

MOVIMENTO E PERDAS POR LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES SOLÚVEIS APLICADOS A SOLOS DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

KIRKPATRICK LAWTON (*)
MARDÔNIO AGUIAR COELHO (**)
LINDBERGUE ARAÚJO CRISÓSTOMO (**)

INTRODUÇÃO

Em solos arenosos, sujeitos a regimes intensivos de precipitação ou irrigação, a lixiviação dos nutrientes solúveis pode ser considerável se tais nutrientes não são interceptados pelo sistema radicular das plantas. O nitrogênio, na forma de nitratos ou amônio, e o potássio são facilmente lixiviados quando a precipitação pluviométrica ou irrigação excede à evapotranspiração e quando o conteúdo de matéria orgânica ou de argila é relativamente baixo.(2)

Em regiões tropicais úmidas, as perdas por lixiviação de nitrogênio e potássio incorporados ao solo na forma de fertilizantes podem ser altamente significantes.(3) A importância das perdas de nutrientes por lixiviação, em solos arenosos de tabuleiros do Nordeste brasileiro, foi discutida recentemente.(5)

A perda de nutrientes solúveis, aplicados na superfície do solo, pode ser especialmente grande nos primeiros estágios de desenvolvimento das plantas anuais. Durante as primeiras 3 a 5 semanas após o plantio, o sistema radicular das plantas é, geralmente, pouco desenvolvido e, portanto, apre-

senta reduzida capacidade de absorção de nutrientes. Se a lixiviação é intensa e continuada, os nutrientes serão transportados até profundidades onde o sistema radicular, já desenvolvido, de muitas plantas anuais, não atingirá. Várias soluções para minimizar as perdas de nutrientes têm sido sugeridas. Inicialmente, foi tentada a redução da velocidade de dissolução dos fertilizantes de alta solubilidade, aumentando assim seu período de utilização no local original de aplicação. A dissolução controlada tem sido conseguida, principalmente, através do revestimento das partículas do fertilizante com materiais de certo grau de impermeabilidade(1, 4, 8 e 9). Outra solução é o emprego de fertilizantes nitrogenados e potássicos de baixa solubilidade, tais como formulações de ureiaformaldeído e metafosfato de potássio.(7) Ainda uma outra possibilidade é a aplicação fracionada de fertilizantes nitrogenados e potássicos, que consiste na aplicação de pequena quantidade dos nutrientes solúveis por ocasião do plantio, e várias outras, a intervalos e em cobertura, ao longo do período de desenvolvimento da planta. Este procedimento implica em trabalho adicional cujo custo pode superar o lucro resultante do uso de fertilizantes.(10) A velocidade de lixiviação dos nutrientes solúveis em qualquer solo é função de muitos fatores, entre os quais, teor e tipo de argila, teor de matéria orgânica, estrutura, presença de camadas compactadas ou adensadas, infiltração superficial, quantidade e frequência

*) Professor Visitante de Michigan State University, U.S.A.

**) Professores do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Brasil.

cia de chuvas ou irrigação. Outras interações devem ser consideradas durante o período de desenvolvimento das plantas. O uso de lisímetros permite a avaliação das perdas, por lixiviação, de nitrogênio e potássio, bem como de alguns dos fatores que afetam o processo.

O objetivo desta investigação, realizada com lisímetros em casca de vegetação, foi o de determinar a magnitude da lixiviação de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados em solos arenosos sob as seguintes condições: 1 — diferentes regimes simulados de precipitação; 2 — presença e ausência de cultivo, e 3 — aplicação inicial *versus* seqüencial.

MATERIAL E MÉTODOS

Solo

O solo usado no experimento areias quartzosas distróficas A fraco e moderado fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado — localiza-se na Estação Experimental da EMBRAPA, no Município de Pacajus, Ceará. Um sumário de suas características físicas e químicas é apresentado na Tabela 1.

Coleta do solo e preparo dos lisímetros

Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-15, 15-30 e 30-100 cm e passadas em peneira para remoção de raízes e partículas de diâmetro maior que 4 mm. Como lisímetros, foram usadas manilhas de cerâmica, de 20 cm de diâmetro e 110 cm de comprimento, impermeabilizadas internamente e acondicionadas sobre suporte de madeira, no interior da casa de vegetação. A parte inferior de cada manilha foi conectada a tubo de plástico de modo a permitir a coleta do lixiviado. As colunas de solo foram preparadas colocando-se cada camada em sua respectiva posição, compactando-se de modo a conferir ao solo sua densidade aparente original. Após a preparação, cada lisímetro continha 44 kg de solo seco ao ar. Blocos de Bouyoucos, previamente ca-

TABELA 1

Algumas Características Físicas e Químicas do Solo Usado nos Lisímetros dos Experimentos I e II.

Profundidade	Areia Grossa		Areia Fina		Silte	Argila	Dens. Apar. g/au3	Água Útil	pH	Matéria Orgânica (%)	C.T.C. mE/100g	Sat. bases % V	K+ Troc. mE/100g
0-25	61,9	29,4	1,7	7,0	1,33	1,9	5,7	1,2	3,89	50	0,17		
40-80	61,4	29,8	0,8	8,0	1,36	1,4	5,0	0,7	2,13	24	0,09		
80-100	50,3	35,4	0,3	14,0	1,41	2,7	5,2	0,4	2,51	23	0,11		

librados, foram instalados nas profundidades de 12, 25, 42 e 82 cm, em lisímetros selecionados. Calcário na forma de carbonato de cálcio foi aplicado na proporção de 500 kg/ha e misturado ao solo superficial; o solo foi irrigado e incubado por duas semanas após o que procedeu-se a adição dos fertilizantes e sementeira. Como fonte de nitrogênio e potássio foram usados uréia e KCl , respectivamente. Fósforo foi adicionado na forma de fosfato monocálcio. Três semanas após a sementeira foram adicionados a cada lisímetro, sulfato de magnésio, manganês, zinco e cobre nas seguintes proporções: 200, 10, 5 kg/ha, respectivamente. Milho (var. Central mex.) foi usado como planta indicadora.

Experimento I

Este experimento foi conduzido por um período de sete semanas, com três plantas por lisímetro. Após a calagem e aplicação de fósforo (150 kg P/ha), os fertilizantes nitrogenados e potássicos (150 kg N/ha e 150 kg K/ha) foram aplicados de uma só vez antes do plantio ou em três partes iguais na seguinte seqüência, a primeira antes do plantio e as duas outras decorridas três e cinco semanas após a germinação. Metade dos tratamentos com fertilizantes foi cultivada com milho e metade sem cultivo, a fim de possibilitar a comparação da lixiviação. Neste experimento três níveis de umidade foram testados — baixo, médio e alto, correspondendo, respectivamente, a totais de 667, 839 e 1.082 mm de lâmina d'água. Procedeu-se à irrigação de cada lisímetro de acordo com esquema pré-estabelecido mantendo-se registro das quantidades de água adicionadas e do lixiviado. Foi mantido, durante o experimento, registro detalhado da água disponível nos lisímetros através de leituras do medidor dos blocos de Bouyoucos.

Experimento II

Neste experimento, conduzido também por período de sete semanas, foram usadas duas plantas por lisímetro.

Após a calagem e aplicação de fósforo (200 kg P/ha) foram adicionados N e K na base de 200 kg de cada elemento, sendo os fertilizantes aplicados totalmente antes do plantio ou em cinco porções iguais, uma antes do plantio e as quatro restantes após decorridos 10, 18, 27 e 35 dias da emergência das plântulas. Dois níveis de umidade — baixo e alto, correspondendo, respectivamente, a totais de 625 e 1.109 mm de lâmina d'água, foram usados no decorrer do experimento, mantendo-se registro das quantidades de água adicionadas e do lixiviado coletado. Não foram coletados dados de água disponível das colunas de solo ao longo do experimento. Neste experimento todos os lisímetros foram cultivados com milho.

Análise das plantas e do lixiviado

Observações visuais do crescimento e aparência das plantas foram realizadas no decorrer do experimento. Após sete semanas as plantas iniciaram a floração e foram colhidas cortando-se a parte aérea rente à superfície do solo. O material vegetal colhido, seco a 60°C, até peso constante e moído foi submetido à análise. O nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl. O potássio foi extraído por lixiviação com NH_4OAc N e determinado por fotometria de chama. O sistema radicular das plantas em cada lisímetro, foi separado do solo e seco em estufa. Não foi procedida nenhuma análise no sistema radicular uma vez que se perde parte do nitrogênio e muito potássio, no tecido fresco, durante a lavagem do material. O teor de potássio no lixiviado foi determinado por fotometria de chama. Amônia e nitratos foram analisados após a conversão destes pela adição da liga de Devarda e a amônia destilada recebida em H_2SO_4 0,04N.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento

Os dados relativos à distribuição e utilização da água, em relação à li-

xivação, evaporação e transpiração, nos lisímetros cultivados e sem cultivo são apresentados na Tabela 2. Durante os primeiros estágios do experimento as adições de água foram feitas a intervalos de 2 a 4 dias e depois, em virtude do rápido desenvolvimento das plantas, diariamente.

O exame do sistema radicular das plantas, na colheita, mostrou que houve desenvolvimento vigoroso das raízes em todos os lisímetros nas zonas onde o solo foi umedecido. Os valores obtidos através dos blocos de Bouyoucos, constantes das figuras 1 e 2, confirmam que o umedecimento nunca atingiu a profundidade de 42 cm no nível baixo de umidade e 82 cm no médio, nos lisímetros cultivados. Embora a água disponível, nos lisímetros submetidos ao regime alto de umidade atingisse a profundidade de 82 cm, antes de decorridos 15 dias da emergência das plantas, como é ilustrado na Figura 3, não ocorreu lixiviação em nenhum dos lisímetros. Infe-re-se, então, que houve ativa absorção de água pelas plantas com três ou mais semanas de idade. Análises dos lixiviados, neste experimento, restringiram-se, portanto, aos lisímetros não cultivados.

Os dados relativos ao crescimento das plantas e a absorção de nitrogênio e potássio são apresentados na Tabela 3, através da qual se pode observar os efeitos da aplicação dos fertilizantes e dos níveis de umidade do solo. Dos dois fatores investigados, o

nível de umidade do solo evidenciou-se como o de maior importância. O confinamento do sistema radicular ao primeiro e segundo terços das colunas, nos níveis de umidade baixo e médio, respectivamente, reduziu significativamente o crescimento da parte aérea e das raízes. Tal redução não foi, necessariamente, diretamente proporcional ao volume de solo explorado pelo sistema radicular. Comparou-se o pesc seco das plantas nos três níveis de umidade, com a aplicação de fertilizantes inicial *versus* seqüenciada, verificou-se ter havido, de uma maneira geral, vantagem na aplicação seqüenciada.

A absorção de nitrogênio e potássio pela parte aérea das plantas foi também influenciada pelo nível de umidade do solo e método de aplicação dos fertilizantes. Em média, o nitrogênio absorvido pela parte aérea foi 797, 835 e 1.235 mg, respectivamente, para os níveis de umidade baixo, médio e alto. Para o potássio os valores médios foram, para os três níveis de umidade, 1.315, 1.468 e 1.871 mg, respectivamente. Provavelmente, o nível mais elevado de água aplicada resultou em maior exploração do volume total do solo, bem como melhor utilização dos fertilizantes. De uma maneira geral, a aplicação seqüenciada de fertilizantes propiciou um aumento de cerca de 20% na absorção de N e K em relação à aplicação inicial.

TABELA 2

Distribuição e Utilização da Água Adicionada aos Lisímetros Cultivados e Sem Cultivo
Experimento I

Nível de Umidade	Total de Água Adicionada (ml)	Total do Lixiviado Coletado (ml)	Água Retida Estimada* (ml)	Evaporação ou Evapotranspiração Estimada** (ml)
Baixo sem cultivo	20,940	8,535***	6,750	5,690
com cultivo	20,940	0	2,000	18,940
Médio com cultivo	26,358	0	3,500	22,858
Alto sem cultivo	33,978	18,035***	6,750	8,728
com cultivo	33,978	0	5,000	28,478

(*) Estimada a partir das leituras com blocos de Bouyoucos

(**) Calculada a partir do total de água adicionada menos (lixiviado mais água no solo na ocasião da colheita).

(***) Representam a média dos lixiviados coletados de 6 lisímetros.

Uma vez que não houve lixiviação, nos lisímetros cultivados, a possível explicação para este fato é a de que a absorção dos nutrientes foi maior nas camadas superficiais das colunas. No caso da aplicação inicial, grande parte de N e K foram lixiviados para maiores profundidades, nos primeiros estágios de desenvolvimento das plan-

tas. Grandes quantidades de lixiviado foram coletadas nos lisímetros sem cultivo. Do exame da Tabela 4, verifica-se que as perdas por lixiviação foram em torno de 40 e 50% do total de água aplicada, nos níveis de umidade baixo e alto, respectivamente. Os primeiros lixiviados ocorreram após 22 e 30 dias do início do experimento, nos

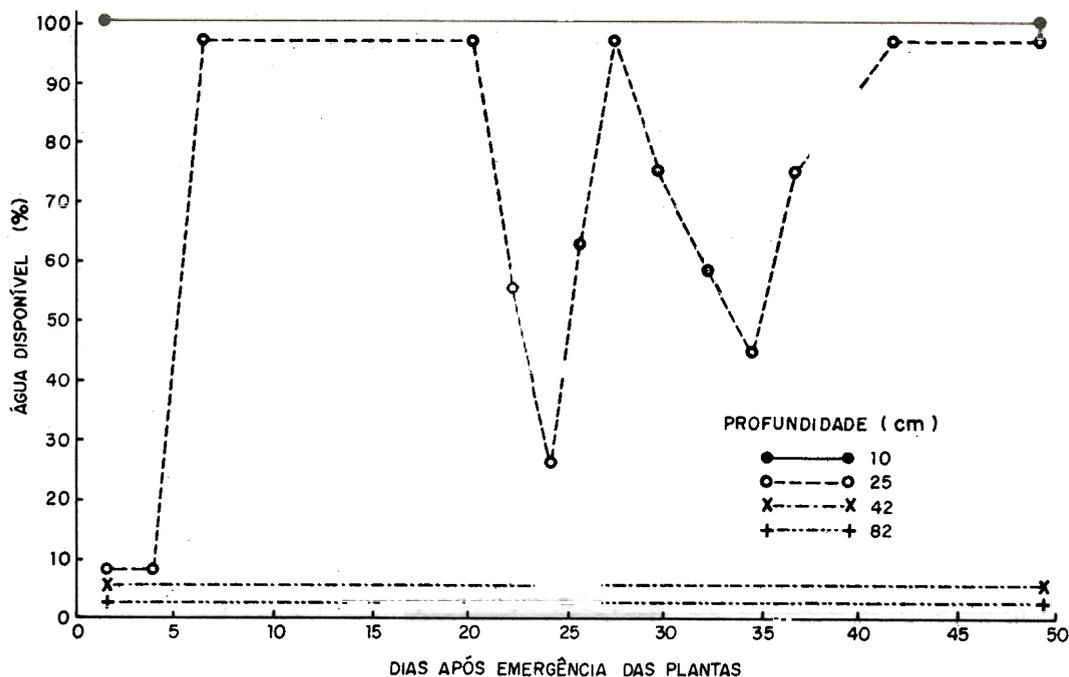


FIG. 1. Água disponível no solo, nos lisímetros submetidos ao regime baixo de umidade e cultivados com milho, no Experimento I. Os pontos representam leituras dos blocos de Bouyoucos nas profundidades de 10, 25, 42 e 82 cm.

TABELA 3

Efeitos do Método de Aplicação dos Fertilizantes e Níveis de Umidade Sobre o Crescimento das Plantas e Absorção do Nitrogênio e Potássio nos Lisímetros do Experimento I.

Quantidade e Método de Aplicação dos Fertilizantes	Nível de Umidade	Peso Seco		Absorvidos pela parte aérea*	
		Parte aérea	Raízes	N	K
		g		mg	
150 kg/ha. Inicial	Baixo	100,7	21,4	744	1,235
	Médio	115,3	27,9	764	1,289
	Alto	165,0	29,5	1.018	1,586
150 kg/ha. Sequencial	Baixo	105,5	25,7	849	1,394
	Médio	128,7	25,6	906	1,630
	Alto	174,3	36,1	1,451	2,156

(*) Média de 3 repetições.

lisímetros submetidos aos níveis de umidade alto e baixo. Os lixiviados coletados eram geralmente límpidos até as duas últimas semanas do experimento, quando os lixiviados de alguns lisímetros apresentaram-se turvos. Nos lisímetros não cultivados e sem aplicação de fertilizantes pequenas quan-

tidades de N e K foram lixiviadas durante o período do experimento. Como se poderia esperar, a perda dos elementos acima foi duas vezes maior nos lisímetros submetidos ao nível alto de umidade. A perda de 104 mg de K solúvel em água, no tratamento de nível alto de umidade, parece razoável,

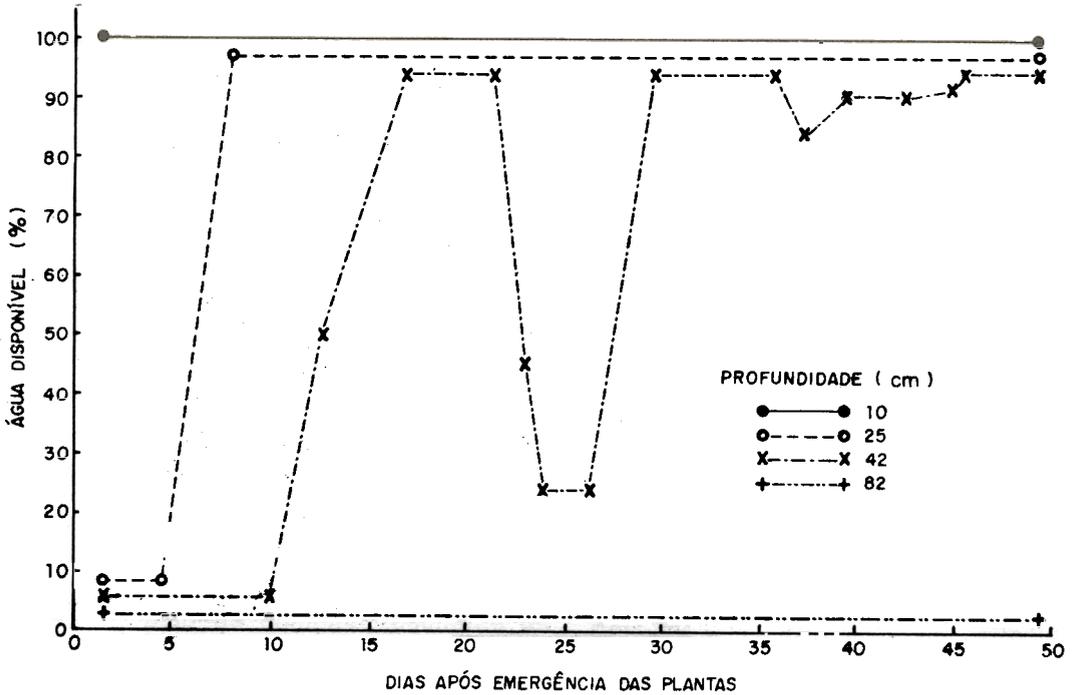


FIG 2. Água disponível no solo, nos lisímetros submetidos ao regime médio de umidade e cultivados com milho, no Experimento I. Os pontos representam leituras dos blocos de Bouyoucos nas profundidades de 10, 25, 42 e 82 cm.

TABELA 4

Influência do Método de Aplicação dos Fertilizantes e Níveis de Umidade Sobre a Lixiviação do Nitrogênio e Potássio nos Lisímetros não Cultivados do Experimento I.

Quantidade e Método de Aplicação dos Fertilizantes	Nível de Umidade do Solo	Água Total Adic. aos Lisímetros (ml)	Lixiviado Coletado p/Lisímetro (ml)	Nutrientes no Lixiviado +	
				N mg	K
Não fertilizado	Baixo	20,940	8,556	304	60
	Alto	33,978	18,050	618	104
150 kg/ha. Inicial	Baixo	20,940	8,630	664	213
	Alto	33,978	18,825	1.312	492
150 kg/ha. Sequencial	Baixo	20,940	8,940	730	169
	Alto	33,978	17,913	1.006	264

Média de 3 repetições.

MOVIMENTO E PERDAS POR LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES SOLÚVEIS

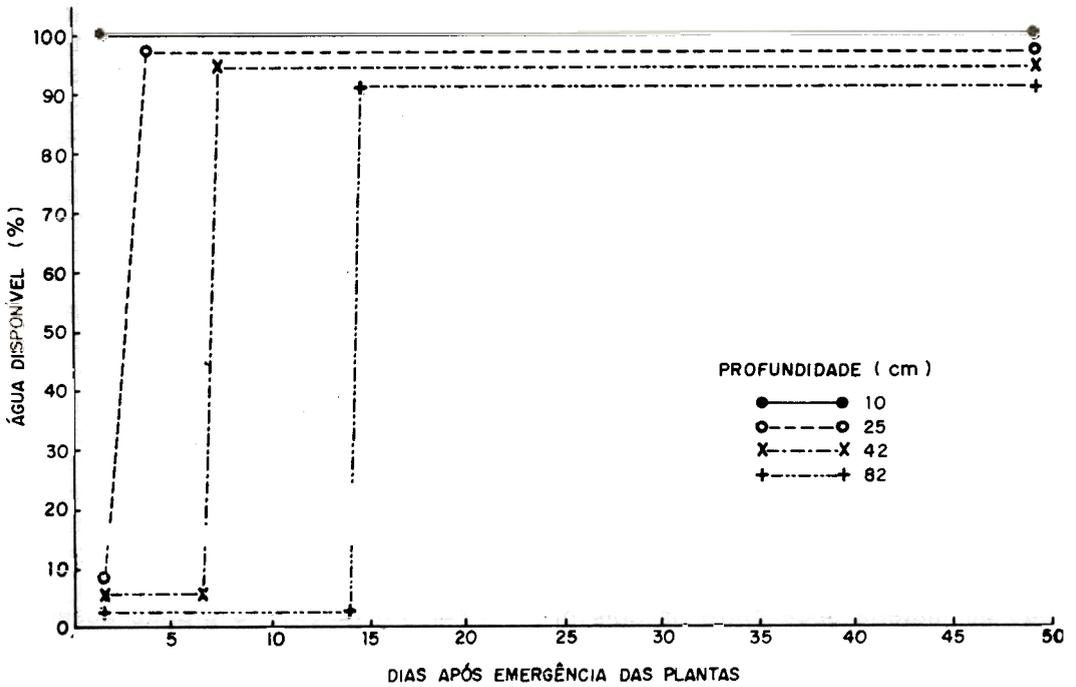


FIG 3 Água disponível no solo, nos lisímetros sob o regime alto de umidade e cultivados com milho, no tratamento I. Os pontos representam leituras dos blocos de solos nas profundidades de 10, 25, 42 e 82cm.

considerando-se que a coluna de solo continha 1.950 mg de K trocável. No entanto, a perda de 618 mg de N no mesmo tratamento parece muito alto. Considerando que a coluna de solo continha 250 mg de matéria orgânica e supondo que a maior parte do nitrogênio no lixiviado foi oriundo da decomposição da matéria orgânica do solo, cerca de 5% desta fração teria sido perdida no período de 5 a 6 semanas no qual a coluna de solo apresentava-se com alto teor de umidade. Foram adicionadas a cada lisímetro um total de 540 mg de N e 540 mg de K. Estas quantidades representam apenas uma fração do nitrogênio e do potássio trocável existentes no solo, mas, em virtude de sua alta solubilidade, pouco foi retido pela argila e matéria orgânica.

As perdas dos dois nutrientes foram influenciadas tanto pelo regime de

umidade quanto pelo método de aplicação dos fertilizantes, como pode ser verificado pela Tabela 4. Altas perdas de N e K ocorreram nos tratamentos submetidos ao nível alto de umidade. A aplicação fracionada dos fertilizantes reduziu as perdas de potássio, em ambos os níveis de umidade, quando comparado com a aplicação inicial. No entanto, apenas no nível alto de umidade a aplicação fracionada demonstrou vantagem sobre a aplicação inicial, na redução das perdas de nitrogênio. Uma vez que duas das três partes da aplicação fracionada foram adicionadas após três e cinco semanas da semeadura, pode-se supor que parte dos nutrientes permaneceu nos lisímetros. Contudo, sem o uso de técnicas mais sofisticadas, torna-se impossível estabelecer as proporções de N e K oriundas do fertilizante e originárias do solo.

Experimento II

Os resultados obtidos no Experimento I foram satisfatórios para avaliação das perdas por lixiviação somente nos lisímetros não cultivados. Tendo isto em mente, foram usadas, neste experimento, apenas duas plantas por lisímetro, com o objetivo de reduzir a massa radicular por volume de solo. As quantidades de água aplicadas foram praticamente iguais nos dois experimentos. Os dados relativos ao peso seco, contidos nas Tabelas 3 e 5 indicam que a produção das plantas neste experimento representa cerca de 50 a 70% da obtida no Experimento I, naturalmente decorrente da redução do número de plantas por lisímetro. A diferença média na produção de matéria seca entre os dois níveis de umidade em todos os tratamentos foi de 11,8 g para a parte aérea e 4,8 g para o sistema radicular. As explicações para a diferença em produção nos dois regimes de umidade provavelmente são as mesmas do Experimento I. O desenvolvimento restrito do sistema radicular, observado por ocasião da colheita, resultante da pequena penetração da água nos lisímetros, concorreu para redução no desenvolvimento da parte aérea, nos tratamentos submetidos ao regime baixo de umidade.

Comparando-se os métodos de aplicação dos fertilizantes, observa-se cer-

ta vantagem da aplicação fracionada sobre a aplicação inicial, refletida pelos dados contidos na Tabela 5. As diferenças médias de produção entre os dois regimes de umidade foram 9,9 g e 5,2 g para a parte aérea e raízes, respectivamente. Os fatores que possivelmente influenciaram estas diferenças, são: perdas por lixiviação ou atividade do sistema radicular na camada superficial da coluna de solo. As quantidades de lixiviado coletadas nos tratamentos submetidos ao regime alto de umidade, bem como os teores de N e K nos percolados são apresentados na Tabela 6. O menor volume de percolado coletado nos lisímetros onde se procedeu a aplicação fracionada dos fertilizantes pode estar relacionado à maior absorção de água pelas raízes em função do grande desenvolvimento da parte aérea nestes tratamentos.

Em termos de lixiviação, a perda de N foi duas vezes menor nos tratamentos submetidos à aplicação fracionada do fertilizante nitrogenado. No caso do potássio, pequena diferença foi verificada quando comparados os dois métodos de aplicação. Isto constitui uma situação contraditória. Considerando-se os dados relativos à absorção do nitrogênio, da Tabela 5, verifica-se que o regime de umidade do solo e o método de aplicação do fertilizante na dose de 200 kg/ha, incrementou a absorção de N, aproximada-

TABELA 5

Efeitos da Quantidade e Método de Aplicação dos Fertilizantes e Níveis de Umidade do Solo Sobre o Crescimento e Absorção do Nitrogênio e Potássio pelas Plantas, Experimento II.

Quantidade e Método de Aplicação dos Fertilizantes	Nível de Umidade do Solo	Peso Seco*		Nutrientes* Absorvidos	
		Parte aérea	Raízes	N	K
		g		mg	
40 kg/ha.	Baixo	58,3	15,6	390	1,365
Inicial	Alto	68,0	19,6	417	1,590
200 kg/ha.	Baixo	81,6	20,6	600	1,784
Inicial	Alto	93,2	23,3	726	2,440
200 kg/ha.	Baixo	90,3	23,3	748	2,296
Sequencial	Alto	104,3	30,9	890	2,751

(*) Média de 3 repetições.

TABELA 6

Lixiviado Coletado e Perdas de Nitrogênio e Potássio nos Lisímetros em Função da Quantidade e Método de Aplicação dos Fertilizantes e Níveis de Umidade do Solo no Experimento II.

Quantidade e Método de Aplicação dos Fertilizantes	Níveis de Umidade do Solo	Lixiviado Coletado* (ml)	Nutrientes no Lixiviado	
			N	K
			mg	
40 kg/ha. Inicial	Baixo	—	—	—
200 kg/ha. Inicial	Alto	8,300	173	40
40 kg/ha. Inicial	Baixo	—	—	—
200 kg/ha. Inicial	Alto	8,080	202	108
40 kg/ha. Sequencial	Baixo	—	—	—
200 kg/ha. Sequencial	Alto	5,650	110*	102

*) Média de 3 repetições.

mente, na mesma ordem de magnitude. A quantidade total de N aplicada a cada lisímetro foi 720 mg. No caso da aplicação parcelada as plantas absorveram mais do que o aplicado, considerando-se que os dados de absorção da Tabela 5, referem-se apenas à parte aérea das plantas. A aplicação inicial de todo o fertilizante no plantio resultou na absorção de N em quantidade equivalente à de fertilizante aplicado, no nível alto de umidade. As proporções de nitrogênio provindo do fertilizante ou oriundo do solo só poderão ser avaliadas mediante o uso de nitrogênio marcado.

Para as diferenças entre os tratamentos em relação à absorção do potássio, no Experimento II, considerando-se os níveis de umidade do solo, podem ser atribuídas as seguintes hipóteses: Uma vez que não ocorreu lixiviação nos lisímetros submetidos ao nível baixo de umidade, todo o fertilizante permaneceu na zona de desenvolvimento do sistema radicular. Assim sendo, deficiência de umidade ou redução no volume do sistema radicular poderiam ter reduzido a absorção do potássio. Nos lisímetros sujeitos ao regime de umidade alto, ocorreu possivelmente uma maior exploração do potássio nativo do solo, uma vez que o sistema radicular alcançou maior desenvolvimento. A maior absorção do potássio pelas plantas que se desenvolveram sob aplicação fracionada do

fertilizante em ambos os regimes de umidade não é função das diferenças de potássio perdido por lixiviação, uma vez que 108 e 102 mg de K, respectivamente, foram removidos por lixiviação. A variação na absorção do potássio, nos dois métodos de aplicação, pode ser explicada pela maior absorção de nutrientes através das raízes superficiais, como no caso do nitrogênio. A aplicação parcelada de fertilizantes permite que as raízes superficiais mais ativas absorvam mais N e K solúveis do que com a aplicação total dos fertilizantes por ocasião do plantio, a qual propicia a lixiviação dos nutrientes para camadas mais profundas. Certamente, as perdas de nutrientes por lixiviação nos dois experimentos, foram restringidas nos tratamentos cultivados.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os benefícios ao crescimento das plantas decorrentes da aplicação fracionada dos fertilizantes não foram devidos à prevenção das perdas por lixiviação, mas por um aumento na absorção de nutrientes pelas raízes que se desenvolveram na camada superficial da coluna de solo. Esta conclusão pode não ser válida para solos arenosos, em condições de campo, uma vez que a densidade do sistema radicular nos lisímetros dos Experimentos I e II foi consideravelmente mais elevada do que sob condições normais de um plantio de milho.

SUMMARY

Two lisimeter experiments were conducted to determine the extent of leaching of fertilizer-applied nitrogen and potassium in a sandy soil of the State of Ceará, Brazil, under (1) three simulated rainfall regimes, (2) cropping and no cropping, and (3) initial versus sequential application of fertilizer. Data on the growth of corn plants and their absorption of nitrogen and potassium led to the conclusion that both top and root growth were greatly reduced under the low and medium moisture regimes and that split application of fertilizer improved dry matter production of corn under both the low and high moisture levels. On the average, applying fertilizer in three split applications produced about 20 percent greater absorption of N and K in the top growth compared to adding all fertilizer at planting time. Both the soil moisture level and method of applying the fertilizer influenced the leaching losses of the two nutrients. Significantly higher N and K losses occurred under the high moisture regime. On the other hand, the split application of fertilizer reduced the leaching loss of K at both low and high soil moistures compared with the full initial application. In the case of N, only with the more intensive leaching did the split application prove an advantage over applying the fertilizer at seeding time. These conclusions may not be valid for sandy soils under field conditions since root densities in the lisimeters were considerably higher than would be expected under normal plant population of corn grown in the field.

LITERATURA CITADA

1. ALLEN, S.F.; HUNT, C.M.; TERMAN, G.L. (1971) — Nitrogen release from sulfurcoated urea as affected by coating weight, placement, and temperature. *Agron. Jour.*, 63: 529-533.
2. BATES, T.B.; TINSDALE, S.L. (1957) — The movement of nitrate-nitrogen through columns of coarse textured soil materials. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21: 525-528.
3. COULTER, J.C. (1972) — Soil Management systems; Soils of the Humid Tropics, National Academy of Sciences, Washington. 196 pp.
4. DALAL, R.C. (1975) — The use of urea and sulfur-coated urea for corn production in a tropical soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39: 1004-1005.
5. HAYNES, J.L. (1970) — Uso agrícola dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil. Um exame das pesquisas. Recife, SUDENE, 153 p. ilust.
6. KOHNKE, H.; DREIBELBIS, F.R. (1940) — A survey and discussion of lysimeters and a bibliography on their construction and performance. U.S. Dept. of Agric. Misc. Publ. 372.
7. KRAUSE, H.H.; WILDE, S.A. (1960) — Uptake of potassium by red pine seedlings and losses through leaching from fertilizers of various solubilities. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24: 513-515.
8. LAWTON, K. (1961) — The effect of fertilizer coating on the dissolution and uptake of fertilizer potassium by plants. *Jour. Agr. Food. Chem.* 9: 276-280.
9. LUNT, O.R. (1971) — Controlled-release fertilizers. Achievement and potential. *Jour. Agr. Food Chem.* 19: 797-800.
10. UEHARA, G.; KING, J. (1975) — Management implications of soil mineralogy: Soil Management in Tropical America. Univ. Consortium on Soils of the Tropics. N. Carolina State Univ., Raleigh, N.C. 360 p.
11. VOLK, G.W. (1965) — Efficiency of various nitrogen sources for pasture grasses in large lysimeters of Lakeland fine sand. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 41-45.