



Produção de Trigo: efeito da deficiência hídrica



Foto: Paulo Kurtz

República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida

Presidente

Alberto Duque Portugal

Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast

José Honório Accarini

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal

Diretor-Presidente

Bonifácio Hideyuki Nakazu

Dante Daniel Giacomelli Scolari

José Roberto Rodrigues Peres

Diretores

Embrapa Trigo

Benami Bacaltchuk

Chefe-geral

João Carlos Ignaczak

Chefe Adjunto de Administração

João Francisco Sartori

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

José Eloir Denardin

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento



ISSN 1676-4544

Novembro, 2001

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Trigo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento

Produção de Trigo: efeito da deficiência hídrica

Osmar Rodrigues
Julio Cesar Barreneche Lhamby
Agostinho Dirceu Didonet
José Abramo Marchese
Claudio Scipioni

Embrapa Trigo
Passo Fundo, RS
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Trigo
Rodovia BR 285, km 174
Telefone: (54) 311-3444
Fax: (54) 311-3617
Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS
Home page: www.cnpt.embrapa.br
E-mail: biblioteca@cnpt.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: Rainoldo Alberto Kochhann

Membros: Arcenio Sattler, Ariano Moraes Prestes, Cantídio Nicolau Alves de Sousa, Delmar Pöttker, Gilberto Roca da Cunha, João Carlos Haas, José Roberto Salvadori, Osmar Rodrigues

Tratamento Editorial: Fátima Maria De Marchi

Capa: Liciane Toazza Duda Bonatto

Ficha Catalográfica: Maria Regina Martins

1ª edição

1ª impressão (2001): Tiragem: 200 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Rodrigues, Osmar.

Produção de trigo: efeito da deficiência hídrica / Osmar Rodrigues, Julio Cesar Barreneche Lhamby, Agostinho Dirceu Didonet, José Abramo Marchese, Claudio Scipioni. – Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2001.

32 p. ; 21 cm. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 3).

ISSN 1676-4544

1. Trigo - Deficiência hídrica. 2. Trigo - Fisiologia. I. Lhamby, J. C. B. II. Didonet, A. D. III. Marchese, J. A. IV. Scipioni, C. V. Título. VI. Série.

CDD: 633.115811

© Embrapa Trigo 2001

Apresentação

Os diferentes eventos climáticos causam inesperados efeitos nos processos produtivos. Conhecer esses eventos, assim como os diferentes efeitos, é um desafio de significativa importância para a pesquisa agrícola.

O trabalho "Produção de Trigo: Efeito da Deficiência Hídrica" é um desses estudos que buscam oferecer informações sobre níveis de tolerância à deficiência hídrica, períodos críticos para essas deficiências e níveis de tolerância a esses fenômenos das diferentes cultivares de trigo disponibilizadas no mercado.

Na verdade, esta publicação tem por objetivo oferecer aos clientes da Embrapa Trigo informações que permitam avaliar eventos passados ou antever eventos futuros baseados no fenômeno deficiência hídrica.

Esperamos que esta obra venha a suprir mais uma lacuna de informação para maior eficiência no processo produtivo. Dessa forma, a Embrapa Trigo tem a certeza de que cumpre adequada-

mente a sua função de oferecer ao setor produtivo soluções tecnológicas para a competitividade do agronegócio trigo no país.

Benami Bacaltchuk
Chefe-geral da Embrapa Trigo

Sumário

Resumo	7
Abstract	9
Introdução	11
Material e Métodos	14
Resultados	17
Rendimento de grãos	17
Afilhamento	20
Lâmina de área foliar verde	21
Massa seca da parte aérea	23
Componentes do rendimento	25
Conclusões	27
Referências Bibliográficas	28

Produção de Trigo: efeito da deficiência hídrica

Osmar Rodrigues¹
Julio Cesar Barreneche Lhamby¹
Agostinho Dirceu Didonet²
José Abramo Marchese³
Claudio Scipioni⁴

Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de deficiência hídrica em alguns parâmetros associados à produção de grãos de trigo, bem como definir os períodos críticos de ocorrência e suas intensidades. O experimento foi instalado em vasos, em casa de vegetação com temperatura de 18 °C e umidade de 65%. Nos estádios de desenvolvimento de quarta folha, folha bandeira, antese e grão leitoso, foram aplicados níveis de deficiência hídrica

¹ Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: osmar@cnpt.embrapa.br / julio@cnpt.embrapa.br

² Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antonio de Goiás, GO. E-mail: didonet@cnpaf.embrapa.br

³ Eng. Agr. CEFET-PR - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Caixa Postal 571, 85503-390 Pato Branco, PR. Bolsista da FAPERGS.

⁴ Aluno da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF), Bairro São José, s/nº., 85503-300 Passo Fundo, RS. Bolsista da FAPERGS.

de -1,0, -2,0 e -3,0 MPa, por suspensão da irrigação. Assim que se atingiam os níveis de estresse no xilema, as plantas eram reidratadas. O estágio de folha bandeira foi mais sensível à deficiência hídrica, provocando maior redução em rendimento de grãos, seguindo-se o de antese e de quarta folha. O nível de deficiência hídrica de -2,0 MPa, aplicado na antese, reduziu a área foliar, sem afetar o rendimento de grãos. Deficiência hídrica imposta no estágio de folha bandeira foi associada a redução na massa seca da espiga, na massa de mil sementes e no número de grãos por espiga e a um afilhamento tardio. A redução no rendimento de grãos em trigo ocorreu somente quando nível de deficiência hídrica foi superior a -2,0 MPa, sendo causa dessa redução a diminuição no número de grãos por espiga.

Termos para indexação: *Triticum aestivum*, afilhamento, área foliar, estádios fenológicos, componentes do rendimento de grãos.

Grain yield reduction in wheat occurred only when water deficiency level exceeded -2.0 MPa, affecting mainly the number of grains per spike.

Index terms: wheat, water deficiency, tillering, phenological stages, yield components.

Introdução

A deficiência hídrica é conseqüência de um período contínuo ou transitório de seca, causando redução no crescimento de plantas em razão de reduções no potencial hídrico, condutância estomática, fotossíntese e assimilação de nitrogênio pela planta (Huffaker et al., 1970; Frank et al., 1973). Em decorrência, esse tipo de estresse é um dos fatores de ambiente que mais limita a produção agrícola. Com relação à cultura de trigo, no Rio Grande do Sul, têm-se observado deficiência hídrica esporádica, como ocorreu em 1988 (Boletim Agrometeorológico, 1989). Mais recentemente, no ano agrícola de 2001, lavoura de trigo, principalmente na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, experimentou pequeno período de deficiência hídrica, na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Por outro lado, em regiões como norte e oeste do Paraná, sudeste de São Paulo e sul de Mato Grosso do Sul, a deficiência hídrica é mais freqüente, podendo ocasionar perdas totais em alguns anos (Embrapa, 1981). Nessas regiões, bem como no Brasil Central, em que as precipitações pluviais são insuficientes para o desenvolvimento normal da cultura, alguns experimentos mostram resposta positiva da cultura à irrigação (Ferreira et al., 1973; Silva & Leite, 1975; Silva, 1978; Frizzone et al., 1985).

O nível de deficiência hídrica que causa prejuízos eco-

nômicos a uma cultura depende da intensidade da deficiência, da velocidade de desidratação e do estágio de desenvolvimento da planta. Ainda, o nível de deficiência hídrica que reduz o crescimento difere entre espécies e dentro da espécie, dependendo da cultivar, uma vez que as características de crescimento e desenvolvimento podem ser diferentes. Assim, a capacidade de recuperação da planta depende da velocidade e da intensidade em que o estresse foi imposto (Boyer, 1971).

A maioria das culturas possui um estágio de desenvolvimento no qual a deficiência hídrica causa maior redução na produção. Em trigo, Slatyer (1969) destacou três períodos: iniciação floral até o desenvolvimento da inflorescência, antese a fertilização e formação dos grãos. Por outro lado, Day & Intalap (1970) atribuíram como período crítico o alongamento. De acordo com Fischer (1973), as maiores reduções no rendimento de grãos ocorrem quando se verifica deficiência hídrica no período de desenvolvimento da planta compreendido entre 15 e 5 dias antes e após o espigamento, respectivamente. Observou, também, que não houve redução no rendimento até um nível de deficiência hídrica foliar de aproximadamente $-1,2$ MPa.

A deficiência hídrica também afeta o padrão de afilhamento da planta de trigo, reduzindo o tamanho e o número de afilhos quando ocorre antes da antese (Lawlor et al., 1981) e provocando a morte de afilhos quando ocorre após a antese (Musick & Dusek, 1980).

No entanto, após a reidratação de plantas, tem-se observado aumento no número de afilhos e também no período de afilhamento (Stark & Longley, 1986).

Em trigo, a área foliar também é reduzida pela falta de água, podendo ter reflexos negativos ou positivos no rendimento de grãos, uma vez que a área foliar influencia a eficiência de uso de água pela planta. Richards (1983) observou que em alguns casos a limitação de água pode reduzir o excesso de área foliar, resultando em aumento na eficiência de uso de água e, conseqüentemente, em melhoria do potencial de produção da planta. Nesse aspecto, a redução de área foliar pode ser compensada por maior duração de área foliar e/ou por melhor penetração de luz, o que poderia resultar em maior número de afilhos férteis. Vários outros processos fisiológicos em trigo têm sido estudados sob influência da deficiência hídrica (Frank et al., 1973; Teare et al., 1982), porém, as informações sobre esses processos e os efeitos nas condições locais ainda são deficientes, limitando a exploração mais adequada dos recursos do ambiente pelo material genético brasileiro.

O objetivo do presente estudo foi verificar as alterações no padrão de crescimento e nos processos fisiológicos associados que interagem provocando redução ou aumento do rendimento de grãos de trigo sob condições limitadas de água, bem como determinar os períodos e níveis críticos de deficiência hídrica que mais limitam o rendimento de grãos. O conhecimento desses fatores

pode proporcionar o desenvolvimento de métodos que auxiliem a assistência técnica na tomada de decisão, no que diz respeito à quantificação de perdas por estresse hídrico durante o ciclo de desenvolvimento da cultura de trigo.

Material e Métodos

Plantas da cultivar BR 35 foram cultivadas em casa de vegetação, mantida a $18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar em torno de 65%, na Embrapa Trigo, em Passo Fundo (Latitude: $28^{\circ}15'S$, Longitude: $52^{\circ}24'W$ e 687 m de altitude) – RS. A sementeira foi realizada em vasos de plástico de $14,7 \times 10^{-3}\text{ m}^3$, em solo cuja análise apresentou o seguinte: $\text{pH} = 5,3$; $\text{Al}^{+3} = 0,0\text{ mol}_c\text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca}^{+2} = 7,59\text{ mol}_c\text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{+2} = 5,79\text{ mol}_c\text{ dm}^{-3}$; $\text{P} = 9,5\text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 184\text{ mg dm}^{-3}$; e $\text{MO} = 76\text{ g kg}^{-1}$. No momento em que as plântulas atingiram o estágio 12 (Zadocks et al., 1974), efetuou-se o desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso.

A supressão da irrigação foi efetuada quando as plantas atingiram os seguintes estádios de desenvolvimento: 1) Quarta folha - estágio 22-Zadocks; 2) Folha bandeira - estágio 39-Zadocks; 3) Antese - estágio 61-Zadocks; e 4) Grão leitoso - estágio 71-Zadocks. Nesse momento,

para facilitar o manuseio, os vasos foram transportados para outra casa de vegetação, onde as plantas sofreram desidratação até atingirem três níveis de deficiência hídrica. Quando atingiram os potenciais de água do xilema desejados, determinados por bomba de pressão (Scholander et al., 1965) ao nascer do sol, em folhas completamente expandidas, as plantas foram reidratadas e reconduzidas à casa de vegetação original. No estádio de quarta folha, o potencial de água no xilema foi determinado na quarta folha (contado da base para o ápice), e nos demais estádios, na folha bandeira. Os estádios de desenvolvimento e os níveis de deficiência hídrica atingidos (MPa) e as respectivas datas de ocorrência e as datas das avaliações são mostrados na Tabela 1.

Para irrigação das plantas, desenvolveu-se um método, que constou de um cilindro de "nylon" com aproximadamente 2,5 cm de diâmetro, cujo interior foi preenchido com uma mistura de areia fina e média. Esse cilindro foi disposto verticalmente no interior do vaso, de modo que a extremidade inferior permanecia constantemente em contato direto com a água depositada diariamente numa bandeja, sobre a qual foi suspenso o vaso, para se evitar o encharcamento no fundo do vaso. A ascensão e a distribuição da água no interior do vaso mantiveram o substrato bem próximo à capacidade de campo, em que as plantas sempre apresentaram potencial hídrico xilemático maior que -0,5 MPa, constituindo o tratamento controle.

Tabela 1. Estádios fenológicos de trigo (cv. BR 35) e níveis de deficiência hídrica (MPa) atingidos após a suspensão da irrigação e respectivas datas de ocorrência (Dias Após a Semeadura - DAS) e avaliações.

Estádio / DAS	Nível de deficiência hídrica (MPa) / DAS			Avaliação ¹ (DAS)
Quarta folha / 40	-1,0 / 60	-2,0 / 65	-3,0 / 70	76
Folha bandeira / 64	-1,6 / 70	-2,0 / 71	-3,0 / 82	92
Antese / 82	-1,5 / 89	-2,0 / 92	-3,0 / 95	105
Grão leitoso / 98	-1,0 / 105	-2,0 / 109	-3,0 / 112	130

¹ Número de afilhos, área de lâmina foliar verde, massa seca de espiga e de folhas.

Em cada estágio de desenvolvimento, antes da aplicação dos níveis de deficiência hídrica, procedeu-se à avaliação do número de afilhos, da lâmina de área foliar verde, da massa seca de lâmina foliar verde e da massa seca da espiga (quando existente), constituindo, assim, os tratamentos controle. Após a reidratação de todos os tratamentos submetidos a deficiência hídrica, em cada estágio, procedeu-se novamente às avaliações acima mencionadas.

O rendimento de grãos foi avaliado em dez vasos por repetição, e os componentes da produção, em outros quatro vasos por repetição. Os resultados foram analisados segundo delineamento experimental de blocos casualizados com arranjo fatorial, com quatro repetições, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Rendimento de grãos

Observou-se diferença significativa entre os tratamentos de deficiência hídrica, evidenciando os estádios de folha bandeira (64 dias após a semeadura-DAS) e de antese (82 DAS) como os mais sensíveis à desidratação (Tabela 2). Esses resultados estão de acordo com Fischer (1973), que, usando medições de potencial hídrico em planta de trigo, apontou o período compreendido entre 15 dias antes do espigamento até 5 dias após o espigamento como crítico para produção de grãos. Fischer (1973) observou, também, que não houve redução no rendimento até o nível de deficiência hídrica foliar de aproximadamente $-1,2$ MPa.

De maneira geral, independente do estágio de desenvolvimento, não se observou efeito da desidratação de até $-2,0$ MPa no rendimento de grãos, comparativamente ao controle mantido sem a suspensão da irrigação (Tabela 2). Somente com deficiência hídrica de aproximadamente $-3,0$ MPa ocorreu redução significativa no rendimento de grãos. Contudo, deve-se ter cuidado na aplicação desses resultados para situações de campo, uma vez que o estado nutricional das plantas foi adequado para o estudo e isso pode ter influenciado o nível de intensidade de desidratação, nos diferentes estádios de desen-

volvimento. Outro fator que pode influenciar o nível de desidratação é a osmorregulação, que, segundo Morgan (1977), pode ser variável entre genótipos de trigo. Considerando apenas o nível de desidratação de aproximadamente $-3,0$ MPa, evidencia-se que o estágio mais afetado foi o de folha bandeira, seguido pela antese e pela quarta folha (Tabela 2). Contrariamente, Frizzone & Olitta (1990) apontaram que a fase mais sensível à desidratação foi a compreendida entre o início do florescimento e o estágio de grão leitoso, quando o potencial matricial da água no solo atingiu seu valor menor (-1.060 KPa). Esses mesmos autores mostraram também que, durante o crescimento da espiga, houve redução significativa no rendimento, com aumento do potencial matricial da água. No entanto, nem sempre o potencial matricial de água do solo pode ser considerado um indicador preciso da deficiência hídrica da planta, pois o nível crítico desse estresse varia com os estágios de desenvolvimento, com o volume e a densidade radicular, com o comportamento estomático e com a capacidade de osmorregulação. Por outro lado, quando a deficiência hídrica imposta foi moderada (aproximadamente $-1,0$ MPa), observou-se que no estágio de grão leitoso ocorreu efeito positivo no rendimento de grãos, em relação ao controle (Tabela 3).

Tabela 2. Efeito do nível de deficiência hídrica no rendimento de grãos em diferentes estádios de desenvolvimento de trigo, cv. BR 35.

Estádio Fenológico	Nível de deficiência hídrica (MPa)	Rendimento de grãos (kg ha⁻¹)
Quarta folha	Controle ¹	3.052 a ²
	-1,0 ± 0,3	2.888 a
	-2,0 ± 0,3	2.597 ab
	-3,0 ± 0,3	1.929 c
	Média	2.617B³
Folha bandeira	Controle	3.052 a
	-1,6 ± 0,2	2.877 a
	-2,0 ± 0,3	2.908 a
	-3,0 ± 0,3	173 b
	Média	2.253 C
Antese	Controle	3.052 a
	-1,5 ± 0,3	3.023 a
	-2,0 ± 0,3	2.360 a
	-3,0 ± 0,3	1.490 b
	Média	2.481 BC
Grão leitoso	Controle	3.052 ab
	-1,0 ± 0,3	3.737 a
	-2,0 ± 0,3	3.522 a
	-3,0 ± 0,3	2.761 b
	Média	3.268 A

¹ Tratamento em que a irrigação não foi suspensa.

² Valores seguidos da mesma letra minúscula, em cada estágio fenológico, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5%.

³ Valores seguidos da mesma letra maiúscula, entre os estádios fenológicos, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5%.

Tabela 3. Efeito da deficiência hídrica moderada no rendimento de grãos em diferentes estádios de desenvolvimento de trigo, cv. BR 35.

Tratamento (Estádio fenológico)	Nível de desidratação (Mpa)	Rendimento de grãos (kg ha⁻¹)
Quarta folha	-1,0 ± 0,3	2.888 b
Folha bandeira	-1,6 ± 0,2	2.877 b
Antese	-1,5 ± 0,3	3.023 b
Grão leitoso	-1,0 ± 0,3	3.737a

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5%.

Afilhamento

Não houve efeito significativo dos níveis de deficiência hídrica no afilhamento, nos estádios de quarta folha e de grão leitoso (Tabela 4). Comparativamente ao controle, quando a deficiência hídrica de aproximadamente -3,0 MPa foi imposta no estádio de folha bandeira, observaram-se estímulo ao desenvolvimento de uma segunda camada de afilhos e um decréscimo no número de afilhos, ocasionado por morte, quando essa mesma deficiência foi imposta na antese (Tabela 4). A ausência de efeito da deficiência hídrica aplicada no estádio de quarta folha, no afilhamento, pode ter sido decorrência do efeito de autocompensação, isto é, houve morte e estímulo de afilhos no período de tempo, compreendido entre a reidratação e a avaliação do número de afilhos. Esse fato está relacionado com o número de espigas por

área, o qual também não foi alterado nesse estádio, em comparação com o tratamento sem deficiência hídrica. O aumento de afilhos, registrado quando a deficiência hídrica foi aplicada no estádio de folha bandeira, não se refletiu em aumento no número de espigas, indicando que os novos afilhos foram estéreis. Esses afilhos normalmente surgem a expensas da planta mãe, sem contribuir para rendimento de grãos (Thorne & Wood, 1987; Kirby & Jones, 1977).

Lâmina de área foliar verde

A lâmina de área foliar verde foi reduzida significativamente pela deficiência hídrica, independente do estádio em que foi imposta, e foi proporcional à intensidade de desidratação (Tabela 4). Os estádios de folha bandeira e de antese foram os estádios em que a área foliar verde foi mais afetada pela deficiência hídrica. Até o nível de deficiência hídrica de aproximadamente $-2,0$ MPa, aplicado aos estádios de quarta folha, de folha bandeira e de antese, a redução na área foliar verde não implicou redução de rendimento (Tabela 2), demonstrando excessivo investimento da planta em área foliar verde. Essa diminuição na área foliar verde, sem que houvesse redução no rendimento, pode ser explicada pela maior penetração de luz, provocada pela diminuição na área foliar. Esses resultados indicam a necessidade de se estudarem estratégias para redução da área foliar, pois isso poderia representar economia no uso de água pela

planta, com reflexos positivos na produção. Estudos realizados por Berdahl et al. (1972) demonstraram que uma redução da área foliar verde nem sempre resulta em diminuição em rendimento de grãos. Ao contrário, Richards (1983) evidencia que modificações genéticas na área foliar podem resultar em aumento de produção, quando a água é limitante. Nesse sentido, podem-se explorar as diferenças genéticas entre cultivares em relação à área foliar da folha bandeira e à da penúltima folha, buscando cultivares com menor área de folha.

Tabela 4. Efeito de diferentes níveis de deficiência hídrica no afilhamento, na lâmina de área foliar verde e na massa seca de lâmina foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento de trigo, cv. BR 35.

Estádio Fenológico	Nível de deficiência hídrica (MPa)				Média
	Controle ¹	-1,0 ± 0,3	-2,0 ± 0,3	-3,0 ± 0,3	
Número de afilhos/planta					
Quarta folha	2,9Aa	2,9Aa	2,8Aa	2,9Aa	2,9b
Folha bandeira	3,5Ba	3,8Ba	3,0Ba	5,2Aa	3,9a
Antese	3,8Aa	3,4ABa	2,6Ba	2,6Bb	3,1b
Grão leitoso	3,2Aa	3,4Aa	2,8Aa	3,4Ab	3,2b
Média	3,4A	3,4A	2,8B	3,6A	
Lâmina de área foliar verde (dm²/5plantas)					
Quarta folha	228,6Aa	188,6Ba	125,3Ca	83,2Da	156,4a
Folha bandeira	185,8Ab	158,7Bb	135,6Ca	32,7Db	128,2b
Antese	176,5Ab	113,5Bc	41,9Cb	5,4Dc	84,3c
Média	197,0A	153,6B	100,9C	40,4D	
Massa seca de lâmina foliar (g/5 plantas)					
Quarta folha	7,24Aab	5,57Bb	4,03Cb	3,48Cb	5,08c
Folha bandeira	7,06Aab	6,47Aab	5,97Aa	4,59Bb	6,02b
Antese	7,87Aa	6,32Bab	6,33Ba	6,58Ba	6,77a
Grão leitoso	6,33ABb	7,13Aa	5,98Ba	6,50ABa	6,49ab
Média	7,12A	6,37B	5,58C	5,29C	

¹ Tratamento em que a irrigação não foi suspensa.

Valores seguidos pela mesma letra em cada avaliação, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5%.

Massa seca da parte aérea

A massa seca foliar teve, de forma geral, o mesmo comportamento observado em relação à área foliar verde, sendo os estádios de quarta folha e de folha bandeira os mais sensíveis à deficiência hídrica (Tabela 4). À medida que os níveis de deficiência hídrica eram impostos em estádios mais avançados do desenvolvimento, o aumento na intensidade desses níveis provocavam menor efeito.

A deficiência hídrica imposta no estádio de quarta folha provocou redução significativa na massa seca de espigas somente quando o nível de deficiência hídrica atingiu cerca de $-3,0$ MPa (Tabela 5). No estádio de antese, reduções significativas na massa seca de espigas ocorreram a partir de $-2,0$ MPa. Já no estádio de folha bandeira, níveis de deficiência hídrica de aproximadamente $-1,5$ MPa provocaram redução significativa na massa seca de espigas, fato que poderia ser atribuído à coincidência deste estádio com a maior taxa de crescimento da espiga. Esses resultados caracterizam o estádio de folha bandeira como o mais sensível à deficiência hídrica, em relação à massa seca de espigas (Tabela 5).

Não se observou interação significativa entre os estádios de desenvolvimento e os níveis de desidratação, em relação à massa de mil sementes (Tabela 5). Esse componente do rendimento foi mais afetado quando a deficiência hídrica ocorreu nos estádios de folha bandeira e de antese, correspondendo a reduções de 18% e 15%, respectivamente, em relação ao controle sem

deficiência hídrica. A influência da deficiência hídrica imposta no estágio de folha bandeira sobre a massa de grãos poderia ser atribuída à grande dependência da translocação de reservas geradas nesse estágio, para os grãos. Além disso, o estágio de grão leitoso não foi o mais afetado pela deficiência hídrica na massa de mil sementes, como seria de se esperar, possivelmente em razão de um efeito tamponante na produção, exercido pela translocação de assimilados produzidos em pré-antese. Esse fenômeno em trigo pode ser responsável por cerca de 40% do rendimento de grãos (Savin & Slafer, 1991). Associado a isso, deve-se considerar também que a planta de trigo parece ser limitada, principalmente, por destinos reprodutivos (Fischer, 1985; Mac Maney et al., 1986). Gallagher et al. (1976) observaram em trigo de inverno que a remobilização de assimilados produzidos em pré-antese pode atingir até 57% durante o período de seca. Contudo, a causa desse efeito necessita ainda ser estudada.

Tabela 5. Efeito de diferentes níveis de deficiência hídrica na massa seca de espigas, na massa de mil sementes e no número de grãos por espiga, em diferentes estágios de desenvolvimento de trigo, cv. BR 35.

Estádio Fenológico	Nível de deficiência hídrica (MPa)				Média
	Controle ¹	-1,0 ± 0,3	-2,0 ± 0,3	-3,0 ± 0,3	
Massa seca de 4 espigas (g)					
Quarta folha	1,13ABc	1,28Ab	0,93ABc	0,70Bb	1,01c
Folha bandeira	2,44Ab	1,65Bb	1,55Bb	0,54Cb	1,55b
Antese	3,78Aa	3,40ABa	3,05Ba	2,90Ba	3,29a
Média	2,45A	2,11B	1,85B	1,38C	
Massa de 1000 sementes (g)					
Quarta folha	51,37a	51,33a	44,95a	35,76a	45,85ab
Folha bandeira	51,37a	42,91a	44,92a	28,93a	42,03c
Antese	51,37a	48,93a	40,66a	31,58a	43,14bc
Grão leitoso	51,77a	49,88a	44,65a	40,04a	46,48a
Média	51,37A	48,26B	43,79C	34,08D	

continua...

Tabela 5. Continuação.

Estádio	Nível de deficiência hídrica (MPa)				Média
	Controle ¹	-1,0 ± 0,3	-2,0 ± 0,3	-3,0 ± 0,3	
Fenológico					
Número de grãos/espiga					
Quarta folha	17,76Aa	10,19Bb	12,65ABb	10,94Bb	12,88b
Folha bandeira	17,76Aa	13,65Aab	15,19Aab	1,55Bc	12,04b
Antese	17,76Aa	15,72Aa	16,72Aab	13,56Ab	15,94a
Grão leitoso	17,76Aa	15,02Bab	19,27ABa	21,11Aa	18,30a
Média	17,76A	13,65AB	15,95AB	11,79C	

¹ Tratamento em que a irrigação não foi suspensa.

Valores seguidos pela mesma letra em cada avaliação, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5%.

Componentes do rendimento

O número de grãos por espiga foi afetado pela deficiência hídrica, quando imposta nos estádios de quarta folha e de folha bandeira (Tabela 5). Em níveis de deficiência hídrica de até -2,0 MPa, o estádio de quarta folha foi o mais afetado, o que deve estar relacionado com o efeito da deficiência hídrica na redução do número de espiguetas por espiga, que ocorre nessa fase. Já no estádio de folha bandeira, somente em níveis de deficiência hídrica acima de -3,0 MPa é que foi afetado o número de grãos por espiga.

Com relação ao número de espigas por área, não se observou interação significativa entre estádios de desenvolvimento e níveis de deficiência hídrica. Independente dos níveis de deficiência hídrica aplicados, quando esta foi imposta no estádio de antese houve redução

significativa no número de espigas (Tabela 6). Essa redução no número de espigas, provavelmente, foi consequência da morte de afilhos que ainda não tinham extrusado as espigas.

Tabela 6. Efeito da deficiência hídrica no número de espigas por unidade de área, em diferentes estádios de desenvolvimento de trigo, cv. BR 35.

Estádio fenológico de aplicação dos níveis de deficiência hídrica	Número de espigas/vaso¹
Quarta folha	19,45a
Folha bandeira	19,37a
Antese	16,39b
Grão leitoso	17,92ab

¹ Os valores referem-se às médias dos níveis de deficiência hídrica, incluindo o controle, em cada estágio, uma vez que não houve interação entre níveis de deficiência hídrica e estádios fenológicos.

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5%.

De modo geral, a deficiência hídrica afetou negativamente o rendimento, principalmente pelo efeito na redução do número de grãos por área, fator este que é definido antes da antese, e em menor grau na massa da semente, que é definida após a antese. A redução no número de grãos por área, por sua vez, esteve mais relacionada com o número de grãos por espiga, do que

com o número de espigas. Esses resultados indicam a maior influência da deficiência hídrica no número de grãos por espiga, e não na massa seca de grãos, caracterizando assim a fase de pré-antese como a mais sensível à deficiência hídrica.

Conclusões

Considerando as condições em que o ensaio foi desenvolvido, foi possível obter as seguintes conclusões:

- a) para o rendimento de grãos, o estágio mais sensível à deficiência hídrica foi o de folha bandeira (cerca de 18 dias antes da antese), seguido do estágio de antese (início da extrusão das anteras), nos quais houve aproximadamente 94% e 50% de redução, respectivamente;
- b) no estágio de grão leitoso, os níveis de deficiência hídrica impostos não afetaram significativamente o rendimento de grãos, comparativamente ao tratamento controle;
- c) independente do estágio de desenvolvimento, o nível de deficiência hídrica de até -2,0 MPa não afetou significativamente o rendimento de grãos;

- d) nível de deficiência hídrica de $-2,0$ MPa reduziu a lâmina de área foliar verde em até 76%, quando aplicado na antese, porém não reduziu significativamente o rendimento de grãos;
- e) a redução do rendimento de grãos, quando a deficiência hídrica foi imposta no estágio de folha bandeira, também esteve associada às diminuições do peso seco da espiga;
- f) dos componentes de rendimento, o número de grãos por espiga foi o mais associado à redução do rendimento de grãos sob efeito da deficiência hídrica.

Referências Bibliográficas

BERDAHL, J. D.; RASMUSSEN, D. C.; MOSS, D. N. Effect of leaf area on photosynthetic rate, light penetration, and grain yield in barley. **Crop Science**, v. 12, p. 177-180, 1972.

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1989. 34 p.

BOYER, J. S. Recovery of photosynthesis in sunflower after a period of low leaf water potential. **Plant Physiology**, v. 47, p. 816-820, 1971.

DAY, A. D.; INTALAP, S. Some effects of soil moisture stress on the growth of wheat (*Triticum aestivum*, L. em Thell.). **Agronomy Journal**, v. 62, p. 27-29, 1970.

EMBRAPA. Departamento Técnico-Científico (Brasília, DF) **Programa Nacional de Pesquisa de Trigo**. Brasília: EMBRAPA-DID, 1981. 100 p.

FERREIRA, P. A.; CARDOSO, A. A.; FERNANDES, B.; PARENTES, A. C. Efeito de diferentes níveis de tensão de umidade do solo sobre a produção de trigo. **Revista Ceres**, v. 20, p. 129-135, 1973.

FISCHER, R. A. The effects of water stress at various stages of development on yield processes in wheat. In: SLATYER, R. O. (Ed.). **Plant responses to climatic factors**. Paris: UNESCO, 1973. p. 233-241.

FISCHER, R. A. Number of kernels in wheat crop and the influence of solar radiation and temperature. **Journal of Agricultural Science**, v. 105, p. 447-461, 1985.

FRANK, A. B.; POWER, J. F.; WILLIS, W. O. Effects of temperature and plant water stress on photosynthesis, diffusion resistance, and leaf water potential in spring wheat. **Agronomy Journal**, v. 65, p. 777-780, 1973.

FRIZZONE, J. A.; OLITTA, A. F. L. Efeitos da supressão da água em diferentes fases do crescimento na produção de trigo. **Engenharia Rural**, n. 1, v. 1, p. 1-76, 1990.

FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R.; PEREIRA, G. T.; RETTORE, P. R. Efeito da freqüência e da lâmina de irrigação na produção de trigo (*Triticum aestivum*, L.). **Ciência e Prática**, v. 9, p. 198-207, 1985.

GALLAGHER, J. N.; BISCOE, P. V.; HUNTER, B. Effects of drought on grain growth. **Nature**, v. 264, p. 541-542, 1976.

HUFFAKER, R. C.; RADIN, T.; KLEINKOPF, G. E.; COX, E. L. Effects of mild water stress on enzymes of nitrate assimilation and of the carboxylative phase of photosynthesis in barley. **Crop Science**, v. 10, p. 471-474, 1970.

KIRBY, E. J. M.; JONES, H. G. The relations between the main shoot and tillers in barley plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 88, p. 381-389, 1977.

LAWLOR, D. W.; DAY, W.; JOHNSON, A. E.; LEGG, G. J.; PARKINSON, K. J. Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation, and nutrient content. **Journal of Agricultural Science**, v. 96, p. 167-186, 1981.

MAC MANEY, M.; DIAZ, R.; SIMON, C.; GIOIA, A.; SLAFER, G. A.; ANDRADE, F. H. Respuesta a la reducción de la capacidad fotosintética durante el llenado de granos en trigo. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRIGO, 1., 1986, Buenos Aires, Argentina. **Acta...** Buenos Aires: INTA, 1986. Cap. 3, p. 178-190.

- MORGAN, J. M. Differences in osmoregulation between wheat genotypes. **Nature**, v. 270, p. 234-235, 1977.
- MUSICK, J. T.; DUSEK, D. A. Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat. **Agronomy Journal**, v. 72, p. 45-52, 1980.
- RICHARDS, R. A. Manipulation of leaf area and its effects on grain yield in droughted wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 34, p. 23-31, 1983.
- SAVIN, R.; SLAFER, G. A. Shading effects on the yield of an Argentina wheat cultivar. **Journal of Agricultural Science**, v. 116, p. 1-7, 1991.
- SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEM, E. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v. 148, p. 339-346, 1965.
- SILVA, A. R. **A cultura do trigo irrigada nos cerrados do Brasil Central**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1978. 70 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 1).
- SILVA, A. R ; LEITE, J. C. **A cultura do trigo no cerrado com irrigação**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1975. 4 p. Trabalho apresentado na VII Reunião Anual Conjunta de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo, 1975.

SLATYER, R. O. Physiological significance of internal water relations to crop yield. In: EASTIN, F. A.; SULLIVAN, C. Y.; VAN BAVEL, C. H. M. **Physiological aspects of crop yield**. Madison: Wisconsin Institute, 1969. p. 53-83.

STARK, J. C.; LONGLEY, T. S. Changes in spring wheat tillering pattern in response to delayed irrigation. **Agronomy Journal**, v. 78, p. 892-896, 1986.

TEARE, I. D.; SIONIT, N.; KRAMER, P. J. Changes in water status during water stress at different stages of development in wheat. **Physiologia Plantarum**, v. 55, p. 296-300, 1982.

THORNE, G. N.; WOOD, D. W. The fate of carbon in drying tillers of winter wheat. **Journal of Agricultural Science**, v. 108, p. 515-522, 1987.

ZADOCKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, p. 415-421, 1974.

Embrapa

Trigo



**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil