

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E USO DE FERTILIZANTES E CORRETIVOS

NA CULTURA DO MILHO

Hélio Lopes dos Santos¹; Carlos Alberto Vasconcellos¹; Antonio Fernandino de Castro Bahia Filho¹; Gonçalo Evangelista de França¹ e João Carlos Garcia¹

1 - Introdução

O uso adequado do emprego de fertilizantes e corretivos aliados a outras práticas agrícolas como cultivares melhoradas, sementes de boa qualidade, boa densidade de plantas, controle de pragas e doenças e outras são fatores de extrema importância no processo do aumento da produtividade da cultura do milho.

No Brasil o consumo de fertilizantes cresceu a taxas realmente expressivas na década de 1970. Adotando-se o critério de regionalização do SIACESP, SOARES et alii (1983) calcularam que o consumo cresceu a uma taxa geométrica anual de 16,7% a.a., na região Norte-Nordeste (AM até BA), 11,7% a.a. na região Sul (RS e SC) e 13,8% a.a. na região Centro (MT até PR). Os dados anuais (Quadro 1) mostram, além da evolução citada, um decréscimo acentuado no consumo no ano de 1981, motivado em grande parte pela retirada do subsídio no financiamento de fertilizantes. Nas regiões Centro e Sul, principalmente, deve ter ocorrido ainda a utilização de estoques em mãos dos agricultores.

Dentre as culturas, no entanto, o consumo de fertilizantes para o milho é baixo (Quadro 2). As culturas de exportação (soja, cana e café) responderam por 51% do total de fertilizantes consumido no país, sendo que na cultura do milho foram aplicados apenas 7,4%.

Esta participação das culturas varia consideravelmente a nível regional. Com base no valor do fertilizante financiado, tem-se no Quadro 3, as comparações entre o valor financiado de fertilizante para a cultura do milho e o referente à cultura mais importante. Esta comparação evidencia não só o aspecto tecnológico da cultura envolvendo ainda outras variáveis tais como o acesso ao crédito, o tipo de agricultor, os riscos da cultura na região etc.

Pelos dados do Quadro 3, apenas na região Centro o valor do fertilizante financiado para o milho e de magnitude considerável, embora seja muito inferior a participação desta cultura na área total cultivada. Nestes anos (1974 a 1980) o valor dos fertilizantes empregados na cultura do milho cresceu a taxas de 17,7% no Norte-Nordeste, 9,4% no Centro e 24,15% no Sul. Estes valores, entretanto, não refletem com clareza, o crescimento da quantidade empregada, pois o preço real dos fertilizantes pode ter crescido acima da taxa

Pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo-EMBRAPA, Caixa Postal 151-Sete Lagoas-M.G.

de inflação. De qualquer forma, isto indica que, em média, os agricultores estariam tomando mais financiamentos para fertilizantes por área cultivada, visto que a área cultivada não se expandiu a taxas tão elevadas, no mesmo período.

QUADRO 1. Consumo Aparente de Fertilizantes por Regiões do Brasil, 1970-81

Anos	Norte/Nordeste		Centro		Sul	
	NPK (t)	Índice	NPK (t)	Índice	NPK (t)	Índice
1970	73.562	100	662.613	100	262.901	100
1971	95.040	129	709.131	107	360.865	137
1972	151.508	206	948.148	143	646.869	246
1973	141.483	192	1.050.242	159	487.422	185
1974	169.717	231	1.061.529	160	593.390	226
1975	135.339	184	1.280.182	193	562.171	214
1976	276.374	376	1.639.808	247	611.959	234
1977	319.691	435	2.003.259	302	885.946	337
1978	314.306	427	1.959.203	296	948.817	361
1979	348.900	474	2.152.900	325	962.000	366
1980	434.300	590	2.637.400	398	994.400	378
1981	422.500	574	1.737.000	266	493.800	188

Fontes: SOARES *et alii* (1983). Critério de regionalização do sindicato de adubos e colas do estado de São Paulo (SIACESP)

QUADRO 2. Estimativa do consumo de nutrientes ($N+P_2O_5+K_2O$) em diversas culturas (% total)

Cultura	%
Soja	19,9
Cana	16,1
Cafê	15,0
Arroz	8,2
Trigo	7,8
Milho	7,4
Hortaliças	5,0
Outras	20,6

Fonte: MALAVOLTA (1981)

QUADRO 3. Participação relativa do milho e da cultura mais importante no valor financiado para compra de fertilizantes^{1/} por região, 1974/80

Anos	Norte/Nordeste		Centro		Sul	
	Cana	Milho(9) ^{2/}	Soja	Milho(3) ^{2/}	Soja	Milho(4) ^{2/}
	%					
1974	64,1	0,2	20,3	10,2	42,5	3,8
1975	68,2	0,2	18,5	14,5	33,5	3,9
1976	71,7	0,4	20,5	14,4	41,9	4,7
1977	57,4	0,2	22,3	11,1	42,5	4,3
1978	60,8	0,2	21,3	11,7	47,8	5,7
1979	54,2	0,4	23,1	11,7	44,3	7,1
1980	60,2	0,4	16,6	11,6	42,2	10,9

Fonte: SOARES *et alii* (1983)

^{1/} Regionalização segundo a SIACESP

^{2/} O número entre parênteses representa a posição da cultura do milho entre os principais consumidores de fertilizantes na região

Uma estimativa do consumo médio de fertilizantes em alguns estados do Centro Sul do país na cultura do milho (Quadro 4) mostra que a situação é de pequena utilização de nutrientes, observando-se o menor uso no Rio Grande do Sul e o maior emprego no estado de São Paulo. Considerando-se o consumo médio de fertilizantes no país da ordem de 62 kg/ha (PEREIRA 1981) verifica-se que o milho ainda é uma cultura em que se emprega muito pouco fertilizante.

QUADRO 4. Estimativa de consumo médio de N, P₂O₅ e K₂O na cultura do milho por área cultivada em Estados do Centro Sul do Brasil. 1978

Estados	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
R.G. Sul	2,1	6,4	2,1	10,6
Santa Catarina	8,2	17,8	5,2	31,2
Paraná	2,4	14,7	5,7	22,8
São Paulo	14,1	28,6	16,3	59,0
Minas Gerais	5,3	10,4	5,9	21,6
Goiás	6,2	11,9	7,7	25,8

Fonte: MINAGRI (1977) e FIBGE. Elaboração CNPMS-EMBRAPA

Uma justificativa frequentemente citada para esta situação é a relação de preços milho/fertilizantes (Quadro 5).

QUADRO 5. Número de sacas de milho (60 kg) necessárias para adquirir 10 toneladas de fertilizantes⁽¹⁾, estado de São Paulo, 1969/80

Ano	Nº Sacas	Índice
1969	240	100
1970	250	104
1971	250	104
1972	260	108
1973	200	83
1974	450	188
1975 (2)	207 (345)	86 (143)
1976 (2)	183 (305)	76 (127)
1977	339	141
1978	231	96
1979	247	103
1980	422	176

Fonte: PEREIRA (1981)

^{1/} Preço médio ponderado posto em São Paulo

^{2/} Considerando o subsídio de 40% nos preços médios de fertilizantes. Os valores entre parênteses referem-se às relações sem subsídio.

Para a cultura domilho, considerando apenas os teores de nutrientes exportados pelos grãos, chega-se à conclusão que a produção de 1000 kg/ha está empobrecendo o solo. Conforme LOUÉ (1963), para se calcular as exportações ocasionadas pelos grãos pode-se admitir o teor médio de 1,45%, 0,65% e 0,40%, respectivamente para N, P₂O₅ e K₂O, nos grãos com teor de umidade a 15%. Isto significa que, em média, são retirados 25 kg de nutrientes/t de grãos. Por outro lado, tem-se que admitir que há maior necessidade de nutrientes de que aquela exportada pelos grãos. Embora varie com uma série de fatores, para se produzir 6.000 kg de grãos seriam necessários aproximadamente 130, 50, 100 kg de N, P₂O₅ e K₂O, LOUÉ (1963).

II - Exigências Nutricionais e Uso de Fertilizantes e Corretivos na Cultura do Milho

O conhecimento da exigência nutricional associada ao da marcha de absorção de nutrientes pela cultura do milho permite identificar os períodos de

suas maiores necessidades, assim como o de conhecer as quantidades de nutrientes que devam ser restituídos ao solo para manutenção do seu nível de fertilidade.

Deve-se, porém frisar que as quantidades de nutrientes extraídas pela cultura do milho são variáveis, modificando-se de acordo com o clima, culturas, fertilidade do solo, calagem, adubação e outros, fornecendo todavia uma boa visão da extração de nutrientes.

FURLANI *et alii* (1977) trabalhando com dois híbridos simples demonstraram existir diferenças genéticas na exigência e absorção de nutrientes e na conversão dos assimilados em grãos.

Trabalhos conduzidos por BARBER e OLSEN (1968) com elevado nível de produtividade ou seja com 9 t/ha de grãos de milho e 6,5 t/ha de restos culturais evidenciaram os seguintes resultados (Quadro 6).

QUADRO 6. Extração de nutrientes pela cultura do milho

Nutrientes	Extração	Extração	Extração	Extração	Extração
	t/grãos	t/restos culturais	total/t grãos e rest.cult.	grãos	Restos Culturais
	kg			%	
N	12,77	6,11	18,88	67,6	32,4
P	3,10	0,77	3,87	80,0	20,0
K	3,88	15,55	19,45	20,0	80,0
Ca	0,14	3,88	4,02	3,6	96,4
Mg	1,11	3,22	4,33	25,6	74,4
S	1,22	0,88	2,10	57,8	42,2
Zn	0,22	0,03	0,25	37,0	63,0

Fonte: BARBER e OLSEN (1968)

Através destes dados observa-se que no total, ou seja quando se considera a produção de grãos e de restos culturais, que os elementos extraídos em maiores quantidades são o potássio, nitrogênio, seguidos pelo magnésio, cálcio, fósforo e enxofre. Quando se considera somente a extração devido a remoção pelos grãos verifica-se que a ordem de extração é bastante alterada. Neste caso 80% do fósforo é translocado para os grãos seguido do nitrogênio (68%), enxofre (58%), magnésio (26%), potássio (20%) e cálcio (4%). Quanto a micronutrientes e considerando-se o zinco que tem apresentado maior resposta na produção de grãos de milho, verifica-se que a quantidade total extraída deste elemento é bem pequena (Quadro 6).

Tendo em vista a quantidade de nutrientes extraídas pelos restos culturais pode-se facilmente estimar o benefício de sua incorporação ao solo ao invés de eliminá-los como fazem alguns produtores.

A par das extrações dos nutrientes deve-se dar bastante atenção as fases de maiores necessidades dos elementos, já que existem períodos mais pronunciados de suas necessidades (Quadro 7).

QUADRO 7. Absorção de Nutrientes em Termos Percentuais Durante o Ciclo Vegetativo da Cultura do Milho

Nutrientes	Período (dias)			
	0 - 30	30 - 60	60 - 90	90 - 120
	%			
N	2,5	38,0	40,7	12,5
P	1,0	26,5	46,5	26,0
K	4,4	66,0	29,6	- 13,5
Ca	4,6	49,2	46,2	-
Mg	1,5	46,5	42,0	10,0

Fonte: Adaptado de MALAVOLTA et alii (1974)

Pelos dados apresentados verifica-se que a absorção de nutrientes nos primeiros 30 dias de emergência das plantas é bem reduzida, crescendo consideravelmente a partir deste período. Aos 90 dias, 81% do nitrogênio, 74% do fósforo, 100% do potássio e cálcio e 90% do magnésio já foram absorvidos pela cultura do milho.

III - Práticas que levam ao melhor uso de fertilizantes

III.1. Calagem

Dentre os componentes da acidez do solo (H^+ , Al^{+++}), sem dúvida, o Al^{+++} é o único responsável pela toxidez nas plantas, reduzindo assim a produtividade das culturas. O efeito tóxico deste elemento pode ser sumariado: deficiências minerais, alterações citológicas nas raízes e alterações bioquímicas.

Com relação ao emprego do calcário existem indagações diversas quanto à metodologia de recomendação (quantidade a ser aplicada), tempo de eficiência do corretivo, profundidade de incorporação do calcário, qualidade do corretivo, granulometria, interações com outros nutrientes e com sistemas de produção e resposta diferencial de variedades etc.

Resultados obtidos em um Podzólico Vermelho Amarelo com diferentes níveis de calagem em cultivos sucessivos de milho são apresentados a seguir (Quadro 8).

QUADRO 8. Produções obtidas (t/ha) em diferentes níveis de calagem em sete cultivos sucessivos. PVA com 1,1 eq.mg. de Al e 1 eq.mg de Ca + Mg/100 cc.

Cultivos	Nível de calagem t/ha				Total
	0	3	6	9	
1º	3,5	4,1	4,5	4,8	16,9
2º	4,3	5,6	6,1	6,5	22,5
3º	3,0	5,1	5,9	6,3	20,3
4º	2,6	5,1	5,6	6,4	19,7
5º	0,5	2,1	3,2	3,7	9,5
6º	0,3	2,0	3,3	3,7	9,3
7º	1,2	1,6	1,6	1,8	6,2
Total	15,4	25,6	30,2	33,2	

Fonte: CAMARGO et alii (1982)

Os cinco primeiros cultivos referem-se a produção de milho, enquanto que o 6º e 7º, referem-se respectivamente a algodão e soja.

As evidências demonstradas no Quadro 8 indicam que, geralmente, maiores quantidades de calcário levam a maiores produções ao longo dos anos e com ausência de alumínio tóxico por maior tempo. É provável, portanto, que a quantidade de calcário aplicada pelos agricultores esteja limitando a produção, principalmente ao se considerar que na maioria das vezes, são quantidades inferiores àquelas recomendadas. Verifica-se também que até o 4º cultivo estas diferenças não são acentuadas. Desta forma, a análise de solo, caso seja efetuada com maior frequência, tenderia a indicar novas aplicações do corretivo.

III.2. Tempo de incorporação do corretivo

No Quadro 8 também se verifica que as maiores produções foram obtidas no 2º ano após a aplicação do corretivo, sendo viável acreditar-se que, mesmo com menores aplicações, há um efeito residual por quatro anos. Por outro lado, para as doses maiores de calcário as produções deveriam manter-se em níveis mais elevados por um período mais longo.

Dados do CNPMS em um Latossolo Vermelho Escuro, distrófico, textura ar-

gilosa, permite inferir que em comparação com o tratamento testemunha, as condições climáticas não afetaram o aumento de produção obtida com a aplicação do calcário. Neste caso, como as adubações fosfatadas foram aplicadas no sulco de plantio, anualmente, houve uma melhoria paulatina da fertilidade e aumento da eficiência do corretivo até o 4º ano.

Resultados verificados nos dados obtidos em NCSU (1978) demonstram a necessidade de se aplicar mais fósforo para superar o efeito do alumínio. Apesar da resposta diferencial entre cultivares, foi evidente a exigência das maiores aplicações de fósforo.

III.3. Profundidade de incorporação

A eliminação de toxidez de alumínio em camadas mais profundas, tanto pela precipitação do Al na forma de $Al(OH)_3$ como por aumento de bases no complexo sortivo do solo, permite um maior desenvolvimento do sistema radicular, exploração de um volume maior do solo com o conseqüente aumento de produção, resistência a déficit hídrico e maior eficiência no aproveitamento dos fertilizantes aplicados (Quadro 9).

Esta profundidade de incorporação de corretivos, principalmente onde se explora grandes áreas em monocultivo é de difícil execução devido ao uso de grade-aradora que permite incorporação a uma profundidade máxima de 15 cm. Os dados apresentados por ERICO *et alii* (1976) demonstraram a necessidade de se reduzir a saturação de alumínio, em camadas abaixo de 15 cm, para menos de 30% para se obter máximas produções contínuas (Quadro 9).

QUADRO 9. Efeito de profundidade de incorporação de calcário, em LE, sobre a produção do milho⁺¹.

Calcário t/ha	Prod. Incorporação(cm)	Produções - kg/ha			Total
		1º Cultivo	2º Cultivo	3º Cultivo	
0	-	2115	4569	880	7564
2	0 - 15	3423	5281	1474	10178
	15 - 30	4340	5860	2580	12780
4	0 - 15	4004	5903	2265	12172
	15 - 30	4797	6682	3058	14537

⁺¹ Solo com 1.1 eq.mg de Al⁺⁺⁺ e 0,68 eq.mg de Ca + Mg/100 cc

Fonte: ERICO (1976)

III.4. Granulometria do corretivo

A granulometria do material corretivo exerce considerável efeito na sua reação com o solo. Partículas mais finas reagem mais rapidamente; partículas mais grosseiras, mais lentamente.

CAMARGO (1976) verificou que os calcários com grau de finura abaixo de 70 mesh foram tão eficientes em neutralizar o alumínio quanto os de granulometria mais fina, quando o solo foi incubado com o corretivo até os 90 dias. Acima de 90 dias de incubação, VERLÊNGIA e GARGANTINI (1972) limitaram a eficiência do corretivo a partículas inferiores a 50 'meshes'. Fica, entretanto, a indagação se na prática a nível de campo está se corrigindo a quantidade do corretivo para o PRNT 100%.

III.5. Teores de cálcio e magnésio

Através da calagem incorpora-se, ao solo, quantidades elevadas de cálcio e de magnésio em diversas proporções dependendo da origem do material corretivo. Como o desequilíbrio no balanço de Ca e Mg prejudica o desenvolvimento das raízes e da parte aérea das plantas (SILVA, 1980), deve-se procurar dar mais ênfase às qualidades químicas do corretivo ou mesmo, corrigí-lo com outros fertilizantes que contenham magnésio na sua composição. Demonstra também a importância do equilíbrio entre os teores de cálcio e de magnésio no solo. O melhor equilíbrio foi obtido na relação Ca:Mg de 3:1, com uma saturação de cálcio ao redor de 65% (SILVA, 1980).

IV - Adubação Verde - Rotação de Cultura - Restos Culturais

A matéria orgânica contribui de modo decisivo em muitas propriedades físico-químicas do solo. Como por exemplo: capacidade de troca de cátions, formação de complexos e quelatos com numerosos íons, retenção de umidade etc. Além disso, os compostos orgânicos constituem a fonte de energia e de elementos para numerosos microorganismos do solo e como fonte de nutrientes aos vegetais superiores.

Do ponto de vista químico, a maioria dos solos do Brasil são ácidos, baixa disponibilidade de nutrientes e baixa CTC, LOPES (1975).

Em função de sua origem e grau de decomposição, dados obtidos por diversos autores (BROADBENT, 1953; Van RAIJ, 1969), mostram que a CTC da matéria orgânica pode variar deste 60-70 até 300-400 eq.mg/100g de material. Para as condições do Estado de São Paulo, a CTC da matéria orgânica variou de 190 a 400 eq.mg/100g de material, o que representou uma contribuição média de 74% da CTC do solo para amostras superficiais, Van RAIJ (1969). Estes dados, portanto, demonstram a importância da matéria orgânica na agricultura tropical.

Os dados apresentados por MUZILLI et alii (1983) demonstram a importância

cia da adubação verde de inverno com tremço-branco (*Lupinus albus* L.) em recuperar a capacidade produtiva de um solo degradado pelo seu uso intensivo. A A lém disso, contribuiu para reduzir os gastos com fertilizante nitrogenado.

Outros autores como NEME, (1955), VIEIRA, (1961) também têm demonstrado os efeitos benéficos da adubação verde tanto exclusiva como intercalar. A adubação verde, portanto, é uma prática viável para se aumentar a produção do milho, entretanto, vários aspectos devem ser observados, principalmente no que se refere à perda de produção de grãos, em razão da ocupação da área pela leguminosa durante um ano agrícola.

No CNPMS, em solo LE textura argilosa, fase mata seca, procurou avaliar o efeito da adubação verde com leguminosas perenes e preparo de solo sobre a produção de milho. Após o terceiro ano de ensaio verificou-se que todas as leguminosas foram praticamente extintas nos tratamentos com preparo convencional do solo. No quadro 10 estão apresentadas as produções de milho em função das leguminosas perenes quando no plantio direto. É interessante salientar que a leguminosa *Galactia striata* foi a que promoveu as maiores produções, inclusive, na ausência de adubação nitrogenada.

Aliado ao aspecto da adubação verde está a permanência dos restos culturais na área de plantio. Conforme MELLO et alii, (1979) a adição de restos culturais de milho, influenciou nas características físicas e químicas do solo, aumentando o pH, reduzindo o Al⁺⁺⁺ trocável e aumentando a capacidade de retenção de umidade dos solos estudados.

QUADRO 10. Produção média, em t/ha utilizando plantio direto, na presença e ausência de leguminosas e de nitrogênio mineral.

Nível de N (kg/ha)	Leguminosas				Testemunha
	Centrosema	Galactia	Siratro	Soja Perene	
0	2,3	3,9	1,9	3,0	2,7
40	3,0	4,6	3,3	4,5	4,3
80	4,2	4,3	4,0	4,4	5,2
\bar{x}	3,2	4,3	3,1	4,0	4,1

Fonte: EMBRAPA, 1981

O efeito da rotação soja x milho, de modo análogo à incorporação da leguminosa de inverno em trabalho de MUZILLI et alii (1983), favoreceu o aumento da produção de milho e economia na adubação nitrogenada, MASCARENHAS et alii (1979).

Como demonstrado (Quadro 11) em LE fase cerrado, o milho cultivado a-

pós soja apresentou uma produção 8% superior ao milho contínuo.

QUADRO 11. Efeito da adubação nitrogenada em milho contínuo e milho após soja. Sete Lagoas, 1982.

Nitrogênio	Milho Contínuo	Milho após soja	Aumento pela rotação %
	_____ t/ha _____	_____	
0	2,9 (73) ⁽¹⁾	3,1 (67)	8
40	3,2 (82)	4,3 (92)	25
60	3,7 (93)	4,3 (92)	23
80	3,9 (100)	4,4 (95)	12
120	3,9 (100)	4,3 (93)	9
160	3,5 (89)	4,7 (100)	25

(1) 0 número entre parênteses corresponde à produção relativa

Com o emprego da adubação nitrogenada a rotação soja x milho permitiu aumentos na produção do milho, superiores a 20%, apesar da variação com o nível de N aplicado.

O efeito benéfico da rotação soja milho também foi verificado por CRUZ (1982) em solo com alto potencial de produção. Portanto, além do efeito dos nutrientes incorporados nos resíduos vegetais, há o próprio efeito da rotação independente do preparo de solo.

V - Adubação nitrogenada

Quanto aos adubos nitrogenados, dado a grande mobilidade do elemento, sua eficiência de utilização na região tropical e baixa, situando-se ao redor de 50%. Neste caso a adubação parcelada beneficia seu melhor aproveitamento. Por outro lado, há uma população de milho adequada ao melhor uso dos fertilizantes. Assim, quanto maior a população de plantas, maior é a exigência em nutrientes. Trabalhos desenvolvidos por VASCONCELLOS *et alii* (1983) com produções superiores a 6.000 kg de grão/ha, revelou que a quantidade de N (60 kg/ha) foi insuficiente para repor as quantidades extraídas somente pelos grãos. Neste mesmo trabalho, observou-se diferença entre cultivares quanto a taxa de conversão de nutrientes assimilados em grãos. Há, portanto, um caminho a ser perseguido quanto a eficiência de materiais em utilizar mais eficientemente os nutrientes aplicados.

Um outro fator muito importante no aproveitamento do nitrogênio na cultura do milho refere-se ao controle das plantas daninhas. Assim é que BLANCO

et alii (1976) citado por GELMINI (1982) mostraram que o controle de mato em uma população de plantas daninhas de 202 indivíduos por metros quadrados resultou numa economia considerável de nitrogênio. Observou-se que para obter 4.000 kg/ha de grãos foi necessário controlar o mato e aplicar 40 kg de N/ha em cobertura ou não controlar o mato e aplicar 100 kg de N/ha, ou seja, 2,5 vezes mais nitrogênio. Estas informações mostram que o retardamento do primeiro cultivo até por ocasião da adubação nitrogenada em cobertura poderá resultar em baixa eficiência da adubação com a consequente redução na produtividade do milho.

O modo, época de aplicação e fonte de fertilizantes nitrogenados podem também afetar sua eficiência de aproveitamento. Assim é que a perda da uréia por volatilização pode ser apreciável quando o adubo é aplicado à superfície do solo e quando o seu teor de umidade for baixo. Pode-se também observar que a perda de N quando se usa o sulfato de amônio é praticamente nula (Quadro 12).

QUADRO 12. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia em solo Arroio dos Ratos

Fontes	N aplicado kg/ha	Métodos de aplicação	1/ Amônia volatilizada		2/ Produção de grãos kg/ha
			Total kg/ha	% do N aplicado	
Uréia	80	Superficial	11,61	14,5	4.810
		Enterrado	6,89	8,6	4.300
	160	Superficial	29,39	18,4	4.150
		Enterrado	8,64	5,4	4.030
Sulfato de amônio	80	Superficial	0,45	0,6	3.630
		Enterrado	0,05	0,1	4.990
	160	Superficial	0,05	0,4	4.540
		Enterrado	0,14	0,1	4.400

Fonte: CAMPOS e TEDESCO, 1979

1/ Amostras tomadas 14 dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados.

2/ Os dados de produção são para a cultura de milho.

Observa-se que as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia podem ser reduzidas com a incorporação do fertilizante ao solo.

A eficiência da adubação também pode ser comprometida quando o controle de erosão não é satisfatório, acarretando perdas de nutrientes. A quantidade de nutrientes que um solo perde por erosão depende de vários fatores, tais como declividade do terreno, quantidade, intensidade e frequência de precipitação, teor de N no solo, textura e estrutura, cobertura do solo e práticas conservacionistas tais como terraceamento, cordões em contorno, plantio em nível etc.

GROHMANN e CATANI (1949) estimaram uma perda por erosão de 46,5 kg N/ha⁻¹ ano⁻¹ em solo arenito de Bauru.

BRADY (1974) em trabalhos conduzidos em Missouri encontrou valores elevados (média de 2 anos) para perdas de nutrientes por erosão (Quadro 13). O autor comenta que os valores elevados são justificáveis porque o material fi no erodido é mais fértil do que o solo como um todo. Dados experimentais tem indicado valores de matéria orgânica e N até cinco vezes maiores em material erodido, do que no solo original.

QUADRO 13. Nutrientes removidos anualmente em um experimento de erosão em Missouri.

Tratamento	Nutriente removido (kg/ha)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Remoção por erosão						
Milho contínuo	66	18	605	220	87	17
Rotação: milho, trigo e trevo	26	8	214	85	29	6
Remoção por cultura						
Média de uma erosão padrão	120	22	100	40	30	20

VI - Fósforo

Do lado do nitrogênio, o fósforo é um dos elementos que mais limita a produção de milho em solos tropicais sendo sua baixa disponibilidade de ampla distribuição no Brasil (LOPES, 1975). Esta disponibilidade caracteriza-se pela sua baixa atividade em solução, valores elevados de capacidade tampão e presença de fósforo ligado a alumínio e algumas vezes a ferro como principal componente do fator quantidade que usualmente é avaliado por extratores químicos.

Em contraste com o nitrogênio as formas de fósforo no solo são bastante estáveis não se perdendo por volatilização ou lixiviação. Esta alta estabi-

lidade está diretamente relacionada com a alta capacidade de fixação de fósforo por constituintes do solo. Sabe-se que apenas 20% do fósforo aplicado ao solo são prontamente aproveitados pelos vegetais, pois grande parte é fixado em formas menos solúveis. Quanto ao fósforo fixado, apesar da magnitude da energia de retenção, poderá ser liberado para cultivos posteriores.

Dentro deste quadro, o tipo de fosfato, a quantidade e o modo de sua aplicação constituem variáveis importantes associadas à capacidade de aproveitamento do fósforo pelos vegetais. Usualmente quanto maior o teor de P_2O_5 solúvel em água melhor é a fonte do fertilizante fosfatado.

Pela comparação dos métodos de aplicação de fertilizantes fosfatados (sulco, lanço e em faixa), foi possível verificar-se que a adubação em faixa pode aumentar a eficiência na utilização do fertilizante fosfatado. Em linhas gerais com a aplicação de 50 kg de P_2O_5 /ha na forma de superfosfato triplo, a adubação em faixa apresentou uma produção 50% superior àquela com adubação no sulco de plantio (médias de 3 anos), EMBRAPA (1981). O suprimento correto de outros nutrientes, na cultura do milho tais como o nitrogênio, potássio, magnésio e zinco também está associado ao aproveitamento dos fertilizantes fosfatados.

VII - Potássio

Analisando 518 amostras de solos, tomadas em uma área de aproximadamente 600.000 km² do Brasil Central, LOPES (1975) verificou que 85% destas amostras apresentaram teor de K disponível inferior ao nível crítico de 60 ppm. Todavia as respostas ao fertilizante potássico nestes solos não foram tão acentuadas como as verificadas para calcário e fósforo. Como observado através da análise do K não trocável, que a capacidade de fornecimento das demais formas esteja limitando as respostas nos ensaios de curta duração.

É o cation mais abundante na planta, sendo notável a diferença na velocidade de absorção quando comparado com outros elementos. Sua absorção é lenta nos primeiros trinta dias após a emergência das plantas, aumentando consideravelmente a partir deste período até aproximadamente aos 60 dias (Quadro 7).

A remoção do potássio do solo se faz de maneira acentuada através dos restos culturais (Quadro 6), podendo rapidamente ocorrer sua deficiência quando se utiliza o milho como planta forrageira e onde não haja a reposição adequada do potássio removido. O mesmo poderá ocorrer em área para produção de grãos de milho cultivada por muitos anos.

VIII - Conclusões

É claro que muito há por se explorar no que se refere à eficiência do uso de fertilizante e aumento de produtividade. De qualquer forma, fica evidente que, no milho, tem-se usado pouco fertilizante e corretivos e, grande parte da baixa produtividade pode estar associado a este fator.

Outro aspecto a ser considerado refere-se ao baixo nível tecnológico da cultura no Brasil. Desta forma, o fertilizante empregado tem sua eficiência reduzida em função de outras práticas executadas de forma imperfeita (tratos culturais e população de plantas p.ex.). Para o incremento no uso de fertilizantes é necessário ao mesmo tempo ajustar uma série de outras práticas que compõem o sistema de produção e que representariam pequeno ônus para o produtor. Outro argumento é de que as lavouras de milho são instaladas em áreas de fertilidade natural mais elevada, sendo que com o seu decréscimo a cultura seria deslocada para outros locais.

É de se esperar que nos próximos anos ocorra uma redução no uso de fertilizantes na cultura. Os juros altos e as incertezas geradas pela inflação desestimulam qualquer atividade de investimento. A capacidade de suprimento de nutrientes do solo é que determinará as exigências de reposição e esta só se verificará quando surgirem novas condições econômicas favoráveis (acréscimos no preço do milho ou redução no do fertilizante, novos programas de financiamento etc) ou quando os recursos naturais foram dilapidados de tal forma que a resposta ao uso de adubos passe a compensar, mesmo em condições econômicas desfavoráveis.

O suprimento de adubos, em níveis econômicos, portanto, é um fator limitante para que, não só o milho, mas a agricultura como um todo, consiga atingir os objetivos básicos da década de 80.

Literatura Citada

- BARBER, S.A. & OLSEN, R.A. Fertilizer use on corn. In: NELSON, L.B.; MCVICKAR, M.H.; MUNSON, R.D.; SEATZ, L.F.; TISDALE, S.L. & WHITE, N.L. Changing patterns in fertilizer use. Madison, Soil Science of América, 1968. p. 163-88.
- BRADY, N.C. Liquid Losses of soil water and their control. In: _____ The nature and properties of Soil. New York, MacMillan, 1974. Cap. 9. p.242-276.
- BROADBENT, F.E. The soil organic fraction. Advances in Agronomy, New York, 5: 153-83, 1953.
- CAMARGO, A.P. Influência da granulometria de seis materiais corretivos, na neutralização da acidez do solo. Bragantia, Campinas, 35(39):CI-CVI, 1976.
- CAMARGO, A.P. de; RAIJ B.Van; CANTARELLA, H.; ROCH, T.R. da; NAGAI, V.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho seguidos de algodão e soja. Pesq. agropec. bras. Brasília, 17(7): 1007-12, 1982.
- CAMPOS, A.X. de & TEDESCO, M.J. Eficiência da uréia e do sulfato de amônio na cultura do milho (*Zea mays* L.). Agron. Sulriograndense, Porto Alegre, 15(1):119-25, 1979.
- CRUZ, J.C. Effect of crop rotation and tillage systems on some soil properties, root distribution and Crop Production. West Lafayette, Purdue University, 1982. 220p. (Tese PhD).
- EMBRAPA. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1979-1980. Sete Lagoas. EMBRAPA, 1981. p.63-65.
- ERICO, E.G.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C.; SOARES, W.V. & LOBATO, E. Efeito da profundidade de incorporação de calcário na cultura do milho em solo ácido de cerrado no Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais... Campinas, SBCS, 1976. p.299-302.
- FURLANI, P.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, Q.C.; & SILVA, W.J. Acúmulo de macronutrientes, de selênio e de matéria seca por dois híbridos simples de milho. Bragantia, Campinas, 36(22):223-9, 1977.
- GELMINI, G.A. Controle de plantas daninhas na cultura do milho. Campinas, CATI, 1982. 24p. (Boletim Técnico, 158).
- GROHMANN, F. & CATANI, R.A. O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura do algodoeiro no solo Arenito de Bauru. Bragantia, Campinas, 9:125-32, 1949.

- LOPES, A.S. A survey of the fertility status of soil under "cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, Department of Soil Science, North Carolina State University, 1975. 138p. Tese de Mestrado.
- LOUÉ, A. Estudo comparativo das exigências minerais de algumas variedades de milho híbrido. Fertilite, 20:22-3, 1963.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de & BRASIL SOBRINHO, M.O.G. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 752p.
- MALAVOLTA, E. Necessidade de alimentos e política de fertilizantes. Pesq. agropec. bras., Brasília, 16(1):1-26, 1981.
- MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.L.; POMMER, E.V. & SAWAZAKI, E. Efeito do nitrogênio residual de soja na produção de milho. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1, Londrina, 1978. Anais ... Londrina, EMBRAPA/CNPSO, 1978. p.307-18.
- MELLO, F. de A.F. de; ARZOLLA, S.; PORTA, A.; FERRAZ, V. & MANIELO, M.A. Efeitos de alguns corretivos no controle da acidez do solo. R. Agric., Piracicaba, 54(4):191-4, 1979.
- MIRANDA, J.C.C. de. Influência de fungos endocorrízicos inoculados a campo, na cultura do sorgo e da soja em um solo sob cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 6:19-23, 1982.
- MINAGRI - Ministério da Agricultura. Perspectivas da agricultura brasileira para 1977-78. Brasília, 1977. 121p.
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C.; TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. Pesq. agropec. bras., Brasília, 18(1):23-7, 1982.
- NEME, N.A. Cultura da mucuna. O Agrônomo, Campinas, 7(5-6):5-13, 1955.
- NCSU-Agronomic-economic research on soils of the Tropics. Annual Report for 1976-1977. Raleigh, 1978. p.129.
- PEREIRA, G. Situação dos fertilizantes no Brasil em 1981. Brasília, SNAP/MA, 1981. 38p.
- RAIJ, B. Van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e mineral em solos. Bragantia, Campinas, 28:85-112, 1969.
- SILVA, J.E. da. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob cerrado. Pesq. agrop. bras., Brasília, 15(3):329-33, 1980.
- SOARES, A.C.M.; BARROS, J.R.M. & CARMO, A.J.B. Avaliação e perspectivas do comportamento da demanda de fertilizantes no Brasil. R. Econ. Rural, Brasília, 21(1):29-60, Jan./Mar. 1983.

- VASCONCELLOS, C.A.; BARBOSA, J.V.A.; SANTOS, H.L. dos & FRANÇA, G.E. de. Acumulação de massa seca e de nutrientes por duas cultivares de milho com e sem irrigação suplementar. Pesq. agropec. bras., (no prelo).
- VERLÊNGIA, F. & GARGANTINI, H. Estudo sobre a eficiência de diferentes frações granulométricas de calcário no solo. Bragantia, Campinas, 31(10):119-28, 1972.
- VIEIRA, C. Efeito da adubação verde intercalar sobre o rendimento do milho. Experientiae, Viçosa, 1(1):1-24, 1961.