

MILHO EM DUAS PROFUNDIDADES DE INCORPORAÇÃO DE CALCÁRIO E SUPERFOSFATO^{1/}

Herminia E.P. Martinez^{2/}
Manoel L.F. de Athayde^{3/}
Cláudio Horst Bruckner^{2/}

1. INTRODUÇÃO

A região dos cerrados constitui-se na fronteira de expansão agropecuária do País, representando cerca de um quarto do território nacional, embora apresente limitações ao desenvolvimento da maior parte das plantas cultivadas. Dentre os problemas que afetam sua produção agrícola destaca-se a baixa fertilidade dos solos, com carência acentuada de fósforo, pobreza generalizada de nutrientes, baixo pH e quantidades elevadas de alumínio e manganês.

No que diz respeito à distribuição anual de chuvas, há um período nitidamente seco, de seis a sete meses, e um período de chuvas abundantes, de quatro a cinco meses. O período das águas é marcado por veranicos, que chegam a durar até cerca de trinta dias e que, quando ocorrem em fases críticas do desenvolvimento das plantas, como o florescimento, comprometem seriamente a produção.

RIZZINI (12), em estudos sobre a flora dos cerrados, relata que as espécies nativas de tais regiões não sofrem deficiência hídrica e apresentam características anatômicas e morfológicas bem distintas das das espécies nativas de regiões secas, como a caatinga. Têm distribuição de estômatos e padrão de transpiração que não denotam carência hídrica. Isso ocorre porque essas espécies são adaptadas à acidez provocada pelo alumínio e conseguem desenvolver seus sistemas radiculares até profundidades maiores, onde encontram suprimento adequado de água.

Em estudos sobre a quantidade de incorporação de calcário em solo de cerrado, com a cultura do milho, ERICO *et alii* (6) observaram que as produções foram

^{1/} Aceito para publicação em 12-01-1988.

^{2/} Departamento de Fitotecnia da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Fitotecnia da F.C.A.V.J. 14.870 Jaboticabal, SP.

significativamente maiores com aplicações de 4 ou 8 t/ha de calcário, incorporado a 30 cm de profundidade. Verificaram ainda que a incorporação profunda de calcário possibilitou uma diminuição dos déficit hídricos durante a ocorrência dos veranicos. Ensaios de incorporação de diferentes doses de calcário até 15 ou 30 cm de profundidade, em solos do tipo LVE, foram conduzidos no CPAC (3) com a cultura do milho. A incorporação até 30 cm de profundidade proporcionou produções de grãos significativamente maiores. Também os efeitos residuais foram melhores quando se fez incorporação mais profunda. Observou-se ainda que a incorporação até 30 cm propiciou maior desenvolvimento do sistema radicular, melhorando o aproveitamento de água e nutrientes.

Segundo BARBER (1), num dos mecanismos de absorção do fósforo, as raízes o retiram da solução do solo em quantidades proporcionais à concentração. Tal retirada promove um decréscimo na sua concentração nas superfícies radiculares, fazendo com que elas se alonguem, para interceptarem o nutriente em outras regiões. Cálculos baseados na concentração de fósforo na solução do solo e na quantidade de água transpirada pelo milho em solos altamente férteis mostram que esse mecanismo supre de 4 a 5% das necessidades totais de fósforo da planta. Plantas com sistema radicular extenso e constituído de raízes finas exploram grande volume de solo, para absorverem fósforo. Qualquer fator que impeça o bom desenvolvimento das raízes, como presença de substâncias tóxicas no solo (alumínio e manganês, principalmente), certamente diminuirá a absorção de fósforo pelas raízes.

Nye e Foster, citados por RUSSEL (13), mostraram que culturas anuais, tais como o milho, têm a absorção de fósforo aumentada de 7 a 15%, quando este é colocado no solo à profundidade de 30 cm.

De acordo com TINKER (14), o efeito da adubação no sistema radicular de uma cultura depende, entre outros fatores, da fertilidade do solo, porém, se este é pobre em nutrientes, uma adequada aplicação de fertilizantes propiciará um sistema radicular mais forte e mais desenvolvido. O sistema radicular terá, também, potencial para alcançar maiores profundidades.

O enriquecimento do subsolo com P e N pode incrementar a proliferação de raízes (4), sendo possível que o P aplicado no subsolo promova o aprofundamento radicular, o que resultará em melhor aproveitamento da água e do nitrato. Com base nessas considerações, realizou-se um ensaio, em solo de cerrado, em Selvíria, MS, visando avaliar os efeitos da incorporação profunda de calcário e superfosfato sobre o crescimento e produção da cultura do milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado na fazenda experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira — UNESP, localizada no município de Selvíria, MS, em LVA de cerrado (Quadro 1). Foram testados os efeitos da incorporação de calcário e de superfosfato (de 0 a 10 e de 0 a 30 cm de profundidade) sobre a cultura do milho, variedade Piranão. Foi empregado o delineamento experimental em blocos ao acaso, num arranjo fatorial 2^2 , com cinco repetições e parcelas de 100 m².

Empregaram-se 1,2 t/ha de calcário dolomítico, com 85% de PRNT, e 1000 kg/ha de superfosfato simples. O primeiro foi incorporado ao solo com antecedência de 30 dias e o segundo imediatamente antes da semeadura. Aplicaram-se, ainda, 200 kg/ha de sulfato de amônio, 270 kg/ha de cloreto de potássio, em operação conjunta com a semeadura, e 200 kg/ha de sulfato de amônio, em cobertura, 35

QUADRO 1. Análise do solo, anterior à semeadura. Selvíria, MS, 1982

C %	pH em água	ug/ml		emg/100 ml TFSA	
		P	K ⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺²	Al ⁺³
1,1	4,7	7	75	2,3	0,5

dias após a emergência.

Na profundidade de 0 a 10 cm de profundidade, a distribuição do material sobre as parcelas foi superficial, sendo a incorporação feita através de gradagem. Na profundidade de 0 a 30 cm, através da abertura de sulcos profundos, em cujas paredes o corretivo ou o fertilizante era distribuído a lanço. Foi empregado um sulcador de cana para abrir os sulcos, com gradagens de uniformização após a aplicação do calcário e do superfosfato.

A semeadura foi realizada em 26/11/81, sendo um tanto tardia, por motivo do atraso das chuvas, que se iniciaram em meados de outubro. Após a semadura, aplicaram-se 4 l/ha da mistura comercial dos herbicidas atrazine e metilachlor (Primextra 500 FW), em pré-emergência. Dez dias após a germinação, fez-se necessário o controle da lagarta-do-cartucho, realizado com carbaryl (Sevin), na dosagem de 1,5 kg/ha, em pulverização. A colheita ocorreu em 28/03/82.

Avaliaram-se a altura das plantas, o número de folhas, o peso da matéria seca das partes das plantas, o peso da matéria seca da parte aérea, a porcentagem de cada parte no peso da matéria seca da parte aérea, a área foliar (A) e o índice de área foliar (L), aos 30, 50 e 70 dias após a germinação, a taxa de crescimento relativo médio (R_W) entre 30 e 50 e 50 e 70 dias, além da taxa de assimilação aparente média (E_A) entre 30 e 50 dias após a emergência. Avaliaram-se, ainda, o peso da matéria seca das raízes aos 70 dias e a produção de grãos no final do experimento.

As avaliações da parte aérea foram feitas ao acaso em 10 plantas de cada parcela, em seqüência linear. Evitaram-se apenas as três linhas centrais de cada parcela, reservadas para a avaliação da produção de grãos. As 10 plantas escolhidas eram medidas e o número de folhas contado, após o que elas eram cortadas na altura do colo, levadas ao laboratório e separadas em folhas verdes, folhas secas, caules mais bainhas, espigas e pendão. Esse material era então seco, a 75°C, em estufa de circulação de ar, e pesado.

Para estimar a área foliar (A), tomaram-se ao acaso 40 folhas verdes de cada parcela. Mediram-se o comprimento e a largura, multiplicando-se os valores entre si e pelo fator 0,75, determinado, em 1911, por Montgomery, citado por FRANCIS *et alii* (7). Segundo FRANCIS *et alii* (7), tal fator é muito eficiente. McKEE (8) não encontrou diferenças consistentes entre fatores determinados em 1.128 folhas de 133 plantas de milho de oito variedades diferentes, em diferentes posições na planta, com diferentes idades, em épocas do ano distintas, cultivadas no campo ou em casa de vegetação. A somatória dos valores encontrados forneceu a área das 40 folhas. Após a secagem, correlacionaram-se o peso da matéria seca e a área foliar das 40 folhas com o peso da matéria seca total das folhas verdes, determinando-se

a área foliar das 10 plantas amostradas por parcela. L , R_W e E_A foram calculados de acordo com EVANS (2) e MAGALHÃES (10), usando-se para E_A a equação linear, já que os valores médios de R_W/R_A situaram-se entre 1,47 e 1,54.

Os sistemas radiculares foram avaliados através da abertura de trincheiras e retirada de blocos de solo com raízes até a profundidade de 50 cm, conforme indica a Figura 1. As amostras foram levadas ao laboratório, para destorroamento, catação, lavagem, secagem, a 75°C, e pesagem das raízes.

Para avaliar a produção de grãos, colheram-se as espigas de 5 m das três linhas centrais de cada parcela. A colheita deu-se em 28/03/82.

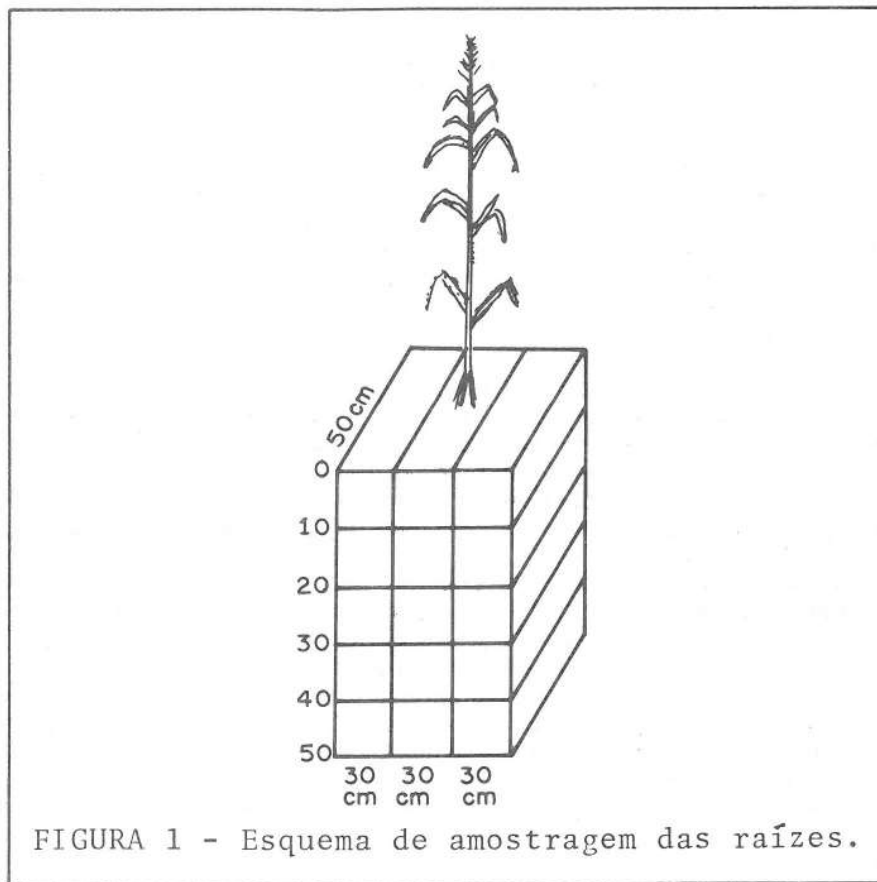


FIGURA 1 - Esquema de amostragem das raízes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferenças significativas na altura e número médio de folhas aos 30, 50 e 70 dias após a germinação, conforme os tratamentos (Quadros 3 e 4).

Nas produções médias de matéria seca (MS) de folhas verdes, folhas secas, folhas, caules mais bainhas, pendões, espigas e parte aérea como um todo não se observaram efeitos dos tratamentos nos primeiros 30 dias após a germinação (Quadros 5 e 6). Nesse período as chuvas foram abundantes e bem distribuídas, não havendo limitação hídrica para os tratamentos (Quadro 2).

QUADRO 2 - Precipitação (mm) diária de outubro de 1981 a março de 1982. Selvíria, MS, 1982

Dia	Mês					
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
01	0	0	30,7	0	1,1	14,2
02	0	5,2	2,5	25,4	1,8	0
03	0	9,6	0	0	10,2	0
04	0	12,0	0	0	22,8	0
05	20,2	0	0	0	22,0	0
06	0	28,2	0,8	0	5,0	0
07	0	0	1,8	9,8	0	0
08	0	0	10,0	5,7	0	68,4
09	0	25,0	0,5	45,6	0	38,4
10	0	0,2	0	0	0	51,4
11	0,7	0	13,9	23,9	0	35,4
12	0,5	0	0	0	0	0
13	0	6,0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	73,4
15	2,5	0	9,0	0	0	0
16	0	0	5,0	0	2,8	18,6
17	0	0	23,4	0	0	9,4
18	0	35,4	4,0	0	0	0
19	8,6	9,6	0	0	0	20,6
20	0	13,2	56,2	0	0	0
21	0	0	0	0	0	54,2
22	0	0	6,3	0	0	0
23	0	0	4,5	1,8	1,5	11,2
24	0	0	0	0	12,4	0
25	0	0	0	0	3,4	0
26	26,0	0	27,6	0	0	0
27	45,0	0	0	1,6	0	0
28	11,6	30,2	0	7,2	0	0
29	1,7	2,9	0	0	-	0
30	0	13,8	0	0	-	0
31	0	-	0	0,9	-	0
Total	116,8	191,3	196,2	121,8	83,5	394,8

Entre 30 e 50 dias após a germinação apareceram diferenças. Houve efeito significativo dos tratamentos no peso da matéria seca produzida por caules mais bainhas, pendões, espigas e parte aérea como um todo (Quadros 5 e 6). Houve uma estiagem de cerca de quinze dias no final dessa fase e início da seguinte, coincidente com o final da fase vegetativa e início da fase de enchimento de grãos (Quadro 2).

O peso da matéria seca dos caules mais bainhas variou com a profundidade de incorporação do calcário e do superfosfato e com a interação das profundidades de incorporação de ambos. Quanto ao calcário, sua incorporação superficial (0 a 10 cm) permitiu produção de matéria seca (560 g/10 plantas) maior que a obtida

QUADRO 3. Altura (cm) e número de folhas de plantas de milho (*Zea mays* L.), de diversas idades, submetidas a diferentes profundidades de incorporação de calcário (Ca) e superfosfato (Fo), em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. Médias de cinco repetições. Selvíria, MS, 1982

Idade (Dias)	Altura (cm)				C.V. %	Número de folhas				C.V. %
	Ca 0-10		Ca 0-30			Ca 0-10		Ca 0-30		
	Fo 0-10	Fo 0-30	Fo 0-10	Fo 0-30		Fo 0-10	Fo 0-30	Fo 0-10	Fo 0-30	
30	70,7	71,9	72,1	68,8	13,07	9,2	10,5	10,0	9,7	14,21
50	151,8	156,3	169,4	150,2	22,43	12,5	12,3	12,4	12,2	11,77
70	178,4	165,8	170,6	189,2	13,81	14,9	14,7	14,5	14,2	9,31

QUADRO 4. Análise de variância dos dados de altura (cm) e número de folhas de plantas de milho (*Zea mays* L.), de diversas idades, submetidas a diferentes profundidades de incorporação de calcário (Ca) e superfosfato (Fo), em Latossolo Vermelho-Amarelo Alíco. Selvíria, MS, 1982

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios					
		Altura das plantas			Número de folhas		
		30 dias	50 dias	70 dias	30 dias	50 dias	70 dias
Blocos	4	26,2400	1046,1633	782,5000	1,943751	0,9737	0,6145
Ca	1	3,2806	163,5930	304,1997	0,000005	0,0980	1,1045
Fo	1	5,5126	270,8494	45,0000	1,568006	0,2000	0,3125
Ca x Fo	1	23,9803	703,2971	1216,8003	3,041996	0,0000	0,0405
Resíduo	12	45,1168	1239,0842	591,0000	1,958749	2,1147	1,8408
Total	19						

QUADRO 5. Peso da Matéria seca (g) de partes de plantas de milho (*Zea mays* L.), de diversas idades, submetidas a diferentes profundidades de incorporação de calcário (Ca) e superfosfato (Fo), em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. Médias de cinco repetições. Selvíria, MS, 1982

Idade	30 dias				50 dias				70 dias			
	Trat.		C.V.		Trans. de dados		C.V.		Trans. de dados		C.V.	
Parte da planta	Ca	Fo	Ca	Fo	Ca	Fo	Ca	Fo	Ca	Fo	Ca	Fo
	0-10	0-30	0-10	0-30	0-10	0-30	0-10	0-30	0-10	0-30	0-10	0-30
Folhas verdes	229,2	211,7	178,9	216,8	25,06	328,4	380,8	370,6	316,3	16,59	290,6	391,4
Folhas secas	0,0	0,0	0,0	0,0	-	22,6	26,3	20,7	21,8	43,07	73,4	85,1
Folhas	229,2	211,7	178,9	216,8	25,06	351,0	407,0	391,3	338,0	17,43	364,0	476,5
Caulis+ bainhas	145,2	149,2	147,2	142,3	30,57	467,2	652,8	543,6	315,7	26,16	774,6	700,6
Espigas	0,0	0,0	0,0	0,0	-	34,8	13,3	45,7	4,5	69,92	526,0	403,2
Pendão	0,0	0,0	0,0	0,0	-	56,7	73,7	67,5	53,3	22,21	68,7	51,9
Parte aérea	374,4	360,8	326,1	359,1	26,23	909,7	1146,9	1048,0	711,7	21,42	1696,6	1632,3
Raízes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,7	44,9
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1741,3	1677,1
Produção	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	1713,0	1977,0
											1557,2	2059,3
											39,5	46,6
											1596,7	2105,9
											35,04	35,04
											1713,8	2203,7
											47,86	47,86

Trans. de dados

C.V. %

Ca 0-30

Fo 0-30

Ca 0-10

Fo 0-10

Ca 0-30

Fo 0-30

Ca 0-10

Fo 0-10

Ca 0-30

Fo 0-30

Ca 0-10

Fo 0-10

Ca 0-30

Fo 0-30

Ca 0-10

Fo 0-10

QUADRO 6. Análise de variância dos dados de peso da matéria seca (g) de partes de plantas de milho (*Zea mays* L.), de diversas idades, submetidas a diferentes profundidades de incorporação de calcário (Ca) e superfosfato (Po), em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. Selvíria, MS, 1982

Idade	Causas de variação	G.L.	Quadrados Médios								
			Folhas verdes	Folhas secas	Folhas	Caulas + bainhas	Pendão	Espigas	Parte aérea	Produção	Raízes
30 dias	Blocos	4	6158,4961	-	-	4176,1320	-	-	19835,5200	-	-
	Ca	1	2549,2837	-	-	29,5254	-	-	3135,0137	-	-
	Po	1	520,2012	-	-	1,2012	-	-	347,3437	-	-
	Ca x Po	1	3836,4487	-	-	98,1243	-	-	2714,7172	-	-
	Resíduo	12	2747,5179	-	-	1991,5159	-	-	8673,4551	-	-
50 dias	Blocos	4	7172,7681	3,9544	6031,2734	12008,2320	6,0300	4,3961	33132,6200	-	-
	Ca	1	622,1797	0,0017	1031,3457	84968,6480*	115,7770	0,8805	110216,7100	-	-
	Po	1	4,6660	0,0019	9,5586	2230,2720	10,2534	58,0949*	12285,9250	-	-
	Ca x Po	1	11212,4375	0,0017	14917,8066	213665,7900**	1221,7969*	6,6923	411185,1600**	-	-
	Ca d Po ₁	(1)	-	-	-	14577,1240	292,6811	1,3590	47817,2250	-	-
	Ca d Po ₂	(1)	-	-	-	284057,3200**	1044,8928*	6,2139	473584,6600**	-	-
	Po d Ca ₁	(1)	-	-	-	86118,4000*	727,9503	12,6758	140659,6000	-	-
	Po d Ca ₂	(1)	-	-	-	129777,6600*	504,1001	52,1114*	282811,4900*	-	-
	Resíduo	12	3354,6813	3,7678	4199,6898	16760,7340	194,4646	7,9082	41612,7440	-	-
70 dias	Blocos	4	20137,7158	5,8042	18466,3648	8195,6738	441,4235	106327,7882	1109044,1264	1014740,8599	165,3670
	Ca	1	601,7109	0,5297	793,8027	7712,6562	0,4094	678,9726	103412,6251	64672,8125	15,4206
	Po	1	22357,9902	11,5984	38596,8984	1539,1641	33,9567	9019,7891	239533,8126	710532,1255	67,3516
	Ca x Po	1	5763,0098	4,2764	3035,6484	41820,0625	1017,5933	32210,7461	401163,9690	63811,0000	58,4788
	Resíduo	12	8924,4798	4,7966	10856,0386	33954,6498	347,0637	41895,0954	313451,8152	828571,5573	131,1033

Obs.: Ca₁ e Ca₂ correspondem à incorporação de calcário nas profundidades de 0 a 10 cm e de 0 a 30 cm, respectivamente. Po₁ e Po₂ correspondem à incorporação de superfosfato nas profundidades de 0 a 10 cm e de 0 a 30 cm, respectivamente. * e ** indicam que houve diferenças significativas, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

com aplicação profunda (429,6 g/10 plantas). Quanto à interação, quando se incorporou o superfosfato até 30 cm de profundidade, as diferentes profundidades de incorporação do calcário resultaram em diferentes respostas, e a incorporação superficial resultou em produção maior (652, 8 g/10 plantas) que a da incorporação profunda (315,7 g/10 plantas). Quando o calcário foi incorporado superficialmente, houve também diferentes respostas à profundidade do superfosfato. Nesse caso, a produção de caules mais bainhas foi superior, quando se incorporou o superfosfato na profundidade de 0 a 30 cm (652,8 g/10 plantas contra 467,2 g/10 plantas). Inversamente, quando o calcário foi incorporado na profundidade de 0 a 30 cm, a maior produção coube à sua combinação com a aplicação superficial do superfosfato (543,6 g/10 plantas contra 315,7 g/10 plantas).

A maior produção de matéria seca, com a incorporação do calcário na profundidade de 0 a 10 cm, foi devida, provavelmente, à mais completa neutralização do Al e à maior elevação do pH, o que resultou em maior disponibilidade de nutrientes na estreita camada corrigida. Como não houve restrição hídrica acentuada no período, essa forma de incorporação do corretivo mostrou-se vantajosa sobre a outra, quando a mesma quantidade foi diluída em maior volume de solo.

Quando o superfosfato foi incorporado na profundidade de 0 a 30 cm, houve superioridade da incorporação superficial do calcário, o que se deveu ao fato de o superfosfato ter sido diluído em maior volume de terra, resultando em maior fixação e na redução da disponibilidade do fósforo. Nesse caso, a concentração de calcário na camada superficial, neutralizando-lhe o Al e elevando-lhe o pH a valores mais altos que os obtidos com sua incorporação profunda, contrabalançou o efeito de diluição do fósforo, mantendo-o mais disponível nessa estreita camada. Com a incorporação de calcário na profundidade de 0 a 10 cm, o melhor resultado foi obtido com a incorporação do fosfato na profundidade de 0 a 30 cm, o que confirma o exposto e mostra a importância da redução de Al e elevação do pH abaixo da camada superficial do solo, nesse caso devida à combinação do fósforo com o alumínio. Por sua vez, quando o calcário foi incorporado na profundidade de 0 a 30 cm, o melhor resultado foi obtido com a incorporação do superfosfato superficialmente, pois, com o pH do solo mais baixo, a concentração do fósforo numa camada mais estreita foi interessante, compensando a maior fixação ocorrida.

A produção de matéria seca do pendão, espigas e parte aérea como um todo foi influenciada pelos tratamentos de modo semelhante. A produção de matéria seca do pendão respondeu à interação dos tratamentos. Quando o superfosfato foi incorporado na profundidade de 0 a 30 cm, a aplicação de calcário na profundidade de 0 a 10 cm mostrou-se vantajosa (73,7 g/10 plantas), em relação à sua aplicação na profundidade de 0 a 30 cm (53,3 g/10 plantas). A produção de matéria seca das espigas respondeu fortemente ao modo de incorporação do superfosfato. A aplicação superficial resultou em 40,2 g/10 plantas, ao passo que a profunda resultou apenas em 8,9 g/10 plantas. Fica clara a importância do fósforo na fase reprodutiva, pois sua diluição em maior volume de solo provocou drástica queda na formação inicial de espigas. Cabe salientar, entretanto, que nesse período não houve carência hídrica acentuada, não tendo sido de grande importância a correção e adubação profundas. De qualquer maneira, os efeitos da interação dos tratamentos mostram que, com a aplicação de calcário na profundidade de 0 a 30 cm, a aplicação superficial do superfosfato resultou em produção de matéria seca das espigas superior (45,7 g/10 plantas) à obtida com a aplicação profunda (4,5 g/10 plantas), e foi essa a combinação de melhores resultados, indicando ser interessante a neutralização profunda do Al, embora de modo ainda pouco evidente.

O peso da matéria seca da parte aérea como um todo respondeu à interação

dos tratamentos da mesma forma que o peso da matéria seca dos caules mais baixas. Com a incorporação profunda de calcário, foi mais interessante aplicar o superfosfato superficialmente (1.048,0 g/10 plantas, contra 711,7 g/10 plantas). Com a incorporação de superfosfato na profundidade de 0 a 30 cm, houve superioridade da aplicação de calcário superficialmente (1.146,9 g/10 plantas contra 711,7 g/10 plantas).

A produção de matéria seca das folhas verdes e total de folhas seguiu o mesmo padrão, embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas.

Dessa discussão infere-se a ocorrência de dois fatores, agindo simultaneamente, o aproveitamento hídrico e a nutrição fosfatada. Por essa razão, a combinação calcário profundo-superfosfato superficial, e vice-versa, forneceu os melhores resultados, uma vez que permitiu suprimento adequado de fósforo às plantas e melhor exploração da água do solo. A combinação calcário profundo e superfosfato profundo limitou a nutrição das plantas, e a combinação calcário superficial e superfosfato superficial só foi benéfica no período de 0 a 30 dias, por refletir uma situação de água e nutrientes em abundância.

Entre 50 e 70 dias após a germinação as diferenças desapareceram, cabendo destacar que o período foi particularmente seco. Do 41.º ao 63.º dia após a germinação (22 dias), foram apenas 14,4 mm de chuva. Nos quatro dias seguintes, 60 mm, ao que sobreveio nova estiagem, até o 96.º dia (29 dias), com uma precipitação total de 34,3 mm no período, o que uniformizou os tratamentos, comprometendo a produção de matéria seca de todos eles. Ainda mais que a estiagem ocorreu nas fases de maior sensibilidade à seca por parte da cultura, ou seja, formação da espiga, aparecimentos das panículas e emissão de grãos, segundo Henkel, citado por MAGALHÃES e SILVA (9).

Entre 30 e 50 dias após a germinação houve efeito da interação dos tratamentos na alocação de fotoassimilados pelas plantas. Quando o fósforo foi aplicado superficialmente, a incorporação superficial de calcário implicou maior porcentagem de folhas (61,73% da MS) que a obtida com a sua aplicação profunda (55,83% da MS). De modo inverso, a proporção de caules foi reduzida pela incorporação superficial do corretivo (38,27% da MS) e elevada pela sua incorporação profunda (44,17% da MS). Como, no período em questão, o suprimento de água foi abundante, para todos os tratamentos, as plantas mais bem nutridas (calcário e fósforo concentrados na profundidade de 0 a 10 cm) distribuíram energia preferencialmente para as folhas, investindo no órgão fotossintetizador, o que lhes daria condições de obter altas taxas de crescimento nas fases posteriores. No segundo período, entre 30 e 50 dias, essa situação se alterou: a incorporação profunda do corretivo determinou maior proporção de folhas verdes e total de folhas (40,06% e 42,73% na MS) que a da sua incorporação superficial (35,15% e 37,33%), conforme os Quadros 7 e 8.

Houve também efeito da interação dos tratamentos na proporção de folhas verdes e total de folhas. Com a incorporação de calcário na profundidade de 0 a 30 cm, a incorporação do superfosfato na mesma profundidade resultou em 44,35% de folhas verdes e 47,47% de total de folhas, ao passo que sua incorporação na profundidade de 0 a 10 cm resultou em 35,77% de folhas verdes e 38,01% de total de folhas. O mesmo ocorreu com a incorporação do superfosfato na profundidade de 0 a 30 cm, obtendo-se 44,35% de folhas verdes e 47,47% de total de folhas com a incorporação do calcário na profundidade de 0 a 30 cm e 33,65% de folhas verdes e 35,77% de total de folhas com a sua incorporação na profundidade de 0 a 10 cm (Quadros 7 e 8).

QUADRO 7. Proporção relativa (%) de partes no peso da matéria seca total da parte aérea de plantas de milho (*Zea mays* L.) submetidas a diferentes profundidades de incorporação de calcário (Ca) e superfosfato (Fo), em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. Média de cinco repetições. Selvíria, MS, 1982

Idade	30 dias				50 dias				70 dias				Trans. de dados				
	Trat.		C.V.		C.V.		Trans. de dados		C.V.		Trans. de dados						
	Ca 0-10	Ca 0-30	Fo 0-10	Fo 0-30	Ca 0-10	Ca 0-30	Fo 0-10	Fo 0-30	Ca 0-10	Ca 0-30	Fo 0-10	Fo 0-30					
Parte da planta																	
Folhas verdes	61,73	57,97	55,83	60,91	6,56	36,65	33,65	35,77	44,35	10,58	-	16,99	23,68	21,52	20,11	29,55	-
Folhas secas	0,0	0,0	0,0	0,0	-	2,37	3,24	2,24	3,12	35,02	$\sqrt{x+0,5}$	4,47	5,35	4,08	5,53	20,42	$\sqrt{x+0,5}$
Folhas	61,73	57,97	55,83	60,91	6,56	36,90	35,77	36,01	47,47	12,50	-	21,44	29,03	25,60	25,63	25,62	-
Caulis+ bainhas	38,27	42,03	44,17	39,09	9,49	47,70	56,55	51,39	44,37	13,34	-	47,05	42,32	40,81	39,56	18,76	-
Espigas	0,0	0,0	0,0	0,0	-	3,55	1,10	3,86	0,68	45,21	$\sqrt{x+0,5}$	28,94	25,26	30,40	25,10	30,33	-
Pendão	0,0	0,0	0,0	0,0	-	6,23	6,59	6,73	7,47	9,28	$\sqrt{x+0,5}$	4,11	3,38	3,54	3,62	12,89	$\sqrt{x+0,5}$

QUADRO B. Análise de variância dos dados de proporção relativa (%) no peso da matéria seca da parte aérea de plantas de milho (*Zea mays* L.) submetidas a diferentes profundidades de incorporação de calcário e superfosfato, em Latossolo Vermelho-Amarelo Alíco, Selvíria, MS, 1982

Tratamento	Causas de variação	G.L.	Quadrados médios				
			Folhas verdes	Folhas secas	Folhas	Culmos + bainhas	Pendão
30 dias	Blocos	4	-	-	16,1754	16,1827	-
	Ca	1	-	-	10,9818	10,9965	-
	Po	1	-	-	2,1650	2,1715	-
	Ca x Po	1	-	-	97,6819*	97,7261*	-
	Ca d Po ₁	(1)	-	-	87,0840*	87,1431*	-
	Ca d Po ₂	(1)	-	-	21,5797	21,5796	-
	Po d Ca ₁	(1)	-	-	35,3817	35,3816	-
	Po d Ca ₂	(1)	-	-	64,4658	64,5160	-
	Resíduo	12	-	-	15,0604	15,0618	-
60 dias	Blocos	4	26,6540	0,2002	16,5572	35,2607	0,3372
	Ca	1	123,0577*	0,0000	116,1243*	96,0577	0,0734
	Po	1	37,4559	0,2454	50,0546	4,2360	0,0453
	Ca x Po	1	170,5963**	0,0001	197,8204*	314,5831*	0,0066
	Ca d Po ₁	(1)	1,9360	-	1,9537	38,0034	-
	Ca d Po ₂	(1)	291,7080**	-	341,9910**	370,6373*	-
	Po d Ca ₁	(1)	24,0971	-	24,4297	195,8948	-
	Po d Ca ₂	(1)	183,9552**	-	223,4453*	192,9204	-
	Resíduo	12	15,8019	0,3642	25,0003	44,4850	0,0620
70 dias	Blocos	4	17,8779	0,5710	25,1136	40,3571	0,1788
	Ca	1	1,1616	0,0538	0,7296	101,2071	0,0054
	Po	1	36,6098	0,4040	72,5043	44,6707	0,0332
	Ca x Po	1	82,0935	0,0763	71,2154	15,0164	0,0327
	Resíduo	12	36,9751	0,2123	42,4452	63,3802	0,0679
							68,7514

Obs.: Ca₁ e Ca₂ correspondem à incorporação de calcário nas profundidades de 0 a 10 e de 0 a 30 cm, respectivamente. Po₁ e Po₂ correspondem à incorporação de superfosfato nas profundidades de 0 a 10 e de 0 a 30 cm, respectivamente. * e ** indicam que houve diferenças significativas, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Segundo DAY (3), à medida que o solo seca, seu potencial hídrico decresce, bem como sua condutividade hidráulica. Torna-se difícil para as plantas a extração de água, e seu potencial hídrico também tende a decrescer. A pressão de turgescência nas células decresce e as forças dela resultantes atuam menos na expansão foliar. Trabalhando com cevada, esse pesquisador observou que a expansão foliar era particularmente sensível à deficiência hídrica. Além do mais, parece ser uma estratégia interessante para a planta, quando o volume de água disponível decresce, reduzir a proporção de folhas, limitando assim a transpiração.

A proporção de caules mais bainhas respondeu à interação dos tratamentos de modo contrário ao descrito para as folhas, mostrando a alocação preferencial de energia para órgãos diferentes conforme o ambiente. Com a incorporação profunda de superfosfato, a incorporação do corretivo na profundidade de 0 a 10 cm resultou em 56,55% de caules mais bainhas e em 44,37% na profundidade de 0 a 30 cm.

A proporção de espigas variou com a profundidade de incorporação de fósforo. Sua aplicação superficial resultou em 3,71% de espigas e sua aplicação profunda em 0,9%. Também a interação dos tratamentos alterou a proporção relativa de espigas. Com a incorporação do calcário na profundidade de 0 a 30 cm, a incorporação do fósforo na de 0 a 10 cm foi mais interessante, fornecendo 3,71% de espigas, ao passo que a incorporação na profundidade de 0 a 30 cm forneceu 0,68%. Como já foi discutido anteriormente, devido à grande demanda de fósforo por parte desse órgão, seu suprimento sobrepujou os efeitos de uma deficiência hídrica incipiente.

Entre 50 e 70 dias após a germinação as diferenças desapareceram, devido à intensa estiagem.

A área foliar, o índice de área foliar e a taxa de crescimento relativo (Quadros 9 e 10) seguiram a mesma tendência da produção de matéria seca, com superioridade da combinação de calcário superficial e superfosfato superficial entre 0 e 30 dias. Entre 30 e 50 dias, as combinações calcário superficial-superfosfato profundo e calcário profundo-superfosfato superficial mostraram-se superiores. A taxa de assimilação aparente foi calculada apenas entre 30 e 50 dias, porque no período seguinte houve grande seca de folhas e decréscimo da área foliar. Segundo EVANS (2) e MAGALHÃES e SILVA (9), a interpretação matemática do crescimento, em $\text{mg.dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, pressupõe crescimento contínuo da área foliar, definindo sua taxa de crescimento e representando uma estimativa da contribuição da fotossíntese líquida das folhas para a produção de matéria seca da planta. No período considerado, a E_A respondeu à interação dos tratamentos. Quando o superfosfato foi incorporado na profundidade de 0 a 30 cm, a incorporação do calcário na profundidade de 0 a 10 cm resultou em produção de $78,75 \text{ mg.dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, ao passo que na profundidade de 0 a 30 cm forneceu $38,20 \text{ mg.dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ (Quadros 9 e 10).

Não se verificaram diferenças, em consequência dos tratamentos, na produção de matéria seca de raízes, até 50 cm de profundidade (Quadros 5 e 6). O crescimento radicular é muito influenciado pelo suprimento de carboidratos produzidos e acumulados nas partes aéreas. A diminuição da disponibilidade de carboidratos para as raízes invariavelmente acarreta uma inibição no crescimento do sistema radicular (9), o que justifica esse comportamento, pois, aos 70 dias, quando as raízes foram avaliadas, a produção de carboidratos estava seriamente comprometida pela falta de água. MAYAKI *et alii* (11), trabalhando com sorgo granífero, soja e milho, irrigados e não irrigados, observaram que o total de matéria seca produzido por raízes de milho irrigado foi de 1,90 g e por milho não irrigado 1,42 g. No milho

QUADRO 9. Análise de crescimento da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a diferentes profundidades de incorporação de calcário e superfosfato em latossolo Vermelho-Marcuito-Alco. Médias de cinco repetições, Selvíria, MS, 1982.

Trat.	30 dias						50 dias						70 dias					
	Ca		Ca		C.V. Trans.		Ca		Ca		C.V. Trans.		Ca		Ca		C.V. Trans.	
	0-10	0-30	0-10	0-30	%	dados	0-10	0-30	0-10	0-30	%	dados	0-10	0-30	0-10	0-30	%	dados
Parte da planta	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo	Fo
Área foliar (dm^2)	388,59	344,24	318,63	356,55	20,67	-	692,98	746,02	698,56	661,14	13,59	-	531,60	706,03	534,38	636,65	30,91	-
L	2,159	1,912	1,770	1,981	8,05	$\sqrt{x \cdot 0,5}$	3,922	4,130	3,881	3,673	6,15	$\sqrt{x \cdot 0,5}$	2,953	3,922	2,959	3,537	14,33	$\sqrt{x \cdot 0,5}$
R_p ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)	-	-	-	-	-	-	0,0534	0,0597	0,0575	0,0367	1,76	$\sqrt{x \cdot 0,5}$	0,0319	0,0245	0,0212	0,098	1,96	$\sqrt{x \cdot 0,5}$
E_A ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$)	-	-	-	-	-	-	52,84	78,75	72,87	36,26	43,47	-	-	-	-	-	-	-

L = índice de área foliar, R_p = taxa de crescimento relativo, E_A = taxa de assimilação aparente.

QUADRO 10 - Análise de variância dos dados de análise de crescimento da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a diferentes profundidades de incorporação de calcário (Ca) e superfosfato (Fo) em Latossolo Vermelho-Amarelo-Álico, Selvíria, MS, 1982

Idade	Causas de variação	G.L.	Quadrados médios			
			Área foliar	L	R _W	E _A
30 dias	Blocos	4	15906,8135	0,0510	-	-
	Ca	1	4154,4141	0,0124	-	-
	Fo	1	51,5644	0,0003	-	-
	Ca x Fo	1	8461,2578	0,0240	-	-
	Resíduo	12	5292,9412	0,0158	-	-
50 dias	Blocos	4	22129,9744	0,0353	0,000201	732,7450
	Ca	1	7860,2422	0,0206	0,000025	523,8788
	Fo	1	304,9375	0,0001	0,000031	94,5259
	Ca x Fo	1	10228,2891	0,0126	0,000658	4578,9428*
	Ca d Fo ₁	(1)	-	-	-	1002,6016
	Ca d Fo ₂	(1)	-	-	-	4100,2200*
	Fo d Ca ₁	(1)	-	-	-	1678,8384
	Fo d Ca ₂	(1)	-	-	-	2994,6302
	Resíduo	12	9042,7311	0,0166	0,000175	732,7450
70 dias	Blocos	4	272227,9807	0,1341	0,000077	-
	Ca	1	5544,4766	0,0063	0,000123	-
	Fo	1	95703,6329	0,2085	0,000267	-
	Ca x Fo	1	6508,8086	0,0085	0,000744	-
	Resíduo	12	34637,0918	0,0772	0,000204	-

Obs.: Ca₁ e Ca₂ referem-se à incorporação de calcário nas profundidades de 0 a 10 e de 0 a 30 cm, respectivamente. Fo₁ e Fo₂ referem-se à incorporação de superfosfato nas profundidades de 0 a 10 e de 0 a 30 cm, respectivamente. L, R_W e E_A referem-se a índice de área foliar, taxa de crescimento relativo e taxa de assimilação aparente, respectivamente.

irrigado, 64% da matéria seca das raízes estavam nos 30 cm superficiais e 92% na profundidade de 0 a 90 cm. No milho não irrigado, 39% da matéria seca das raízes localizavam-se entre 0 e 90 cm e 61% abaixo dessa profundidade.

A produção de grãos não respondeu aos tratamentos (Quadros 5 e 6), não só por motivo da seca no período de formação das espigas e enchimento dos grãos, mas também das chuvas intensas que antecederam a colheita (381 mm em 16 dias) (Quadro 2) e derrubaram parte das plantas. ERICO *et alii* (6) observaram aumentos da produção de milho com a incorporação profunda de calcário em solo de cerrado do Brasil Central, o que foi confirmado pelos ensaios conduzidos no CPAC (5) com essa mesma cultura.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi realizado um ensaio, na fazenda experimental da Faculdade de Engenharia da Ilha Solteira — UNESP, localizada no município de Selvíria, MS, em LVA de cerrado, para testar o efeito de diferentes profundidades de incorporação de calcário e, ou, superfosfato sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.), var. Piranão.

O ensaio, com duas profundidades de incorporação de calcário e de superfosfato (0 — 10 e 0 — 30 cm), foi instalado em esquema fatorial 2², em blocos ao acaso, com cinco repetições.

Avaliou-se o peso da matéria seca das folhas verdes, folhas secas, total de folhas, caules mais bainhas, pendões, espigas e parte aérea, bem como as proporções relativas das partes no peso da matéria seca da parte aérea, a área foliar e o índice de área foliar aos 30, 50 e 70 dias após a germinação, além da taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação aparente entre 30 e 50 e entre 50 e 70 dias após a germinação e produção de grãos no final do experimento.

As plantas de milho submetidas à incorporação superficial ou profunda de calcário e superfosfato comportaram-se da mesma forma com suprimento adequado de água e restrição hídrica acentuada; entretanto, com carência hídrica moderada, a neutralização do Al e a elevação do pH na camada subsuperficial do solo propiciaram melhor aproveitamento da água armazenada. A incorporação profunda requer doses maiores, para evitar o efeito de diluição dos corretivos e adubos no solo.

5. SUMMARY

(CORN, *Zea mays* L., AT TWO DEPTHS OF LIME AND SUPERPHOSPHATE INCORPORATION)

To help solve the hydric deficit which may occur, in short periods, during the wet season (*veranico*) in cerrado areas, a trial to test the effect of lime and superphosphate depth incorporation (0-10 and 0-30 cm) on the growth of corn (*Zea mays* L.) was carried out in LVA soil of Selvíria, MS.

It was found that when there was an oversupply of water and when the hydric deficit was great, the treatment had no effect. With a moderate hydric deficit, the neutralization of Al and the increase of deep pH resulted in better soil water use. To avoid the effects of dilution, depth application requires larger quantities of lime and superphosphate than a conventional application.

6. LITERATURA CITADA

1. BARBER, S.A. The role of root interception, mass flow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soil. *Tech. Rep. Ser. Int. Atom. Energy Ag.*, 65:39-45. 1966.
2. EVANS, C.C. *The quantitative analysis of plant growth*. Califórnia, Blackwell Scientific Publications, 1972. 734 p.
3. DAY, W. Water stress and crop growth. In: JOHNSON, C.B. *Physiological processes limiting plant productivity*. London, Butterworths, 1981. pp. 199-215.
4. DEW, M.C. & SAKER, L.R. Nutrient supply and growth of seminal root system in barley. III. Compensatory increases in growth of lateral roots and in rates of phosphate uptake, in response to a localised supply of phosphate. *J. Exp. Bot.* 29:435-452. 1978.
5. EMBRAPA — Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. *Relatório Técnico Anual de 1976*. Brasília, 1977. 70 p.
6. ERICO, E.G.; KAMPRANTH, E.S.; NADEMAN, G.C.; SOARES, W.V. & LOBATO, E. Efeito da profundidade de incorporação de calcário na cultura de milho, em solo ácido de cerrado, no Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15.º, Campinas, 1975. Anais, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 299-302.
7. FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N. & PALMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*, 9:57-539. 1969.
8. McKEE, G.W. A coefficient for computing leaf area in hybrid corn. *Agron. Journal*, 56:240-241. 1964.
9. MAGALHÃES, A.C.N. & SILVA, W.J. da. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E. (Coord.) *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. Fundação Cargill, Campinas, 1978. pp. 1.349-1.375.
10. MAGALHÃES, A.N.C. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.) *Fisiologia Vegetal*. Vol. I, São Paulo, Ed. da USP, 1979. pp. 331-350.
11. MAYAKI, W.C.; STONE, L.R. e TEARE, I.D. Irrigated and non irrigated soybean, corn and grain sorghum root systems. *Agronomy Journal*, 68:532-534. 1976.
12. RIZZINI, C.I. *Tratado de Fitogeografia do Brasil*. 1.ª ed. Vol. I. São Paulo, Editora da USP, 1976. 327 p.
13. RUSSEL, E.W. *Soil condition and plant growth*. 10th. ed. Longman, 1973. 849 p.
14. TINKER, P.B. Root distribution and nutrient uptake. In: RUSSEL, R.S. *et alii* (Ed.). *The soil/root system in relation to Brazilian agriculture*. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981. 371 p.