

EFEITO DA IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO SOBRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM VERTISSOLO¹

JOSÉ RIBAMAR PEREIRA e GILBERTO GOMES CORDEIRO²

RESUMO - Em um Vertissolo, cultivado com videira, avaliou-se o efeito da irrigação e da adubação NPK aplicadas anualmente, durante 17 anos, sobre algumas características químicas do solo. O sistema de irrigação foi em bacia de infiltração, onde também foram aplicados os fertilizantes e incorporados ao solo até a profundidade de 5 cm. A amostragem do solo foi feita em 18 pontos da área cultivada e em sete pontos da área de solo virgem, em torno do parreiral, às profundidades de 0-15 cm, 15-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm e 90-120 cm. Os resultados analíticos mostraram que praticamente não ocorreram variações perceptíveis nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ trocáveis, matéria orgânica, N-NH_4^+ e Zn, em relação ao solo virgem, em resposta aos tratamentos. Quanto aos outros parâmetros, constatou-se que nas camadas superiores houve diminuição do pH e aumento da condutividade elétrica (CEe) e dos teores de K^+ trocável, P, N total, N-NO_3^- , Cu, Mn e Fe. Estas diferenças, com exceção do Fe, diminuíram com a profundidade. Teores mais elevados de Cu e Mn devem ter sido consequência da aplicação anual de fungicidas e da solubilização de compostos contendo estes elementos. Os resultados obtidos indicaram que as variações ocorridas em alguns parâmetros, decorrentes da irrigação e aplicação de fertilizantes, principalmente aquelas relacionadas com o aumento da salinidade, não devem comprometer a capacidade produtiva do solo.

Termos para indexação: manejo de solo, salinização, solo calcário, condutividade elétrica, produtividade do solo.

EFFECT OF IRRIGATION AND FERTILIZATION ON SOME CHEMICAL CHARACTERISTICS OF A VERTISOL

ABSTRACT - The effect of irrigation and fertilizer applied annually for 17 years was evaluated for some chemical characteristics of a Vertisol cultivated with grapevine. The water was applied through a border irrigation system. The fertilizers were broadcasted between the rows of vines and incorporated into the soil up to a depth of 5 cm. The soil samples were collected from 18 points of the cultivated area and from seven points of the virgin soil, around the grapevine orchard, at depths of 0-15 cm, 15-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm and 90-120 cm. The analytical results showed that practically there were no perceptible variations in the amount of exchangeable Ca^{2+} , Mg^{2+} and Na^+ , organic matter, N-NH_4^+ , and Zn in relation to virgin soil. Concerning the other parameters it was observed that in the upper layers there was a decrease of the pH and an increase of the electrical conductivity (EC) and of exchangeable K^+ , P, total N, N-NO_3^- , Cu, Mn and Fe. These differences, however, decreased with the depth except for Fe. Higher concentration of Cu and Mn should have been consequence of the annual application of fungicide and/or solubilization of compounds containing these elements. The results obtained indicate that the changes observed in some parameters, as a result of the application of irrigation water and fertilizers to the soil, should not interfere with the yield capacity of the soil.

Index terms: calcareous soil, salinization, soil management, electrical conductivity, soil productivity.

INTRODUÇÃO

Entre os solos irrigados do médio São Francisco, os Vertissolos têm mostrado alta capacidade produtiva, desde que práticas adequadas de manejo do solo e água sejam adotadas e que nitrogênio e, principalmente, fósforo, sejam adicionados ao solo através da adubação (FAO 1966b, Aragão 1974).

Sempre que os solos são submetidos a cultivos com irrigação, podem surgir, ao longo do tempo, alterações nas características físicas e químicas decorrentes da qualidade e manejo da água (Lewis & Juve 1956, Longenecker & Lyerly 1959), uso de fertilizantes (Pratt et al. 1956, Harding et al. 1958) e natureza e tipo de manejo dado ao solo (Richards 1954).

Toda água usada na irrigação contém, em maior ou menor quantidade, sais dissolvidos, principalmente cloretos, bicarbonatos e carbonatos em combinação com sódio, cálcio e magnésio (Kelley 1951). Estes sais, dependendo das condições, po-

¹ Aceito para publicação em 7 de janeiro de 1987.

² Eng.-Agr., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, CEP 56300 Petrolina, PE.

derão acumular-se no solo e atingir níveis que afetam a capacidade produtiva (Richards 1954, Harding et al. 1958). Por outro lado, a adubação mineral contínua, sem a preocupação de avaliar periodicamente o efeito residual dos fertilizantes aplicados, pode contribuir tanto para aumentar a salinidade (Harding et al. 1958, Pratt et al. 1956) como para afetar o equilíbrio dos nutrientes no solo, acarretando problemas de ordem nutricional para as culturas (Harding et al. 1958, Black 1968). Sobre o assunto, Fuller (1979) informa que, dada a complexidade dos solos em relação à sua composição química e condições físicas, torna-se necessário conhecer como eles reagem ao cultivo intensivo sob irrigação, a fim de que seja possível tomar medidas preventivas visando garantir a exploração dos mesmos sem o perigo de torná-los improdutivos, como vem acontecendo em muitos países do mundo, principalmente em face do aumento da salinidade.

Diversos pesquisadores têm discutido e demonstrado experimentalmente correlações existentes entre parâmetros químicos e físicos do solo com a qualidade e quantidade de água, intensidade de cultivo, uso de fertilizantes e manejo do solo (Lewis & Juve 1956, Longenecker & Lyerly 1959, Jewitt et al. 1979). Estes dados, quando analisados sob o ponto de vista de racionalização da exploração sob irrigação, fornecem importantes subsídios que permitem a reorientação das práticas de manejo com vistas à manutenção da capacidade produtiva do solo.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito da adubação NPK e da irrigação, em um Vertissolo, sobre possíveis mudanças nas características químicas do solo após 17 anos de cultivo intensivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em um Vertissolo do Campo Experimental do Mandacaru, do centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (EMBRAPA), localizado em Juazeiro, BA, cultivado com videira sob condições de irrigação. O solo dessa área é argiloso, com predominância de argila montmorilonítica (Horowitz & Makitie 1963), apresenta alta CTC, sendo 90% cálcio, baixa CEE e carbonatos livres variando de 2% a 5% no perfil. Na Tabela 1 constam alguns dados referentes às características físicas do solo. A amostragem do solo foi feita em 18 pontos da área do parreiral correspondente a 0,5 ha e em sete pontos da área de solo virgem, distanciados cerca de 10 m em torno dela, nas profundidades de 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 e 90-120 cm. A área com videira recebeu anualmente o correspondente a 90 kg/ha de N, nas formas de sulfato de amônio e uréia, 90 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo e 30 kg/ha de K_2O na forma de cloreto de potássio, que eram incorporados ao solo até a profundidade de 5 cm. A irrigação era conduzida em sistema de bacia de infiltração, tendo 50 m de comprimento por 2,5 m de largura, limitadas entre si pelas fileiras de plantas. A quantidade de água adicionada ao solo foi de, aproximadamente, 1.200 mm por ano. As características químicas desta água constam na Tabela 2.

As análises químicas do solo foram feitas de acordo com a metodologia descrita em Black et al. (1965). Cálcio e magnésio trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1N e dosados com EDTA 0,02 N; sódio e potássio trocáveis foram removidos com solução de acetato de amônio 1N, pH 7,0 e determinado através de fotometria de chama; nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl; nitrogênio amoniacal foi extraído pela solução de KCl 2N, destilando-se o amônio; nitrogênio nítrico foi determinado pelo método do ácido fenol dissulfônico; carbono orgânico pelo método de Walkley-Black. A determinação do pH foi feita na relação solo-água 1:1, e a condutividade elétrica (CEE) no extrato da pasta de solo saturado. Cobre, ferro, zinco e manganês foram extraídos com solução de EDTA 0,05 N, tamponada com trietanolamina, segundo a metodologia descrita por Lindsay & Norvel (1978).

TABELA 1. Granulometria, densidade aparente (Dap) e umidade a 0,3 e a 15 atm.

Profundidade (cm)	Argila	Limo	Areia	Dap	Umidade (%)	
	%				0,3 atm	15 atm
0- 15	60	15	25	1,27	28,35	18,48
15- 30	62	14	24	1,33	28,52	17,83
30- 60	62	14	24	1,33	29,56	18,80
60- 90	62	15	23	1,35	29,79	18,80
90-120	62	15	23	1,30	29,71	18,95

TABELA 2. Características químicas da água do rio São Francisco, em Juazeiro, BA (Média de 12 meses).

pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	RAS
	mmhos/cm					e. mg/l			
7,30	0,078	0,38	0,20	0,10	0,06	0,14	0,18	0,54	0,13

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos dados da Fig. 1, observa-se que os valores do pH das camadas superiores do solo cultivado foram mais baixos em relação ao solo virgem; entretanto, as diferenças diminuíram com a profundidade. Estes menores valores do pH podem ter sido causados pela ação dos fertilizantes nitrogenados usados anualmente, tendo em vista que tanto sulfato de amônio como uréia provocam a acidificação do solo (Tisdale & Nelson 1969). Quanto ao teor de sais (Fig. 1), verifica-se que houve uma alternância nos valores da CEE, em relação à profundidade, nas duas situações, mostrando, assim, que após 17 anos de manejo intensivo, sob condições de irrigação e na ausência de um sistema de drenagem que permitisse o fluxo dos sais para fora da área, não houve incremento da concentração de sais solúveis no solo. Nesse período foram adicionados ao solo aproximadamente 200.000 m³/ha de água, que, de acordo com a equação: ppm de sal = CEE x 640 (Richards 1954), adicionou ao solo cerca de 10 t/ha de sais, quantidade suficiente para que o CEE de todo o perfil estudado alcançasse 1,70 mmhos/cm, sem considerar o efeito salino residual dos fertilizantes usados anualmente.

Os baixos valores encontrados para CEE podem ser explicados pela precipitação dos sais que foram adicionados ao solo através da água de irrigação e fertilizantes. É conhecido que sulfatos, carbonatos e bicarbonatos, quando colocados em solo contendo teores elevados de cálcio e magnésio trocáveis, precipitam-se como sais destes elementos (Richards 1954, Allison 1964).

Diante da constatação da pequena diferença observada entre os valores da CEE do solo cultivado e do solo virgem, é possível inferir que o perigo de salinização deste solo é muito baixo. Sobre este assunto, Jewitt et al. (1979) relatam que em um Ver-

tissolo do Sudão, cultivado sob irrigação desde 1911, vêm sendo obtidas altas produtividades, e até o momento não surgiram problemas relacionados com aumento da salinidade.

Na Fig. 2 observa-se que os teores de cálcio e magnésio trocáveis do solo cultivado variaram muito pouco em relação ao solo virgem, provavelmente por causa da natureza do solo – que tem de 2% a 5% de carbonatos livres (FAO 1966a) – e da precipitação dos íons cálcio e magnésio adicionados ao solo, principalmente através da água de irrigação. Sobre este aspecto, Pereira & Siqueira (1979) relataram que em um outro trabalho realizado, também na região do médio São Francisco, em Latossolo Vermelho-Amarelo, depois de sete anos de cultivo sob condições de irrigação os teores de cálcio e magnésio aumentaram em torno de 40% em relação ao solo virgem.

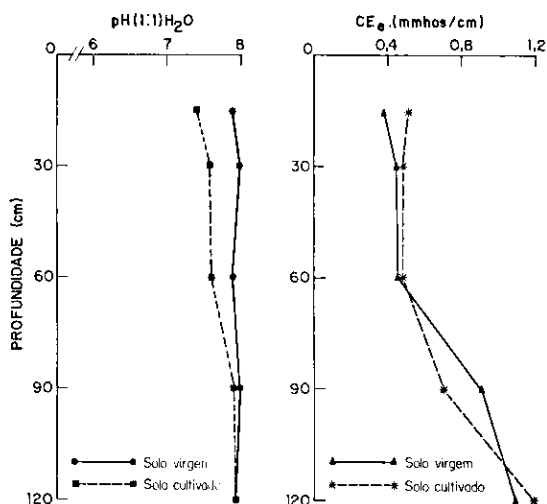


FIG. 1. Variações dos valores do pH e da CEE nos solos virgem e cultivado.

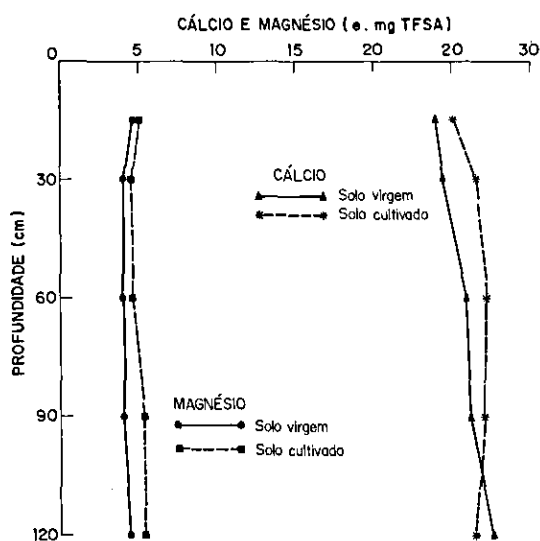


FIG. 2. Variações dos teores de cálcio e magnésio trocáveis nos solos virgem e cultivado.

Com relação ao potássio trocável (Fig. 3), constatou-se que no solo cultivado os teores apresentaram-se mais altos, sendo as diferenças mais acentuadas nas camadas de 0-15 cm e 15-30 cm, correspondendo a 40% e 34%, respectivamente, em relação aos valores encontrados no solo virgem. Estes teores mais altos apareceram provavelmente em virtude do emprego de fertilizante potássico e da água de irrigação, que, juntos, agregaram 65 kg/ha de K_2O por ano. Apenas a adubação potássica, considerando a camada de 0-15 cm, corresponde à adição anual de 0,5 e.mg de potássio por 100 g de solo. A provável razão de não terem sido encontrados valores mais altos para o potássio trocável na camada de 0-15 cm é que parte desse nutriente, aplicado e trazido pela água de irrigação, pode ter sido fixado por argilas tipo ilita, existentes nesse solo (Horowitz & Makitie 1963).

Quanto ao sódio, a Fig. 3 mostra que no solo cultivado os teores trocáveis não aumentaram. Considerando que foram adicionados cerca de 30 kg/ha de sódio por ano através da irrigação, esperava-se um aumento do teor trocável desse elemento. Isto, entretanto, não ocorreu, provavelmente por causa da lixiviação dos sais para camadas inferiores do solo, condicionado por vários fatores como a baixa relação de adsorção de sódio

(RAS) da água de irrigação (0,13) e também por causa da saturação dos colóides do solo com cálcio (90%) e, ainda, por causa da maior energia de adsorção do cálcio em relação à do sódio.

Sobre o fósforo "disponível", os teores extraídos pelas soluções Bray 1 e Olsen (Fig. 4) mostraram que na camada superior do solo cultivado esses teores foram cerca de dez vezes mais altos em relação ao solo não trabalhado. Entretanto, com a profundidade estas diferenças diminuíram, conforme era esperado, tendo em vista a baixa mobilidade do fósforo nos solos, principalmente tratando-se de solo argiloso contendo carbonatos livres e alto teor de cálcio trocável (Black 1968). Sob o ponto de vista de fertilidade, os valores encontrados são considerados altos e não deve haver resposta a fósforo para a maioria das culturas (Thomas & Peasle 1973).

Quanto à matéria orgânica, as quantidades encontradas nas duas situações não diferiram, conforme pode ser visto através da Fig. 5. A quantidade de matéria orgânica nos Vertissolos normalmente é muito baixa, e o cultivo intensivo não exerceu nenhum efeito sobre os teores encontrados.

Com relação ao nitrogênio total (Fig. 6), verifica-se que nas duas primeiras camadas as quantidades encontradas no solo cultivado foram mais altas

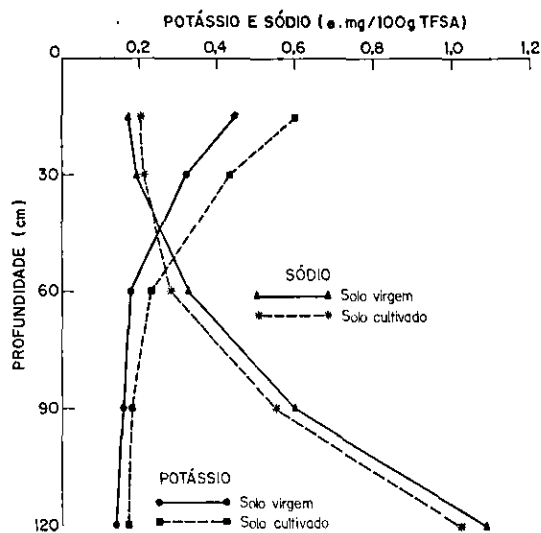


FIG. 3. Variações dos teores de potássio e sódio trocáveis nos solos virgem e cultivado.

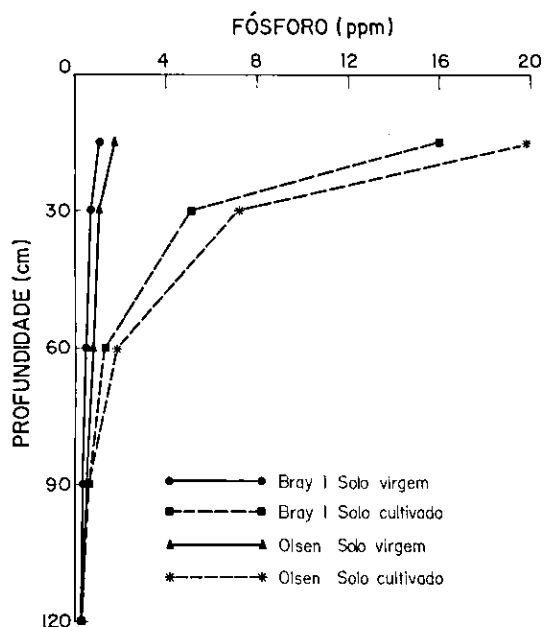


FIG. 4. Variações dos teores de fósforo extraídos pelos métodos: Bray 1 e Olsen nos solos virgem e cultivado.

em cerca de 40%, em relação ao solo virgem, decrescendo, contudo, com a profundidade. Quanto ao nitrogênio na forma amoniacal (Fig. 7), observou-se, ao longo do perfil, que no solo cultivado ele foi ligeiramente superior e os teores praticamente não variaram com a profundidade, em ambos os casos. Por outro lado, no caso do nitrogênio nítrico as diferenças foram bem acentuadas, sendo maior na camada de 0-15 cm, decrescendo, entretanto, com a profundidade. Considerando que o solo, na época da amostragem, estava com um ano sem adubação, a acumulação de nitrogênio na forma nítrica deveu-se, tudo indica, à baixa permeabilidade do solo (FAO 1966a), dificultando, assim, a lixiviação do nitrato para camadas inferiores do solo.

A Fig. 8 mostra a distribuição do cobre, manganês, zinco e ferro no solo nas duas situações. Observa-se que no solo cultivado os teores de cobre e manganês, nas camadas superiores, foram mais altos do que no solo virgem; isto pode ter sido resultado da solubilização de compostos contendo cobre e manganês (Lucas & Knezek 1972), ou a re-

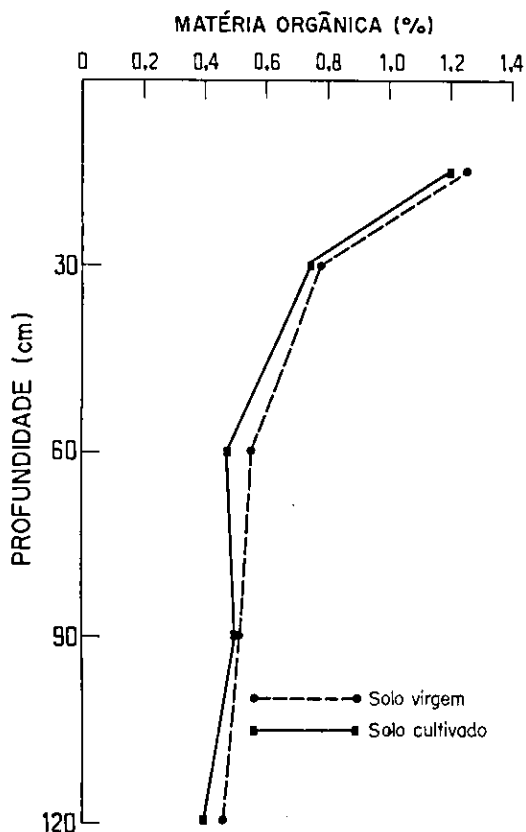


FIG. 5. Variações dos teores de matéria orgânica nos solos virgem e cultivado.

síduos de fungicidas contendo estes elementos que eram aplicados com freqüência ao parreiral.

Quanto a zinco, constatou-se, de acordo com os dados obtidos, que as concentrações nas duas situações praticamente não variaram; contudo, nas camadas inferiores observou-se, no solo cultivado, que os teores foram ligeiramente mais baixos. Sobre o ferro, os teores encontrados no solo cultivado foram maiores, aumentando as diferenças com a profundidade. A causa deve ter sido a provável condição de oxi-redução decorrente da saturação do solo e expansão da argila, fazendo decrescer o nível de oxigênio internamente, favorecendo a solubilização não só do ferro mas também a do manganês (Lal & Taylor 1970, Lucas & Kenezek 1972).

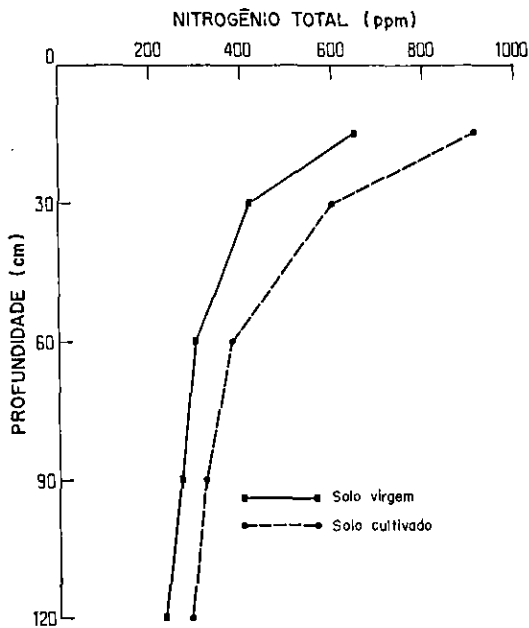


FIG. 6. Variações dos teores de nitrogênio total nos solos virgem e cultivado.

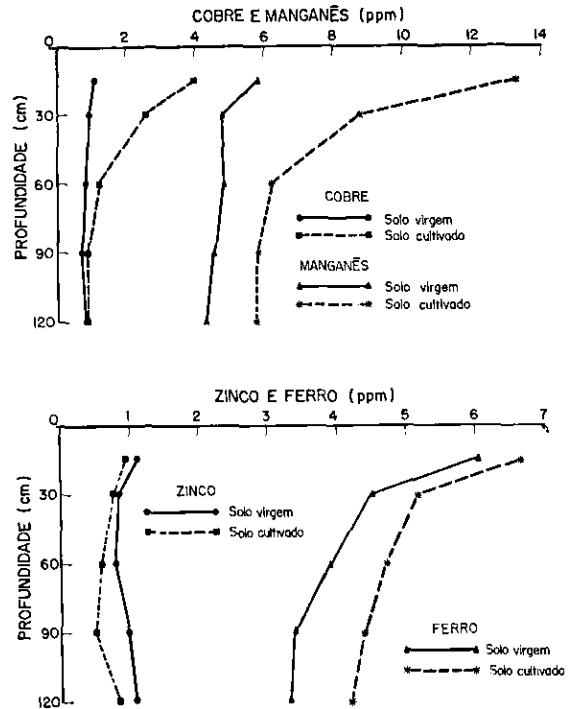


FIG. 8. Variações dos teores de cobre, manganês, zinco e ferro nos solos virgem e cultivado.

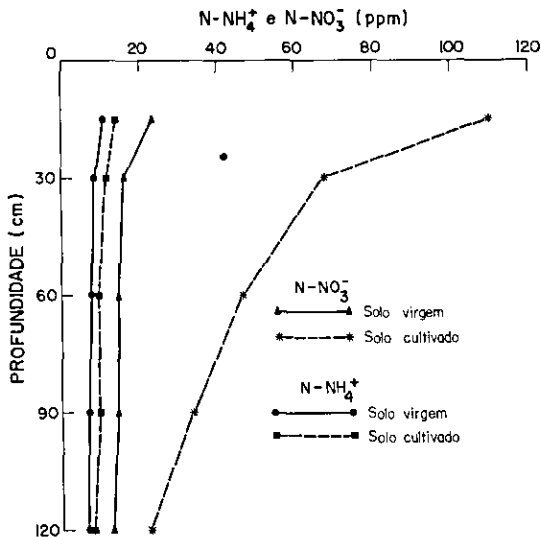


FIG. 7. Variações dos teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ nos solos virgem e cultivado.

CONCLUSÕES

1. Os teores de Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ trocáveis, matéria orgânica, $N-NH_4^+$ e Zn encontrados no solo cultivado apresentaram pequenas variações em relação ao solo virgem. Quanto aos demais parâmetros, constatou-se que nas camadas superiores ocorreram diminuição do pH e aumento da CEE e dos teores de K^+ trocável, P (Olsen & Bray 1) $N-NO_3^-$, N total, Cu, Mn e Fe.

2. Os resultados da CEE do solo cultivado mostraram que, mesmo a longo prazo, o perigo de salinização desse solo é mínimo, tendo em vista o pequeno incremento da salinidade verificado após 17 anos de manejo intensivo.

3. De maneira geral, é possível inferir que as alterações observadas nas características químicas do solo em função do manejo sob condições de irrigação não indicam comprometimento da sua capacidade produtiva.

REFERÊNCIAS

- ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. *Adv. Agron.*, 16:139-80, 1964.
- ARAGÃO, O.P. Coletânea de trabalhos executados nas Estações Experimentais de Mandacaru e Bebedouro. Juazeiro, SUVALE, 1974. 100p.
- BLACK, C.A. *Soil plant relationships*. New York, J. Wiley, 1968. 792p.
- BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E., ed. *Methods of soil analysis; chemical and microbiological properties*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. 1582p. (ASA. Agronomy, 9)
- FAO, Roma, Itália. *Survey of the São Francisco River basin, Brazil; agronomy and livestock*. Rome, 1966b. v.4.
- FAO, Roma, Itália. *Survey of the São Francisco River basin, Brazil; soil resources and land classification for irrigation*. Rome, 1966a. v.2, parte 1.
- FULLER, W.H. Management of saline soils. *Outlook Agric.*, 10:13-20, 1979.
- HARDING, R.B.; PRATT, P.F.; JONES, W.W. Changes in salinity, nitrogen, and soil reaction in a differentially fertilized soil. *Soil Sci.*, 85:117-84, 1958.
- HOROWITZ, A. & MAKITIE, O.A. Observações sobre argilas no Nordeste. I. Solos da região do submédio São Francisco. Recife, IPEANE, 1963. 33p. (IPEANE. Boletim técnico, 21)
- JEWITT, T.N.; LAW, R.D. & VIRGO, K.J. Vertisol soils of the tropics and subtropics; their management and use. *Outlook Agric.*, 10:33-40, 1979.
- KELLEY, W.P. *Alkali soils; their formation, properties and reclamation*. New York, Reinhold, 1951. 234p. (ACS. Monograph, 111)
- LAL, R. & TAYLOR, G.S. Drainage and nutrient effects in a field disimeter study. II. Mineral uptake by corn. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:245-8, 1970.
- LEWIS, G.C. & JUVE, R.L. Some effects of irrigation water quality on soil characteristics. *Soil Sci.*, 81:(1) 125-37, 1956.
- LINDSAY, W.L. & NORVEL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 42:421-8, 1978.
- LONGENECKER, D.E. & LYERLY, P.J. Chemical characteristics of soils of West Texas as affected by irrigation water quality. *Soil Sci.*, 87:207-17, 1959.
- LUCAS, R.W. & KNEZEK, B.D. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: SYMPOSIUM ON MICRONUTRIENTS IN AGRICULTURE, Muscle Shoals, 1971. *Proceedings*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. cap. 12, p.265-88.
- PEREIRA, J.R. & SIQUEIRA, F.B. Alterações nas características químicas de um Oxisolo sob irrigação. *Pesq. agropec. bras.*, 14(2):189-95, 1979.
- PRATT, P.E.; JONES, W.W.; CHAPMAN, H.D. Changes in phosphorus in an irrigated soil during 28 years of differential fertilization. *Soil Sci.*, 82:295-306, 1956.
- RICHARDS, H.D. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *U.S. Desp. Agric. Handb.*, (60), 1954.
- THOMAS, W. & PEASLE, D.E. Testing soils for phosphorus. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D. *Soil testing and plant analysis*. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p.152-72.
- TISDALE, L.S. & NELSON, W.L. *Soil fertility and fertilizers*. London, MacMillan, 1969. 694p.