

CONDUTÂNCIA FOLIAR E TAXA FOTOSSINTÉTICA EM MILHO SOB DIFERENTES DISPONIBILIDADES DE ÁGUA E NITROGÊNIO

Solange FRANÇA¹, Luís Mauro Gonçalves da ROSA², Homero BERGAMASCHI², João Ito BERGONCI³, Pedro Gabert PEREIRA⁴

Introdução

O efeito mais comum da deficiência de água nas plantas é a redução no seu crescimento, devido ao menor turgor celular, que limita a expansão das células, e ocasionando indiretamente o fechamento estomático. A limitação hídrica provoca reduções na condutância foliar e, em consequência, reduz as trocas gasosas, como uma das formas das plantas responderem ao déficit hídrico. Isto acarreta limitação na disponibilidade de CO₂ para o aparelho fotossintético, levando a decréscimos na taxa de fotossíntese (SALA & TENHUNEN, 1996).

O controle estomático da condutância ao vapor d'água é um importante meio através do qual as plantas limitam a perda de água. Por isto, freqüentemente, a condutância é utilizada como indicador de estresse hídrico (Mc DERMITT, 1990). BERGONCI et al. (2000) observaram que, quando a limitação de água no solo for acentuada, no caso em tratamento sem irrigação, a condutância foliar é baixa e praticamente sem variação durante todas as horas do dia, indicando que os estômatos permanecem fechados, ao menos parcialmente, como forma de economizar água.

Conjuntamente com a água, o nitrogênio (N) desempenha papel fundamental na fotossíntese. Se um destes fatores se tornar limitante, existe um dilema enfrentado pelas plantas: serem eficientes no uso da água ou serem eficientes no uso do N. Fatores que diminuam a fotossíntese, em qualquer nível de N, também diminuem os retornos em N na folha. O fechamento estomático ocasiona redução na perda de água pelas plantas submetidas ao déficit hídrico, mas também limita a assimilação de CO₂ pela fotossíntese, reduzindo a concentração interna de CO₂ (FREDEEM ET AL., 1991).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes disponibilidades de água e nitrogênio, aplicadas ao milho, sobre a condutância estomática e a taxa fotossintética.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul, RS. O delineamento experimental foi em faixas, com quatro repetições, onde foram combinados dois níveis de água e dois níveis de nitrogênio (N). Os níveis de água foram obtidos em função de um gradiente de aspersão, em parcelas com dimensões de 3 m de largura e 20 m de comprimento, sendo que cada parcela era composta por quatro fileiras de milho. Para cada lado da linha de aspersores, foram aplicadas cinco lâminas decrescentes de água, cujos extremos

foram I4, correspondente à dose de água necessária para manter o solo próximo à capacidade de campo, e I0 cujas parcelas não foram irrigadas.

Os dois níveis de nitrogênio (N0 - 40 kg ha⁻¹ e N1 - 160 kg ha⁻¹) foram aplicados no milho em subparcelas de 10 m de comprimento, dentro de cada um dos níveis de água. Em ambos os tratamentos foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N na base, juntamente com 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 160 kg ha⁻¹ de K₂O. No nível mais elevado de N, efetuou-se duas aplicações de 60 kg ha⁻¹ de N mineral em cobertura, sob a forma de uréia, quando o milho apresentava 4 e 8 folhas expandidas.

A área experimental foi semeada com uma consorciação de aveia preta+ervilhaca sobre resteva de milho, em maio de 1999. Para a semeadura do milho o preparo do solo foi feito na primeira quinzena do mês de outubro com lavração, seguida de duas gradagens. O milho (híbrido Pioneer 3063) foi semeado em 04 de novembro de 1999, com distância entre linhas de 0,75 m, densidade de 5 plantas por metro linear, obtendo-se uma população de 66.000 plantas ha⁻¹.

Foram efetuadas medições da taxa fotossintética líquida (Aco₂) e condutância foliar (μmol m⁻² s⁻¹ e mmol m⁻² s⁻¹, respectivamente) nos tratamentos I4 e I0, aos 38, 52 e 65 dias após a emergência (DAE). As medições foram efetuadas com um analisador de gases infra-vermelho – IRGA, portátil (LI-6400, Licor Inc., Lincoln, NE), no período entre 10 e 14 h, em dias de céu limpo, em uma folha por planta (completamente expandida e exposta à radiação solar), sendo geralmente a terceira a partir do estrato superior da planta.

Também foram feitas medições de condutância foliar em cada lado da folha, com porômetro de difusão de estado estacionário (LI-COR, modelo 1600 M, Licor Inc., Lincoln, NE) aos 74, 84 e 93 DAE. A condutância foliar foi medida em folhas não destacadas, em ambas as faces foliares, sendo a condutância foliar total obtida pelo somatório das condutâncias das faces abaxial e adaxial.

Para a realização da análise de variância (ANOVA) utilizou-se o software estatístico SAS (System Analysis Statistic). Quando encontradas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo método de mínimos quadrados.

Resultados e discussão

A precipitação pluvial durante o período de condução do experimento apresentou distribuição irregular. No segundo decêndio de dezembro esteve bem abaixo da média climatológica, prolongando-se até o segundo decêndio de fevereiro.

¹ Dr. pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFRGS. Bolsista Recém-Doutor do CNPq, Embrapa Trigo. E-mail: solafranca@yahoo.com.br

² Dr. Prof. da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq.

³ Dr. Prof. do Departamento de Botânica da UFRGS. Bolsista do CNPq.

⁴ M.Sc. pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFRGS.

As maiores taxas de fotossíntese do milho ocorreram no tratamento I4 N1 aos 38 e 52 DAE, apresentando valores de $44 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Já a menor taxa ocorreu no tratamento I0 N0, aos 52 DAE, sendo esta de $1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Somente a disponibilidade hídrica apresentou diferenças significativas nas taxas de fotossíntese (Tabela 1). A disponibilidade de N não apresentou diferenças significativas, pois o tratamento N0 na realidade corresponde a uma dose de 40 kg ha^{-1} de N (sem considerar o efeito do fornecimento de N pela vica), o que poderia ser considerado como adequado ao processo de fotossíntese, não sendo suficiente para gerar diferenças nas respostas fisiológicas das plantas.

Tabela 1. Taxa fotossintética líquida em milho sob diferentes níveis de água, em três épocas. Eldorado do Sul, RS. 1999/2000.

Épocas	Níveis de água	Fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
38 DAE	I4	$43,18 \pm 4,20^A$
	I0	$30,06 \pm 8,21^B$
52 DAE	I4	$43,54 \pm 5,21^A$
	I0	$2,40 \pm 4,81^B$
65 DAE	I4	$37,55 \pm 2,77^A$
	I0	$26,53 \pm 6,17^B$

Médias de tratamentos com letras iguais na coluna não diferem significativamente a 5% pelo teste de médias dos quadrados mínimos (LSMEANS), dentro de cada época (DAE)

Média \pm desvio padrão

Níveis de água: I4 = irrigado, I0 = não irrigado

DAE = dias após emergência

No caso da condutância foliar, a mesma apresentou diferenças significativas para a disponibilidade hídrica e de N (Tabela 2 e 3).

Tabela 2. Condutância foliar em milho sob diferentes níveis de água, em seis épocas. Eldorado do Sul, RS. 1999/2000.

Épocas	Níveis de água	Condutância foliar ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
38 DAE	I4	$663,73 \pm 225,09^A$
	I0	$306,13 \pm 94,58^B$
52 DAE	I4	$757,26 \pm 147,49^A$
	I0	$32,81 \pm 39,07^B$
65 DAE	I4	$634,20 \pm 154,90^A$
	I0	$293,79 \pm 114,58^B$
74 DAE	I4	$238,58 \pm 92,73^A$
	I0	$75,37 \pm 36,43^B$
84 DAE	I4	$279,44 \pm 100,39^A$
	I0	$19,90 \pm 25,65^B$
93 DAE	I4	$228,01 \pm 82,62^A$
	I0	$13,74 \pm 34,58^B$

Médias de tratamentos com letras iguais na coluna não diferem significativamente a 5% pelo teste de médias dos quadrados mínimos (LSMEANS), dentro de cada época (DAE)

Média \pm desvio padrão

Níveis de água: I4 = irrigado, I0 = não irrigado

DAE = dias após emergência

Aos 52 DAE as diferenças entre os tratamentos com irrigação (I4 N0 e I4 N1) e não irrigados (I0 N0 e I0 N1) foram mais acentuadas do que nos outros dois dias analisados. Isto pode ser atribuído à maior demanda evaporativa ocorrida naquele dia, que teve ETm de 8,8 mm e deficiência hídrica de 7 mm, associada a um período de déficit hídrico que se acentuou ainda mais nos tratamentos não irrigados, em relação ao déficit observado aos 38 DAE. A condutância foliar aos 52 DAE apresentou valores muito baixos, 22 e $43 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nos tratamentos

I0 N0 e I0 N1, respectivamente, quando os estômatos tenderam ao fechamento, como forma de evitar maior desidratação nas plantas não irrigadas. Aos 65 DAE, as diferenças entre os tratamentos com e sem irrigação foram menos evidentes, devido ao déficit hídrico ter sido minimizado nos tratamentos não irrigados. Houve precipitação pluvial nos dias anteriores à medição, ocasionando aumento da condutância e elevação da taxa fotossintética desses tratamentos.

A condutância foliar apresentou diferenças significativas entre os níveis de água, onde a média do tratamento I4 se mostrou superior àquela do I0 em todos os dias avaliados. Para a disponibilidade de N, somente aos 38 DAE, ocorreram diferenças entre os tratamentos, com o N1 sendo superior ao N0. Esta mesma tendência foi observada por HEITHOLT (1989), quando a condutância estomática da folha para CO_2 foi maior nas plantas que receberam maior nível de N e quando bem hidratadas.

Tabela 3. Condutância foliar em milho sob diferentes níveis de nitrogênio, em cinco épocas. Eldorado do Sul, RS. 1999/2000.

Épocas	Níveis de nitrogênio	Condutância foliar ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
38 DAE	N1	$558,40 \pm 298,17^A$
	N0	$411,47 \pm 169,36^B$
52 DAE	N1	$418,43 \pm 403,30^A$
	N0	$371,63 \pm 373,31^A$
65 DAE	N1	$445,57 \pm 180,17^A$
	N0	$482,42 \pm 256,40^A$
74 DAE	N1	$177,83 \pm 119,01^A$
	N0	$136,11 \pm 95,09^A$
84 DAE	N1	$142,35 \pm 148,76^A$
	N0	$156,98 \pm 156,26^A$

Médias de tratamentos com letras iguais na coluna não diferem significativamente a 5% pelo teste de médias dos quadrados mínimos (LSMEANS), dentro de cada época (DAE)

Média \pm desvio padrão

Níveis de nitrogênio: N1 = 160 kg ha^{-1} , N0 = 40 kg ha^{-1}

DAE = dias após emergência

Conclusão

A disponibilidade hídrica tem maior influência do que a disponibilidade de nitrogênio sobre a taxa de fotossíntese e a condutância foliar.

Referências bibliográficas

- BERGONCI, J.I. et al. Condutância foliar como um Indicador de déficit hídrico em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p.27-34, 2000.
- HEITHOLT, J. J. Water use efficiency and dry matter distribution in nitrogen and water - stressed winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.3, p.464-469, 1989.
- Mc DERMITT, D.K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **Hort Science**, Alexandria, v.25, p. 1538-1548, 1990.
- SALA, A.; TENHUNEN, J.D. Simulations of canopy net photosynthesis and transpiration in *Quercus ilex* L. under the influence of seasonal drought. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.78, n.3-4, p.203-222, 1996.