

Diversidade genética entre genótipos de cártamo via caracteres

Genetic diversity among safflower genotypes via morphological characters

Diversidad genética entre genotipos de cártamo mediante caracteres

Recebido: 06/05/2022 | Revisado: 01/06/2022 | Aceito: 01/06/2022 | Publicado: 08/06/2022

João Paulo Egues Lira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1487-2470>
Faculdade Estácio do Pantanal, Brasil
E-mail: jp_egues@hotmail.com

Lucas Henrique Pereira Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3251-5821>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: lucas.morais@unemat.br

Mirian da Silva Almici

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9467-7060>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: mirianalmici@hotmail.com

Victor Wagner Pereira Guse

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2689-081X>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: wictor.guse@unemat.br

Thiago Alexandre Santana Gilio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4078-5407>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: thiago.gilio@unemat.br

Kelly Lana Araujo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4558-9480>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: kellylana@unemat.br

Rafhael Felipin-Azevedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4490-0823>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: rafaelfelipin@gmail.com

Marco Antonio Aparecido Barelli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6385-6733>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: mbarelli@unemat.br

Resumo

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma oleaginosa herbácea com características que permitem seu cultivo em regiões áridas e semiáridas. Assim, a caracterização de diferentes genótipos de cártamo, é um passo importante na obtenção de informações básicas para programas de melhoramento desta cultura. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética entre genótipos de cártamo com base em características morfológicas, a fim de fornecer orientações iniciais para programas de melhoramento genético. Foram avaliados 124 genótipos de *Carthamus tinctorius* L. oriundos do Banco Ativo de Germoplasma do Instituto Mato-grossense de Algodão e Laboratório de Recursos Genéticos Vegetais da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Cáceres. Os genótipos foram avaliados quanto a 16 caracteres morfológicos e os dados submetidos a análise multivariada pelo método UPGMA de agrupamento. As estimativas dos coeficientes de dissimilaridade variaram de 0,00 a 0,56, indicando presença de diversidade genética entre os genótipos avaliados. Os agrupamentos estabelecidos no método Tocher e UPGMA apresentaram diferenças nos grupos formados, mudando completamente a composição destes. Com isso, existe variabilidade genética entre genótipos de cártamo avaliados com base nas características morfológicas, sugerido a utilização destes em futuras combinações em programa de melhoramento genético da cultura.

Palavras-chave: *Carthamus tinctorius* L.; Análise multivariada; Variabilidade.

Abstract

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an herbaceous oilseed with characteristics that allow its cultivation in arid and semiarid regions. Thus, the characterization of different safflower genotypes is an important step in obtaining basic information for improvement programs of this crop. In this context, the objective of this work was to evaluate the genetic divergence among safflower genotypes based on morphological characteristics, in order to provide initial guidelines for breeding programs. A total of 124 genotypes of *Carthamus tinctorius* L. from the Active Germplasm

Bank of the Mato Grosso Cotton Institute and the Plant Genetic Resources Laboratory of the Mato Grosso State University, Caceres Campus, were evaluated. The genotypes were evaluated for 16 morphological characters and the data were submitted to multivariate analysis by the UPGMA grouping method. The estimates of the dissimilarity coefficients ranged from 0.00 to 0.56, indicating the presence of genetic diversity among the genotypes evaluated. The clusters established by the Tocher and UPGMA methods presented differences in the groups formed, completely changing their composition. Thus, there is genetic variability among safflower genotypes evaluated based on morphological characteristics, suggesting the use of these in future combinations in genetic improvement program of the crop.

Keywords: *Carthamus tinctorius* L.; Multivariate analysis; Variability.

Resumen

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) es una oleaginosa herbácea con características que permiten su cultivo en regiones áridas y semiáridas. Por lo tanto, la caracterización de diferentes genotipos de cártamo es un paso importante para obtener información básica para los programas de mejora de este cultivo. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la divergencia genética entre genotipos de cártamo en base a características morfológicas, con el fin de proporcionar directrices iniciales para los programas de mejora genética. Se evaluaron 124 genotipos de *Carthamus tinctorius* L. procedentes del Banco de Germoplasma Activo del Instituto del Algodón de Mato Grosso y del Laboratorio de Recursos Fitogenéticos de la Universidad Estatal de Mato Grosso, Campus de Cáceres. Los genotipos se evaluaron para 16 caracteres morfológicos y los datos se sometieron a un análisis multivariante mediante el método de agrupación UPGMA. Las estimaciones de los coeficientes de disimilitud oscilaron entre 0,00 y 0,56, lo que indica la presencia de diversidad genética entre los genotipos evaluados. Las agrupaciones establecidas por los métodos de Tocher y UPGMA presentaron diferencias en los grupos formados, cambiando completamente su composición. Por lo tanto, existe variabilidad genética entre los genotipos de cártamo evaluados en base a las características morfológicas, lo que sugiere el uso de éstas en futuras combinaciones en el programa de mejora genética del cultivo.

Palabras clave: *Carthamus tinctorius* L.; Análisis multivariante; Variabilidad.

1. Introdução

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma cultura oleaginosa herbácea, de caule ereto e ramificado (Pavithra, 2015) pertencente à família Asteraceae (Anicésio, Silva, Silva e Pacheco, 2018), que apresenta valor econômico devido a composição química de suas sementes, folhas e flores, com capacidade de utilização na indústria alimentícia, medicinal, ornamental (Oba et al., 2017), na alimentação animal (Emongor, 2010) e na indústria dos biocombustíveis (Dordas & Sioulas, 2008).

A espécie apresenta sistema radicular que pode atingir três metros de profundidade (Bonfim-Silva et al., 2015) e conseqüentemente uma capacidade de extrair água e nutrientes que não estão disponíveis para a maioria das culturas durante os dias quentes e secos (Bagheri & Sam-Dailiri, 2011), permitindo seu cultivo em regiões áridas e semiáridas (Hojati et al., 2011), além disso, é possível ser cultivado em diferentes estações e em todo o mundo, pois pode tolerar o estresse abiótico como alta temperatura, seca e salinidade (Yeilaghi et al., 2015; Zafari et al., 2020).

Para que um programa de melhoramento genético de plantas seja bem executado, existe a necessidade da presença de variabilidade genética entre os indivíduos que serão submetidos a seleção (Ivoglio et al., 2008, Saadaoui et al., 2017). Nesse sentido, estudos com cártamo mostram que há diversidade entre seus genótipos, permitindo assim otimizar o desenvolvimento de material genético em programas de melhoramento de plantas (Pearl & Burke, 2014; Silva et al., 2021), pois, desta maneira permite identificar possíveis genitores ou até mesmo genótipos com características superiores (Silva et al., 2012).

Conhecer as características dos diferentes genótipos de cártamo ajuda os programas de melhoramento a obter informações básicas sobre a cultura, acarreta melhorias nas mesmas (Golkar, 2014). A diversidade genética do cártamo é expressa na forma de genótipos preservados em bancos de germoplasma e pode ser avaliada por características morfológicas, agrônomicas, fisiológicas e moleculares (Boldt, 2014). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética entre genótipos de cártamo, a partir de características morfológicas, a fim de fornecer orientações iniciais para programas de melhoramento genético da espécie.

2. Metodologia

Foram avaliados 124 genótipos de *Carthamus tinctorius* L. (Tabela 1) provenientes do Banco Ativo de Germoplasma do Instituto Mato-grossense de Algodão (IMA-MT) no Laboratório de Recursos Genéticos Vegetais da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus Cáceres, Cidade Universitária.

Tabela 1. Identificação de origem e PI (Identificação e origem dos genótipos) de 124 genótipos de *Carthamus tinctorius* L, do Banco Ativo de Germoplasma do Instituto Mato-grossense de Algodão, Cáceres, 2018.

Ord.	PI	Origem	Ord.	PI	Origem	Ord.	PI	Origem	Ord.	PI	Origem
1	193473	Etiópia	33	306832	Índia	65	451954	Índia	97	572431	EUA
2	195895	Marrocos	34	306833	Índia	66	451956	Índia	98	572439	EUA
3	237539	Turquia	35	306838	Índia	67	506426	China	99	572450	EUA
4	248385	Índia	36	306844	Índia	68	508068	EUA	100	572464	EUA
5	248620	Paquistão	37	306866	Índia	69	514625	China	101	572544	Canada
6	248808	Índia	38	343783	Iran	70	525457	EUA	102	576981	China
7	248828	Índia	39	343930	Etiópia	71	537658	EUA	103	576985	França
8	248839	Índia	40	367833	Argentina	72	537673	EUA	104	613357	EUA
9	248852	Índia	41	369842	Armênia	73	537680	EUA	105	613361	EUA
10	250083	Egito	42	369845	Tajiquistão	74	537682	EUA	106	613366	EUA
11	250188	Paquistão	43	369849	Rússia	75	537684	EUA	107	613373	EUA
12	250190	Paquistão	44	369854	Uzbequistão	76	537697	EUA	108	613380	EUA
13	250203	Paquistão	45	392029	Turquia	77	537712	EUA	109	613382	EUA
14	250204	Paquistão	46	392030	Turquia	78	543980	China	110	613384	EUA
15	250840	Iran	47	392031	Turquia	79	544002	China	111	613394	EUA
16	250922	Iran	48	393500	Iran	80	544013	China	112	613404	EUA
17	251978	Turquia	49	401474	Bangladesh	81	544028	China	113	613409	EUA
18	253540	Hungria	50	401475	Bangladesh	82	544030	China	114	613415	EUA
19	253899	Síria	51	401477	Bangladesh	83	544031	China	115	613419	EUA
20	259996	Paquistão	52	401480	Bangladesh	84	544036	China	116	613422	EUA
21	259997	Paquistão	53	401578	Índia	85	544038	China	117	613456	EUA
22	262443	Espanha	54	401589	Índia	86	544043	China	118	613503	EUA
23	262447	Cazaquistão	55	405955	Iran	87	560178	EUA	119	613519	Iran
24	262450	Índia	56	405961	Iran	88	532639	Índia	120	638543	Canada
25	279344	Japão	57	405965	Iran	89	568787	China	121	653143	EUA
26	283757	Índia	58	405970	Iran	90	568792	China	122	653149	China
27	304438	Iran	59	405975	Iran	91	568795	China	123	653162	China
28	305161	Índia	60	406006	Iran	92	568798	China	124	653186	China
29	305198	Índia	61	406007	Iran	93	568836	China			
30	305207	Índia	62	406015	Iran	94	568866	China			
31	305209	Índia	63	407606	Turquia	95	568870	China			
32	305540	Cazaquistão	64	407613	Turquia	96	568876	China			

Fonte: Autores.

O experimento foi realizado na safra agrícola 2017/2018 e conduzido na área experimental da Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Auxílio e Extensão Rural (EMPAER), localizada na cidade de Cáceres, no Mato Grosso, na latitude 16°43'42" Sul e Longitude 57°40'51" Oeste, 118 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado tropical, quente e úmido e invernos secos (Awa), com estações chuvosas de outubro a abril e estações secas de maio a setembro (Dallacort et al., 2014). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico chernossólico com textura média argilosa (Arantes et al., 2012). Amostras de solo foram coletadas para análise química do solo, em duas profundidades de amostragem do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Análise química de amostras de solo retiradas na profundidade de 0-20 e 20-40 cm da área experimental da Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Auxílio e Extensão Rural (EMPAER), Cáceres, Mato Grosso, 2018.

Perfil	Análise Química									
	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	
			mg dm ⁻³	Cmolc dm ⁻³						g dm ⁻³
0 - 20	6,2	5,5	16,6	0,37	3,3	2,7	0,6	0,0	3,0	25
20 - 40	6,0	5,3	6,0	0,24	2,9	2,1	0,8	0,0	3,2	29

Fonte: Autores.

A adubação de sementeira foi realizada de acordo com a recomendação da análise de solo e baseando-se na necessidade da cultura do girassol, devido à falta de informações sobre adubação para a cultura do Cártamo, utilizando-se 20g do adubo formulado N - P₂O₅ - K₂O (NPK 4-14-8) por metro linear e distribuído uniformemente pela linha.

A sementeira foi realizada na safra 2017/2018 de forma manual, a uma profundidade de 5 cm, em uma unidade experimental composta de 4 linhas de 1 metro linear, com espaçamento de 50cm entre linhas e 10cm entre plantas. Para análise dos tratamentos a área útil de avaliação foi constituída por duas linhas centrais de cada parcela. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com a necessidade da cultura, como capina manual para evitar a competição com plantas daninhas. A irrigação foi por sistema de aspersão usado para manter as condições ideais de umidade para o crescimento da cultura. E a colheita foi realizada manualmente após a maturidade fisiológica de cada genótipo.

A caracterização morfológica foi realizada baseando-se nos descritores propostos pelo International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR, 1983) e Ministério Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013). As características avaliadas foram: Ângulo dos Ramos (AR); Hábito Crescimento (HC); Brácteas Envolvendo a Cabeça (BC); Cor da Flor (CF); Margens da Folha (MF); Forma da Folha (FF); Cor da Folha (Cfolha); Forma do Capítulo (FC); Pilosidade da Folha (PF); Espinhos (ESP); Intensidade dos Espinhos (IES); Cor da Semente (CS); Forma da Semente (FS); Pappus (PAP); Tombamento (TB) e Maturidade (MT).

Os dados foram submetidos a uma análise multivariada, para 16 características morfológicas, empregando-se a análise de agrupamento pelos métodos de otimização via Tocher modificado (Rao, 1952) e o método hierárquico de Agrupamento Médio entre Grupos (UPGMA), via variáveis multicategóricas. Todas as análises foram realizadas utilizando os recursos computacionais do software Genes (Cruz, 2013).

3. Resultados e Discussão

Através das medidas de dissimilaridade estimadas para as 16 características morfológicas avaliadas via variáveis multicategóricas, identificou-se que os valores da magnitude de dissimilaridade variaram entre 0,0 a 0,56 indicando a presença de diversidade genética entre os genótipos avaliados. Com relação aos materiais analisados, percebeu-se que quatro combinações foram mais dissimilares, apresentando magnitude de dissimilaridade de 0,56, sugerindo que a utilização desses genótipos em cruzamentos é capaz de gerar indivíduos com maior variabilidade genética. Já a menor magnitude (0,0), encontrada para 36 combinações mais similares representa uma estreita base genética entre os materiais, indicando proximidade entre esses genótipos para as características estudadas.

A análise de agrupamento realizada pelo método de Tocher modificado (Tabela 3) alocou os genótipos de cartámo em nove grupos, onde os genótipos mais divergentes foram o 1 e 76 que ficaram distribuídos em diferentes grupos, divergindo para quatro descritores avaliados. Enquanto o genótipo 1 apresenta HC semiereto, CF amarela, MF muito dentada e IES alta, o

genótipo 76 apresenta HC horizontal, CF branca, MF serrada e IES baixo. Estes genótipos apresentam distância genética em relação ao conjunto de genótipos avaliado.

Tabela 3. Representação do agrupamento gerado pelo método de otimização de Tocher modificado com base na dissimilaridade entre os 124 genótipos de Cártamo (Cáceres - MT, 2018).

Grupos	Genótipos	%
I	1, 118, 60, 65, 66, 99, 102, 116, 36, 72, 79, 117, 111, 17, 67, 56, 98, 25, 93, 113, 18, 69, 104 e 95	19,4
II	4, 7, 105, 41, 51, 45, 20, 108, 13, 86, 94, 26, 58, 23, 87, 77, 43, 68, 88, 9, 11 e 34	17,7
III	21, 78, 5, 40, 8, 47, 96, 22, 48, 91, 123, 100, 114, 92, 2, 31, 71, 44, 46 e 55	16,1
IV	27, 29, 84, 107, 73, 24, 28, 80, 90, 63, 6, 103, 3, 120, 119, 75, 74, 122, 39, 106, 121, 19, 35, 110, 61, 62, 97, 112, 37, 30, 101, 54, 85, 42, 50, 15, 115, 64 e 70	31,5
V	12, 14, 16, 59, 38, 10 e 52	5,6
VI	53, 57, 82 e 124	3,2
VII	32, 33, 81 e 89	3,2
VIII	83 e 109	1,65
IX	49 e 76	1,65
Total	124	100,0

Fonte: Autores.

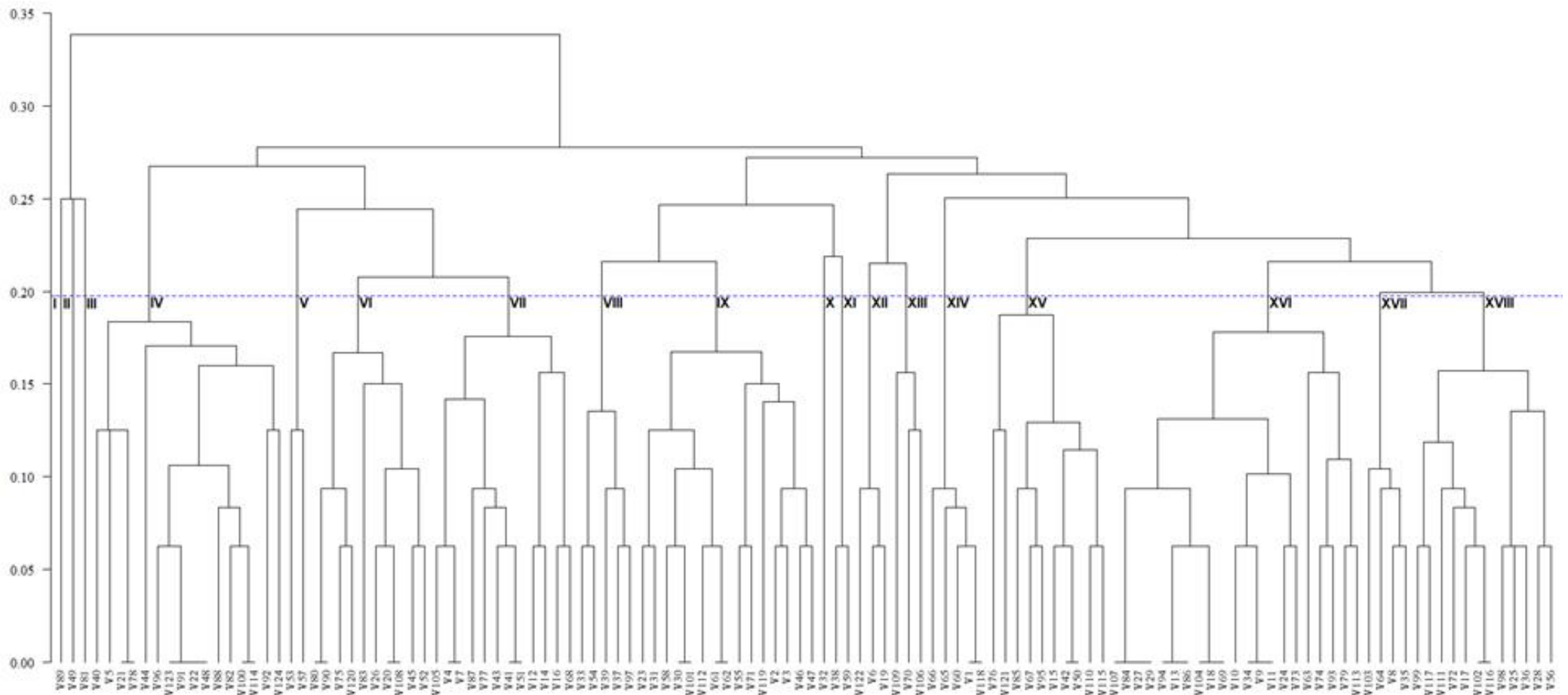
Os Grupos I, II, III e IV correspondem a 105 genótipos, sendo 75% destes vindos da Ásia, o Grupo I conteve 24 genótipos com 52% destes com origem asiática, sendo agrupados por apresentarem CF (amarela) e IES (alta). O Grupo II apresentou 22 genótipos com maioria oriunda da Ásia (76%), tendo como principal característica CF (laranja) e IES (média). O Grupo III alocou 20 genótipos apresentando 70% com origem asiática, com MF (muito dentada) e FF (linear). E o Grupo IV agrupou 39 genótipos, sendo 64% oriundo da Ásia, apresentando HC (horizontal) e MF (serrada).

O Grupo V foi composto por sete genótipos, sendo 100% oriundos da Ásia, com MF (serrada) e FF (linear). Os Grupos VI e VII alocaram quatro genótipos cada, todos os de origem asiáticas, tendo como principal característica MF (muito dentada) e IES (alta), e HC (semiereto) e CF (laranja), respectivamente. A formação dos Grupos VIII e IX foi constituída por dois genótipos cada (1,65%), sendo que o Grupo VIII agrupou materiais de origem diferentes (China e EUA) apresentando IES (média) e MT (desuniforme). Já o Grupo IX alocou genótipos de Bangladesh e EUA, com FF (lanceolada) e MT (uniforme).

Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2015) utilizando o método agrupamento Tocher original na cultura do cártamo, avaliando a diversidade genética entre 20 genótipos através de características morfológicas, os autores observaram proximidade nos resultados obtendo a formação de nove grupos distintos, indicando assim a presença de diversidade genética.

Por meio do método de agrupamento UPGMA (Figura 1) foi possível identificar à formação de 18 Grupos, considerando-se o corte a 60% de distância relativa. Os genótipos 89 e 56 ficaram em grupos isolados, considerando como os mais distantes, divergindo para variáveis CF, MF, ESP, IES, PAP e TB.

Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade genética entre 124 genótipos de cártamo obtido pelo método UPGMA com base em 16 características morfológicas.



Fonte: Autores.

A magnitude do coeficiente de correlação de cofenética do dendrograma foi baixa (0,50) e significativa, este resultado pode ser explicado grande quantidade de genótipos utilizados, visto que pode ter ocorrido a distorção na apresentação gráfica das distâncias da matriz, mas isso não impossibilita a utilização do dendrograma para a avaliação dos agrupamentos (Mohammad & Prasanna, 2003).

Quando comparamos os métodos de agrupamento utilizados, é possível observar que ambos diferiram nos grupos formados, com o agrupamento do genótipo de Tocher modificado apresentando 9 grupos e o método UPGMA gerando 18 grupos, alterando completamente sua composição. No entanto, ambos os métodos de agrupamento revelaram a diversidade genética de variáveis morfológicas em genótipos de cártamo, onde os descritores foram boas ferramentas para avaliar a diversidade de germoplasma, permitindo a separação de genótipos com base em suas características morfológicas.

Os genótipos 32, 49, 81 e 89, diferentemente do agrupamento realizado com o método Tocher modificado, ficaram separados em agrupamentos individuais no agrupamento de UPGMA (Grupos IX, II, III e I respectivamente) sugerindo que esses genótipos alocados sozinhos em um grupo sejam considerados mais divergentes em relação aos demais, sendo as características ESP (ausência) e IES (ausente) as que mais contribuíram para divergência dos genótipos 49, 81 e 89.

Shinwari et al. (2014) em pesquisa sobre a diversidade genética de 122 genótipos de cártamo de diferentes regiões eco geográficas do Centro de Pesquisa Agrícola Islamabad, observaram a formação de cinco grupos pelo método de agrupamento UPGMA com base em características morfológicas, evidenciando a existência de variabilidade genética.

Com base nos resultados obtidos, os genótipos 4, 7, 10, 11, 12, 14, 16, 21, 24, 38, 40, 41, 49, 51, 57, 59, 68, 73, 77, 79, 81, 82, 87, 88 e 89 foram os mais divergentes, sugerido a utilização destes em futuras combinações em programa de melhoramento genético da cultura.

4. Conclusão

Existe variabilidade genética entre genótipos de cártamo avaliados com base nas características morfológicas, sugerido a utilização destes em futuras combinações em programa de melhoramento genético da cultura. Contudo, sugere-se a avaliação das características agronômicas dos genótipos em trabalhos futuros.

Referências

- Anicésio, E. C. A. D., Silva, E. D. N. A. B., Silva, T. J. A. D., & Pacheco, A. B. (2018). Nitrogen and potassium in safflower: Chlorophyll index, biometric characteristics and water use efficiency. *Revista Caatinga*, 31, 424-433.
- Arantes, E. M., Cremon, C., & Luiz, M. A. C. (2012). Alterações dos atributos químicos do solo cultivado no sistema orgânico com plantio direto sob diferentes coberturas vegetais. *Agrarian*, 5(15), 47-54.
- Bagheri, H., & Sam-Daliri, M. (2011). Effect of water stress on agronomic traits of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12), 2621-2624.
- Boldt, A. S. (2014). Coleções nucleares e associação do teor de óleo de cártamo com variáveis ecogeográficas por inteligência computacional.
- Bonfim-Silva, E. M., Paludo, J. T. S., Sousa, J. V. R., de Freitas Sousa, H. H., & da Silva, T. J. A. (2015). Development of safflower subjected to nitrogen rates in cerrado soil. *American Journal of Plant Sciences*, 6(13), 2136.
- Cruz, C. D., & Carneiro, P. C. S. (2003). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas. *Viçosa: UFV*, 2.
- da Silva, J. M., de Aguiar, A. V., Mori, E. S., & de Moraes, M. L. T. (2012). Divergência genética entre progênes de *Pinus caribaea* var. *caribaea* com base em caracteres quantitativos. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32(69), 69-69.
- Dallacort, R., da Silva Neves, S. M. A., & Nunes, M. C. M. (2014). Variabilidade da temperatura e das chuvas de Cáceres/Pantanal Mato-Grossense-Brasil. *Geografia (Londrina)*, 23(1), 21-33.
- Dordas, C. A., & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial crops and products*, 27(1), 75-85.
- Emongor, V. (2010). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: a review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9(6), 299-306.
- Golkar, P. (2014). Breeding improvements in safflower (*'Carthamus tinctorius'* L.): a review. *Australian Journal of Crop Science*, 8(7), 1079-1085.

- Hojati, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., Karimi, M., & Ghanati, F. (2011). Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress. *Acta physiologiae plantarum*, 33(1), 105-112.
- IBPGR-International Board for Plant Genetic Resources. (1983). Safflower descriptors. Rome, Italy. <https://www.bioversityinternational.org/index.php?id=244&tx_news_pi1%5Bnews%5D=251&cHash=0a34293e359ab49c97ad47c744af5f8b Roma1983>.
- Ivoglo, M. G., Fazuoli, L. C., Oliveira, A. C. B. D., Gallo, P. B., Mistro, J. C., Silvarolla, M. B., & Toma-Braghini, M. (2008). Divergência genética entre progênies de café robusta. *Bragantia*, 67(4), 823-831.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). <<https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro191701/9176a8a12cc184e854c5e0d7c67c7e2f.pdf>>.
- Oba, G. C., Goneli, A. L. D., Masetto, T. E., Hartmann Filho, C. P., Patricio, V. S., & Sarath, K. L. L. (2017). Dormência das sementes de cártamo: efeito do armazenamento e estratificação a frio. *Journal of Seed Science*, 39(4), 433-439.
- Pavithra, K. P., Rajesh, S. P., Yallappa, H., & Nishanth, G. K. (2015). Assessment of genetic diversity in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm. *Int. J. Agric. Res*, 5, 151-157.
- Pearl, S. A., & Burke, J. M. (2014). Genetic diversity in *Carthamus tinctorius* (Asteraceae; safflower), an underutilized oilseed crop. *American journal of botany*, 101(10), 1640-1650.
- Saadaoui, E., Martín, J. J., Thili, N., & Cervantes, E. (2017). Castor bean (*Ricinus communis* L.): Diversity, seed oil and uses. *Oil seed crops: yield and adaptations under environmental stress*, 19-33.
- Shinwari, Z. K., Rehman, H., & Rabbani, M. A. (2014). Morphological traits based genetic diversity in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Pak. J. Bot*, 46(4), 1389-1395.
- Silva, V. P. da., Vital, A. H. A., Lira, J. P. E., Poletine, J. P., Morais, L. H. P., Oliveira, A. J. de, Felipin-Azevedo, R., & Barelli, M. A. A. (2021). Análise da divergência genética em genótipos de cártamo através de caracteres morfológicos. *Research, Society and Development*, 10(5), e40610514596.
- Yeilaghi, H., Arzani, A., & Ghaderian, M. (2015). Evaluating the contribution of ionic and agronomic components toward salinity tolerance in safflower. *Agronomy Journal*, 107(6), 2205-2212.
- Zafari, M., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., & Sedghi, M. (2020). Safflower (*Carthamus tinctorius*) biochemical properties, yield, and oil content affected by 24-epibrassinosteroid and genotype under drought stress. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(22), 6040-6047.