

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Saf Hatlarında Tohum Karışım Oranlarının Verim ve Yağ Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 17, Sayı 2,
Sayfa 55-63, 2022

Ümmü BOZDAĞ¹, Hasan BAYDAR^{*1}

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 17, Issue 2,
Page 55-63, 2022

Öz: Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), tohumlarında bulunan yüksek kalitede yağı ile önemli bir yemeklik yağ ve biyoenerji kaynağıdır. Bu araştırma, ileri generasyon aspir hatlarında tohum karışımları yapılarak hem doğal heterosis etkisinden hem de çok hatlı çeşitlerin avantajlarından faydalanmak için yürütülmüştür. Fenolojik özellikleri benzer, ancak tohum ve yağ verimlilikleri farklı üç hat (BAY-ER 2, BAY-ER 5 ve BAY-ER 15) saf (yalın), ikili (1/2 + 1/2) ve üçlü (1/3 + 1/3 + 1/3) tohum karışım oranlarında yetiştirilerek açıkta tozlaşmaya bırakılmış, elde edilen kısmi melez tohumlar bir sonraki yıl tesadüf blokları deneme deseninde üç tekrarlı olarak ekilerek tarımsal ve kalite özellikleri karşılaştırılmıştır. Hatlar ve karışımlar arasında bitki boyu, dal sayısı, tabla sayısı, 1000 tane ağırlığı, kabuk oranı, yağ oranı, tohum ve yağ verimi gibi özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. İkili ve üçlü tohum karışımları saf hatlara göre daha yüksek verim performansı göstermiş, BAY-ER 2 + BAY-ER 15 ikili karışımından % 50.7 ve BAY-ER 5+ BAY-ER 15 ikili karışımından % 44.0 olarak yüksek karışım etkinliği elde edilmiştir. Bütün karışımlar kendisini oluşturan saf hatlardan daha yüksek tohum verimi ve yağ oranı vermiştir. Saf hatlar linoleik asit bakımından, karışımlar ise oleik asit bakımından biraz daha yüksek oranlar vermiştir. Sonuç olarak, aspride belirli sayıda saf hattın farklı oranlarda tohum karışımları ile tarımsal performansın artırılabilceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aspir, heterosis etkisi, karışım etkinliği, tohum karışımı

Effect of Seed Mixture Ratios on Yield and Oil Quality Properties in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Pure Lines

Abstract: Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an important source of edible oil and bioenergy with its high quality oil in its seeds. In this research, seed mixtures were made in advanced generation safflower lines to benefit from both the natural heterosis effect and the advantages of multi-line varieties. Three safflower lines (BAY-ER 2, BAY-ER 5 and BAY-ER 15) with similar phenological characteristics, but different seed and oil yields were used. Pure, double (1/2 + 1/2) and triple (1/3 + 1/3 + 1/3) seed mixture ratios were grown under open pollination condition. The partial hybrid seeds were planted in randomized block experimental design with three replicates in the following year to evaluate the the agricultural and quality characteristics. Statistically significant differences were found between pure lines and mixtures in terms of plant height, number of branches, number of heads, 1000 grain weight, seed hull ratio, oil ratio, seed yield and oil yield. Double and triple seed mixtures showed higher yield performance than pure lines, and high mixing efficiency was obtained as 50.7% from BAY-ER 2 + BAYER 15 and 44.0% from BAY-ER 5+ BAY-ER 15 binary mixtures. All the mixtures gave higher seed yield and oil ratio than their pure lines. Linoleic acid ratios in the lines and oleic acid ratios in the mixtures were found to be slightly higher. As a result, it has been understood that agricultural performance can be increased with different ratios of seed mixtures of a certain number of pure lines in safflower.

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
hasanbaydar@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 27/12/2021
Kabul (Accepted): 31/07/2022

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Isparta, Türkiye.

Keywords: Safflower, heterosis effect, mixing efficiency, seed mixture

1. Giriş

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), Compositeae familyasından tek yıllık, otsu yapıda ve C3 fotosentezi gerçekleştiren bir nötr gün bitkisi. Tohumlarında yüksek oranda ve yüksek kalitede yağ içeren modern çeşitlerin geliştirilmesiyle birlikte aspir önemli bir yağ ve enerji kaynağı olmuştur. Aspir bitkisinin kuraklığa, sıcağa ve kısmi tuzluluğa karşı yüksek tolerans göstermesi nedeniyle tarımsal önemi giderek artmaktadır (Weiss, 2000). Tarımsal üretim kayıtlarına göre ticari aspir üretimi yapılan 23 ülke arasında Kazakistan, Rusya ve ABD ilk üç sırada yer alırken, son 10 yılda aspir üretiminde büyük ilerleme kaydeden Türkiye ilk on ülke arasına girmeyi başarmıştır (FAO, 2021). Ancak son yıllarda ülkemizde aspir ekilişi ve üretimi azalmaya başlamış, nitekim 2020 yılında 15.2 bin ha ekim alanı, 21.3 bin ton tohum üretimi ve 141 kg/da tohum verimi elde edilmiştir (TUİK, 2021). Türkiye’de kültürü yapılan ticari aspir çeşitlerinin kuru tarım koşullarında tohum verimi ortalaması 50-250 kg/da ve ortalama yağ içeriği % 25-35 arasında değişmektedir. Ülkemizde aspir tarımını yeniden yükselen değer haline getirebilmek en başta tohum ve yağ verimliliğini artıracak, biyotik ve abiyotik stres faktörleriyle daha iyi baş edebilecek alternatif yetiştirme ve ıslah yöntemlerinin uygulamaya aktarılmasına bağlıdır (Erbaş ve Baydar, 2007).

Ülkemizde tescil ettirilen ve ticari olarak tohumluğu üretilen aspir çeşitleri seleksiyon ve melezleme ıslahı ile geliştirilmiş standart saf hat çeşitleridir. Oysa Dünya’da gelişen trend tek bir çeşit ile yalın üretim yapmak yerine, o çeşidin eksikliklerini tamamlayan diğer çeşitler veya saf hatlar ile belirli oranlarda tohum karışımları yapılarak genetik çeşitlilik yaratılıp stres etmenleriyle daha kolay, hızlı, ekonomik ve sürdürülebilir mücadele edilmeye çalışılmaktadır (Castro, 2001). Saf hat veya çeşit karışımlarının sağlayacağı başlıca avantajlar; verim artışı ve stabilite (Okonya ve Maass, 2014; Jokinen, 1991), sınırlı su besin kaynaklarından daha iyi yararlanma (Wang vd., 2016; Biabani vd., 2008), hastalık ve zararlılar ile daha etkili ve ekonomik mücadele (Tooker ve Frank, 2012; Ngugi vd., 2001) şeklinde sıralanabilir. Tohum karışımları ile ilgili olarak temel sorun, karışımlara giren çeşitlerin veya saf hatların genetik farklılıkları nedeniyle elde edilen ürünlerdeki fiziksel ve kimyasal uniformitenin pazar değerini ve işleme kalitesini düşürüp düşürmediği ile ilgilidir. Bu konuda yapılan araştırmalarda ifade edilen genel görüş, eğer karışıma giren genotiplerin tohum özellikleri (fiziksel ve kimyasal) benzer olursa ve karışım oranları iyi formülize edilirse bunda bir sorun yaratmayacağı yönündedir (Mundt, 2002; Bowden vd., 2001).

Aspir, normal koşullarda kendine, ekstrem koşullarda (özellikle bal arıları ve rüzgâr yoğunluğuna bağlı olarak) yabancı tozlaşma ve döllenmenin hakim olduğu kültür bitkilerinden birisidir (Rubis, 1966). Aspirde dikenlilik ve

çiçek rengi özellikleri morfolojik markör olarak kullanılarak yabancı döllenme oranı Erbaş (2012) tarafından ortalama % 10.3 (% 8.3-12.7) olarak tespit edilmiştir. Baydar ve Gökmen (2003), aspirde bitkide yerleşme pozisyonlarına bağlı olarak tablalar arasında önemli farklılıklar tespit etmişler, ana sap tablalarında % 10.0, birincil dal tablalarında % 28.4, ikincil dal tablalarında ise % 21.3 yabancı döllenme oranlarının meydana geldiğini saptamışlardır. Velasco vd. (2012) ise oleik asidi biyokimyasal marker olarak kullanarak yüksek oleik asit (% 75-82) içeren çeşit ile yüksek linoleik fakat düşük oleik asit (% 20-35) içeren çeşit ile karışık olarak yetiştirmişler, açıkta tozlaştırma koşullarında tek bitki düzeyinde % 35.9 ve tek tabla düzeyinde % 58.3 oranında yabancı döllenme olduğunu tespit etmişlerdir.

Kurak ve yarı kurak bölgeler için önemli bir alternatif ürün olan, kısmen yabancı tozlaşan ve dölenen aspir bitkisinde açıkta tozlaşan saf hat çeşitlerin kültürü yapılmaktadır. Oysa yakın akrabası olan ayçiçeğinde olduğu gibi aspirde de hibrit çeşitlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Çünkü aspirde ilk melez generasyonunda (F₁) yüksek oranlarda melez azmanlığı (heterosis) ortaya çıkabilmektedir (Hill, 1989). Nitekim Baydar ve Erbaş (2016) tarafından “Dinçer x Montola” melez döllerinin F₁ generasyonunda tohum verimi bakımından % 45 gibi yüksek bir oranda melez azmanlığı (heterosis) gösterdiği ve bu değer hibrit tohum üretimine geçecek yükseklikte olduğu rapor edilmiştir. Ancak aspirde genetik (ms) ve yapısal (df ve th) polen kısırlığı genlerinin olmasına (Knowles, 1982), ayrıca GA₃ destekli kimyasal polen kısırlığının etkin olarak başarılmasına rağmen (Baydar ve Gökmen, 2003) günümüze kadar aspir hibrit tohumluk üretiminde bunlardan maalesef pratikte ticari olarak faydalanılamamıştır (Meena vd., 2012).

Aspir bitkisinde uyum yetenekleri yüksek olan ebeveynler arasında kontrollü melezlemeler yapılarak hibrit (F₁) tohum üretimi pratik ve ekonomik olarak başarılamıyorsa başka alternatif yollar bulunabilir mi? Kısmen yabancı tozlaşan ve dölenen aspir bitkisinde yüksek heterosis değerleri yakalandığına göre bu heterosis etkisinden pratikte tohum verimliliğini ve kalitesini artırmak için faydalanılabilir mi? Fenolojik özellikleri benzer ancak genetik özellikleri farklı ileri generasyon saf hatların tohumları belirli oranlarda karıştırılıp açıkta tozlaştırılırsa acaba bir generasyon sonra karışımlar kendini oluşturan saf hatlara göre nasıl bir performans gösterecektir? Karışımlar yapılarak hem doğal heterosis etkisinden hem de çok hatlı çeşitlerin olası avantajlarından faydalanmak mümkün müdür? İşte, bu gibi araştırma sorularına ve hipotezlere yanıt bulabilmek için dikenlilik ve çiçek rengi gibi temel fenolojik özellikleri benzer, ancak tohum ve yağ verimlilikleri ile biyotik ve abiyotik stres etmenlerine tepkileri farklı üç hat (BAY-ER 2, BAY-ER 5 ve BAY-ER 15) saf (yalın), ikili (1/2 + 1/2) ve üçlü (1/3 + 1/3 + 1/3) tohum

karışım oranlarında yetiştirilerek açıkta tozlaşmaya bırakılmış, elde edilen kısmi melez tohumlar bir sonraki yıl ekilerek verim ve kalite ile ilgili özellikler yönüyle karışım etkinlikleri ve tarımsal performansları karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Materyal

Bu çalışma 2018 ve 2019 yıllarında Isparta Uygulamalı Bilimlere Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak "Dinçer 5-18-1 x Montola 2000" melez döllerinden pedigrisi seleksiyon metodu ile geliştirilen BAY-ER 2, BAY-ER 5 ve BAY-ER 15 kodlu F₈ kademesindeki durulmuş ileri generasyon hatları kullanılmıştır. Genetik olarak durulmuş bu saf hatlar; dikenli, turuncu çiçekli, beyaz tohumlu ve linoleik asitçe zengindir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırmada genetik materyal olarak kullanılan aspir hatlarının tabla ve çiçek görüntüleri

2.2. Deneme alanının toprak ve iklim özellikleri

Deneme alanının (ISUBÜ Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Çiftliği) toprak özellikleri yönüyle killi-tınlı ve hafif alkali (pH 7.5) yapıda olup, kireç oranı (% 7.2) ve tuz oranı (% 0.4) düşük seviyelerdedir. Deneme tarlasının fiziksel bünyesi ve kimyasal yapısı, birçok tarla bitkisine göre toprak seçiciliği daha az olan aspir tarımı için uygun

özellikler taşımaktadır. Tarla denemelerinin kurulduğu 2018 ve 2019 yıllarına ait iklim verileri incelendiğinde (Tablo 1), her iki yılın vejetasyon döneminde (mart-ağustos) aspir bitkisinin normal büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyecek ekstrem kuraklık ve sıcaklık değerleri ortaya çıkmamıştır. Bu nedenle, denemede sulama yapılmamış, bu dönemde düşen yağışlar sayesinde bitkilerin çıkış, rozet ve sapa kalma dönemleri başarılı bir şekilde gerçekleşmiş ve kimi zaman yaşanan kurak dönemler de başarıyla atlatılmıştır.

2.3. Yöntem

2018 yılında BAY-ER 2, BAY-ER 5 ve BAY-ER 15 aspir hatlarının elit tohumları ikili kombinasyonlar (1/2 + 1/2) ve üçlü kombinasyonlar (1/3 + 1/3 + 1/3) oluşturularak karıştırılmıştır. Aspir saf hatlarının tohum karışım katsayıları ve oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Her bir saf ve karışım grubu için her biri 12 m uzunluğunda ve 5.4 m genişliğinde (64.8 m²) olan 7 ayrı parsel oluşturulmuştur. Parseller arasında tozlaşmanın engellenmesini sağlayacak kadar izolasyon mesafesi bırakılmış ve tuzak bitki (ayçiçeği) yetiştirilmiştir. Toprak hazırlığı yapıldıktan sonra her bir parselde Tablo 2'de verilen sıralamaya uygun olarak her üç hattın yalın/saf ve olası ikili (1/2 + 1/2) ve üçlü (1/3 + 1/3 + 1/3) karışımları 21 Mart 2018 tarihinde 45 x 15 cm sıklıkta ve 3-5 cm ekim derinliği verilerek ekilmiştir. Aspir tarımı için önerilen yetiştirme teknikleri yerine getirilerek bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyüme ve gelişmesi sağlanmıştır. Çiçeklenme döneminde her bir parselde saf, ikili ve üçlü karışımlar halinde yetiştirilen hatların kendi aralarında arılar ve rüzgâr yardımıyla tozlaşmasına izin verilmiştir. Çünkü aspir çiçeklerinde başarılı bir tozlaşma ve döllenme için başta bal arıları olmak üzere tozlayıcı böceklerin ve rüzgârın

Tablo 1. Isparta ilinin deneme yıllarına ilişkin aylık ortalama iklim verileri*

Aylar	Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)		Nem (%)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Mart	9.2	7.3	69.3	40.3	65.9	63.0
Nisan	14.2	9.9	6.3	50.8	51.0	64.4
Mayıs	16.8	16.8	63.1	34.2	62.3	53.4
Haziran	20.0	20.7	69.4	53.3	62.4	59.8
Temmuz	24.3	23.3	4.1	9.5	46.9	44.9
Ağustos	23.3	24.4	14.2	2.7	47.6	43.0

*Kaynak: Isparta Meteoroloji İl Müdürlüğü

Tablo 2. Aspir saf hatlarının tohum karışım katsayıları ve oranları

Hatlar ve karışımlar	Karışım katsayıları	Karışım oranları
BAY-ER 2	1	% 100
BAY-ER 5	1	% 100
BAY-ER 15	1	% 100
BAY-ER 2 + BAY-ER 5	1/2 + 1/2	% 50 + % 50
BAY-ER 2 + BAY-ER 15	1/2 + 1/2	% 50 + % 50
BAY-ER 5 + BAY-ER 15	1/2 + 1/2	% 50 + % 50
BAY-ER 2 + BAY-ER 5 + BAY-ER 15	1/3 + 1/3 + 1/3	% 33.3 + % 33.3 + % 33.3

önemli etkileri olduğu bildirilmiştir (Boch, 1961). Bu sayede yalın, ikili ve üçlü karışım kombinasyonlarını temsil eden hatlar arasında doğal yabancı tozlaşma ve döllenme sağlanarak bir generasyon sonrası döllerde çıkması beklenen olası (kısmi) melez azmanlığının tohum ve verimine, yağ oranına ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi araştırılmıştır.

2019 yılında, bir önceki yıl saf, ikili ve üçlü karışım şeklinde ekilerek yetiştirilen ve kendi aralarında açıkta tozlaşmalarına izin verilen hatların tohumları gruplar halinde tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak oluşturulan deneme parsellerine 22 Mart 2019 tarihinde 45 x 15 cm ekim sıklığında ve 3-5 cm derinliğinde ekilmiştir. Her bir deneme parseli 5 m uzunluğunda, 2.7 m eninde ve 6 sıra olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekimle birlikte deneme parsellerine 10 kg/da taban gübresi (DAP: % 18 N ve % 46 P₂O₅) ve sapa kalkma döneminde 20 kg/da üst gübre (AS: % 21 N) verilmiştir. Kuru tarım koşullarında yetiştiricilik esas alınarak sulama yapılmamıştır. Yabancı ot mücadelesi elle çapalama şeklinde yapılmıştır. Olgunlaşma ile birlikte yalın, ikili ve üçlü karışım ürünlerini temsil eden parsellerden rastgele seçilen 10 bitkide Tarımsal Değerler Ölçme Denemelerine (TDÖ) ilişkin yönetmelik esaslarına göre bitki boyu (cm), yan dal sayısı (adet/bitki), tabla sayısı (adet/bitki), tabla çapı (cm), hasat indeksi [(tohum ağırlığı/bitki ağırlığı)×100], 1000 tane ağırlığı (4 x 100 tohumun ortalama ağırlığının 10 ile çarpımı sonucu g olarak kaydedilmiştir), tohum kabuk oranı (50 adet tohumda kabuk ağırlığının tohum ağırlığına oranı olup % olarak kaydedilmiştir), tohum verimi (her parselde kenar tesiri dışında kalan 4 sıranın tohum ağırlığı olup kg/da olarak kaydedilmiştir) ve yağ verimi (tohum verimi ve yağ oranından gidilerek kg/da olarak kaydedilmiştir) gibi agronomik özellikler ile yağ oranı (%) ve yağ asitleri (%) gibi kalite özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca tohum ve yağ verimi ile yağ oranı özellikleri için karışım etkisi oranları hesaplanmıştır (Okonya ve Maass, 2014).

Karışım etkisi (%) = [(Karışım verimi – Karışımı oluşturan saf hatların ortalama verimi) / Karışımı oluşturan saf hatların ortalama verimi] x 100

Tohum örneklerinin yağ içeriği 70 °C ayarlı etüvde 48 saat bekletildikten sonra Nükleer Manyetik Rezonans (NMR, Bruker mqone Minispec) cihazında okutulmuş olarak % olarak belirlenmiştir. Yağ asitleri kompozisyonu ise alev iyonlaşma detektöre (FID) sahip gaz kromatografisi (Shimadzu GC-2025) cihazında yapılmıştır. 2 g kurutulmuş öğütülmüş aspir tohumu n-hekzan ile soğuk ekstraksiyona tutulmuş ve solvent karışımı uçurulduktan sonra elde edilen ham yağ %0.5'lik sodyum metilat (NaOMe) ile metil esterlerine (FAME) dönüştürmüştür. FAME'den 1 µL çekilerek GC'nin enjektör bloğuna enjekte edilmiştir. Yağ asitlerine ilişkin kromatogramlar elde edilerek palmitik (C16:0), stearik (C18:0), oleik (C18:1) ve linoleik (C18:2) yağ asitlerinin % oranları tespit edilmiştir. GC cihazının

çalışma koşulları: Kolon Teknokroma TR-CN100 (100 m x 0.25 mm, 0.20 µm), enjektör sıcaklığı 250 °C, fırın sıcaklık programı 140 °C//3 °C/dk//240 °C//10 dk, detektör sıcaklığı 250 °C, akış hızı (psi) 10, taşıyıcı gaz N (40 mL/dk), Elde edilen kromatogramlardaki pikler ticari standart yağ asidi metil ester karışımına (Sigma, Supelco® 37 Component FAME Mix) göre isimlendirilmiştir.

Bu çalışmada incelenen özelliklere ilişkin veriler, tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak SAS istatistik programında analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklar LSD testine göre önemlilik gruplarına ayrılmıştır (Steel ve Torrie, 1980).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Morfolojik ve tarımsal özellikler

Aspir saf hat ve bunların ikili ve üçlü karışımlarına ilişkin bazı morfolojik ve tarımsal özellikler Tablo 3'te sunulmuştur. Hatlar ve karışımlar arasında bitki boyu, dal sayısı, tabla sayısı, hasat indeksi, 1000 tane ağırlığı, kabuk oranı, tohum verimi ve yağ verimi gibi özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (Tablo 3).

Aspir hat ve karışımlarının bitki boyu değerleri 47.6 cm (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) ve 57.4 cm (BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar yalın olarak ortalama 56.8 cm, karışım olarak ortalama 51.6 cm boylanmıştır (Tablo 3). Bir yıl önce ikili (1/2 + 1/2) veya üçlü (1/3 + 1/3 + 1/3) tohum karışımları yapılarak karışık olarak yetiştirilen saf hatların bir sonraki açıkta tozlaşma karışım ürünleri ışık, su ve besin maddeleri yönüyle birbirleriyle rekabete girdiklerinden bitki boylarının kısalması olabileceği öngörülmüştür.

Aspir bitkisi genetik olarak dallanan bir bitki olup dal sayısı kadar tabla meydana getirmektedir. Bu nedenle dal sayısı en önemli verim öğelerinden birisi olan tabla sayısı üzerinden tohum verimi üzerinde etkili olmaktadır (Dordas ve Sioulas, 2008). Hat ve karışımlara ait bitki başına ortalama dal sayısı 4.6 adet (BAY-ER 5) ve 6.2 adet (BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatların bitki başına dal sayısı ortalama 5.3 adet olarak ve karışımların bitki başına dal sayısı ortalama 5.5 adet olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu sonuçlara göre hatlar ve karışımları arasındaki ortalama dal sayısı bakımından belirgin bir farklılık olmadığı, bununla birlikte karışımlar arasında en yüksek dal sayısı 6 adet/bitki ile BAY-ER 2 + BAY-ER 5 karışımından elde edilmiş, ancak istatistiksel olarak karışımlara ait dal sayılarına ilişkin ortalama değerler aynı önemlilik grubunda yer almışlardır.

Bitki başına tabla sayısı, tabla başına tohum sayısı ve 1000 tane ağırlığı ile birlikte en önemli verim kriteridir (Ashri vd., 1974). Bitki başına tabla sayısı 10.6 adet (BAY-ER 5) ve

15.3 adet (BAY-ER 2 + BAY-ER 5 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar yalın olarak ortalama 11.7 adet ve karışımlar halinde ortalama 12.9 adet tabla meydana getirmiştir (Tablo 3). Hatlar ve karışımlar arasında bitki başına tabla sayısı bakımından istatistiksel olarak diğerlerinden ayrılan en üst grupta sadece üçlü karışım (BAY-ER 2 + BAY-ER 5 + BAY-ER 15) yer almıştır. Sonuç olarak üç saf hattın tohumları eşit oranlarda karıştırılıp üçlü ($1/3 + 1/3 + 1/3$) açıkta tozlaşma yapılarak yetiştirildiğinde, bir sonraki yılın üçlü karışım ürününde doğal heterosis etkisiyle ortalama tabla sayısı değerinin önemli artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Hat ve karışımlarda tabla çapı ortalamaları 21.7 mm (BAY-ER 15) ve 24.0 mm (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar ortalaması 22.7 mm ve karışımlar ortalaması 23.1 mm olarak ölçülmüştür. Karışımlar arasında BAY-ER 2 + BAY-ER 15 ikili karışım oranında en yüksek tabla çapı ortalaması elde edilmiş olmakla birlikte diğerleri ile olan farkları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 3).

Fotosentetik toplam asimilat üretiminin vegetatif ve generatif organlar arasındaki paylaşımını ifade eden hasat indeksi aspir gibi tohumları değerlendirilen kültür bitkileri için önemli bir ıslah amacıdır. Hasat indeksine ilişkin ortalama oranlar % 19.3 (BAY-ER 15) ile % 26.7 (BAY-ER 5) arasında değişim göstermiş, ancak hatlar ve karışımlara ilişkin ortalamalar arasında belirgin bir farklılık olmamıştır (sırasıyla % 23.2 ve % 22.9) (Tablo 3). Sonuç olarak üç saf hattın oluşan ikili ve üçlü karışımlarda hasat indeksi bakımından doğal heterosis etkisi önemli düzeyde ortaya çıkmamıştır. Nitekim Erbaş (2012) tarafından Dinçer 5-118 ve Montola 2000 melezinin F₁ döllerinde hasat indeksi için % 5.6 gibi düşük heterosis oranı elde edilmiştir.

Hatlar ve karışımlarının 1000 tane ağırlığı ortalaması 42.5 g (BAY-ER 5 + BAY-ER 15) ve 52.5 g (BAY-ER 2) arasında değişim göstermiş, hatlar ortalaması 46.9 g ve karışımlar ortalaması 44.4 g olarak bulunmuştur. Tohum karışımları

saf hatlara kıyasla daha düşük 1000 tane ağırlığı değerleri vermiş, karışımlar arasında en yüksek değer 46.2 g ile BAY-ER 2 + BAY-ER 5 karışımından elde edilmiştir (Tablo 3). Diğer verim özelliklerine göre 1000 tane ağırlığının kalıtım derecesi daha yüksek olup, genelde % 80'in üzerinde oranlar elde edilmektedir (Erbaş, 2012; Çamaş ve Esendal, 2006). Bu nedenle saf hatlar girdikleri karışımlarda kendi genetik değerlerini sürdürürken heterosis etkisi ortaya çıkmamıştır. Nitekim kontrollü melezlemeler ile elde edilen F₁ döllerinde 1000 tane ağırlığının % 12.7 ve % 20.9 arasında değişen oranlarda heterosis gösterdiği rapor edilmiştir (Shivani vd., 2010).

Aspir tohumunda kabuk oranı önemli bir kalite kriteridir. Çünkü kabuk oranı arttıkça iç oranı düştüğünden ham yağ oranı azalmaktadır (Baydar ve Erbaş, 2016). Bu nedenle aspir ıslahında önemli hedeflerden birisi de kabuk oranı düşük çeşitler geliştirmektir (Knowles, 1969). Aspir saf hatları ve karışımlarına ait kabuk oranına ilişkin ortalama değerler % 45.7 (BAY-ER 5 + BAY-ER 15) ve % 51.5 (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar ortalaması % 49.7 ve karışımlar ortalaması % 48.2 olarak bulunmuştur (Tablo 3). Hatlar arasında BAY-ER 15 en düşük (% 48.5), karışımlar arasında ise BAY-ER 5 + BAY-ER 15 en düşük en düşük (% 45.7) kabuk oranı vermiştir.

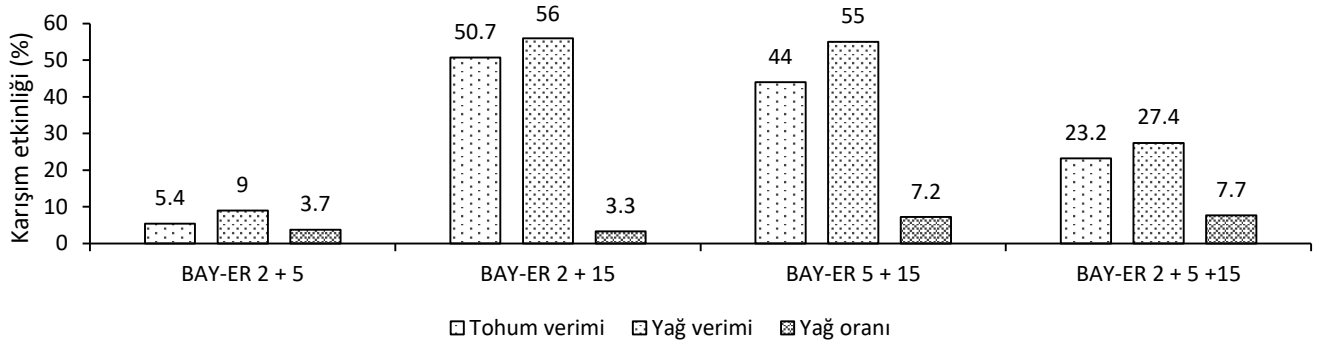
Tohum verimi, verimi etkileyen özelliklerin ana bileşeni olarak ortaya çıkan en önemli ıslah amacıdır. Tohum veriminin oluşumunda eklemeli, dominant ve epistatik etkili çok sayıda gen (poligenler) görev aldığından kantitatif bir özelliktir (Channeshappa, 1980). Bu nedenle tohum verimi hem genetik hem de çevre faktörleri tarafından etkilenmektedir. Aspir saf hatları ve bunların ikili ve üçlü karışımlarına ait ortalama tohum verimi değerleri 115.3 kg/da (BAY-ER 15) ve 191.8 kg/da (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiştir. En yüksek tohum verimi hatlar arasında BAY-ER 2 (139.2 kg/da) hattından ve karışımlar arasında BAY-ER 2 + BAY-ER 15 (191.8 kg/da) karışımından elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Aspir saf hatları ve bunların karışımlarına ilişkin bazı morfolojik ve tarımsal özellikler

Hatlar ve karışımlar	Bitki Boyu (cm)	Dal Sayısı (adet)	Tabla Sayısı (adet)	Tabla Çapı (mm)	Hasat İndeksi (%)	1000 Tane (g)	Kabuk Oranı (%)	Tohum Verimi (kg/da)	Yağ Verimi (kg/da)
BAY-ER 2	56.3 a	5.3 b	11.6 b	23.6 a	23.8 c	52.5 a	51.3 a	139.2 c	37.2 c
BAY-ER 5	56.8 a	4.6 c	10.6 b	21.7 a	26.7 a	45.2 b	49.5 ba	133.3 cd	36.0 dc
BAY-ER 15	57.4 a	6.2 a	13.0 ba	22.8 a	19.3 e	43.0 b	48.5 ba	115.3 d	32.0 d
BAY-ER 2 + 5	53.1 bc	6.0 a	12.9 ba	23.4 a	23.6 c	46.2 ba	50.1 a	143.6 cb	39.9 c
BAY-ER 2 + 15	47.6 d	5.7 ba	11.2 b	24.0 a	21.1 d	44.1 b	51.5 a	191.8 a	54.0 a
BAY-ER 5 + 15	55.2 ba	5.3 b	12.4 b	22.4 a	25.3 b	42.5 b	45.7 b	179.2 a	52.7 a
BAY-ER 2 + 5 + 15	50.6 c	5.2 bc	15.3 a	22.7 a	21.6 d	44.9 b	45.8 b	159.4 b	46.6 b
Hatlar ortalaması	56.8	5.3	11.7	22.7	23.2	46.9	49.7	129.2	35.0
Karışımlar ort.	51.6	5.5	12.9	23.1	22.9	44.4	48.2	168.5	48.3
F değeri	15.7**	6.51**	2.7*	1.0 ^{ns}	59.6**	2.4*	3.3*	18.5**	32.5**
V.K. (%)	2.9	6.5	13.3	5.9	2.5	8.3	4.6	7.1	6.1

** : P<0.01, * : P<0.05, Aynı harf/harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

V.K.: Varyasyon Katsayısı, öd: önemli değil.



Şekil 2. Saf hat ve karışımlarının tohum verimi, yağ verimi ve yağ oranı özelliklerine ilişkin karışım etkinlikleri

Saf hat ve karışımlarının tohum verimine ilişkin karışım etkinlik oranları Şekil 2'de verilmiştir. Tohum veriminde karışım etkinliği bakımından en yüksek değer % 50.7 ile BAY-ER 2 + BAY-ER 15 ikili karışımından elde edilmiştir. Karışımların yüksek verim performansı, bir yıl önce karışımları oluşturan saf hatlar arasında arılar ve rüzgar aracılığı ile meydana gelen tozlaşmaların neden olduğu doğal heterosis etkisinden kaynaklanmıştır. Sonuç olarak bu araştırma, aspir hatlarını saf olarak yetiştirmek yerine, bunların en fazla etkinlik göstereceği karışım oranlarında yetiştirilmesinin daha verimli ve ekonomik olacağını göstermiştir.

Aspir saf hatları ve bunların ikili ve üçlü karışımlarına ait ortalama yağ verimi değerleri 32.0 kg/da (BAY-ER 15) ve 54.0 kg/da (BAY-ER 2 + BAY-ER 15) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu özellik yönüyle hatlar ortalaması 35.0 kg/da ve karışımlar ortalaması 48.3 kg/da olarak bulunmuş (Tablo 3), en yüksek karışım etkinlik oranları BAY-ER 5 + BAY-ER 15 ve BAY-ER 2 + BAY-ER 15 ikili karışımlardan (sırasıyla % 56 ve % 55) elde edilmiştir (Şekil 2). Sonuç olarak ikili ve üçlü karışımlardan saf hatlara göre daha yüksek yağ verimi ve karışım etkinliği değerleri elde edilmiştir. Yağ verimi, tohum verimi ile yağ oranı üzerinden hesaplandığından aspride tohum verimi ve yağ verimi arasında önemli ve olumlu ilişki ($r = 0.96^{**}$) söz konusudur (Koç vd., 2010).

3.2. Yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonu

Yağ oranı, diğer yağ bitkilerinde olduğu gibi aspir için de en önemli kalite kriteridir ve tohum verimi ile birlikte en

önemli ıslah amacıdır (Baydar ve Erbaş, 2016). Ancak aspride ham yağ oranı ile tohum verimi arasında önemli ve olumsuz (Koç vd., 2010), yağ oranı ile yağ verimi arasında ise önemli ve olumlu (Beyyavaş vd., 2011) bir ilişki söz konusudur. Johnson vd. (1999), Türkiye orijinli genotiplerin de dahil olduğu toplam 137 introduksiyon materyalinde yağ oranının % 13-46 arasında, Arslan vd. (2019) ise Türkiye'de tescil edilmiş yerli aspir çeşitlerinde bu oranın % 24-41 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Aspir saf hatları ve bunların ikili ve üçlü karışımlarına ait ortalama yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonu Tablo 4'de verilmiştir.

Yağ oranına ilişkin ortalama değerler % 26.7 (BAY-ER 2) ve % 29.4 (BAY-ER 5 + BAY-ER 15) arasında değişim göstermiş, hatlar ortalaması % 27.1 ve karışımlar ortalaması % 28.6 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak bütün karışımlar kendisini oluşturan saf hatlardan daha yüksek oranlarda yağ içermiştir (Tablo 4). Karışımların kendini oluşturan saf hatlara göre performans gücünü ifade eden karışım etkinliği bakımından yağ oranı için en yüksek değer % 7.7 ile BAY-ER 2 + BAY-ER 5 + BAY-ER 15 üçlü karışımından elde edilmiştir (Şekil 2). Erbaş (2012) tarafından yapılan araştırmada, Dinçer 5-18-1 çeşidinin ortalama % 24.9 ve Montola 2000 çeşidinin ortalama % 33.1 yağ içerdiği koşullarda, her iki çeşidin F₁ generasyon döllerinin ortalama yağ oranı % 31.1 ve heterosis değeri % 7.2 olarak tespit edilmiştir. Aspride yağ oranının tohum verimine kıyasla daha düşük heterosis göstermesi nedeniyle araştırmamızda yağ oranı bakımından karışım etkinliği % 3.3-7.7 arasında düşük oranlarda ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. Aspir saf hatları ve bunların ikili ve üçlü karışımlarında yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonu

Hatlar ve karışımlar	Yağ oranı* %	Palmitik (%)		Stearik (%)	Oleik (%)	Linoleik (%)
		C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	
BAY-ER 2	26.7 b	6.3	2.7	13.6	72.2	
BAY-ER 5	27.0 b	5.8	2.0	13.8	78.2	
BAY-ER 15	27.8 ba	6.1	1.7	21.2	70.8	
BAY-ER 2 + 5	27.8 ba	5.8	2.2	16.6	75.2	
BAY-ER 2 + 15	28.1 ba	5.9	2.1	25.4	66.5	
BAY-ER 5 + 15	29.4 a	6.3	2.3	18.6	72.6	
BAY-ER 2 + 5 + 15	29.2 a	6.6	2.0	23.8	67.4	
Hatlar ortalaması	27.1	6.1	2.1	16.2	73.7	
Karışımlar ortalaması	28.6	6.3	2.1	22.6	68.8	

* Yağ oranı için F değeri = 2.6 (P<0.05), Aynı harf/harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

Yağ asitleri FAD1//FAD2 genlerinin kontrolünde elongaz ve desaturaz enzimleri ile Palmitik→Stearik→Oleik→Linoleik→Linolenik şeklinde bir yol izlenerek sentezlendiğinden oleik ve linoleik asit arasında negatif bir ilişki vardır (Baydar, 2016). Nitekim Johnson vd. (1999), aspir genotiplerinde yağ oranı ile linoleik asit oranı arasında, oleik asit oranı ile ve linoleik asit oranı arasında önemli ve olumsuz ilişkiler (sırasıyla, $r = -0.22^{**}$ ve $r = -0.98^{**}$) olduğunu rapor etmişlerdir. Yağ asitlerinin sentezinde sadece genler değil çevre de etki etmektedir. Sıcaklık artışları oleik asitten linoleik asidin sentezlenmesini katalize eden oleayl-ACP desaturaz enziminin aktivitesini yavaşlattığından tohum oluşma ve olgunlaşma dönemlerinde gündüz ve özellikle de gece sıcaklık artışlarının oleik asit sentezini, sıcaklık düşüşlerinin ise linoleik asit sentezini teşvik ettiği bildirilmiştir (Izquierdo vd., 2002; Bartholomew, 1971).

Araştırmada materyal olarak kullanılan saf hatların her üçü de yüksek linoleik asit tipinde (% 70-78) yağ üretmektedir. Genel olarak palmitik ve stearik asitler bakımından hatlar ve karışımlar arasında önemli bir fark olmamış, hatlar linoleik asit bakımından karışımlar ise oleik asit bakımından biraz daha yüksek oranlar vermiştir. Hatlar arasında en yüksek linoleik asit oranına (% 78.2) sahip olan BAYER 5'in girdiği karışımlarda linoleik asit oranı artarken, en yüksek oleik asit oranına (% 21.2) sahip olan BAYER 15'in girdiği karışımlarda oleik asit artış göstermiştir (Tablo 4). Liu vd. (2016) 12 farklı ülkeden 21 farklı aspir çeşidi ile yapmış oldukları adaptasyon denemesinde yağ içeriğinin % 9.1-25.1, palmitik asit oranı % 4.0-7.9, stearik asit % 1.5-2.8, oleik asit % 7.9-33.0 ve linoleik asit % 62.7-83.7 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Hatlar ve karışımlara ilişkin yağ asitleri oranları yukarıdaki literatürde açıklanan sınırlar içerisinde yer almıştır. Karışım yapmak için seçilen çeşitlerin veya hatların tamamının linoleik asit veya tamamının oleik asit tipte olmasına özen gösterilmelidir. Çünkü oleik asidin kalıtımında resesif alleller görev aldığından oleik asitçe zengin genotipler (olol) eğer linoleik asitçe zengin genotipler (OIOL) ile tozlaşırlar ise oleik asit oranı ilerleyen generasyonlara doğru hızla azalmaya başlar (Baydar, 2016). Eğer karışımı oluşturan genotipler oleik asitçe zengin ise bunların linoleik asitçe zengin olan genotipler ile tozlaşmaması için izolasyon mesafesine mutlaka dikkat edilmelidir.

4. Sonuç

Sonuç olarak hatlar ve karışımlar arasında bitki boyu, dal sayısı, tabla sayısı, 1000 tane ağırlığı, kabuk oranı, yağ oranı, tohum ve yağ verimi gibi özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. İkili ve üçlü tohum karışımları saf hatlara göre daha yüksek verim performansı göstermiş, BAYER 2 + BAYER 15 ikili karışımından % 50.7 ve BAYER 5 + BAYER 15 ikili karışımından % 44.0 olarak yüksek karışım etkinliği elde

edilmiştir. Bütün karışımlar kendisini oluşturan saf hatlardan daha yüksek yağ oranı vermiş, karışımların kendini oluşturan hatlara göre performans gücünü ifade eden karışım etkinliği bakımından en yüksek değer % 7.7 ile BAYER 2 + BAYER 5 + BAYER 15 üçlü karışımından elde edilmiştir. Genel olarak palmitik ve stearik asitler bakımından hatlar ve karışımlar arasında önemli bir fark bulunmazken, hatlar linoleik asit bakımından ve karışımlar ise oleik asit bakımından bir miktar daha yüksek oranlar vermiştir.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, aspir bitkisinde belirli sayıda saf hat ile ikili ve üçlü kombinasyonlar halinde tohum karışımları yapılarak daha yüksek tarımsal performans elde edilebileceğini, karışımı oluşturan saf hatların açıkta tozlaştırılmasıyla bir sonraki üründe heterosis etkisi yaratarak tohum ve yağ verimi ile yağ oranında artış sağlanabileceğini göstermiştir. Ancak daha yüksek performans elde edilebilmesi için ön testler yapılarak uyum yetenekleri yüksek olan, aynı zamanda tohum özellikleri yönüyle fiziksel ve kimyasal heterojenliğe neden olamayacak hatlar belirlenip bunlardan hangileri ile hangi oranlarda tohum karışımının yapılması gerektiği konusunda detaylı araştırmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca hat karışımları ile bunları oluşturan saf hatların farklı iklim ve toprak koşulları ile farklı yetiştiricilik uygulamaları (örneğin ekim zamanı, ekim sıklığı, gübreleme ve sulama vd.) altında uzun yıllar karşılaştırmalı denemelerin yapılması gerekmektedir.

Bilgilendirme

Bu araştırma makalesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Ümmü BOZDAĞ tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

Arslan, B., Çakir, H., & Culpan, E. (2019). Yeni geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin bazı özellikleri bakımından karşılaştırılması. 2. Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi, 113-120, Samsun.

- Ashri, A., Zimmer, E., Urie, L., & Ghaner, A., (1974). Evaluation of the world collection of safflower for yield components and their relationship. *Crop Science*, 14, 799-802.
- Bartholomew, S. B. (1971). Temperature effects on the fatty acid composition of developing in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). MS Thesis, University of California, United States of America.
- Baydar, H., & Erbaş, S. (2016). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'de verim, yağ ve oleik asit içeriği yüksek hat geliştirme ıslahı. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı-2), 155-161.
- 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.
- Baydar, H. (2016). Yağ bitkilerinde oleik asitçe zengin çeşitlerin ıslahında yaşanan gelişmeler. *TÜRKTOB Dergisi*, 20, 34-39.
- Beyyavaş, V., Haliloglu, H., Çopur, O., & Yılmaz, A. (2011). Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, lines and populations under the semi-arid conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(4), 527-534.
- Biabani, A., Hashemi, M., & Herbert, S. J. (2008). Agronomic performance of two intercropped soybean cultivars. *Journal of Plant Production*, 2(3), 215-222.
- Boch, R. (1961) Honey bee activity on safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 41, 559-562.
- Bowden, R., Shoyer, J., Roozeboom, K., Claasen, M., & Evans, P. (2001). Performance of wheat variety blends in Kansas. *Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service*, 128, 1-6.
- Castro, A. (2001). Cultivar mixtures. The Plant Health Instructor. Erişim adresi: <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/cultivarmixes/Pages/default.aspx>
- Channeshappa, M. G. (1980). Genetics of seed yield, oil content and other quantitative character in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 14(3), 463.
- Çamaş, N., & Esendal, E. (2006). Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Hereditas*, 143, 55-57.
- 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.
- Erbaş, S., & Baydar, H. (2007). Aspirde (*Carthamus tinctorius* L.) sentetik erkek kısırlık tekniği ile elde edilmiş melez populasyonlardan hat geliştirme olanakları. 7. *Tarla Bitkileri Kongresi*, 370-374, Erzurum.
- Erbaş, S. (2012). Melezleme ıslahı ile tohum verimi, yağ ve oleik asit içeriği yüksek aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının geliştirilmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- FAO, (2021). Food and agriculture organization. food and agriculture data. Erişim adresi: <http://fenix.fao.org/faostat>
- Hill, A. Bç (1989). Hybrid safflower breeding. *Second International Safflower Conference*, 163-167, Hyderabad, India.
- Izquierdo, N., Aguirrezábal, L., Andrade, F., & Pereyra, V. (2002). Night temperature affects fatty acid composition in sunflower oil depending on the hybrid and the phenological stage. *Field Crops Research*, 77(2-3): 15-126.
- Johnson, R. C., Bergmann, J. W., & Flynn, C. R. (1999). Oil and meal characteristics of core and non-core safflower accessions from USDA collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46, 611-618.
- Jokinen, K. (1991). Yield and competition in barley variety mixtures. *Agricultural and Food Science*, 63(4), 287-305.
- Knowles, P. F. (1969). Modification of quantity and quality of safflower oil through plant breeding. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 46(3), 130-132.
- Knowles, P. F. (1982). *Safflower genetics and breeding. in: improvement of oilseed and industrial crops by induced mutations*. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Koç, H., Keleş, R., Ülker, R., Gümüşçü, G., & Ercan, B., (2010). Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının verim, verim öğeleri ve kalite özellikleri ile bu özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2, 1-7.
- Liu, L., Guan, L., & Wang, L. (2016). A review of fatty acids and genetic characterization of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil. *World Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2(2), 48-52. <https://10.15806/j.issn.2311-8571.2016.0006>.
- Meena, H. P., Dudhe, M. Y., Mukta, N., & Lavanya, C. (2012). Heterosis breeding in safflower present status and future prospects under Indian scenario. *Journal of Oilseeds Research*, 29, 164-167.
- Mundt, C. C. (2002). Use of tillable cultivars and cultivar mixtures disease management. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 381-410.
- Ngugi, H. K., King, S. B., Holt, J., & Julian, M. (2001). Simultaneous temporal progress of sorghum anthracnose and leaf blight in crop mixtures with disparate patterns. *Phytopathology*, 91, 720-729.
- Okonya, J. S., & Maass, B. L. (2014). Potential of cowpea variety mixtures to increase yield stability in subsistence agriculture: Preliminary results. *International Journal of Agronomy*, 515629, <https://doi.org/10.1155/2014/515629>
- Rubis, D. D. (1966). Effects of honey bee activity and cages on attributes of thin-hull and normal safflower lines. *Crop Science*, 6, 11-14.
- Shivani, D., Sreelakshmi, C. H., & Sameer Kumar, C. V. (2010). Heterosis and inbreeding depression for yield and yield

components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1(6), 1492-1494.

- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach* (2nd. ed.) McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, Japon.
- Tooker, J., & Frank, S. (2012). Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. *Journal of Applied Ecology*, 49(5), 974-985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x>.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim adresi: <http://www.tuik.gov.tr>
- Velasco, L., Fisvher, M., & Fernandez-Martinez, J. M. (2012). Estimation of cross-fertilization rate in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(1), 155-159.
- Wang, Y., Zhang, Y., Ji, W., Yu, P., Wang, B., Li, J., Han, M., Xu, X., & Wang, Z. (2016). Cultivar mixture cropping increased water use efficiency in winter wheat under limited irrigation conditions. *PLoS One*, 11(6), e0158439. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158439>
- Weiss, E. A. (2000). *Safflower: Oilseed Crops*. Blackwell Science, Victoria, Australia.