

# Viabilização das condições edáficas para aprofundamento de sistema radicular em culturas anuais

**Fernando G. Espolador; Mark Spekken; José P. Molin**

*Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'*

*Fernando.espolador@gmail.com*

## Resumo

A presença de um sistema radicular vigoroso que explore com sucesso o perfil do solo é importante para se obter uma boa produtividade, logo o manejo das propriedades físicas e químicas do solo é essencial. Uma nova abordagem é aqui proposta para melhorar as características localizadas do perfil do solo. A montagem de um dispositivo fertilizador sobre um subsolador permitiu ao conjunto criar ambos: descompactação do solo e melhora a nutrição até a profundidade de 0,40 m. A abordagem restringe o trabalho de cada componente terrestre para atuar em duas fileiras de culturas que são implantadas adjacentes a ela a posteriori, reduzindo a perturbação do solo e o gasto energético. Um experimento foi realizado utilizando o equipamento proposto e estabelecendo milho como planta de avaliação, que foi implantado em uma safra com baixa pluviosidade. Altura das plantas (juntamente com estágio fenológico), resistência ao índice de cone do solo, distribuição longitudinal de sementes, análise de tecido foliar, produtividade e observação das raízes de milho foram obtidas a partir do experimento estabelecido. A prática de subsolagem aumentou o número de folhas, diminuição da resistência à penetração no solo mesmo (depois da colheita) e conduziu a uma maior produtividade de grãos. A adubação profunda promoveu um melhor aproveitamento dos nutrientes pela planta e orientou o crescimento das raízes ao longo do trajeto com fertilizante. Adicionando uma fertilização equivalente a de subsolagem sobre a superfície não trouxe qualquer benefício para a cultura.

**Palavras Chaves:** adubação vertical, *Zea mays*, subsolagem

## Abstract

The presence of a vigorous root system exploring successfully the soil profile is important to obtain a good crop yield, therefore the management of physical and chemical properties of the soil is essential. A new approach is herein proposed to improve localized characteristics of the soil profile. Assembling a fertilizer device upon a subsoiler allowed the compound to create both: soil loosening and improved nutrition up to the depth of 0.40 m. The approach narrows the work of each soil unit to serve two rows of crops to be implanted later adjacent to it, saving soil disturbance and energy. An experiment was set using the proposed equipment and establishing corn as an assessment plant within a season of low rainfall. Plants height (along with phenological stage), soil cone index resistance, longitudinal seed distribution, leaf tissue analysis, yield and observation of corn roots were obtained from the experimental sets. The subsoiling practice increased the number of leaves, decreased resistance to penetration still after harvesting and led to more grain productivity. The deep fertilization promoted a better use of nutrients by the plant and guided the growth of roots along the fertilizer path. Adding the equivalent subsoiling fertilization to the surface did not bring any benefit to the crop.

**Key words:** vertical fertilization, *Zea mays*, subsoiling

## Introdução

O Brasil possui mais de 17 milhões de hectares cultivados em sistema de semeadura direta sobre palha (IBGE, 2006). O uso deste sistema traz inúmeros benefícios como aumento da estabilidade dos agregados nas camadas superficiais, menor temperatura e maior umidade do solo, e manutenção/elevação da produtividade (Costa et al., 2003). Entretanto o uso dessa técnica dificulta a mobilidade de alguns nutrientes para camadas mais inferiores do solo, que ocorrem facilmente no preparo convencional.

Quando certos nutrientes ficam confinados a parte superficial do solo o crescimento radicular torna-se limitante, pois não possuem condições químicas ou estímulo nutricional para explorar o solo numa maior profundidade. Em sistemas onde as raízes crescem apenas superficialmente as plantas estão mais sujeitas a danos por seca, além da perda de nutrientes que percolam para camadas mais profundas (inexploradas pelas raízes). Outro problema enfrentado pelas raízes é a compactação do solo, que impede fisicamente que as raízes se aprofundem, reduzindo a eficiência da planta em explorar o perfil e esse problema tem se agravado com a tendência de tráfego de máquinas maiores e mais pesadas no campo (Kutzbach, 2000).

Há no mercado subsoladores com ação em camadas profundas (maiores do que 0,25 m) que adicionam nutrientes em profundidade superior à comumente empregada (0,05-0,10 m). Tais equipamentos são empregados na prática da subsolagem localizada com adição de nutrientes guiados até a parte inferior da haste subsoladora em culturas perenes e semi-perenes como citros, eucalipto e cana-de-açúcar (Ribeiro e Ramos, 1995; Mattos et al., 2012), contudo em culturas anuais esta operação não é comumente empregada.

## Objetivos

O objetivo do trabalho é propor um método de sulcação-adubação profunda com atuação em faixa limitada à proximidade de duas fileiras da cultura de milho implantada posteriormente a operação, condicionando o solo (física e nutricionalmente) para um enraizamento profundo da cultura avaliando se a adubação de enraizamento e a subsolagem podem trazer benefícios à cultura e ao solo.

## Materiais e Métodos

O experimento foi realizado em uma área agrícola da ESALQ-USP, em Piracicaba-SP. O solo do local é um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, com textura franco-arenosa e horizonte A moderado e o clima da região é tropical de altitude (Cwa) na classificação de Köppen-Geiger, e anteriormente ao experimento a área estava em pousio. A condição nutricional do solo era baixa, contudo a área não possuía acidez excessiva. Os níveis de potássio e fósforo são baixos, o de magnésio médio a alto e o de cálcio alto e a soma de bases estava em um nível bom para a cultura anual do milho segundo o Boletim 100 (IAC, 1996).

Para a realização do experimento foi construído um equipamento acoplado aos três pontos de um trator para a adubação em profundidade até 0,40 m. O equipamento adubador funciona com mecanismo dosador de rosca-sem-fim acionado pela tomada de potência (TDP) do trator, o qual controla o fornecimento de adubo à haste subsoladora modificada com um tubo condutor na sua parte posterior. A haste de formato parabólico visa à atuação no solo a uma profundidade de 0,30 a 0,35 m, possui uma ponteira de aletas na parte inferior que permite a dispersão do adubo transversalmente em relação à direção de trabalho e com um ângulo de ataque de 15 graus longitudinalmente ao deslocamento. A profundidade de trabalho é regulada pelo controle do engate de três pontos do trator. No experimento foi utilizado um trator MF 7150 (AGCO, Porto Alegre, RS) com potência nominal de 110,3 kW (150 cv).

A mistura de adubos utilizada, aqui denominada de adubação de enraizamento (AE), foi composta por Superfosfato Simples (SPS) juntamente com Termofosfato Magnésiano (Yoorin Master® - Yoorin) na proporção 2:1 respectivamente. A mistura apresentou-se limitante em termos de fluidez, devido à fina granulometria do termofosfato (pó). A realização da operação foi feita com velocidade de  $1,2 \text{ m s}^{-1}$ , levando a uma dose de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Foi adotado o delineamento de Quadrado Latino (cinco tratamentos com cinco repetições). Os cinco tratamentos avaliados foram: **(A)** sem subsolagem, sem aplicação de adubação de enraizamento (AE); **(B)** apenas subsolagem, sem aplicação de AE; **(C)** subsolagem com dose total da AE aplicada em profundidade via haste subsoladora; **(D)** subsolagem com metade da dose da AE em profundidade e outra metade na profundidade do sulco de semeadura; **(E)** sem subsolagem, porém com a dose total da AE em profundidade do sulco de semeadura. A finalidade destes tratamentos era avaliar se o uso da subsolagem melhoraria o ambiente edáfico para a cultura, se o uso da adubação de enraizamento traria benefícios e se a aplicação da mesma formulação e quantidade em profundidades diferentes promoveria os mesmos efeitos, ajudando o

desenvolvimento da cultura. Ressalta-se que o tratamento E visou simular a deposição superficial ou a lâmina que é geralmente encontrada em alguns modelos de produção conservacionistas, logo não realizou subsolagem neste tratamento. A instalação do experimento foi realizada dia 23.11.2013 e a semeadura do milho foi realizada dia 27.11.2013 utilizando o híbrido 2B710 PowerCore™.

Buscando garantir a avaliação do experimento em condição mais severa de seca foi proposto utilizar coletores de chuva em áreas com boa distribuição de plantas nas parcelas (sem falhas) para tentar contornar a impossibilidade de prever o comportamento climático durante a execução do trabalho. No total foram utilizados seis coletores por parcela, cada um medindo 0,25 m<sup>2</sup> (0,25 x 1,00 m), sendo dispostos dois a dois em três entrelinhas consecutivas, de modo que proporcionassem duas linhas de 2 m de comprimento com déficit acentuado, colocados dia 16.01.2014.

Para avaliar os tratamentos foi mensurado a altura e estágio fenológico das parcelas normais e das com restrição hídrica; análise de índice de cone ao final do ciclo utilizando um penetrômetro eletrônico modelo Penetrolog (Falker, Porto Alegre, RS) ao final do ciclo da cultura; análise de índice de falhas e população estimada utilizando metodologia proposta pela ABNT (1989), mensurado o espaçamento entre 30 plantas emergidas por parcela; análise foliar dos tratamentos conforme a metodologia do Boletim 100 (IAC, 1997); colheita amostral das linhas centrais das parcelas, ajustando os valores para a umidade de 13%. Adicionalmente efetuou-se a observação do crescimento radicular através da abertura de trincheiras de (0,3 x 2,0 m<sup>2</sup>) com profundidade de 0,4 m nas quatro fileiras centrais de cada uma das parcelas de um bloco do experimento onde havia boa homogeneidade de plantas para observar se as raízes efetivamente cresceram nas regiões propícias, porém este último quesito de avaliação teve cunho apenas qualitativo.

## Resultados

A precipitação entre os meses de novembro e março foi de 485,4 mm que corresponde a 54,8% da média histórica do período (ESALQ-USP, 2014), o que foi conveniente para avaliar o efeito da seca nos tratamentos. Após a semeadura houve chuvas intensas, o que causou uma erosão laminar e o selamento superficial de algumas linhas de semeadura o que prejudicou o estande da cultura.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes às mensurações de distribuição de plantas e de IC. Não se observou diferenças significativas em nenhum dos parâmetros avaliados em relação à distribuição de plantas. Estatisticamente, o uso máquina em profundidade ajudou a diminuir a resistência a penetração do solo na camada entre 0,10 e 0,30 m. Na camada 0,30 – 0,60 m não houve diferença estatística entre os índices de cone.

Tabela 1. Distribuição de plantas e mensuração do índice de cone no experimento

Trat.	Distribuição de plantas			Índice de cone (kPa)					
	Múltiplas	Falhas	População	Profundidade (m)					
	(%)	(%)	(plantas ha <sup>-1</sup> )	0,0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,3 - 0,4	0,4 - 0,5	0,5 - 0,6
<b>A</b>	11,3 a	20,0 a	54420 a	181,8 a	1543,0 a	3429,7 a	3156,3 a	2393,5 a	1888,0 a
<b>B</b>	12,7 a	24,0 a	49775 a	117,9 a	848,7 b	2447,6 b	3253,6 a	2865,8 a	2163,6 a
<b>C</b>	10,7 a	26,0 a	46122 a	137,5 a	1006,3 b	2558,5 b	3038,7 a	2730,5 a	2149,4 a
<b>D</b>	8,0 a	12,7 a	57465 a	149,9 a	1020,4 b	2493,0 b	3199,6 a	2870,6 a	2338,3 a
<b>E</b>	12,7 a	25,3 a	46794 a	171,7 a	1476,2 a	3455,7 a	3561,5 a	2827,1 a	2151,7 a

\* Valores na mesma coluna seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente a teste de Tukey com confiança de 95%

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes aos indicadores da cultura. Em relação à altura não houve diferença estatística entre os tratamentos em condição normal, nem em restrição hídrica, entretanto os tratamentos diferiram estatisticamente entre si na avaliação de estágio fenológico, mostrando que o número de folhas presentes nas plantas com adubação em duas profundidades foi maior do que o da testemunha. As plantas sem restrição de água apresentaram-se com maior número de folhas do que aquelas das parcelas com coletores. Para as parcelas com restrição, houve diferença estatística entre a testemunha e o tratamento somente com subsolagem, sendo que a testemunha apresentou menor número de folhas.

Na análise foliar percebe-se que o único teor que se apresenta fora da faixa adequada é o nitrogênio (abaixo de 27 g kg<sup>-1</sup>), sendo que os tratamentos B e E estão fora da faixa ideal, a testemunha apresentou teores próximos ao mínimo adequado enquanto a adubação profunda e estratificada profunda apresentaram maiores teores. Todavia vale lembrar que a adubação de enraizamento não possui nitrogênio em sua composição. Dos nutrientes contidos na adubação de enraizamento, apenas o cálcio foi absorvido de maneira eficiente pelos três tratamentos comparativamente aos tratamentos sem aplicação, e apenas quando houve uma aplicação em profundidade houve a melhor absorção de fósforo e magnésio.

Tabela 2. Altura, estágio vegetativo, teores dos elementos e produtividade do experimento

Trat.	Altura (m)		Est. Vegetativo		Teores dos Elementos (g/kg)						Produção (kg.ha <sup>-1</sup> )	
	Normal	Restrição	Normal	Restrição	N	P	K	Ca	Mg	S	Normal	Restrição
<b>A</b>	218,7 a*	223,0 a	V18,5 b	V18,4 b	27,3	2,52	17,7	3,8	1,89	2,4	3468 a	3714 c
<b>B</b>	221,9 a	222,3 a	V18,9 ab	V18,9 a	23,1	2,54	17,7	3,4	1,75	2,1	4273 a	5067 ab
<b>C</b>	221,7 a	223,5 a	V18,9 ab	V18,7 ab	31,5	3,02	17,7	4,3	2,13	2,4	3950 a	5213 a
<b>D</b>	224,2 a	221,3 a	V19,0 a	V18,7 ab	30,1	3,05	17	4,2	2,33	2,4	3826 a	4699 abc
<b>E</b>	215,5 a	212,3 a	V18,6 ab	V18,5 ab	24,5	2,6	17	4,1	1,84	2,4	3420 a	4199 bc

\* Valores na mesma coluna seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente a teste de Tukey com confiança de 95%

Não houve diferença estatística da produção de grãos nas parcelas sem restrição hídrica. Isso provavelmente deve-se a presença de falhas (visto o alto CV igual a 16,5%, em comparação a 10,9% das parcelas com restrição). Para as parcelas com coletores de chuva, observou diferença estatística, sendo que o tratamento C apresentou maiores produtividades que a testemunha (A) e o tratamento com adubação de enraizamento superficial (E), e o tratamento que utilizou apenas subsolagem (B) mostrou-se melhor que a testemunha. De modo geral as parcelas com subsolagem foram as que apresentaram maiores valores de produtividade, provavelmente por apresentarem melhor estande e nas parcelas com coletores, estes funcionaram como uma forma de cobertura do solo evitando evaporação.

Durante a abertura das trincheiras observou-se a tendência das raízes crescerem nos trechos de menor compactação proporcionados pelas hastes subsoladoras (B, C, D) permitindo assim que as raízes chegassem à maior profundidade. Quando se utilizou adubação em profundidade houve um maior número de raízes que chegaram as camadas mais profundas e foi possível observar que os locais onde havia adubo havia maior aglomeração de raízes. Os tratamentos testemunha e com dose superficial mostraram distribuição menos concentrada de raízes ao longo do perfil. Em E a maioria das raízes se encontrava até 0,15 m.

## Conclusões

O método aqui proposto de subsolagem localizada entre pares de fileiras de semeadura mostrou-se benéfico, sendo que o uso da subsolagem contribuiu para a emissão de maior quantidade de folhas, diminuição da resistência do solo à penetração e maior produção e o uso de adubação em profundidade permitiu crescimento localizado de raízes e melhor aproveitamento dos nutrientes pela planta.

## Referências Bibliográficas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Semeadora de precisão: ensaio de laboratório/método de ensaio, projeto de norma 12:02.06-004. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 21p.
- COSTA, F. S. et AL . Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. Revista. Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n. 3, Junho 2003.
- ESALQ-USP. Base De Dados Do Posto Agrometeorológico LEB - ESALQ - USP - Piracicaba, SP – Brasil. Acesso 13 de julho de 2014. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/anos.html>>
- IBGE. Censo Agropecuário 2006 – Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, Segunda Apuração. Rio de Janeiro, 2012. 774 p.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC. Boletim Técnico 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, SP. 1996. 285p.
- KUTZBACH, H.D., 2000. Trends in power and machinery. Journal of Agricultural Engineering Research 76 (3), 237–247.
- MATTOS J., D.; ZAMBROSI, F.C.B.; BOARETTO, R.M.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. 2012. Adubação fosfatada em pomares de citrus: avanços em pesquisa. Boletim técnico, International Plant Nutrition Institute. Disponível em: [http://www.ipni.info/ppiweb/BRAZIL.NSF/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5dabcfb5dec4ed0e832577720050ce6c/\\$FILE/JornalIA139.pdf](http://www.ipni.info/ppiweb/BRAZIL.NSF/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5dabcfb5dec4ed0e832577720050ce6c/$FILE/JornalIA139.pdf). Acessado em 15 de Abril de 2013.
- RIBEIRO, F.A.; RAMOS J., G. Desenvolvimento de equipamentos para a utilização em áreas de cultivo mínimo na ripasa S.A. celulose e papel. Em: 1º Seminário sobre cultivo mínimo do solo em florestas. Curitiba, 1995. Disponível em: [http://www.ipef.br/publicacoes/seminario\\_cultivo\\_minimo/cap12.pdf](http://www.ipef.br/publicacoes/seminario_cultivo_minimo/cap12.pdf). Acessado em 17 de Abril de 2013.