

Desempenho per se e parâmetros genéticos de linhagens de trigo com expressão do caráter “stay-green”

Henrique de Souza Luche⁽¹⁾, José Antonio Gonzalez da Silva⁽²⁾, Rafael Nörnberg⁽¹⁾,
Solange Ferreira Silveira da Silveira⁽¹⁾, Diego Baretta⁽¹⁾, Eder Licieri Groli⁽¹⁾,
Luciano Carlos da Maia⁽¹⁾ e Antônio Costa de Oliveira⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitotecnia, CEP 96001-970 Capão do Leão, RS. E-mail: hluche@gmail.com, rafaelnornberg@yahoo.com.br, solange.agro@gmail.com, barettadiego@gmail.com, elicierigroli@gmail.com, lucianoc.maia@gmail.com, acostol@terra.com.br ⁽²⁾Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Departamento de Estudos Agrários, Rua do Comércio, nº 3.000, CEP 98700-000 Ijuí, RS. E-mail: jagsfaem@yahoo.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi determinar o desempenho per se e os parâmetros genéticos de caracteres de interesse, em linhagens de trigo que expressam ou não o caráter “stay-green”. O experimento foi conduzido em 2003, 2004 e 2005, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Foram avaliadas 32 linhagens irmãs de trigo, 15 com e 17 sem o caráter “stay-green”. As linhagens portadoras desse caráter apresentaram maior produtividade de grãos, maior número de grãos por espiga e menor massa de mil grãos. Além disso, as herdabilidades da produtividade e da massa de grãos foram maiores nessas linhagens, o que revelou menor influência de variações ambientais sobre a expressão desses caracteres. O caráter “stay-green” contribui para o aumento da produtividade e da estabilidade produtiva do trigo.

Termos para indexação: *Triticum aestivum*, estabilidade, herdabilidade, senescência retardada.

Per se performance and genetic parameters of wheat lines expressing the “stay-green” character

Abstract – The objective of this work was to determine the per se performance and the genetic parameters of traits of interest in wheat inbred lines expressing or not the “stay-green” character. The experiment was carried out in 2003, 2004, and 2005 in a randomized complete block design with three replicates. Thirty-two sister-lines of wheat, 15 with and 17 without the stay-green character, were evaluated. The lines carrying this character showed higher grain yield, higher average number of kernels per ear, and lower weight of a thousand grains. Moreover, grain yield and grain mass heritabilities were higher in these lines, which revealed lower influence of environmental variation on the expression of these characters. The “stay-green” character contributes to increase productivity and productive stability of wheat.

Index terms: *Triticum aestivum*, stability, herdability, delayed senescence.

Introdução

Os programas de melhoramento genético têm obtido progresso significativo no aumento da produtividade do trigo (*Triticum aestivum* L.) brasileiro, principalmente pelo acúmulo de alelos favoráveis à produtividade de grãos e a outras características agrônômicas desejáveis. A recombinação desses alelos é obtida por meio de cruzamentos artificiais e, à medida que as gerações são avançadas, o seu desempenho per se é avaliado (Yuan et al., 2011).

Caracteres como produtividade de grãos, de herança quantitativa, normalmente sofrem forte influência dos efeitos da interação genótipo x ambiente, o que dificulta o comportamento previsível e estável do caráter, bem

como a identificação de genótipos com desempenho superior (Vesohoski et al., 2011). Neste sentido, a introdução do caráter “stay-green” (maior permanência da cor verde na planta, na fase final de enchimento de grãos) tem contribuído para o aumento da estabilidade de produção. Além disso, o caráter favorece o aumento da produtividade do trigo, principalmente pelo incremento na massa média de grãos (Silva et al., 2003, 2008). Ahlawat et al. (2008) atribuíram a maior produtividade de genótipos de trigo com expressão do caráter “stay-green” ao maior número de filhos férteis, de grãos por espiga e ao aumento na massa de mil grãos. Esses autores relataram evidências de que a maior permanência da cor verde na planta favorece o aumento da produção de grãos, mesmo em condições

de estresse por temperatura. Portanto, a incorporação deste gene em genótipos de trigo pode ser importante para a elevação da produtividade de grãos e da estabilidade fenotípica desses genótipos, especialmente em condições ambientais pouco favoráveis.

O conhecimento da herdabilidade de um caráter é importante para dimensionar a intensidade com que as variações ambientais afetam sua expressão, e para identificar os de maior estabilidade (Krüger et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi determinar o desempenho per se e os parâmetros genéticos de caracteres de interesse, em linhagens de trigo que expressam ou não o caráter “stay-green”.

Material e Métodos

Para a formação da população de estudo, foram utilizadas, como genitores contrastantes quanto à senescência, as linhagens TB438 e TB188 selecionadas pelo programa de melhoramento da Embrapa Clima Temperado. A linhagem TB438 é portadora do caráter “stay-green”, ou seja, permanece com colmos e folhas verdes durante o terço final da maturação da planta. Já a linhagem TB188 não porta esse caráter, isto é, suas folhas e colmos senescem normalmente ao longo da maturação da planta, o que a caracteriza senescência sincronizada.

Em 1998, foram realizados cruzamentos entre estas linhagens de modo a obter a geração F_1 , e a autofecundação foi utilizada para formação da população F_2 . Por meio do avanços das gerações até F_n , foram selecionadas linhagens de elevada produtividade de grãos com diferenças quanto ao tipo de senescência, “stay-green” (SG) ou sincronizada (SZ). Além disso, foram realizados os retrocruzamentos um e dois, respectivamente $RC_1F_1 (P_1//P_1/P_2)$ e $RC_2F_1 (P_2//P_1/P_2)$, e as populações resultantes foram autofecundadas e selecionadas para a presença ou ausência do caráter “stay-green”, até que atingissem a homozigose. Realizou-se a seleção simultânea quanto à elevada produtividade de grãos e à ausência ou presença do caráter “stay-green”. Dessa forma, em 2002 foram obtidas 15 linhagens com o caráter “stay-green” (SG30, SG39, SG47, SG53, SG65, SG71, SG74, RC1SG32, RC2SG34, RC2SG40, RC2SG46, RC2SG54, RC2SG62, RC2SG67 e o genitor TB438) e 17 linhagens de senescência sincronizada (SZ31, SZ37,

SZ49, SZ57, SZ69, RC1SZ43, RC1SZ45, RC1SZ55, RC1SZ58, RC1SZ68, RC1SZ72, RC1SZ76, RC2SZ35, RC2SZ42, RC2SZ56, RC2SZ61 e o genitor TB188).

O experimento foi conduzido durante os anos de 2003, 2004 e 2005, no campo experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, no Município do Capão do Leão, RS (31°52'00"S e 52°21'24"W, a 13,24 m de altitude). O solo é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo da unidade de Mapeamento Pelotas (Santos et al., 2006). A precipitação pluvial média anual da região é de 1.280,2 mm. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições, em que cada unidade experimental foi composta de cinco linhas com 3 m de comprimento, espaçadas 0,2 m entre si, com densidade de semeadura de 300 sementes por metro quadrado. A adubação e a calagem foram efetuadas com base nas recomendações técnicas para a cultura nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 2004), conforme análise do solo coletado em cada ano de cultivo. Os tratos culturais, assim como o controle de plantas daninhas, doenças e pragas, foram feitos segundo as indicações técnicas para a cultura (Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo, 2004).

Foram avaliados os caracteres: produtividade de grãos, em $kg\ ha^{-1}$; massa de mil grãos, em g; número de filhos férteis por metro, contados na linha central; e número de grãos por espiga, determinado a partir da contagem do número de grãos de dez espigas do filho principal, em cada parcela. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, tendo-se estimado os componentes de variância fenotípica e a herdabilidade para: produtividade de grãos, número de grãos por espiga e massa de mil grãos (Carvalho et al., 2001). Para comparação de médias, utilizou-se o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A análise estatística foi feita com o programa computacional Genes (Cruz, 2001).

Resultados e Discussão

Observou-se interação genótipo x ambiente para produtividade de grãos e massa de mil grãos, o que indica que a expressão desses caracteres variou conforme o ano de cultivo (Tabela 1).

Em 2003, as linhagens “stay-green” SG53, SG71, RC1SG46 e RC2SG62 apresentaram maior produtividade média. O grupo de linhagens com segundo melhor desempenho produtivo foi constituído, em sua maioria, também por indivíduos portadores do caráter “stay-green”: SG39, SG47, RC1SG32, RC1SG34, RC1SG40, RC2SG67, o genitor TB188, SZ37 e SZ69.

Tabela 1. Valores médios de produtividade de grãos e massa de mil grãos em linhagens de trigo com e sem a presença do caráter “stay-green”, em 2003, 2004 e 2005⁽¹⁾.

Linhagens	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)			Massa de mil grãos (g)		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TB438 (SG)	2.233c	2.042c	2.126a	34,30b	32,68b	37,15a
SG30	2.414c	2.241b	1.774a	33,29b	34,65b	32,85b
SG39	2.734b	2.760a	1.552b	29,94c	33,20b	32,83b
SG47	2.740b	2.210b	2.230a	34,03b	33,00b	37,33a
SG53	3.103a	2.443b	2.215a	33,77b	38,77a	35,66a
SG65	2.311c	2.523b	2.124a	38,33a	31,82b	37,00a
SG71	3.055a	2.763a	1.612b	34,76b	34,37b	36,11a
SG74	2.407c	2.379b	2.137a	32,69b	35,60b	37,66a
RC1SG32	2.609b	2.902a	1.322c	33,20b	35,74b	31,36b
RC2SG34	2.611b	1.562d	1.629b	33,31b	36,58a	33,20b
RC2SG40	2.524b	2.787a	1.348c	32,28b	34,69b	33,31b
RC2SG46	2.922a	1.756d	1.507b	36,57a	37,57a	34,91a
RC2SG54	2.434c	2.074c	1.983a	32,33b	36,73a	33,55b
RC2SG62	2.941a	2.249b	1.711b	33,16b	38,12a	32,96b
RC2SG67	2.533b	1.923c	1.585b	39,64a	39,00a	32,01b
TB188 (SZ)	2.523b	1.331d	992c	31,41c	36,96a	36,71a
SZ31	2.426c	1.601d	1.535b	29,91c	37,28a	31,71b
SZ37	2.659b	1.578d	1.277c	33,02b	37,28a	32,80b
SZ49	2.160c	1.406d	1.389b	37,30a	36,13b	32,76b
SZ57	2.091c	1.488d	1.539b	32,68b	37,82a	31,11b
SZ69	2.500b	1.415d	1.879a	28,75c	33,34b	33,33b
RC1SZ43	2.281c	2.376b	1.262c	35,94a	34,21b	28,55b
RC1SZ45	2.140c	1.493d	1.548b	33,42b	35,01b	30,45b
RC1SZ55	1.907c	1.634d	1.166c	35,80a	38,18a	32,26b
RC1SZ58	2.137c	2.008c	1.437b	33,85b	38,97a	34,21b
RC1SZ68	2.331c	2.524b	1.978a	30,86c	40,00a	37,06a
RC1SZ72	1.802c	1.692d	1.661b	36,88a	36,60a	32,25b
RC1SZ76	2.225c	1.705d	1.315c	38,79a	35,78b	34,75a
RC2SZ35	2.431c	1.555d	1.448b	33,30b	34,60b	32,70b
RC2SZ42	2.141c	1.823c	1.509b	32,31b	38,66a	34,03b
RC2SZ56	1.992c	1.644d	1.318c	34,38b	38,57a	31,13b
RC2SZ61	2.092c	2.051c	1.414b	39,34a	40,53a	34,56a
Média	2.419	2.000	1.598	34,05	36,33	33,70

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. SG, genitor com caráter “stay-green”; SZ, genitor com senescência sincronizada.

Em 2004, as linhagens “stay-green” também apresentaram maior produtividade de grãos que as linhagens com senescência sincronizada, com destaque para os genótipos SG39, RC1SG32 e RC1SG40. Na análise dos anos 2003 e 2004, constatou-se que apenas a linhagem SG71 apresentou produtividade de grãos superior em ambos os anos. Quanto à comparação entre os genitores, observou-se que o genitor TB188, de senescência sincronizada, apresentou maior produtividade que o TB438 (“stay-green”), em 2003, e menor, em 2004 e 2005.

De modo geral, em 2004 e 2005, as médias da produtividade de grãos foram inferiores às obtidas em 2003, o que indica condições mais restritivas à expressão do potencial produtivo das linhagens (Tabela 2), sobretudo na segunda quinzena de novembro de 2005, terço final do período reprodutivo das plantas. Nesse ambiente restritivo, o genitor com o caráter “stay-green” (TB438) apresentou menor redução de produção de grãos que o genitor com senescência sincronizada (TB188). Esse indica maior estabilidade dos genótipos portadores do caráter “stay-green” frente a adversidades ambientais e apoia a ideia de que o caráter “stay-green” possibilita uma maior adaptação a condições de estresse abiótico (Kumar et al., 2010).

No entanto, em 2005, linhagens com senescência sincronizada também apresentaram elevado desempenho produtivo, como SZ69 e RC1SZ68, que tiveram os maiores valores de produtividade de grãos, juntamente com as linhagens “stay-green” TB438 (genitor), SG30, SG47, SG65, SG74, RC2SG54 e SG53. A linhagem SG53 já havia se destacado em 2003 com a maior média (3.103 kg ha⁻¹), 54% superior à média geral do experimento.

Tabela 2. Precipitação pluvial (mm) para o período entre junho e dezembro, em 2003, 2004 e 2005, e precipitação relativa à precipitação normal (RPN) para cada mês.

Mês	2003		2004		2005		Normal mm
	mm	RPN (%)	mm	RPN (%)	mm	RPN (%)	
Junho	246,2	233	57,7	55	28,0	26	105,7
Julho	97,4	67	95,6	65	42,2	29	146,0
Agosto	93,4	79	94,4	80	101,6	86	117,7
Setembro	115,5	93	90,3	73	241,6	195	123,7
Outubro	48,8	48	112,0	111	93,3	93	100,7
Novembro	103,2	104	91,5	92	23,7	24	99,5
Dezembro	76,3	74	28,6	28	54,6	53	103,2

Fonte: adaptado da Estação Agroclimatológica de Pelotas (2011).

Em relação à massa de mil grãos, verificou-se que, entre as linhagens com melhor desempenho para esse caráter, maior número de indivíduos com senescência sincronizada. Este resultado discorda dos presentes na literatura, em que o incremento na massa de grãos é relatado como a principal contribuição do caráter “stay-green” (Silva et al., 2003). Contudo, sabe-se também que a manutenção da taxa fotossintética de folhas e colmo resulta no aumento do número de grãos por espiga (Ahlawat et al., 2008), principalmente nas regiões distais da espiga, o que poderia resultar no aumento da participação de grãos menores na massa total de grãos e, conseqüentemente, na diminuição da massa de mil grãos. A contribuição do caráter “stay-green” ao aumento da fertilidade na espiga foi constatada por Silva et al. (2005), que identificaram, por meio da análise de trilha de genótipos com o caráter “stay-green”, efeito indireto e positivo da massa de mil grãos sobre a produtividade de grãos, por meio da sua associação com número de grãos por espiga e número de espigas por planta, a tal ponto de não terem observado correlação direta significativa entre massa de mil grãos e produtividade de grãos.

Em 2005, as linhagens portadoras do caráter “stay-green” apresentaram maior massa de grãos, em comparação às linhagens com senescência sincronizada. Isso pode ser explicado pela manutenção dos tecidos fotossinteticamente ativos em condições de estresse, que teria reduzido o impacto do fator de ambiente no enchimento de grãos (Kumari et al., 2007).

Em relação ao desempenho geral das linhagens quanto à massa de mil grãos, nos três anos de cultivo, os genótipos SG53, SG65, RC2SG67, RC1SZ55, RC1SZ68, RC1SZ72 e o genitor sincronizado TB188 destacaram-se por terem sido superiores aos demais em pelo menos dois anos. As linhagens RC2SG46 e RC2SZ61 apresentaram médias superiores desse caráter (4,8 e 10%), quando comparadas à média geral do experimento, nos três anos de avaliação.

Houve interação genótipo x ambiente para número de filhos férteis e de grãos por espiga, que foram mais sensíveis à interferência do ano de cultivo (Tabela 3).

Quanto ao número de filhos férteis, a presença do caráter “stay-green” não foi determinante para separação de indivíduos com maior ou menor capacidade de afilhamento, indício de sua menor influência sobre essa variável. Em 2005, não houve

diferença significativa entre os genótipos quanto ao número de filhos férteis.

Foi observada maior participação de genótipos “stay-green” com elevados valores de grãos por espiga, com maiores médias em 2003 e 2004. Esse resultado está de acordo com os obtidos para massa de mil grãos (Tabela 1). Contudo, em 2005, as linhagens não diferiram entre si, assim como para o caráter número

Tabela 3. Valores médios do número de filhos férteis por metro e de grãos por espiga em linhagens de trigo com e sem a presença do caráter “stay-green”, em 2003, 2004 e 2005⁽¹⁾.

Linhagens	Número de filhos por metro			Número de grãos por espiga		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TB438 (SG)	72a	56a	65a	65a	64a	43a
SG30	71a	45b	60a	64a	56a	34a
SG39	72a	73a	60a	60a	59a	47a
SG47	69a	59a	59a	64a	49b	37a
SG53	76a	52b	77a	65a	58a	37a
SG65	64b	52b	69a	68a	52b	37a
SG71	64b	66a	61a	67a	59a	35a
SG74	72a	49b	73a	63a	51b	40a
RC1SG32	65b	59a	59a	66a	56a	37a
RC2SG34	73a	52b	56a	60a	55a	41a
RC2SG40	73a	65a	61a	57b	59a	36a
RC2SG46	67b	48b	67a	61a	49b	42a
RC2SG54	64b	50b	56a	53b	53b	36a
RC2SG62	76a	55a	58a	63a	56a	38a
RC2SG67	59b	59a	62a	64a	56a	42a
TB188 (SZ)	90a	53b	68a	54b	50b	34a
SZ31	77a	57a	57a	51b	49b	42a
SZ37	68b	59a	72a	52b	49b	44a
SZ49	67b	48b	58a	63a	52b	45a
SZ57	62b	52b	65a	56b	56a	41a
SZ69	75a	56a	71a	50b	52b	36a
RC1SZ43	64b	51b	58a	63a	55a	41a
RC1SZ45	54b	50b	61a	60a	55a	38a
RC1SZ55	64b	62a	58a	66a	54a	39a
RC1SZ58	54b	45b	66a	59a	48b	35a
RC1SZ68	72a	64a	83a	51b	40b	37a
RC1SZ72	65b	39b	74a	61a	55a	37a
RC1SZ76	72a	54a	59a	65a	50b	42a
RC2SZ35	73a	39b	67a	53b	54a	38a
RC2SZ42	65b	45b	58a	52b	50b	44a
RC2SZ56	52b	49b	63a	57b	55a	35a
RC2SZ61	57b	42b	54a	66a	52b	41a
Média	68	53	64	60	53	39

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. SG, genitor com caráter “stay-green”; SZ, genitor com senescência sincronizada.

de filhos férteis. Constatou-se que, no ambiente em que as linhagens não diferiram quanto ao número de grãos por espiga, as portadoras do caráter “stay-green” destacaram-se pelo melhor desempenho em termos de massa de mil grãos. Isso evidencia que o caráter “stay-green” tem forte ligação com outros componentes da produtividade de grãos, não somente com a massa de grãos (Silva et al., 2005; Ahlawat et al., 2008).

O incremento na produtividade de grãos e a maior estabilidade produtiva, principalmente sob condições de estresse (Adu et al., 2011), provavelmente é a principal contribuição do caráter “stay-green”. Isso reduziria o efeito da variação ambiental sobre a

produtividade de grãos e aumentaria a participação do efeito cumulativo dos locos de produção sobre a variação total, o que eleva os valores de herdabilidade (Carvalho et al., 2001).

A herdabilidade dos genótipos “stay-green”, (h^2 de 0,57, 0,61 e 0,56), quanto à produtividade de grãos foi maior, do que a dos genótipos com senescência sincronizada (h^2 de 0,38, 0,54 e 0,12), nos anos de 2003, 2004 e 2005, respectivamente (Tabela 4). A estabilidade da herdabilidade do RG entre os anos, dentro dos grupos de maturação, variou menos nas plantas com o caráter “stay-green”. Os valores de herdabilidade obtidos em 2005, período de ocorrência de estiagem na fase de

Tabela 4. Parâmetros genéticos estimados a partir dos quadrados médios de populações fixas de trigo com e sem a presença do caráter “stay-green”, em 2003, 2004 e 2005⁽¹⁾.

Caráter	Análise de variância		Média	Parâmetros genéticos			
	QM _E	QM _T		V _A	V _F	V _G	h ²
Ano 2003							
“Stay-green”							
Produtividade (kg ha ⁻¹)	44016	219581	2.638	44016	102538	58522	0,57
Massa de mil grãos (g)	1,95	13,13	33,85	1,95	5,68	3,73	0,66
Afilhos férteis por metro	72,71	81,33	69,17	72,71	75,58	2,87	0,04
Grãos por espiga	35,34	45,85	62,71	35,34	38,84	3,50	0,09
Sincronizado							
Produtividade (kg ha ⁻¹)	55341	158668	2.226	55341	89783	34442	0,38
Massa de mil grãos (g)	9,59	38,17	34,55	9,59	19,12	9,53	0,50
Afilhos férteis por metro	124,17	279,25	66,54	124,17	175,86	51,69	0,29
Grãos por espiga	48,19	95,33	57,55	48,19	63,90	15,71	0,25
Ano 2004							
“Stay-green”							
Produtividade (kg ha ⁻¹)	83741	474562	2.308	53741	194015	140274	0,61
Massa de mil grãos (g)	3,65	25,54	35,54	3,65	7,61	3,96	0,67
Afilhos férteis por metro	126,62	179,18	56,13	126,62	144,14	17,52	0,12
Grãos por espiga	27,6	51,74	55,44	27,60	35,65	8,05	0,23
Sincronizado							
Produtividade (kg ha ⁻¹)	94136	432390	1.649	64136	186887	122751	0,54
Massa de mil grãos (g)	7,96	22,38	37,06	7,96	9,43	1,47	0,38
Afilhos férteis por metro	114,31	166,16	50,88	114,31	131,59	17,28	0,13
Grãos por espiga	36,31	45,91	51,63	36,31	39,51	3,20	0,08
Ano 2005							
“Stay-green”							
Produtividade (kg ha ⁻¹)	60969	294424	1.798	60969	138787	77818	0,56
Massa de mil grãos (g)	2,80	6,91	33,65	2,80	4,17	1,37	0,33
Afilhos férteis por metro	61,29	114,25	62,93	61,29	78,94	17,65	0,22
Grãos por espiga	19,23	39,01	38,16	19,23	25,82	6,59	0,26
Sincronizado							
Produtividade (kg ha ⁻¹)	90045	128332	1.431	90045	102807	12762	0,12
Massa de mil grãos (g)	7,74	9,42	32,90	7,74	8,30	0,56	0,07
Afilhos férteis por metro	94,35	170,19	64,10	94,35	119,63	25,28	0,21
Grãos por espiga	13,05	37,34	39,27	13,05	21,15	8,10	0,38

QM_E, quadrado médio do erro; QM_T, quadrado médio do tratamento; V_A, variância de ambiente; V_F, variância fenotípica; V_G, variância genotípica; h², herdabilidade.

enchimento de grãos (Tabela 2), evidenciam que os genótipos com presença do caráter “stay-green” exibiram maior estabilidade frente às condições desfavoráveis do ambiente.

Em 2003 e 2004, as plantas com caráter “stay-green” também apresentaram os maiores valores de herdabilidade para massa de mil grãos, com pequena variação (de 0,66 e 0,67), enquanto os genótipos com senescência sincronizada apresentaram menores valores de herdabilidade, com maior variação (de 0,50 e 0,38). Em 2005, a reduzida precipitação na fase de enchimento de grãos contribuiu para a maior variação ambiental na expressão do caráter. Em razão disso, os genótipos “stay-green” apresentaram maior valor de herdabilidade ($h^2=0,33$), em comparação aos sincronizados ($h^2=0,07$). Os maiores valores de herdabilidade são indicativos de forte contribuição da variação genética na expressão do caráter massa de mil grãos (Carvalho et al., 2001; Valério et al., 2009). Segundo Cristhopher et al. (2008), Izanloo et al. (2008) e Kassahun et al. (2010), a introdução dos locos que aumentam o tempo de permanência da área fotossinteticamente ativa no final do período de enchimento de grãos traz consigo uma adaptação a condições ambientais desfavoráveis, como em condições de estresse hídrico.

Independentemente do tipo de senescência da linhagem, as herdabilidades dos caracteres número de filhos férteis e número de grãos por espiga foram de baixa magnitude, sem grande variação entre as linhagens. Esses baixos valores de herdabilidade evidenciam a forte contribuição do ambiente na expressão destes componentes da produção. A reduzida variabilidade genética entre os genótipos também pode ter contribuído para os menores valores de herdabilidade (Lobato, 2010).

A presença do gene que confere o caráter “stay-green” pode vir a contribuir fortemente para o melhoramento de trigos brasileiros, principalmente por introduzir maior estabilidade à produção de grãos. Além disso, por se tratar de um caráter qualitativo, sua transferência por meio de retrocruzamentos é facilitada (Silva et al., 2005).

Conclusões

1. O caráter “stay-green” proporciona melhor desempenho per se quanto à produtividade de grãos e ao número de grãos por espiga.

2. Os genótipos com senescência “stay-green” apresentam menor sensibilidade aos efeitos da variação ambiental para produtividade de grãos e massa de mil grãos, o que é evidenciado por elevados valores de herdabilidade.

Referências

- ADU, M.O.; SPARKES, D.L.; PARMAR, A.; YAWSON, D.O. Stay green in wheat: comparative study of modern bread wheat and ancient wheat cultivars. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v.6, p.16-24, 2011.
- AHLAWAT, S.; CHHABRA, A.K.; BEHL, R.K.; BISHT, S.S. Genotypic divergence analysis for stay green characters in Wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). **The South Pacific Journal of Natural Sciences**, v.26, p.73-81, 2008. DOI: 10.1071/SP08012.
- CARVALHO, F.I.F. de; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; MARCHIORO, V.S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPel, 2001. 99p.
- CHRISTOPHER, J.T.; MANSCHADI, A.M.; HAMMER, G.L.; BORRELL, A.K. Developmental and physiological traits associated with high yield and *stay-green* phenotype in wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.59, p.354-364, 2008. DOI: 10.1071/AR07193.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS. **Estação Agroclimatológica de Pelotas (Capão do Leão)**. 2013. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/boletim.html>>. Acesso em: 8 dez. 2011.
- IZANLOO, A.; CONDON, A.G.; LANGRIDGE, P.; TESTER, M.; SCHNURBUSCH, T. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. **Journal of Experimental Botany**, v.59, p.3327-3346, 2008. DOI: 10.1093/jxb/ern199.
- KASSAHUN, B.; BIDINGER, F.R.; HASH, C.T.; KURUVINASHETTI, M.S. Stay-green expression in early generation sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] QTL introgression lines. **Euphytica**, v.172, p. 351-362, 2010. DOI: 10.1007/s10681-009-0108-0.
- KRÜGER, C.A.M.B.; SILVA, J.A.G. da; MEDEIROS, S.L.P.; DALMAGO, G.A.; GAVIRAGHI, J. Herdabilidade e correlação fenotípica de caracteres relacionados à produtividade de grãos e à morfologia da canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1625-1632, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001200007.
- KUMAR, U.; JOSHI, A.K.; KUMARI, M.; PALIWAL, R.; KUMAR, S.; RÖDER, M.S. Identification of QTLs for stay green trait in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the ‘Chirya 3’ × ‘Sonatika’ population. **Euphytica**, v.174, p.437-445, 2010. DOI: 10.1007/s10681-010-0155-6.
- KUMARI, M.; SINGH, V.P.; TRIPATHI, R.; JOSHI, A.K. Variation for staygreen trait and its association with canopy temperature depression and yield traits under terminal heat stress in wheat.

- Developments in Plant Breeding**, v.12, p.357-363, 2007. DOI: 10.1007/1-4020-5497-1_44.
- LOBATO, M.T.V. **Estimativas de parâmetros genéticos e análise dialélica de cruzamentos de trigo (*Triticum aestivum* L.) envolvendo a cultivar BH-1146 e linhagens irradiadas**. 2010. 85p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura de São Paulo, Piracicaba.
- MANUAL de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.
- REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 36., 2004, Passo Fundo. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2004. 74p.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SILVA, J.A.G. da; CARVALHO, F.I.F. de; HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C. de; BERTAN, I.; CAETANO, V. da R.; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; RIBEIRO, G.; BUSATO, C.C. Caráter *stay-green* e produtividade de grãos em trigo. **Bragantia**, v.67, p.161-167, 2008. DOI: 10.1590/S0006-87052008000100020.
- SILVA, S.A.; CARVALHO, F.I.F. de; NEDEL, J.L.; CRUZ, P.J.; PESKE, S.T.; SIMIONI, D.; CARGNIN, A. Enchimento de sementes em linhas quase-isogênicas de trigo com presença e ausência do caráter “*stay-green*”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.613-618, 2003. DOI: 10.1590/S0100-204X2003000500009.
- SILVA, S.A.; CARVALHO, F.I.F. de; NEDEL, J.L.; CRUZ, P.J.; SILVA, J.A.G. da; CAETANO, V. da R.; HARTWIG, I.; SOUSA, C. da S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, v.64, p.191-196, 2005. DOI: 10.1590/S0006-87052005000200004.
- VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. de; BENIN, G.; SILVEIRA, G. da; SCHMIDT, D.A.M.; STUMPF, M.T.; WOYANN, L.G. Seleção efetiva para o caráter número de filhos em populações segregantes de trigo. **Bragantia**, v.68, p.885-889, 2009. DOI: 10.1590/S0006-87052009000400008.
- VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F. de A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, v.58, p.337-341, 2011. DOI: 10.1590/S0034-737X2011000300014.
- YUAN, W.; PENG, S.; CAO, C.; VIRK, P.; XING, D.; ZHANG, Y.; VISPERA, R.M.; LAZA, R.C. Agronomic performance of rice breeding lines selected based on plant traits or grain yield. **Field Crops Research**, v.121, p.168-174, 2011. DOI: 10.1016/j.fcr.2010.12.014.

Recebido em 10 de maio de 2012 e aprovado em 31 de janeiro de 2013