

RESISTÊNCIA À SECA EM QUATRO CULTIVARES DE TRIGO

II. TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO¹

Antonio Evaldo Klar²

Irene Andrade Menezes Denadai²

INTRODUÇÃO

Períodos de déficits hídricos são comuns em culturas não irrigadas mesmo em áreas não áridas. Em regiões onde a irrigação é obrigatória, geralmente a água é cara, tornando-se importante o cultivo de plantas que se adaptem à seca. O déficit hídrico afeta sobremaneira o rendimento e é associado aos parâmetros de crescimento e fisiológicos, mas a interação entre eles não é suficientemente conhecida. O aumento do volume celular requer absorção de água e para que o crescimento seja continuado, há necessidade de transformações bioquímicas na parede celular e deposição de novos materiais. Todos esses fenômenos ocorrem, provavelmente, em conjunto.

As plantas de trigo são particularmente sensíveis ao estresse nos últimos estádios de seu desenvolvimento. A translocação de compostos químicos e o crescimento dos grãos são particularmente afetados por déficits hídricos. A maior causa da redução do rendimento dos cereais e, portanto, do crescimento dos grãos, parece ser a perda da capacidade fotossintética da planta, o que pode produzir aumento na mobilidade das reservas do caule e raízes até os grãos (KLAR, 1988).

Em agricultura, o termo *seca* é amplamente usado para indicar a ocorrência de um substancial déficit hídrico no solo, na atmosfera ou na planta.

¹ Aprovado no XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Ilhéus-BA, 1992. Financiado pela FAPESP.

² Prof. Titular e Estagiária do Deptº de Engenharia Rural, FCA/UNESP. Botucatu-SP.

Métodos de seleção para caracteres quantitativos foram sugeridos por GRAFIUS et alii (1965), mas foram pouco usados para seleção em resistência à seca, provavelmente devido ao pouco conhecimento do mecanismo das respostas das plantas aos déficits hídricos. Em estudos de respostas à seca em plantas, foram feitas repetidas comparações entre espécies ou gêneros semelhantes que, ora exibiram diferença em uma característica particular relacionada à seca, ora mostraram variações em outros caracteres. Portanto, é difícil determinar a contribuição de uma determinada característica.

As plantas, num ecossistema de seca predominante, adaptam várias características morfológicas e fisiológicas que possibilitam seu crescimento e reprodução em ambientes de pouca pluviosidade (LEVITT, 1972). Por exemplo, as plantas condicionadas à seca aumentam a quantidade de cera na superfície das folhas e diminuem o potencial de água da parte aérea (JOHNSON et alii, 1983; KLAR et alii, 1984).

BLUM et alii (1981) verificaram que a seleção de genótipos que "evitam" a seca pela manutenção de um maior potencial de água da folha, em condições de déficit hídrico, pode ser utilizada em programas de melhoramento genético de trigo, e também que a seleção de plantas através do mecanismo "evitar" a seca é somente um componente para um programa integrado de seleção para resistência de déficits hídricos.

As relações entre o índice de estresse na planta, através do potencial de água das folhas e da resistência difusiva dos estômatos ao vapor d'água, podem variar com a espécie, o estágio de desenvolvimento, as condições ambientais, a hora do dia, a demanda evaporativa e o tipo de déficit aplicado (CARLSON et alii, 1979).

Os potenciais de água das folhas em cultivares de trigo de porte alto foram menores que os de plantas de porte baixo, quando as determinações foram realizadas nas folhas superiores da planta, no entanto, quando realizadas nas folhas da base, os potenciais de água foram semelhantes

aos das folhas das plantas de porte baixo (KIRKHAM et alii, 1978). Segundo os mesmos autores, as resistências difusivas ao vapor d'água dos estômatos, medidas nas folhas da base, foram maiores nos cultivares de porte baixo.

Em boas condições de umidade do solo, o trigo-anão produz mais que o de porte alto, provavelmente porque necessita desenvolver menores tensões de água para a absorção de água do solo (KIRKHAM et alii, 1978; FISCHER & MAURER, 1978). Entretanto, em condições severas de déficit de umidade, o trigo de porte alto teve produtividade superior (FISCHER & MAURER, 1978; KLAR et alii, 1988).

CUTTLER et alii (1980), estudando as relações hídricas em plantas de arroz, verificaram que, em geral, o potencial de água nas folhas declina mais rapidamente que o TRA e que plantas preconditionadas à seca têm maior TRA a um mesmo Ψ_f que plantas não preconditionadas. As alterações nas propriedades osmóticas do tecido contribuem para alterar a relação entre TRA e Ψ_f .

GARCIA et alii (1974), estudando o teor relativo de água das folhas e o índice refratométrico (IR) em plantas de tomate sujeitas à três regimes de irrigação, verificaram que os valores de TRA foram mais elevados a maiores valores de potencial de água do solo (Ψ_s). De acordo com os autores, os resultados obtidos para IR tiveram maiores valores quando os potenciais de água do solo eram menores.

RODRIGUES et alii (1980) estudaram a variação do IR em gladiolos, concluindo que existe correlação negativa entre o potencial de água do solo e o índice refratométrico. Este parâmetro indicou também que ocorre aumento de sólidos solúveis com o aumento da idade fisiológica da planta.

CAMARGO (1984) relatou que cultivares de trigo tolerantes ao alumínio tóxico do solo são visualmente mais resistentes à seca e que o caráter tolerância ao alumínio tóxico está intimamente associado com o comprimento das raízes, pois o alumínio inibe a elongação das raízes e a síntese do DNA.

O presente trabalho teve, como objetivo primeiro, verificar a resistência à seca de quatro cultivares de trigo, dois sensíveis e dois resistentes ao alumínio tóxico com utilização de parâmetros fisiológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, Campus de Botucatu, a 800 metros de altitude. O solo utilizado corresponde ao grande grupo Terra Roxa Estruturada, designado Unidade Lageado, com algumas características físicas (TABELA 1) e químicas (TABELA 2).

TABELA 1. Análise textural e densidade aparente (Da).

Argila	Limo	Areia	Da
(%)	(%)	(%)	(g/cm ³)
56,0	15,0	29,0	1,0

A calagem foi realizada 30 dias antes da sementeira, com 4,0 g de CaCO₃ por vaso. Cada vaso recebeu 150 ppm de P na forma de Superfosfato Simples (20% P₂O₅), 80 ppm de K na forma de Cloreto de Potássio (60% K₂O) e 40 ppm de N na forma de Sulfato de Amônio (20% N) no plantio. A cada 30 dias, mais 10 ppm de N se aplicaram, até o florescimento. A curva característica de umidade do solo foi obtida por meio de placas de pressão, com os valores de potencial matricial de -0,01; -0,03; -0,05; -0,08; -0,5 e -1,5 MPa, correspondentes a 29,5; 25,3; 23,5; 22,6; 19,7 e 19,0% de umidade no solo, com base em peso de solo seco. Foi instalado um termohigrógrafo dentro da casa de vegetação, para

representar as condições microclimáticas aproximadas do ambiente. No período de medições de um ciclo de seca do estágio vegetativo (29/6 a 10/7) as temperaturas médias diárias foram $17,5 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ e as umidades relativas médias diárias $71,5 \pm 9\%$. No estágio reprodutivo (7 a 17/8), as temperaturas médias diárias foram $20,9 \pm 7^{\circ}\text{C}$ e as umidades relativas médias diárias $54,3 \pm 10\%$.

TABELA 2. Características químicas do solo.

pH (em água)	M.O. (%)	P(resina) ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	$\text{H}^+ + \text{AL}^3$ -----	K^+ meq/100	Ca^{+2} cm^3	Mg^{+2} T FSA	S	CTC	V (%)
5,4	1,0	11,0	4,2	0,41	0,59	1,30	3,7	4,35	47,00

Foram utilizados quatro cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.): Anahuac, susceptível ao alumínio do solo, porte baixo, ciclo de 120 ± 5 dias; IAC-24, tolerante ao alumínio, porte baixo, ciclo de 120 ± 5 dias; IAC-23, susceptível ao alumínio, porte alto, ciclo de 110 ± 5 dias; BH 1146, tolerante ao alumínio, porte alto, ciclo de 110 ± 5 dias. Todos apresentaram boa produtividade e são recomendados para plantio no Estado de São Paulo (FELÍCIO et alii, 1986).

Foram semeadas 15 sementes por vaso (parcela), à profundidade de 1,0 cm, em 26/05/87), com irrigação de 500 ml de água para que ocorresse a germinação. O desbaste deixou 10 plantas por vaso, quando feitas as irrigações, conforme planejado. Foram utilizados vasos de PVC com 25 cm de diâmetro, 40 cm de altura, com 8.000 g de terra seca em estufa, peneirada em malha 5 mm. Os vasos usados no tratamento irrigado foram furados na base; no lado interno colocou-se tela e papel de filtro, com a função de não deixar cair terra.

Adotaram-se dois tratamentos: **Irrigado**, vasos mantidos constantemente irrigados por capilaridade, recebendo água de uma camada de areia úmida com 10 cm de espessura dentro de uma bandeja de folha de flandres **Seco**, irrigado toda vez que o potencial matricial de água do solo atingisse as imediações de $-1,5$ MPa. As determinações fisiológicas foram realizadas em dois vasos de cada parcela no período vegetativo. No dia anterior ao início das leituras, os vasos do tratamento Seco foram irrigados para que o potencial de água do solo atingisse valores próximos a $-0,01$ MPa, semelhante ao potencial de água do solo dos vasos do tratamento Irrigado. As leituras eram feitas no horário das 11h00 às 13h00 horas, diariamente, até que o potencial de água do solo chegasse a $-1,5$ MPa, aproximadamente. Após o florescimento (período reprodutivo), repetiram-se as mesmas medições, com a mesma conduta adotada para o estágio vegetativo.

O potencial de água das folhas (Ψ_f) foi determinado por câmara de pressão em folha cortada rente ao colmo. Nesta mesma folha, determinou-se o teor relativo de água (TRA) conforme metodologia expressa em KLAR (1988).

Para determinação do índice refratométrico usou-se um refratômetro manual. A medição era feita na folha imediatamente abaixo daquela usada para as demais medições.

Houve dois experimentos. O primeiro, fatorial de 4 Cultivares \times 2 Tratamentos de Irrigação (Irrigado ou Seco), foi inteiramente casualizado, com duas repetições e, pois, 16 parcelas (vasos). Nele se fizeram as determinações relativas aos parâmetros fisiológicos, no estágio vegetativo, com os dados coletados diariamente, num ciclo de seca. O número de dias era variado, eventualmente, de um para outro vaso. O segundo experimento era exatamente igual ao primeiro, mas se refere a um ciclo de seca no estágio reprodutivo.

Com os dados dos potenciais de água, dos teores relativos de água e dos índices refratométricos obtidos diariamente até atingir as imediações do potencial de água do

solo de $-1,5$ MPa, fizeram-se estudos de regressão e de correlação, à semelhança dos realizados no trabalho de DENAUDAI & KLAR (s/d).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com JONES et alii (1981), quanto menor a inclinação da curva da relação potencial de água sobre teor relativo de água nas folhas, quando dispostos o TRA nas ordenadas e o Ψ_f nas abcissas, maior a tolerância à seca, porque uma dada diferença em Ψ_f resulta em menor mudança do conteúdo relativo de água das folhas. A Figura 1 mostra que os cultivares, no estágio vegetativo, apresentam adaptação à seca após os ciclos de estresse promovidos, conforme se pode avaliar pelas seguintes comparações: a $\Psi_f = -3,0$ MPa, o cultivar Anahuac no tratamento Seco apresentou um TRA de 50%, com decréscimo no TRA de 31,5% em relação ao $\Psi_f = -1,5$ MPa. No tratamento Irrigado por capilaridade, o decréscimo aos mesmos potenciais de água na folha foi de 41,3% com os TRA respectivos de 30,0 e 71,3%. A diferença entre os dois tratamentos foi, então, de 9,8% para a queda no TRA. Isto indica que as plantas submetidas a ciclos anteriores de déficits hídricos perderam menos água a potenciais semelhantes de água na folha por estarem mais adaptadas, usando defesas como: maior cerosidade nas folhas, maior espessura das paredes celulares, aumento da resistência das células à passagem da água e outros fatores (KRAMER, 1969). Além disso, mantiveram TRA mais elevado aos mesmos potenciais de água nas folhas. Por outro lado, a água, em quantidade adequada como no tratamento Irrigado por capilaridade, promove a transpiração de molde a satisfazer a demanda evaporativa da atmosfera e, com isso, haverá maior transporte de nutrientes e de distribuição de fotossintetizados, além de um crescimento máximo considerando-se as demais condições ambientais ótimas para determinação da planta. Isto ocorre porque a água exerce atividades importantes: Físicas, como a ação mecânica no crescimento celular e químicas, como reagente em inúmeras reações metabólicas entre as quais, o ciclo do ácido tricarbóxico é

a fotossíntese (KLAR, 1988).

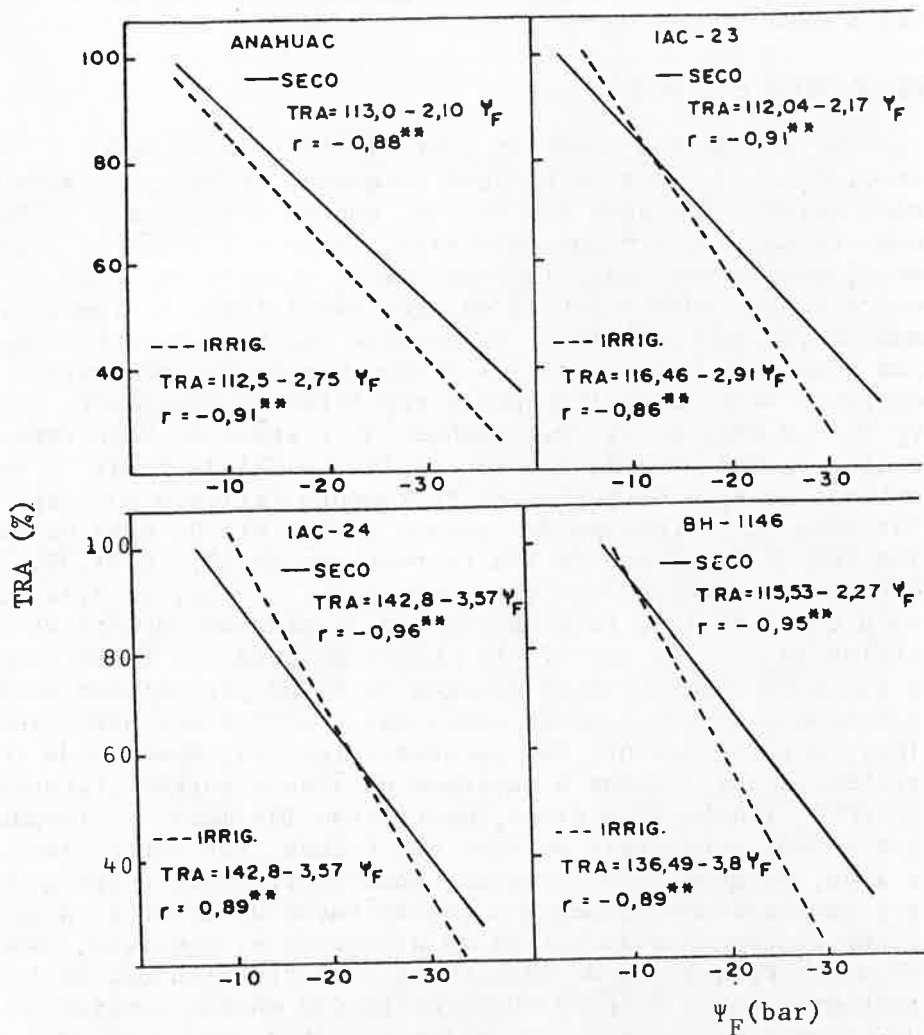


Figura 1. Teor relativo de água (TRA) x potencial de água nas folhas (Estádio vegetativo).

Entre as defesas da planta em oposição à perda d'água, os estômatos são extremamente atuantes e se fecham a determinados potenciais críticos de água nas folhas, que se tornam mais baixos à medida em que as plantas sejam submetidas a ciclos de seca mais frequentes e/ou mais longos (KLAR *et alii*, 1978).

Os demais cultivares (**Figura 1** e **TABELA 3**) tiveram atuação semelhante ao Anahuac face aos mesmos dois tratamentos de Irrigação com decréscimos sempre maiores dos valores de TRA para as plantas não submetidas a déficits hídricos. Há também a acrescentar que as plantas no estágio reprodutivo (**Figura 2**) mostraram comportamento semelhante às do estágio anterior. Eram de esperar retas menos inclinadas, mormente nas plantas do tratamento Seco; mas, tal fenômeno ocorreu com ênfase maior para os cultivares Anahuac e BH-1146, onde os teores relativos de água foram mais elevados no estágio reprodutivo em potenciais de água da folha de $-3,0$ MPa, em comparação aos mesmos valores do estágio vegetativo (**TABELA 3**). Isto indica que as plantas aumentaram sua adaptação à seca, devido ao maior número de ciclos de estresse que receberam. Seguindo este raciocínio, verifica-se que as plantas dos cultivares Anahuac e BH-1146 foram, comparativamente, mais adaptáveis à seca que os outros, pela metodologia em foco. Assinale-se que o Anahuac é de porte baixo e o BH-1146 de porte alto e que os ensaios foram desenvolvidos em casa de vegetação, com números pequenos de medições e de plantas. Daí ser interessante repetir estes ensaios em maior escala, em condições de campo.

Os cultivares Anahuac e IAC-23 são menos tolerantes ao alumínio tóxico que o IAC-24 e o BH-1146. De acordo com a metodologia da inclinação das retas TRA sobre Ψ_f , não se dependeram ligações entre resistência à seca e alumínio tóxico do solo.

As relações entre o índice refratométrico e os potenciais de água nas folhas mostradas na **Figura 3** indicam, como era de esperar, aumento no LR à medida que decrescem

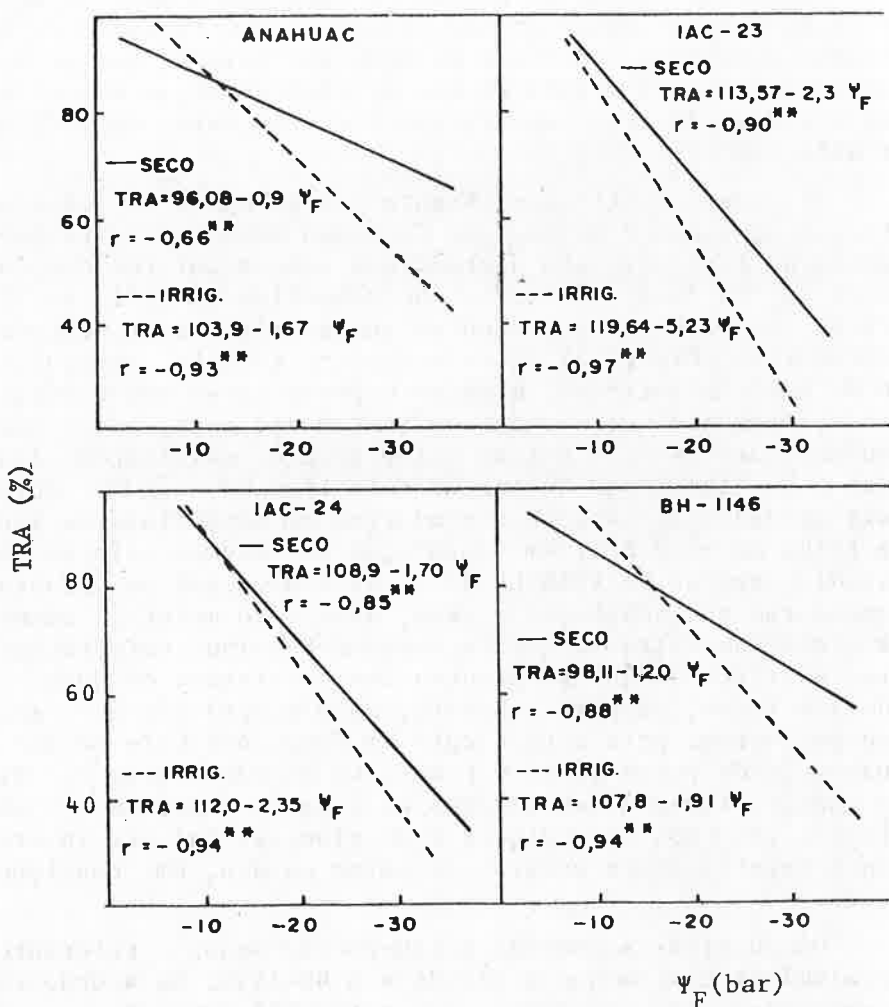


Figura 2. Teor relativo de água (TRA) × potencial de água nas folhas (Estádio reprodutivo). Anahuac e IAC-24, porte baixo; IAC-23 e BH-1146, porte alto.

TABELA 3. Decrêscimos em TRA (%) entre os potenciais de água na folha -1,5 e -3,0 MPa para os quatro cultivares nos estádios vegetativo e reprotutivo e para os tratamentos Seco e Irrigado.

Cultivar		Vegetativo -1,5 a -3,0 MPa	Reprodutivo -1,5 a 3,0 MPa
Anahuac	Irrigado	71,3 - 30,0 = 41,3	89,0 - 53,9 = 35,1
	Seco	81,5 - 50,0 = 31,5	90,5 - 69,0 = 21,5
IAC-23	Irrigado	72,8 - 29,2 = 43,7	71,2 - 22,7 = 48,5
	Seco	79,5 - 46,9 = 32,6	78,9 - 44,2 = 34,7
IAC-24	Irrigado	89,3 - 35,7 = 53,6	76,7 - 44,2 = 35,2
	Seco	83,0 - 44,0 = 39,0	83,5 - 58,0 = 25,5
BH-1146	Irrigado	79,5 - 22,5 = 57,0	79,3 - 50,7 = 28,6
	Seco	81,0 - 46,9 = 35,1	80,0 - 62,0 = 18,0

os Ψ_f . No entanto, estes aumentos são mais acentuados no tratamento que recebeu constantemente água por capilaridade. Isto quer dizer que as plantas são obrigadas a se adaptar à falta d'água, aumentando o teor de sólidos solúveis para incrementar sua capacidade de sucção de água do solo e, portanto, satisfazer suas necessidades hídricas e a demanda evaporativa da atmosfera. Plantas sujeitas a ciclos de déficits hídricos mobilizam suas defesas ao longo do desenvolvimento, como maior relação raiz: parte aérea, áreas foliares totais menores, folhas mais espessas, etc., tornando menos acentuados os aumentos em Ir à medida em que decrescem os potenciais de água nas folhas.

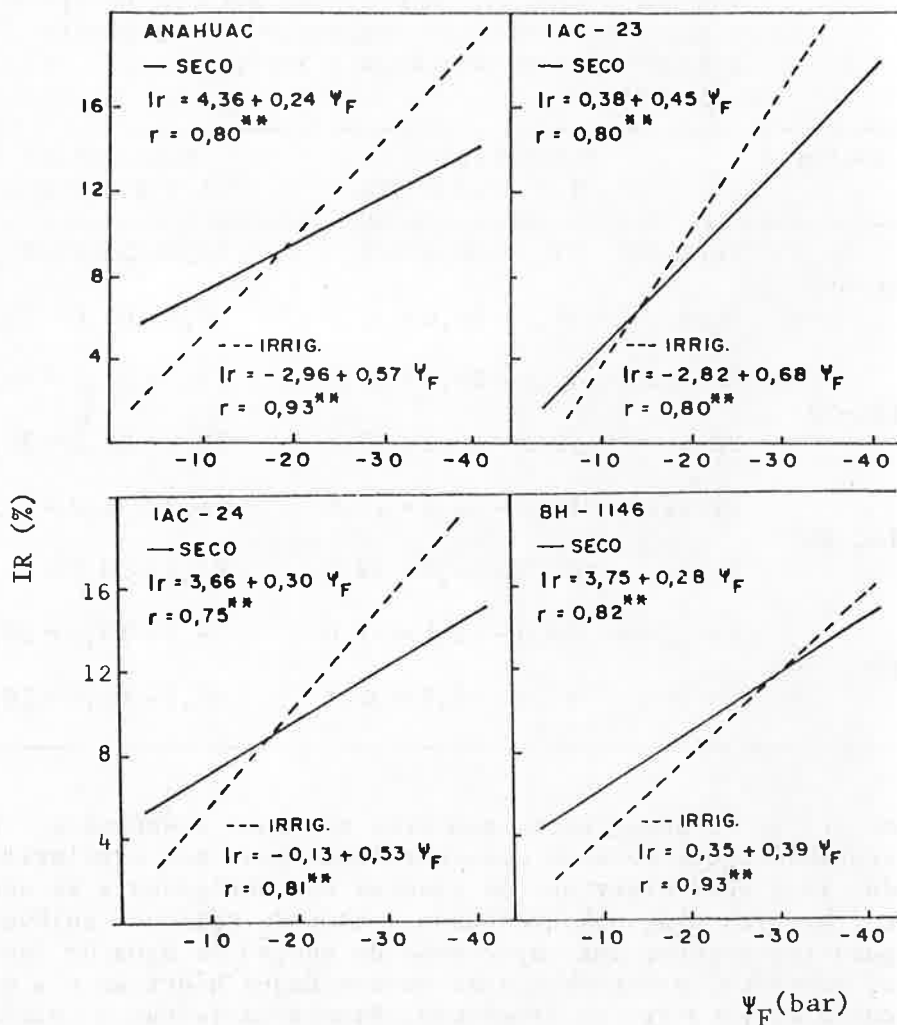


Figura 3. Potenciais de água \times índice refratométrico na folha (Estádio vegetativo).

A **Figura 4** mostra que o comportamento das plantas no estágio reprodutivo foi semelhante ao do vegetativo com variações não significativas entre cultivares. Também os cultivares, tolerantes ou não ao alumínio tóxico, não mostraram diferenças quanto a esta variável, o mesmo ocorrendo quanto aos cultivares de porte alto ou baixo.

Ainda se pode verificar que a inclinação das retas foi menos acentuada no estágio reprodutivo, o que indica adaptabilidade para maior resistência aos estresses ambientais.

CONCLUSÕES

1. Usando-se a metodologia; teor relativo de água em função do potencial de água nas folhas, verificou-se que os cultivares Anahuac e BH-1146 são mais tolerantes à seca que IAC-23 e IAC-24.

2. Não houve correlação entre a sensibilidade ao alumínio tóxico do solo e à seca.

3. Os índices refratométricos em conjunção com os potenciais de água nas folhas não permitiram separar cultivares mais ou menos resistentes à seca.

4. Em todos os cultivares e para valores iguais de Ψ_f , os índices refratométricos apresentaram valores mais baixos no período reprodutivo do que no vegetativo.

RESUMO

Os ensaios foram instalados em casa de vegetação, utilizando-se vasos que receberam solo de textura argilosa, onde foram plantados quatro cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.), dois de porte baixo: Anahuac e IAC-24, respectivamente, susceptível e tolerante ao alumínio do solo, ambos com ciclo de 120 ± 5 dias e os outros dois de porte alto, BH-1146 e IAC-23, tolerante e susceptível ao alumínio do solo, respectivamente, e ambos com ciclo de 110 ± 5 dias. Todos apresentaram boa produtividade no Estado de

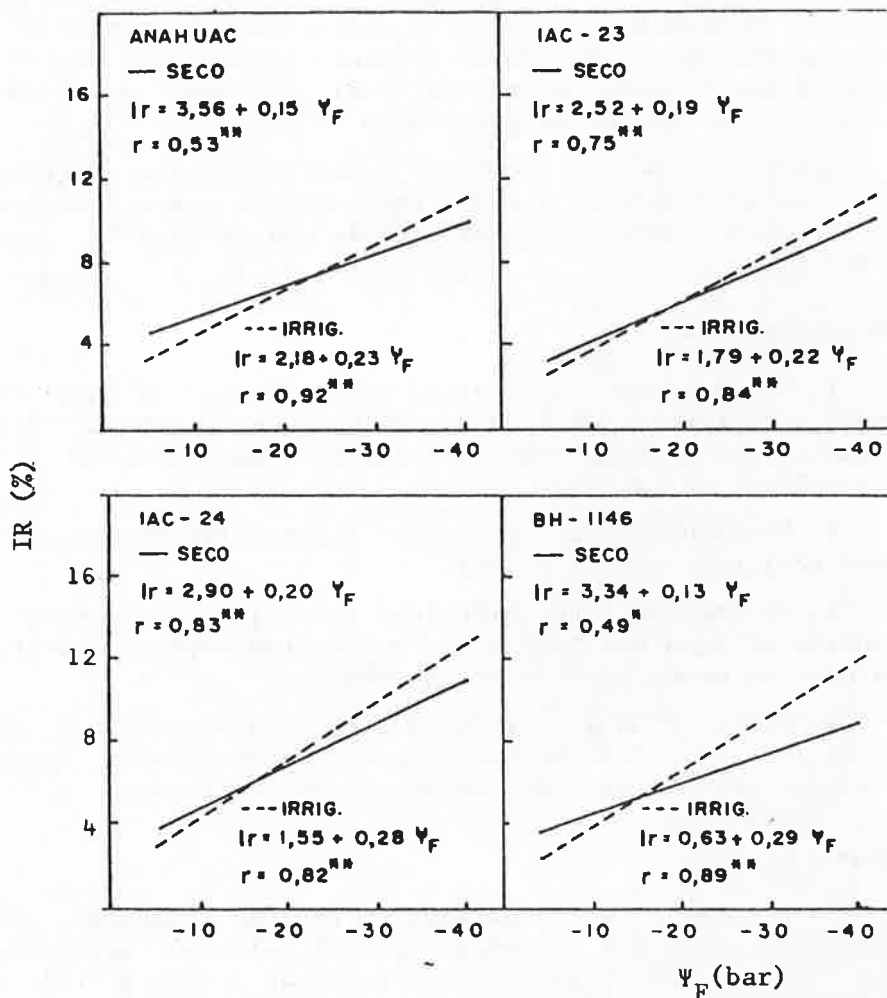


Figura 4. Potenciais de água \times índice refratométrico na folha (Estádio reprodutivo). Anahuac e IAC-24, porte baixo; IAC-23 e BH-1146, porte alto.

São Paulo. Dois níveis de irrigação foram usados: 1) Irrigado constantemente por capilaridade e 2) Recebia água quando o solo atingia as imediações de $-1,5$ MPa do potencial de água do solo. Os cultivares Anahuac e BH-1146 foram os mais resistentes à seca, segundo a inclinação das curvas do potencial em função do teor relativo de água das folhas no estágio reprodutivo. Não foi possível associar a tolerância ao alumínio tóxico do solo com a maior ou menor resistência à seca nos cultivares estudados, usando-se as mesmas curvas. O índice refratométrico relacionado ao potencial de água na folha não foi útil para separar genótipos resistentes ou não à seca e ao alumínio tóxico.

Palavras-chave: Índice refratométrico, potencial de água na folha, teor relativo de água na folha.

SUMMARY

DROUGHT RESISTANCE IN FOUR WHEAT CULTIVARS.

II. ALUMINIUM TOXICITY

The experiment was carried out in greenhouse conditions. Four wheat cultivars were used: two dwarf types - Anahuac, sensitive, and IAC-24, tolerant to aluminium toxicity; and two tall ones - BH-1146, tolerant, and IAC-23, sensitive to aluminium toxicity. A treatment constantly wetted by capilarity, and another (dry), that received water when soil water potential (Ψ_s) reached $-1,5$ MPa, were used. The cultivars Anahuac and BH-1146 were more resistant to drought than IAC-23 and IAC-24; according to the relationship leaf relative water content on leaf water potential. There was no correlation between drought and aluminium toxicity resistances. The refratometric index was not useful for detecting drought and aluminium toxicity resistance differences.

Key words: Leaf water potential, relative water content, refratometric index.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Carlos Eduardo O. Camargo pelas sugestões e fornecimento das sementes. Aos Srs. Vicente José de Vasconcelos e Gilberto Winckler pelos auxílios prestados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLUM, A.; G. GOLIAN & J. MAYER, 1981. The Manifestation of Dehydration Avoidance in Wheat Breeding Germplasm. *Crop. Sci.*, 21: 494-9.
- CAMARGO, C.E.O., 1984. Melhoramento do Trigo. VI. Hereditabilidade da Tolerância a Três Concentrações de Alumínio em Solução Nutritiva. *Bragantia*, 43: 279-91.
- CARLSON, R.E.; M.N. MOMEN; O. ARJMAND; R.H. SHAN, 1979. Leaf Conductance and Leaf-Water Potential Relationship for Two Soybean Cultivars Grown under Controlled Irrigation. *Agron. J.*, 71: 321-5.
- CUTTLE, J.M.; K.W. SHAHAM & P.L. STEPONKUS, 1980. Alteration of the Internal Water Relations of Rice in Response to Drought Hardening. *Crop. Sci.*, 20: 307-10.
- DENADAI, I.A.M. & A.E. KLAR, (s.d). Resistência à Seca em Quatro Cultivares de Trigo: I. Parâmetros Fisiológicos. (Enviado para publicação).
- FELÍCIO, J.C.; C.E.O. CAMARGO; J.G. FREITAS; A.W.P. FERREIRA FILHO, 1986. Avaliação de Genótipos de Trigo para a Região do Vale do Paranapanema no Quadriênio 1981-84. *Bragantia*, 45: 257-78
- FISCHER, R.A. & R. MAURER, 1978. Drought Resistance in Spring Wheat Cultivar. I. Grain, Yield Responses. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 897-912.
- GARCIA, J.G.; R. SCARDUA & A.E. KLAR, 1974. O Controle da Água de Irrigação Através do Teor Relativo de Água e do Índice Refratométrico em Tomateiro. *Anais Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, 31: 351-9.
- GRAFIUS, J.E.; W.L. NELSON & D.A. DIRKS, 1965. The Heritability of Yield in Barley as Measured by Early Generation Bulk Progeny. *Agron. J.*, 44: 253-7.

- JOHNSON, D.A.; R.A. RICHARDS & N.C. TURNER, 1983. Yield, Water Relations Gas Exchange, and Surface Reflectances of Near Isogenic Wheat Lines Differing in Glauousness. **Crop. Sci.**, 23: 318-4.
- JONES, M.M.; N.C. TURNER & C.B. OSMOND, 1981. Mechanisms of Drought Resistance. In: PALEG, L.G. & D. ASPINALL. **The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants**. New York, Academic Press. p. 15-37.
- KIRKHAN, M.B. & E.L. SMITH, 1978. Water Relations of Tall and Short Cultivars of Winter Wheat. **Crop. Sci.**, 18: 227-30.
- KLAR, A.E.; J.A. USBERTI & D.W. HENDERSON, 1978. Differential Responses of Guinea Grass Populations to Drought Stress. **Crop. Sci.**, 18: 853-7.
- KLAR, A.E., 1988. **A Água do Sistema Solo-Planta-Atmosfera**. São Paulo, Ed. Nobel. 408p.
- KLAR, A.E., 1984. Métodos de Detecção de Resistência à Seca em Trigo. **Científica**, Jaboticabal, 12: 91-101.
- KLAR, A.E.; I.A.M. DENADAI & A. CATÂNEO, 1988. Resistência à Seca de Nove Cultivares de Trigo no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis. **Anais**. Florianópolis, Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem. p.181-201.
- KRAMER, P.J., 1969. **Plant and Soil Water Relationship: A Modern Synthesis**. New York, McGraw-Hill. 482p.
- LEVITT, J., 1972. **Responses of Plants to Environmental Stress**. New York, Academic Press. 697p.
- RODRIGUES, J.D.; A.E. KLAR; J.F. PEDRAS; S.D. RODRIGUES; S.Z. PINHO, 1980. A Influência de Diferentes Regimes de Umidade do Solo em Gradíolos. I. Transpiração, Teor Relativo de Água e Índice Refratométrico. **Phyton**, Buenos Aires, 39: 57-76.