

MECANISMOS DE INDUÇÃO À REPRODUÇÃO SEXUAL EM TRIGO¹

MÁRIO B. LAGOS², LUIZ C. FEDERIZZI³, FERNANDO I.F. de CARVALHO⁴ e
RUBENS O. NODARI⁵

RESUMO - Este trabalho apresenta a resposta à vernalização requerida em 98 variedades e linhagens de trigo panificável proveniente da 10^a e 11^a International Winter Wheat Performance Nursery (IWWPN) durante a estação fria de 1979 e 1980. A reprodução sexual pode ser altamente acelerada em trigos de inverno com a aplicação de álcool, HgCl₂, água e baixa temperatura (perto do ponto de congelamento) em condições úmidas por 20 dias antes da sementeira. Quando tratados e semeados em áreas com altas temperaturas e dias longos, os trigos de inverno reagem como trigo de primavera.

Termos para indexação: vernalização, indução a floração, trigos de inverno.

MECHANISMS OF INDUCTION TO SEXUAL REPRODUCTION OF WHEAT

ABSTRACT - The paper presents the response to vernalization requirement of 98 varieties and lines of common wheat from Tenth and Eleventh International Winter Wheat Performance Nursery (IWWPN) during grown season of 1979 and 1980. Sexual reproduction can be greatly accelerated in winter wheats by first subjecting the slightly applied seeds to alcohol, HgCl₂, water and low temperatures (near freezing) in the tank for 20 days before sowing. When so treated, winter wheats sown in the field at higher growing temperatures in a long day will behave as spring wheats.

Index terms: vernalization, chilling, winter wheats.

INTRODUÇÃO

Com o objetivo de intensificar o grau de variabilidade genética em população de plantas de trigo panificável, os melhoristas têm lançado mão do artifício de cruzar genótipos bem distintos. Esta técnica tem possibilitado o surgimento de uma intensa variabilidade para a maioria dos caracteres qualitativos e quantitativos encontrados em trigos de primavera e inverno, e que afetam o rendimento de grãos.

Vários pesquisadores, entre eles Klaimi & Qualset (1973), apontam que a característica necessidade de frio é um fator que afeta o hábito de crescimento do trigo e representa uma estratégia adaptativa responsável pelo ajuste do desenvolvimento de planta às necessidades do ambiente. Como conse-

quência, há um acúmulo enorme de diferenças entre os tipos que necessitam frio e aqueles que não exigem o efeito de baixa temperatura para a indução à floração, devido principalmente ao isolamento geográfico. A alta frequência de mutantes adaptativos e a intensa exigência de recombinação gênica para constituir um genótipo adaptado a um específico ambiente, constituíram as causas principais do surgimento de diferenças marcantes entre trigo de inverno e primavera (Allard 1960 e Stebbins 1971).

Como os trigos de inverno são praticamente governados pelas condições de ambiente e influenciados especificamente pelo comprimento do dia (fotoperiodismo) e pela necessidade de frio (vernalização), a indução precoce de reprodução sexual é extremamente dificultada e impede a realização do cruzamento com trigos que não possuem tais exigências (McKinney & Sando 1930). Muitos métodos para a indução da reprodução sexual em trigo estão sendo discutidos. Entretanto, pouco são aqueles que realmente demonstram eficiência e revelam características práticas de aplicação. O acúmulo de maiores conhecimentos acerca de técnicas de controle destes processos fisiológicos deverá auxiliar o melhorista a ajustar a resposta ao espigamento para específicos ambientes e poderá contri-

¹ Aceito para publicação em 13 de agosto de 1982.

² Eng.^o Agr.^o, Prof. do Dep. de Defesa Fitossanitária, Univ. Fed. de Santa Maria, CEP 97100 - Santa Maria, RS.

³ Eng.^o Agr.^o, M.Sc., Prof. do Dep. de Fitotecnia da Univ. Fed. do Rio Grande do Sul (UFRS), Caixa Postal 776, CEP 90000 - Porto Alegre, RS.

⁴ Eng.^o Agr.^o, Ph.D., Prof. do Dep. de Fitotecnia, UFRS, Porto Alegre, RS.

⁵ Eng.^o Agr.^o, M.Sc., Prof. Assistente do Dep. de Fitotecnia, Univ. Fed. de Santa Catarina, Caixa Postal 476, CEP 88000 - Florianópolis, SC.

buir, de forma direta, para intensificar o cruzamento entre trigos distintos, possibilitando um melhor entendimento da evolução de adaptação desta espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Noventa e três cultivares de trigo foram incluídas neste estudo para verificar o efeito do tratamento a frio (vernalização), na indução à reprodução sexual. A origem geográfica e o nome das cultivares estudadas estão incluídos nas Tabelas 1 e 2.

A resposta à vernalização foi determinada depois do tratamento a frio que recebeu a metade das sementes de cada cultivar, testadas conforme técnica desenvolvida por Pascale (1956) e modificada por Lagos⁵, conforme descrição abaixo: 1) as sementes de cada cultivar foram sub-

metidas a solução de álcool a 60%, pelo espaço de tempo de 1 a 2 minutos, com objetivo de romper a tensão superficial existente junto aos grãos de trigo; 2) estas sementes receberam tratamento adicional de HgCl₂ a 1^o/oo ou de hipoclorito de sódio a 1%, por 1 minuto; 3) em seguida, as sementes foram lavadas, para eliminar o excesso de HgCl₂; 4) as sementes tratadas com álcool 60% foram embebidas numa quantidade de água equivalente a 45-60% do peso seco e depois, colocadas em papel-toalha de laboratório. Esta quantidade de água deve ser a mais precisa possível, pois quantidades inferiores provocam uma fraca vernalização, e superiores podem produzir um crescimento excessivo das plântulas, acarretando problemas no transplante; 5) as sementes tratadas foram deixadas, por 24 horas, em temperatura ambiente; 6) logo após, estas sementes tratadas foram submetidas a uma temperatura de 1^o a 5^oC, durante 20 dias, num refrigerador doméstico.

TABELA 1. Genótipos de trigo tratados ou não com frio para a indução à reprodução sexual, estabelecidos em 10 de junho, EEA/UFRS, Guaíba, 1979.

Genótipos	Origem	Data da floração		Diferença em dias	Valor do teste t
		com vernalização	sem vernalização		
F 53-70	Romênia	05.09 (87)	-	> 55	11,78 *
Blue Boy	USA	09.09 (91)	03.10 (115)	24	5,14 NS
Krasnodarskaya 39	USSR	11.10 (133)	-	> 20	4,28 NS
Atlas 66	USA	03.10 (115)	11.10 (123)	8	1,71 NS
F 54-70	Romênia	05.09 (87)	30.10 (142)	55	11,78 *
Lindon	USA	26.09 (108)	30.10 (142)	34	7,28 *
2109-36	USSR	05.09 (87)	-	> 55	11,78 *
Zg 887-73	Iugoslávia	23.08 (74)	05.09 (87)	13	2,79 NS
Iulia	Romênia	03.10 (115)	28.10 (140)	25	5,36 NS
Zg 4240-73	Iugoslávia	23.08 (74)	11.10 (123)	49	10,50 *
NF 73640	USA	09.10 (121)	-	> 20	4,28 NS
Bezostaya 1	USSR	09.10 (121)	-	> 20	4,28 NS
Sadovo 1	Bulgária	09.10 (91)	18.10 (130)	39	8,36 *
Zg 4364-73	Iugoslávia	29.08 (80)	-	> 62	13,28 *
Zg 42 93-73	Iugoslávia	05.09 (87)	25.10 (137)	50	10,71 *
Martonvasar 4	Hungria	05.09 (87)	-	> 55	11,78 *
Slavyanka	Bulgária	23.08 (74)	-	> 70	15,00 *
ST-Vur 37	Tchecoslováquia	03.10 (115)	-	> 28	5,99 NS
Partizanka	Iugoslávia	05.09 (87)	09.10 (121)	34	7,28 *
Nap Hal/Atlas 66	USA	11.10 (123)	11.10 (123)	0	0,00 NS
Samson	Áustria	29.08 (80)	15.09 (97)	17	3,64 NS
Budifen = (Temu 149-73)	Chile	26.09 (108)	26.09 (108)	0	0,00 NS
KS 73112	USA	03.10 (115)	11.10 (123)	8	1,71 NS
Absolvent	Alemanha Ocid.	26.09 (108)	-	> 35	7,50 *
CI 13449/Centurk	USA	26.09 (108)	-	> 35	7,50 *

- Não floresceu; () Número de dias da emergência à florescência; * Probabilidade a nível de 5%; NS Diferença não-significativa entre médias; $t_{0,05}(1) = 6,31$.

⁵ Mário Bastos Lagos, Departamento de Defesa Fitosanitária (UFMS).

TABELA 2. Genótipos de trigo tratados ou não com frio para a indução à reprodução sexual, estabelecidos em 5 de junho, EEA/UFRS, Guaíba, 1980.

Genótipos	Origem	Data da floração		Diferença em dias	Valor do teste t
		com vernalização	sem vernalização		
Yuma/Cc8	USA	18.09 (105)	30.10 (147)	48	21,29 *
Ticonderoga	USA	18.10 (135)	20.11 (168)	33	16,72 *
Partizanka	Iugoslávia	11.09 (98)	18.10 (135)	37	18,76 *
Abe	USA	11.09 (98)	05.11 (153)	55	27,89 *
Atlas 66	USA	10.10 (127)	10.10 (127)	00	0 SN
Lovrin	Romênia	25.09 (112)	05.11 (153)	41	20,79 *
Slavyanka	Bulgária	11.09 (98)	30.11 (178)	80	40,56 *
Aso/Cc8	USA	14.09 (101)	25.10 (142)	41	20,79 *
F 35-70	Romênia	26.09 (113)	08.11 (156)	43	21,80 *
Biserka	Iugoslávia	17.09 (104)	20.10 (137)	33	16,73 *
F 12-71	Romênia	26.09 (113)	08.11 (156)	43	21,80 *
F 3-71	Romênia	18.09 (105)	08.11 (156)	51	25,86 *
Aurora	USSR	17.09 (104)	08.11 (156)	52	26,36 *
CI 13449/Centurk	USA	29.09 (116)	18.10 (135)	19	9,63 *
Favorit	Romênia	17.09 (104)	30.10 (147)	43	21,80 *
Martonvasar	Hungria	11.09 (98)	08.11 (156)	58	29,41 *
Blue Boy	USA	17.09 (104)	10.10 (127)	23	11,66 *
Bolal/Sel. Aurora	Turquia	11.09 (98)	18.10 (135)	37	18,76 *
Bezostaya I	USSR	26.09 (113)	08.11 (156)	43	21,80 *
Esk 093/44/Kavkaz	Turquia	17.09 (104)	18.10 (135)	31	15,72 *
Skorospelka 35/Probstdorfer	Turquia	17.09 (104)	15.10 (132)	28	14,19 *
VPM/Moisson 83 11.48	França	08.10 (125)	08.11 (156)	31	15,72 *
Roussalka	Bulgária	17.09 (104)	18.10 (135)	31	15,72 *
Lethbridge 1327	Canadá	26.09 (113)	30.10 (147)	34	17,24 *
Sturdy	USA	26.09 (113)	30.10 (147)	34	17,24 *
F 11-71	Romênia	25.09 (112)	03.11 (151)	39	19,77 *
Esk 093-44/	Turquia	17.09 (104)	08.10 (125)	21	10,64 *
F 3-71	Romênia	28.09 (109)	05.11 (153)	44	22,31 *
GK - Protein	Hungria	26.09 (113)	08.11 (156)	43	21,80 *
Odessa 4	USSR	28.09 (115)	05.11 (153)	38	19,27 *
Vorochilovskaya	USSR	28.09 (115)	08.11 (156)	41	20,79 *
Pregordnaia	USSR	26.09 (113)	18.10 (135)	22	11,15 *
Lovrin	Romênia	25.09 (112)	10.11 (156)	46	23,32 *
NS 1406	Iugoslávia	11.09 (98)	08.10 (125)	27	13,69 *
Pregordnaia 2	USSR	27.09 (114)	28.10 (145)	31	15,72 *
Uika Cc8	USA	29.09 (116)	03.11 (151)	15	17,74 *
F 80 73= Doina	Romênia	28.09 (115)	28.10 (145)	30	15,21 *
NS 735	Iugoslávia	17.09 (104)	30.09 (117)	13	6,59 *
Yaktay/Kavkaz	Turquia	25.09 (112)	25.10 (142)	30	15,21 *
F 12-71	Romênia	28.09 (115)	08.11 (156)	41	20,79 *
F 11-71	Romênia	28.09 (115)	30.10 (147)	32	16,22 *
Esk 093/44/Aurora	Turquia	17.09 (104)	08.10 (125)	21	10,64 *
Bezostaya 1	USSR	29.09 (116)	05.11 (153)	37	18,76 *
Esk 093/44/Kavkaz	Turquia	17.09 (104)	10.10 (127)	23	11,66 *
F 68-74	Romênia	13.09 (100)	17.09 (104)	04	2,02 NS
Absolvent	Alemanha Ocid.	25.09 (112)	08.11 (156)	44	22,31 *
F 3-71	Romênia	20.09 (107)	30.10 (147)	40	20,28 *

() Número de dias da emergência à florescência; * Probabilidade a nível de 5%; NS Diferença não-significativa entre médias.

TABELA 2. Continuação.

Genótipos	Origem	Data da floração		Diferença em dias	Valor do teste t
		com vernalização	sem vernalização		
Burgas 2	Bulgária	26.09 (113)	19.10 (136)	23	11,66 *
Klein Atlas	Argentina	13.09 (100)	03.10 (120)	20	10,14 *
Bezostaya 1	USSR	11.09 (98)	05.11 (153)	55	27,89 *
Martonvasar 5	Hungria	17.09 (104)	08.11 (156)	52	26,36 *
Lovrin 23	Romênia	17.09 (104)	05.11 (153)	49	24,84 *
Lovrin 10	Romênia	24.09 (111)	12.11 (159)	49	24,84 *
Samson	Áustria	13.09 (100)	26.09 (113)	13	6,59 *
F 49-70	Romênia	26.09 (113)	03.11 (151)	38	19,27 *
Forlani/Acciaio	Itália	17.09 (104)	08.10 (125)	21	10,64 *
Lovrin 24	Romênia	25.09 (112)	15.11 (163)	51	25,86 *
Nap Hal/Atlas 66	USA	18.10 (135)	18.10 (135)	00	0,0 NS
Kavkaz	USSR	28.09 (115)	05.11 (153)	38	19,27 *
Hesbignon	Bélgica	11.09 (98)	30.09 (117)	19	9,63 *
Bezostaya 2A	USSR	26.09 (113)	08.11 (156)	43	21,80 *
NS 1433	Iugoslávia	17.09 (104)	10.10 (127)	23	11,66 *
Bezostaya 2	USSR	10.10 (127)	10.11 (158)	31	15,72 *
Lovrin 29	Romênia	25.09 (112)	30.10 (147)	35	17,74 *
Bolal/Kavkaz	Turquia	26.09 (113)	27.10 (144)	31	15,72 *
Purdue	USA	08.10 (125)	05.11 (153)	28	14,19 *
NS 732	Iugoslávia	11.09 (98)	26.09 (113)	15	7,60 *
Esk 093/44/Kavkaz	Turquia	26.09 (113)	14.09 (131)	18	9,12 *
AXM/Cc8	USA	17.09 (104)	05.11 (153)	49	24,84 *
NSR - 1	Iugoslávia	11.09 (98)	25.10 (142)	44	22,31 *
NE 7060	USA	26.09 (113)	30.10 (147)	34	17,24 *
Atlas 66	USA	17.09 (104)	08.10 (125)	21	10,64 *
Lovrin 24	Romênia	28.09 (115)	10.11 (158)	43	21,80 *

() Número de dias da emergência à florescência; * Probabilidade a nível de 5%; NS Diferença não-significativa entre médias.

co. Temperaturas inferiores podem impedir a germinação (desenvolvimento do embrião e rompimento do tegumento pela radícula) prejudicando o processo de vernalização.

Após este período, cada cultivar foi estabelecida a campo, contendo quatro linhas de três metros de comprimento, num espaçamento de 0,30 m entre filas, onde duas continham sementes tratadas a frio e as outras duas, sementes não-tratadas. O experimento foi estabelecido em junho de 1979 e repetido, com a inclusão de mais genótipos, no mesmo período de 1980. A data de floração foi determinada planta por planta; entretanto, nas Tabelas 1 e 2, estão inseridas somente as médias, devido à reduzida variação dentro de cada tratamento nas cultivares estudadas. As leituras de floração foram realizadas até o dia 30 de outubro; para as cultivares que não haviam florescido esta data foi tomada para a análise estatística. A análise para detectar diferenças entre plantas de um mesmo genótipo, com e sem tratamento a frio artificial, foi feita através do teste t, conforme Steel & Torrie (1960).

Para tanto, foi adotado o seguinte procedimento:

$$S^2 = \frac{SQ_1 + SQ_2}{2(n-1)} \quad \text{para}$$

$$SQ_1 = \frac{\sum x_1^2 - (\sum x_1)^2}{n} \quad \text{e} \quad SQ_2 = \frac{\sum x_2^2 - (\sum x_2)^2}{n}$$

onde x_1 e x_2 representam o número de dias para o florescimento sem e com vernalização, respectivamente, e n o número de genótipos testados. O desvio padrão apropriado (s_d) para a diferença entre médias foi obtido a partir da fórmula

$$s_d = \sqrt{\frac{2 S^2}{n}}$$

e o teste t como sendo

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d}$$

onde \bar{x}_1 e \bar{x}_2 representam a média de dias para o florescimento sem e com vernalização, respectivamente, para cada genótipo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes aos genótipos tratados ou não com frio (vernalização) para o cultivo estabelecido no ano agrícola de 1979, estão incluídos na Tabela 1. Um número expressivo de genótipos respondeu significativamente à aplicação do tratamento, pois a diferença entre médias com e sem frio para a indução à reprodução sexual foi diferente ao nível de 5% de probabilidade para o teste t.

Alguns genótipos de ciclo mais curto, como Budifen, Samson e Zg 887-73, não evidenciaram diferenças quando tratados com frio. Os genótipos de ciclo intermediário, como Blue Boy e Iúlia, revelaram um aceleração no processo de indução e floração, mas numa intensidade insuficiente para determinar diferenças significativas. Por outro lado, para os trigos de ciclo longo, como Krasnodarskaya 39, NE 73640, Bezostaya 1 e ST-Vur 37, embora tenha havido resposta ao tratamento com frio, não foi possível detectar diferenças significativas porque as plantas não-tratadas não chegaram a florescer até a data da colheita do experimento.

Para o experimento realizado em 1980 (Tabela 2), somente Atlas 66, F 68-74 e Nap Hal/Atlas 66 não responderam à aplicação do frio para a indução à reprodução sexual. Todos os demais genótipos testados revelaram possuir uma exigência expressiva em frio (vernalização) para florescer. Mesmo aqueles trigo, como Blue Boy e Bezostaya 1, que não haviam respondido expressivamente ao tratamento no primeiro ano de teste (Tabela 1), demonstraram uma sensibilidade marcante no segundo ano (Tabela 2).

A ausência de resposta à vernalização por parte de Atlas 66 e Nap Hal/Atlas 66 revela que estes não possuem exigência em frio para a indução à reprodução sexual. Entretanto, para os trigos, como Blue Boy, Bezostaya e Samson, ficou evidenciado que é reduzida a eficiência do método de provocar

a aceleração no processo de floração devido a possíveis falhas no mecanismo de aplicação no primeiro ano experimental ou que estes trigos sejam menos exigentes em frio e, pela ocorrência de temperaturas baixas no ano agrícola de 1979, possam ter sido vernalizados naturalmente. Conseqüentemente, parece que, para todos os trigos que exigem frio para florescer, a aceleração na indução à reprodução sexual pode ser obtida facilmente por este método, sugerido por Pascale (1956) e modificado por Lagos⁶, permitindo que os trigos de inverno coincidam em período reprodutivo com os trigos de primavera, em áreas menos frias.

Quando vernalizados e desenvolvidos sob dias longos, cultivares de primavera e inverno tornam-se comparáveis quanto ao tempo para espigamento, indicando que este caráter é um dos diferenciais mais importantes para vencer o obstáculo do isolamento reprodutivo entre estes dois tipos de trigo, confirmando o exposto por Flower & Gusta (1977) e Martinic (1976).

CONCLUSÕES

1. O tratamento artificial com frio, conforme técnica descrita e utilizada neste trabalho (chilling) em sementes de trigo de inverno para a indução à reprodução sexual, parece ser de grande importância naquelas regiões onde a ocorrência de baixas temperaturas não são freqüentes num certo número de dias após a semeadura.

2. A aplicação de frio em sementes de trigo de inverno é uma técnica eficiente e prática que possibilita a redução do período vegetativo neste tipo de planta e permite a coincidência do período de floração com trigos de primavera. Esta prática facilita o cruzamento artificial entre os dois tipos, e conseqüentemente aumenta a variabilidade genética nas populações segregantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa Plano Integrado de Genética III (PIG-III) e ao Conselho Nacional de Pesquisa pelo apoio financeiro.

⁶ Mário Bastos Lagos, Departamento de Defesa Fitosanitária (UFSM).

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. *Principles of plant-breeding*. 3.ed. New York, John Wiley, 1960. 485p.
- FLOWER, D.B. & GUSTA, L.V. Inflorescence of fall growth and development on cold tolerance of rye and wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 57:751-5, 1977.
- KLAIMI, Y.Y. & QUALSET, C.O. Genetics of heading time in wheat (*Triticum aestivum* L.). II. The inheritance of vernalization responses. Davis, Cal., Dep. of Agronomy and Range Science/UCD, 1973. 31p. 1973.
- MARTINIC, Z. Photoperiodism, vernalization and adaptation in common wheat. *Agric. Conspectus Sci.* 36(46):153-68, 1976.
- MCKINNEY, H.H. & SANDO, W.J. Earliness and seasonal growth habit in wheat science. *J. Hered.*, 71:668-70, 1930.
- PASCALE, A.J. Técnica de la vernalización para la investigación bioclimática em cereales. *Ing. Agron.*, 14 (5):3-10, 1956.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.N. *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill Book Comp., New York, 1960. 418p.
- STEBBINS, G.L. *Processes of organic evolution*. Prentice-Hall. Inc. New Jersey, 1971, 191p.