

EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA PRODUÇÃO DE TRIGO¹

OSMAR RODRIGUES², JÚLIO CÉSAR BARRENECHE LHAMBY, AGOSTINHO DIRCEU DIDONET³,
JOSÉ ABRAMO MARCHESE⁴ e CLAUDIO SCIPIONI⁵

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de deficiência hídrica em alguns parâmetros associados à produção de grãos de trigo, e definir os períodos e níveis críticos de sua 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 fenológicos de quarta folha, folha-bandeira, antese e grão leitoso, foram aplicados níveis de deficiência hídrica de -1,0; -2,0 e -3,0 MPa, por suspensão da irrigação. Assim que os níveis de estresse no xilema eram atingidos, as plantas foram reidratadas. O estágio de folha-bandeira foi o mais sensível à deficiência hídrica, ou seja: causou a maior redução no rendimento, e, em seguida, na antese e na quarta folha. O nível de deficiência hídrica de -2,0 MPa aplicado na antese reduziu a área foliar, mas sem afetar o rendimento de grãos. Deficiência hídrica imposta no estágio de folha-bandeira foi associada à redução da massa seca da espiga, da massa de mil sementes, do número de grãos por espiga, e a um afilamento tardio. A redução no rendimento de grãos em trigo ocorreu somente quando o nível de deficiência hídrica foi superior a -2,0 MPa; a causa dessa redução foi a diminuição no número de sementes por espiga.

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

EFFECT OF WATER DEFICIENCY ON YIELD OF WHEAT

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the effects of water deficits on some parameters associated with yield, as well as defining critical water deficiency periods and their intensities in relation to wheat yield. The experiment was set up in a greenhouse in pots, under 18°C and 65% humidity. Water deficiency levels of -1.0, -2.0 and -3.0 MPa were applied when plants reached the phenological stages of the fourth leaf, flag leaf, anthesis and milking stage. The plants were rehydrated as soon as the stress levels were reached. Flag leaf stage was the most sensitive to water deficiency, resulting in the greatest yield reduction, followed by anthesis and fourth leaf stages. A water deficit of -2.0 MPa, applied at anthesis, reduced leaf area without affecting the grain yield. The water deficit imposed at flag leaf stage was associated with reductions in spike weight, thousand grain weight, and number of grains per spike, as well as with late tillering. Grain yield reduction in wheat occurred only when the water deficiency level exceeded -2.0 MPa, affecting mainly the number of seeds per spike.

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

INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica é consequência de um período contínuo ou transitório de seca, que provoca redução no crescimento das plantas causada pela redução do potencial hídrico, da condutância estomática, da fotossíntese e da assimilação de N pela planta (Huffaker et al., 1970; Frank et al., 1973). No Rio Grande do Sul, durante o ciclo da cultura do trigo, a deficiência hídrica é esporádica (Boletim Agrometeorológico, 1989). Já em regiões como o

¹ Aceito para publicação em 30 de setembro de 1997.

² Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 569, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: osmar@cnpt.embrapa.br

³ Eng. Agr., Dr., Embrapa-CNPT.

⁴ Eng. Agr., CEFET-PR - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Caixa Postal 571, CEP 85503-390 Pato Branco, PR. Bolsista da FAPERGS.

⁵ Aluno da Faculdade de Agronomia da Universidade de Passo Fundo (UPF), Bairro São José s/n Passo Fundo, RS. Bolsista da FAPERGS.

norte e oeste do Paraná, sudeste de São Paulo e sul do Mato Grosso do Sul, a deficiência hídrica é mais freqüente, e pode ocasionar perdas totais em alguns anos (Embrapa, 1981). Nessas regiões, bem como no Brasil Central, onde as precipitações 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 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. Por outro lado, a capacidade de recuperação da planta depende da velocidade e da intensidade do estresse 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 e fertilização, e formação dos grãos. Por outro lado, Day & Intalapa (1970) atribuíram como período crítico o alongamento. De acordo com Fischer (1973), as maiores reduções no rendimento de grãos ocorre quando se verifica deficiência hídrica no período de desenvolvimento da planta compreendido entre 15 e 5 dias antes e após o espigamento, respectivamente. O mesmo autor observou, também, que não houve redução no rendimento até uma 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 ela ocorre antes da antese (Lawlor et al., 1981) e causando a morte dos afilhos quando ocorre após a antese (Musick & Dusek, 1980). No entanto, após a reidratação das plantas tem-se observado um 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 no uso de água pela planta. Richards (1983) observou que em alguns casos uma limitação de água pode reduzir o excesso de área foliar, resultando em melhora na

eficiência do uso de água, e, conseqüentemente, melhorar o potencial de produção da planta. Nesse aspecto, a redução de área foliar pode ser compensada por maior duração de área foliar e/ou pela 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, informações desses processos e seus efeitos nas condições locais ainda são deficientes, e assim, fica limitada a exploração mais adequada dos recursos do ambiente pelo material genético disponível.

O objetivo do presente experimento foi verificar os efeitos de diferentes níveis de deficiência hídrica no crescimento do trigo e nos seus processos fisiológicos associados, e determinar os períodos e níveis críticos de sua ocorrência.

MATERIAL E MÉTODOS

As plantas da cultivar BR 35 foram cultivadas em casa de vegetação mantida a $18^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar em torno de 65%, na Embrapa-CNPT, Passo Fundo, RS. A semeadura foi realizada em vasos de plástico de $14,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, em solo cuja análise de fertilidade foi a seguinte: pH = 5,3; $\text{Al}^{3+} = 0,0 \text{ me/dL}$; $\text{Ca}^{2+} = 7,59 \text{ me/dL}$; $\text{Mg}^{2+} = 5,79 \text{ me/dL}$; P = 9,5 ppm; K = 184 ppm e MO = 7,6%. 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 fenológicos: 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 dos vasos, estes foram transportados para outra casa de vegetação, onde sofreram a desidratação até atingirem três níveis de deficiência hídrica. Quando as plantas 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, foram reidratadas e reconduzidas à casa de vegetação original. No estágio de quarta folha, o potencial de água no xilema foi determinado na quarta folha (contada da base para o ápice) e nos demais estádios, na folha-bandeira. Os estádios fenológicos e os níveis de deficiência hídrica atingidos (MPa), as respectivas datas de ocorrência e as datas das avaliações são mostradas 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 (Fig. 1). Este 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 manteve o substrato bem próximo à capacidade de campo, em que as plantas sempre apresentaram um potencial hídrico xilemático maior que -0,5 MPa, constituindo-se no tratamento-controle.

Em cada estágio fenológico, 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-se, assim, os tratamentos-controle. Após a reidratação de todos os tratamentos com níveis de deficiência hídrica, em cada estágio fenológico, procedeu-se novamente às mesmas avaliações acima mencionadas.

A produção de grãos foi avaliada em dez vasos por repetição, e os componentes da produção, em outros quatro vasos por repetição. Os resultados foram analisados segundo um delineamento experimental de blocos casualizados com arranjo fatorial, com quatro repetições a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao 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

antese (82 DAS) como os mais sensíveis à desidratação (Tabela 2). Estes resultados estão de acordo com Fischer (1973), que utilizando medições de potencial hídrico na planta de trigo, apontou o período compreendido entre 15 dias antes do espigamento até cinco dias após o espigamento como crítico para a produção de grãos. Fischer (1973) observou, também, que não houve redução no rendimento até um nível de deficiência hídrica foliar de -1,2 MPa.

De uma maneira geral, independentemente dos estádios 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

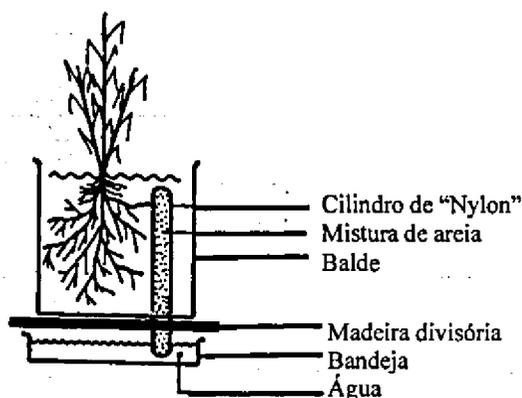


FIG. 1. Sistema de irrigação utilizando um cilindro de "Nylon" com 2,5 cm de diâmetro contendo uma mistura de areia no interior.

TABELA 1. Estádios fenológicos do trigo cv. BR 35 e níveis de deficiência hídrica (MPa) atingidos após a supressão da irrigação e respectivas datas de ocorrência (dias após a semeadura - DAS) e avaliações.

Estádios / DAS	Níveis de deficiência hídrica (MPa) / DAS			Avaliações 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.

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 def. hídrica (MPa)	Rendimento de grãos (kg/ha) ¹
Quarta folha	Controle ²	3052a
	-1,0 ± 0,3	2888a
	-2,0 ± 0,3	2597ab
	-3,0 ± 0,3	1929c
	Média	2617B
Folha-bandeira	Controle	3052a
	-1,6 ± 0,2	2877a
	-2,0 ± 0,3	2908a
	-3,0 ± 0,3	173b
	Média	2253C
Antese	Controle	3052a
	-1,5 ± 0,3	3023a
	-2,0 ± 0,3	2360a
	-3,0 ± 0,3	1490b
	Média	2481BC
Grão leitoso	Controle	3052ab
	-1,0 ± 0,3	3737a
	-2,0 ± 0,3	3522a
	-3,0 ± 0,3	2761b
	Média	3268A

¹ Valores seguidos da mesma letra minúscula em cada estádio fenológico não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%; valores seguidos da mesma letra maiúscula entre os estádios fenológicos não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

² Tratamento em que não foi suspensa a irrigação.

deficiência hídrica de -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 desenvolvimento. Outro fator que pode influenciar o nível de intensidade de desidratação é a osmo-regulação, que, segundo Morgan (1977), pode ser variável entre genótipos de trigo. Considerando apenas o nível de desidratação de -3,0 MPa, evidencia-se que os estádios mais afetados foram o de folha-bandeira, seguido por antese e 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 estádio de grão leitoso, quando o potencial matricial da água no solo atingiu seu valor menor (-1060 KPa). Estes mesmos autores mostram também que durante o crescimento da espiga houve redução significativa no rendimento, com o 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 deste estresse varia com os estádios de desenvolvimento, com o volume e a densidade radicular, com o comportamento estomático e com a capacidade de osmo-regulação. Por outro lado, quando a deficiência hídrica imposta foi moderada (aproximadamente -1,0 MPa), observou-se que no estádio de grão leitoso ocorreu um efeito positivo no rendimento de grãos em relação ao controle (Tabela 2).

Não houve efeito significativo dos níveis de deficiência hídrica no afilhamento, nos estádios de quarta folha e grão leitoso (Tabela 3). Comparativamente ao controle, quando a deficiência hídrica de -3,0 MPa foi imposta no estádio de folha-bandeira, observou-se um estímulo ao desenvolvimento de uma segunda camada de afilhos, e um decréscimo no número de afilhos, ocasionados por morte, quando esta mesma deficiência foi imposta na antese (Tabela 3). A ausência de efeito da deficiência hídrica aplicada no estádio de quarta folha, no afilhamento, pode ter sido decorrente de um 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, o que indica que os novos afilhos foram estéreis. Estes afilhos normalmente surgem às expensas da planta-mãe, sem contribuir para o rendimento de grãos (Kirby & Jones, 1977; Thorne & Wood, 1987).

A lâmina de área foliar verde foi reduzida significativamente pela deficiência hídrica, independen-

TABELA 3. Efeito de diferentes níveis de deficiência hídrica no afilamento, na lâmina de área foliar verde e na massa seca de lâmina foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento do trigo, cv. BR 35¹.

Estádio fenológico	Controle ²	Nível de deficiência hídrica (MPa)			Média
		-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	3,5aB	3,8aB	3,0aB	5,2aA	3,9a
Antese	3,8aA	3,4aAB	2,6aB	2,6bB	3,1b
Grão leitoso	3,2aA	3,4aA	2,8aA	3,4bA	3,2b
Média	3,4A	3,4A	2,8B	3,6A	
Lâmina de área foliar verde (dm ² /5 plantas)					
Quarta folha	228,6aA	188,6aB	125,3aC	83,2aD	156,4a
Folha-bandeira	185,8bA	158,7bB	135,6aC	32,7bD	128,2b
Antese	176,5bA	113,5cB	41,9bC	5,4cD	84,3c
Média	197,0A	153,6B	100,9C	40,4D	
Massa seca de lâmina foliar (g/5 plantas)					
Quarta folha	7,24abA	5,57bB	4,03bC	3,48bC	5,08c
Folha-bandeira	7,06abA	6,47abA	5,97aA	4,59bB	6,02b
Antese	7,87aA	6,32abB	6,33aB	6,58aB	6,77a
Grão leitoso	6,33bAB	7,13aA	5,98aB	6,50aAB	6,49ab
Média	7,12A	6,37B	5,58C	5,29C	

¹ 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%.

² Tratamento em que não foi suspensa a irrigação.

temente do estágio em que foi imposta, e foi proporcional à intensidade de desidratação (Tabela 3). Os estádios de folha-bandeira e antese foram os estádios em que a área foliar verde foi mais afetada pela deficiência hídrica. Até um nível de deficiência hídrica de -2,0 MPa aplicado aos estádios de quarta folha, folha-bandeira e antese, a redução da área foliar verde não implicou redução de rendimento (Tabela 2), o que demonstra um excessivo investimento da planta em área foliar verde. Esta diminuição da área foliar verde sem que houvesse redução no rendimento pode ser explicada pela maior penetração de luz, provocada pela diminuição da área foliar. Estes resultados indicam a necessidade de estudar estratégias para a redução da área foliar, pois isto 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 no rendimento. Ao contrário, Richards (1983) evidencia que modificações genéticas na área foliar podem resultar em au-

mento da produção quando a água é limitante. Nesse sentido, pode-se explorar as diferenças genéticas entre cultivares em relação à área foliar da folha-bandeira e da penúltima folha, buscando cultivares com menor área foliar.

A massa seca foliar teve, de uma forma geral, o mesmo comportamento observado em relação à área foliar verde, sendo os estádios de quarta folha e folha-bandeira os mais sensíveis à deficiência hídrica (Tabela 3). À medida que os níveis de deficiência hídrica foram impostos em estádios mais avançados do desenvolvimento, o aumento na intensidade destes níveis provocou menor efeito.

A deficiência hídrica imposta no estágio 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 4). No estágio de antese, reduções significativas na massa seca de espigas ocorreram a partir de -2,0 MPa. Já no estágio de folha-bandeira, níveis de deficiência hídrica de -1,5 MPa provocaram redução significativa na massa seca de espigas, fato que poderia ser

TABELA 4. 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 estádios de desenvolvimento do trigo, cv. BR 35¹.

Estádio fenológico	Controle ²	Nível de deficiência hídrica (MPa)			Média
		-1,0 ± 0,3	-2,0 ± 0,3	-3,0 ± 0,3	
Massa seca de 4 espigas (g)					
Quarta folha	1,13cAB	1,28bA	0,93cAB	0,70bB	1,01c
Folha-bandeira	2,44bA	1,65bB	1,55bB	0,54bC	1,55b
Antese	3,78aA	3,40aAB	3,05aB	2,90aB	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	
Número de grãos/espiga					
Quarta folha	17,76aA	10,19bB	12,65bAB	10,94bB	12,88b
Folha-bandeira	17,76aA	13,65abA	15,19abA	1,55cB	12,04b
Antese	17,76aA	15,72aA	16,72abA	13,56bA	15,94a
Grão leitoso	17,76aA	15,02abB	19,27aAB	21,11aA	18,30a
Média	17,76A	13,65AB	15,95AB	11,79C	

¹ 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%.

² Tratamento em que não foi suspensa a irrigação.

atribuído à coincidência deste estágio com a maior taxa de crescimento da espiga. Estes resultados caracterizam o estágio de folha-bandeira como o mais sensível à deficiência hídrica em relação à massa seca de espigas (Tabela 4).

Não se observou interação significativa entre os estádios de desenvolvimento e os níveis de desidratação, em relação à massa de mil sementes (Tabela 4). Este componente do rendimento foi mais afetado quando a deficiência hídrica ocorreu nos estádios de folha-bandeira e 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 das sementes 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 decorrente

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 isto, 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.

O número de grãos por espiga foi afetado pela deficiência hídrica quando imposta nos estádios de quarta folha e folha-bandeira (Tabela 4). Em níveis de deficiência hídrica de até -2,0 MPa, o estágio 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 ocor-

re nesta fase. Já no estágio 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 os estádios de desenvolvimento e níveis de deficiência hídrica. Independentemente dos níveis de deficiência hídrica aplicados, quando esta foi imposta no estágio de antese, houve redução significativa no número de espigas (Tabela 5). Esta redução no número de espigas provavelmente foi decorrente da morte de afilhos que ainda não tinham emitido suas espigas.

De maneira geral, a deficiência hídrica afetou negativamente o rendimento, principalmente pela 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 do 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. Estes 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.

TABELA 5. Efeito da deficiência hídrica no número de espigas por unidade de área, em diferentes estádios de desenvolvimento do trigo, cv. BR 35.

Estádios fenológicos de aplicação dos níveis de deficiência hídrica	Número de espigas/vaso ¹
Quarta folha	19,45a
Folha-Bandeira	19,37a
Antese	16,39b
Grão leitoso	17,92ab

¹ Os valores referem-se as 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%.

CONCLUSÕES

1. Quanto ao rendimento de grãos, o estágio mais sensível à deficiência hídrica é o de folha-bandeira, seguido do estágio de antese.
2. No estágio de grão leitoso os níveis de deficiência hídrica impostos não afetam significativamente o rendimento de grãos, comparativamente ao controle.
3. Independentemente do estágio de desenvolvimento, o nível de deficiência hídrica de até -2,0 MPa não afeta significativamente o rendimento de grãos.
4. Nível de deficiência hídrica de -2,0 MPa reduz a lâmina de área foliar verde em até 76%, quando aplicado na antese, porém não reduz significativamente o rendimento.
5. Dos componentes de rendimento, o número de grãos por espiga é o mais associado à redução do rendimento de grãos sob efeito da deficiência hídrica.

REFERÊNCIAS

- 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. 34p.
- 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. 100p.
- 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 Agriculture 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*, v.1, n.1, p.1-76, 1990.
- FRIZZONE, J.A.; ZANINI, J.R.; PEREIRA, G.T.; RETTORE, P.R. Efeito da frequência 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. *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. 70p. (Embrapa-CPAC. Circular técnica, 1).
- SILVA, A.R.; LEITE, J.C. A cultura do trigo no cerrado com irrigação. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1975. 4p. 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: WI. Inst., 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.