

RESPOSTAS DO TRIGO AOS ESTRESSES CAUSADOS POR BAIXA LUMINOSIDADE E/OU EXCESSO DE ÁGUA NO SOLO

I. TESTE EM CASA DE VEGETAÇÃO¹

PEDRO LUIZ SCHEEREN², FERNANDO IRAJÁ FÉLIX DE CARVALHO e LUIZ CARLOS FEDERIZZI³

RESUMO - O experimento foi conduzido, em 1987, em casa de vegetação da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, RS. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos estresses causados por excesso de água no solo e pela redução de luminosidade sobre 12 genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.). Foram observadas significativas reduções no peso seco e na ramificação das raízes das plantas submetidas ao tratamento de excesso de água no solo, enquanto os tratamentos que incluíram sombreamento (pouca luminosidade) causaram significativas reduções no peso seco da parte aérea das plantas de trigo. A cultivar IAC 5-Maringá e as linhagens PF 85845 e PF 853048 foram os genótipos menos afetados pelos estresses aplicados.

Termos para indexação: peso fresco, peso seco, parte aérea, raízes.

WHEAT RESPONSES TO STRESSES CAUSED BY LOW LIGHT INTENSITY AND/OR WATER EXCESS IN THE SOIL

I. GREENHOUSE TESTING

ABSTRACT - The experiment was carried out in 1987 in the greenhouse at the Faculty of Agronomy of the Federal University of Rio Grande do Sul, in Porto Alegre, RS. The objective of this work was to assess the effect of stresses caused by water excess in the soil and by light reduction on 12 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Significant reductions were observed in the dry matter weight and in the ramification of roots of plants submitted to the treatment of water excess in the soil, while the treatments including shading caused significant reduction in above-ground wheat plant parts. Cultivar IAC 5-Maringá and lines PF 85845 and PF 853048 were the genotypes least affected by applied stresses.

Index terms: fresh weight, dry weight, above-ground parts, roots.

INTRODUÇÃO

Adversidades de ambientes, em relação às plantas ou à produtividade dos cereais, segundo

¹ Aceito para publicação em 10 de julho de 1995.

Extraído da Tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Doutor em Ciências, pelo Dep. de Genética, Univ. Fed. do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS.

² Eng. Agr., Dr., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 569, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS.

³ Eng. Agr., Ph.D., Professor Fac. Agron. da Univ. Fed. do Rio Grande do Sul (UFRGS), Dep. Fitot., Caixa Postal 776, CEP 91509-900 Porto Alegre, RS.

Buddenhagen (1983), podem ser classificadas em seis grupos: a) água; b) mineral; c) ar; d) temperatura; e) luz e f) fatores biológicos. Neste trabalho foram estudados, em particular, os estresses causados pela água (excesso), pela luz (baixa luminosidade), e pela interação de seus efeitos sobre doze genótipos de trigo.

Durante os períodos de cultivo de trigo, as condições climáticas no sul do Brasil são bastante variáveis. Também os solos brasileiros onde são cultivados os cereais de estação fria apresentam grandes diferenças, tanto em estrutura física quanto química. Assim, anualmente, ocorrem problemas de

défice ou de excesso de água no solo, de reduzida luminosidade, de solos com problemas de erosão, de fertilidade e de acidez, ou presença de elementos tóxicos nocivos às plantas. No Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC) e Sul do Paraná (PR), ocorrem, freqüentemente, invernos chuvosos e muitos dias nublados, proporcionando excesso de umidade relativa do ar e do solo. Observou-se apenas o período de cultivo de trigo (maio-novembro), no RS, e foi constatado que a luminosidade tende a ser baixa, pois cerca de 40% dos dias são nublados, o que pode ser comprovado pelas observações meteorológicas (IPAGRO, 1979). Buriol et al. (1977) realizaram um balanço hídrico seriado do Rio Grande do Sul e verificaram que, num período de 58 anos considerados entre 1913 e 1973, ocorreram diversos períodos com excessos hídricos. Na Estação Agrometeorológica de Passo Fundo, RS, conforme os dados dos autores, para os meses de julho, agosto e setembro, foram registrados excessos hídricos superiores a 90 milímetros (mm) mensais de precipitação pluvial em, respectivamente, 58,2; 51,4 e 63,4 % dos anos considerados no balanço hídrico, o que representa um excesso, se comparado às reais necessidades do trigo, que variam de 45 a 90 mm mensais.

Diversas condições podem originar excesso de água no solo. A difícil drenagem dos solos pesados (argilosos) provavelmente é a mais comum. Mudanças no lençol de água do solo, chuvas pesadas e áreas alagadiças naturais impedindo o escoamento da água provocam o mesmo efeito, dependendo da sensibilidade e tolerância das plantas.

Segundo Treshow (1970), as plantas mesofíticas necessitam de oxigênio (O_2) para a liberação da energia requerida pelos processos vitais. Assim, os solos encharcados, com os espaços porosos permanecendo preenchidos pela água, dificultam a livre movimentação do O_2 , causando asfixia das raízes, o que, por sua vez, leva à supressão do crescimento da planta. Yu et al. (1969) comentaram que, em condições normais de umidade do solo, as raízes são supridas de O_2 da atmosfera, por difusão. Quando o solo estiver encharcado, a difusão de O_2 no solo é intensamente reduzida pelo baixo coeficiente de difusão do O_2 através da água. Além de a aeração ser importante para suprir de O_2 as

raízes, Williamson (1964) argumentou que ela também é importante para remoção do dióxido de carbono (CO_2) e de outras substâncias tóxicas presentes no solo encharcado.

Vários fatores afetam a severidade dos danos causados pela aeração inadequada (Kramer, 1969). Entre eles estão a espécie, a condição da planta, a temperatura, a duração do período de inundação, o tipo de solo e os microorganismos presentes.

Curtos períodos de inundação (10 a 15 dias, com 15 a 17°C de temperatura do solo), em experimentos em campo ou em vasos, não influenciaram o rendimento de grãos em trigo, conforme relatado por Luxmoore et al. (1973). Entretanto, longos períodos de inundação (20 a 30 dias) reduziram o rendimento de 15 a 23% com temperatura de solo de 15 a 17°C, e reduções de até 73% foram observadas quando a temperatura do solo era de 25°C. Os autores observaram, ainda, senescência das folhas e menor peso médio dos grãos. Kramer (1951) ressaltou que entre os sintomas visíveis de danos por inundação estava o amarelecimento e morte das folhas, iniciando pelas inferiores e progredindo para as superiores no colmo. Esta clorose, aparentemente, tinha semelhança com a deficiência de nitrogênio.

Kramer (1951), Jackson (1955) e Luxmoore & Stolzy (1969) chamaram a atenção para o desenvolvimento de raízes adventícias, as quais contêm lacunas gasosas importantes (aerênquimas) que permitem o abastecimento de O_2 gasoso por transporte interno, a partir da parte aérea. Também Hurd (1968) ressaltou que o padrão de desenvolvimento das raízes, em diferentes cultivares de trigo, poderia explicar seus rendimentos, quando submetidas a diferentes níveis de umidade. Em 1984, Innes et al. constataram que o crescimento das raízes estava linearmente relacionado ao conteúdo de água na superfície do solo (30 cm superiores), enquanto Gajri & Prihar (1985) verificaram que a capacidade da planta em absorver água, quando o suprimento estava no limite, poderia estar estreitamente relacionado ao comprimento do sistema radicular.

No trigo, vários são os caracteres afetados pela luminosidade. Ao estudar o problema da baixa luminosidade, Willey & Holliday (1971)

concluíram que a ocorrência de períodos com bastante nebulosidade pode originar deficiência fotossintética e, como conseqüência, causar considerável redução no peso e número de grãos. Judel & Mengel (1982) submetteram plantas ao déficit de luz após o estágio de florescimento e tiveram como resposta uma redução de 20% no peso de grãos. Wendt & Caetano (1985) observaram redução de mais de 50% da matéria seca em genótipos de trigo submetidos a baixa luminosidade. No mesmo estudo, cultivares de trigo, como IAS 20 e IAS 57, mostraram ser bastante tolerantes a estas condições adversas. Para Wardlaw (1970), o efeito da diminuição da intensidade luminosa foi a redução do peso do colmo e dos grãos, mas a magnitude do efeito variou com o estágio de crescimento e com o entreno sob observação. O autor relatou, ainda, que a mais dramática resposta à luz foi a redução da movimentação dos assimilados marcados com ^{14}C até as partes inferiores do colmo e das raízes, quando as condições de luz eram baixas.

A formação e sobrevivência dos afilhos também é influenciada pela luz. Quanto maior a intensidade de luz em que as plantas crescem, tanto maiores as taxas de crescimento e de afilhamento (Aspinal & Paleg, 1964; Rickman et al., 1985).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido em casa de vegetação, na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - FA/UFRGS, em 3 de setembro de 1987. Os genótipos avaliados foram doze, relacionados na Tabela 1.

Para a execução deste experimento, foi utilizado solo São Jerônimo, proveniente da Estação Experimental Agronômica da UFRGS-EEA/UFRGS, localizada em Eldorado do Sul, RS. Este solo foi deixado por quinze dias dentro da casa de vegetação, visando a que ficasse uniformemente seco. Em seguida, foi peneirado para uniformização dos grânulos (eliminação dos torrões) e, ao mesmo tempo, foram adicionados calcário e adubos, segundo as indicações da análise de solo. Uma semana após ter sido preparado, o solo foi transferido para copos de plástico, colocando-se 0,5 kg de solo em cada copo (no campo, a planta explora de 2 a 4 kg de solo).

As sementes, uniformes em peso e em tamanho, dentro de cada genótipo, foram ainda selecionadas, uma a uma, visando a eliminar aquelas que apresentassem "ponta-preta", causada por *Helminthosporium sativum* e outros

organismos, ou com micélio rosado, causado por *Fusarium* sp. Estes fungos são causadores de infecções e posteriores podridões, que afetam o sistema radicular, causando redução ou morte das plântulas de trigo. Por isto, foi realizado também o tratamento de sementes com a mistura de fungicidas Iprodione + Thiran (nome comercial: Rovrin), de acordo com as recomendações da CSBPT-1987 (Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo, 1987).

Foram colocadas duas sementes por copo, e, depois, desbastadas, deixando-se uma única plântula por copo. Os copos foram colocados em bandejas (18 copos/bandeja), e a água era adicionada em cada bandeja, visando à uniformidade de molhamento do solo. Inicialmente, foram adicionados 3,5 litros de água por bandeja, restando no fundo de cada uma das bandejas cerca de 0,5 cm de água, depois de o solo ter absorvido água e ficado uniformemente molhado.

Em 30 de setembro de 1987, quando as plântulas tinham duas folhas desenvolvidas (estádio 12 da escala de Zadoks et al., 1974), foram iniciados os tratamentos de estresse, a seguir.

Tratamento I - Testemunha ou normal. Neste tratamento procurou-se deixar as plântulas de trigo com a quantidade adequada de água, permanecendo as bandejas com cerca de 0,5 cm de água. Esta quantidade era verificada e suprida diariamente.

Tratamento II - Com sombreamento artificial das plântulas. O sombreamento artificial foi conseguido com a utilização de sombrite, cuja malha permitiu a passagem de 60% da luminosidade incidente no tratamento-testemunha.

Tratamento III - Com excesso de água no solo (encharcamento do solo). Para que houvesse um permanente excesso de água no solo, os copos eram deixados dentro de bandejas com uma camada de água, cuja superfície estava a cerca de 2 cm abaixo da superfície do solo dentro dos copos. Diariamente a água era verificada e recolocada.

Tratamento IV - Com excesso de água no solo e com sombreamento artificial das plantas. Neste caso, foram reunidos os Tratamentos II e III, segundo o mesmo método já descrito.

Dezoito dias após o início dos tratamentos de estresse, correspondente ao estágio 16 da escala de Zadoks et al. (1974), as plântulas foram colhidas inteiras, e seu sistema radicular foi lavado em água corrente, até a eliminação total do solo que a ele estava aderido. Foi determinado o peso fresco e o peso seco da parte aérea e do sistema radicular. Para a determinação do peso fresco, as plântulas foram secadas à sombra, durante, aproximadamente, uma hora, antes das pesagens. A secagem foi feita para a eliminação de gotículas de água aderidas às plântulas por ocasião da lavagem de seu sistema radicular. Para aferição do peso seco do sistema radicular e da parte aérea, as plântulas

TABELA 1. Genótipos de trigo utilizados no experimento, e sua origem (FA/UFRGS, 1987).

| N ^o | Genótipo | Cruzamento | Ano de lançamento ou forma de obtenção (Genealogia) |
|----------------|--------------------|--|---|
| 01 | IAS 20-Iassul | Colônias//Kenia 58/Frontana | 1963 |
| 02 | BH 1146 | Ponta Grossa 1//Fronteira/Mentana | 1955 |
| 03 | BR 14 | IAS 63/ALD SIB//GTO/LV | 1985 |
| 04 | IAC 5-Maringá | Frontana/Kenia 58//PG1 | 1966 |
| 05 | Nobre | Colotana 824-51/Yaktana 54//Colotana 296-52 | 1969 |
| 06 | PF 839204 (BR 34) | ALV 110/2* IAS 54/6/TP/4/TZPP/SON 64//NAPO/3/CLANO/5/PF 6968 | 1989 |
| 07 | PF 84431 (BR 37) | MAZOE/8/LD*2/ALD SIB/7/TP/4/TZPP/SON 64//NAPO/3/CIANO/5/PF 6968/6/HAD/Jacui/9/Pelado Marau | 1990 |
| 08 | PF 85845 | " " | PF 16967-A-903F-652F-651F-1F-1F-4F-1F-0F |
| 09 | PF 84432 | LD*2/ALD SIB//2*HAD/7//ALZ 110/2*IAS 54/6/TP/4/TZPP/SON 64// NAPO/3/CIANO/5/PF 6968 | F 18022-1F-1F-1F-2F-3F-652F-0F |
| 10 | PF 843025 (173 DH) | " " | F 18022-1F-1F-2F (Duplo-haplóide obtido p/cultura de anteras) |
| 11 | PF 843083 (318 DH) | " " | F 18022-1F-1F-2F (Duplo-haplóide obtido p/cultura de anteras) |
| 12 | PF 853048 (431 DH) | TP/4/TZPP/SON 64//NAPO/3/CIANO/5/PF 6968/6/HAD SEL/Jacui/7/Copusu/8/CNT 1//DD*2/ALD SIB/3/IAC 5/HAD SEL/9/HAD SEL /Amigo/10/TP/4/TZPP/SON 64//NAPO/3/CIANO/5/PF 6968/6/HAD SEL/Jacui/7/Copusu/8/LD/CNT 1//LD*2/ALD SIB/3/IAC 5 HAD SEL | F 25959 (Duplo-haplóide obtido por cultura de anteras) |

foram colocadas em pacotes de papel, individualmente, e secadas em estufa, por 72 horas, a uma temperatura de 60 °C. Todas as pesagens foram efetuadas em balança de precisão, marca Mettler.

Foram utilizadas, inicialmente, nove plantas por tratamento e por variedade. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com número básico de nove repetições, representadas pelas plantas. Entretanto, para análise estatística, foram eliminadas algumas plantas, que haviam sido danificadas por ocasião da lavagem das raízes. Os dados obtidos foram analisados com auxílio do programa de computação SAS (SAS, 1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados incluídos na Tabela 2 permitem verificar, em todos os casos, que houve significância estatística no tocante ao modelo aplicado. No entanto, pela observação dos coeficientes de determinação, ficou evidenciado que apenas no que

tange à variável peso seco do sistema radicular ($R^2 = 0,56$) houve considerável explicação do modelo, enquanto no que diz respeito às demais variáveis os valores de R^2 foram baixos. Também os coeficientes de variação foram todos altos, isto é, de 25,45 e 29,41%, no tocante a peso seco da parte aérea da planta e peso seco do sistema radicular, respectivamente. Quando foram separados os efeitos, houve significância estatística entre variedades, em todas as variáveis estudadas. No caso dos tratamentos, somente não foram significativos os efeitos relativos à variável peso fresco total, que, ao contrário das demais, foi a única variável que apresentou significância estatística na interação variedades x tratamento (Tabela 2).

Na Tabela 3 são mostradas as médias das cultivares dos quatro tratamentos aplicados. Quanto à variável peso fresco da parte aérea, os tratamentos

TABELA 2. Quadrados médios da análise da variância, médias (X), coeficientes de determinação (R²) e coeficientes de variação (CV) do Experimento nº 2 - Teste dos genitores sob estresse de água e luz, em casa de vegetação (FA/UFRGS, 1987).

| Fonte de variação | Grau de liberdade | Peso fresco da parte aérea da plântula (g) | Peso fresco total da plântula (g) | Peso fresco da parte aérea da plântula (mg) | Peso seco do sistema radicular da plântula (mg) |
|-------------------|-------------------|--|-----------------------------------|---|---|
| Modelo | 47 | 0,534** | 2,774** | 32.148,845** | 63.959,594** |
| Erro | 371 | 0,214 | 0,548 | 11.114,935 | 6.295,595 |
| X | - | 1,659 | 2,570 | 414,480 | 269,768 |
| R ² | - | 0,24 | 0,39 | 0,27 | 0,56 |
| CV (%) | - | 27,90 | 28,79 | 25,45 | 29,41 |
| Variedade | 11 | 0,852** | 8,485** | 36.109,631** | 94.365,186** |
| Tratamento | 3 | 1,548** | 0,815 | 197.506,391** | 577.702,532** |
| Var x Trat | 33 | 0,337 | 1,048** | 15.796,079 | 7.120,494 |

** Significativo a 1 %, pelo teste F.

I, II e IV tiveram comportamento semelhante entre si, não diferindo estatisticamente. Já o tratamento II, com excesso de água no solo, foi estatisticamente diferente dos tratamentos com sombra (II e IV), mas não diferiu da testemunha.

Considerando o peso fresco total das plântulas (parte aérea mais sistema radicular), pode-se notar que os quatro tratamentos tiveram comportamento semelhante, ou seja, não houve diferença estatística significativa entre eles. Quando analisado o peso seco médio da parte aérea das plântulas, os tratamentos que envolviam sombreamento (II e IV) revelaram médias inferiores às da testemunha e às do tratamento III, com excesso de água no solo. Finalmente, no tocante a peso seco do sistema radicular, as médias dos tratamentos com excesso de água (III e IV) foram inferiores à do tratamento II, com sombreamento, que, por sua vez, apresentou diferença estatística significativa quando comparado à testemunha, que revelou a maior média de peso seco do sistema radicular (Tabela 3).

As médias de cada cultivar nos quatro tratamentos em conjunto são apresentadas na Tabela 4. Observa-se que, para a variável peso fresco da parte aérea, a cultivar IAC 5 foi a que alcançou maior peso, porém não diferindo estatisticamente dos genótipos PF 853048, PF 85845, PF 843025, Nobre e IAS 20. Enquanto isto, PF 839204 (BR 34) foi o genótipo de menor peso fresco da parte aérea. Quando considerado o peso fresco total, PF 85845 e IAC 5 mostraram as maiores médias, 3,595 e 3,287 g, respectivamente, diferindo estatisticamen-

te dos demais genótipos, e PF 843083 teve a menor média, ou seja 1,905 g.

Ao ser analisado o peso seco da parte aérea, novamente a cultivar IAC-5 demonstrou comportamento superior, atingindo a maior média (474,83 mg), enquanto as menores médias foram reveladas pelos genótipos PF 84431 (BR 37) (370,15 mg), PF 85845 (373,03 mg) e PF 84432 (379,34 mg). Além disto, de maneira geral, houve um comportamento bastante semelhante dos genótipos, e houve a formação de apenas duas classes, das quais somente a IAC 5 revelou comportamento diferenciado da classe inferior.

PF 853048, com 366,19 mg, e PF 85845, com 337,75 mg, apresentaram os mais altos pesos secos médios de sistema radicular. Da mesma forma, vê-se, na Tabela 4, que os genótipos PF 843083, PF 84431 (BR 37), PF 843025 e Nobre foram os que revelaram desempenho inferior relativamente ao peso seco do sistema radicular.

A interpretação dos resultados revela severos danos ao sistema radicular, evidenciados pelas expressivas reduções de peso seco das raízes, quando foram aplicados estresses de sombreamento e excesso de água no solo, em casa de vegetação. Além disso, observações visuais realizadas neste experimento evidenciaram diferentes formas de danos às plantas de trigo, desde o amarelamento da ponta das folhas, sua senescência, até a inibição do crescimento, o que confirma observações anteriores, como as referidas por Luxmoore et al. (1973) e Drew (1983).

TABELA 3. Teste de Tukey para médias de peso fresco da parte aérea (g), peso fresco total (g), peso seco da parte aérea (mg) e peso seco do sistema radicular de plântula para 12 cultivares de trigo submetidas a quatro tratamentos em casa de vegetação (FA/UFRGS, 1987)¹.

| Caráter ² | Tratamento | | | |
|----------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | Tratamento I ³ | Tratamento II ⁴ | Tratamento III ⁵ | Tratamento IV ⁶ |
| PFFA (g) | 1,627 AB | 1,787 A | 1,502 B | 1,712 A |
| PFT (g) | 2,553 A | 2,675 A | 2,463 A | 2,585 A |
| PSPA (mg) | 457,91 A | 370,70 B | 446,06 A | 385,53 B |
| PSSR (mg) | 365,56 A | 290,29 B | 224,27 C | 199,70 C |

¹ Médias acompanhadas da mesma letra, na horizontal, não diferem estatisticamente entre si a 1 %, pelo teste de Tukey.

² PFFA = peso fresco da parte aérea; PFT = peso fresco total; PSPA = peso seco da parte aérea; PSSR = peso seco do sistema radicular.

³ Normal ou testemunha

⁴ Com sombreamento artificial

⁵ Com excesso de água no solo

⁶ Com sombreamento artificial e excesso de água no solo

TABELA 4. Teste de Tukey para médias do peso fresco (g) da parte aérea (PFFA) e total (PFT) e peso seco (mg) da parte aérea (PSPA) e das raízes (PSSR) de plântulas de trigo submetidas a estresses causados por sombreamento e por excesso de água no solo. Experimento n° 2, em casa de vegetação (FA/UFRGS, 1987)¹.

| Genótipo e/ou número | PFFA (g) | PFT (g) | PSPA (mg) | PSSR (mg) |
|----------------------|-----------|------------|-----------|------------|
| IAS 20 | 1,713 ABC | 2,707 BCD | 416,43 AB | 283,97 BCD |
| BH 1146 | 1,550 BC | 2,612 CDE | 399,58 AB | 267,55 CDE |
| BR 14 | 1,582 BC | 2,309 CDEF | 401,79 AB | 252,06 CDE |
| IAC 5 | 1,996 A | 3,287 AB | 474,83 A | 302,71 BC |
| NOBRE | 1,724 ABC | 2,527 CDE | 416,58 AB | 237,58 DEF |
| PF 839204 (BR 34) | 1,382 C | 2,104 EF | 413,91 AB | 248,54 CDE |
| PF 84431 (BR 37) | 1,605 BC | 2,421 CDEF | 370,15 B | 219,47 EF |
| PF 84432 | 1,534 BC | 2,365 CDEF | 379,34 B | 301,06 BC |
| PF 85845 | 1,735 ABC | 3,595 A | 373,03 B | 337,75 AB |
| PF 843025 | 1,726 ABC | 2,145 DEF | 437,20 AB | 230,71 DEF |
| PF 843083 | 1,564 BC | 1,905 F | 452,17 AB | 185,67 F |
| PF 853048 | 1,779 AB | 2,831 BC | 435,36 AB | 366,19 A |

¹ Médias acompanhadas da mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente entre si a 1%, pelo teste de Turkey.

Por outro lado, os resultados obtidos no experimento evidenciaram alguma complexidade ao serem avaliados os genótipos, em face dos tratamentos aplicados. Guyot & Prioul (1985a) já haviam comentado que as diferentes respostas das plantas sobre uma coluna de terra estariam ligadas, provavelmente, à falta de domínio das condições de solo, que limitava as possibilidades de uma análise mais profunda, em face do intenso número de fatores envolvidos.

Considerando o peso fresco total das plântulas (Tabela 3), a similaridade dos resultados nos quatro tratamentos evidenciou que este caráter não foi efetivo nas diferenciações dos tratamentos

aplicados. Da mesma forma, o peso fresco da parte aérea não foi efetivo na diferenciação entre tratamentos com sombra e testemunha. Ao que parece, o tempo de exposição ao estresse não foi suficientemente longo para a quantificação das diferenças. Por outro lado, ao ser observado o peso seco, ficou evidenciado que os tratamentos com sombreamento tiveram maior efeito sobre a parte aérea das plântulas, e que os tratamentos com excesso de água causaram grandes danos ao sistema radicular. O dano ao sistema radicular esteve representado, com maior intensidade, pelo apodrecimento das raízes mais profundas, quando houve excesso de água no solo. Este apodrecimento

de raízes, provavelmente causado pelo déficit de oxigênio no solo, confirma estudos anteriores realizados por Williamson (1964), Yu et al. (1969), Kramer (1969) e por Treshow (1970). No caso do sombreamento, o dano foi evidenciado pela menor ramificação das raízes, possivelmente devido a uma menor exportação de fotoassimilados da parte aérea para o sistema radicular, causando um desequilíbrio da relação parte aérea/sistema radicular, fato este já relatado por Wardlaw (1970).

Na Tabela 4, pode ser comprovado o expressivo desempenho dos genótipos IAC 5, quanto a peso seco da parte aérea e PF 853048, IAS 20, IAC 5, PF 84432, e PF 85845 quanto a peso seco de raízes, o que evidencia a possibilidade de seleção de genótipos superiores quanto a estes caracteres. Estes resultados estiveram de acordo com os publicados por Wendt & Caetano (1985) em relação à variedade IAS 20. Também os resultados obtidos preliminarmente com IAC 5 foram confirmados neste ensaio.

Os resultados aqui obtidos, e os do Experimento 1, relatado por Scheeren (1990), reforçaram a necessidade de maior atenção na seleção de plantas de trigo mais adaptadas aos estresses causados pelo excesso de água no solo e pelo sombreamento, principalmente em relação ao sistema radicular, no qual foram detectadas expressivas diferenças. Além disto, considerando estes resultados, juntamente com os trabalhos publicados por diversos autores (Kramer, 1951, 1969; Williamson, 1964; Friend, 1965; Yu et al., 1969; Luxmoore & Stolzy, 1969; Treshow, 1970; Wardlaw, 1970; Willey & Holliday, 1971; Drew, 1983; Guyot & Prioul, 1985b; Gajri & Prihar, 1985), e considerando também o período de cultivo do trigo (maio-novembro) no Estado do Rio Grande do Sul, onde a frequência de períodos com excesso de precipitação pluvial e dias encobertos (cerca de 40% dos dias) é comum nos meses de julho e agosto, é possível compreender que o desenvolvimento do sistema radicular é frequentemente superficial durante os estádios de afilamento e de alongamento. Esta superficialidade do sistema radicular ocorre em função da grande disponibilidade de água próximo a superfície do solo, causando falta de aeração do solo, e apodrecimento das raízes mais profundas, e em função do desenvolvimento de raízes adventícias,

com maior porosidade, quando o solo estiver encharcado. Assim, plantas com razoável desenvolvimento da parte aérea e deficientes em raízes, pela menor exportação de assimilados da parte aérea para as raízes, provavelmente também serão mais suscetíveis ao acamamento, reduzindo a área foliar exposta à luz natural incidente e, ao mesmo tempo, predispondo estas mesmas plantas ao ataque mais intenso de moléstias fúngicas em caso de condições favoráveis, resultando em decréscimo de produtividade. Outro fator a ser considerado é a ocorrência de curtos períodos com déficit hídrico nos meses de setembro e outubro, atingindo a cultura nos estádios de emborrachamento, florescimento e enchimento de grãos. Se as plantas de trigo tiverem um sistema radicular superficial e pouco desenvolvido em ramificações, dificultando a absorção de água e nutrientes de camadas mais profundas de solo, haverá um comprometimento do desenvolvimento das plantas, impedindo a expressão completa de seu potencial de rendimento de grãos.

CONCLUSÕES

1. O excesso de água no solo e a redução de disponibilidade de luz provocaram profundas reduções no peso seco e nas ramificações de raízes e no peso seco da parte aérea das plântulas de trigo, respectivamente, o que evidencia que ambos são fatores de importância no desenvolvimento do trigo.
2. Existe variabilidade entre os genótipos de trigo em relação aos efeitos do excesso de água no solo e da baixa luminosidade.
3. O peso seco das raízes parece ser o caráter mais eficiente para diferenciar genótipos de trigo submetidos aos estresses de água no solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPT/EMBRAPA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro prestado para o desenvolvimento deste trabalho. Ao Dr. Vanderlei da Rosa Caetano, pelas sugestões e pelo fornecimento das linhagens de trigo utilizadas nestes experimentos.

REFERÊNCIAS

- ASPINAL, D.; PALEG, L.G. Effects of day length and light intensity of growth of barley. III. Vegetative development. *Australian Journal of Biological Science*, v.17, p.807-822, 1964.
- BUDDENHAGEN, I.W. Breeding strategies for stress and disease resistance in developing countries. *Annual Review of Phytopathology*, v.21, p.385-409, 1983.
- BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; SACCOL, A.V.; FONTANA, G.; FERREIRA, M.; SCHNEIDER, F.; AITA, L.; GIARETTA, A. **Balanco hídrico seriado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM-CCR-Departamento de Fitotecnia, 1977. 216p. (UFSM-CCR-Departamento de Fitotecnia. Publicação Avulsa, 2).
- COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo para a cultura do trigo em 1987**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987. 74p.
- DREW, M.C. Plant injury and adaptation to oxygen deficiency in the root environment: review. *Plant and Soil*, v.15, p.179-199, 1983.
- FRIEND, D.J.C. Tillering and leaf production in wheat as affected by temperature and light intensity. *Canadian Journal of Botany*, v.43, p.1063-1076, 1965.
- GAJRI, P.R.; PRIHAR, S.S. Rotting, water use and yield relations. *Field Crops Research*, v.12, p.115-132, 1985.
- GUYOT, C.; PRIOUL, J.L. Correction par la fertilisation minérale des effets de l'ennoyage sur le blé d'hiver. I. - Expérimentation sur sol. *Agronomie*, v.5, n.8, p.743-750, 1985a.
- GUYOT, C.; PRIOUL, J.L. Correction par la fertilisation minérale des effets de l'ennoyage sur le blé d'hiver. II. - Expérimentation en culture hydroponique. *Agronomie*, v.5, n.8, p.751-759, 1985b.
- HURD, E.A. Growth of roots of seven varieties of spring wheat at high and low moisture levels. *Agronomy Journal*, v.60, p.201-205, 1968.
- INNES, P.; BLACKWELL, R.D.; QUARRIE, S.A. Some effects of genetic variation in drought-induced abscisic acid accumulation on the yield and water use of spring wheat. *Journal of Agricultural Science*, v.102, p.341-351, 1984.
- IPAGRO. **Observações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1979. 272p. (IPAGRO. Boletim Técnico, 3).
- JACKSON, W.T. The role of adventitious roots in recovery of shoots following flooding of the original root systems. *American Journal of Botany*, v.42, p.816-819, 1955.
- JUDEL, G.K.; MENGEL, K. Effect of shading on nonstructural carbohydrates and their turnover in culms on leaves during the grain period of spring wheat. *Crop Science*, v.22, p.958-962, 1982.
- KRAMER, P.J. Causes of injury to plants resulting from flooding of the soil. *Plant Physiology*, v.26, p.722-736, 1951.
- KRAMER, P.J. Factors affecting the absorption of water. In: KRAMER, P.J. **Plant & soil water relationships: a modern synthesis**. New York: McGraw-Hill, 1969. Cap.6, p.174-213.
- LUXMOORE, R.J.; FISCHER, R.A.; STOLZY, L.H. Flooding and soil temperature effects on wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, v.65, p.361-364, 1973.
- LUXMOORE, R.J.; STOLZY, L.H. Root porosity and growth responses of rice and maize to oxygen supply. *Agronomy Journal*, v.61, p.202-204, 1969.
- RICKMAN, R.W.; KLEPPER, B.; PETERSON, C.M. Wheat seedling growth and developmental response to incident photosynthetically active radiation. *Agronomy Journal*, v.77, p.283-287, 1985.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS user's guide: statistics version. 5.ed.** Cary, NC, 1985. 956p.
- SCHEEREN, P.L. **Respostas do trigo (*Triticum aestivum* L.) aos estresses causados por baixa luminosidade e/ou excesso de água no solo: suas implicações com o melhoramento genético**. Porto Alegre: UFRGS, 1990. 191p. Tese de Doutorado.
- TRESHOW, M. **Environment and plant response**. New York: McGraw-Hill, 1970. 422p.
- WARDLAW, I.F. The early stages of grain development in wheat: response to light and temperature in a single variety. *Australian Journal of Biological Science*, v.23, p.765-774, 1970.
- WENDT, W.; CAETANO, V. da R. **Efeito do sombreamento artificial em trigo**. [S.l.: s.n.], 1985. 7p. Trabalho apresentado no IV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1985, Londrina, PR.
- WILEY, R.W.; HOLLIDAY, R. Plant population and shading studies in barley. *Journal of Agricultural Science*, v.77, p.445-452, 1971.
- WILLIAMSON, R.E. The effect of root aeration on plant growth. *Soil Science Society of America. Proceedings*, v.28, p.86-90, 1964.
- YU, P.T.; STOLZY, L.H.; LETEY, J. Survival of plants under prolonged flooded conditions. *Agronomy Journal*, v.61, p.844-847, 1969.
- ZADOKS, 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.