

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 06/10/2021.

SEBASTIÃO SOARES DE OLIVEIRA NETO

**SELEÇÃO, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE PROGÊNIES DE
CÁRTAMO PARA PRODUTIVIDADE E TEOR DE ÓLEO**

Botucatu

2020

SEBASTIÃO SOARES DE OLIVEIRA NETO

**SELEÇÃO, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE PROGÊNIES DE
CÁRTAMO PARA PRODUTIVIDADE E TEOR DE ÓLEO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

Orientador(a): Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto

Botucatu

2020

O48s

Oliveira Neto, Sebastião Soares de
Seleção, estabilidade e adaptabilidade de progênies de
cártamo para produtividade e teor de óleo / Sebastião Soares
de Oliveira Neto. -- Botucatu, 2020
62 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Maurício Dutra Zanotto

1. Plantas melhoramento genético. 2. Interação
genótipo-ambiente. 3. Genética vegetal. 4. Agronomia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: SELEÇÃO, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE PROGÊNIES DE CÁRTAMO PARA PRODUTIVIDADE E TEOR DE ÓLEO

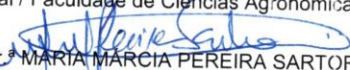
AUTOR: SEBASTIÃO SOARES DE OLIVEIRA NETO

ORIENTADOR: MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Pesquisadora Dr.ª MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Pesquisador Dr. SÉRGIO GONÇALVES DUTRA
. / Instituto Mato-Grossense do Algodão


Prof. Dr. TIAGO ZOZ
. / Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Botucatu, 06 de abril de 2020

*Ao meu estimado avô Sebastião Soares de
Oliveira (in memoriam) dedico*

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo fôlego de vida, pelas oportunidades concedidas ao longo da minha trajetória profissional e acadêmica e por ter dado forças de ter passado pelas dificuldades em todos esses anos.

Aos meus queridos pais Maria José e Edinelson, pela educação, esforços e apoio incondicional em toda a minha vida e à minha irmã Emilce, exemplo de mulher, mãe e guerreira, pelos conselhos e apoio.

Ao Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto, pelos ensinamentos, companheirismo, paciência e dedicação como orientador e mestre para toda a vida.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante o período de doutorado.

A Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, por ceder suas instalações e laboratórios para o desenvolvimento da tese, bem como, a todos os seus funcionários do Departamento de Produção Vegetal (DPV) que auxiliaram nas etapas da elaboração dos trabalhos, especialmente à Eliane Gonçalves, Iara Brito, Valéria Giandoni.

Aos professores do DPV, pelos ensinamentos, convivência e boa conversa durante esses anos. Especialmente a Maria Márcia Pereira Sartori, Marcelo de Almeida Silva, Juliano Carlos Calonego, Edvaldo Aparecido Amaral da Silva.

Aos amigos de pós-graduação pelos bons momentos, trabalhos e amizade, especialmente à Odila Ebertz, Ana Stella Freire, Larissa Chama, Murilo de Souza, Jesion Geibel, Jéssica Pigatto, João Bossolani, Sérgio Freitas e Bruno Gazola.

Aos colegas da UEL e UEM pelo compartilhamento de ideias e ajuda durante esse período, especialmente aos amigos Douglas Mariani Zeffa e Gustavo Freiria.

Aos estagiários: Beatriz Sávio, Guilherme Gonçalves, Giovanni Stocco e Tiago Galvão.

Aos amigos de Botucatu pelo apoio, amizade e descontração, nas pessoas: André Tiago, Fran e Angélica.

Aos amigos e irmãos na fé, pelas orações e apoio em vários momentos de dificuldade: Léo e Luciana.

A todos aqueles que contribuíram para a minha formação pessoal, acadêmica e espiritual e que de alguma forma fizeram parte desse trabalho e dessa conquista.

“Eu sei que tudo quanto Deus faz durará eternamente; nada se lhe deve acrescentar e nada se lhe deve tirar. E isso faz Deus para que haja temor diante dele”.

RESUMO

O cártamo tem se destacado como uma cultura oleaginosa que apresenta aptidão para utilização no cerrado brasileiro, podendo ser inserida nos já consolidados sistemas de produção. A obtenção de genótipos adaptados é fundamental para o desenvolvimento da cultura, e o estudo da variabilidade genética e do desempenho agrônômico em diferentes regiões contribui para a recomendação de novos materiais. Neste contexto foram implantados quatro experimentos independentes em duas regiões do Brasil para a avaliação de dez genótipos de cártamo em fase final de melhoramento (P43, P30, P28, P7, P35, P9, P11, P21, P31 e P14) e uma testemunha (IMA7326), sendo analisados os seguintes caracteres: altura de plantas (cm), número de ramos, número de capítulos, massa de mil sementes (g), teor de óleo (%), produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e produtividade de óleo (kg ha^{-1}). Foi analisada a diversidade genética dos genótipos por meio de análise de similaridade, bem como foi determinada a estabilidade e adaptabilidade dos materiais por meio dos modelos mistos. Além disso, foram aplicados três índices de seleção distintos (Mulamba e Mock, distância ao ideótipo e índice de seleção de Garcia) nas características agrônômicas para a determinação de genótipos superiores. Os genótipos P30, P7 e P31 apresentaram elevada estabilidade e adaptabilidade para produção de grãos nos ambientes avaliados e foram selecionados como materiais promissores para constituírem novos cruzamentos no programa de melhoramento de cártamo da FCA/UNESP. Os genótipos P9, P11 e P21 apresentaram estabilidade e estabilidade superior para rendimento de óleo e, portanto, destacam-se como propícios para posterior recomendação de cultivo. Os três índices mostraram-se eficientes e apresentaram resultados similares na seleção de genótipos de cártamo. O uso conjunto dos três índices de seleção permitiu identificar a superioridade dos genótipos P30, P11, P43 e P7 e selecioná-los como materiais promissores, portanto, por ainda apresentarem um teor de óleo relativamente baixo podem ser objeto do Programa de Melhoramento em relação a essa característica.

Palavras-chave: *Carthamus tinctorius* L.. Melhoramento genético de oleaginosas. Adaptação de genótipos. Desempenho agrônômico. Seleção de plantas.

ABSTRACT

Safflower has stood out as an oilseed crop that is suitable for use in the Brazilian cerrado, and can be inserted in the already consolidated production systems. Obtaining adapted genotypes is essential for the development of crop, and the study of genetic variability and agronomic performance in different regions contributes to the recommendation of new materials. In this context, four independent experiments were implemented in two regions of Brazil to evaluate ten safflower genotypes in the final stage of improvement (P43, P30, P28, P7, P35, P9, P11, P21, P31 and P14) and IMA7326, being analyzed the following characters: plant height (cm), number of branches, number of capitules, thousand seed mass (g), oil content (%), grain yield (kg ha^{-1}) and oil yield (kg ha^{-1}). The genetic diversity of the genotypes was analyzed through similarity analysis, as well as the stability and adaptability of the materials through the mixed models. In addition, three different selection indexes (Mulamba and Mock, distance to ideotype and Garcia selection index) were applied to agronomic characteristics for the determination of superior genotypes. The genotypes P30, P7 and P31 showed high stability and adaptability for grain yield in the evaluated environments and were selected as promising materials to constitute new crosses in the safflower breeding program of FCA/UNESP. The genotypes P9, P11 and P21 showed stability and superior stability for oil yield and, therefore, stand out as suitable for further cultivation recommendation. The three indexes proved to be efficient and presented similar results in the selection of safflower genotypes. The combined use of the three selection indexes allowed to identify the superiority of the genotypes P30, P11, P43 and P7 and to select them as promising materials, therefore, because they still have a relatively low oil content, they can be object of the breeding in relation to this trait.

Keywords: *Carthamus tinctorius* L.. Oilseed breeding. Genotype adaptation. Agronomic performance. Plant selection.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
CAPÍTULO 1 - DIVERSIDADE GENÉTICA E ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE CÁRTAMO (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) DESENVOLVIDOS PARA O CERRADO BRASILEIRO	21
1.1 INTRODUÇÃO	22
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	24
1.2.1 Material vegetal	24
1.2.2 Locais e detalhes experimentais	24
1.2.3 Design experimental e fenotipagem	26
1.2.4 Análise de dados	27
1.3 RESULTADOS	28
1.4 DISCUSSÃO	34
1.5 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO 2 - SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE CÁRTAMO EM QUATRO AMBIENTES POR ÍNDICES NÃO PARAMÉTRICOS	41
2.1 INTRODUÇÃO	42
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.2.1 Locais de experimentação	43
2.2.2 Material vegetal e detalhes experimentais	44
2.2.3 Parâmetros avaliados	44
2.2.4 Análise de dados	44
2.2.4.1 Índice de soma de ranques	44
2.2.4.2 Índice de distância ao ideótipo	45
2.2.4.3 Índice de seleção de cultivares	45
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
2.4 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	59

INTRODUÇÃO GERAL

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) também conhecido como falso-açafrão, açafão bastardo, dentre outros, pertence à família Asteraceae (EMONGOR, 2010; WANG et al., 2011), é originário do Mediterrâneo oriental (WEISS, 2000; BRITANNICA ACADEMIC, 2019), tendo como possíveis centros de origem, o Irã, a Índia, o Afeganistão e a Etiópia (DAJUE; MÜNDEL, 1996, MOURA et al., 2015; BRITANNICA ACADEMIC, 2019). A domesticação da planta foi realizada para a obtenção de corante vermelho, utilizado para coloração de roupas e alimentos, sendo as primeiras evidências de cultivo datadas em 1.600 a.C. no Egito (SEHGAL; RAINA, 2011; BRITANNICA ACADEMIC, 2019).

A planta é herbácea, de caule ereto, com um sistema radicular do tipo pivotante e bastante profundo, podendo atingir até três metros de profundidade, possibilitando a planta o status de tolerante à seca, por captar água em camadas mais profundas (DAJUE; MÜNDEL, 1996; SINGH; NIMBKAR, 2006). Outro benefício do sistema radicular bastante desenvolvido é que a planta consegue aproveitar os nutrientes que estão em camadas mais profundas, fora do alcance das raízes de culturas tradicionais.

A estatura das plantas varia de 30 a 120 cm (BRITANNICA ACADEMIC, 2019), com ramificações de número bastante variável, produzindo ramos classificados como primários, secundários e terciários, de onde surgem as inflorescências, denominadas capítulos. O ciclo do cártamo varia de 130 a mais de 150 dias, apresentando diferentes fases de desenvolvimento: germinação, desenvolvimento foliar, ramificação, alongamento do caule, floração, desenvolvimento de capítulos e de frutos, amadurecimento de capítulos e de frutos e senescência (FLEMMER et al., 2015).

A cultura do cártamo é uma das mais importantes oleaginosas do mundo, ocupando a oitava posição dentre as espécies produtoras de óleo (DAMODARAM; HEDGE, 2002; SHARIFI et al., 2017). Sendo a produção agrícola do cártamo no ano de 2017 de 690,8 mil toneladas, com uma área cultivada de 840,8 mil hectares em todo o mundo (FAO, 2019). Em 2017, o principal país produtor foi o Cazaquistão, produzindo cerca de 224,8 mil toneladas, seguido da Rússia, com 101,6 mil toneladas de grãos (FAO, 2019). O Brasil não possui produção considerável de cártamo (FAO, 2019), no entanto, vários trabalhos demonstram a aptidão do país para sua produção (SILVA et al., 2015; BONFIM-SILVA et al., 2015; PALUDO et al., 2018).

O cártamo se adapta bem em terrenos profundos e poucos compactados, desenvolvendo-se nos mais diferentes tipos de solos, desde que o pH esteja próximo a neutralidade, além disso, não tolera solos encharcados e alta umidade relativa do ar (EMONGOR, 2010; BAGHERI; SAM-DAILIRI, 2011). A exigência pluviométrica da cultura é em torno de 600 mm para completar seu ciclo, com chuvas bem distribuídas, atingindo principalmente os períodos de germinação das sementes, floração e enchimento de grãos. Mesmo em locais com precipitações em torno de 350-400 mm são observados bom desempenho da cultura, abrindo possibilidade para cultivo em regiões áridas, como parte do Nordeste brasileiro e áreas que passam por longo período de veranico como é o caso do Centro-oeste Brasileiro (CORONADO, 2010; SHAHROKHANIA; SEPASKHAH, 2016), apresentando-se como uma cultura bastante promissora para utilização durante a entressafra, proporcionando rotação e diversificação de culturas nas fazendas (BONFIM-SILVA et al., 2015; PALUDO et al., 2018).

A planta tem a capacidade de tolerar uma grande amplitude térmica, suportando desde temperaturas muito baixas (-7°C) até temperaturas bastante elevadas (40°C). Na fase inicial de desenvolvimento, a planta tolera a ocorrência de geadas e de temperaturas negativas (OELKE et al., 1992), podendo ser utilizada como cultura de inverno em locais de temperaturas amenas e como cultura de primavera em locais de temperaturas mais baixas (YAU, 2007).

Atualmente, o cártamo passou a ser amplamente utilizado para a produção de óleo, para alimentação humana e animal, bem como, para fins industriais. Na indústria, o óleo é aplicado em diversos produtos, como por exemplo, na fabricação de biodiesel, tintas, vernizes e cosméticos. Na alimentação animal é utilizada a torta residual após a extração do óleo, podendo ser ingerida por ruminantes e monogástricos, possuindo até 35% de proteína e muita fibra (OELKE et al., 1992; AUGUSTINHO, 2013). Mündel et al. (2004) relataram que no Canadá, a maior parte da produção de cártamo é utilizado para a alimentação de pássaros na forma de alpiste.

A cultura é amplamente cultivada em diversos países e várias pesquisas foram e continuam sendo realizadas visando aumentar principalmente a produtividade, a produção agrícola e o rendimento do seu óleo (ULLAH; BANO, 2011; EL-LATTIEF, 2012; ZANÃO JÚNIOR et al., 2017; PALUDO, 2018).

No ramo farmacêutico, o óleo de cártamo é utilizado como uma importante planta medicinal (SOLEYMANI, 2017), usado também para a fabricação de produtos termogênicos para humanos. O óleo possui substâncias que podem prevenir problemas cardiovasculares (JADHAV; JOSHI, 2015). O teor de óleo nos grãos pode chegar a 50% e apresentam uma fonte importante de ácidos graxos insaturados (PEARL; BURKE, 2014; AMBREEN et al., 2015). O óleo é de altíssima qualidade, com aproximadamente 75% de ácido graxo linoleico (teor consideravelmente maior do que encontrados no milho, soja, algodão, amendoim e oliva), 16 a 20% de ácido oléico, 2 a 3% de ácido esteárico e 6 a 8% de ácido palmítico. Além disso, o óleo não se oxida facilmente e não causa problemas de colesterol no sangue (MÜNDEL et al., 2004).

O cártamo foi introduzido no Brasil recentemente, por pesquisadores do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt), que trouxeram alguns acessos importados dos Estados Unidos para testar nas condições de cultivo brasileiras (SILVA, 2015). O IMAmt estuda o potencial de diversas oleaginosas para uso na safrinha tardia há vários anos e o cártamo tem sido apontado como a cultura com maior potencial devido à fácil adaptação ao sistema de cultivo já usado para milho e soja (IMAmt, 2015).

Devido à falta de alternativas que viabilizem o cultivo comercial nos períodos de entressafra, o cártamo é uma cultura estratégica que apresenta boa tolerância à deficiência hídrica, além de características adequadas para mecanização, facilitando o uso dos mesmos equipamentos utilizados nos cultivos de soja e milho. O cultivo do cártamo diminui drasticamente os riscos de perda por estiagens em cultivo de “segunda safra tardia”.

A maior aceitabilidade e utilização do cártamo como uma oleaginosa exige melhoramento genético para as características de interesse, bem como, o desenvolvimento de cultivares adaptadas ao ambiente de diferentes regiões (SILVA, 2015; FLEMMER et al., 2015; AMBREEN et al., 2015; SINGH; NIMBKAR, 2016).

O objetivo principal do melhoramento da cultura tem sido o desenvolvimento de genótipos com alta produtividade de grãos, alto teor de óleo e maior resistência às doenças e pragas (SINGH; NIMBKAR, 2016), além da obtenção de genótipos adaptados aos mais variados ambientes de cultivo (GOLKAR et al., 2017; ESPANANI et al., 2019).

A variabilidade genética é primordial para se ter sucesso nos programas de melhoramento de plantas (SAADAOU et al., 2017). Existem diversas formas de se introduzir variabilidade genética em uma população, tais como, indução de mutação,

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cártamo tem demonstrado grande aptidão às áreas de cultivo brasileiras, principalmente nas regiões do Cerrado e apresenta-se como uma opção para utilização pelos produtores das grandes culturas.

Este estudo mostrou que as linhagens desenvolvidas pela Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP possuem elevada produtividade de grãos.

O teor de óleo dos materiais avaliados são relativamente baixos, devido ao fato da seleção de plantas ter sido realizada apenas para produtividade de grãos, sendo necessário o cruzamento desses acessos promissores com genótipos de elevado teor de óleo.

É de extrema importância dar continuidade nos trabalhos de pesquisa e melhoramento do cártamo, a fim de testar os genótipos em um número maior de ambientes distintos para que em um futuro próximo novos materiais possam ser registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e lançados no mercado como opção de cultivares para ampla utilização.

REFERÊNCIAS

- ALI, F.; YILMAZ, A.; NADEEM, M. A.; HABYARIMANA, E.; SUBAŞI, I.; NAWAZ, M. A.; CHAUDHARY, H. J.; SHAHID, M. Q.; ERCIŞLI, S.; ZIA, M. A. B.; CHUNG, G.; BALOCH, F. S. Mobile genomic element diversity in world collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) panel using iPBS-retrotransposon markers. **Plos One**, v. 14, n. 2, p. 1-19, 2019.
- ALIZADEH, K.; MOHAMMADI, R.; SHARIATI, A.; ESKANDARI, M. Comparative analysis of statistical models for evaluating genotype x environment interaction in rainfed safflower. **Agricultural Research**, v. 6, n. 4, p. 455-465, 2017.
- AMBREEN, H.; KUMAR, S.; VARIATH, M. T.; JOSHI, G.; BALI, S.; GOEL, S. Development of genomic microsatellite markers in *Carthamus tinctorius* L. (Safflower) using next generation sequencing and assessment of their cross-species transferability and utility for diversity analysis. **Plos One**, v. 10, n. 8, p. 1-22, 2015.
- ATOLE, N. A.; RATHI, S. R.; RATNAPARKHI, R. D.; JANJAL, S. M. Genetic diversity analysis in selected germplasm lines of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 9, n. 1, p. 213-219, 2018.
- AUGUSTINHO, E. T. **Silagem e torta de cártamo na alimentação de ovinos como alternativa à silagem de milho e farelo de soja**. Nova Odessa. 2013. 58p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) - Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, Nova Odessa, SP, 2013.
- BAGHERI, B.; SAM-DAILIRI, M. Effect of water estress on agronomic traits of safflower spring (*Carthamus Tinctorius*). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Amman, v.5, n.12, p. 2621-2624, 2011.
- BONFIM-SILVA, E. M.; PALUDO, J. T. S.; SOUSA, J. V. R.; SOUSA, H. H. F.; SILVA, T. J. A. Development of Safflower Subjected to Nitrogen Rates in Cerrado Soil. **American Journal of Plant Science**, v. 6, p. 2136-2143, 2015.
- BRITANNICA ACADEMIC (2019). **Safflower**. Disponível em: <<https://academic-eb-britannica.ez87.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/safflower/64715>> Acesso em: 10 de março de 2020.
- CORONADO, L. M. **El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México**. 1. Ed. Obregon: SGI, 2010. 96p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514p.
- DAJUE, L.; MÜNDEL, H. H. **Safflower (*Cartamus tinctorius* L.): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crop**. Roma: International Plant Genetic Resource Institute, 1996. 81p.
- DAMODARAM, T.; HEGDE, D. M. **Oilseeds situation: a statistical compendium 2002**. Rajendranagar: Directorate of Oilseeds Research, 2002. 471p.

EL-LATTIEF, E. A. Evaluation of 25 safflower genotypes for seed and oil yields under arid environment in upper Egypt. **Asian Journal of Crop Science**, v. 4, n. 2, p. 72-79, 2012.

EMONGOR, V. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review. **Asian Journal of Plant Science**, v. 9, n. 6, p. 299-306, 2010.

ESPANANI, S.; MAJIDI, M. M.; SAEIDI, G.; ALAEI, H.; REZAEI, V. Wide hybridization and introgression breeding in safflower: Effectiveness of different selection methods. **Plant Breeding**, v. 0, p. 1-16, 2019.

FAO. **Faostat. Crops**. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2019.

FLEMMER, A. C.; FRANCHINI, M. C.; LINDSTRÖM, L. I. Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. **Annals of Applied Biology**, v. 166, p. 331-339, 2015.

GALANT, N. B.; SANTOS, R. F.; SILVA, M. A. Melhoramento de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). **Acta Iguazu**, v. 4, n. 1, p. 14-25, 2015.

GOLKAR, P. Breeding improvements in safflower (*Carthamus tinctorius* L.): A review. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 7, p. 1079-1085, 2014.

GOLKAR, P.; ARZANI, A.; REZAI, A. M. Genetic analysis of agronomic traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 40, n. 1, p. 276-281, 2012.

GOLKAR, P.; SHAHBAZI, E.; NOURAEIN, M. Combining ability x environment interaction and genetic analysis for agronomic traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.): biplot as a tool for diallel data. **Acta Agriculturae Slovenica**, v. 109, n. 2, p. 229-240, 2017.

IMAMT, INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ALGODÃO. **Cártamo, nova opção de safrinha tardia**. Disponível em: < http://www.imamt.com.br/system/anexos/arquivos/182/original/Informativo_IMAmt_julho-agosto-setembro_-_24.pdf?1355504998> Acesso em: 10 de março de 2020.

ISIK, K.; KLEINSCHMIT, J. Similarities and effectiveness of test environments in selecting and deploying desirable genotypes. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 110, p. 311-322, 2005.

JADHAV, B. A.; JOSHI, A. A. Extraction and quantitative estimation of bioactive component (yellow and red carthamin) from dried safflower petals. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 8, n. 16, p. 1-5, 2015.

MOURA, P. C. S.; BORTOLHEIRO, F. P. de A.; GUIMARAES, T. M.; LEAL, D. P. V.; SILVA, M. de A. Características gerais e ecofisiologia do cártamo (*Carthamus tinctorius*). **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. especial, p. 136-150, 2015.

MÜNDEL, H. H.; BLACKSHOW, R. E.; BYERS, J. R.; HUANG, H. C.; JOHNSON, D. L.; KEON, R. **Safflower production on the Canadian Prairies**. Lethbridge: Agriculture and Agri-Food Canada, 2004. 36p.

NADEEM, M. A.; HABYARIMANA, E.; CIFTCI, V.; NAWAZ, M. A.; KARAKOY, T.; COMERTPAY, G.; SHARID, M. Q.; HATIPOĞLU, R.; YEKEN, M. Z.; ALI, F.; ERCIŞLI, S.; CHUNG, G.; BALOCH, F. S. Characterization of genetic diversity in Turkish common bean gene pool using phenotypic and whole-genome DArTseq-generated silicoDArT marker information. **Plos One**, p. 1-28, 2018.

OELKE, E. A.; OPLINGER, E. S.; TEYNOR, T. M.; PUTNAM, D. H.; DOLL, J. D.; KELLING, K. A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D. M. Safflower. **Alternative Field Crops Manual**, 8p. 1992. Disponível em <www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>. Acesso em: 10 de março de 2020.

OLIVO, M.; BASSEGIO, D.; ZANOTTO, M. D. Combining Ability and Heterosis in a Diallel Cross of Safflower under Brazilian Tropical Conditions. **Agronomy Journal**, 2020.

PALUDO, J. T. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; SOUZA, H. H. F.; ZANOTTO, M. D.; FENNER, W. Agronomic performance of Safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.) under different soil bulk density levels in the Oxisol of the Cerrado. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 3, p. 407-412, 2018.

PEARL, S. A.; BURKE, J. M. Genetic diversity in *Carthamus tinctorius* (Asteraceae; safflower), an underutilized oilseed crop. **American Journal of Botany**, v. 101, p. 1640-1650, 2014.

SAADAOUI, E.; MARTÍN, J. J.; TLILI, N.; CERVANTES, E. Castor bean (*Ricinus communis* L.): Diversity, seed oil and uses. In: PARVAIZ, A. (eds.). **Oil seed crops: yield and adaptations under environmental stress**, Nova Jersey: Wiley Online Library, 2017, p. 19-33.

SHARIFI, R. S.; NAMVAR, A.; SHARIFI, R. S. Grain filling and fatty acid composition of safflower fertilized with integrated nitrogen fertilizer and biofertilizers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 4, p. 236-243, 2017.

SEHGAL, D.; RAINA, S. N. Genotyping safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars by DNA fingerprints. **Euphytica**, v. 146, n. 1-2, p. 67-76, 2005.

SHAHROKHANIA, M. H.; SEPASKHAH, A. R. Effects of irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization on yield, water and nitrogen efficiencies of safflower. **Agricultural Water Management**, v. 172, p. 18-30, 2016.

SILVA, C. J.; SILVA, A. C.; ZOZ, T.; TOPPA, E. V. B.; SILVA, P. B.; ZANOTTO, M. D. Genetic divergence among accessions of *Carthamus tinctorius* L. by morphoagronomic traits. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 52, p. 4825-4830, 2015.

SINGH, V; NIMBKAR, N: Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), In: SINGH, R, J (eds.). **Genetic resources chromosome engineering and crop improvement: oil crops**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 167-194.

SINGH S.; ANGADI, S. V.; GROVER, K.; BEGNA, S.; AULD, D. Drought response and yield formation of spring safflower under different water regimes in the semiarid Southern High Plains. **Agricultural Water Management**, v. 163, p. 354-362, 2016.

SNPC - SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO DE CULTIVARES – **CultivarWeb**. Disponível em: <
http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>
 Acesso em: 20 nov. 2019.

SOLEYMANI, A. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed vigor tests for the prediction of field emergence. **Industrial Crops and Products**, v. 131, p. 378-386, 2017.

SURESH, R.; CHANDRA, B. R.; GOMEZ, S. M.; SHANMUGASUNDARAM, P. Genetic analysis of yield traits in rice under irrigated and water stress environments. **Indian Journal of Genetics**, v. 73, n. 2, p. 162-168, 2013.

ULLAH, F.; BANO, A. Effect of plant growth regulators on oil yield and biodiesel production of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Brazilian Society of Plant Physiology**, v. 21, n. 1, p. 27-31, 2011.

USHA KIRAN, B.; MUKTA, N.; KADIRVEL, P.; ALIVELU, K.; SENTHILVEL, S.; KISHORE, P.; VARAPRASAD, K. S. Genetic diversity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm as revealed by SSR markers. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization**, v. 15, n. 1, p. 1-11, 2017.

WANG, C. C.; CHOY, C. S.; LIU, Y. H.; CHEAH, K. P.; LI, J. S.; WANG, J. T.; YU, W. Y.; LIN, C. W.; CHENG, H. W.; HU, C. M. Protective effect of dried safflower petal aqueous extract and its main constituent, carthamus yellow, against lipopolysaccharide induced inflammation in RAW264.7 macrophages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 91, n. 2, p. 218-225, 2011.

WEISS, E. A. **Oilseed Crops**. 2. Ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 364p.

YAU, S. K. Winter versus spring sowing of rainfed safflower in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. **European Journal of Agronomy**, v. 26, n. 3, p. 249-256, 2007.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; PASCHOAL, T. S.; PEREIRA, N.; ARAÚJO, P. M.; SECCO, D.; SANTOS, R. F.; PRIOR, M. Seed productivity, oil content and accumulation of macronutrients in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in subtropical region. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, p. 1254-1260, 2017.