GUARANÉSIA		PAINS		ROSÁRIO DE MINAS		CORONEL PACHECO		GUAXUPÉ		PASSOS	
	Produção	Índice	Produção	Índice	Produção	Índice	Produção	Índice	Produção	Índice	Produção	Índice	Produção	Índice
0	3.769	100	4.929	100	2.609	100	3.224	100	2.147	100	4.173	100	3.840	100
60	5.327	141	5.820	118	3.327	128	3.641	113	3.545	166	4.602	110	5.160	134
120	6.442	171	5.904	120	3.282	145	2.840	88	4.513	210	5.070	121	4.865	127
Solo	LRe		LBA		MVA		LAP		Aluvião		Integrade PVA- LBA		LE fase cerrado	

QUADRO 2 - Produção média de milho (kg/ha) por zonas do Estado de Minas Gerais.  
Convênio UREMG/ACAR - 1967.

ZONAS DO ESTADO	TRATAMENTOS (N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O kg/ha)			
	Testemunha	0-75-30**	75-75-30	Índice
Mata (18)*	2.562	2.831	3.740	132
Sul (7)	1.242	1.435	2.769	193
Triângulo (4)	1.144	1.920	3.445	179
Nordeste (2)	2.565	3.412	3.300	97
Oeste (3)	2.183	2.813	4.083	145
Centro-Pará (2)	50	530	1.965	371
Centro-Curvelo (2)	4.525	6.800	6.950	102
Norte (1)	3.600	4.500	4.400	109
Patos (3)	1.700	2.156	3.393	157
Média do Estado	2.200	2.536	3.561	140

\* Número de ensaios

\*\* O tratamento 0-75-30 foi tomado com índice 100.

QUADRO 3 - Dados de produção de milho em kg/ha extraídos dos relatórios do Projeto FAO/ANDA/ABCAR/MA em Minas Gerais - 1971/72/73.

L O C A I S	TRATAMENTOS ( N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O/ha)			
	0-0-0	0-45-30	45-45-30	90-45-30
1971/72				
Uberlândia (13)*	1.749	<u>2.821</u>	3.067	<u>3.856</u>
Patos de Minas ( 9)	1.416	<u>2.163</u>	2.250	<u>3.025</u>
Divinópolis ( 8)	1.849	<u>2.603</u>	2.862	<u>3.672</u>
Alfenas ( 8)	1.025	<u>2.378</u>	<u>3.429</u>	<u>3.431</u>
Lavras (14)	2.682	<u>3.419</u>	<u>3.943</u>	<u>3.950</u>
Pouso Alegre (15)	2.247	<u>3.619</u>	<u>4.192</u>	<u>4.771</u>
Governador Valadares (15)	2.345	2.428	3.421	3.340
1972/73				
Patos de Minas ( 2)	2.667	<u>3.125</u>	<u>4.646</u>	3.167
Divinópolis ( 5)	2.362	<u>2.565</u>	<u>3.191</u>	<u>3.816</u>
Lavras ( 4)	863	1.806	1.922	1.614
Muriae ( 6)	2.132	<u>3.493</u>	<u>3.704</u>	3.475
Gov.Val.-T.Otoni (15)	2.536	<u>2.987</u>	3.093	<u>3.492</u>

\* Número de ensaios.

FIGURA 1 - Absorção de nitrogênio na cultura do milho.

