

EFEITO DE HIDRATAÇÃO E DESIDRATAÇÃO NO DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE TRIGO¹

CARLOS AUGUSTO PEREIRA MOTTA² e WALTER RODRIGUES DA SILVA³

RESUMO - Com o objetivo de avaliar os efeitos da secagem durante o processo germinativo, sementes de trigo (*Triticum aestivum* L. cv. OCEPAR 7 - Bатуíra) foram submetidas a períodos crescentes de hidratação, que variaram de 3 a 48 horas, com intervalos de três horas entre si. A população de cada período de hidratação foi separada em grupos, com base nas características visíveis de desenvolvimento embrionário, e, a seguir, procedeu-se à secagem até a umidade original. As amostras de cada grupo, após um período de dois meses de armazenamento em câmara fria, foram avaliadas quanto ao desempenho fisiológico. Os resultados obtidos pelos grupos de desenvolvimento foram comparados entre si e com os da população completa do período. Concluiu-se que os indivíduos de uma população de sementes submetida a hidratação que atingem estádios de desenvolvimento mais avançados apresentam maior resistência à secagem. A emissão da raiz primária, por si só, não representa um referencial adequado, na definição do momento, dentro do processo germinativo, a partir do qual as sementes tornam-se sensíveis à desidratação. A desidratação após a emissão radicular provoca a morte da raiz primária; contudo, com a reidratação, a retomada do crescimento das raízes ocorre a partir de iniciações secundárias.

Termos para indexação: *Triticum aestivum*, desenvolvimento embrionário, umidade, tolerância à desidratação.

EFFECTS OF HYDRATION AND DEHYDRATION ON PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF WHEAT SEEDS

ABSTRACT - With the purpose of evaluating the effect of drying during the germinative process, wheat (*Triticum aestivum* L. cv. OCEPAR 7 - Bатуíra) seeds were exposed to different periods of hydration, ranging from 3 to 48 hours, at intervals of three hours. The seed population of each period of hydration was separated into groups based on characteristics of the embryonic development and after that, dried up to original humidity. The samples of each group were evaluated in relation to the physiological performance. The results obtained for each group were evaluated and compared with the seeds of different groups and with the original population in each treatment. The analysis of the results allowed the following conclusions: the best performance and tolerance to dehydration are found in seeds that reach a more advanced development stage in a shorter period of hydration. The emission of the primary root alone is not a suitable indicator for determination of the moment, during the germination process, in which seeds become sensitive to drying. The dehydration after the root emission resulted in the death of the primary root; however, the root development takes place after rehydration by secondary root initiations.

Index terms: *Triticum aestivum*, embryonic development, humidity, dehydration tolerance.

¹ Aceito para publicação em 7 de outubro de 1996.

Extraído da Tese de Doutorado apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), pelo primeiro autor.

² Eng. Agr., Ph.D., Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 481, CEP 86001-970 Londrina, PR.

³ Eng. Agr., Ph.D., ESALQ/LA6, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

INTRODUÇÃO

Tem sido sugerido que, uma vez atingido um nível crítico de hidratação, a semente viável e não dormente procederá no sentido da germinação plena; por outro lado, sabe-se que alterações fisiológicas ocorrerão sob hidratação parcial ou quando a germinação é interrompida pela desidratação (Hegarty, 1977a; 1977b; 1978; Lush & Groves, 1981).

Em condições de campo, são de ocorrência comum as situações nas quais o fornecimento de água em níveis favoráveis à germinação é interrompido após o processo ter sido iniciado. É o que acontece, por exemplo, em sementes de algumas cultivares de trigo que, não apresentando dormência de pós-maturidade, atravessam períodos chuvosos na época de pré-colheita. Muitas sementes podem iniciar a germinação ainda na espiga da planta-mãe. (Bauer & Black, 1983; King, 1984; Clarke & DePauw, 1989; McCraig & DePauw, 1992).

Outro exemplo é o das semeaduras em solo com baixo potencial hídrico: algumas sementes podem absorver água suficiente para iniciar o processo de germinação. Estas sementes são embebidas a um nível que não permite o desenvolvimento da plântula, embora a emergência da radícula possa, ou não, haver ocorrido. As sementes neste estado poderão tolerar a condição de estresse hídrico, e, quando o conteúdo de água tornar-se adequado, continuar o processo de emergência, ou, então, morrer por causas fisiológicas ou patológicas (Hegarty, 1977a).

A germinação apenas parcial, causada por limitações na disponibilidade hídrica, pode acontecer em algumas espécies, sem, no entanto, comprometer a viabilidade das sementes (Watt, 1982). Estudando o efeito de diferentes potenciais de água na germinação de gramíneas, Watt (1974, 1978) observou a existência de um estágio intermediário, na germinação, no qual a semente conserva seu potencial de germinabilidade, mesmo em condições secas; denominou este fenômeno de hidropêdesis, para distingui-lo da germinação propriamente dita, considerando-o um importante mecanismo ecológico de adaptação em algumas espécies.

O estágio de germinação, no qual ocorre a desidratação, é, no entanto, de fundamental importância: pesquisas têm mostrado que as sementes apresentam tolerância decrescente à dessecação, à medida que avançam no processo germinativo. Considera-se que as sementes tornam-se mais sensíveis à desidratação a partir do momento em que ocorre a fase visível da germinação, com a emissão do eixo embrionário. A secagem da semente a partir desta fase pode provocar danos irreparáveis ao embrião, capazes de impedir a retomada do processo de germinação na reidratação (May et al., 1962; Henckel, 1964; Chen et al., 1968; Salim & Todd, 1968; Deltour & Jacquard, 1974; Hegarty, 1978; Bewley & Black, 1985; Bradford, 1986).

Carcellar & Soriano (1972), no entanto, secaram sementes de trigo, com a emergência das raízes presente, sem que fossem constatados efeitos deletérios na qualidade fisiológica; mesmo quando o processo foi realizado repetidamente, a viabilidade foi mantida em algumas sementes. Plântulas em estádios avançados da germinação puderam ser desidratadas sem que houvesse a morte; a retomada do desenvolvimento radicular, contudo, deu-se a partir de raízes secundárias (Sen & Osborne, 1974).

Hegarty (1977b), por outro lado, relata que, mesmo em condições uniformes de solo, ocorrem variações na resposta ao estresse hídrico entre os indivíduos dentro da população de um mesmo lote de sementes.

Apesar da extensa literatura existente sobre os efeitos da hidratação e secagem no comportamento de sementes, poucos têm sido os trabalhos que relacionam os resultados às características do lote empregado, ou mesmo, às respostas individuais das sementes de um único lote. Além disso, vários aspectos associados ao processo de hidratação/desidratação de sementes permanecem pouco elucidados; entre estes, o nível de hidratação e o período de embebição requeridos para que a semente atinja determinado estágio de desenvolvimento. Outras dúvidas, relativas aos efeitos da desidratação no decorrer do processo de germinação, devem ser consideradas, levando-se em conta que, dentro de uma população de sementes submetida a determinado período de hidratação existem diferenças individuais quanto ao estágio de desenvolvimento atingido e ao nível de tolerância à secagem.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito provocado pela desidratação durante o processo germinativo, em diferentes estádios de desenvolvimento embrionário, no desempenho fisiológico subsequente de sementes de trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), em Piracicaba, SP, e nos laboratórios de Fisiologia Vegetal e de Análise de Sementes do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Londrina, PR, durante o período de junho de 1991 a novembro de 1992.

Foram utilizadas sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) da cultivar OCEPAR 7 - Bатуira, descrito por IAPAR (1991) como sendo de porte baixo e ciclo de precoce. As sementes, obtidas junto ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), provieram de um lote colhido na safra de 1990, com as seguintes características de qualidade inicial: germinação, 82%; sementes germinadas na primeira contagem (quarto dia) do teste de germinação, 72%; condutividade elétrica do meio de embebição, 24,15 μ mhos/cm/g.

As amostras de sementes foram previamente padronizadas quanto ao tamanho, com peneiras de crivos oblongos de $6\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ e $9/64 \times \frac{3}{4}$ de polegada, e peneiras de crivos circulares de $10\frac{1}{2}/64$ e $7\frac{1}{2}/64$ de polegada. Além disso, foram retiradas as sementes que apresentavam qualquer sinal visível de germinação. O material assim selecionado foi armazenado em câmara seca (a 50% UR e 20°C) durante a realização do trabalho.

Obtenção dos tratamentos

Os tratamentos consistiram em submeter as sementes a períodos de 3 a 48 horas de hidratação com intervalos, entre eles, de três horas. As sementes eram mantidas em rolos de papel toalha, umedecidos na razão de 2,5 vezes o peso do papel seco, e em germinador regulado à temperatura de 20°C.

Caracterização dos tratamentos

Ao término de cada período de embebição, foram tomadas amostras para a caracterização dos tratamentos quanto ao teor de água absorvido e quanto aos estádios de desenvolvimento germinativo presentes, observando-se a seqüência de eventos que ocorre durante o processo de germinação descrita, no tocante ao gênero *Triticum*, por Hayward (1953).

O teor de água absorvido foi determinado em duas repetições de 50 sementes inteiras, da amostra completa do período, pelo método de estufa regulada a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, descrito nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1980).

Em duas amostras de 100 sementes, por tratamento de hidratação, foi determinada a porcentagem de ocorrência dos estádios de desenvolvimento embrionário distinguíveis com o auxílio de lupa (aumento de 10 vezes). Considerou-se, nesta caracterização, o intumescimento, a ruptura do pericarpo e a exposição do eixo embrionário, a emissão das raízes, e o comprimento da raiz primária.

A seguir, as amostras obtidas nos tratamentos de hidratação foram subdivididas em grupos de desenvolvimento embrionário previamente estabelecidos, os quais encontram-se caracterizados na Fig. 1.

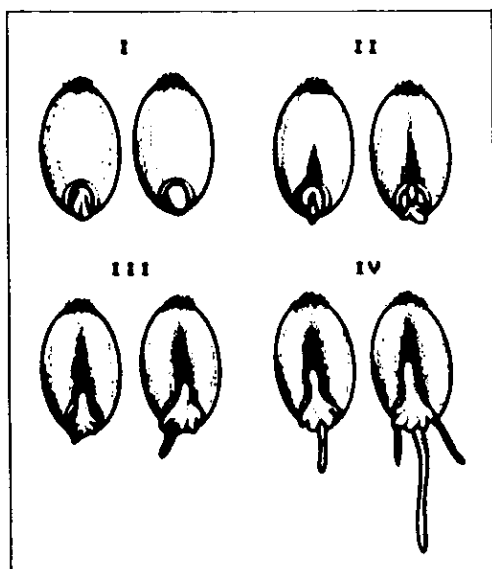


FIG. 1. Esquema de cariopses de trigo representando os limites dos estádios considerados na formação dos grupos de desenvolvimento embrionário. I: embebição da cariopse (fase não-visível do processo de germinação); II: exposição do eixo embrionário (cariopses com o pericarpo rompido e protrusão da coleorriza); III: emissão radicular (raiz primária menor ou igual a 3 mm de comprimento); IV: crescimento radicular (raiz primária com comprimento superior a 3 mm).

Os grupos de desenvolvimento obtidos em cada período de hidratação foram caracterizados quanto ao teor de água absorvido e ao percentual de ocorrência na amostra do período considerado, e, a seguir, submetidos à secagem, em estufa com ar circulante, regulada à temperatura de 30°C, até retornarem à umidade original (em torno de 12%). Após a secagem, o material foi acondicionado em sacos de plástico lacrados e mantido no interior de câmara fria, com temperatura controlada de 10°C, pelo período de dois meses que antecederam a realização dos testes laboratoriais.

Avaliação do desempenho fisiológico

As avaliações foram realizadas em seis repetições de cada tratamento, por meio dos testes de germinação, de emergência em areia, de primeira contagem de germinação, de velocidade de emergência em areia, do comprimento de plântulas e da condutividade do meio de embebição.

Teste de germinação

Foi realizado em quatro amostras de dez sementes por repetição dos tratamentos, de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1980).

Emergência em areia

Foram semeadas quatro réplicas de dez sementes da população completa e de cada grupo de desenvolvimento por repetição estatística em caixas de plástico contendo areia lavada umedecida na razão de 70% de sua capacidade de retenção de água. As sementes foram distribuídas sobre uma camada do substrato com 6 cm de espessura, e recobertas por outra com 2 cm de espessura (Marcos Filho et al., 1987). O conjunto foi mantido em condições de ambiente e o resultado, expresso em porcentagem, foi obtido do total de plântulas emersas ao final de oito dias a partir da semeadura.

Primeira contagem de germinação

Foi realizada em conjunto com o teste de germinação, considerando a porcentagem de plântulas que no quarto dia após a semeadura apresentavam as características de normalidade descritas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1980), e o comprimento mínimo de 5 cm.

Índice de velocidade de emergência (IVE)

Foi determinado em conjunto com o teste de emergência em areia; o índice foi obtido a partir da contagem diária das plântulas emersas, através da equação indicada por Maguire (1962):

$$I.V.E. = G1/d1 + G2/d2 + \dots + Gn/dn,$$

onde:

G = número de plântulas emersas em cada dia de contagem.

d = número de dias decorridos da semeadura até a contagem.

Avaliação do comprimento das plântulas

Foram empregadas quatro amostras de dez sementes por repetição estatística. O procedimento básico foi similar ao do teste de germinação em rolos de papel, considerando algumas especificações propostas pelo Comitê de Vigor da Association of Official Seed Analysts (1983). As sementes foram instaladas sobre uma linha traçada no papel-toalha de base, com a radícula posicionada para baixo. Os rolos foram colocados no interior de sacos de plástico e levados a um germinador, à temperatura de 20°C, onde permaneceram por sete dias em ausência de luz. Ao final do período, foi registrado o comprimento total de cada plântula, considerando-se as plântulas normais e as anormais; o somatório das medidas de comprimento foi dividido pelo número de plântulas avaliadas, e o resultado foi expresso em cm/plântula.

Condutividade elétrica

Foi determinada pelo método de condutividade de massa, indicado pelo Comitê de Vigor da Association of Official Seed Analysts (1983), em quatro amostras de 25 sementes por repetição estatística. Após a pesagem de cada amostra, as sementes foram colocadas em copos padronizados contendo 75 ml de água deionizada e, a seguir, levadas a uma câmara regulada à temperatura de 20°C, durante 24 horas. Ao final deste período, foi determinada a condutividade elétrica da solução através de um condutímetro. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mhos/cm/g}$ de sementes.

Procedimento estatístico

Os dados foram analisados no Sistema de Análise para Microcomputadores - SANEST - (Zonta et al., 1984), isoladamente em relação a cada parâmetro estudado, em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Para análise de variância, os dados em porcentagem sofreram a transformação arco seno $\sqrt{\%/100}$. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Foram efetuadas análises comparativas dos resultados médios obtidos pelos grupos e pela amostra total de cada período considerado. Além destas, foram feitas análises comparativas entre os dados obtidos por sementes de um mesmo grupo de desenvolvimento, porém oriundas de períodos de hidratação diferentes. Neste caso, foram comparadas as médias obtidas por sementes da amostra total de cada período de hidratação, assim como de sementes sem pré-hidratação e expostas ao ambiente de secagem a que os tratamentos foram submetidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos tratamentos

A porcentagem de ocorrência de sementes dos grupos de desenvolvimento embrionário nas amostras de cada um dos diferentes períodos de hidratação e seus respectivos conteúdos de água, estão presentes, respectivamente, nas Fig. 2 e 3.

A observação das Figs. 2 e 3 permite verificar que o início da fase visível da germinação (grupo II) ocorreu em uma pequena proporção de sementes a partir de doze horas de hidratação, e que o teor de água requerido para atingir este estágio foi de 42%; as sementes representantes do grupo III necessitaram de 30 horas de hidratação, com o conteúdo de água em torno de 47%; o grupo IV é detectado a partir de 36 horas de hidratação, apresentando teor de água superior a 51%. Os grupos I, II e IV predominaram, respectivamente, nos intervalos 3-21, 24-42 e 45-48 horas de hidratação; o grupo III, em nenhuma hidratação apresentou freqüências que o tornassem predominante na população. Verificou-se, ainda, ampliação da variabilidade da população à medida que era aumentado o tempo de hidratação; dessa forma, entre 36 e 48 horas, todos os grupos de desenvolvimento estiveram presentes.

As Figs. 2 e 3 indicam que até 33 horas de hidratação os grupos mais avançados de desenvolvimento tenderam a apresentar teores de água superiores aos dos demais. Contudo, a partir de 36 horas, os teores de água nos grupos I, II e III mantiveram-se similares entre si e inferiores aos do grupo IV. Foram verificados acréscimos decrescentes, no de teor de água das sementes do grupo I com o aumento do período de hidratação. As sementes dos grupos II e III mantiveram teores de água praticamente constantes, em todos os períodos em que foram obtidos; o grupo IV, por sua vez, apresentou maiores acréscimos de água do que os demais grupos. Segundo Hegarty (1978), a hidratação das sementes de um mesmo lote ocorre em diferentes taxas em cada indivíduo, havendo sementes que, não germinadas, apresentam teor de água similar ou superior ao das germinadas. Abdul-Baki & Anderson (1972), por sua vez, sugerem que, quanto mais baixo o vigor da semente, maior é o seu requerimento de água para germinar. Estes relatos podem explicar a presença de teores de água equivalentes em grupos de desenvolvimento distintos, e a existência de teores de água distintos em um mesmo grupo.

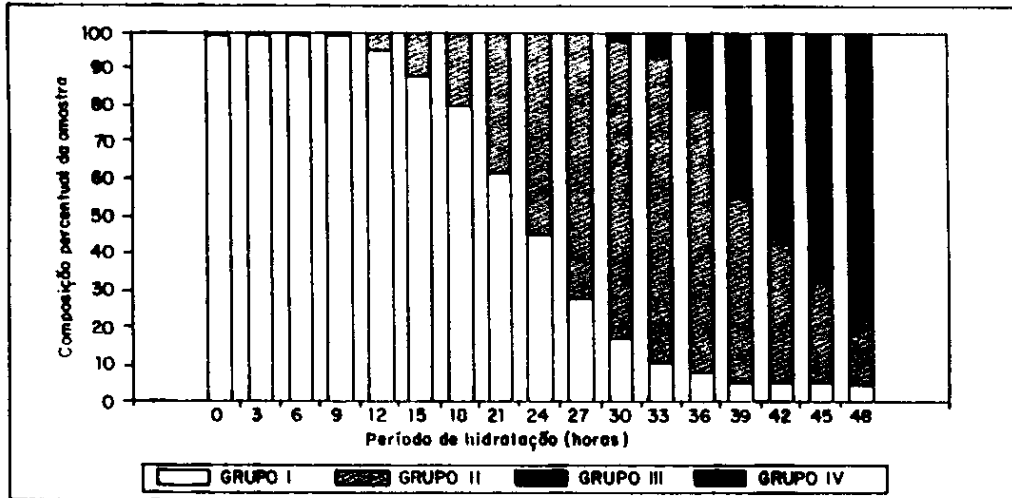


FIG. 2. Percentual de ocorrência dos grupos de desenvolvimento embrionário nas amostras de sementes de trigo submetidas a períodos crescentes de hidratação. I: embebição; II: exposição do eixo embrionário; III: emissão da raiz primária; IV: crescimento radicular.

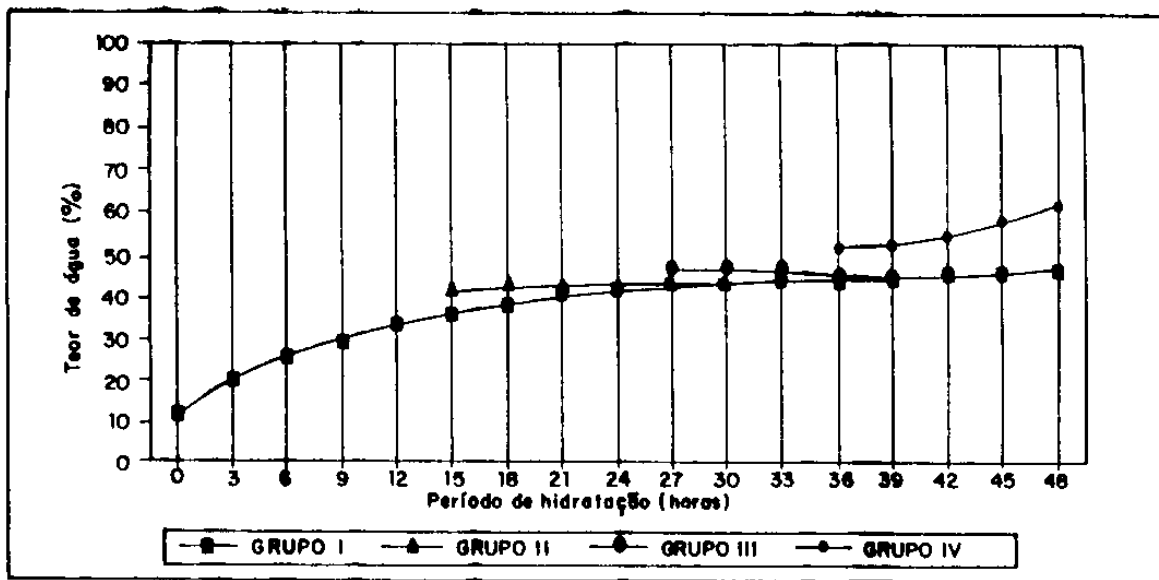


FIG. 3. Teor de água dos grupos de desenvolvimento embrionário, em função do período de hidratação em que foram obtidos. I: embebição; II: exposição do eixo embrionário; III: emissão da raiz primária; IV: crescimento radicular.

Desempenho fisiológico

Os dados obtidos nos testes de germinação e de emergência em areia (Tabelas 1 e 2) mostram que os grupos de desenvolvimento observados isoladamente tenderam a perder desempenho com a ampliação do período de hidratação em que foram obtidos. Por outro lado, os indivíduos mais precoces dos grupos II, III e IV na germinação, e II e IV na emergência, apresentaram melhor desempenho, em valores absolutos, do que a testemunha sem pré-hidratação (Período 0).

Observados os tratamentos de hidratação, verifica-se que a população total e os grupos II, III e IV mantiveram resultados semelhantes entre si, enquanto o grupo I, a partir de 15 horas, tendeu a ser inferior aos demais. Considerando que o retardamento da germinação é um dos sinais da perda de vigor, e que, além disso, as sementes mortas são capazes de manter o padrão de hidratação representado pelo grupo I (Bewley & Black, 1985), os indivíduos deste grupo, presentes nas amostras dos períodos mais avançados de hidratação, devem, como conseqüência, pertencer à categoria de sementes de menor vigor ou à das não-viáveis.

TABELA 1. Germinação: valores médios (%) obtidos pela população completa (P) e pelos grupos isolados, (G), em função do estágio de desenvolvimento atingido, após períodos variáveis de hidratação seguidos de secagem¹.

Período de hidratação (hora)	P	G			
		I	II	III	IV
0	83,73 a	-	-	-	-
3	82,02 ab	-	-	-	-
6	84,20 a	-	-	-	-
9	81,42 ab	-	-	-	-
12	80,17 ab	-	-	-	-
15	84,98 Ba	81,28 Bab	97,38 Aa	-	-
18	83,49 Aa	83,86 Aa	77,60 Abcde	-	-
21	86,70 Ba	80,92 Bab	94,48 Aab	-	-
24	84,28 Aa	84,06 Aa	83,92 Aabcd	-	-
27	86,99 Aa	87,72 Aa	87,69 Aabcd	-	-
30	84,54 Ba	60,44 Cbc	91,59 ABabc	97,19 Aa	-
33	75,92 Babc	45,97 Ccd	78,51 Bbcde	95,10 Aa	-
36	71,39 Babcd	40,28 Ccde	73,51 Bcde	81,48 Bb	98,24 Aa
39	70,74 ABabcd	60,13 Bbc	74,11 ABcde	69,07 ABbc	80,38 Ab
42	66,22 Abcd	31,43 Bde	67,09 Ade	68,17 Abc	59,62 Ac
45	55,84 Ad	32,83 Bde	55,39 Ae	50,17 ABc	61,19 Ac
48	60,36 Acd	18,41 Be	59,69 Ae	55,79 Ac	69,44 Abc
CV (%)	9,5	13,6	13,6	12,5	13,6

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As sementes do grupo II, por sua vez, mostraram comportamento semelhante ao da população total, superando-a, contudo, nos períodos de 15 e de 21 horas de hidratação. As representantes do grupo III superaram as dos grupos menos avançados de desenvolvimento e a população total, apenas nos períodos iniciais do seu surgimento (30 a 33 horas de hidratação); as sementes deste grupo, obtidas nos períodos posteriores, mostraram desempenhos decrescentes até se igualarem à população total.

O grupo IV, por sua vez, apresentou comportamento análogo ao do grupo III, sendo significativamente superior ao dos outros grupos nos períodos de hidratação em que surgiram pela primeira vez. Nos períodos maiores de hidratação apresentaram resultados decrescentes até se aproximarem dos resultados da população total e dos grupos II e III.

Os dados sugerem que a porção de sementes que, em dado período de hidratação, atinge estádios mais avançados de desenvolvimento, representa os indivíduos de maior vigor da população, e, paralelamente, os que possuem maior capacidade de resistir à desidratação.

TABELA 2. Emergência em areia: valores médios (%) obtidos pela população completa (P) e pelos grupos isolados (G), em função do estágio de desenvolvimento atingido, após períodos variáveis de hidratação seguidos de secagem¹.

Período de hidratação (hora)	P	G			
		I	II	III	IV
0	85,54 abc	-	-	-	-
3	83,40 abcd	-	-	-	-
6	80,54 abcd	-	-	-	-
9	82,13 abcd	-	-	-	-
12	83,78 abcd	-	-	-	-
15	84,60 Babc	83,91 Ba	98,48 Aa	-	-
18	85,87 Aab	84,91 Aa	87,50 Abc	-	-
21	85,54 ABabc	83,02 Ba	94,08 Aab	-	-
24	87,07 ABab	78,37 Bab	90,73 Aabc	-	-
27	89,35 Aa	75,85 Bab	90,90 Aabc	-	-
30	83,40 Aabcd	58,74 Bbc	87,31 Abc	79,91 Aab	-
33	77,53 ABabcd	52,69 Cc	83,33 Abcd	69,34 Bb	-
36	77,44 Babcd	48,93 Cc	79,55 Bbcd	89,73 Ba	98,24 Aa
39	77,02 Aabcd	53,54 Bc	76,76 Acde	85,48 Aab	90,58 Aab
42	70,48 Abcd	38,95 Bcd	78,15 Acde	72,40 Ab	80,24 Abc
45	64,68 Ad	18,94 Bde	64,26 Ade	68,19 Ab	65,68 Ac
48	66,79 Acd	16,94 Be	57,89 Ae	73,16 Ab	72,27 Ac
CV (%)	11,0	11,9	11,9	10,19	12,3

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos nos testes de primeira contagem e de velocidade de emergência (Tabelas 3 e 4), revelaram o mesmo comportamento observado nos testes de germinação e de emergência em areia, nos grupos I e II. O índice de velocidade de emergência das sementes que apresentavam o início da emissão radicular (Grupo III), no período de seu surgimento (30 horas de hidratação), indicou resultados significativamente inferiores aos da população total e do grupo II, igualando-se aos do grupo I. O grupo IV apresentou resultados absolutos ligeiramente superiores aos da população total e aos dos demais grupos, principalmente quando obtido das hidratações de 48 horas.

Nos dois testes, o grupo I apresentou resultados significativamente inferiores aos dos demais grupos em períodos de hidratação superiores a 21 horas, no que diz respeito à velocidade de germinação, e 27 horas, no tocante à primeira contagem. O fato sugere que as sementes que nesses períodos de hidratação permanecem sem nenhum sinal visível de germinação representam as não-viáveis, ou as de menor nível de vigor dentro da população, sendo, neste caso, mais sensíveis à desidratação subsequente.

Os resultados das avaliações do comprimento das plântulas (Tabela 5) mostram que as sementes representadas dos grupos I e II (fases anteriores à da emissão da raiz primária) tiveram desempenho superior, na maioria dos períodos de hidratação, e se igualaram aos dos grupos III e IV nos períodos de seus surgimentos (30 e 36 horas, respectivamente) e nos períodos máximos de hidratação (45 e 48 horas).

TABELA 3. Primeira contagem de germinação: valores médios (%) obtidos pela população completa (P) de sementes e pelos grupos isolados (G), em função do estágio de desenvolvimento atingido, após períodos variáveis de hidratação seguidos de secagem¹.

Período de hidratação (hora)	P	G			
		I	II	III	IV
0	80,16 a	-	-	-	-
3	78,03 ab	-	-	-	-
6	79,66 ab	-	-	-	-
9	78,37 ab	-	-	-	-
12	77,72 ab	-	-	-	-
15	79,12 Bab	79,35 Ba	92,14 Aa	-	-
18	79,39 Aab	78,74 Aab	76,30 Aabcd	-	-
21	82,84 Aa	79,29 Aa	88,01 Aabc	-	-
24	79,66 Aab	78,10 Aab	82,04 Aabcd	-	-
27	83,78 Aa	79,64 Aa	85,77 Aabc	-	-
30	82,55 Aa	54,03 Bbc	88,21 Aab	50,00 Bbc	-
33	72,27 Aabc	33,42 Bcd	77,51 Aabcd	76,09 Aa	-
36	65,20 Aabcd	26,42 Bde	71,43 Aabcd	72,07 Aab	63,76 Aa
39	56,03 Abcd	34,92 Bc	65,82 Acd	49,66 ABbc	52,01 ABab
42	52,51 Abcd	13,11 Bde	59,75 Ade	57,60 Aabc	51,67 Ab
45	43,65 ABd	10,74 Ce	35,41 Bef	37,90 ABc	54,54 Ab
48	47,83 ABcd	0,00 Cf	32,89 Bf	44,25 ABbc	54,35 Ab
CV (%)	13,8	16,2	16,4	15,4	14,4

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Velocidade de emergência: valores médios (índice) obtidos pela população completa (P) de sementes e pelos grupos isolados (G), em função do estágio de desenvolvimento atingido, após períodos variáveis de hidratação seguidos de secagem¹.

Período de hidratação (hora)	P	G			
		I	II	III	IV
0	26,09 abcd	-	-	-	-
3	24,01 cde	-	-	-	-
6	23,42 cde	-	-	-	-
9	24,00 cde	-	-	-	-
12	24,60 bcde	-	-	-	-
15	25,27 Babcd	25,39 Bab	32,67 Aa	-	-
18	27,11 Aabc	26,85 Aa	26,16 Ab	-	-
21	26,43 Aabc	25,97 Aab	29,31 Aab	-	-
24	28,19 Aab	23,19 Babc	29,94 Aab	-	-
27	28,73 Aa	22,59 Babc	30,07 Aab	-	-
30	26,83 Aabc	19,80 Bbcd	28,74 Aab	21,57 Ba	-
33	25,68 ABabcd	14,82 Cde	28,16 Aab	21,99 Ba	-
36	26,74 Aabc	20,50 Babcd	27,96 Aab	24,77 Aa	26,00 Aa
39	24,83 Abcde	17,79 Bcde	26,09 Abc	25,94 Aa	27,05 Aa
42	22,65 Adef	13,12 Be	24,88 Abcd	23,48 Aa	24,62 Aab
45	19,12 Af	4,64 Bf	19,78 Acd	20,88 Aa	19,83 Ab
48	21,18 Aef	3,93 Bf	19,38 Ad	22,70 Aa	22,09 Aab
CV (%)	15,2	14,7	14,7	14,9	16,2

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 5. Comprimento de plântulas: valores médios (cm/pl.) obtidos pela população completa (P) e pelos grupos isolados (G), em função do estágio de desenvolvimento atingido, após períodos variáveis de hidratação seguidos de secagem¹.

Período de hidratação (hora)	P	G			
		I	II	III	IV
0	20,03 a	-	-	-	-
3	20,76 a	-	-	-	-
6	20,21 ab	-	-	-	-
9	22,28 a	-	-	-	-
12	21,97 a	-	-	-	-
15	22,28 Aa	22,14 Aab	22,85 Aa	-	-
18	22,19 Aa	22,08 Aab	23,32 Aa	-	-
21	22,59 Aa	22,13 Aab	22,47 Aa	-	-
24	23,66 Aa	23,58 Aa	23,52 Aa	-	-
27	22,70 Aa	20,57 Aabc	23,49 Aa	-	-
30	22,51 Aa	22,16 Aab	23,38 Aa	23,34 Aa	-
33	21,84 Aa	19,68 Aabc	21,92 Aa	16,18 Bb	-
36	20,70 ABa	20,10 Ababc	21,54 Aab	16,43 Bb	20,89 ABa
39	16,23 Bbc	24,61 Aa	16,31 Bbc	17,52 Bb	16,25 Bab
42	16,12 Bc	16,30 Abc	20,96 Aab	13,62 Bb	14,85 Bb
45	14,98 Ac	17,13 Abc	12,78 Ac	15,52 Ab	14,49 Ab
48	14,33 Ac	15,30 Ac	15,25 Ac	17,23 Bb	13,37 Ab
CV (%)	9,8	13,6	13,6	15,9	17,0

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A desidratação, no entanto, produziu efeitos negativos nas sementes do grupo I, obtidos nos períodos superiores a 39 horas, e do grupo II, nos períodos superiores a 36 horas de hidratação. Após a emissão das raízes (grupos III e IV), apenas não foram prejudicadas pela secagem as sementes obtidas nos períodos de seu surgimento, representando, possivelmente, os indivíduos mais vigorosos da população.

Foi possível observar, nas sementes do grupo IV, que a desidratação provocou a morte das raízes primárias, e, com a reidratação, o crescimento das raízes ocorreu a partir de iniciações secundárias. O epicótilo, contudo, não foi afetado pela desidratação. As folhas primárias permaneceram vivas após a desidratação, o que foi detectado por meio da coloração dos tecidos com sal de tetrazólio. No entanto, nos casos extremos de desenvolvimento do epicótilo (> 5 mm), a desidratação provocou a morte do coleóptilo, constituindo-se em causa de classificação das plântulas como anormais.

Com a desidratação e a morte da raiz primária, o desenvolvimento das raízes, após a reembebição prosseguiu, a partir de iniciações secundárias. É possível que o crescimento das raízes seminais secundárias tenha ocorrido em velocidade inferior à da raiz primária, e, dessa forma, tenham sido reduzidos os valores de comprimento nos grupos de desenvolvimento mais avançados.

Os resultados do teste de condutividade elétrica, mostrados na Tabela 6, revelam aumentos na lixiviação de eletrólitos em decorrência do avanço no processo de germinação, e da ampliação dos períodos de hidratação.

Com relação às sementes que não apresentavam sinais visíveis de crescimento embrionário (grupo I), observa-se uma tendência inicial, decrescente, na taxa de liberação de eletrólitos, tornando-se mínima no período de 27 horas de hidratação e voltando a crescer nas hidratações superiores. As sementes que se mantiveram neste grupo, nos períodos superiores a 33 horas de hidratação, mostraram aumentos significativos na condutividade elétrica, o que indica a existência de indivíduos com maior nível de deterioração das membranas celulares.

Após a ruptura do pericarpo (grupo II), ocorreu elevação na quantidade de eletrólitos liberados ao meio de embebição. Contudo, houve decréscimo significativo na taxa de lixiviação até atingir um mínimo nos indivíduos deste grupo presentes no período de 21 horas de hidratação. Os acréscimos nos valores de condutividade do

grupo II, com o avanço do período de hidratação, ocorreram menos acentuadamente do que os das sementes do grupo I; com isso, houve uma tendência de aproximação entre os valores dos dois grupos.

TABELA 6. Condutividade elétrica: valores médios ($\mu\text{mhos/cm}$) obtidos pela população completa (P) de sementes e pelos grupos isolados (G), em função do estágio de desenvolvimento atingido, após períodos variáveis de hidratação seguidos de secagem¹.

Período de hidratação (hora)	P	G			
		I	II	III	IV
0	23,20 ab	-	-	-	-
3	22,96 a	-	-	-	-
6	18,76 a	-	-	-	-
9	18,52 a	-	-	-	-
12	21,40 a	-	-	-	-
15	17,66 Aa	16,89 Aab	39,48 Bdef	-	-
18	21,11 Aa	18,77 Aab	31,43 Babc	-	-
21	18,45 ABa	14,53 Aa	24,89 Ba	-	-
24	20,98 Ba	12,43 Aa	28,55 Cab	-	-
27	22,70 Ba	11,91 Aa	30,60 Cabc	-	-
30	28,59 Bbc	15,26 Aa	34,40 Bbcd	34,40 Ba	-
33	34,33 Bc	15,31 Aa	37,69 BCcde	43,37 Cb	-
36	42,71 Bd	24,07 Ab	43,06 Bef	48,69 BCbc	51,41 Ca
39	42,78 Bd	23,38 Ab	41,17 Bdef	52,07 Ccd	55,86 Ca
42	48,69 BCe	32,26 Ac	45,15 Befg	54,40 Ccd	52,30 BCa
45	54,24 BCe	38,23 Acd	47,30 Bfg	58,49 Cde	58,66 Ca
48	65,17 Cf	40,86 Ad	52,40 Bg	63,65 Ce	70,22 Cb
CV (%)	9,9	13,9	13,9	12,0	10,8

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As sementes do grupo III apresentaram crescimento linear, na liberação de eletrólitos ao meio, à medida que era ampliado o período de hidratação; partindo de valores iguais aos do grupo II, tornaram-se superiores nos períodos de hidratação maiores do que 36 horas. A comparação entre períodos diferentes mostra que os indivíduos do grupo III, obtidos mais precocemente, podem apresentar valores de condutividade equivalentes ou inferiores aos apresentados pelas sementes de grupos de desenvolvimento menos avançados. Outro fato observado é o de que as sementes que atingem este estágio mais precocemente são as que apresentam menor degradação das membranas, reforçando as observações efetuadas nos testes anteriores com respeito ao desempenho das sementes.

As sementes do grupo IV mostraram resultados de condutividade elétrica similares aos das sementes do grupo III. Contudo, a variação inicial, em função do período de hidratação, foi pouco acentuada e permaneceu com valores quase constantes até o período de 42 horas de hidratação. Isto fez com que os resultados do grupo IV se aproximassem dos obtidos pelo grupo III e não diferissem significativamente, no período de 42 horas de hidratação, dos resultados do grupo II.

O resultado mais elevado alcançado no teste de condutividade foi obtido nos indivíduos do grupo IV, presentes no período de hidratação de 48 horas. Assim, a perda de eletrólitos ao meio de embebição aumenta com a ampliação do período de hidratação e com o avanço do estágio de desenvolvimento em que é realizada a secagem.

Os resultados obtidos no teste de condutividade elétrica referente à população total indicam que a tendência de elevação dos valores se expressa de forma mais acentuada quando as sementes são submetidas à secagem após o início da emissão radicular.

CONCLUSÕES

1. A tolerância à desidratação, durante o processo de germinação, varia com o estado fisiológico das sementes, com o nível de hidratação atingido e com o parâmetro fisiológico avaliado.
2. As sementes que, na população, atingem estádios de desenvolvimento mais avançados, num período mais curto de hidratação, apresentam maior resistência à desidratação.
3. A emissão da raiz primária, por si só, não representa um referencial adequado na definição do momento, dentro do processo germinativo, a partir do qual as sementes tornam-se sensíveis à desidratação.
4. A desidratação após a emissão radicular provoca a morte da raiz primária; contudo, com a reidratação, ocorre o desenvolvimento radicular a partir de iniciações secundárias.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v.2, p.283-315.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 88p. (AOSA. Contribution, 32).
- BAUER, A.; BLACK, A.L. Sprouting in intact nature spikes of hard red spring wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, p.1016-1022, 1983.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1985. 367p.
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-1112, 1986.
- BRASIL.Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1980. 188p.
- CARCELLAR, M.S.; SORIANO, A. Effects of treatments given to grain on growth of wheat roots under drought conditions. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.50, p.105-108, 1972.
- CHEN, D.; SARID, S.; KATCHALSKI, E. The role of water stress in the inactivation of messenger RNA of germinating wheat embryos. **Proceedings of Natural Academy Science**, v.61, p.1378-1383, 1968.
- CLARKE, J.M.; DePAUW, R.M. Water imbibition rate of wheat kernels as affected by kernel color, weather damage, and method of threshing. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.69, n.1, p.1-7, 1989.
- DELTOUR, R.; JACQMARD, A. Relation between water stress and DNA synthesis during germination of *Zea mays* L. **Annals of Botany**, London, v.38, p.529-534, 1974.
- HAYWARD, H.E. **Estructura de las plantas útiles**. Buenos Aires: Editorial ACME, 1953. 180p.
- HEGARTY, T.W. Seed activation and seed germination under moisture stress. **New Phytologist**, London, v.78, p.349-359, 1977a.
- HEGARTY, T.W. Seed and seedling susceptibility to phase moisture stress in soil. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.28, n.104, p.659-668, 1977b.
- HEGARTY, T.W. The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination: a review. **Plant, Cell and Environment**, New York, v.1, p.101-119, 1978.
- HENCKEL, P.A. Physiology of plants under drought. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.15, p.363-386, 1964.
- IAPAR. **Recomendações técnicas para a cultura do trigo no estado do Paraná - 1991**. Londrina, 1991. 138p. (IAPAR. Circular, 66).
- KING, R.W. Water uptake in relation to pre-harvest sprouting damage in wheat: grain characteristics. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.35, p.337-345, 1984.
- LUSH, W.M.; GROVES, R.H. Germination, emergence and establishment of wheat and ryegrass in response to natural and artificial hydration-dehydration cycles. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.32, p.731-739, 1981.

- MAGUIRE, J.A. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, G.B.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MAY, L.H.; MILTHORPE, E.J.; MILTHORPE, F.L. Pre-sowing hardening of plants to drought. **Field Crop Abstracts**, Wallingford, v.15, p.93-98, 1962.
- McCRAIG, T.N.; DePAUW, R.M. Breeding for preharvest sprouting in white-seed-coat wheat. **Crop Science**, Madison, v.32, n.1, p.19-23, 1992.
- SALIM, M.H.; TODD, G.W. Seed soaking as a pre-sowing hardening treatment in wheat and barley seedlings. **Agronomy Journal**, Madison, v.60, p.179-182, 1968.
- SEN, S.; OSBORNE, D.J. Germination of rye embryos following hydration-dehydration treatments: enhancement of protein and RNA synthesis and earlier induction of DNA replication. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.25, p.1010-1019, 1974.
- WATT, L.A. Germination characteristics of several grass species as affected by limiting water potentials imposed through a Cracking Black Clay Soil. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.30, n.3, p.387-402, 1982.
- WATT, L.A. Some characteristics of germination of Queensland blue grass on the cracking black earths. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.29, p.1147-1155, 1978.
- WATT, L.A. The effect of water potential on the germination behaviour of several warm season grass species with special reference to cracking black clay soil. **Journal of Soil Conservation**, Melbourne, v.30, p.28-41, 1974.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA JUNIOR, P. **Sistema de análise estatística para microcomputadores - SANEST**. Pelotas: UFPel, 1984. 80p.