

ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE E CORRELAÇÕES PARA CARACTERES AGRÔNÔMICOS EM GIRASSOL

HERITABILITY AND CORRELATION ESTIMATES FOR AGRONOMIC TRAITS IN SUNFLOWER

José Antonio Gonzales da Silva¹; Diogo Vanderlei Schwertner²; Cleusa Adriane Menegassi Bianchi Kruger¹; Roberto Carbonera¹; Adriano Rudi Maixner¹; Dagmar Camacho Garcia¹; Maraísa Crestani³; Fernando Gaviraghi⁴; João Augusto Kinalski Martins⁵; Edegar Matter⁵.

RESUMO

Uma das estratégias de melhoramento que pode ser utilizada para otimizar a identificação de genótipos superiores é a seleção indireta, se conduzida através de um caráter de fácil mensuração e de alta herdabilidade. Um estudo com 24 genótipos de girassol foi realizado para estimar valores de correlação e herdabilidade entre dezessete caracteres agrônômicos. O experimento foi conduzido nos anos de 2008 e 2009 em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR/DEAg/UNIJUÍ), Augusto Pestana/RS, Brasil. Correlações positivas e significativas são observadas entre o rendimento de grãos e número de grãos do capítulo, massa de grãos do capítulo, índice de colheita da planta e índice de colheita do capítulo. O diâmetro total do capítulo e massa de grãos do capítulo apresentam baixas estimativas de herdabilidade, indicando serem mais facilmente alterados pelas condições de ambiente.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., correlação genética, caracteres agrônômicos.

ABSTRACT

One of the breeding strategies that might be used to optimize the identification of superior genotypes is the indirect selection, if conducted through a character of easy measurement and of high heritability. A study with 24 sunflower genotypes was carried on to estimate correlations and heritabilities among 17 agronomical characters. The experiment was conducted in 2008 and 2009 in a randomized complete block design with four replicates at the Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR/DEAg/UNIJUÍ), Augusto Pestana, Brazil. Positive and significant correlations were observed among grain yield and head grain number, head grain mass, plant harvest index and head harvest index. The lead total diameter and head grain mass showed low heritability estimates, indicating these traits are easily changed by environment conditions.

Key words: *Helianthus annuus* L., genetic correlation, agronomic traits.

¹ Professor do Departamento de Estudos Agrários do Curso de Agronomia da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ. Autor para correspondência: Rua do Comércio 3000 – Bairro Universitário, CEP: 98700-000 – Ijuí/RS, email: jaqsfaem@yahoo.com.br.

² Engenheiro Agrônomo, estudante do curso de Pós-graduação em Agronomia (Fitossanidade) em nível de Mestrado pela Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

³ Engenheira Agrônoma, estudante do curso de Pós-graduação em Agronomia (Fitomelhoramento) em nível de Doutorado pela Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.

⁴ Engenheiro Agrônomo, estudante do curso de Pós-graduação em Agronomia (Fitossanidade) em nível de Mestrado pela Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS.

⁵ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, estudante do curso de Agronomia da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ, Ijuí/RS.

(Recebido para Publicação em 24/06/2010, Aprovado em 21/01/2011)

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma espécie que se destaca em nível mundial por ser a quarta oleaginosa em produção de grãos e a quinta em área cultivada. Além disso, é a quarta oleaginosa em produção de farelo depois da soja, canola e algodão e a terceira em produção mundial de óleo, depois da soja e canola (AMORIM et al., 2008). A cultura possui um grande potencial de aproveitamento na produção de óleos para consumo humano e biodiesel, apresentando elevado teor de óleo, além da possibilidade do aproveitamento da torta como fonte de proteína na alimentação animal. A planta também possui uso na forma de forragem verde, silagem e grão integral, utilizados na alimentação animal. Os grãos de girassol são utilizados na alimentação de pássaros, com opção de aproveitamento na confeitaria para decoração de pratos. Existem novas possibilidades de aproveitamento da cultura em sistemas integrados para a produção de mel ou girassóis coloridos para uso ornamental. A maior parte da produção de girassol é destinada ao processamento industrial resultando em cerca de 12 milhões de toneladas de farelo e 10 milhões de toneladas de óleo (TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE GIRASSOL, 2008).

No Brasil, a cultura se adapta às diferentes condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada desde o Rio Grande do Sul até Roraima. A baixa sensibilidade fotoperiódica da planta permite seu cultivo durante o ano todo, em todas as regiões produtoras de grãos. No entanto, é cultivada predominantemente após a colheita da safra de verão em sucessão à soja ou ao milho (LAZZAROTTO et al., 2005; AMORIM et al., 2007). Segundo estes autores, nas condições do sul do Brasil, atualmente, os programas de melhoramento buscam genótipos de girassol com alto teor de óleo, ciclo precoce, porte baixo, resistência a fatores bióticos e abióticos e de elevado rendimento de grãos, destacando o programa da Embrapa Soja, em Londrina, Paraná.

O rendimento de grãos em girassol é um caráter complexo, cuja magnitude resulta da expressão e interação entre os diferentes componentes, sejam eles diretos ou indiretos, que, interagindo entre si e com o ambiente, possibilitam a expressão do potencial genético da variedade utilizada (CARVALHO e PISSAIA, 2002). Nesta espécie, os componentes diretos do rendimento são o número de capítulos por unidade de área, número de aquênios por capítulo e massa de mil aquênios. Além disso, existem outros componentes da planta e da inflorescência que atuam com maior ou menor influência nos componentes diretos do rendimento. Destaque para os relacionados ao desempenho fisiológico, como é o caso do índice de colheita, os parâmetros adaptativos, tais como ciclo

e estatura, e dos morfológicos, como a curvatura de capítulo.

Para que o melhoramento desta espécie seja realizado de forma mais eficiente, é indispensável o conhecimento sobre a natureza e intensidade das variações de origem genética e de ambiente que atuam sobre o caráter, sendo a herdabilidade o efeito cumulativo de todos os locos que o afetam. Portanto, conhecida a herdabilidade, o progresso a ser esperado a partir da seleção de uma característica pode ser previsto, além de estimar a intensidade com que as variações de ambiente podem afetar sua expressão (AMORIM et al., 2008). Além disto, importância também tem sido atribuída ao estudo de caracteres correlacionados (CAEIRÃO et al., 2001; CRESTANI, 2008), pois possibilitam identificar modificações que ocorrem em um determinado caráter em função da seleção praticada em outro. Segundo CARVALHO et al., (2001), a relação de um caráter indireto de elevada herdabilidade pode permitir progressos mais rápidos e em menor espaço de tempo do que a própria seleção direta do caráter principal, principalmente quando se deseja seleção simultânea de caracteres ou quando o caráter direto revelar baixa herdabilidade, de difícil identificação e resposta para obtenção de ganho genético.

A estimativa da herdabilidade segundo CARVALHO et al. (2001), pode ser obtida com base nos componentes de variância por intermédio da estimativa do quadrado médio em um experimento com repetições de igual número de plantas ou de parcelas. Já, a associação entre caracteres, que pode ser diretamente medida, é a fenotípica, que envolve causas de natureza genética e de ambiente na expressão total (FALCONER, 1987). Portanto, existem modelos que permitem retirar da correlação geral o efeito de ambiente, permitindo conhecer a associação de natureza herdável, mais efetiva para uso em programas de melhoramento de plantas (CRUZ e REGAZZI, 2001).

O objetivo do trabalho foi estimar nas condições do sul do Brasil a herdabilidade e as correlações genéticas entre dezessete caracteres de importância agrônômica em girassol, visando fornecer informações que auxiliem os programas de melhoramento nos processos de seleção desta espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) pertencente ao Departamento de Estudos Agrários (DEAg) da UNIJUÍ, localizado no município de Augusto Pestana-RS, durante os anos agrícola de 2008 e 2009. O IRDeR está situado a 28° 26' 30" de latitude Sul e 54° 00' 58" de longitude Oeste. Apresenta altitude de aproximadamente 298 metros e com precipitações

pluviométricas de em torno de 1600 mm ano⁻¹. O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento Santo Ângelo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico.

Foram avaliados nestes dois anos de estudo, 24 genótipos híbridos de girassol de distintos programas de melhoramento, fazendo parte do Ensaio Final de Primeiro Ano de avaliação, conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. As constituições genéticas testadas foram: M 734, AGROBEL 960, HELIO 358, NTO 3.0, SEM 840, AROMO 10, SAUCE 1, PARAISO 22, PARAISO 20, PARAISO 33, ALBISOL 2, ALBISOL 20 CL, HLE 14, HLT 5009, HLT 5013, EMBRAPA 01, HLT 5014, EXP 1450 HO, EXP 1452 CL, HLE 16, HLE 17, V 50070, V 70003 e V 20041.

Os genótipos foram semeados no mês de setembro em parcelas com quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas de 0,8 m entre-linhas e 0,3 m entre plantas, visando compor uma população de 40 a 45 mil plantas por hectare. Na semeadura, foram colocadas três sementes por cova, com desbaste realizado 20 dias após a emergência, deixando 21 plantas na linha. A adubação de base foi de 200 kg ha⁻¹ de adubo químico de fórmula 5-20-20, e a adubação de cobertura com 100 kg ha⁻¹ de uréia com 30 dias após a emergência. Foi realizada uma aplicação foliar do micronutriente boro, a partir da fonte solúvel borato de sódio (20,5% de boro) também aos 30 dias após a emergência, na dose 1,5 kg ha⁻¹ do produto comercial. O ataque de insetos foi controlado de acordo com sua infestação, tendo por base o inseticida registrado para a cultura de nome comercial Connect (beta-ciflurina + imidacloprido) na dose de 0,5 l ha⁻¹. Os demais tratamentos culturais foram realizados seguindo as recomendações do MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA (2004) e das indicações com base nas TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE GIRASSOL (2008).

Em campo experimental foram avaliados os seguintes caracteres agrônômicos: 1. Dias da emergência a floração (DEF, em dias), anotado quando 50% das plantas na parcela se encontravam no estágio fenológico R₄ (primeiras flores liguladas abertas) conforme SCHNEITER e MILLER (1981); 2. Dias da floração a maturação fisiológica (DFM, em dias) sendo considerado para maturação fisiológica o estágio fenológico R₉ (fase de maturação dos aquênios - brácteas com coloração entre amarelo e castanho); 3. Dias da emergência a maturação fisiológica (DEM, em dias); 4. Estatura de planta (EST, em cm), medida do solo até a inserção do capítulo e 5. Curvatura do capítulo (CC, em graus) avaliado em três plantas por parcela no momento da maturidade fisiológica.

As três plantas avaliadas por parcela em campo foram, no momento da maturidade fisiológica, cortadas rente ao solo e encaminhadas ao laboratório para

compor a média das seguintes determinações: 6. Rendimento biológico por planta (RBP, em g planta⁻¹), ou seja, a massa total de uma planta de girassol (palha+grãos). A partir desta determinação foi estimado o rendimento biológico na unidade de um hectare para compor o item 7, Rendimento biológico (RB, em kg ha⁻¹). Foram avaliadas também: 8. Massa de capítulo (MC, em g capítulo⁻¹), sendo a massa total do capítulo (grãos+palha); 9. Diâmetro total do capítulo (DTC, em cm); 10. Diâmetro infértil do capítulo (DIC, em cm), que corresponde a parte central dos capítulos com ausência de grãos ou de grãos irregulares; 11. Número de grãos por capítulo (NGC, por contagem); 12. Massa de grãos do capítulo (MGC, em g); 13. Índice de colheita da planta (ICP), pela relação entre rendimento de grãos (RG) e o rendimento biológico (RB); 14. Índice de colheita do capítulo (ICC), pela relação entre massa de grãos por capítulo (MGC) e massa do capítulo (MC); 15. Massa de mil grãos (MMG, em g), pela contagem de 200 grãos e correção para 1000 grãos; 16. Número de folhas na floração, anotado no estágio R₄ (NFF, por contagem) e; 17. Rendimento de grãos (RG, em kg ha⁻¹), pela colheita de 20 capítulos por parcela e estimado na unidade de um hectare.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA), estatística descritiva para obtenção da média geral e valores máximos e mínimos de cada variável, estimativa de herdabilidade (h²) pelo quadrado médio esperado da ANAVA, segundo CARVALHO et al., (2001) e correlações genéticas (r_G) conforme o modelo proposto por CRUZ e REGAZZI (2001). Para estas análises foi utilizado o programa computacional Genes (CRUZ, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os caracteres testados nos genótipos de girassol mostraram diferença estatística, aliado que, os valores mínimos e máximos de cada variável apresentaram forte amplitude de expressão, o que, de certa forma, sugere a variabilidade existente nos caracteres testados (Tabela 1). Aliado a isto, os valores obtidos com base na média mais dois desvios padrões torna evidente as diferenças em relação à média geral, exceto para a curvatura do capítulo que não ultrapassou o limite estabelecido. Cabe destacar a amplitude verificada no caráter rendimento de grãos, que foi de 622 a 2485 kg ha⁻¹, com média de 1648 kg ha⁻¹, indicando a existência de cultivares elite de grande possibilidade de produção nesta região de cultivo. Em estudo conduzido por AMORIM et al., (2008) em Campinas/SP, região mais tradicional de cultivo de girassol, a produtividade variou entre 699 e 1642 kg ha⁻¹. Além disto, CARVALHO & PISSAIA (2002) observaram também nesta região elevados níveis de produtividade com esta espécie, com amplitude variando de 1875 a 2180 kg ha⁻¹. Segundo a

CONAB (2010) a produtividade média de girassol esperada para a safra 2010/11 é de 1441 kg ha⁻¹. E, pelas informações da 18ª REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO GIRASSOL E 6º SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL (2009), o custo de produção desta cultura tende ao longo dos anos se manter numa faixa de R\$ 600,00 por hectare, mostrando a necessidade de uma produtividade mínima de 20 sacas ha⁻¹ (1200kg ha⁻¹) para viabilidade da lavoura comercial.

As amplitudes observadas nos componentes diretos do rendimento de grãos nos genótipos testados mostraram valores variando de 40,10 a 74,40 para a MMG e 487 a 1534 no NGC, variáveis estas altamente relevantes e que influenciam decisivamente no desempenho final da cultura. Além disto, as amplitudes no ciclo também foram evidentes, sugerindo que dentre os genótipos existem constituições genéticas precoces, altamente vantajosas nas condições do sul do Brasil, com semeadura em meados de agosto para posterior colheita e semeadura de soja mais tardia ou seu uso na safrinha, após colheita de soja ou milho no período normal de cultivo.

Contudo, fora os valores médios de produção final observados, a elevada estimativa de rendimento biológico variou de 2278 a 6581 kg ha⁻¹, mostrando também a forte capacidade desta espécie na produção de material orgânico para o solo, permitindo o aproveitamento dos elementos minerais que serão liberados para a cultura subsequente pela sua decomposição. O girassol representa uma espécie que melhora a fertilidade do solo por apresentar uma elevada capacidade de ciclagem de nutrientes absorvidos em profundidade e uma reduzida taxa de exportação de nutrientes aos grãos. Em suma, uma produção de 2500 kg ha⁻¹ pode restituir ao solo aproximadamente 50 kg de nitrogênio, 25 kg de fósforo e 225 kg de potássio. De modo geral, os cultivares brasileiros tem potencial de produção de valores superiores a cinco toneladas de matéria seca por hectare, aliado a produção de em torno de 1000 litros de óleo e 500 kg de torta com 36% de proteína (CAVASIN, 2001). Contudo, para o rendimento de grãos, a cada tonelada produzida o girassol exporta

aproximadamente 25, 14 e 6 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

Ainda na tabela 1, no sentido de conhecer a maior ou menor estabilidade de caracteres agrônômicos do girassol por meio do estudo da herdabilidade, foram estimados a composição da variância fenotípica, genética e de ambiente, conforme CARVALHO et al. (2001), a partir dos valores de quadrado médio da ANAVA. Para os caracteres NGC, MC, MGC, RBP, RB, DTC, DFM e CC a variância de ambiente (σ^2_E) apresentou valores elevados em relação à variabilidade total, o que promoveu em reduzir o de natureza genética. Portanto, isto sugere uma maior dificuldade em obtenção de ganho genético no melhoramento com base na seleção destes caracteres. Aliado a isto, as alterações de ambiente como o próprio manejo de condução da lavoura podem promover efeitos mais efetivos em modificar o comportamento destas variáveis. De acordo com SILVEIRA et al. (2010) a variabilidade fenotípica resulta da ação conjunta dos efeitos genéticos e de ambiente e desta forma, a variação do ambiente ofusca a variação de natureza genética. Neste sentido, quanto maior for a proporção da variação devido ao ambiente em relação a variabilidade total, mais difícil se torna a seleção de genótipos de forma efetiva, principalmente da observação e seleção de novas linhagens a partir de variedades melhoradas para constituição dos novos híbridos comerciais. É importante destacar que o componente direto de produção MMG bem como o RG resultaram em herdabilidades de média magnitude ($h^2 = 0,68$ e $h^2 = 0,54$, respectivamente), permitindo maior facilidade na seleção direta que os caracteres mencionados anteriormente, não efetivamente concordando com o que menciona ALLARD (1960) e HARTWIG et al. (2007). Segundo estes autores, caracteres controlados por vários genes como o rendimento de grãos têm pequena contribuição de cada alelo para a expressão do caráter e, portanto, com forte participação do ambiente, tendendo a expressar os mais reduzidos valores de herdabilidade.

Tabela 1. Resumo da análise de variância, estatística descritiva e parâmetros genéticos dos caracteres de importância agrônômica de girassol. DEAg/UNIJUÍ, 2010.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO 2008/2009							
		RG (kg ha ⁻¹)	MMG (g)	NGC (n ^o)	DTC (cm)	DIC (cm)	DEF (dias)	DFM (dias)	DEM (dias)
Bloco	3	137784	3,38	37584	6,20	0,34	3,1	26	11,3
Genótipo	23	478954*	126,1*	95051*	3,45*	1,42*	39*	21*	52,4*
Erro	69	48980	21,42	30496	1,56	0,380	2,8	5,34	2
Total	95								
CV (%)		13,42	8,90	20,22	9,24	18,34	2,58	4,55	1,24
Média		1648	52,03	863	13,50	3,38	64	50	115
Máximo		2485	74,70	1534	17,17	5,33	71	58	120
Mínimo		622	40,10	487	10,00	1,00	57	44	107
M+2DP		2090	61,28	1212	15,99	4,61	67,34	54,62	117,82
Parâmetros Genéticos									
σ_P		156474	47,59	46635	2,03	0,64	12,07	9,29	14,66
σ_E		48980	21,42	30496	1,56	0,38	2,8	5,34	2,06
σ_G		107493	26,17	16138	0,47	0,26	9,27	3,95	12,6
ha ²		0,68	0,54	0,34	0,23	0,40	0,76	0,42	0,85

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO 2008/2009								
		MC (g)	MGC (g)	RBP (g)	RB (kg ha ⁻¹)	ICP	ICC	EST (cm)	NFF (n)	CC (°)
Bloco	3	586	312	3353	1053446	0,0214	0,002	234	28	136
Genótipo	23	796*	335*	3778*	1548028*	0,4748*	0,014*	514*	22*	143*
Erro	69	271	152	1071	393978	0,0091	0,004	28	6,24	32
Total	95									
CV %		18,88	24,4	17,52	16,08	21,56	11,7	3,22	8,68	7,04
Média		87	50	186	3901	0,44	0,58	166	28	81
Máximo		156	96	346	6581	0,69	0,83	192	40	90
Mínimo		46	26	109	2278	0,13	0,38	138	22	53
M+2DP		119,92	74,65	251,45	5156	0,63	0,70	176,58	32,99	92,31
Parâmetros Genéticos										
σ_P		402	198,2	1747	682491	0,13	0,01	150	10,4	60,3
σ_E		271	152,3	1071	393978	0,01	0,005	28	6,2	32,6
σ_G		131	45,8	676	288512	0,12	0,002	121	4,1	27,7
ha ²		0,32	0,23	0,38	0,42	0,92	0,34	0,80	0,39	0,45

* Significativo a 5% de probabilidade de erro; M+2DP= Média + 2 Desvio Padrão; RG= Rendimento de grãos; MMG= Massa de mil grãos; NGC= Número de grãos por capítulo; MC= Massa de capítulo; MGC= Massa de grãos do capítulo; RBP= Rendimento biológico por planta; RB= Rendimento biológico em kg ha⁻¹; ICP= Índice de colheita por planta (RG/RB); ICC= Índice de colheita por capítulo (MGC/MC); DTC= Diâmetro total do capítulo; DIC= Diâmetro infértil do capítulo; DEF= Dias da emergência a floração; DFM= Dias da floração a maturação; DEM= Dias da emergência a maturação; EST= Estatura; NFF= Número de folhas floração; CC= Curvatura do capítulo; σ_P = Variância fenotípica; σ_E = Variância ambiental; σ_G = Variância genotípica; ha²= Herdabilidade.

Na estimativa dos parâmetros genéticos (Tabela 1), se verifica que todos os caracteres que estão relacionados ao DTC apresentaram, de forma geral, reduzida herdabilidade (ICC ha²= 0,34; MGC ha²= 0,23; MC ha²= 0,32 e NGC ha²= 0,34). Além disto, o

próprio DTC evidenciou forte instabilidade ao efeito de ambiente (ha²= 0,23). Por outro lado, maiores valores de herdabilidade foram encontrados para ICP (ha²= 0,92), DEM (ha²= 0,85), EST (ha²= 0,80) e DEF (ha²= 0,76). Os caracteres de maiores estimativas de

herdabilidade têm sua expressão regulada com maior magnitude do efeito genotípico, e, portanto, passíveis de transmissão e facilidade de seleção aliada a maior estabilidade de expressão do caráter (HARTWIG et al., 2007).

Para CARVALHO et al., (2001), os caracteres que se desenvolvem em curto período de tempo estão menos sujeitos ao efeito de ambiente e apresentam maior herdabilidade do que aqueles com maior período de interferência em sua formação, ou seja, quanto menor o período fenológico na formação de um caráter maior é sua herdabilidade. No entanto, nem sempre isto se verifica, pois, considerando os DFM que evidenciou duração média de 64 dias (Tabela 1) e h^2 de 0,42, ao ser comparado aos DEM, com duração média de 115 dias, apresentou herdabilidade superior ($h^2 = 0,85$), mesmo com maior período fenológico de sua expressão. Ainda nesta linha de observação, a própria MMG apresentou herdabilidade intermediária ($h^2 = 0,54$) e de expressão vinculada aos DFM, que constituiu em 54 dias entre a fecundação a maturidade fisiológica e, também, com valores acima de herdabilidade daqueles encontrados para MC e RBP de maior tempo para sua formação.

AMORIM et al. (2007) estudando genótipos de girassol, identificaram herdabilidade de média a elevada magnitude para os caracteres início da floração ($h^2 = 0,94$), 50% da floração ($h^2 = 0,97$), número de folhas ($h^2 = 0,89$), estatura de plantas ($h^2 = 0,87$), altura de inserção de capítulo ($h^2 = 0,90$), diâmetro de haste ($h^2 = 0,85$), diâmetro de capítulo ($h^2 = 0,58$), curvatura de capítulo ($h^2 = 0,82$), percentagem de grãos normais ($h^2 = 0,78$), massa de mil grãos ($h^2 = 0,62$), massa do hectolitro ($h^2 = 0,73$) e rendimento de grãos ($h^2 = 0,49$).

Na tabela 2, é possível identificar as correlações genéticas (r_G) obtidas entre os caracteres de interesse agrônômico testados nos 24 genótipos de girassol com

base nos valores médios obtidos entre os anos de 2008 e 2009. Portanto, para o rendimento de grãos (RG), se observaram correlações positivas e significativas com os caracteres NGC ($r = 0,56$), MGC ($r = 0,60$) e com os indicadores de desempenho fisiológico, ICP ($r = 0,84$) e ICC ($r = 0,99$). Fato relevante é a não ocorrência de correlação entre o RG com DEF, DFM e DEM, o que identifica a possibilidade de obtenção de genótipos de ciclo precoce com elevados potenciais de produtividade para cultivo nos períodos de entressafra das grandes culturas, desejável para as condições do sul do Brasil.

Os caracteres NGC e MGC que apresentaram correlação positiva e significativa com o RG ($r = 0,56$ e $r = 0,60$, respectivamente), também apresentaram associações de mesma direção e intensidade com o DTC ($r = 0,79$ e $r = 0,81$, respectivamente), o que demonstra que a produtividade em girassol pode ser potencializada pelo aumento do diâmetro do capítulo, que pela forte variação de ambiente, pode ser obtido pela prática cultural da redução da densidade de semeadura. SILVA et al. (2009) estudando o efeito da redução do espaçamento entre linhas para uma mesma densidade populacional em girassol observaram que não houve alteração no DTC, demonstrando que sua alteração apenas foi obtida pela redução do número de plantas na área de cultivo. Vale destacar, que somente o caráter NGC dentre os componentes diretos do rendimento de grãos apresentou correlação positiva e significativa com esta variável ($r = 0,79$). AMORIM et al. (2008), também encontraram correlação positiva e significativa entre RG e DTC. Ainda segundo os mesmos autores, a seleção de genótipos com maior DTC tende a permitir a obtenção de maiores produtividades em função do incremento do número de grãos no capítulo, além de representar um caráter de fácil mensuração, servindo como critério indireto de seleção para produtividade em programas de melhoramento.

Tabela 2. Correlações genéticas em caracteres de importância agrônômica do girassol com base na média de dois anos de cultivo. DEAg/UNIJUÍ, 2010.

r_G	M M G	N G C	M C	M G C	R B P	R B	I C P	I C C	D T C	D I C	D E F	D F M	D E M	E S T	C C
R G	-0,15	0,56*	-0,07	0,60*	-0,20	-0,14	0,84*	0,99*	-0,16	-0,41	-0,26	-0,01	-0,22	-0,20	-0,04
M M G	1	-0,23	0,03	0,20	-0,27	-0,17	-0,01	0,33	0,00	-0,17	-0,47	0,17	-0,31	-0,20	-0,02
N G C		1	0,79*	0,94*	0,57*	0,59*	0,18	0,21	0,79*	0,08	0,16	0,15	0,22	-0,18	-0,17
M C			1	0,80*	0,81*	0,86*	-0,45	-0,32	1,00*	0,12	0,08	0,49	0,34	0,13	-0,39
M G C				1	0,53*	0,62*	0,21	0,31	0,81*	-0,11	-0,18	0,37	0,05	-0,16	-0,19
R B P					1	1,00*	-0,71*	-0,50*	0,78*	-0,16	0,48	0,67*	0,79*	0,52*	-0,57*
R B						1	-0,65*	-0,41	0,83*	-0,25	0,40	0,75*	0,76*	0,48	-0,58*
I C P							1	1,00*	-0,53*	-0,10	-0,49	-0,40	-0,65*	-0,48	0,24
I C C								1	-0,35	-0,31	-0,45	-0,14	-0,47	-0,46	0,31
D T C									1	-0,13	0,12	0,24	0,23	0,21	-0,22
D I C										1	-0,24	-0,04	-0,23	0,37	-0,15
D E F											1	-0,05	0,83*	0,24	0,03
D F M												1	0,52*	0,55*	-0,91*
D E M													1	0,52*	-0,48
E S T														1	0,46

* significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t. r_G = Correlação genética; RG= Rendimento de grãos ($kg\ ha^{-1}$); MMG= Massa de mil grãos (g); NGC= Número de grãos por capítulo (N°); MC= Massa de capítulo (g); MGC= Massa de grãos do capítulo (g); RBP= Rendimento biológico por planta (g); RB= Rendimento biológico ($kg\ ha^{-1}$); ICP= Índice de colheita por planta (RG/RB); ICC= Índice de colheita por capítulo (MGC/MC); DTC= Diâmetro total do capítulo (cm); DIC= Diâmetro infértil do capítulo (cm); DEF= Dias da emergência a floração (dias); DFM= Dias da floração a maturação (dias); DEM= Dias da emergência a maturação (dias); EST= Estatura (cm); CC= Curvatura do capítulo (°).

Destaque foi conferido ao componente direto do rendimento MMG, que no "pool" gênico avaliado, não apresentou correlação significativa com nenhum dos

demaís caracteres testados, sugerindo que o melhoramento para incremento da MMG não está associado à redução da produtividade, o que é muito

importante quando se objetiva a obtenção de cultivares produtivos (agricultor) e com elevada MMG (indústria), simultaneamente. Este resultado difere dos encontrados por HLADNI et al., (2006) e AMORIM et al. (2008) que verificaram associação positiva e significativa com o RG na ordem de $r = 0,55$. Para o caráter NGC foram observadas correlações positivas e significativas com os caracteres MC ($r = 0,79$), MGC ($r = 0,94$), RBP ($r = 0,57$), RB ($r = 0,59$) E DTC ($r = 0,79$). Isto indica que um incremento na massa do capítulo também se reflete em um maior número de grãos, estando diretamente relacionado ao incremento do RG. Dessa forma, uma estratégia interessante na obtenção de genótipos elite para o caráter pode ser desenvolvida com o emprego de seleção indireta de caracteres do capítulo como MC e DTC, que são de fácil mensuração. Por outro lado, quando ocorre uma maior produção de grãos, é necessário que a planta produza uma maior quantidade de fotoassimilados a serem particionados para o enchimento de grãos e manutenção de uma estrutura de planta que de suporte ao capítulo, o que leva a um aumento no RB.

A MC apresentou correlações positivas e significativas com MGC ($r = 0,80$), RBP ($r = 0,81$), RB ($r = 0,86$) e DTC ($r = 1,00$), indicando ocorrer uma relação perfeita entre o incremento no DTC e da MC, que por outro lado, reflete em aumento do MGC, caráter indiretamente ligado a produção. Para a MGC, foram observadas correlações com RBP ($r = 0,53$), RB ($r = 0,62$), DTC ($r = 0,81$), NGC ($r = 0,94$) e RG ($r = 0,60$). Nos caracteres de desempenho fisiológico, fortes correlações positivas foram observadas entre ICP e RG ($r = 0,84$) e RB com DTC ($r = 0,83$), DFM ($r = 0,75$) e DEM ($r = 0,76$), o que remete a possibilidade de incrementar a produtividade pelo aumento da eficiência de produção de fotoassimilados na planta inteira. Porém, como o ICC apresentou maior correlação com RG ($r = 0,99$) do que o ICP ($r = 0,84$), a manipulação da eficiência fisiológica pode ser buscada dentro dos componentes do capítulo (palha e grãos), já que é mais fácil trabalhar com este caráter do que a planta inteira. Correlações negativas do ICP com RBP ($r = -0,71$), RB ($r = -0,65$), DTC ($r = -0,53$) e DEM ($r = -0,65$) foram encontradas, indicando que o aumento na produção total de biomassa da planta e do ciclo total, remete a uma redução no ICP, além disso, o aumento do DTC por reduzir o ICP, mostrando novamente que a seleção através do ICC parece mais vantajosa do que pelo uso da planta inteira (ICP).

O ciclo total (DEM) apresentou correlação positiva com DFM, DEF, RB e RBP, evidenciando o que já se esperava, ou seja, plantas com maior período de desenvolvimento vegetativo e ciclo total tendem a apresentar maior produção biológica. Por outro lado, o aumento nos DEM manifestou correlação negativa com o ICP, determinando que o prolongamento do ciclo em girassol reduz a eficiência fisiológica da planta. Este fato evidencia a necessidade de seleção

pelos programas de melhoramento de genótipos de ciclo precoce com alta eficiência fisiológica, direcionada a produtividade de grãos, porém, não descuidando do balanço mínimo de produção de matéria seca total, importante para o sistema de sucessão pelo aproveitamento dos resíduos vegetais.

A estatura de plantas teve correlações positivas com RBP ($r = 0,52$), DFM ($r = 0,55$) e DEM ($r = 0,52$), indicando que plantas com maior EST apresentam maiores RB, por apresentar maior acúmulo de matéria seca. Por outro lado, a seleção de genótipos de maior EST acarreta em aumento total do ciclo desta espécie, fato não desejado pelos programas de melhoramento brasileiros, que priorizam genótipos de ciclo curto para cultivo na entressafra. SILVA et al. (2009), estudando distintos genótipos de girassol, observaram maiores produtividades naqueles que evidenciaram menor estatura.

A curvatura do capítulo indicou correlação negativa com os caracteres DFM ($r = -0,91$), RB ($r = -0,58$) e RBP ($r = -0,57$), indicando que plantas com maior CC apresentam um menor período entre a floração e a maturação fisiológica. Ainda, plantas com maior CC apresentaram menor RB, porém não se refletindo em menores produtividades, visto a elevada eficiência fisiológica em girassol em direcionar a matéria seca produzida para os seus componentes do rendimento. A curvatura do capítulo não deve ser acentuada, porém, deve permitir adequada proteção contra o ataque de pássaros, facilitar a colheita e não expor a inflorescência diretamente ao sol. Do ponto de vista agrônômico, os capítulos de forma plana e de menor espessura são os mais desejáveis, pois apresentam melhor distribuição dos tecidos vasculares e melhor contato com os grãos, além de facilitar a perda de água após a maturação fisiológica.

CONCLUSÕES

Correlações positivas e significativas são observadas entre o rendimento de grãos e número de grãos do capítulo, massa de grãos do capítulo, índice de colheita da planta e índice de colheita do capítulo.

Os caracteres diâmetro total do capítulo e massa de grãos do capítulo apresentam reduzida herdabilidade, indicando serem mais facilmente alterados pelas condições de ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à UNIJUÍ pela concessão de bolsas de Iniciação Científica e ao IRDeR, pertencente ao Departamento de Estudos Agrários da UNIJUÍ, pelo suporte técnico e financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R. W. **Principle of plant breeding**. 3.ed. New York: J. Wiley, 1960. 485p.
- AMORIM, E.P.; RAMOS, N.P.; UNGARO, M.R.G.; KIIHL, T.A.M. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.307-316, 2008.
- AMORIM, E.P.; RAMOS, N.P.; UNGARO, M.R.G.; KIIHL, T.A.M. Divergência genética em genótipos de girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n. 6, p. 1637-1644, 2007.
- CAIERÃO, E.; CARVALHO, F.I.F.; PACHECO, M.T.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V.S.; SILVA, J.A.G. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.32 p.231-236, 2001.
- CARVALHO, D. B. de; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: I - rendimento de grãos e seus componentes, índice de colheita e teor de óleo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.3, n.1-2, p.41-45, 2002.
- CARVALHO, F.I.F.; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; MARCHIORO, V.S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: Editora da UFPel, 2001. 99p.
- CAVASIN JR, C.P. **A cultura do girassol**. Guaíba: Agropecuária, 2001, 69p.
- COMISSÃO de química e fertilidade do solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 10. ed. 2004. 400p.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Capturado em 18 out. 2010. Online. Disponível na internet <http://www.conab.gov.br/conabweb/>.
- CRESTANI, M. **Genótipos de aveia branca (*Avena sativa* L.) submetidos a diferentes protocolos e doses de alumínio em cultivo hidropônico**. 2008. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências (Fitomelhoramento) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas.
- CRUZ, C.D. Programa GENES: **Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. Ed. Ver. Viçosa: UFV, 2001. 390p.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1987, 279p.
- HARTWIG, I.; SILVA, J.A.G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BERTAN, I.; VALÉRIO, I.P.; SILVA, G.O.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; SILVEIRA, G. Variabilidade fenotípica de caracteres adaptativos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em cruzamentos dialélicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.337-345, 2007.
- HLADNI, N.; SKORIC, D.; KRALJEVIC-BALALIC, M.; SAKAC, Z.; JOVANOVIĆ, D. Combining ability for oil content and its correlations with other yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Helia**, Novi Sad, v.29, n.44, p.101-110, 2006.
- LAZZAROTTO, J.J.; ROESSING, A.C.; MELLO, H.C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.15-42.
- MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA. Sociedade brasileira de ciência do solo. Comissão de química e fertilidade do solo. 10ª Ed. Porto Alegre, 2004. 400p.
- REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO GIRASSOL, 18 e SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6, 2009, Pelotas, RS. **ATA...** Pelotas, RS, Embrapa Clima Temperado, 2009. 388p.
- SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop science**. Madison, v.21, p.901-903, 1981.
- SILVA, A.G. da; PIRES, R.; MORÃES, E.B. de; OLIVEIRA, A.C.B. de; CARVALHO, C.G.P. de; Desempenho de híbridos de girassol em espaçamentos reduzidos. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v.30, n.1, p.31-38, 2009.
- SILVEIRA, G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VALÉRIO, I.P.; BENIN, G.; RIBEIRO, G.; CRESTANI, M.; LUCHE, H.S.; SILVA, J.A.G. Densidade de sementeira e potencial de afilhamento sobre a adaptabilidade e estabilidade de trigo. **Bragantia**, São Paulo, v.69, p.01-10, 2010.
- TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE GIRASSOL. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/produçãogirassol/importancia.htm>. Acesso em 17 de maio de 2010.