



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.321085



Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)’de yaprak dikenliliği ve çiçek renginin genetiği

Sabri Erbaş*, Hasan Baydar

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Merkez/Isparta
*Sorumlu yazar/corresponding author: sabrierbas@sdu.edu.tr

Geliş/Received 08/05/2016

Kabul/Accepted 31/03/2017

ÖZET

Çiçek rengi ve dikensizlik özellikleri süs bitkisi olarak kuru ve taze kesme çiçekçilikte kullanılan Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) için önemli kalıtsal karakterlerdir. Bu çalışmada, çiçek rengi ve dikenlilik karakterlerinin kalıtımını belirlemek amacıyla, her iki karakter bakımından farklı olan Dinçer 5-118 (P1, dikensiz ve kırmızı çiçekli) ve Montola 2000 (P2, dikenli ve sarı çiçekli) çeşitlerinin F1 ve F2 generasyonları ile geri melez populasyonları (BC1P1 ve BC1P2) analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, her iki karakterin de birbirlerinden bağımsız olarak monogenik kalıtım gösterdiğini, dikenliliğin dikensizlik üzerine ve kırmızı çiçek renkliliğinin sarı çiçek renkliliği üzerine baskın olduğunu göstermiştir. F1 generasyonunun tamamı kırmızı çiçekli ve dikenli fenotipe sahip iken, F2 generasyonunda 9:3:3:1 oranına uygun dört farklı fenotip (kırmızı-dikenli:kırmızı-dikensiz : sarı-dikenli : sarı-dikensiz) elde edilmiştir. BC1P1 generasyonunda bütün bitkiler kırmızı çiçekli, ancak dikenlilik için 1:1 açılımına uygun, BC1P2 döllerinde ise bütün bitkiler dikenli, ancak çiçek rengi için 1:1 açılımına uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Aspir
Carthamus tinctorius
Çiçek rengi
Kalıtım

Genetic of flower color and leaf spininess in safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

ABSTRACT

Spininess and flower color are important hereditary characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) used in fresh-cut and dried flowers as ornamental plant. In present study, F1 and F2 generations and their backcross (BC1P1 and BC1P2) progenies of Dinçer 5-118 (P1, spineless and red flower) and Montola 2000 (P2, spiny and yellow flower) were analyzed with the aim of determining the mode of inheritance of spiny and flower color.. Spininess and color flower of safflower were controlled by single dominant gene, each of which is independently. The spiny phenotype was completely dominant to spineless. Also, the red flower phenotype was completely dominant to yellow flower. All plants in the F1 generation had red flowers and spiny phenotype. In the segregation F2 generation, individuals were classified in four group fitting a 9:3:3:1 ratio (red-spiny: red-spineless: yellow-spiny:yellow-spineless). All plants in the BC1P1 generation had red flower, but segregated into a 1:1 ratio for spiny and spineless. On the other hand, all of BC1P1 population had spiny, but segregated into a 1:1 ratio for red and yellow color of flower.

Keywords:
Safflower
Leaf spininess
Flower color
Inheritance

© OMU ANAJAS 2017

1. Giriş

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çok değerli eski bir kültür bitkisidir. Tohumu önemli bir yağ kaynağı ve çiçekleri önemli bir baharat ve boya kaynağıdır. Aspir çiçekleri kırmızı, turuncu, sarı ve nadiren beyaz renklerde olabilmektedir. Ancak aynı bitkinin farklı tabla pozisyonlarına ve hatta aynı tablanın farklı olgunlaşma evrelerine bağlı olarak renk tonlarında değişim (sarıdan turuncuya veya turuncudan kırmızıya) gösterebilmektedir (Li ve Mundel, 1996; Weiss, 2000). Aspir çiçekleri kesme çiçek olarak ta kullanılmaktadır.

Bu amaçla, özellikle dikensiz çeşitler tercih edilmektedir (Pahlavani ve ark., 2004).

Aspir çiçeklerinde doğal olarak sentezlenen karthamidin (%27.0-29.0) ve kartharmin (%0.70-0.96) gibi renk maddeleri doğal renklendirici gıdalara renk ve tat vermek, tekstilde boya kaynağı olarak ve insülin seviyesini düzenlemede tıpta kullanılmaktadır (Srinivas ve ark., 1999; Machewad ve ark., 2012; Qazi ve ark., 2016). Karthamidin suda çözülebilir ve sarı renk verir. Oysa daha önemli olan kartharmin suda çözülmez, ancak bazik solüsyonlarda çözülür ve portakal kırmızısı renk verir (Baydar ve Erbaş, 2014). Aspir çiçeklerinde

bir miktar protein (% 1.71-2.02) ile α -linolenik asit (C18:3, % 15.46-18.79) bakımından zengin yağ (% 4.1-5.8) bulunmaktadır (Srinivas ve ark., 1999). Aspir çiçekleri baharat (safran yerine) ve boya kaynağı olarak sabahın erken saatlerinde toplandıktan sonra (elle veya makine ile) gölgede kurutulma, çeşide göre 5-20 kg da⁻¹ arasında kuru çiçek verimi alınmaktadır (Weiss, 2000). Aspirde çiçek rengi dışında fenolojik olarak kolay ayırt edilebilir bir diğer önemli karakterde dikenliliğidir. Diken oluşumu bitkinin hem gövde yapraklarında hem de tabla koruyucu (brakte) yapraklarında bulunabilmektedir. Hiç diken oluşturmayan çeşitler olduğu gibi farklı yoğunluk ve uzunlukta diken oluşturan çeşitler de bulunmaktadır (Bradley ve ark., 1999). Genel olarak dikenli çeşitler dikensiz çeşitlere göre soğuğa ve kurağa toleransları daha fazla, yağ içerikleri daha yüksek, ancak çiçek verimleri daha azdır. Bunlar dışında, aşırı olgunlaşan tablalarda açığa çıkan tohumların kuşlar tarafından toplanmaması için dikenli çeşitler çiçek veya tohum hasadının elle yapıldığı durumlarda dikensiz çeşitler tercih edilmektedir (Weiss, 2000; Singh, 2007; Baydar ve Erbaş, 2014). Ornamental amaçlı yetiştiricilikte ise, talebe göre çiçek rengi ile dikenliliğin farklı kombinasyonları sağlanmaya çalışılmaktadır (Bradley ve ark., 1999; Pahlavani ve ark., 2004).

Aspirde çiçek rengi dikenlilik karakteri gibi kalıtsal bir özelliktir ve Mendel kalıtımı esaslarına göre döllere aktarılmaktadır (Classen, 1952). Hem çiçek rengi hem de dikenlilik özellikleri ıslah programlarında morfolojik markır olarak ıslahçılara büyük kolaylık sağlamaktadır. Aspirde dikenlilik ve çiçek renginin kalıtımı ile ilgili bazı araştırmalar yapılmıştır (Rao, 1943; Classen, 1952; Joglekar ve Deshmukh, 1956; Deshmukh, 2008; Harvey ve Knowles, 1965; Hartman, 1967; Kotecha, 1980; Narkhede ve Deokar, 1986; Durbin ve ark., 2003; Pahlavani ve ark., 2004; Hamdan ve ark., 2008). Ancak yapılan araştırmalarda yoruma açık farklı sonuçlar elde edilmiştir. İşte bu araştırmada, aspirde dikenliliğin ve çiçek renginin kalıtımı hakkında ebeveynler, F1 ve F2 ile geri melez popülasyonlarından gidilerek daha kesin bilgilere ulaşmak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma 2008, 2009 ve 2010 yıllarında Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü'nde yürütülmüştür. Dinçer 5-118 (P1) ve Montola-2000 (P2) çeşitleri ile bu iki çeşidin melezlemesi ile elde edilen F1, BC1P1 (F1× P1), BC1P2 (F1× P2) ve F2 bitkileri materyal olarak kullanılmıştır. Dinçer 5-118 çeşidi kırmızı çiçek rengine sahip dikensiz bir çeşit iken, Montola 2000 çeşidi sarı çiçek rengine sahip dikenli bir çeşittir.

2008 yılında, Dinçer 5-118 ve Montola 2000 çeşitleri alternatifli sıralar halinde 1 sıra baba (♂, Montola 2000) ve 1 sıra ana (♀, Dinçer 5-118) ebeveyn olacak ekilmişlerdir. Ana ebeveynin tomurcuk teşekkülünün başladığı tarihten itibaren birer hafta arayla 3 defa her

tablaya 5 ml 100 ppm (mg L⁻¹)'lik GA3 çözeltisi püskürtülerek kimyasal erkek kısırlık oluşturulmuştur (Baydar ve Gökmen, 2003). GA3 uygulanan tablalar çiçeklenme öncesinde yabancı tozlaşmasının engellenmesi için izole edilmiştir. Çiçeklenmenin başlamasıyla birlikte ana ebeveynin dişçik tepesi (stigmaları) üzerine baba ebeveynin polenleri elle bulaştırılarak tozlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Tozlaştırma işlemi yapılan tablalar yabancı tozlanma ihtimaline karşın tekrar izole edilmiştir. Tozlaştırma işlemi yapılmayan tablalar ise bitkilerden uzaklaştırılmıştır. Olgunlaşmayla birlikte ana ebeveynin melez tohumları taşıyan tablaları hasat edilerek F1 tohumları elde edilmiştir.

2009 yılında, F1 tohumları ebeveynleri ile birlikte deneme tarlasına ekilmiştir. Yetiştirilen F1 bitkileri arasında dikenli olan bitki sayısının toplam bitki sayısına oranlanması ile melez bitki oranı belirlenmiştir. F1 bitkileri arasında yaprakları ve tablaları dikensiz olan bitkiler (melez olmayanlar) çiçeklenme dönemi öncesinde sökülerek uzaklaştırılmış ve böylece % 100 melez olan bitkiler bırakılmıştır. F1 bitkilerinin 1/3'ü çiçeklenme başlangıcında tablaları izole edilerek kendine tozlaşması, döllenmesi sağlanmış ve F2 bitkilerini oluşturacak tohumlar elde edilmiştir. Geriye kalan F1 bitkileri ise (2/3'ü) Knowles (1980)'e göre hem ana hem de baba ebeveyn ile geriye melezlenmiştir (BC1P1 ve BC1P2).

2010 yılında, F2, BC1P1 ve BC1P2 bitkileri ayrı parsellere de 50 x 20 cm sıklıkta yetiştirilmişlerdir. Çiçeklenme ile birlikte popülasyonlarda 'Safflower descriptor'e (IBPGR, 1983) göre yaprak ve brakte dikenliliği ve çiçek rengine göre ortaya çıkan fenotipik açılımlar gözlenmiştir. F2 ve BC1 popülasyonlarında gözlenen değerlerin beklenen fenotipik açılma oranlarına (1:1, 3:1 ve 9:3:3:1 gibi) uyumlulukları khi kare (χ^2) testi ile belirlenmiştir (Allard, 1966; Demir, 1975). Hesaplanan χ^2 değerinin önemlilik düzeyi SAS (1999) istatistik programı yardımıyla test edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Aspirde melezleme sonrasında yeterince melez tohum üretmek için emaskülasyon yapmak yerine kimyasal veya sentetik erkek kısırlıktan yararlanılabilmektedir. Örneğin; tomurcuklanma döneminin başında uygulanan GA3 ile mikrosporogenesis engellenmekte, polen taşımayan (taşıyorsa bile canlılığı düşük olan) boş anterler meydana gelmektedir (Baydar ve Gökmen, 2003). Bu yöntem sayesinde, kimyasal erkek kısırlıktan faydalanılarak bol miktarda melez tohum üretilebilmektedir. Bu araştırmada, dikensiz bir çeşit olan Dinçer 5-118 ile dikenli bir çeşit olan Montola 2000 yukarıda açıklanan gibberellik asit ile polen kısırlık uyarımı sayesinde emaskülasyon yapılmaksızın melezleme işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen F1 bitkileri arasında 102 adet dikenli (melez) bitki sayılmıştır. Aspirde dikenlilik özelliği dikensizlik üzerine baskın olduğu için 32 adet dikensiz bitki

melezlenemediği için göz ardı edilmiştir. Gerçek melez oranı %76.1 olarak tespit edilmiştir. F1 bitkileri arasında melez olmayan dikensiz bitkiler çiçeklenme öncesi sökülerek atılmış ve geride tamamı melez olan bitkiler bırakılmıştır.

Çizelge 1’de, Dinçer 5-118 (Kırmızı-Dikensiz) ve Montola 2000 (Sarı-Dikenli) çeşitleri arasında yapılan melezleme ile elde edilen F2 generasyonunda çiçek rengi ve dikenlilik karakterleri yönüyle ortaya çıkan iki özellik bakımından (dihibrit) fenotipik sınıflar ile gözlenen ve beklenen (9:3:3:1) değerler gösterilmiştir. Gözlenen (G) ve Beklenen (B) değerlerden gidilerek hesaplanan toplam χ^2 değeri [$\sum(G-B)^2/B = 4.26$] 0.05 ve 0.01 seviyelerdeki χ^2 cetvel değerlerinden küçük olduğundan iki özellik bakımından fenotipik açılma oranına uyumlu olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak çiçek rengi ve dikenlilik özelliklerinin birbirlerinden bağımsız kalıtsal karakterler olduğu, her biri ayrı ayrı tek genli (monogenik) kalıtım (3:1 fenotipik ve 1:2:1 genotipik açılımları veren) gösterdiği tespit edilmiştir. Çizelge 2 ve 3’te sunulan geri melez (BC1) popülasyonlarında (F1 x P1 ve F1xP2) her iki özellik için de beklenen tek özellik bakımından (monohibrit) 1:1 fenotipik açılma oranları χ^2 testi sonuçlarına göre gözlenen değerlerle uyumlu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre; Montola 2000 çeşidi bir çift dominant allele (SpSp), Dinçer 5-118 çeşidi bir çift resesif allele (spsp) ve melezleme sonrası elde edilen F1 bitkileri ise heterozigot allellere (Spsp) sahiptir. Diğer yandan F2 generasyon dölleri SpSp (1):Spsp (2):spsp (1), BC1P1 geri melezler SpSp (1):spsp (1) ve BC1P2 geri melez dölleri de SpSp (1):Spsp (1) allel kombinasyonlarını taşımaktadır. Aspirde dikenliliğin kalıtımı ile ilgili benzer bulgular

diğer bazı araştırmalarda da rapor edilmiştir (Classen, 1952; Deshmukh, 1958; Pahlavani ve ark., 2004; Hamdan ve ark., 2008; Golkar ve ark., 2010). Farklı olarak Narkhede ve Deokar (1986), dikenlik seviyesinin belirlenmesinde epistatik etkili dört ayrı genin (Sa, Sb, Sc ve Sd) aktif rol oynadığını, bu genler arasında tam ve kısmi dominantlık olabileceğini, özellikle Sa geninin dikenliliğin oluşumunda baskın görev aldığını rapor etmişlerdir.

Araştırmamızda hem F2 hem de geri melez popülasyonlarındaki çiçek rengi ile ilgili bulgularımız aspirde çiçek renginin tek genli (monogenik) kalıtım gösterdiği ve koyu renk (kırmızı) allel genin açık renk (sarı) allel üzerine dominant olduğu tespit edilmiştir. Nitekim farklı çiçek renkleri ile yapılan melezleme çalışmalarında F1’deki döllerde Pahlavani ve ark., (2004) turuncu x sarı melezlemesinde turuncu bireyler, Erbaş and Baydar (2007) kırmızı x sarı melezlemesinde kırmızı bireyler, Hamdan ve ark., (2008) turuncu x beyaz melezlemesinde turuncu bireyler, Golkar ve ark., (2010) sarı x beyaz melezlemesinde sarı bireyler elde ettiğini ve dominant özelliğin diğerine göre koyu renkli çiçek rengi olduğunu rapor etmişlerdir. Ancak çiçek renginin kalıtımına çok daha fazla sayıda gen katıldığı (Claassen, 1952) ve hatta ilgili allel genler aralarında 13:3, 7:9 ve 15:1 gibi epistatik gen etkileşimlerini gösterdiği (Harvey ve Knowles, 1965; Kotecha, 1980). Örneğin, Pahlavani et al. (2004) turuncu veya sarı çiçek rengine sahip 6 aspir çeşidinin melez kombinasyonlarında F2 generasyonunda 13:3, 4:12, 7:9 ve 15:1 oranlarında turuncu:sarı açılma oranlarının meydana geldiğini bildirmiştir.

Çizelge 1. Dinçer 5-118 x Montola 2000 melezlemesinde çiçek rengi ve dikenlilik için F2 generasyonundaki bitkilerin sınıflandırılması

Fenotipik sınıflar	F ₂ generasyonu		(G-B) ² /B	Pr> χ^2
	Gözlenen (G)	Beklenen (B)		
Dikenli-Kırmızı	512	505.1 (9)	0.09	
Dikenli-Sarı	151	168.4 (3)	1.79	
Dikensiz-Kırmızı	188	168.4 (3)	2.28	
Dikensiz-Sarı	47	56.1 (1)	0.09	
Toplam	898	898	4.26	0.13
Serbestlik derecesi = 4-1=3, $\chi^2_{0.05} = 7.82$, $\chi^2_{0.01} = 11.34$				
Dikenli	663	673.5 (3)	0.16	
Dikensiz	235	224.5 (1)	0.49	
Toplam	898	898	0.65	0.42
Serbestlik derecesi = 2-1=1, $\chi^2_{0.05} = 3.84$, $\chi^2_{0.01} = 6.63$				
Kırmızı	700	673.5 (3)	1.04	
Sarı	198	224.5 (1)	3.13	
Toplam	898	898	4.17	0.04
Serbestlik derecesi = 2-1=1, $\chi^2_{0.05} = 3.84$, $\chi^2_{0.01} = 6.63$				

Narkhede ve Deokar (1986) çiçek renginin kalıtımında bağımsız 4 gen (Y, C, O ve R) görev aldığı, C geninin ve C+O, C+R ve C+O+R gen kombinasyonlarının grimsi-beyaz renkte, Y+C genlerinin kırmızı renkte, Y+C+O ve Y+C+O+R gen kombinasyonlarının ise sarımsı kahve renkte çiçekler meydana getirdiğini tespit etmişlerdir. Golkar ve ark., (2010), dikenli tablalı ve sarı çiçekli Mexican 22-191 ile dikensiz tablalı ve beyaz çiçekli White Flower Isf hattını melezlemişler, elde edilen F1 döllerinin dikenli ve sarı çiçekli olduklarını gözlemişlerdir. Aynı çalışmada,

F2'de tabla dikenliliği için 3:1, F2'de ise 1:2:1 oranında bir açılma gözlenmiş ve dikenlilik özelliğinin ve çiçek renginin birbirinden bağımsız kalıtsal karakterler olduğu rapor edilmiştir. Diğer taraftan aynı melez popülasyonda çiçek rengi bakımından F2 generasyonunda 9:3:4 oranında sarı:turuncu:beyaz çiçekli bitkiler, F2:3 generasyonunda ise 1 (tamamı Y): 1 (tamamı O): 2 (3Y:1O): 4 (9Y:3O:4C): 2 (3Y:1C): 2 (3O:1C): 4 (tamamı C) oranında fenotipik açılma oranı tespit etmişlerdir (Golkar ve ark., 2010).

Çizelge 2. F1 × Dinçer 5-118 melezlemesinde dikenli ve dikensizlik için BC1P1 generasyonunda bitkilerin sınıflandırılması

Fenotipik sınıflar	F ₂ generasyonu		(G-B) ² /B	Pr> χ^2
	Gözlenen (G)	Beklenen (B)		
Dikenli	47	38.50 (1)	1.88	
Dikensiz	30	38.50 (1)	1.88	
Toplam	77	77	3.76	0.053

Serbestlik derecesi = 2-1=1, $\chi^2_{0.05} = 3.84$, $\chi^2_{0.01} = 6.63$

Çizelge 3. F1 × Montola 2000 melezlemesinde dikenli ve dikensizlik için BC1P2 generasyonunda bitkilerin sınıflandırılması

Fenotipik sınıflar	F ₂ generasyonu		(G-B) ² /B	Pr> χ^2
	Gözlenen (G)	Beklenen (B)		
Kırmızı	69	56.50 (1)	2.77	
Sarı	44	56.50 (1)	2.77	
Toplam	113	113	5.54	0.019

Serbestlik derecesi = 2-1=1, $\chi^2_{0.05} = 3.84$, $\chi^2_{0.01} = 6.63$

4. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, aspir bitkisinde dikenlilik dikensizlik üzerine dominant olup kalıtımında bir çift allel gen (Sp/sp) görev almaktadır. Diğer yandan çiçek rengi kalıtımında kırmızı renklilik sarı renklilik üzerine dominant olup kalıtımında yine bir çift allel gen görev almaktadır. Her iki karakter de birbirinden bağımsız olarak tek genli kalıtım göstermekte, diken oluşumu ve kırmızı renk oluşumu için birer dominant gen görev yapmaktadır. Ancak çiçek rengi ile ilgili bazı diğer araştırmalarda farklı sonuçlar alınmış olması nedeniyle, bu özelliğin kalıtımının daha iyi anlaşılabilmesi için beyazdan kırmızıya kadar belirgin her renkten ebeveynler arasındaki bütün melez kombinasyonların yer aldığı ve tabla olgunlaşma sürecindeki renk ton değişimlerine çok dikkat edilerek fenotipik renk ayırımının iyi yapıldığı bir melezleme programı planlanmalıdır. Ayrıca genetik çeşitlilik gösteren popülasyonlardan kesin ve hızlı bir seçim yapmak için dikenlilik ve çiçek rengi gibi temel özellikler için genetik haritalar ve moleküler markırlar geliştirilerek bunlardan aspir ıslahı çalışmalarında faydalanılması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmayı 2155-D-10 nolu proje kapsamında mali yönden destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederiz. Çalışma Sabri ERBAŞ'ın doktora tezinin bir kısmıdır.

Kaynaklar

- Allard, R.W., 1966. Principles of plant breeding. John Wiley and Sons, Inc., New York, 740s.USA.
- Ashri, A., Efron, Y., 1964. Inheritance studies with fertile interspecific hybrids of three *Carthamus* species. Crop Sci, 4:510-514.
- Baydar, H., Erbaş, S., 2014. Yağ bitkileri bilimi ve teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 97. 313s
- Baydar, H., Gökmen, O.Y., 2003. Hybrid seed production in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) following the induction of male sterility by gibberellic acid. Plant Breeding, 122:459-461.
- Bradley, V.L., Guenther, R.L., Johnson, R.C., Hannan, R.M., 1999. Evaluation of safflower germplasm for ornamental use. ASHS Press.
- Classen, C.E., 1952. Inheritance of sterility, flower color, spinelessness, attached poppus and rust resistance in

- safflower, *Carthamus tinctorius* L., Agronomy Journal, 42(8): 381.
- Demir, İ., 1975. Genel Bitki Islahı. E.U.Z.F. Yayınları. No: 212, E.Ü. Matbaası, Bornova, İzmir.
- Deshmukh, S.N., Lande, S.S., Potdukhe, N.R., Mahajan, P.V., Nandkhile, S., Wakode, M.M., 2008. Utilization of genetic male sterility system toward recurrent selection in safflower and genetic gain realized. 7th International Safflower Conference, 3-6 Kasım 2008, New South Wales, Australia.
- Durbin, M.L., Lundy, K.E., Morrell, P.L., Torres-Martinez, C.L., Clegg, M.T., 2003. Genes that determine flower color: the role of regulatory changes in the evolution of phenotypic adaptations. Mol. Phylogenet. Evol. 29:507-518.
- Erbaş, S., Baydar, H., 2007. Aspirde (*Carthamus tinctorius* L.) sentetik erkek kısırılık tekniği ile elde edilmiş melez populasyonlardan hat geliştirme olanakları. 7. Tarla Bitkileri Kongresi. 25-27 Haziran 2007, Erzurum,
- Golkar, P., Arzani, A., Rezaei, A.M., 2010. Inheritance of flower colour and spinelessness in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Genetics, 89:259-262.
- Hamdan, Y.A.S, Vich, B.P., Fernandez-Martinez, J.M., Velasco, L., 2008. Inheritance of very high oleic acid content and its relationship with several morphological and physiological traits. 7th International Safflower Conference, 3-6 Kasım 2008, New South Wales, Australia.
- Hartman, A., 1967. Inheritance of corolla color in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) MS Thesis, Univ. of California, Davis, Calif.
- Harvey, B.L., Knowles, P.F., 1965. Natural and artificial allopolyploids with 22 pairs of chromosomes in the genus *Carthamus* (Compositae). Can. J. Gen. Cytol., 126-139.
- IBPGR, 1983. Descriptors for safflower/International board for plant genetic resources. IBPGR/81/93. Rome: AGPG.
- Joglekar, R.G., Deshmukh, N.Y., 1956. Inheritance of florets color in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Proc Bihar Acad Agric Sci., 5:90-116.
- Knowles, P.F., 1980. Hybridization of crop plants. WI: Am. Soc. Agron. 763p
- Li, D., Mundel, H.H., 1996. Safflower *Carthamus tinctorius* L. promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Machewad, G.M., Ghatge, P., Chappalwar, V., Jadhav, B., Chappalwar, A., 2012. Studies on Extraction of Safflower Pigments and its Utilization in Ice Cream. Food Processing and Technology, 3(8):172.
- Narkhede, B.N., Deokar, A.B., 1986. Inheritance of corolla color in safflower. J. Maharashtra Agric. Univ., 11:278-281.
- Pahlavani, M.H., Mirlohi, A.F., Saeidi G., 2004. Inheritance of flower color and spininess in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Heredity, 95(3):265-267.
- Qazi, N., Khan, R.A., Memon, A.R., Laghari, J.A., Ghanghro, I.H., 2016. *Carthamus tinctorius* (Safflower) a natural remedy for dyslipidemias in diabetic patients' nasreen. International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences, 5(4):802-811.
- Rao, M., 1943. Inheritance of characters in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Madras Agric J, 31:141-148.
- SAS, 1999. INC SAS/STAT User's Guide Release 7.0 Cary NC, USA.
- Singh, R.J., 2007. Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Srinivas, C.V.S., Praveena, B., Nagaraj, G., 1999. Safflower petals: A sources of gamma linolenic acid. Plant Foods for Human Nutrition, 54:89-92.
- Weiss, E.A., 1971. Safflower. In, Castor, Sesame and Safflower, Barnes and Noble Inc., pp. 593-613, New York, USA.
- Weiss, E.A., 2000. Oilseed Crops, 2nd Edition, Blackwell Sci. Ltd., 364 s.