

---

## Efeito dos polímeros AN905 e FO4550SH na infiltração e perda de solo num solo Mediterrâneo (Px) sujeito a chuva artificial

### Effect of AN905 and FO4550SH polymers on infiltration and soil loss of a Mediterranean soil (Px) under artificial rain

P. Fernandez<sup>1</sup>, A. G. Ferreira<sup>2</sup> & J. Bordado<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Quinta Senhora de Mércules – Apartado 119, 6000-909 Castelo Branco, email: [palex@esa.ipcb.pt](mailto:palex@esa.ipcb.pt)

<sup>2</sup>Universidade de Évora, Núcleo da Mitra -Apartado 94 - 7001 Évora

<sup>3</sup>Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1-1049-001 Lisboa

---

#### RESUMO

Neste estudo comparou-se o efeito da aplicação dos polímeros AN905 (aniónico muito fraco) e FO4550SH (catiónico forte) na infiltração e perda de solo, em relação à testemunha (solo sem tratamento), através de chuva artificial (21,6 mm h<sup>-1</sup>) com um simulador de chuva do tipo Morin *et al.* (1967), sobre um solo Mediterrâneo, pardo, de materiais não calcários, normais, de xistos ou grauvaques (Px), crivado a 3,5mm.

Os polímeros AN905 e FO4550SH apresentaram valores satisfatórios de eficiência na infiltração em relação à testemunha, que se traduziram em acréscimos na infiltração de 460% e 609% nos ensaios com intervalo de 2 semanas entre os conjuntos de chuvadas e de 129% e 75% para os ensaios com intervalo de 4 semanas entre os conjuntos de chuvadas respectivamente.

A utilização dos polímeros (AN905 e FO4550SH) apresentou também uma diminuição da perda de solo em relação à testemunha em 9% e 58% nos ensaios com um intervalo de 2 semanas entre os conjuntos de chuvadas e 26% e 19% para o intervalo de 4 semanas entre os conjuntos de chuvadas respectivamente.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to know the effect of the application of the AN905 (very weak anionic) and FO4550SH (strong cationic) polymers on the water infiltration and soil loss, against the control (soil without treatment), through artificial rain (21,6 mm/h) with a Morin *et al.* (1967) rain simulator over sieved soil (Px).

The AN905 and FO4550SH polymers showed to be efficient on infiltration as compared with the control, with 460% and 609% increases on water infiltration in the soil, for the experiments with a 2 weeks interval between the sets of rain, and 129% and 75% for the two experiments with a 4 weeks interval between the sets of rain.

The use of the polymers (AN905 and FO4550SH) also showed a decrease of soil loss, against the control, of 9% and 58% in the experiments with a 2 weeks interval between the sets of rain and of 26% and 19% in the two experiments with a 4 weeks interval between the sets of rain.

## INTRODUÇÃO

Nesta fase do projecto PAMAF 8138 "Melhoria na gestão da água de rega no Alentejo. Uso de condicionadores poliméricos no solo", comparou-se em laboratório através de chuva artificial o efeito dos polímeros AN905 (aniónico muito fraco) e FO4550SH (catiónico forte) na infiltração e na perda de solo.

A baixa taxa de infiltração da água no solo e o seu efeito sobre o escoamento e a erosão são problemas críticos nos solos de regiões áridas e semi-áridas (Carter, 1990; Ben-Hur *et al.*, 1989; Oster & Singer, 1984). Nessas regiões é fundamental promover o desenvolvimento de técnicas de conservação da água e do solo.

Os polímeros surgiram numa tentativa de melhorar a estrutura do solo promovendo a floculação das argilas e estabilização dos agregados, o que se traduz num aumento da capacidade de armazenamento de água no solo e da infiltração, reduzindo por sua vez o escoamento e a erosão (Agassi & Ben-Hur, 1992; Ben-Hur & Letey, 1989; Helalia & Letey, 1988; Shaviv *et al.*, 1986; Wallace & Wallace, 1986).

A infiltração da água no solo é controlada pela formação da crosta, que depende da energia da precipitação, da textura do solo, estrutura mineralógica, percentagem de sódio de troca no solo e concentração electrolítica da solução percolante (Frenkel *et al.*, 1978; Shainberg & Letey, 1984; Ben-Hur *et al.*, 1987). A capacidade de armazenamento de água no solo depende do volume de poros, principalmente da microporosidade, teor em matéria orgânica e teor de argila (Bohn *et al.*, 1979; Hillel, 1980).

A crosta superficial é provocada por dois mecanismos complementares: desintegração física dos agregados e dispersão química das partículas de solo (McIntyre, 1958).

Para impedir a formação de crosta do

solo é necessário diminuir a energia cinética do impacto das gotas de chuva, melhorar a estabilidade dos agregados aumentando a sua resistência, a partir de agentes de cimentação, como o aumento do teor em matéria orgânica, ou impedir a expansão e contração dos minerais de argila, pela diminuição da diferença entre as concentrações electrolíticas, da água e da solução de solo (Shainberg *et al.*, 1990).

O controle da crosta é conseguido tratando a camada superficial do solo com policrilamidas aniónicas (Wallace & Wallace, 1990), 20 a 40 kg/ha de condicionador dissolvido em água, em concentrações inferiores a 500 ppm, sendo mais eficaz a acção do polímero para aplicações repetidas de baixa concentração, permitindo tempo de espera (Ferreira *et al.*, 1992).

As policrilamidas reduzem o escoamento e aumentam a condutividade hidráulica do solo (Zhang & Miller, 1996; Lentz & Sojka, 1994; Levy *et al.*, 1992; Levin *et al.*, 1991; Shainberg *et al.*, 1990) estes efeitos são devido ao aumento da agregação do solo e da porosidade e à diminuição da dispersão da argila.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se uma amostra do horizonte superficial de um solo da Família Px (Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários Normais de xistos ou grauvaques) que depois de crivado a 3,5 mm, foi acondicionado nos 3 tabuleiros, à densidade aparente de 1,30, espessura média de 2,5 cm e humidade de 3%.

A escolha do crivo de 3,5 mm, deveu-se à possibilidade de conferir à amostra uma densidade aparente próxima da verificada no campo.

As características físico-químicas deste solo apresentam-se nos Quadros 1 e 2.

QUADRO 1 - Análise textural

Arcia grossa (%)	Arcia fina (%)	Limo (%)	Argila (%)
17,61	50,89	12,71	18,80

QUADRO 2 - Características químicas

pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (g kg <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )
6,40	0,008	0,104	1,58	1,17	0,14	0,23

A precipitação provocada pelo simulador de chuva incidiu simultaneamente nos 3 tabuleiros, que têm uma dimensão (0,6×0,2×0,025 m) e declive de 9% (Figura 1).

Os tabuleiros utilizados nas chuvadas apresentam uma bordadura de solo em redor, com o objectivo de compensar as perdas de sedimento por salpico. Esta estratégia foi utilizada também por Meyer & Harmon (1992) e Wesemael *et al.* (1995).

Cada tabuleiros, tem um dispositivo de drenagem para recolha da água percolada e uma calha para recolha do escoamento e sedimentos.

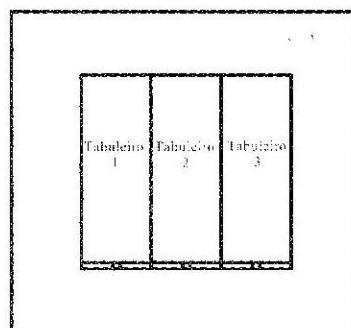


Figura 1 - Esquema dos tabuleiros

QUADRO 3 - Tratamento com os polímeros

Polímeros	Estrutura	Peso molecular	Granulometria (mm)	Densidade aparente	Viscosidade Brookfield (cps)	Concentração (g l <sup>-1</sup> )
AN905	aniónico muito fraco	Normal	1,00	0,80	400	0,1
FO4550SH	catiónico forte	Elevado	1,25	0,85	700	0,1

Os polímeros AN905 (aniónico muito fraco) e FO4550SH (catiónico forte) foram desenvolvidos pela Hoechst Portuguesa, S.A.

A selecção destes 2 polímeros para esta fase do projecto, é fundamentada nos resultados dos ensaios laboratoriais (Fernandez *et al.*, 2000) realizados com um infiltrómetro de aspersão do tipo Reinders & Louw (1984).

Os polímeros AN905 e FO4550SH (Quadro 3), foram pulverizados nos talhões

de solo com uma solução de 1200 ml correspondente à aplicação de uma dose de produto de 10 kg/ha à concentração de 0,1 g l<sup>-1</sup>, sendo a primeira chuvada realizada 24 horas depois.

Cada ensaio é constituído por dois conjuntos de chuvadas, um primeiro conjunto constituído por 4 chuvadas (0, 24, 48 e 72 horas), e um segundo conjunto também com 4 chuvadas, duas ou quatro semanas após o primeiro, em que cada chuvada tem a duração de 33 minutos (Quadro 4).

QUADRO 4 – Esquema geral dos ensaios

Ensaio	Chuvada	Talhão	Fase	Período entre Fases	Polímero
1	0/24/48/72Horas	A/B/C	A/B	4 Semanas	Testemunha-4Semanas
2	0/24/48/72Horas	A/B/C	A/B	4 Semanas	AN905-4Semanas
3	0/24/48/72Horas	A/B/C	A/B	4 Semanas	FO4550SH-4Semanas
4	0/24/48/72Horas	A/B/C	A/B	2 Semanas	FO4550SH-2Semanas
5	0/24/48/72Horas	A/B/C	A/B	2 Semanas	AN905-2Semanas
6	0/24/48/72Horas	A/B/C	A/B	2 Semanas	Testemunha-2Semanas

O objectivo deste dispositivo experimental foi obter informação acerca da evolução do efeito da aplicação dos diferentes polímeros ao longo das chuvadas.

O simulador de chuva artificial utilizado nos ensaios em laboratório é de aspersão do tipo Morin *et al.* (1967), constituído por um aspersor pequeno JHH12 do tipo “Spraying Systems Fulljet”, disco rotativo com um ângulo de abertura de 10°, altura de queda das gotas de 1,60 m e energia cinética real de 17,07 J m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup> (Baptista, 1995), intensidade média de precipitação de 21,63 mm h<sup>-1</sup>, sendo o máximo e o mínimo 22,93 mm h<sup>-1</sup> e 20,26 mm h<sup>-1</sup>, respectivamente, com um desvio padrão de 0,97 mm h<sup>-1</sup>.

No início e no fim de cada chuvada, a intensidade de precipitação do simulador de chuva foi controlada de forma a garantir que as condições de precipitação não se alteravam ao longo de cada chuvada. A precipitação foi recolhida durante dez minutos, colocando sete copos com um diâmetro de 10,6 cm e altura de 9 cm na superfície de cada talhão.

As chuvadas apresentam uma precipitação e energia de precipitação idêntica à utilizada na rega por rampa rotativa.

A partir da análise de variância “*Teste f* da ANOVA” (Hair *et al.*, 1992), da intensidade de precipitação nos ensaios, verifica-se no Quadro 5 que não existem diferenças significativas.

QUADRO 5 - Análise de variância da intensidade da precipitação

Fonte de variação	Graus de Liberdade entre níveis	Quadrados Médios entre níveis	Graus de Liberdade Residuais	Quadrados Médios Residuais	F <sub>calculado</sub>	p-Nível
1	11	0,227	24	1,121	0,202	0,996

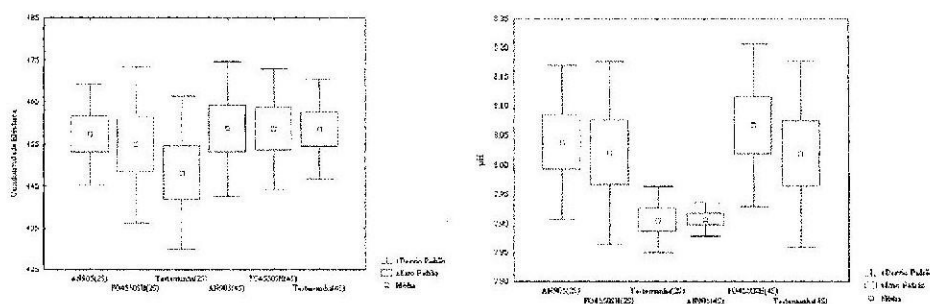


Figura 2 – Características físico-químicas da água relativa aos diferentes ensaios

Nos ensaios não foi possível utilizar água desionizada, devido ao grande volume de água necessário para efectuar as chuvadas.

Assim, a água utilizada nos ensaios foi proveniente da rede pública de abastecimento, houve necessidade de controlar em cada chuvada a condutividade eléctrica e o pH da água da chuva, de forma a garantir que estes parâmetros não influenciavam os fenómenos químicos resultantes da aplicação dos

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos resultados relativos à infiltração e perda de solo utilizou-se uma metodologia semelhante, na fase de calibração utilizaram-se 50% dos dados, provenientes dos ensaios, para determinar o modelo de regressão linear que traduzisse o fenómeno. Na fase de validação utilizaram-se os restantes 50% dos dados para validar

QUADRO 6 - Características físico-químicas da água no conjunto de ensaios

Variáveis	N	Média	Mínimo	Máximo	C. Variação	Desvio Padrão
Condutividade Eléctrica	48	456	417	479	0,03	15
pH	48	8,0	7,7	8,2	0,02	0,1

polímeros no solo.

Na Figura 2, encontram-se representados os valores da condutividade eléctrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) e do pH (-) da água utilizada nos ensaios dos polímeros (AN905 e FO4550SH) e da testemunha. O valor médio variou entre 448-459 e 7,9-8,1 para a condutividade eléctrica e para o pH respectivamente.

No conjunto total de ensaios realizados (Quadro 6), a água utilizada na simulação das chuvadas, apresentou valores médios de condutividade eléctrica e pH, de  $456 \mu\text{S cm}^{-1}$  e 7,99. A condutividade eléctrica e pH da água variaram entre 417-479  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e 7,7-8,2.

o modelo. Assim surgem os conceitos de infiltrabilidade e erodibilidade.

A infiltrabilidade da água no solo, ou seja a constante de proporcionalidade entre precipitação (mm) e a infiltração (mm), corresponde ao valor do declive da recta de regressão com ordenada na origem, obtida com base nos valores acumulados de precipitação e infiltração ao longo das 8 chuvadas.

Os coeficientes de correlação e o "Teste F da Análise de Regressão" apresentados no Quadro 7 permitem concluir que as regressões, obtidas para a infiltração, são significativas para 95 % das séries de dados.

QUADRO 7 - Efeito dos polímeros sobre a infiltrabilidade

Polímero	Modelo de Regressão Linear			Infiltração com o modelo vs. Infiltração medida	
	Declive	R2	F	Eq. Regressão Linear	R2
AN905 (2S)	0,362	0,951	314,550	$Y = 1,096X$	0,752
FO4550SH (2S)	0,458	0,934	225,740	$Y = 0,788X$	0,764
Testemunha (2S)	0,065	0,845	88,271	$Y = 0,838X$	0,635
AN905 (4S)	0,498	0,944	272,080	$Y = 1,016X$	0,768
FO4550SH (4S)	0,381	0,917	177,050	$Y = 0,761X$	0,911
Testemunha (4S)	0,217	0,916	176,200	$Y = 0,458X$	0,662

As conclusões obtidas na fase de validação, baseadas nos coeficientes de correlação relativos às equações obtidas, confir-

entre o factor energia da precipitação (MJ mm/ha h) e a perda de solo (kg/ha).

A erodibilidade corresponde ao valor do

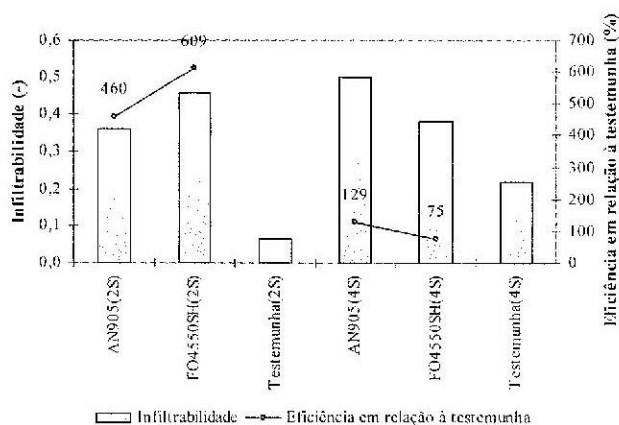


Figura 3 – Efeito dos polímeros sobre a infiltração e eficiência em relação à testemunha

maram a validade do modelo de regressão linear para determinar o efeito dos polímeros na infiltração.

Com 4 semanas de intervalo entre as fases, o AN905 aumentou em 129% e o FO4550SH em 75% a infiltração em relação à testemunha. Por outro lado, com um intervalo de 2 semanas, o AN905 aumentou em 460% e o FO4550SH em 609% a infiltração (Figura 3).

Determinou-se a erodibilidade do solo, ou seja a constante de proporcionalidade

declive da recta de regressão com ordenada na origem, obtida com base nos valores acumulados de energia da precipitação e da perda de solo, ao longo das 8 chuvas.

Os coeficientes de correlação e o “*Teste F* da Análise de Regressão” apresentados no Quadro 8 permitem concluir que as regressões, obtidas para a perda de solo, são significativas para 95 % das séries de dados.

As conclusões obtidas na fase de validação, baseadas nos coeficientes de correlação relativos às equações obtidas, confir-

QUADRO 8 - Efeito dos polímeros sobre a erodibilidade

Polímero	Modelo de Regressão Linear			Perda de solo com o modelo vs. perda de solo medida	
	Declive	R <sup>2</sup>	F	Eq. Regressão Linear	R <sup>2</sup>
AN905 (2S)	0,340	0,986	1098,400	Y = 0,148X	0,938
FO4550SH (2S)	0,155	0,971	530,790	Y = 0,168X	0,851
Testemunha (2S)	0,373	0,914	172,010	Y = 0,128X	0,960
AN905 (4S)	0,498	0,892	133,390	Y = 0,197X	0,729
FO4550SH (4S)	0,298	0,932	221,610	Y = 0,126X	0,682
Testemunha (4S)	0,368	0,943	265,220	Y = 0,154X	0,965

maram a validade do modelo de regressão linear para determinar a erodibilidade.

O efeito dos polímeros na erodibilidade nos ensaios com um intervalo de 2 semanas,

na redução da perda de solo e no aumento da infiltração. Assim, com os resultados positivos obtidos nos ensaios de laboratório através de chuva artificial, pretende-se em

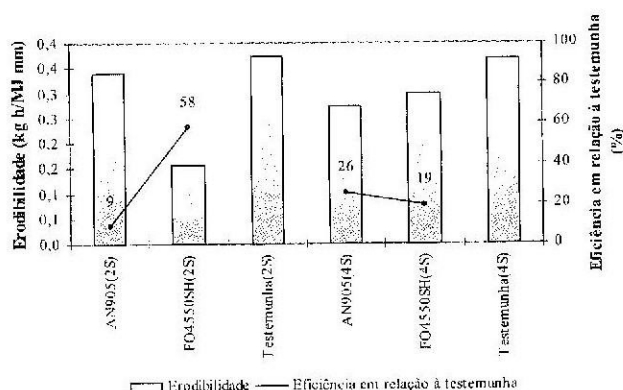


Figura 4 – Efeito dos polímeros sobre a erodibilidade e eficiência em relação à testemunha

AN905 reduziu em 9% e o FO4550SH em 58%. No caso do intervalo de 4 semanas entre as fases do ensaio, o AN905 reduziu em 26% e o FO4550SH em 19% (Figura 4).

### CONCLUSÕES

O aumento da infiltração da água no solo foi mais significativo nos ensaios com 4 semanas de intervalo entre fases, caso em que o AN905 e FO4550SH aumentaram a infiltração em 460% e 609% respectivamente.

No caso do efeito positivo combinado na infiltração e na perda de solo, destaca-se a aplicação do polímero FO4550SH: com um intervalo de 2 semanas, que aumentou a infiltração em 609% e reduziu em 58% a perda de solo. Por outro lado, o polímero aniônico muito fraco (AN905) com 4 semanas de intervalo aumentou 129% a infiltração e reduziu a perda de solo em 26%.

A aplicação dos polímeros (AN905 e FO4550SH) no solo Px revelou eficiência

trabalhos futuros estudar a aplicação destes polímeros na rega por pressão.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Investigação Agrária o financiamento do projecto PAMAF 8138 "Melhoria na gestão da água de rega no Alentejo. Uso de condicionadores poliméricos no solo".

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agassi, M. & Ben-Hur, M. 1992. Stabilizing steep slope with soil conditioners and plants. *Soil Technology*, 5: 249-256.
- Baptista, J.A.G., 1995. *Calibração de um Simulador de Chuva de Disco Rotativo*. Relatório Final do Curso de Engenharia Agrícola. Universidade de Évora, Évora.
- Ben-Hur, M. S., Shainberg, I. & Morin, J.

1987. Variability of infiltration in field with surface-sealed soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **51**:1299-1302.
- Ben-Hur, M. S., Faris, J., Malik, M. & Letey, J. 1989. Polymers as soil conditioners under consecutive irrigations and rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **53**:1173-1177.
- Ben-Hur, M. S. & Letey, J. 1989. Effect of polysaccharides, clay dispersion and impact energy on water infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **53**:233-238.
- Bohn, H., McNeal, B. & O'Connor, G. 1979. *Soil Chemistry*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Carter, D. L. 1990. Soil erosion on irrigated lands. In B. A. Stewart & D.R. Nielsen (eds) *Irrigation of Agricultural Crops*, pp. 1143-1171. Agron. Monogr. 30. ASA, CSSA, & SSSA, Madison.
- Fernandez, P., Ferreira, A. G. & Bordado, J. 2000. Comparação do efeito de diferentes polímeros sobre a taxa de infiltração de um Solo Mediterrâneo Pardo, de materiais não calcários, normal, de xistos ou grauvaques (Px). *Revista de Ciências Agrárias*, **24** (3 e 4): 94-104.
- Ferreira, A.G., Alexandre, C. & Cassamá, S. 1992. Effect of soil conditioners on the infiltration rate of an alluvial soil. In R.J. Rickson (eds) *Conserving Soil Resources - European Perspectives*, pp. 398-404. CAB International, United Kingdom.
- Frenkel, H., Goertzen, J.O. & Rhoades, J.D. 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **42**:32-39.
- Hair, J. F. Jr., Anderson, R., Tatham, R. & Black, W. 1992. *Multivariate Data Analysis*. Macmillan Publishing Company, New York, USA.
- Helalia, A. M. & Letey, J. 1988. Cationic polymer effects on infiltration rates with a rainfall simulator. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **52**:247-250.
- Hillel, D. 1980. *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press, New York, USA.
- Lentz, R.D. & Sojka, R. E. 1994. Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration. *Soil Sci.*, **158**:274-282.
- Levin, J., Ben-Hur, M. S., Gal, M. & Levy, G. J. 1991. Rain energy and soil amendments effects on infiltration and erosion of three different soil types. *J. Soil Res.*, **29**:455-465.
- Levy, G. J., Levin, J., Gal, M., Ben-Hur, M. S. & Shainberg, I. 1992. Polymers' effects on infiltration and soil erosion during consecutive simulated sprinkler irrigations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **56**:902-907.
- McIntyre, D.S. 1958. Soil splash and formation of surface crusts by raindrop impact. *Soil Sci.*, **85**: 261-266.
- Meyer, L. D. & Harmon, W. C. 1992. Inter-rill runoff and erosion: effects of row-sideslope shape, rain energy, and rain intensity. *Transactions of the American Society of Agriculture Engineer*, **35**(4):199-1203.
- Morin, J., Goldberg, D. & Seginer, I. 1967. A rainfall simulator with a rotating disk. *Transactions of the American Society of Agriculture Engineer*, **10**(1):74-79.
- Oster, J. D. & Singer, M. J. 1984. *Water Penetration Problem in California Soils*. Dep. of Land, Air, and Water Resources Paper 10011. University California, Davis.
- Reinders, F. & Louw, A. 1984. *Infiltration Measurement and Use*. Division of Agricultural Engineering, Department of Agriculture and Technical Services, South-Africa.
- Shaviv, A., Ravina, I. & Zaslavsky, D. 1986. Surface application and anionic condi-

- tioners to reduce crust formation. In F. Callebaut (eds) *Assessment of Soil Surface Sealing and Crusting*, pp. 286-293. Gent University, Belgium.
- Shainberg, I. & Letey, J. 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia*, **52**(2): 1-57.
- Shainberg, I., Warrington, D. N. & Rengasamy, P. 1990. Water quality and PAM interactions in reducing surface sealing. *Soil Sci.*, **149**:301-307.
- Wallace, A. & Wallace, G. A. 1986. Control of soil erosion by polymeric conditioners. *Soil Sci.*, **141**:363-367.
- Wallace, A. & Wallace, G. A. 1990. Soil and crop improvement with water-soluble polymers. *Soil Technology*, **3**:1-8.
- Wesemael, B., Poesen, J. & Figueiredo, T. 1995. Effects of rock fragments on physical degradation of cultivated soils by rainfall. *Soil Till. Res.*, **33**:229-250.
- Zhang, X.C. & Miller, W.P. 1996. Polyacrylamide effect on infiltration and erosion in furrows. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **60**:866-872.