A METODOLOGIA DO PERFIL CULTURAL E O ENRAIZAMENTO

M.F. GUIMARÃES⁽¹⁾, L.C. BALBINO⁽²⁾, C.C. MEDINA⁽¹⁾, A.M.A. RIBEIRO⁽¹⁾, R. RALISCH⁽¹⁾, J. TAVARES FILHO⁽¹⁾

O trabalho do solo anterior à sementeira, tem entre seus objetivos criar artificialmente estrutura favorável ao crescimento radicular. Uma das condições para que haja crescimento normal das plantas é a de que esta estrutura favorável se conserve por maior tempo possível.

Existe uma interdependência estreita entre as partes aéreas e o sistema radicular dos vegetais, que asseguram o transporte de água e nutrientes à planta. Entretanto, a relação entre o crescimento da parte aérea e o das raízes pode ser bastante variável, em função das condições do meio e do estado fisiológico da planta.

O crescimento do sistema radicular é dependente do fornecimento de glicídios pelas partes aéreas e, por conseguinte, das condições de funcionamento destas. Por outro lado, no solo, o crescimento das raízes também é influenciado por dois fatores: o mecânico e o metabólico. Entre os componentes do fator mecânico, pode-se citar a resistência do meio à elongação radicular e os canais preferenciais de circulação, que são dependentes da estrutura e regem a repartição das raízes no solo e, assim, a intensidade da colonização radicular. A resistência mecânica dos solos à penetração e os canais preferenciais de circulação dependem de características do solo, como: textura, porosidade, estrutura, estabilidade de agregados e umidade. Sobre o fator metabólico, os principais componentes intervenientes são: a aeração, a temperatura, o teor de água e os elementos nutritivos.

A aração é uma técnica cultural correntemente utilizada, e entre seus propósitos estão aumentar o volume de solo a ser explorado pelo sistema radicular e a disponibilidade de água. Entretanto, em algumas condições, quando o solo apresenta descontinuidade pedológica entre os horizontes superiores e o subsolo, a aração pode acarretar novas heterogeneidades, misturando a terra fina com os elementos do subsolo através da mobilização e limitando a exploração radicular.

A concentração superficial do sistema radicular pode favorecer a intervenção de agentes patogênicos e predispor as plantas aos veranicos. Quando o solo apresenta descontinuidade pedológica, é preferível realizar escarificação à aração. Quando se efetua aração esta deve ser profunda para misturar as diferentes camadas do solo, evitando assim a formação de novas descontinuidades, desfavoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular. O perfil agrônomico ideal deveria, então, apresentar mudanças texturais e estruturais progressivas entre os horizontes (Callot et al., 1982).

O perfil cultural é definido como o conjunto constituído pela sucessão de camadas de terra individualizadas pela intervenção dos instrumentos de cultivo, das raízes e dos fatores bioclimáticos (Manichon, 1982). O nível de observação de um perfil é condicionado pelo tipo de utilização que se deseja fazer, e a análise pode conduzir da simples avaliação ao prognóstico e à recomendação.

⁽¹⁾ Professor Adjunto do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina. C.P. 6001- CEP 86.051-970 Londrina (PR). mfatima@npd.uel.br.

⁽²⁾ Pesquisador da EMBRAPA/CNPAP, C.P. 179, CEP 74.001-970 Goiânia (GO). balbino@cnpaf.embrapa.br.

Através do perfil cultural, pode-se determinar qual volume de solo é potencialmente colonizável pelas raízes; observar os efeitos dos manejos sobre as camadas superficiais, sobre o desenvolvimento da planta e avaliar o trabalho das ferramentas utilizadas no solo. A análise do perfil cultural antes da intervenção mecânica deve contemplar a avaliação do comportamento do solo e a evolução provável de seu estado estrutural sob a ação do clima, e o comportamento do povoamento vegetal.

Paralelamente ao perfil cultural outras observações também devem ser feitas, a saber: estado da superfície (erosão, fissuração, tamanho de torrões, etc.); variações espaciais da umidade do solo; enraizamento (aspecto, número, peso, aderência de terra); sintomas de hidromorfismo (gley e pseudogley, matéria orgânica mal decomposta) e atividade biológica (abundância e orientação das galerias).

O adensamento e a compactação apresentam diversas conseqüências sobre a estrutura do solo: aumento da densidade aparente, diminuição da macroporosidade e da permeabilidade, formação de “pé-de-grade”; sendo a sensibilidade das raízes das plantas à compactação função dos teores de água, argila e matéria orgânica do solo.

O estado estrutural adequado, é aquele que permite ótimo desenvolvimento radicular, assegurando grande colonização do volume de solo, sendo importante fator do rendimento agrícola. Durante o período de uma safra, geralmente ocorre degradação das estruturas e, as práticas de preparo do solo têm como função a melhoria destas, buscando o aumento da porosidade, que favorece o funcionamento do sistema radicular (Morel, 1989).

A análise das propriedades físicas das diferentes camadas do solo, efetuada a partir do estudo do perfil cultural, permite conhecer o modo de estruturação dos agregados e, assim, a maior ou menor resistência à penetração de raízes. O estudo das interações do enraizamento com as características do solo deve levar em conta não somente as propriedades das diferentes camadas do solo, mas igualmente o comportamento hídrico do conjunto de horizontes e a importância da colonização radicular, assim como a distribuição espacial dos diferentes tipos de solo e seus comportamentos hídricos analisados ao nível de parcela, ajudam a compreender as anomalias do comportamento da cobertura vegetal.

O empilhamento das partículas de solo dentro dos agregados e dos agregados dentro dos solos, deixa uma certa quantidade de vazios, que constitui a porosidade do solo (Callot et al., 1982). A ação da porosidade sobre o enraizamento é devida principalmente à duas propriedades: a resistência mecânica à penetração e a aeração do solo; sendo ambas afetadas pelo estado hídrico do solo (Chopart, 1980). Portanto, o conhecimento do sistema radicular é necessário para melhor compreensão do crescimento das plantas, principalmente no que concerne à alimentação hídrica e mineral (Maertens, citado por Maertens & Chopart, 1977).

Horizontes compactados, que impedem o crescimento de raízes, podem ocorrer naturalmente ou resultarem das forças aplicadas ao solo pelos implementos agrícolas, tráfego de máquinas ou animais. Estudos anteriores à década de 50 foram realizados na tentativa de evitar este problema, mas frequentemente apresentaram resultados inconsistentes ou inconclusivos, pois as variáveis do solo e o ambiente resultante da adoção de diversas práticas de manejo não foram completamente avaliados (Unger & Kaspar, 1994).

Para Daniel & Maretti (1990), camada compactada é a porção de perfil do solo que, em sua extensão superficial ou subsuperficial, apresenta valores de densidade ou resistência à penetração superiores aos valores obtidos a 0,50m de profundidade. Hakansson (1990) sugere a utilização de métodos baseados em relações volumétricas (densidade global e porosidade total) na determinação de camadas compactadas.

Tem-se buscado a melhor compreensão das causas e efeitos da compactação do solo observando-se as interações entre esta e densidade aparente, tensão e teor da água no solo, aeração, crescimento de raízes, e desenvolvimento e produção das plantas.

O efeito da compactação sobre o crescimento das plantas deve ser considerado somente quando a alteração na distribuição das raízes no perfil limita o suprimento de água e nutrientes (Unger & Kaspar, 1994). Para uma mesma espécie, a massa, a distribuição no perfil e, eventualmente, a forma do sistema radicular podem variar com a textura e a estrutura do solo; com os tratos culturais e com a fertilidade das diferentes camadas de solo exploradas (Morel, 1989).

A estimativa da massa radicular é uma operação difícil. A extração da massa de raízes num determinado estágio de crescimento jamais é total. Assim, esta deve ser avaliada em vaso. (Morel, 1989). Pesquisas sobre o efeito do solo no crescimento de raízes, geralmente são feitas em condições controladas e em solos uniformes. Mas no campo, é comum as raízes crescerem em macroporos que podem ter sido formados pela fauna, por raízes de plantas anteriores (bioporos), ou pela expansão e retração do solo que formam fissuras. As raízes que ganham acesso a eles se desenvolvem mais profundamente.

No campo, o estudo da morfologia e do crescimento do sistema radicular das plantas cultivadas apresenta certo grau de dificuldade, por isto, o enraizamento tem sido relativamente pouco estudado e caracterizado de maneira menos sistemática do que as partes aéreas.

Muitos estudos quantitativos sobre o sistema radicular são realizados por coletas a diferentes profundidades com cilindros de volume e de peso conhecidos, seguidas de separação das raízes por lavagem. Estes métodos são relativamente rápidos, perturbam pouco o solo e permitem maior número de repetições.

Uma outra forma de verificar-se a distribuição do sistema radicular é através da retirada horizontal de monolitos de solo. Esta metodologia permite integrar os gradientes horizontais e obter uma avaliação mais precisa do desenvolvimento das raízes em profundidade (Chopart, 1980). A prancha de pregos é outra metodologia usada para obter-se melhor ilustração da morfologia das raízes no solo. Tardieu & Manichon (1986) desenvolveram metodologia, relacionando notas visuais para diferentes tipos de raízes de milho e o seu peso seco, obtendo correlação entre o aspecto qualitativo (visual) com o quantitativo (peso seco de raízes).

Há também a observação direta a partir de uma trincheira aberta no solo. Esta metodologia fornece informações essencialmente qualitativas sobre o desenvolvimento do sistema radicular, e permite o estudo das relações entre o perfil cultural e o enraizamento, bem como diagnóstico do estado físico do solo.

Posto isso, entende-se o perfil cultural da forma mais abrangente possível, isto é, como sendo a porção do perfil do solo alterada por implementos agrícolas, tráfego de máquinas, enraizamento das plantas, atividade biológica, clima e aplicação de produtos, ou seja, quaisquer formas de intervenção do homem, passadas ou presentes, para a implantação das culturas.

São poucos os trabalhos que levam em conta o enraizamento como complemento da avaliação do perfil cultural porque qualquer método escolhido para avaliar raízes e o próprio perfil cultural é trabalhoso e requer treinamento específico. O solo, quaisquer que sejam suas origem e composição, não pode ser considerado como um meio perfeitamente rígido (Tessier, 1994), é preciso lembrar-se que entre a colheita e a instalação da cultura subsequente, o estado físico do solo evolui lentamente sob a ação do clima e, normalmente de modo rápido, sob a ação das operações de preparo (Papy, 1987).

Ao fazer esta busca para os últimos anos, encontram-se somente 14 trabalhos indexados que tratam desse tema tal como pretende-se explorar.

Gill et al. (1996) estudaram os efeitos do preparo profundo na cultura do milho por três anos e, observaram aprofundamento e aumento da densidade radicular em relação ao preparo convencional, refletindo no aumento da produção de grãos.

Dwyer et al. (1996) compararam a profundidade de enraizamento e a distribuição da massa de raízes de milho por três anos sob preparo convencional e preparo conservacionista em solos franco-arenoso e franco-argiloso. A profundidade e a distribuição de raízes aumentaram nos 10 cm verticais durante o crescimento vegetativo. A umidade do solo, a temperatura, a resistência mecânica e a densidade global variaram com o preparo empregado, mas as diferenças não foram associadas à distribuição da massa de raízes. A profundidade de enraizamento variou com a textura do solo, ano e preparo, e o aumento da profundidade de enraizamento foi associado ao aumento do preparo e ao decréscimo da umidade nas camadas superficiais do solo.

Hayashi et al. (1996) estudaram os sistemas radiculares de monoculturas e culturas intercaladas de milho, arroz de sequeiro e soja tanto em semeadura direta quanto com aração. Em monoculturas, os sistemas radiculares de todas as espécies mostraram distribuição simétrica no perfil do solo. Entretanto, em culturas intercaladas, os sistemas radiculares de uma espécie estenderam-se para os das outras espécies, mas não para aqueles de sua mesma espécie, num padrão assimétrico. A área do sistema radicular de cada cultura, sob cultura intercalada, foi significativamente maior que sob monocultura, sendo maior com aração que na semeadura direta. Aumento na área de sobreposição dos sistemas radiculares sob culturas intercaladas foi também observado.

Merrill et al. (1996) estudaram o efeito do preparo convencional, do preparo mínimo e da semeadura direta no crescimento de raízes de trigo, por três anos, em condições de pouca água. O parâmetro “comprimento de raízes” medido através de um minirhizotrom foi mais significativo que o parâmetro “crescimento superficial” tanto no preparo convencional quanto na semeadura direta. A penetração de raízes atingiu 1,1 m, ou menos, em subsolo seco, mas a cada ano as raízes aprofundaram-se mais sob semeadura direta que sob preparo mínimo ou preparo convencional e, os autores atribuem este resultado à maior conservação da água na zona superficial no sistema de semeadura direta.

Terbea et al. (1994), estudando aspectos do desenvolvimento do sistema radicular do milho, em condições de solos compactados e não compactados, encontraram que a compactação moderada estimulou a proliferação de raízes e aumentou a área de enraizamento. Entretanto, com compactação severa, o acúmulo de biomassa de raízes e a produção de grãos decresceram. Observaram ainda que a proliferação e a densidade de raízes aumentaram enquanto que a produção de grãos decresceu quando ocorreu uma diminuição na taxa de irrigação.

Turman et al. (1995), estudando o efeito da data de plantio e do sistema de preparo no crescimento de raízes de soja, verificaram que o preparo não afetou a profundidade de enraizamento. Nem o sistema de preparo nem a data de semeadura afetaram o comprimento de raízes e não houve interação entre esses efeitos e a profundidade do solo.

Wagner et al. (1995), avaliando o efeito do subsolador no desenvolvimento da cana em cinco cortes sucessivos, observaram que a subsolagem somente provocou aumento de rendimento em solos com compactação severa. O número de raízes, geralmente decresceu de 50% entre o quarto e o quinto corte, entretanto sua distribuição foi melhor na ausência de subsolagem.

Kaspar et al. (1995), estudando os efeitos do tráfego de máquinas e dos sistemas de preparo no enraizamento do milho, encontraram que nas entrelinhas trafegadas o comprimento de raízes foi, em média, 1/3 do encontrado nas entrelinhas não trafegadas. O comprimento de raízes numa dada entrelinha também foi influenciado pelo tráfego nas entrelinhas adjacentes.

Keisling et al. (1995), analisando a morfologia de raízes de soja em cinco diferentes tipos de solo com e sem destruição de “pé de arado”, encontraram que nas parcelas onde as camadas compactadas não foram destruídas, os sistemas radiculares tenderam a seguir os canais antigos, formados por raízes e pelas fissuras das camadas. Abaixo da camada compactada, a estrutura do solo manifestou forte influência na morfologia radicular. Com exceção do franco-arenoso, as raízes penetraram a camada compactada do solo em números comparáveis aqueles que penetraram os horizontes com camadas descompactadas. Embora a resistência do solo à penetração de

raízes tenha aumentado com o secamento, o “pé de arado”, impedimento mecânico à penetração de raízes, em solos franco-siltosos e argilosos não pareceu ser um problema.

Smith (1993), analisando a distribuição de raízes de algodão, sob preparo convencional e subsolagem num limitado número de amostras, encontrou indicações de que a maior parte das raízes nas parcelas preparadas convencionalmente, ficava concentrada nos primeiros 30 cm do perfil e nas parcelas subsoladas as raízes distribuíam-se por todos os lados, mas, a 60 cm de profundidade a concentração foi maior que nas parcelas convencionalmente preparadas.

Acharya & Sharma (1994), estudando os efeitos do preparo e da cobertura do solo no enraizamento, encontraram que o preparo convencional e a semeadura direta, ambos com uma cobertura de aproximadamente 10 t.ha⁻¹ de acículas de pinheiro, favoreceram moderadamente o regime hidrotérmico do solo, resultando em acréscimo no sistema radicular, na absorção de nutrientes e na produção de grãos de milho e trigo.

Schoonderbeck & Schoute (1994) utilizaram técnicas de lâminas delgadas e de análise de imagens para entender a relação entre macroporosidade e desenvolvimento radicular sob sistemas convencional e integrado de manejo. A macroporosidade total foi maior no sistema integrado que no convencional e decresceu com a profundidade sob ambos sistemas. A camada de 8 a 15 cm sob o sistema convencional foi dominada por fissuras horizontalmente orientadas, aparentemente causadas pela compactação devido ao tráfego na colheita e no preparo. A camada de 18 a 26 cm sob sistema integrado apresentou uma grande quantidade de cavidades devido à atividade biológica. A densidade de raízes foi superior no sistema convencional que no sistema integrado e as raízes ficaram mais grossas com o menor contato solo-raiz.

Amato et al. (1994) estudaram o efeito dos seguintes métodos de preparo do solo no crescimento de raízes de trigo em rotação, em terrenos com declividade acentuada: (a) = gradagem a 20 cm de profundidade; (b) = aração (aiveca) a 40 cm + gradagem; (c) = aração (disco) a 50 cm + aração (aiveca) a 20 cm + gradagem; (d) = aração (disco) + gradagem. Encontraram que a densidade radicular do trigo foi similar nos tratamentos (a), (b) e (d); menor em (c) que em outros tratamentos, para as profundidades 0 - 20 e 20 - 40 cm, e ligeiramente maior em (a) que em outros tratamento para 40 - 60 cm de profundidade.

Vepraskas et al. (1995), trabalhando num solo franco-arenoso com camada compactada provocada pelos implementos de preparo de solo, estudaram a duração das fissuras na camada compactada produzidas por subsolador e por escarificador em comparação com o tratamento de semeadura direta, relacionaram com a produção de grãos de milho e com o desenvolvimento de raízes. A produção de grãos de milho não foi diferente significativamente entre os três tipos de preparo, em nenhum dos três anos observados; e a concentração de raízes nos perfis de solo não diferiu significativamente entre os tratamentos. As raízes alcançaram profundidades superiores a 1m. As observações indicaram ainda que as fissuras afetaram o enraizamento até dois anos após sua formação.

No Congresso Latino Americano de Ciência do Solo em 1996 alguns trabalhos abordaram o tema. Embora não fizessem realmente um estudo do perfil cultural, empregavam variados métodos de monitoramento de enraizamento para avaliar preparo, ou talvez mais propriamente, manejo (Basso & Assis, 1996; Delgado, 1996; Luján et al., 1996; Rocha Filho et al., 1996; Silva et al., 1996; Valenzuela & Wilson, 1996).

Entre os trabalhos mais abrangentes que abordaram o tema de forma mais completa, encontram-se as dissertações de Pedó (1986), Mello (1991) e Ralisch (1995). A dissertação de Pedó (1986) é um marco neste tipo de abordagem principalmente pela exaustiva avaliação do enraizamento de seis espécies de plantas para estudo do efeito de compactação provocada pelo cultivo.

Entre os trabalhos mais recentes no assunto encontra-se a dissertação de mestrado de Ralisch (1995) onde a avaliação do enraizamento é utilizada com o propósito de analisar três tipos de manejo do solo. Enquanto Pedó (1986) buscava avaliar o efeito de preparo (compactação) nas raízes, Ralisch (1995) buscou avaliar manejo utilizando enraizamento e perfil cultural.

Mello (1991), estudou o efeito dos preparos analisando o perfil cultural e, aqueles em relação à presença de raízes no perfil, durante o ciclo da cultura do milho. A autora analisou também o efeito dos preparos na morfologia das raízes, concluindo que esta sofreu modificação; verificou ainda que os modos de organização das estruturas do perfil cultural explicavam a distribuição de raízes no perfil, embora a coincidência não tenha sido perfeita. No entanto, essas alterações não refletiam diferenças de rendimento na cultura.

Silva et al. (1997) também trataram do tema, embora não tenham feito a determinação das estruturas morfológicas, elas foram contempladas numa amostragem detalhada e a distribuição radicular foi estudada em relação a elas. Os resultados obtidos foram concordantes com os de Mello (1991) e com o de outros autores citados, ou seja, existe uma correlação estreita entre o enraizamento e o preparo do solo, mas esta nem sempre explica os rendimentos obtidos. Deve-se isso à uma série de fatores; em particular às condições climáticas, nas quais se instalaram os experimentos. Normalmente o rendimento só expressa as diferenças no desenvolvimento do sistema radicular em cada tipo de preparo do solo, se houver limitação de água.

Manfron et al. (1991) constataram que ocorreu maior massa radicular e maior variabilidade na distribuição de raízes no preparo de solo subsolado em relação ao não subsolado, mas as diferenças não foram significativas.

Ralisch et al. (1991) utilizaram o sistema radicular para avaliar efeitos de diferentes preparos sobre a estrutura do solo e, constataram que o uso conjunto da metodologia do perfil cultural e perfil de enraizamento, são ferramentas muito úteis para a avaliação de sistemas de manejo, ou seja, da relação implemento/solo/planta.

Ralisch et al. (1993) utilizaram a metodologia do perfil cultural e perfil de enraizamento para diagnosticar os efeitos de diferentes tratamentos sobre as estruturas do solo e, a influência destas estruturas na distribuição das raízes de soja. Concluíram que o tratamento com grade pesada apresentou maior volume de raízes e o tratamento com arado de aivecas apresentou diminuição da densidade radicular.

Balbino et al. (1994), estudando diferentes sistemas de preparo do solo (plantio direto, preparo com grade pesada e preparo com arado de aivecas), obtiveram resultados semelhantes para a cultura do milho, onde o preparo com grades apresentou maior enraizamento em relação aos demais, mas o rendimento médio de grãos foi menor.

Hencklain et al. (1996), estudando o efeito do preparo do solo no desenvolvimento radicular, constataram que diferentes manejos induziram diferentes formas de enraizamento das plantas. O preparo convencional (arado e grade de discos) proporcionou enraizamento superficial; já o sistema de semeadura direta apresentou melhor distribuição de raízes ao longo do perfil. Os autores concluíram que o estudo de raízes em perfil permite verificar as condições dos solos submetidos a diferentes mobilizações.

Ralisch et al. (1994) utilizaram o método do perfil cultural e do perfil de raízes para avaliar os efeitos do preparo do solo sobre o enraizamento, e a eficiência de equipamentos utilizados nesse preparo, e constataram que estas duas metodologias utilizadas concomitantemente podem ser ferramenta muito útil para tais objetivos.

Balbino et al. (1995) utilizaram o perfil cultural e o de enraizamento para avaliar diferentes sistemas de preparo do solo: plantio direto, preparo com grade pesada, preparo com arado de disco, preparo com arado de aiveca e preparo mínimo com escarificador. Correlacionaram a presença de diferentes estruturas no perfil ao enraizamento, em função dos implementos utilizados. O plantio direto proporcionou maior homogeneidade no perfil e conseqüentemente melhor distribuição do sistema radicular.

Diante do exposto, como considerações finais salienta-se que:

- o estudo de raízes visando compreender o manejo é fundamental, embora trabalhoso, e pode ser mais elucidativo a medida que se estuda o enraizamento durante o desenvolvimento da cultura em questão. Isto fica muito evidente no trabalho de Mello (1991), que avaliou o enraizamento em quatro estádios da cultura de milho, demonstrando que à medida em que se aproxima a antese, o desenvolvimento do sistema radicular nos diversos manejos torna-se semelhante. Portanto, seria desejável o acompanhamento do desenvolvimento do sistema radicular;

- os trabalhos ainda carecem de maiores informações sobre os manejos empregados; desde a descrição sucinta do implemento utilizado, como: tipo de trator, profundidade de trabalho e tipo de trabalho obtido, até informações claras das metodologias aplicadas na avaliação do trabalho do solo ou do enraizamento;

- é fundamental ressaltar o papel do clima, principalmente com relação à distribuição das chuvas, que facilita a penetração de raízes em estruturas compactadas; o papel da fauna do solo, a qual pode transformar completamente as estruturas; o papel dos produtos aplicados no solo, e ainda o das características químicas e físicas naturais do solo que levam à importantes alterações estruturais as quais podem responder pelo funcionamento hídrico do solo e, conseqüentemente, pela resposta das culturas.

Deve-se lembrar ainda que todos esses fatores agem ao mesmo tempo e que somente estudos com visão holística podem ajudar na compreensão do sistema. A raiz, neste contexto, é o “termômetro”, ou seja, quando ela consegue se instalar e se desenvolver adequadamente é capaz de fornecer água e nutrientes para as outras partes da planta, até nos momentos críticos e o rendimento fica assegurado. Contudo, não se pode perder de vista a sustentabilidade dos agroecossistemas e este talvez seja o objetivo maior de pesquisas em manejo: a recuperação e a manutenção das características físicas, químicas e biológicas dos solos.

Literatura Citada:

ACHARYA, C.L. & SHARMA, P.D. Tillage and mulch effects on soil physical environment, root growth, nutrient uptake and yield of maize and wheat on an Alfisol in north-west India. *Soil & Tillage Research*, 32(4):291-302, 1994.

AMATO, M.; PARDO, A. & LANDI, G. Effetti delle modalita di lavorazione di un terreno declive sull'accrescimento radicale del favino (*Vicia faba* minor Beck) e del frumento (*Triticum durum*

- Desf.) in rotazione. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE ITALIAN AGRONOMY SOCIETY, 27., Potenza, 1993. *Rivista-di-Agronomia*, 28(4):407-412, 1994.
- BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, E.F.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F. & DERSIGNY, C.G.D. Desenvolvimento de milho (*Zea mays* L.) submetido a três sistemas de manejo em um Latossolo Roxo Eutrófico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., Goiânia, 1994. Resumos. Goiânia, ABMS, EMGOPA, CNPMS/EMBRAPA, UFG, EMATER-GO, 1994. p.221.
- BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, E.F.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; DUTRA, L.G.; AMARAL, A.M.; FARIA, M.P.; BUSO, L.H. & COELHO, R.O. Metodologia para avaliação de raízes de canola (*Brassica napus*), submetida a diferentes sistemas de preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa, SBSC, UFV, 1995. p.1827-29.
- BASSOI, L.H. & ASSIS, J.S. Distribuição do sistema radicular de videiras irrigadas em Latossolo Vermelho Amarelo do trópico semi árido. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. Águas de Lindóia, 1996. Resumos expandidos. Piracicaba, ESALQ/SBSC, 1996.
- CALLOT, G.; CHAMAYOU, H.; MAERTENS, C. & SALSAC, L. Mieux comprendre les interactions sol-racine - incidence sur la nutrition minérale. INRA, Paris, 1982. 325p.
- CHOPART, J.L. Etude au champ des systemes racinaires des principales cultures pluviales au senegal (arachide - mil - sorgho - riz pluvial). Toulouse, Université de Toulouse, 1980. 160p. (Tese de Doutorado).
- DANIEL, L.A. & MARETTI, H.J. Avaliação de camada de solo compactado e análise de crescimento de plantas. In: CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., Campinas, 1990. Fundação Cargill, 1990. p. 22- 33.
- DELGADO, F. Índice de productividad (IP) y grado de desarrollo radical (GDR): aproximaciones para evaluar relaciones suelo - cultivo en la region de piedemonte y llanos occidentales de Venezuela. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. Águas de Lindóia, 1996. Resumos expandidos. Piracicaba, ESALQ/SBSC, 1996.
- DWYER, L. M.; MA, B.L.; STEWART, D.W.; HAYHOE, H.N.; BALCHIN, D.; CULLEY, J.L.B. & McGOVERN, M. Root mass distribution under conventional and conservation tillage. *Canadian Journal of Soil Science*. 76(1): 23-28, 1996.
- GILL, K.S.; GAJRI, P.R.; CHAUDHARY, M.R. & SINGH, B. Tillage, mulch and irrigation effects on corn (*Zea mays* L) in relation to evaporative demand. *Soil & Tillage Research*, 39(3):213-227, 1996.
- HAKANSSON, I. A method for characterizing the state of compactness of plough layer. *Soil & Tillage Research*, 16: 105-120, 1990.
- HAYASHI, Y.; VERAPATTANANIRUND, P. & SHIGENAGA, S. Ecological studies on the transition from shifting cultivation to continuous upland farming in northern Thailand. 3. Crop root systems under mono-cropping and intercropping conditions in a slash and burn field. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, 40(2):49-54, 1996.
- HENKLAIN, J.C.; GUIMARÃES, M.F.; VIEIRA, M.J. & MEDINA, C.C. Efeitos do preparo do solo no desenvolvimento radicular. In: CONGRESSO BRASILEIRO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1., Ponta Grossa, 1996. Resumos expandidos. Ponta Grossa, 1996. p. 103-105.
- KASPAR, T.C.; LOGSDON, S.D. & PRIEKSAT, M.A. Traffic pattern and tillage system effects on corn root and shoot growth. *Agronomy Journal*, 87(6):1046-51, 1995.
- KEISLING, T.C.; BATCHELOR, J. T. & PORTER, O.A. Soybean root morphology in soils with and without tillage pans in the lower Mississippi river valley. *Journal of Plant Nutrition*, 18(3):373-84, 1995.
- LUJÁN, D.L.; PÉREZ, Z.L. & SENTÍS, I.P. Limitaciones físicas para la penetracion de raices de maiz y sorgo en suelos de Venezuela. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. Águas de Lindóia, 1996. Resumos expandidos. Piracicaba, ESALQ/SBSC, 1996.
- MAERTENS, C. & CHOPART, J.L. Caractérisation synthétique de l'enracinement de végétaux herbacés à partir d'échantillons aliquotes du système racinaire. C. R. Acad. Sc. Paris, 284: 1285-1287, série D, 1977.
- MANFRON, P.A.; LIBARDI, P.L.; PAULETTO, E.A. & MORAES, S.O. Efeito do método do preparo do solo na distribuição radicular do milho (*Zea mays*, L.) em Terra Roxa Estruturada. *Ciência Rural*, Santa Maria-RS, 21(3): 353-366, 1991.

- MANICHON, H. Influence des systèmes de culture sur le profil cultural: élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique. 1982, 214p. (Thèse Doct. - INRA-PG).
- MELLO, W.M.P. Desenvolvimento do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo do solo. Porto Alegre, UFRGS, 1991. 121p. (Dissertação de Mestrado).
- MERRIL, S.D.; BLACK, A.L. & BAUER, A. Conservation tillage effects root growth of dryland spring wheat under drought. *Journal of Soil Science Society of America*, 60(2):575-583, 1996.
- MOREL, R. Les sols cultivés. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 1989. 373p.
- PAPY, F. Comportement d'une couche labourée sous les actions de compactage en fonction de son état hydrique et structural. *Agromomie*, 7 (2): 111-121, 1987.
- PEDÓ, F. Rendimento e distribuição de raízes de seis espécies de plantas em dois níveis de compactação do solo. Porto Alegre, UFRGS, 1986. 92p. (Dissertação de Mestrado).
- RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C.; TAVARES FILHO, J.; DERSIGNY, C.G. e VISINTIN, L.M.B. O método de perfil cultural para auxiliar na avaliação dos efeitos do preparo sobre a estrutura do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., Londrina, 1991. Anais. p. 1374-1383.
- RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; BALBINO, L.C.; MEDINA, C.C.; TAVARES FILHO, J.; DERSIGNY, C.G. & VISINTIN, L.M.B. Estudos dos efeitos da realização sucessiva de um mesmo tipo de manejo, sobre o perfil cultural e o perfil de enraizamento de um Latossolo Roxo Distrófico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., Ilhéus, 1993. Resumos. (3):2122 -34.
- RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F. & MEDINA C.C. The cultural profile methodology utilization to evaluate the tillage effects and tillage equipment efficiency. In: WORLD CONGRESS ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 12., Milão, 1994. Resumo expandido. Milão,1994. p.1273-1279.
- RALISCH,R. Efeitos de três sistemas de manejo no estado estrutural de um Latossolo Roxo. Botucatu, UNESP,1995. 67p. (Dissertação de Mestrado).
- ROCHA FILHO, J.; JORGE, L.A.C.; PRIMAVESI, O. & CRESTANA S. Distribuição radicular de forrageiras, afetada pela intensidade de manejo, avaliada por análise de imagens digitais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. Águas de Lindóia, 1996. Resumos expandidos. Piracicaba, ESALQ/SBCS, 1996.
- SCHOONDERBECK, D. & SCHOUTE, J.F.T. Root and root-soil contact of winter wheat in relation to soil macroporosity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 51(1-2): 89-98, 1994.
- SILVA, F.C.; FREITAS, P.L. & BLANCANEUAX, P. Análise de fertilidade e morfo- estrutural como indicadores da sustentabilidade do sistema de uso do solo e da água em savanas tropicais brasileiras. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. Águas de Lindóia, 1996. Resumos expandidos. Piracicaba, ESALQ/SBCS, 1996.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; BORGES, D.F. & FONTINELLI, F. Estado de compactação e sistema radicular do milho induzido por pastejo e preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Rio de Janeiro, 1997. Resumo expandido.1997.
- SMITH, L.A. Technique for root distribution analysis in clay soil. PROCEEDINGS BELTWISE COTTON CONFERENCES, New Orleans, 1993. Anais. 1993. p.534-537.
- TARDIEU, F. & MANICHON, H. Caractérisation entant que capteur d'eau de l'enracinement du maïs en parcelle cultivée. II. Une méthode d'ethude de la répartition verticale et horizontale des racines. *Agronomie*, Paris, 6(5):415-425, 1986.
- TERBEA, M.; SIN, G.; CRACIUN, I.; PETCU, E. & PETCU, G. Aspects of the development of the root system of the maize depending on certain factors from the soil. *Romanian Agricultural Research*, 1: 45-51, 1994.
- TESSIER, D. Rôle de l'eau sur les propriétés physiques des sols. *Sécheresse*, 5(3): 143-150, 1994.
- TURMAN, P.C.; WIEBOLD, W.J.; WRATHER, J.A. & TRACY, P.W. Effect of planting date and tillage system on soybean root growth. *Journal of Plant Nutrition*, 18(12):2579-2594,1995.
- UNGER, P.W. & KASPAR, T.C. Soil compaction and root growth: a review. *Agronomy Journal*, 86 (5): 759-766. 1994.

- VALENZUELA, O.R. & WILSON, M.G. Cuantificación del sistema radical del cultivo del trigo en un suelo sin laboreo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. Águas de Lindóia, 1996. Resumos expandidos. Piracicaba, ESALQ/SBCS, 1996.
- VEPRASKAS, M.J.; BUSSCHER, W.J. & EDWARDS, J.H. Residual effects of deep tillage vs. no-till on corn root growth and grain yield. *Journal of Production Agriculture*, 8(3):401-405, 1995.
- WAGNER, M.; RINCONES, C.; MEDINA, G. & MUJICA, M. Efecto del arado cincel y el riego sobre el desarrollo de la caña de azúcar en un suelo compactado. *Agronomía Tropical*, Maracay. 45(1): 5-26, 1995.