Ciência Rural, Santa Maria, 21(3):353-366, 1991. 353
Aprov. p/ publicação em 03/12/91.

EFEITO DO MÉTODO DE PREPARO DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO RADICULAR DO MILHO (Zea mays, L.) EM TERRA ROXA ESTRUTURADA.

EFFECT OF SOIL TILLAGE METHODS ON ROOT DISTRIBUTION OF CORN (Zea mays, L.) CROP ON AN OXIC PALEUDALF SOIL.

Paulo Augusto Manfron* Paulo Leonel Libardi**
Eloy Antonio Pauletto*** Sérgio Oliveira Moraes****

RESUMO

Foi realizado um estudo para determinar o efeito de dois sistemas de preparo do solo na distribuição radicular do milho (Zea mays, L.), nas diversas camadas do perfil do solo, em Piracicaba, SP. As amostras foram monólitos de solo de 0,008m^3 com raízes de milho, retiradas de trincheiras com 1,12 X 0,90 X 1,00m. Constatou-se que efetivamente ocorreu uma maior massa radicular e maior variabilidade na distribuição de raízes, no preparo do solo subsolado em relação ao solo não subsolado, mas não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Palavras-chave: preparo do solo, distribuição radicular, milho.

SUMMARY

An experiment was conducted to determine the effect of two soil tillage methods (subsoiling and non-sobsoiling) on root distribution of corn (Zea mays, L.) in several soil profiles. It was located in Piracicaba, SP, Brazil and the samples were 0,008m^3 soil monoliths with corn roots, took from pits with dimension of 1,12 X 0,90 X 1,00m. It was observed a greater root mass and a greater variability on

* Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, 97.119 - Santa Maria, RS.
** Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, Pesquisador Científico do CENA/USP e Bolsista do CNPq, 13.400 - Piracicaba, SP.
*** Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas/UFPel, 96.100 - Pelotas, RS.
**** Físico, Professor Assistente do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, Pesquisador Científico do CENA/USP, 13.400 - Piracicaba, SP.

root distribution in the subsoiled as compared with the treatment without subsoiling. However no statical diference was observed among treatments.

Key Words: soil tillage, root distribution, corn.

INTRODUÇÃO

Para atingir máximas produtividades, necessita-se um solo com ótimas condições para o crescimento de raízes, o que requer um estudo detalhado da estrutura do solo, especialmente quanto ao sistema poroso e as características do agregados (FREITAS et al, 1989). Em relação à cultura de milho, as informações sobre a distribuição do sistema radicular e sua relação com a parte aérea, em diferentes preparos do solo, também constitui-se de grande interesse, principalmente, nas áreas de irrigação, adubação e tratos culturais, Isto porque, o desenvolvimento radicular pode ser comprometido pela ação de algumas características adversas dos solos, tais como compactação (devido ao manejo ou a processos pedológicos), toxicidade de alguns elementos químicos, deficiência de nutrientes e excesso de água (DEMATTE, 1981).

Segundo DAY & HOLMGREEN (1952), os fatores que mais influenciam na distribuição do sistema radicular são a fertilidade do solo, o teor de água e a aeração do solo, a característica de cada cultivar e o estádio de desenvolvimento das plantas. Modificações na estrutura do solo causadas pela compactação, entretanto, também são extremamente importantes, pois influenciam a movimentação da água e do oxigênio e em consequência o desenvolvimento do sistema radicular da cultura.

O decréscimo da produtividade e a baixa resposta de muitos solos agrícolas a fertilizantes minerais pode ser atribuída também à compactação do solo e aos seus efeitos sobre a drenagem e a aeração (WITTSELL & HOBBS, 1965); (CASTILLO, 1982), por influenciar na porosidade (GERARD et al, 1982). Para caracterizar esta propriedade física utiliza-se geralmente a densidade do solo relacionando-a com textura e densidade da partícula, pois está correlacionada com a taxa de difusão e disponibilidade de oxigênio, condutividade hidráulica e disponibilidade de água, e com a resistência à penetração das raízes (GUBBS & WARKENTIN, 1972 e MIRREH & KETCHESON, 1972).

O volume do espaço poroso, de um modo geral, diminui com o aumento da compactação, causando uma redução dos poros de arejamento, devido a modificação ou mesmo destruição da estrutura. PHILLIPS & KIRKMAM (1962) concluíram que o aumento da densidade do solo, numa faixa de 0,94 a 1,30g.cm^3, e de tensão de água, de 0,01 a 0,1 atmosfera, causam um decréscimo na elongação radicular do milho. SHARMA & SINGH (1969) deduziram que o limite de 1,8g.cm^3 na densidade do solo é o ponto de máximo impedimento ra-

dicular desta cultura.

O desenvolvimento em profundidade do sistema radicular varia na razão inversa da água no solo, desde que o conteúdo de água esteja acima das condições mínimas para o crescimento (BENNET & DOSS, 1960). A elongação normal entretanto, deixa de ocorrer em solos compactados para dar lugar, a um crescimento no sentido radial, causando um aumento de espessura e provocando uma redução na área superficial do sistema (KULKARNI & SAVANT, 1977). CRUZ & TAMES (1972), verificaram que mais de 60% da massa total de raízes da cultura do milho encontrava-se nos 20cm superficiais do solo, e que depois da polinização, quando praticamente cessa o crescimento radicular, a máxima penetração alcançada pelas raízes foi inferior a um metro. Resultados similares foram obtidos por ESPINOZA (1985) trabalhando num Latossolo Vermelho-Escuro (Typic Haplustox) de cerrado do Distrito Federal.

O presente trabalho tem por objetivo determinar a distribuição radicular do milho no final do estádio vegetativo das plantas, em dois sistemas de preparo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Campo Experimental do Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, em solo classificado como Terra Roxa Estruturada série "Luiz de Queiroz", e pela classificação americana como um Paleudalf Óxic. Este tipo de solo apresenta como material de origem rochas eruptivas básicas e cobre aproximadamente 10% da área do Estado de São Paulo. Apresenta, também, um perfil homogêneo e muito profundo, com o lençol freático a vários metros abaixo da sua superfície.

Os tratamentos constaram dos sistemas de preparo do solo subsolado e não subsolado. No tratamento subsolado foi utilizado o implemento subsolador do tipo bico-de-pato, com duas hastes distanciadas entre si de 35cm. Este tratamento consistiu de uma passagem do subsolador no sentido do declive (Norte-Sul) e duas vezes no sentido do comprimento do experimento (Leste-Oeste), atingindo aproximadamente 50cm de profundidade no perfil do solo, seguida de uma gradagem pesada e uma gradagem leve. O preparo do solo não subsolado constituiu-se de uma aração, que atingiu aproximadamente 30cm de profundidade, seguida de duas gradagens com grade pesada e leve, respectivamente. O destorroamento da camada superficial do solo, em ambos tratamentos, foi realizado com o auxílio de uma enxada rotativa.

A adubação constou da aplicação no sulco de quantidades de fertilizantes correspondentes a 60kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato simples, 30kg/ha de K20 na forma de cloreto de potássio e 30kg/ha de N na forma de uréia aplicada parceladamente, 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura, 45 dias após a semeadura. A

semeadura foi realizada manualmente no dia 07 de fevereiro e utilizou-se a cultivar de milho Agroceres 401.

Para caracterização física e química deste solo foram abertas, antes da instalação da cultura, duas trincheiras, uma na área com subsolagem e a outra na área sem subsolagem, para retirar amostras com estrutura deformada e indeformada, das profundidades de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 150 e 195cm. Em cada profundidade, foram feitas as seguintes determinações:

a) densidade global do solo (ρ_g) pelo método do anel volumétrico (KIEHL, 1979);
b) densidade das partículas (ρ_p) ou dos sólidos (ρ_s) pelo método do picnômetro com água (KIEHL, 1979);
c) análise granulométrica pelo método da pipeta, segundo procedimento desenvolvido por PAULETTO (1978). A distribuição das partículas foi feita de acordo com o sistema do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América do Norte (BRADY, 1979) e a classificação textural segundo LEMOS & SANTOS (1982);
d) a porosidade total do solo (α) foi calculada a partir dos valores de ρ_g e ρ_p através da equação

$$\alpha = (1 - \frac{\rho_g}{\rho_p} . 100,$$ obtendo-se

poros maiores que 0,05mm e menores que 0,005mm;
e) análise química feita no laboratório de rotina do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ/USP, seguindo métodos analíticos descritos por CATANI & JACINTHO (1974).

O estudo da distribuição do sistema radicular foi realizado aos 71 dias após a semeadura em dois sentidos: um longitudinalmente e outro transversalmente às linhas de plantas, retirando-se os monólitos de solo (Figura 1), através da adaptação para o milho da técnica empregada para o estudo do sistema radicular do cafeeiro por FRANCO & INFORZATO (1946) e da técnica apresentada por BOHM (1979). A coleta das amostras de solo com raízes de milho foi realizada em duas trincheiras abertas, uma em cada tratamento, paralelas às linhas de plantas com dimensões de 1,12 X 0,90 X 1,00m, devido ao espaçamento entre-linhas de plantas ser de 90cm e espaçamento entre plantas ser de 22,4cm, correspondentes a uma área de domínio de cinco plantas. Para tal finalidade utilizou-se uma pá de corte cuja lâmina foi preparada anteriormente, sendo perfeitamente reta e possuindo dimensões de 0,20 X 0,20m. A trincheira de 1,12m de comprimento por 1,0m de profundidade foi aberta de modo que uma das paredes ficasse exatamente 45,0cm distante do centro da linha de plantas. A partir deste ponto a parede da trincheira foi inteiramente desmanchada em blocos ou monólitos de solo de 0,20 X 0,20 X 0,20m até alcançar 45,0cm de distância do centro da linha de plantas em direção ao espaçamento entre-linhas de plantas seguinte. Obviamente, devido as dimensões do experimento, em termos e espaçamento, tanto entre-linhas de

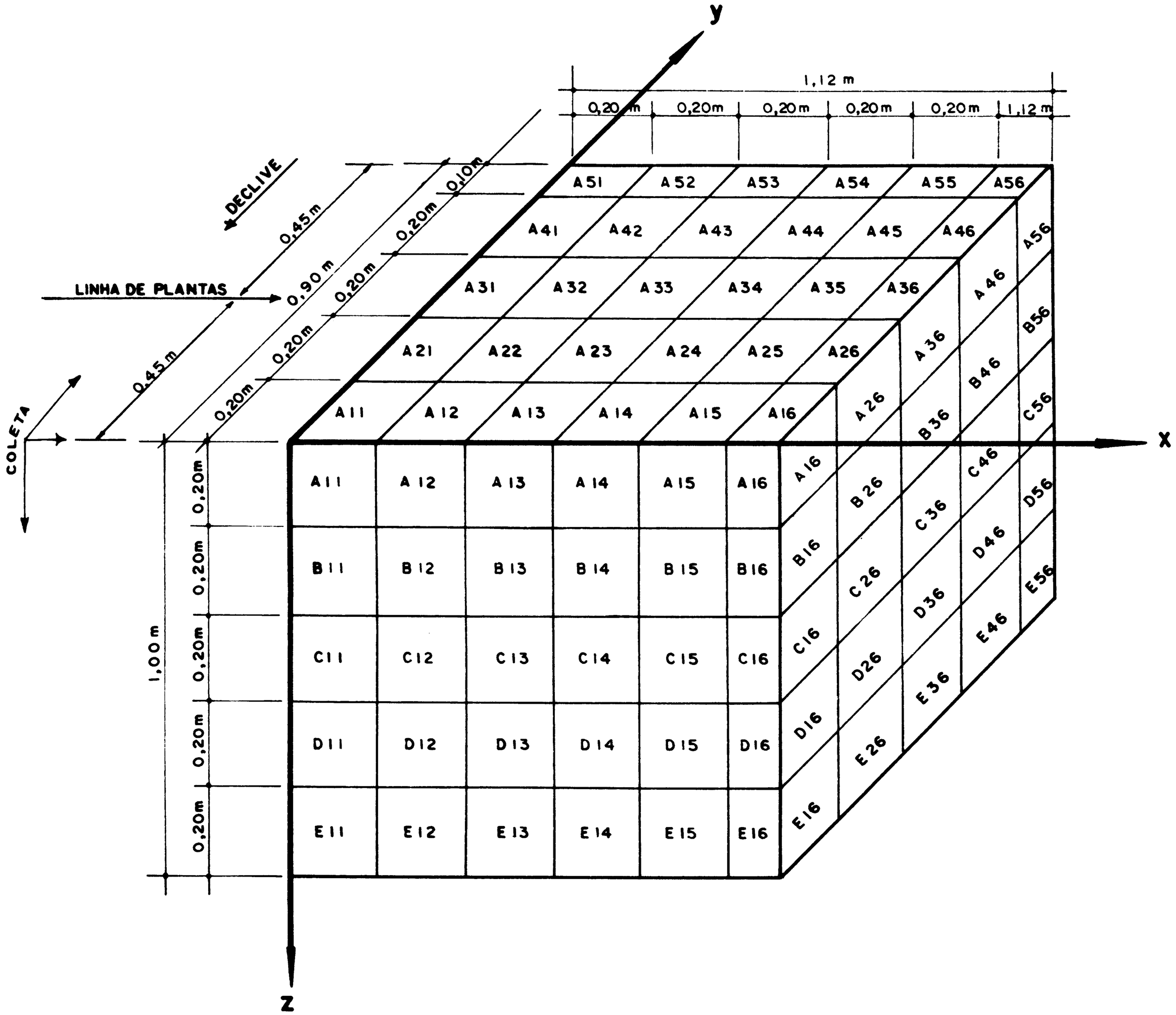

FIGURA 1. Localização e detalhamento dos monólitos de solo com raízes de milho (Zea mays L.).

plantas como propriamente entre plantas, ocasionados pela delimitação da área experimental e densidade de plantas (50.000 plantas/ha), obteve-se monólitos de solo com diferentes tamanhos como 0,10 X 0,20 X 0,20m; 0,20 X 0,12 X 0,20m e 0,10 X 0,12 X 0,20m (ver Figura 1). Posteriormente, o cálculo de massa seca de raízes destes monólitos foram feitos através da extrapolação dos seus valores considerando-se o volume destes monólitos em relação ao volume dos monólitos de 0,20 X 0,20 X 0,20m considerados como padrão nesse experimento.

As amostras coletadas foram colocadas em saco plástico para posterior secagem ao ar, destorroamento e peneiramento, sendo que as raízes retidas na peneira de 2,0mm foram retiradas manualmente, lavadas, secas em estufa com ventilação forçada à aproximadamente 70 °C até peso constante, e pesada em balança analítica. O total de massa seca de raízes é o somatório das massas secas de raízes de cada monólito e, portanto, o total de raízes de cada camada estudada é o somatório das massas secas de raízes dos monólitos que compõe aquela camada do perfil do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na caracterização física desse solo (Tabelas 1 e 2), verifica-se a partir da profundidade de 105cm (transição entre o horizonte B textural e B óxido), a presença de uma micro-estrutura forte, muito pequena e grânulos com agregados provavelmente altamente estáveis, visto que o percentual de argila dispersa em água apresenta valores muito baixos. Os menores valores de densidade global e os maiores valores de poros com diâmetro maior que 0,05mm também são observados a partir desta profundidade. Todos estes aspectos refletem seus efeitos na geometria porosa do solo, responsável pela retenção de água e que, para este solo, seu maior reflexo aparece na profundidade de 150cm, onde possivelmente irá se observar com maior evidência a forma de S alongado da curva de retenção. Entretanto, para camadas mais superficiais deste solo o raciocínio se inverte, visto que, nos dois sistemas de preparo do solo, observa-se valores mais elevados no percentual de argila dispersa em água e densidade global do solo, composta por blocos compactados de tamanho variável ou blocos subangulares. Estes aspectos também apresentam efeitos na geometria porosa do solo e, seu maior reflexo aparece até os primeiros 60cm do solo.

Com relação aos valores de densidade global do solo não se observam diferenças entre os tratamentos subsolado e não subsolado. A tendência, entretanto, é de um decréscimo, na camada superficial, no tratamento subsolado. A diferença não é marcante provavelmente porque a amostra foi realizada 60 dias após, tempo relativamente longo após o processo de subsolagem.

Com relação as classes texturais apresentadas, os valores

TABELA 1. Características físicas do perfil de um solo classificado como Terra Roxa Estruturada, na área subsolada (média de três repetições).

Profundidade (cm)	Granulometria (mm) (%)					ρ_p * g/cm³	ρ_g ** g/cm³	α *** (%)	Poros	
	Areia 2-0,05	Silte 0,05-0,002	Argila <0,002	Argila Disp. <0,002	Classe Textural				>0,05 mm %	<0,05 mm %
15	32,03	18,45	49,52	25,20	Argiloso	2,82	1,54	45,39	4,06	41,33
30	25,27	15,77	58,93	3,40	Argiloso	2,81	1,44	48,75	10,21	38,54
45	19,32	15,07	65,61	2,40	Muito Argiloso	2,81	1,52	45,91	4,40	41,51
60	19,95	13,49	66,56	1,80	Muito Argiloso	2,81	1,41	49,82	8,67	41,15
75	20,74	13,50	65,76	1,70	Muito Argiloso	2,85	1,40	50,88	9,94	40,94
90	20,27	12,81	66,91	1,60	Muito Argiloso	2,85	1,36	52,28	9,21	43,07
105	21,51	15,82	62,67	1,40	Muito Argiloso	2,88	1,32	54,17	11,90	42,27
150	24,78	13,65	61,57	1,00	Muito Argiloso	2,91	1,14	60,82	18,21	42,61
195	23,57	16,88	59,55	1,00	Argiloso	2,87	1,24	56,10	13,46	42,64

* ρ_p = densidade das partículas ou ρ_s = densidade dos sólidos ($\rho_p = \rho_s$).

** ρ_g = densidade global do solo

*** α = porosidade total do solo a partir da fórmula $\alpha = \left(1 - \frac{\rho_g}{\rho_p}\right).100$

TABELA 2. Características físicas do perfil de um solo classificado como Terra Roxa Estruturada, na área sem subsolagem (média de três repetições).

Profundidade (cm)	Granulometria (mm) (%)					ρ_p *	ρ_g **	α ***	Poros	
	Areia 2-0,05	Silite 0,05-0,002	Argila <0,002	Argila Disp. <0,002	Classe Textural	g/cm³	g/cm³	(%)	> 0,05 mm %	< 0,05 mm %
15	30,07	17,35	52,56	27,90	Argiloso	2,88	1,56	45,49	7,03	38,46
30	20,19	13,59	66,21	3,90	Muito Argiloso	2,84	1,48	47,89	6,36	41,53
45	19,78	12,73	67,49	2,00	Muito Argiloso	2,87	1,43	50,17	4,67	45,50
60	19,87	21,37	59,04	2,70	Argiloso	2,92	1,39	52,40	6,41	45,99
75	20,96	19,68	59,36	3,00	Argiloso	2,88	1,41	51,04	8,06	42,98
90	22,36	14,49	63,15	2,90	Muito Argiloso	2,90	1,37	52,76	10,50	42,26
105	22,89	16,89	60,21	1,00	Muito Argiloso	2,90	1,30	55,17	10,71	44,46
150	25,33	15,12	59,55	2,00	Argiloso	2,91	1,16	60,14	11,28	48,86
195	22,96	16,16	60,88	1,90	Muito Argiloso	2,92	1,26	56,85	10,11	46,74

* ρ_p = densidade das partículas ou ρ_s = densidade dos sólidos ($\rho_p = \rho_s$).

** ρ_g = densidade global do solo.

*** α = porosidade total do solo a partir da fórmula $\alpha = \left(1 - \frac{\rho_g}{\rho_p}\right) . 100$

da camada até 75cm de profundidade podem ser devido a inversão da leiva no processo de subsolagem. Entretanto, na camada mais profunda (150 e 195cm) a classificação argiloso e muito argiloso está numa posição limítrofe, visto que, a análise granulométrica é muito semelhante, o que deve ser devido, provavelmente, a variabilidade espacial.

Analisando-se os dados de macro e microporosidade, verifica-se que os valores são baixos devido aos altos valores de densidade global que, provavelmente, tenham explicação no processo de amostragem, mas que não invalidam o resultado, visto que a discussão é comparativa entre os tratamentos. O que surpreende de fato são os baixos valores de densidade da partícula no tratamento subsolado até a camada de 60cm em comparação com o tratamento não subsolado. Torna-se difícil tentar explicar esses resultados porque inexistem informações a respeito da área antes da realização do experimento. De qualquer maneira, acredita-se que isto deva estar relacionado com o teor de matéria orgânica no solo, maior no tratamento subsolado, conforme pode ser visto na Tabela 3.

Não houve diferença entre os tratamentos, possivelmente, por se tratar de um solo argiloso com alta capacidade de agregação, o que permite aos agregados reconstituirem aproximadamente a estrutura original. Dois aspectos que também influenciaram para esta resposta são: o intenso uso de máquina para a realização de uma aração, duas gradagens e destorroamento com enxada rotativa; e o uso do subsolador com somente duas hastes distanciadas entre si de 35cm, o que favoreceu o aparecimento na área subsolada, de blocos de solo que não foram descompactados. Portanto, a variabilidade natural do solo neste caso foi aumentada, mascarando o efeito da subsolagem.

Os resultados apresentados na Tabela 4 indicam que, o comportamento do sistema radicular do milho, em termos de massa radicular nos monólitos de solo, foi mais variável no preparo do solo subsolado, bem como, apresentou uma massa radicular maior. Este fato, provavelmente, deva-se a um crescimento radial e desuniforme, forçado pela presença de blocos e solo ainda compactados, forçando um aumento em espessura das raízes.

A camada de solo que mais contribuiu para a massa radicular foi a de 21 a 60cm, sendo que, a maior influência no sistema subsolado foi a de 21 a 40cm com 29,47%, e no não subsolado foi a de 41 a 60cm com 24,97% do peso total de raízes. Estas profundidades são superiores àquelas encontradas por FOLLET et al (1974) que estudando dez solos arenosos com diferentes alturas do lençol freático obtiveram percentuais de peso total das raízes na profundidade de 30cm oscilando de 96,8 até 68,6%.

Os monólitos de solo com raízes quando estudados no sentido da coordenada X (Figura 1) evidenciaram um grau de variação para a massa radicular maior do que as determinadas para os eixos

TABELA 3. Características químicas do perfil do solo na área subsolada e sem subsolagem num solo classificado como Terra Roxa Estruturada.

Profundidade (cm)	pH	Carbono orgânico (%)	Matéria orgânica (%)	Íons Trocáveis (meq/100g de solo)					
				PO_4^{3-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H^+
				Área com Subsolagem					
15	5,9	0,93	1,60	0,13	0,58	4,92	1,40	0,11	3,76
30	5,9	0,66	1,14	0,03	0,39	4,40	1,28	0,11	2,64
45	6,1	0,51	0,88	0,03	0,26	3,92	0,96	0,11	2,24
60	6,3	0,39	0,67	0,05	0,12	3,76	1,12	0,09	1,76
75	6,5	0,39	0,67	0,06	0,20	3,84	0,64	0,09	1,60
90	6,5	0,30	0,52	0,05	0,06	4,00	0,80	0,09	1,52
105	6,5	0,33	0,57	0,05	0,05	4,00	0,80	0,09	1,92
150	6,3	0,27	0,46	0,03	0,15	2,65	1,96	0,19	4,00
195	6,5	0,15	0,26	0,02	0,03	2,50	2,84	0,19	3,20
						Área sem Subsolagem			
15	5,7	0,96	1,65	0,18	0,58	5,20	1,20	0,09	4,08
30	6,1	0,48	0,83	0,02	0,32	4,00	0,88	0,09	2,08
45	6,4	0,18	0,31	0,05	0,20	4,32	0,72	0,09	1,84
60	6,5	0,39	0,67	0,06	0,19	4,24	0,56	0,09	1,76
75	6,5	0,33	0,57	0,05	0,20	3,60	0,56	0,09	1,60
90	6,5	0,30	0,52	0,04	0,20	3,56	0,44	0,09	1,52
105	6,5	0,24	0,41	0,03	0,18	3,33	0,34	0,09	1,44
150	5,4	0,15	0,26	0,04	0,03	1,04	1,12	0,19	3,68
195	5,3	0,21	0,36	0,05	0,03	1,00	0,56	0,24	4,16

TABELA 4. Massa seca total de raízes de milho, coeficiente de variação e distribuição percentual por camada do solo, nos tratamentos subsolado e não subsolado, em solo classificado como Terra Roxa Estruturada.

Camadas do solo*		Coordenada X			Coordenada Y			Coordenada Z		
		MS (g)	CV (%)	% Total	MS (g)	CV (%)	% Total	MS (g)	CV (%)	% Total
I CAMADA	1	28,73	131,26	12,84	102,62	78,52	45,86	33,65	73,60	15,04
	2	28,73	106,82	18,00	94,74	88,30	59,37	34,19	134,08	21,43
II CAMADA	1	35,17	137,87	15,72	56,24	86,01	25,13	65,94	108,64	29,47
	2	33,09	168,84	11,96	30,27	78,65	18,97	39,69	158,21	24,83
III CAMADA	1	41,08	115,64	18,25	25,69	60,22	11,48	55,58	122,08	24,82
	2	17,49	126,96	10,96	11,21	141,22	7,02	39,86	165,26	24,97
IV CAMADA	1	43,39	126,68	19,39	19,25	67,94	8,60	51,87	97,86	23,18
	2	20,89	157,49	13,09	11,27	157,42	7,06	33,63	164,21	21,08
V CAMADA	1	37,89	107,70	16,93	19,98	74,04	4,46	16,73	92,98	7,48
	2	23,29	175,02	14,60	12,07	211,86	3,78	12,20	112,38	7,64
VI CAMADA	1	37,53	124,74	10,06	-	-	-	-	-	-
	2	36,08	181,93	13,57	-	-	-	-	-	-

* As camadas do solo correspondem ao somatório de monólitos do solo com raízes de milho coletadas em cada uma das ordenadas.

1 Significa área subsolada. 2 Corresponde à área não subsolada.

Y e Z, no tratamento subsolado em relação ao não subsolado, o que pode ser comprovado pelos altos coeficientes de variação encontrados para os dois tratamentos (Tabela 4). No tratamento subsolado as camadas de solo que mais influenciaram na variabilidade da massa radicular foram de 41 a 60cm com 18,25% e 61 a 80cm com 19,39%, cujos monólitos continham de 0 a 9,21 gramas de raízes. Entretanto, para o preparo de solo não subsolado as camadas de solo que mais influenciaram foram de 0 a 20cm com 18,0% e, proporcionalmente, a camada de 101 a 112cm, com 13,57% da massa total, cujos monólitos apresentaram de 0 a 9,89 gramas de raízes secas em estufa. Em termos de variação da massa radicular, este tratamento evidenciou uma variação maior na ordenada Z do que as determinadas para os eixos X e Y.

A distribuição radicular no eixo Y (Figura 1) mostrou um comportamento similar nos tratamentos estudados, com maior massa radicular na zona de transição entre duas linhas de plantas, na parte mais baixa da área de amostragem. Considerando-se a linha de plantas como ponto de partida, verifica-se que, na camada mais distante da parte baixa da área de amostragem, foram obtidos os valores de 102,62g e 94,74g de massa seca de raízes, respectivamente, para o sistema subsolado e não subsolado. Entretanto, ao se considerar a camada mais distante da parte mais elevada da área de amostragem, foram obtidos os valores de 19,98g e 12,07g de massa seca de raízes, respectivamente, para o sistema subsolado e não subsolado (Tabela 4). A variabilidade dos valores de massa seca de raízes dos monólitos, das diversas camadas do solo no sentido transversal a linha de plantas, tem como origem o modo como se procedeu as amostragens e a declividade do terreno. O efeito declividade neste trabalho torna-se mais evidente, pois se encontrou nos monólitos da parte baixa, raízes bastante dispersas e superficiais, enquanto que, nos monólitos da parte mais elevada da área de amostragem, raízes menos dispersas e mais profundas.

Os resultados experimentais evidenciam que, independente do tratamento, a variável massa seca de raízes do milho apresenta um coeficiente de variação muito elevado. Este fato dificulta a obtenção de diferenças significativas em trabalhos de distribuição do sistema radicular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENNET, O., DOSS, B. Effect of soil moisture level an root distribution of Cool - Season Forrage Species. **Agron J**, v. 52, n. 4, p. 204-207, 1960.

BÖHM, W. **Methods of studyng root systems**. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1979. 190 p.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 5. ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1979. 647 p.

CATANI, R., JACINTHO, O.A. **Análise química para avaliar a fer-**

tilidade do solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 54 p. Boletim Técnico Científico.

CASTILLO, S.R. Effects of applied mechanical stress on plant growth and nutrient uptake. **Agron J**, v. 74, n. 3, p. 526-530, 1982.

CRUZ, G., TAMES, C. Desarollo y distribucion del sistema radicular del trigo y mais evaluado en condiciones de campo. **Anales Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias. Série Produccion Vegetal**, v. 2, p. 75-101, 1972.

DAY, P.R., HOLMGREN, G.G. Microscopic changes in soil structure compression. **Soil Sci Soc Amer Proc**, v. 16, p. 73-77, 1952.

DEMATTE, J.L.I. Characteristics of Brazilian soils related to root growth. In: RUSSEL, R.S., IGUE, K., MEHTA, Y.R. **The soil root system in relation to Brazilian Agriculture**. Londrina: IAPAR, 1981. p. 21-41.

ESPINOZA, W. Resposta de doze cultivares de milho ao déficit hídrico num Latossolo Vermelho-Escuro (**Typic haplustox**) de cerrados do Distrito Federal, v. 17, p. 905-915, 1985.

FOLLET, R.F., ALLMARAS, R.R., REICHMAN, G.A. Distribution of corn roots in sandy soil with a declining water table. **Agron J**, v. 66, n. 2, p. 288-292, 1974.

FRANCO, C.M., INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 6, p. 443-478, 1946.

FREITAS, P.L. de, ZOBEL, R.W., SNYDER, V.A. Estrutura do solo e seu efeito no crescimento de raízes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1989, Recife, PE. **Resumos** ..., Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1989. p. 252.

GERARD, C.J., SEXTON, P., SHAW, G. Physical factors influencing soil strengh and root growth. **Agron J**, v. 74, p. 875-879, 1982.

GUBBS, P.A., WARKENTIN, B.P. The effect of bulk density and initial water content on infiltration in clay soil samples. **Soil Sci Soc Am Proc**, v. 36, p. 720-724, 1972.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia**. In: Relações Solo-Planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 263 p.

KULKARNI, B.K., SAVANT, N.K. Effect of compaction on root cation exchange capacity of crops plants. **Plant and Soil**, v. 48, p. 269-278, 1977.

LEMOS, R.C., SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2. ed. Campinas: SBCS/SNLCS, 1982. 45 P.

MIRREH, H.F. KETCHESON, J.W. Influence of soil bulk density and matric pressure on soil resistance to penetration. **Can J Soil Sci**, v. 52, p. 477-483, 1972.

PAULETTO, E.A. **Estudo sobre dispersão de amostra de terra**. Piracicaba, 1978. 68 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Curso de Pós-Graduação em Agronomia, ESALq/USP, 1978.

PHILLIPS, R.E., KIRKHAM, D. Soil compaction in the field and corn growth. **Agron J**, v. 54, n.

1, p. 129-134, 1962.
SHARMA, R.P., SINGH, A. Effect of Berseen (**T. alexandrinum** L.) on the growth of Maize Crop an artificially compacted soil. Plant and Soil, v. 31, n. 1, p. 11-21, 1969.
WITTSELL, L.E., HOBBS, J.A. Soil compaction effects on field plant growth. **Agron J**, v. 57, p. 534-537, 1965.