

# ADUBAÇÃO NITROGENADA E AJUSTAMENTO OSMÓTICO EM MILHO E SORGO<sup>1</sup>

ONDINO CLEANTE BATAGLIA<sup>2</sup>, JOSÉ ANTONIO QUAGGIO<sup>3</sup>, ORIVALDO BRUNINI<sup>2</sup> e  
DEBORAH MARIA CIARELLI<sup>4</sup>

**RESUMO** - Para conhecer o efeito da adubação nitrogenada sobre o ajuste osmótico em milho e sorgo, dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, um com milho irrigado em dois níveis de N e outro com sorgo e milho em dois níveis de N, com e sem estresse de água. Em milho irrigado, folhas saturadas de plantas adubadas com N mostraram potenciais osmóticos 0,1 MPa mais baixos que folhas deficientes em N. Houve correlação significativa entre as concentrações de N e açúcares nas folhas. Independentemente do regime hídrico, folhas não-saturadas de plantas de milho adubadas tinham potenciais osmóticos 0,2 MPa mais negativos que folhas deficientes em N. Para o sorgo houve pouca diferença no potencial osmótico em função da adubação nitrogenada 0,1 MPa. Para as duas plantas, nos tratamentos adubados observou-se transpiração, por unidade de área foliar, mais elevada, resistências à difusão de vapor d'água mais baixas e maior acúmulo de solutos e N, em comparação com folhas deficientes em N. Em condições de seca moderada, ou veranicos curtos, plantas bem supridas de N mostraram maior capacidade de ajuste osmótico através do acúmulo de compostos nitrogenados e outros assimilados. Assim conseguem explorar com maior eficiência a água disponível no solo do que as plantas deficientes em N.

Termos para indexação: fertilidade do solo, deficiência hídrica, relações solo-água-plantas.

## EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON OSMOTIC ADJUSTMENT IN MAIZE AND SORGHUM

**ABSTRACT** - To study the effect of nitrogen fertilization on osmotic adjustment, two pot experiments were conducted in a greenhouse, one with irrigated maize at two N levels. The second experiment had maize and sorghum at two N levels with and without water stress. Saturated leaves of N fertilized irrigated maize had osmotic potentials about 0.1MPa lower than N deficient leaves. There was a significant correlation between N and soluble sugar contents in the leaves. Independently of the water regime, the osmotic potential of unsaturated leaves of maize was about 0.2 MPa lower for N sufficient plants than for N deficient. For sorghum, the difference in the osmotic potential was small in function of N supply, but it was about 0.1 MPa lower for water stressed plants, as compared to irrigated plants. For both crops N fertilization increased the transpiration rates per unit leaf area, decreased the leaf diffusive resistance to water vapour and increased leaf N and solutes. Under moderated water stress, plants well supplied with N, specially maize, showed better osmotic adjustment by accumulation of N compounds and other assimilates. By this process they can use more efficiently the available soil water than N deficient plants.

Index terms: soil fertility, water stress, soil-plant-water relation.

## INTRODUÇÃO

Após a emergência, as plantas são consideradas indivíduos inteiramente autotróficos, produzindo seus próprios componentes a partir de dióxido de carbono, água, nutrientes minerais e radiação solar. A adição de novos produtos a cada dia depende do

tamanho prévio da planta e da velocidade de atividade de diversos processos fisiológicos responsáveis pelo desenvolvimento das plantas, processos estes altamente dependentes das intenções com fatores ambientais.

O estresse de água, mesmo em regiões tropicais onde ocorrem curtos períodos de estiagem (veranicos) durante o ciclo das plantas, é um dos fatores responsáveis por grandes danos na produtividade, em virtude dos seus efeitos sobre diversos processos fisiológicos. O crescimento expansivo é o mais sensível desses processos (Hsiao 1973), enquanto níveis mais drásticos de estresse afetarão também a síntese de proteína, as atividades enzimática e hormonal e o movimento estomático.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 29 de janeiro de 1985.  
Trabalho apresentado na IX Reunião Latino-Americana de Fisiologia Vegetal, Viçosa-MG.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Ph.D., Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Caixa Postal 28, CEP 13100 Campinas, SP - Bolsista CNPq.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., IAC, Campinas, SP. Bolsista CNPq.

<sup>4</sup> Biologista, IAC, Campinas, SP. Bolsista CNPq.

Muitas plantas têm mostrado capacidade de adaptação a condições de estresse ambiental através de mecanismos variados. A manutenção da pressão de turgescência celular através do acúmulo de solutos (ajustamento osmótico), tem sido bastante documentada na literatura como mecanismo adaptativo ao estresse salino. Por outro lado, dados mais recentes indicam que o ajustamento osmótico é também um mecanismo de adaptação das plantas para crescerem ou sobreviverem em períodos de estresse de água em condições não-salinas (Hsiao et al. 1976, Cutler & Rains 1978). Há evidências de que esse processo ocorra pelo menos em algumas plantas cultivadas, como algodão e sorgo, que têm alta capacidade de adaptação à seca (Cutler & Rains 1978, Fereres et al. 1978).

A natureza química dos solutos acumulados nas células durante o ajustamento osmótico é ainda pouco conhecida. Postula-se que a nutrição nitrogenada deva desempenhar importante papel não só pelo acúmulo de metabólitos nitrogenados, mas também afetando a incorporação de assimilados através do aumento da capacidade fotossintética da planta.

Este trabalho teve por objetivo determinar a extensão do efeito da adubação nitrogenada sobre o ajustamento osmótico das plantas de milho e de sorgo submetidas a diferentes níveis de nitrogênio e água no solo.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em vasos de 5 litros um com Latossolo Vermelho-Escuro-orto e outro com Terra Roxa Estruturada. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, com vasos sobre bancadas móveis, que eram transportadas para exposição direta à luz solar durante o dia e recolhidos à noite.

No primeiro experimento, foram cultivadas duas plantas de milho em cada um dos vinte vasos, em dois tratamentos, com dez repetições, em delineamento completamente casualizado. Um tratamento consistia de plantas deficientes em N, e o outro, de plantas bem supridas. Todos os vasos foram irrigados diariamente para repor a água perdida por evapotranspiração.

Aos 37 dias após o plantio (DAP), foram coletadas duas folhas por vaso, uma de cada planta, para determinação do potencial osmótico, nitrogênio total, açúcares, e ácidos orgânicos. As folhas foram retiradas das plantas

por volta das 13 horas. Depois, elas foram recortadas dentro da água e colocadas num frasco fechado, sob luz ambiente, com as duas extremidades dentro da água para ficarem saturadas a fim de uniformizar o teor relativo de água. Depois de saturadas, as folhas foram colocadas em sacos de plástico e congeladas a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Depois de uma noite, procedeu-se à determinação do potencial da água, que neste caso corresponde ao potencial osmótico, uma vez que o componente de pressão foi eliminado pelo congelamento. Essa determinação foi feita utilizando-se a técnica descrita por Neumann & Thurtell (1972), com um higrômetro de ponto de orvalho. O material remanescente após essa determinação foi secado em estufa e moído em moinho tipo Wiley com peneira 40 mesh, para determinações de nitrogênio total pelo método Kjeldahl (Bataglia et al. 1978), extração de açúcares solúveis com etanol 80%, e determinação colorimétrica pelo método fenol- $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Dubois et al. 1956). Os teores de ácidos orgânicos foram determinados por titulação do resíduo do extrato alcoólico com solução de NaOH 0,01 N. Na realidade, essa titulação está medindo não só ácidos orgânicos mas também aminoácidos livres e ácidos graxos que podem estar presentes nas folhas.

Outras folhas foram coletadas aos 43, 55, 64 e 79 dias após o plantio. Além das determinações feitas na primeira amostragem, foram determinados o potencial osmótico no suco celular das folhas saturadas e congeladas, utilizando-se um osmômetro, e o total de sólidos solúveis no suco celular, por um refratômetro.

O segundo experimento constou de 20 vasos plantados com milho e 20 com sorgo; foram deixadas duas plantas por vaso após a germinação e desbaste. Para cada cultura, os tratamentos dispostos em blocos casualizados, com cinco repetições, foram os seguintes:

$\text{NI}_0$  - adubado com N e com deficiência hídrica;

$\text{N}_0\text{I}_0$  - sem N e com deficiência hídrica;

$\text{NI}$  - adubado com N e sem deficiência hídrica;

$\text{N}_0\text{I}$  - sem N e sem deficiência hídrica.

O controle da irrigação foi feito com base no trabalho de Montanheiro et al. (s.n.t.), instalando-se uma cápsula cerâmica (vela de filtro Pozzani nº 111) no interior de cada vaso e conectando-a a um reservatório de água situado abaixo do nível dos vasos, por meio de um tubo de plástico. Nos tratamentos sem deficiência hídrica, os reservatórios de água foram mantidos 30 cm abaixo dos vasos, e 60 cm para os tratamentos com deficiência hídrica, iniciando-se a aplicação do estresse de água 30 dias após o plantio.

Aos 58 DAP, procedeu-se a medidas de radiação solar, resistência à difusão de vapor d'água, e transpiração em folhas expostas ao sol, das 7 às 17 horas, em intervalos de duas horas, utilizando-se um porômetro "Steady State" - modelo LI-1600 (LI-COR, Nebraska).

Aos 70 DAP, em dia com intensa radiação solar, quando os sintomas de estresse hídrico eram bem visíveis, foram coletadas, por volta das 13 horas, duas folhas recém-maduras de cada planta. Nessas folhas, após saturação

em água e congelamento, determinaram-se o potencial osmótico e os teores de sólidos solúveis no suco celular. Na matéria seca dessas folhas foram determinados os teores de N, açúcares e ácidos orgânicos, de acordo com os métodos já descritos.

Aos 74 DAP, procedeu-se a nova amostragem, colhendo-se uma folha de milho por planta. Nesta folha, o potencial osmótico foi determinado no suco celular extraído após o congelamento, porém sem saturar com água. Aos 79 DAP, a parte aérea das plantas foi colhida medindo-se a produção de matéria seca e, posteriormente, o nitrogênio nas diversas partes das plantas de milho e sorgo.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no primeiro experimento com milho em dois níveis de N são apresentados na Tabela 1. Os tratamentos permitiram o crescimento das plantas sob condições de deficiência e suficiência de N, caracterizadas pelos teores de N nas folhas 1,14% e 2,17% em média, respectivamente.

Nas condições do experimento, a média do potencial osmótico das folhas das plantas deficientes

(-0,52 MPa) teve pouca diferença em relação ao das folhas das plantas adubadas (-0,60 MPa). Houve uma diferença de cerca de 0,1 MPa entre as folhas deficientes e as bem supridas de N. As medidas de potencial osmótico nas folhas mostraram a mesma tendência das medidas efetuadas através de osmômetro, quando se utilizou o suco celular. A diferença de potencial osmótico entre plantas deficientes e suficientes em N foi praticamente 0,1 MPa, também através da medida osmótica no suco celular. O potencial osmótico mais baixo no suco celular, quando comparado com a folha intacta, provavelmente se deve à dificuldade de se extrair toda a água retida pela parede celular. No caso da determinação na folha intacta, haveria um efeito da diluição de solutos, água das paredes celulares, ao contrário do que se verifica para o suco celular extraído por prensagem. Os teores de sólidos solúveis no suco celular foram mais elevados nas folhas das plantas adubadas, em concordância com os potenciais osmóticos mais negativos observados para essas plantas.

TABELA 1. Efeito do nitrogênio sobre o potencial osmótico e composição química de folhas de milho. Médias de quatro repetições.

Dias após o plantio	Potencial osmótico		Matéria seca das folhas			Folhas frescas saturadas com água		
	Folha intacta	Suco celular	Nitrogênio	Açúcares	Ácidos orgânicos <sup>1</sup>	Sólidos solúveis suco celular	Matéria seca	Açúcares
	MPa		%	%	meq/g	%	g/kg H <sub>2</sub> O	
	Plantas deficientes em nitrogênio							
37	-0,54	-	1,24	13,8	0,223	-	-	-
43	-0,56	-0,67	1,38	12,5	0,281	4,0	172	21,4
55	-0,45	-0,60	1,10	13,4	0,319	4,4	231	31,0
64	-	-0,60	1,00	7,7	0,219	4,6	231	18,0
79	-	-	1,00	11,8	0,265	-	-	-
Média	-0,52 ± 0,03	-0,62 ± 0,02	1,14 ± 0,07	11,8 ± 1,1	0,261 ± 0,019	4,4 ± 0,1	216 ± 10	20,5 ± 1,8
	Plantas suficientes em nitrogênio							
37	-0,57	-	2,67	21,1	0,185	-	-	-
43	-0,66	-0,70	2,78	15,8	0,207	4,3	203	32,1
55	-0,48	-0,73	2,02	25,4	0,265	6,0	277	70,3
64	-	-0,77	1,76	23,0	0,248	6,2	288	66,2
79	-	-	1,64	22,4	0,223	-	-	-
Média	-0,60 ± 0,06	-0,73 ± 0,02	2,17 ± 0,23	21,5 ± 1,6	0,226 ± 0,014	5,7 ± 0,3	266 ± 15	58,2 ± 6,2

<sup>1</sup> Extração com etanol 80% v/v e titulação com solução de NaOH 0,01 N.

O acúmulo de matéria seca por unidade de peso de água foi sempre maior nas plantas adubadas, o mesmo acontecendo com os teores de açúcares. Esses dados mostram uma tendência oposta aos observados por Radin & Parker (1979) para folhas de algodão. Naquele experimento, plantas cultivadas em soluções com baixos níveis de nitrogênio continham mais peso seco por unidade de peso de água. Da mesma forma, os teores de açúcares eram mais elevados. Além da diferença específica entre as plantas nesses dois experimentos, os sistemas de cultivo e amostragem podem estar influenciando nos resultados observados. No experimento com algodão, Radin & Parker (1979) amostraram a quinta folha na haste principal quando esta folha já estava madura no tratamento deficiente em N. A essa altura, as plantas com nitrogênio alto já tinham outras folhas maduras e, provavelmente, a quinta folha já estava exportando nutrientes e assimilados para folhas mais novas. No presente experimento, procurou-se amostrar sempre a primeira folha completamente desenvolvida, portanto em idade fisiológica bastante semelhante.

As Fig. 1 e 2 mostram como os teores de açúcares nas folhas estão sendo relacionados aos teores de N. Os teores de açúcares na matéria seca das plantas deficientes foram sempre mais baixos do que nas folhas adubadas, acompanhando sempre a mesma tendência dos teores de N (Fig. 1). A mesma tendência foi observada entre os teores de N nas folhas e a composição de açúcares expressa em g/kg de água.

No segundo experimento, as plantas submetidas a deficiência hídrica, principalmente no caso do milho, começaram a mostrar sintomas evidentes de estresse, com enrolamento de folhas nas horas mais quentes do dia, nos tratamentos adubados com N. As folhas de plantas deficientes não mostravam esses sintomas. No caso do sorgo, os sintomas de estresse de água também não foram tão evidentes, porém o crescimento e a absorção de N foram bastante prejudicados. As plantas de milho adubadas com N sob estresse de água tiveram uma redução de cerca de 30% sobre a área foliar, 34% sobre o peso seco e 40% sobre a absorção de N em relação às plantas adubadas sem estresse. Para o sorgo, essas reduções foram de 15%, 23% e 34%, respecti-

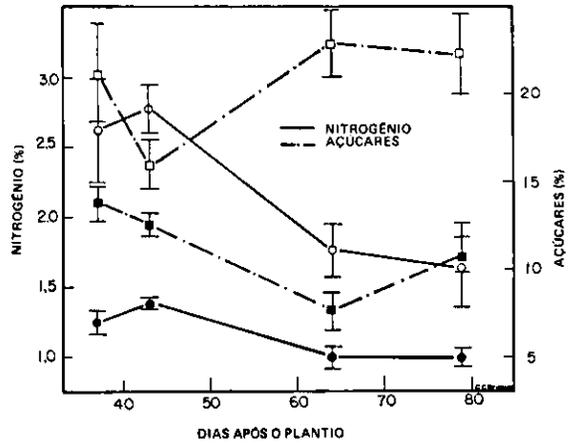


FIG. 1. Teores de N e açúcares na matéria seca de folhas de milho deficientes (-N) e bem supridas (+N), em função da idade da planta.

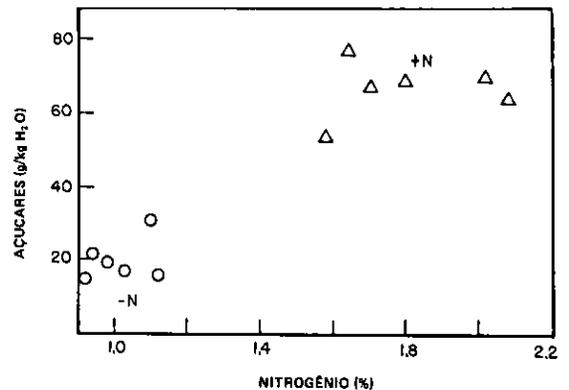


FIG. 2. Relação entre os teores de nitrogênio na matéria seca e açúcares em folhas de milho (+N = folhas bem supridas, -N = folhas deficientes).

vamente. Para as duas plantas houve um efeito aditivo de deficiência de N e estresse de água sobre a redução do crescimento e absorção de N.

As folhas de milho deficientes em N mostraram um controle estomático mais eficiente do que as plantas bem supridas em N quando submetidas a deficiência hídrica. Na Fig. 3 pode-se verificar que nas folhas dos tratamentos sob deficiência hídrica as resistências à difusão de vapor d'água são mais elevadas sob deficiência de N, o que implica taxas de transpiração mais baixas para o tratamento

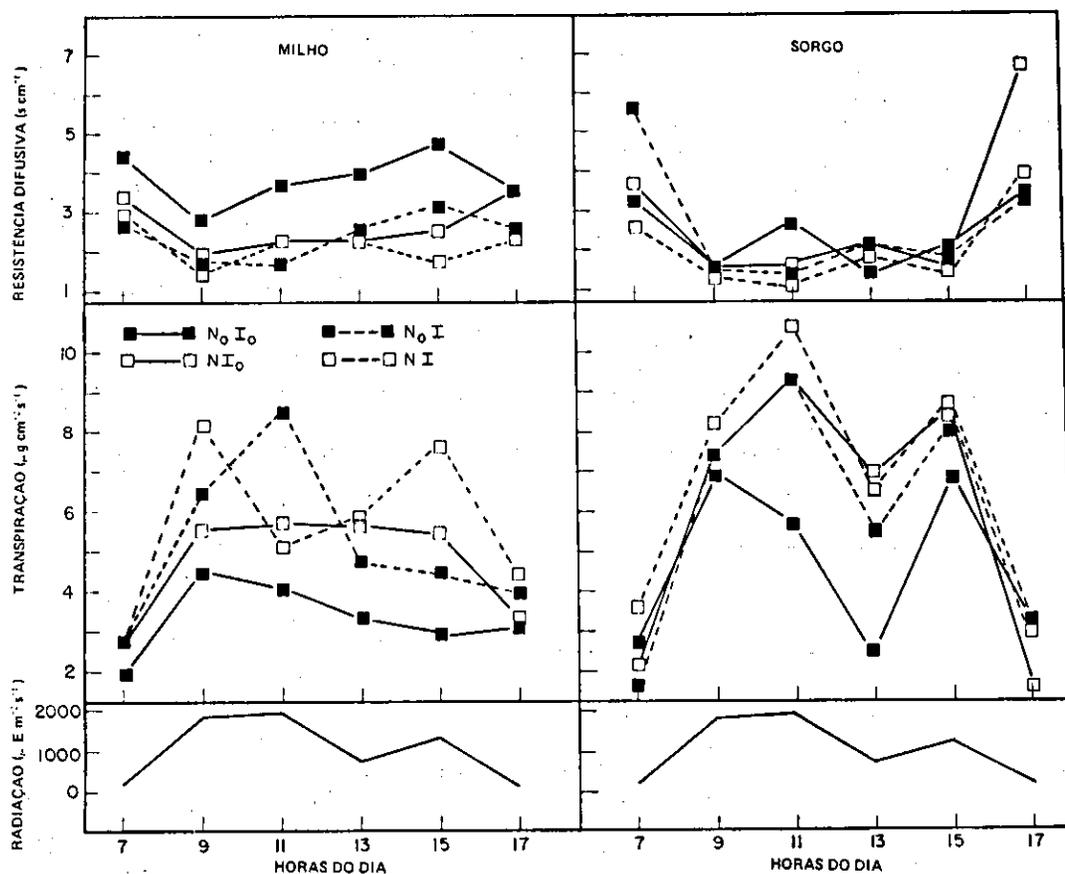


FIG. 3. Efeito de adubação nitrogenada e irrigação sobre a resistência estomática e transpiração em milho e sorgo em função da hora do dia. Medidas feitas em folhas expostas à luz solar 58 dias após o plantio.

$N_0I_0$  quando comparado ao  $NI_0$ . Para o sorgo, isso se verifica com mais intensidade nas horas quentes do dia, tendo-se notado maior efeito da luz sobre a transpiração, em comparação com o milho.

Essa maior sensibilidade das plantas deficientes em N, no fechamento de estômatos sob estresse de água, parece ser um mecanismo comum a diversas plantas, pois além do milho e do sorgo aqui testados foi também observada por Radin & Parker (1979) para algodão. Isso significa que plantas bem supridas de N fecham seus estômatos a potenciais mais baixos, conforme foi demonstrado por aqueles autores.

A hipótese de que esse potencial d'água mais negativo fosse conseguido mediante uma concen-

tração de solutos nas células encontra evidências para as plantas de milho estudadas neste trabalho. Folhas sob estresse de água e deficientes em N ( $N_0I_0$ ), quando não-saturadas, tinham potenciais osmóticos 0,2 MPa mais negativos do que folhas sob estresse e adubadas ( $NI_0$ ) (Tabela 2). Essas diferenças ocorrem inclusive nos tratamentos irrigados. Nas folhas saturadas, as diferenças são menores, mas persistem para o milho. Para o sorgo, praticamente não houve efeito da adubação nitrogenada sobre os potenciais osmóticos dentro de cada tratamento hídrico.

Na Tabela 3, os dados de resistência das folhas à difusão de vapor d'água e transpiração representam as médias das quatro medidas feitas 58 DAP

(9, 11, 13 e 15 horas Fig. 3). As medidas de potencial osmótico, açúcar, e N nas folhas foram feitas 70 DAP. Pode-se notar que a transpiração das folhas de sorgo foi maior que a das folhas de milho. Essa maior taxa de transpiração está associada a valores mais baixos de resistência estomática e teores mais altos de solutos e N nos tecidos das folhas. A perda de água por transpiração é controlada por meio de movimentação estomática, que, por sua vez, parece bastante dependente da con-

centração de solutos e N nas folhas. Para o sorgo, o maior ajustamento osmótico se verificou para os tratamentos de irrigação. Plantas com deficiência hídrica, independentemente do nível de nitrogênio, tinham potenciais osmóticos em folhas saturadas cerca de 0,1 MPa inferiores aos das folhas dos tratamentos sem deficiência hídrica. Para o milho, tanto a deficiência hídrica como a adubação nitrogenada afetaram de forma semelhante o potencial osmótico. Os dois fatores proporcionaram ajuste osmótico de 0,05 MPa para folhas saturadas.

Os resultados aqui obtidos demonstram que a dependência do ajustamento osmótico em relação à adubação nitrogenada é relativa à espécie envolvida. No caso do milho, parece haver uma dependência muito grande da concentração de açúcares solúveis em relação à concentração de N na matéria seca, enquanto para o sorgo essa dependência parece não existir. Esse fato pode explicar parcialmente a diferença de comportamento entre o ajustamento osmótico de milho e sorgo verificado por Fereres et al. (1978). Naquele trabalho, os autores observaram que folhas expostas de milho não-irrigado conseguiam um ajustamento osmótico apenas parcial, no fim do ciclo da planta, enquanto o sorgo conseguia um ajuste osmótico completo, isto é, o potencial de turgescência calculado pela

**TABELA 2.** Potencial osmótico do suco celular de folhas de milho e sorgo saturadas com água ou não, e congeladas, provenientes de plantas normais e deficientes de nitrogênio com e sem estresse hídrico. Médias de cinco repetições.

Tratamento	Potencial osmótico em folhas de		
	Milho		Sorgo
	Não saturadas	Saturadas	Saturadas
	MPa		
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub>	-0,85 a	-0,70 ab	-1,02 b
N <sub>0</sub> I	-1,03 b	-0,78 c	-1,04 b
N <sub>0</sub> I	-0,88 a	-0,66 a	-0,96 ab
NI	-1,05 b	-0,73 b	-0,92 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey a 5%.

**TABELA 3.** Efeito de adubação nitrogenada em dois níveis de irrigação sobre diversos parâmetros fisiológicos medidos nas folhas de sorgo e milho.

Tratamento	Resistência	Transpiração	Potencial osmótico	Sólidos solúveis no suco celular	Matéria seca	
					Açúcares	N
	s.cm <sup>-1</sup>	μg.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup>	MPa		%	
Sorgo						
NI <sub>0</sub>	1,7	8,0	-1,04	8,8	12,1	2,16
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub>	2,1	5,5	-1,02	8,8	12,2	1,15
NI	1,5	8,6	-0,92	7,6	11,5	2,39
N <sub>0</sub> I	1,7	7,5	-0,96	7,9	14,1	1,61
Milho						
NI <sub>0</sub>	2,2	5,6	-0,78	5,2	4,7	1,23
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub>	3,8	3,7	-0,70	5,1	1,9	0,91
NI	1,9	6,7	-0,73	5,2	5,0	1,34
N <sub>0</sub> I	2,3	6,0	-0,66	4,9	2,1	1,05

diferença entre o potencial da água total e o potencial osmótico era praticamente o mesmo para folhas de plantas irrigadas e não-irrigadas, durante todo o ciclo da planta.

Uma característica diferencial interessante, observada neste experimento, foi o processo de senescência verificado para as plantas de milho e sorgo. Enquanto no milho havia uma senescência começando pelas folhas mais velhas e progredindo ao mesmo tempo para as folhas superiores, no sorgo a senescência ocorria folha por folha, isto é, a folha imediatamente superior só entrava em senescência quando a de baixo estava totalmente necrótica. Em vista disso, as folhas superiores do sorgo mantêm-se verdes e provavelmente com capacidade fotossintética para manter os altos níveis de açúcares mesmo a valores mais baixos de N (Tabela 3), minimizando, dessa maneira, os efeitos da seca sobre a produção total de matéria seca de forma mais eficiente que o milho.

É interessante ressaltar, finalmente, que, em períodos curtos ou de seca moderada, como já foi discutido, o maior ajuste osmótico apresentado pelas plantas bem supridas em N traz benefícios para a planta, favorecendo o acúmulo de matéria seca. Essa vantagem, entretanto, pode desaparecer se a seca for mais drástica ou muito prolongada. Nestas condições, com o esgotamento mais rápido da água disponível no solo, e pelo controle menos eficiente do movimento estomático, as plantas bem supridas de N poderão ser mais severamente afetadas pela seca.

#### CONCLUSÕES

1. O efeito da adubação nitrogenada sobre o ajustamento osmótico foi mais pronunciado em milho do que no sorgo, em função das diferenças existentes na senescência das duas plantas quando deficientes em N.

2. Em condições de seca moderada ou veranicos curtos, as plantas bem supridas em N podem se beneficiar do mecanismo de ajuste osmótico para utilizarem mais eficientemente a água disponível no solo.

#### REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P. F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1978. 31p. (Boletim Técnico, 78).
- CUTLER, J.M. & RAINS, D.W. Effects of water stress and hardening on the internal water relations and osmotic constituents of cotton leaves. *Physiol. Plant.*, 42:261-8, 1978.
- DUBOIS, M.; GILLES, H.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A. & SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28:350-6, 1956.
- FERERES, E.; ACEVEDO, E.; HENDERSON, D.W. & HSIAO, T.C. Seasonal changes in water potential and turgor maintenance in sorghum and maize under water stress. *Physiol. Plant.*, 44:261-7, 1978.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 24:519-70, 1973.
- HSIAO, T.C.; FERERES, E.; ACEVEDO, E. & HENDERSON, D.W. Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. In: WATER and plant life. Berlin, Springer-Verlag, 1976. p.281-305. (Ecological studies, 19).
- MONTANHEIRO, M.N.; SAITO, S.N.T.; REICHARDT, K. & LIBARDI, P. Controle de tensões de água no solo em vasos com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). s.n.t. Trabalho apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus, AM, 1979.
- NEUMANN, H.N. & THURTELL, G.N. A Peltier cooled thermocouple dew point hygrometer for *in situ* measurement of water potential. In: BROWN, R.W. & HAVEREN, B.P. van, eds. *Psychrometry in water relations research*. Logan, Utah State Univ. Agric. Exp. Stn., 1972. p.103-12.
- RADIN, J.W. & PARKER, L.L. Water relations of cotton plants under nitrogen deficiency. I. Dependence upon leaf structure. *Plant Physiol.*, 64:495-8, 1979.