

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO SATURADO, EM TRÊS SISTEMAS DE MANEJO^{1/}

Bairon Fernandes ^{2/}
Harry M. Galloway ^{3/}
Roy D. Bronson ^{3/}
Jerry V. Mannering ^{3/}

1. INTRODUÇÃO

A velocidade com que a água se movimenta no solo é de considerável importância para a agricultura, bem como para outros usos da terra. A capacidade de penetração de água num solo é, em grande parte, condicionada pela quantidade e pela qualidade de seus poros. Isso significa que a distribuição textural e a geometria do espaço poroso são de fundamental importância para o movimento da água no solo.

Alguns pesquisadores (2, 8, 10) têm usado a razão de percolação através de amostras com estrutura indefinida para relacionar a condutividade hidráulica saturada com várias outras propriedades físicas do solo. Por outro lado, o efeito de restos culturais, de métodos de preparo do solo e da matéria orgânica na condutividade hidráulica saturada têm sido objeto de trabalhos de pesquisas (3, 4, 5, 7).

Considerando que os sistemas de manejo do solo poderão influenciar o estado de estrutura, alterando a geometria dos poros, este trabalho objetivou verificar como três sistemas de manejo, utilizados durante sete anos consecutivos no plantio do milho (*Zea mays* L.), influenciam a condutividade hidráulica saturada de dois solos.

^{1/} Parte da tese de Ph.D. apresentada, pelo primeiro autor, à Purdue University, West Lafayette — USA.

Recebido para publicação em 14-3-1983.

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

^{3/} Agronomy Department, Purdue University, West Lafayette — Indiana, 47907 — USA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de campo, dos quais as amostras foram coletadas, estavam sendo conduzidos em dois solos que contrastavam entre si em vários aspectos. O solo pertencente à série «Runnymede loam» (Typic Argiaquoll) apresenta relevo plano, drenagem deficiente e lençol freático elevado. O pertencente à série «Tracy sandy loam» (Typic Hapludalf) apresenta boa drenagem interna, relevo ligeiramente plano e elevado teor de areia. A composição textural e a percentagem de carbono orgânico de ambos encontram-se no Quadro 1.

Foram amostradas parcelas nos sistemas de manejo convencional, «chisel» e «coulter». No sistema convencional a aração foi feita com arado de aiveca, regulado para trabalhar à profundidade de aproximadamente 20 cm, seguida de duas gradagens. No sistema «chisel», o arado de aiveca foi substituído pelo «chisel», com as pontas espaçadas de 37 cm e reguladas para trabalhar à profundidade de 20 cm, aproximadamente. A aradura foi feita logo após a colheita. Na época do plantio, as pontas foram trocadas por ancinhos, que trabalhavam na frente da plantadeira, preparando uma faixa de 5 a 10 cm, de profundidade, aproximadamente. Não foi utilizada a gradagem. No sistema «coulter» não se usavam aração nem gradagem. A faixa de plantio foi preparada com a utilização de um disco corrugado, colocado na frente da plantadeira. Essa faixa tinha aproximadamente 7 cm de profundidade e 6 cm de largura. Todos os anos o plantio era repetido na mesma faixa.

O solos foram amostrados até a profundidade de 50 cm, dentro de um tubo de PVC, usando-se, para isso, um método semelhante ao descrito por MIELKE (6). A amostragem foi feita antes das operações que antecediam o plantio, entre as fileiras do plantio anterior. No sistema «coulter» foram tomadas amostras nas faixas não trafegadas pela maquinaria. No laboratório, os tubos foram seccionados em segmentos de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, a partir da extremidade superior, correspondente à superfície do solo. As medições foram realizadas no material contido nesses segmentos.

Um sistema ajustável de permeámetros (Figura 1), com uma lâmina de água constante de 2 cm, foi usado para medir a percolação de água das amostras. Foram tomados especiais cuidados para evitar a percolação de água ao longo da parede interna do tubo. No reservatório foi colocada água destilada com antecedência mínima de 24 horas das observações, para permitir um equilíbrio com a temperatura ambiente ($21 \pm 1^\circ \text{C}$). As amostras sofreram um pré-umedecimento muito lento, por capilaridade, durante as 24 horas que antecediam as observações, a fim de expulsar o ar do solo. As leituras do percolado foram feitas de hora em hora, durante 12 horas consecutivas. A condutividade hidráulica foi calculada com a utilização da equação de Darcy:

$$K = \frac{Q}{A \cdot t} \cdot \frac{L}{H}$$

em que K = condutividade hidráulica, em cm/h ; Q = volume de água percolada no tempo t , em cm^3 ; A = área da secção transversal do tubo, em cm^2 ; H = carga hidráulica total, em cm ; L = comprimento da coluna de solo, em cm .

Os experimentos de campo, dos quais as amostras foram coletadas, tinham delineamento experimental em blocos casualizados, com 4 repetições, sendo coletada uma amostra por parcela, em 3 profundidades. Para a análise de variância dos dados, utilizou-se um delineamento em «parcelas subdivididas», para o efeito da profundidade.

QUADRO 1 - Composição textural e carbono orgânico em três profundidades dos solos Runnymede e Tracy

SOLO	PROFOUNDIDADE (cm)	Composição Textural (%)				Argila < 0,002 mm	Carbono orgânico (%)
		Areia grossa 2 a 0,2 mm	Areia fina 0,02 a 0,05 mm	Silte 0,05 a 0,002 mm	Siltos < 0,002 mm		
Runnymede	0 a 10	31	16	35	18	2,57	
	10 a 20	28	20	34	18	2,13	
	20 a 30	31	19	31	19	1,18	
Tracy Sandy	0 a 10	40	20	33	7	1,16	
	10 a 20	40	17	36	7	0,96	
	20 a 30	39	17	34	10	0,50	
Loam	0 a 10						
	10 a 20						
	20 a 30						

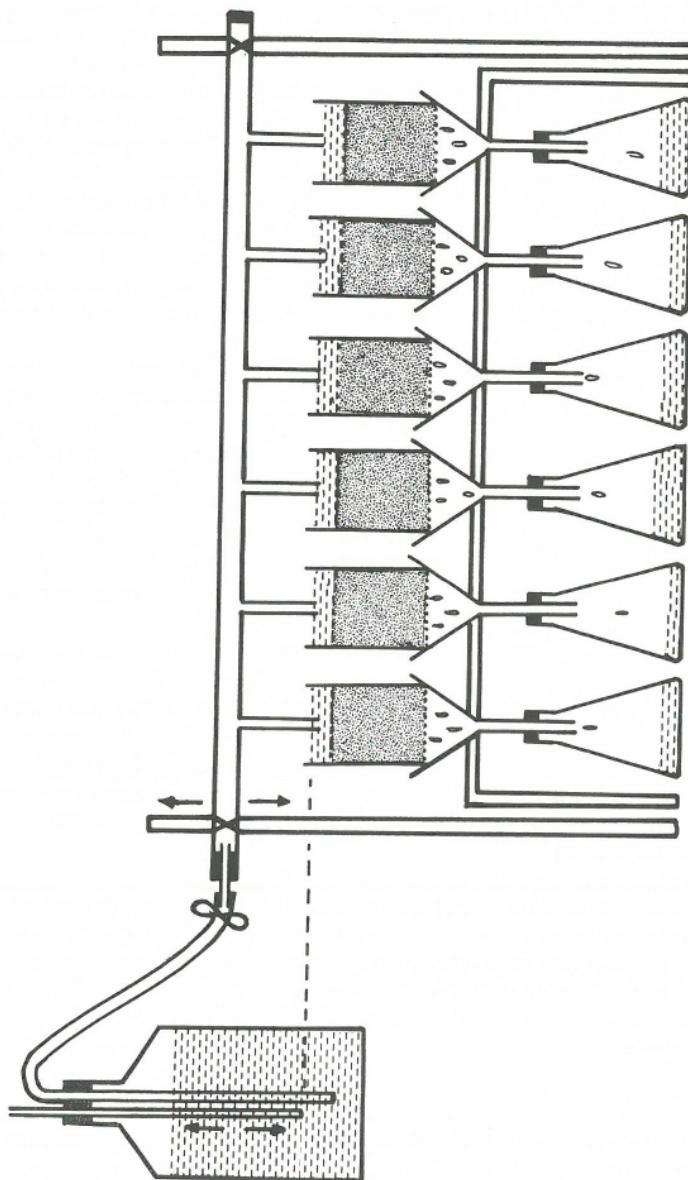


FIGURA 1 - Diagrama do permeâmetro de carga constante usado para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistema de manejo, profundidade de amostragem e tempo de leitura, bem como interação de solo e sistema de manejo, influenciaram estatisticamente (nível de 1%) a condutividade hidráulica dos solos, quando os valores da 1.^a, 6.^a e 12.^a hora foram considerados na análise (Quadro 2). O teste de médias mostrou que o sistema «chisel» forneceu valores estatisticamente superiores aos dos outros dois sistemas, que não diferiram entre si, ao nível de 5%. A média da interação de solo e profundidade foi também maior no «chisel». O efeito dessa interação parece ser mais acentuado no solo mais arenoso (Tracy). Aumento da velocidade de infiltração de água causado pelo sistema «chisel» tem sido observado por vários pesquisadores (1, 9, 11).

Em todos os sistemas, a condutividade hidráulica decresceu com o tempo de observação (Figura 2). Entretanto, de modo geral, o efeito foi mais acentuado no solo arenoso. Esse decréscimo estava ligado a novo arranjo interno, motivado principalmente pela passagem da água, que condicionava desagregação e movimentação interna das partículas de menores diâmetros, que iriam reduzir ou mesmo obstruir poros de maiores diâmetros.

O efeito diferencial da condutividade hidráulica apresentado pelos sistemas estava relacionado, em parte, com a quantidade de poros com diâmetro superior a 0,07 mm (Quadro 2), bem como com as mudanças internas ocorridas durante as 12 horas de observações. A geometria do espaço poroso, que pode ser influenciada pelo manejo do solo (4), deve também ser considerada nessa capacidade de transmitir água. Também se deve considerar a possibilidade de uma contribuição adicional da drenagem natural do solo, assim como da distribuição das partículas minerais.

Estudando as profundidades separadamente, verificou-se:

a) Profundidade de 0 a 10 cm

No solo Runnymede, a condutividade hidráulica (média de 12 horas) no sistema convencional foi 26% menor que no sistema «coulter», apesar da pequena diferença no total de poros > 0,07 mm de diâmetro. Entretanto, quando o sistema «coulter» é comparado com o «chisel», verifica-se que este último apresenta condutividade 55% maior do que a do primeiro e que esta diferença está relacionada com o diâmetro dos poros e com a densidade aparente. A redução na condutividade nas quatro primeiras horas foi 5 a 7 vezes mais elevada no sistema convencional do que no «chisel» e no «coulter», respectivamente.

No solo Tracy, os sistemas «chisel» e convencional apresentaram valores de condutividade 430% e 105% maiores do que o do sistema «coulter», respectivamente. Essas diferenças estão estreitamente relacionadas com a qualidade e quantidade dos poros. O decréscimo da condutividade, nas observações iniciais, foi mais acentuado no sistema «chisel» e no convencional, mostrando, com isso, possível efeito diferencial mais acentuado na estabilidade dos agregados, condicionado pelos sistemas no solo arenoso.

b) Profundidade de 10 a 20 cm

No solo Runnymede, os sistemas convencional e «chisel» apresentaram valores de condutividade hidráulica 425% e 375% maiores do que o do sistema «coulter», respectivamente. O decréscimo da condutividade nas primeiras horas de observação foi mais acentuado no sistema convencional e no «chisel». É provável que a incorporação anual dos resíduos no sistema convencional tenha ajudado a melhorar o estado de agregação desse solo nessa profundidade, melhorando desse modo a condutividade hidráulica nessa camada.

QUADRO 2 - Condutividade hidráulica do solo saturado e poros com diâmetros maiores que 0,07 mm, nos sistemas de manejo

SOLO	SISTEMA DE MANEJO	PROF. (cm)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (cm/h)				POROS (%)
			0 a 10	1a. hora	6a. hora	12a. hora	
Runnymede Loam	Convenional	0 a 10	3,1	1,8	1,5	2,0	51,6
	"Chisel"	10 a 20	2,5	2,2	1,7	2,1	32,0
		20 a 30	1,7	1,4	1,3	1,4	23,5
Tracy Sandy Loam	Convenional	0 a 10	4,5	4,2	3,9	4,2	13,3
	"Chisel"	10 a 20	2,7	1,8	1,5	1,9	42,3
		20 a 30	0,8	0,6	0,4	0,6	50,0
"Coulter"	Convenional	0 a 10	3,1	2,7	2,4	2,7	22,6
	"Chisel"	10 a 20	0,5	0,4	0,3	0,4	40,0
		20 a 30	2,0	1,4	1,1	1,4	45,0
Tracy Sandy Loam	Convenional	0 a 10	5,0	4,2	2,7	4,1	46,0
	"Chisel"	10 a 20	1,1	0,8	0,6	0,8	45,4
		20 a 30	1,2	1,0	0,9	1,0	25,0
Tracy Sandy Loam	Convenional	0 a 10	12,1	10,6	9,1	10,6	24,8
	"Chisel"	10 a 20	7,1	5,8	5,0	5,9	29,6
		20 a 30	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0
Tracy Sandy Loam	Convenional	0 a 10	2,2	2,0	1,7	2,0	22,7
	"Chisel"	10 a 20	2,0	1,9	1,8	1,9	10,0
		20 a 30	0,6	0,5	0,5	0,5	16,7

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

Decréscimo
na 12a. h,
em relação
à 1a. h (%)

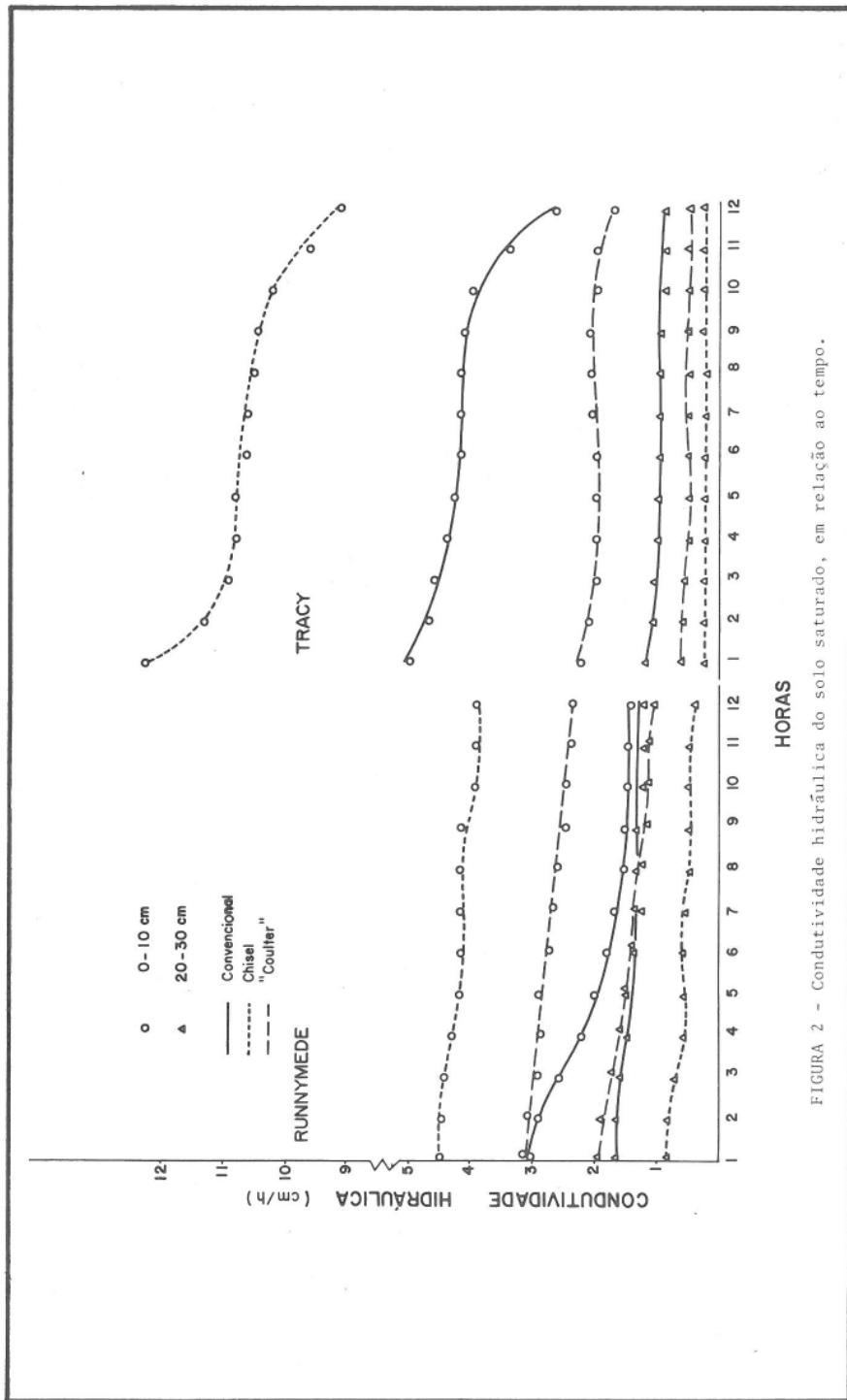


FIGURA 2 - Condutividade hidráulica do solo saturado, em relação ao tempo.

No solo Tracy, o sistema convencional apresentou condutividade hidráulica 56% menor que a do sistema «coulter». A desagregação e a posterior obstrução parcial dos poros, resultantes do efeito da gradagem, poderão ter influenciado a condutividade dessa camada, resultando daí a diferença entre os dois sistemas. Quando se compararam os sistemas «coulter» e «chisel», verificou-se que a condutividade hidráulica no primeiro foi 210% inferior à do último, estando essa diferença relacionada com a geometria do espaço poroso. Os sistemas que sofreram aradura apresentaram decréscimo mais acentuado da condutividade no transcurso das observações, indicando que, mesmo com a incorporação dos resíduos, os agregados não apresentaram boa estabilidade nesse solo arenoso e com moderado teor de matéria orgânica.

c) Profundidade de 20 a 30 cm

A condutividade hidráulica no subsolo de ambos os solos parece ter sido influenciada negativamente pelo sistema «chisel», que não tinha sido anteriormente utilizado na área do experimento de campo. O efeito foi mais acentuado no solo que tinha problema de drenagem (Runnymede), o qual tende a apresentar maior teor de umidade nessa profundidade, na época da aração, em razão da altura do lençol freático.

Embora as diferenças em condutividade ocasionadas pelos sistemas possam estar, parcialmente, relacionadas com variações naturais na textura e estrutura de algumas amostras, é difícil admitir que a magnitude dessas diferenças possa ser explicada somente pelas pequenas variações naturais observadas. Por outro lado, admite-se que pontas do «chisel» produzam força compressiva com intensidade suficiente para causar modificações no estado de estrutura do solo, tanto na região imediatamente abaixo da ponta quanto na região lateral. A intensidade poderá ser, ainda, aumentada pela movimentação da conexão entre o trator e o «chisel».

A aração com o «chisel» foi feita à profundidade máxima de 20 a 22 cm e estava condicionada, em razão da largura (7,0 m) da parcela experimental, a ser repetida, praticamente no mesmo lugar, anos consecutivos. Sendo assim, o subsolo, como um todo, possivelmente, não foi cortado durante os sete anos do experimento de campo pelas pontas do «chisel», que tinham 35 cm de espaçamento. Conseqüentemente, a compactação na parcela experimental poderá ter alcançado efeito cumulativo, em pequenas faixas, bem superior ao que poderia acontecer se não houvesse o problema da largura do bloco experimental.

É conhecido que a estabilidade da agregação pode variar consideravelmente com a atuação das forças produzidas pelos ciclos de umedecimento-secagem e congelamento-descongelamento. O grau de expressão de cada uma dessas forças está relacionado com as características de retenção de água, estado de drenagem, qualidade e quantidade de argila, bem como com a fricção interna, devida ao diâmetro e à quantidade das frações arenosas. No local do experimento de campo o congelamento poderá ocorrer a profundidades superiores às estudadas nesta pesquisa.

O sistema «chisel» provocou maior redução da condutividade no solo mais arenoso (Tracy). Espera-se, porém, que, nesse solo, onde não há problema de drenagem nessa faixa do subsolo, os efeitos de congelamento-descongelamento e dilatação-contração do solo sejam de muito pouca influência na recuperação da zona compactada pelas pontas do «chisel». Entretanto, grande efeito poderá ser esperado no solo Runnymede, em consequência dos maiores teores de argila e de matéria orgânica nela existentes, assim como da baixa proporção de areia grossa e média (Quadro 1), resultando daí maior tendência para a recuperação da estrutura desse solo a essa profundidade.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O efeito de três sistemas de manejo (convencional, «chisel» e «coulter») na condutividade hidráulica foi avaliado em dois solos distintos, depois de sete anos de plantio contínuo de milho (*Zea mays* L.). A avaliação foi feita no laboratório, em amostras de estrutura indefinida, coletadas às profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm.

Na profundidade de 0 a 10 cm, o sistema «chisel» apresentou valor médio de condutividade hidráulica significativamente (nível de 5%) superior aos dos outros dois sistemas estudados, nos dois solos, sendo o efeito, entretanto, mais acentuado no solo arenoso. Todavia, à profundidade de 10 a 20 cm, o efeito ficou condicionado ao tipo de solo e ao sistema. Na profundidade de 20 a 30 cm, o «chisel» apresentou o menor valor de condutividade nos dois solos, em razão, possivelmente, do efeito de compactação das pontas.

De modo geral, os valores de condutividade hidráulica estavam relacionados com a quantidade de poros com diâmetro superior a 0,07 mm e com a densidade aparente.

5. SUMMARY

Effects of tillage systems on saturated hydraulic conductivity were evaluated on poorly-drained Rannymede loam and well-drained Tracy sandy loam, following 7 years of experimental tillage with corn (*Zea mays* L.) in Northern Indiana. This study was carried out with core samples taken from plots under conventional spring plowed, chisel plowed, and coulter planted systems. Hydraulic conductivity was measured on prewetted samples of the 3-inch cores at the 0-10, 10-20, and 20-30 cm depths during a continuous 12-hour period using an adjustable system of permeameters and a hydraulic head of 2 cm.

Chisel plowing resulted in an average hydraulic conductivity significantly ($P = 0.05$) greater than obtained from the conventional and coulter planted systems on both soils in the 0-10 cm layer, but the effect was greater on Tracy. At the 10-20 cm depth, hydraulic conductivity was greater for the chisel system than for the conventional on Tracy, but less than the conventional on Rannymede. At the 20-30 cm depth, hydraulic conductivity values under chisel were 40% lower on Tracy and 57% lower on Rannymede than coulter, possibly due to a compaction effect of chisel teeth just below and to the sides at the normal depth of operation. In the unplowed coulter system, at the 0-10 cm depth, average hydraulic conductivity was 26% greater than under conventional on Rannymede, but was 105% less on Tracy.

6. LITERATURA CITADA

1. ALLMARAS, R.R.; RICKMAN, R.W.; EKIN, L.G. & KIMBALL, B. A. Chiseling influences on soil hydraulic properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41:796-803. 1977.
2. DIEBOLD, C.H. Permeability and intake rates of medium textured soils in relation to silt content and degree of compaction. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 18:339-343. 1954.
3. GERARD, C.J. Effects of antecedent conditions on saturated conductivity of soils. In: AGRONOMY ABSTRACTS, 74 th Annual Meeting, Anaheim, 1982. *Annals, Madison, Am. Soc. Agron.*, 1982. p. 248.

4. KLUTE, A. Tillage effects on the hydraulic properties of soil: a review. In: Unger, P.W. et alii, ed. *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. Madison, ASA, 1982. p. 29-43. (Special Publication number 44).
5. LOWERY, B.; JOHNSON, M.D. & DANIEL, T.C. The effect of tillage practices for corn on soil moisture profiles and hydraulic conductivity. In: AGRONOMY ABSTRACTS, 74 th Annual Meeting, Anaheim, 1982. *Annals. Madison, Am. Soc. Agronomy*, 1982. p. 251.
6. MIELKE, L. N. Encasing undisturbed soil cores in plastic. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37:325-326. 1973.
7. MIELKE, L.N.; DORAN, J.W. & RICHARDS, K.A. Physical environment of plowed and nontilled surface soils. In: AGRONOMY ABSTRACTS, 74 th Annual Meeting, Anaheim, 1982. *Annals, Madison, Am. Soc. Agron.*, 1982. p. 253.
8. O'NEAL, A.M. Soil characteristics significant in evaluating permeability. *Soil Sci.* 67:403-409. 1949.
9. OSCHWALD, W.R. Chisel plow and strip tillage systems. In: *Conservation tillage*. Proc. of a National Conference. Ankeny, Soil Conserv. Soc. Am., 1973. p. 194-202.
10. VAN DOREN, D.A. & KLINGEBIEL, A.A. Permeability studies on some Illinois soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 14:51-55. 1949.
11. WISCHMEIER, W.H. Conservation tillage to control water erosion. In: Conservation tillage. Proc. of a National Conference. Ankeny, Soil Conserv. Soc. Am., 1973, p. 133-141.