

**RESPOSTAS DE MILHO (*ZEa MAYS L.*) À SALINIDADE DO SOLO  
INDUZIDA POR APLICAÇÃO DE VINHAÇA.  
II. PRODUÇÃO DE CARBOIDRATOS SOLÚVEIS E ABSORÇÃO  
DE NITROGÊNIO <sup>(1)</sup>**

R.O.P. ROSSIELLO <sup>(2)</sup>, W. de A. FERREIRA <sup>(3)</sup> & M.S. FERNANDES <sup>(1)</sup>

**RESUMO**

Para avaliar os efeitos da aplicação de doses crescentes de vinhaça (0 a 1.600m<sup>3</sup>/ha), sobre a produção de carboidratos solúveis e absorção de N em milho (*Zea mays L.*), foram feitos dois experimentos, em casa de vegetação. No primeiro, foram observados os efeitos de tipo de solos (Hidromórfico, textura arenosa e Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA), textura média) sobre o teor foliar de carboidratos (mg/g peso seco) e de carboidratos solúveis totais (mg/pote, parte aérea). No Hidromórfico, o teor de carboidratos solúveis foi maior ao nível mais alto de vinhaça no solo (1.600m<sup>3</sup>/ha), enquanto no PVA, não houve acúmulo de carboidratos de nenhum dos níveis aplicados. Essa diferença entre solos reflete o efeito da textura sobre a pressão osmótica do extrato de saturação, após aplicação da vinhaça. A produção total de carboidratos solúveis da parte aérea, correlacionou significativamente, nesse experimento, com a área foliar e a matéria seca total.

No segundo experimento, usou-se um solo PVA. Além da variação no teor de carboidratos na parte aérea a raízes, a absorção e distribuição de N nas plantas foram seguidas em detalhe. Os resultados mostram que o aumento nas doses de aplicação da vinhaça (0 a 1.600m<sup>3</sup>/ha) e, portanto, na pressão osmótica da solução do solo (extrato de saturação), resulta em modificações drásticas na partição do N absorvido entre raiz e parte aérea, a partir do nível de 800m<sup>3</sup>/ha. Ao nível superior de aplicação (1.600m<sup>3</sup>/ha), foi observado um acúmulo elevado de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas raízes, associado com um aumento no teor de N total no solo e na parte aérea das plantas.

Os resultados obtidos sugerem uma ordem geral de resposta, no milho, para esse tipo especial de estresse salino. Assim, a produção de carboidratos solúveis parece ser menos afetada que a produção de área foliar e matéria seca. Os dados também indicam que a absorção de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> não é grandemente afetada, assim como o seu transporte à parte aérea. Os efeitos negativos do aumento na condutividade elétrica (pressão osmótica) da solução se manifestam principalmente sobre raízes, provavelmente como consequência do desvio de recursos energéticos (carboidratos solúveis) para o aumento da absorção iônica, em detrimento da acumulação de peso seco.

**SUMMARY: EFFECTS OF SOIL APPLIED VINASSE ON GROWTH OF CORN PLANTS (*ZEa MAYS L.*). II. EFFECTS ON SOLUBLE CARBOHYDRATES AND N-UP TAKE**

A study has been made on the effects of soil applied vinasse on the production of soluble carbohydrates and N-uptake by corn plants (*Zea mays L.*). Two experiments have been conducted under greenhouse conditions using increasing levels of vinasse (0-1600m<sup>3</sup>/ha). In the first experiment, soils of different texture (sandy hydromorphic and medium textured podzolic) were used.

In the sandy soil, the higher level of free sugar accumulation occurred at the higher level of soil-applied vinasse (1600m<sup>3</sup>/ha), where as in the medium textured soil (podzolic), no accumulation of soluble carbohydrates was observed at any level of applied vinasse. That different behaviour among soils reflects the effect of texture on the osmotic pressure of soil solutions after application of vinasse.

In the second experiment (podzolic soil only) besides soluble-sugar accumulation, the partition of N among plant parts was followed. At levels of soil-applied vinasse higher than 800m<sup>3</sup>/ha, the partition of N between roots and shoots is severely affected. At 1600m<sup>3</sup>/ha, a large accumulation of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> was detected in roots.

A particular pattern of response to the kind of stress imposed on corn plant was shown in this experiment. Thus, soluble carbohydrate production was less affected than the increase in leaf area or dry matter accumulation. Nitrate uptake and translocation was not greatly affected. Roots were more severely affected by increases in osmotic pressure than were shoots. It has been speculated that this fact may be due to an increase in the demand of energetic sources (sugars) for ion uptake at the expense of dry matter accumulation processes.

<sup>(1)</sup> Trabalho realizado em convênio com a FINEP (proc. IF/780) Recebido para publicação em abril e aprovado em novembro de 1981

<sup>(2)</sup> Professor Assistente, Departamento de Solos da UFRRJ, km 47 da Rodovia Rio-São Paulo — 23460 - Seropédica (RJ)

<sup>(3)</sup> Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU/EMBRAPA) Belém (PA).

<sup>(4)</sup> Professor Adjunto, Departamento de Solos da UFRRJ

## INTRODUÇÃO

A reciclagem agrícola da vinhaça, um rejeito industrial da produção de álcool, produz modificações bem documentadas no solo (Almeida et alii, 1951, Ferreira, 1980, e Santos et alii, 1981). As respostas de plantas cultivadas à aplicação de vinhaça têm sido, comparativamente, menos estudadas. Os trabalhos, nesse sentido, limitam-se à quantificação das respostas de cana-de-açúcar, em termos de matéria seca, à aplicação de doses variáveis de vinhaça com ou sem complementação nutricional. Rossiello et alii (1981a) observaram que a aplicação de doses crescentes de vinhaça (0 a 1.600 m<sup>3</sup>/ha) induziu aumentos da condutividade elétrica de extratos de saturação dos solos incubados, sendo tais aumentos dependentes da textura dos solos empregados (Ferreira, 1980). Os aumentos no teor salino dos solos resultaram em reduções significativas da matéria seca e área foliar em plantas de milho (*Zea mays* L.) (Santos et alii, 1981, e Rossiello et alii, 1981a).

Neste trabalho são discutidos os teores de carboidratos solúveis e as frações nitrogenadas observadas nos experimentos referidos por Rossiello et alii (1981a).

O estudo do nível de carboidratos solúveis em plantas é de interesse porque ele é indicativo da energia prontamente disponível no tecido vegetal. Portanto, processos dependentes de energia metabólica (tais como absorção, transporte e acumulação de íons) são afetados pelas variações nos seus teores. Carboidratos solúveis acumulam-se nos tecidos em resposta a uma ampla faixa de estresse ambiental, incluindo desbalanço nutricional (Fernandes et alii, 1981), temperatura (Barlow et alii, 1976), e deficiência hídrica (Barlow et alii, 1976, e Rossiello et alii, 1981b).

Por outro lado, o estudo do estado do nitrogênio em vegetais pode servir também como indicador de disfunções metabólicas induzidas por variações drásticas de condições ambientais (Ozaki, 1950), as quais se refletem geralmente em decréscimos na produção de matéria seca e variações em outros parâmetros de crescimento vegetal (Fernandes, 1976).

Pelas razões expostas, é de interesse a caracterização desses aspectos em plantas de milho, como respostas a aumentos sensíveis na salinidade do solo, devidos à aplicação de doses crescentes de vinhaça.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os solos empregados neste trabalho foram caracterizados em trabalhos anteriores (Ferreira, 1980, e Santos et alii, 1981). Os experimentos discutidos são descritos extensivamente por Rossiello et alii (1981a). Portanto, somente os aspectos metodológicos pertinentes serão referidos aqui.

**Experimento 1:** Nesse experimento, plantas de milho doce cresceram, por um período de 45 dias, em potes de incubação (2.000 cm<sup>3</sup>) contendo três solos com diferentes texturas.

Os três solos usados foram: Hidromórfico (textura arenosa), Podzólico Vermelho-Amarelo (textura média) e Aluvial (textura argilosa). As diferenças em textura referem-se à camada superficial dos solos (0-20 cm). Uma análise da distribuição de valores de condutividade elétrica dos extratos de saturação dos solos, após um período de incubação de 30 dias, com doses de vinhaça (mosto de melaço), equivalentes a 0, 200, 400, 800, 1.200 e 1.600 m<sup>3</sup>/ha, mostraram que somente os solos Hidromórfico e Podzólico tiveram aumentos da condutividade elétrica inicial (após incubação) acima do valor aceito para que um solo possa ser considerado como afetado pelo acúmulo de sais (Ferreira, 1980). Portanto, dado o interesse do presente trabalho, somente os dados correspondentes a tais solos serão discutidos.

Por ocasião da colheita (45 dias após a emergência), um grama de material foliar (uma amostra combinada da primeira folha desenvolvida, a partir da folha "bandeira", de duas plantas por pote), foi separado para a preparação de um extrato alcoólico foliar (etanol 80%), a qual seguiu a metodologia descrita por Fernandes (1976). O teor de carboidratos solúveis foi determinado no extrato pelo método descrito por Yem & Willis (1954). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos, repetidos três vezes. Todas as determinações analíticas foram feitas em duplicata.

**Experimento 2:** Usou-se a camada superficial (0-20 cm) de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo (textura média), descrito anteriormente (Santos et alii, 1981). O procedimento experimental foi essencialmente o mesmo do anterior, exceto que as doses de vinhaça (mosto misto), nos potes de incubação, foram equivalentes a 0, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 m<sup>3</sup>/ha, e a condutividade elétrica do extrato de saturação foi determinada no final do período de crescimento (30 dias), e previamente à colheita (Rossiello et alii, 1981a). Todos os tratamentos receberam, antes do plantio, 40 ppm de N, na forma de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

Após registro do peso fresco total, um grama da parte aérea (folha) e raízes foi separado e imerso em 20 ml de etanol 80%. O material foi conservado a 4°C até preparação dos extratos desses tecidos. No extrato alcoólico de ambas as porções vegetativas foi determinado, colorimetricamente, o teor de carboidratos solúveis (Yem & Willis, 1954).

O teor de nitrogênio presente nos tecidos como N-nitrato (N-NO<sub>3</sub>) foi determinado segundo metodologia descrita por Bendix (1979), a qual representa uma modificação do método proposto por Chevalier & Schraeder (1977). Sucintamente, alíquotas de 0,5 ml do extrato alcoólico foram incubadas com 0,1 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (100 volumes) a 70°C até secagem. O resíduo seco foi dissolvido numa gota de água deionizada, e a cor desenvolvida com ácido salicílico em meio sulfúrico (5%), por adição de 5 ml de NaOH 4N. As leituras foram feitas a 410 nm (Chevalier & Schraeder, 1977). O material restante, após secagem, foi passado num moinho Wiley (30 mesh). No material seco, foram determinados o teor de N-total (Nelson & Sommers, 1973) e o de potássio (K). A distribuição de K em raízes e parte aérea das plantas consideradas neste trabalho foi descrita anteriormente (Santos et alii, 1981). No solo, uma amostra foi separada para a determinação do N-total, por procedimento de rotina (Bremner, 1965).

O experimento foi disposto em forma inteiramente casualizada, com quatro repetições. As determinações analíticas foram feitas em duplicata. Na expressão dos resultados, todos os valores obtidos a partir do peso fresco das plantas foram convertidos para peso seco. Esse procedimento foi adotado em vista de ter sido observado um declínio linear da relação peso seco/peso fresco das plantas com o aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo empregado (Rossiello et alii, 1981a).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 são mostrados os teores de carboidratos solúveis, por unidade de peso seco foliar e como total produzido (mg/pote), na parte aérea das plantas do experimento 1. No

mesmo quadro estão indicados os valores de pressão osmótica dos extratos de saturação dos solos, correspondentes às doses de vinhaça aplicadas.

O padrão de variação na produção total de carboidratos solúveis, entre doses, é similar ao observado por Rossiello et alii (1981a), com relação à produção de matéria seca total e área foliar. De fato, para os dois solos, o total de carboidratos solúveis produzido correlaciona com a matéria seca total e com a área foliar (Quadro 2). A correlação com a área foliar indica a dependência da produção de carboidratos solúveis da área útil para fotossíntese. A relação com a matéria seca total indica a dependência da acumulação do peso seco da disponibilidade de substrato energético produzido na parte aérea. A baixos níveis de aplicação de vinhaça (0-200m<sup>3</sup>/ha), as diferenças nos teores de carboidratos entre plantas podem ser explicadas pelas diferenças nos níveis de fertilidade inicial entre solos, da mesma forma como são explicadas as diferenças em produção de matéria seca e área foliar (Rossiello et alii, 1981a). No Hidromórfico observa-se um pronunciado aumento da pressão osmótica, a doses de vinhaça superiores a 400m<sup>3</sup>/ha. A produção total de carboidratos solúveis é reduzida, nesse solo, apenas a partir do nível de 1.200m<sup>3</sup>/ha (Quadro 1). Para o PVA, os aumentos na pressão osmótica do extrato de saturação são mais moderados (Quadro 1) e a produção máxima de carboidratos solúveis na parte aérea ocorre ao nível de 1.200m<sup>3</sup>/ha de vinhaça aplicada, sendo reduzida apenas ao nível mais elevado de aplicação (1.600m<sup>3</sup>/ha) (Quadro 1). O teor foliar de carboidratos solúveis (mg/g), no solo Hidromórfico aumenta entre 0 e 800m<sup>3</sup>/ha de vinhaça aplicada, cai significativamente a 1.200m<sup>3</sup>/ha e aumenta novamente a 1.600m<sup>3</sup>/ha (Quadro 1). Não foram observadas diferenças no teor foliar de carboidratos no PVA, dentro da faixa de aplicação de vinhaça usada neste experimento

(Quadro 1). Contudo, nesse solo (PVA), o teor foliar de carboidratos se correlaciona negativamente com a produção total de matéria seca (Quadro 2). Não existe correlação significativa entre condutividade elétrica e teor foliar de carboidratos, para os dois solos considerados (Quadro 2).

Com respeito ao experimento 2, melhor caracterização da situação é dada pela figura 1, onde os teores de carboidratos solúveis na parte aérea e raízes são medidos conjuntamente em função da condutividade elétrica final. Na mesma figura, está indicada a correspondência entre as doses de aplicação de vinhaça e a pressão osmótica do extrato de saturação.

Com exceção da dose correspondente a 100m<sup>3</sup>/ha (0,5 mmhos/cm), o teor de carboidratos solúveis na parte aérea tende a aumentar ligeiramente (embora não significativamente), entre 0 e 200m<sup>3</sup>/ha, correspondente a uma faixa de 0,23 a 0,80 mmhos/cm (ou uma pressão osmótica equivalente de 0,08 a 0,29 atm) (Figura 1). Entre 0,8 e 3,3 mmhos/cm (200-800m<sup>3</sup>/ha), observa-se uma queda linear no teor de carboidratos da parte aérea e, finalmente, um aumento pronunciado a 7,95 mmhos/cm (Figura 1). Nas raízes, o teor declina entre 0,23 e 1,62 mmhos/cm (0-400m<sup>3</sup>/ha de vinhaça) e aumenta linearmente entre esse valor e o correspondente à maior dose de aplicação (Figura 1). Essas tendências indicam que o aumento na concentração salina da solução produz uma resposta complexa em termos de variação do teor de carboidratos solúveis em diferentes partes da planta. Até o valor de 3,3 mmhos/cm, existe uma tendência inversa entre os teores da parte aérea e das raízes, que são praticamente iguais a esse valor de condutividade (800m<sup>3</sup>/ha) (Figura 1). Provavelmente, dentro dessa faixa, um aumento na taxa de translocação de carboidratos da parte aérea para as raízes contribui para explicar esse padrão de variação. Para a dose mais elevada de aplicação (1.600m<sup>3</sup>/ha),

**Quadro 1. Pressão osmótica (P.O.) dos extratos de saturação de dois solos (experimento 1), e teores foliares e totais de carboidratos solúveis na parte aérea de plantas de milho neles cultivadas, como respostas à aplicação de doses crescentes de vinhaça**

| Doses de<br>vinhaça | Hidromórfico        |                                      |         | Podzólico Vermelho Amarelo |                                      |         |
|---------------------|---------------------|--------------------------------------|---------|----------------------------|--------------------------------------|---------|
|                     | P.O. <sup>(1)</sup> | Carboidratos solúveis <sup>(2)</sup> |         | P.O. <sup>(1)</sup>        | Carboidratos solúveis <sup>(2)</sup> |         |
|                     |                     | Folha                                | Total   |                            | Folha                                | Total   |
| m <sup>3</sup> /ha  | atm.                | mg/g                                 | mg/pote | atm.                       | mg/g                                 | mg/pote |
| 0                   | 0,08                | 41,1d                                | 53,3c   | 0,27                       | 105,0a                               | 357,5bc |
| 200                 | 0,63                | 61,0bcd                              | 97,2c   | 0,45                       | 109,3a                               | 379,6bc |
| 400                 | 1,27                | 92,2a                                | 376,4a  | 0,65                       | 97,1a                                | 350,4bc |
| 800                 | 2,09                | 88,2a                                | 331,9a  | 1,02                       | 76,7a                                | 446,4ab |
| 1.200               | 2,80                | 56,0cd                               | 199,1b  | 1,48                       | 86,9a                                | 550,8a  |
| 1.600               | 3,92                | 80,4ab                               | 128,6bc | 2,05                       | 100,3a                               | 291,5c  |
| C.V. (%)            | ...                 | 15,8                                 | 7,4     | ...                        | 15,4                                 | 18,6    |

(1) Calculado a partir de dados de condutividade elétrica (Rossiello et alii, 1981a) por emprego da expressão: P.O (atm.) = 0,36 EC<sub>e</sub> (mmhos/cm).

(2) Médias seguidas de letras comuns, dentro de colunas, não diferem significativamente, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

verifica-se uma acumulação significativa de carboidratos solúveis, tanto na parte aérea como nas raízes (Figura 1). Os dados do quadro 1 mostram o mesmo fenômeno para a parte aérea das plantas desenvolvidas no Hidromórfico. Para o PVA, existe apenas uma tendência final para o aumento (a dose de 1.600m<sup>3</sup>/ha), embora não significativa (provavelmente porque os aumentos de pressão osmótica não são tão pronunciados quanto no Hidromórfico) (Quadro 1). Essa resposta, em todos os casos, associa-se a reduções significativas de matéria seca total (Rossiello et alii, 1981a). Resultados similares poderiam ser demonstrados (dados não apresentados) se o teor foliar de carboidratos solúveis fosse expresso sobre uma base de área foliar.

Os aumentos nos teores de carboidratos na dose maior de aplicação (1.600m<sup>3</sup>/ha) poderiam mula simplesmente porque não é usada em mula simplesmente porque não são usados em processos de crescimento (aumento de peso seco). Essa interpretação admite que a produção fotossintética de carboidratos solúveis resulte menos afetada, pela alta dose de vinhaça aplicada, que o próprio crescimento vegetativo, acumulando-se, portanto, em folhas e raízes. Essa situação é freqüentemente verificada quando o abaixamento do potencial hídrico do solo acontece via componente matricial (Hsiao, 1973, e Rossiello et alii, 1981b).

A análise dos padrões de absorção de N e distribuição de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em raízes e parte aérea foi realizada no experimento 2 (Quadros 3 e 4).

No solo, o teor de N praticamente não varia entre 0 e 400m<sup>3</sup>/ha de vinhaça aplicada. Na faixa de 800-1.600m<sup>3</sup>/ha de aplicação, verifica-se um aumento no teor de N do solo, o qual se reflete em aumentos correlatos no teor de N na parte aérea, mas não nas raízes (Quadro 3). A porcentagem de N na parte aérea resulta máxima a 1.600m<sup>3</sup>/ha, mas o máximo acumulado (mg/pote) se verifica a 800m<sup>3</sup>/ha (Quadro 3), o que coincide com a dose que produz a quantidade máxima de matéria seca nesse experimento (Santos et alii, 1981). De fato, a matéria seca total produzida e o N-total absorvido correlacionam-se significativamente ( $r = 0,863^*$ ).

Com o aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação (ou sua pressão osmótica) em função da aplicação de doses crescentes de vinhaça (Figura 1), a distribuição do N-total absorvido é afetada diferencialmente na parte aérea e nas raízes (Quadro 4). Até o nível de 400m<sup>3</sup>/ha o N-total absorvido se distribui, com ligeiras flutuações na relação 2:1, entre parte aérea e raízes. Essas proporções coincidem com valores previamente observados, para plantas de milho, de igual idade e crescidas em condições similares às do presente experimento (Fernandes et alii, 1980, e Luisi, 1979).

Um aumento da disponibilidade de N no solo, a partir da dose de 800m<sup>3</sup>/ha de vinhaça aplicada, modifica essa distribuição, determinando um acúmulo progressivo de N na parte

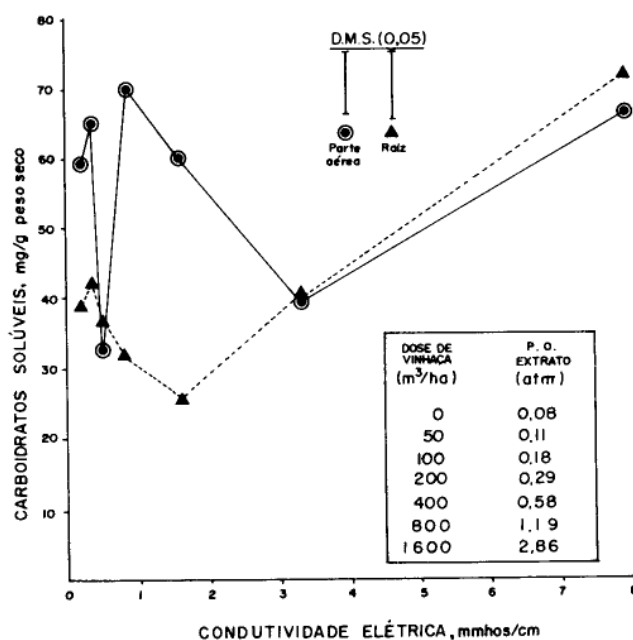


Figura 1. Teores de carboidratos solúveis na parte aérea e raízes de milho, em resposta a aumentos da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (PVA), correspondente ao experimento 2. No quadro 1 são mostrados os valores de aplicação inicial de vinhaça e a pressão osmótica (P.O. atm) dos extratos correspondentes, calculada no final do experimento, em função dos valores de condutividade observados.

Quadro 2. Coeficientes de correlação simples entre parâmetros observados ou calculados no experimento 1

|                                                                   | Matéria seca total <sup>(1)</sup> |         | Área foliar <sup>(1)</sup> |         | Cond. elétrica <sup>(1)</sup> |          |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|----------------------------|---------|-------------------------------|----------|
|                                                                   | Hidromórfico                      | PVA     | Hidromórfico               | PVA     | Hidromórfico                  | PVA      |
| Carboidratos solúveis, teor foliar (mg/g, peso seco). . .         | 0,678ns                           | -0,811* | ...                        | ...     | 0,406ns                       | -0,333ns |
| Carboidratos solúveis, total produzido parte aérea (mg/pote). . . | 0,953**                           | 0,872** | 0,957**                    | 0,968** | 0,154ns                       | 0,058ns  |

ns.: não significativo; \*, \*\*, significativo a  $p = 0,05$  e  $p = 0,01$  respectivamente.

(1) Dados apresentados em Rossiello et alii (1981a).

**Quadro 3. Teores de N total no solo, na parte aérea e raízes, e N total absorvido por plantas de milho em resposta à aplicação de doses crescentes de vinhaça (Experimento 2)**

| Doses de vinhaça   | N do solo | N (parte aérea) | N (raiz) |        |         |
|--------------------|-----------|-----------------|----------|--------|---------|
| m <sup>3</sup> /ha | %         | %               | mg/pote  | %      | mg/pote |
| 0                  | 0,060b    | 1,29d           | 50,9c    | 1,27a  | 33,6a   |
| 50                 | 0,054b    | 1,53c           | 57,7bc   | 1,10b  | 28,4a   |
| 100                | 0,053b    | 1,51c           | 53,4bc   | 1,07cd | 28,4a   |
| 200                | 0,057b    | 1,30d           | 53,5bc   | 1,26ab | 30,8a   |
| 400                | 0,060b    | 1,46cd          | 63,0b    | 1,15bc | 33,5a   |
| 800                | 0,078a    | 1,89b           | 103,3a   | 1,12c  | 32,7a   |
| 1.600              | 0,089a    | 2,37a           | 56,3bc   | 0,97d  | 12,8b   |
| C.V. (%)           | 12,7      | 7,8             | 10,5     | 6,4    | 24,4    |

Médias seguidas de letras comuns, dentro de colunas, não diferem significativamente, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

aérea, chegando, na dose máxima de aplicação, a mais de 80% do N-total presente nas plantas (Quadro 4).

Paralelamente, uma fração relativamente pequena do N-total nos tecidos estava presente como N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na parte aérea (Quadro 4). As raízes das plantas crescidas a 1.600m<sup>3</sup>/ha, excepcionalmente, mostram uma acumulação elevada de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, em relação ao N-total (Quadro 4).

**Quadro 4. Efeito de doses crescentes de vinhaça sobre a distribuição do N-total absorvido e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na parte aérea e nas raízes de milho (Experimento 2)**

| Doses de vinhaça   | Distribuição do N-total absorvido |      | N-NO <sub>3</sub> do N-total |      |
|--------------------|-----------------------------------|------|------------------------------|------|
|                    | Parte aérea                       | Raiz | Parte aérea                  | Raiz |
| m <sup>3</sup> /ha | %                                 |      |                              |      |
| 0                  | 60,2                              | 39,8 | 9,6                          | 2,4  |
| 50                 | 67,0                              | 33,0 | 6,3                          | 6,9  |
| 100                | 65,3                              | 34,7 | 4,0                          | 3,1  |
| 200                | 63,4                              | 36,6 | 6,5                          | 4,8  |
| 400                | 65,3                              | 34,7 | 8,2                          | 4,4  |
| 800                | 75,9                              | 24,1 | 3,9                          | 6,4  |
| 1.600              | 81,4                              | 18,6 | 5,6                          | 29,9 |

Os resultados apresentados colocam várias questões. A vinhaça usada neste experimento tinha um teor de N-total relativamente elevado (497mg/litro) (Santos et alii, 1981). Desse total, somente 6,3% estavam na forma prontamente assimilável (a soma de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Após incubação, certa fração desse N-total é removido por via microbiológica (Lima, 1980). Luisi (1979), seguindo os padrões de acumulação de N em plantas de milho por um período de 60 dias, em resposta à aplicação de doses de vinhaça de 100m<sup>3</sup>/ha, não encontrou qualquer efeito da vinhaça sobre o teor de N em plantas de milho.

Então, é possível admitir que parte do N contido na vinhaça seja perdido, no período de incubação, por desnitrificação ou outros processos (Luisi, 1979), justificando a falta de variação significativa no teor de N no solo, entre 0 e 400m<sup>3</sup>/ha. A doses superiores de aplicação, o teor de N-total no solo aumenta (Quadro 3), conjuntamente com o potencial osmótico da solução do solo (Figura 1). Isso poderia acontecer por uma redução nas perdas de N durante a incubação ou por um efeito simples de "massa" (maior quantidade de N aplicado).

A grande acumulação de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas raízes, à dose de 1.600m<sup>3</sup>/ha, parece indicar que a absorção desse nutriente, *per se*, não é afetada pelo aumento da salinidade. A absorção e transporte de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> até os locais de redução, dentro das plantas, é um processo complexo, acoplado ao mecanismo que regula a absorção e circulação do íon K<sup>+</sup>, e dependente de energia metabólica (Bowling, 1976). Tanto carboidratos solúveis (Figura 1) como K<sup>+</sup> (Santos et alii, 1981), acumulam à dosagem de 1.600m<sup>3</sup>/ha, em raízes e parte aérea. Como as plantas crescidas a essa dose acumulam a maioria do N absorvido na parte aérea (Quadro 4), o transporte de N a partir de raízes não parece ser afetado. O efeito de acumulação de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> à dose de 1.600m<sup>3</sup>/ha parece, então, refletir um bloqueio no mecanismo de assimilação de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas próprias raízes.

Cabe destacar que a redução foliar de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, aparentemente, não é afetada, nem por acumulação específica de K<sup>+</sup>, nem pelo efeito geral do aumento da concentração salina da solução do solo. Isso pode ser inferido ao se observar a relativa constância no teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na parte aérea como porcentagem do N-total, dentro da faixa de aplicação de vinhaça considerada (Quadro 4).

As tendências de variação observadas no teor foliar de carboidratos solúveis não indicam um envolvimento substancial desse fator na manutenção da turgência foliar, uma possibilidade sugerida anteriormente (Rossiello et alii, 1981a). Apenas, a acumulação relativa ao nível de 1.600m<sup>3</sup>/ha (Quadro 1 e Figura 1) poderia ter participação nesse processo. Contudo, essa resposta não tem significação prática, porque a essa dose de aplicação, os aumentos em condutividade elétrica já afetam significativamente a produção de matéria seca total e aérea foliar, embora esta última em menor proporção (Rossiello et alii, 1981a).

## LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, J.A.; RANZANI, G.; VALSECCHI, O. L'emploi de la vinasse dans l'agriculture. Piracicaba, SP, Instituto Zimotécnico, E.S.A.L.Q., 1951. 16p. (Bol. n.º 2)
- BARLOW, E.W.R.; BOERSMA, L.; YOUNG, J.L. Root temperature and soil water potential effects on growth and soluble carbohydrates concentration of corn seedlings. Crop Sci, 16:59-62, 1976.



- BENDIX, M.E.S. Absorção e assimilação de nitrogênio pela grama batatais (*Paspalum notatum* Flüggé). Tese de Mestrado, Seropédica, RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1979. 91p.
- BOWLING, D.J.F. Uptake of ions by plant roots. London, Chapman and Hall Ltd., 1976. 212p.
- BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. et alii ed. Methods of soil analysis. Part II. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1149-1176.
- CHEVALIER, P. & SCHRAEDER, L.E. Genotypic differences in nitrate absorption and partitioning of N among plant parts in maize. Crop Sci., 17:879-901, 1977.
- FERNANDES, M.S. Interação entre N-amoniaco e energia ambiental na nutrição nitrogenada do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15. Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 229-233.
- FERNANDES, M.S., ARRELAGA, L.E.; SANTOS, G.A. Fontes de nitrogênio, absorção e distribuição de fósforo em milho. Pesq. agropec. bras., 15:79-84, 1980.
- FERNANDES, M.S.; DIDONET, H.R.; ROSSIELLO, R.O.P. Respostas de quatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) à aplicação de nitrogênio amoniacal com um inibidor de nitrificação. Pesq. agropec. bras., 16:303-307, 1981.
- FERREIRA, W. de A. Efeito da vinhaça em solos de diferentes texturas. Tese de Mestrado. Seropédica, RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1980. 67f.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol., 24:519-570, 1974.
- LUIZI, M.V.V. Efeitos da vinhaça sobre a fertilidade do solo e a nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). Tese de Mestrado. Seropédica, RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1979. 83f.
- LIMA, I.T. Efeitos da aplicação de vinhaça sobre a microflora do solo. Seropédica, RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1980. Tese de Mestrado. 100f.
- NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. Determination of total nitrogen in plant material. Agron. J., 65:109-112, 1973.
- OZAKI, K. Determination of top dressing for rice in the field by the detection of asparagine. Soil and Plant Food, 1:88-90, 1950.
- ROSSIELLO, R.O.P.; FERREIRA, W. de A.; FERNANDES, M.S. Respostas de milho (*Zea mays* L.) à salinidade do solo induzida por aplicação de vinhaça. I. Produção de matéria seca e área foliar. R. bras. Ci. Solo, 5:171-175, 1981a.
- ROSSIELLO, R.O.P.; FERNANDES, M.S.; FLORES, J.P.O. Efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e acumulação de carboidratos solúveis de milho. Pesq. agropec. bras. 16:561-566, 1981b.
- SANTOS, G.A.; ROSSIELLO, R.O.P.; FERNANDES, M.S.; O'GRADY, P.C. Efeito da vinhaça sobre o pH do solo, a germinação e o acúmulo de potássio em milho (*Zea mays* L.). Pesq. agropec. bras., 16:489-493, 1981.
- YEM, E.W. & WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochem. J., 57:508-514, 1954.