

Farklı Dozlarda Çinko Uygulamasının Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Genotiplerinde Verim ve Yağ Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Mahir DANIŞ¹, Ferhat ÖZTÜRK^{1*}

¹ Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak

*Sorumlu yazar (Corresponding author): ferhatozturk21@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 25.05.2025

Kabul Tarihi (Accepted): 30.06.2025

Özet

Bu çalışma, farklı çinko dozlarının aspir (*Carthamus tinctorius* L.) genotiplerinde verim unsurları ve yağ kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Denemede tohum materyali olarak Dinçer ve Remzibey çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada çinko içerikli sıvı gübre beş farklı dozda (0, 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm ve 2000 ppm) yaprak uygulaması şeklinde uygulanmıştır. Araştırma, 2020-2021 üretim sezonunda Dicle Üniversitesi deneme tarlalarında, tesadüf blokları düzenine göre bölünmüş parseller deneme deseninde ve üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen bulgular, genotipler ile çinko dozlarının etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve bu etkilerin genotipe bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Özellikle Remzibey çeşidi, 2000 ppm çinko uygulamasıyla bitki boyu, dal ve tabla sayısı, tohum verimi, protein içeriği ve klorofil miktarı bakımından üstün performans sergilemiştir. Yağ asitleri kompozisyonu üzerinde de çinko dozlarının ve genotiplerin etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek oleik ve araşidik asit oranları Remzibey çeşidinde ve 2000 ppm doz uygulamasında gözlenirken, stearik asit oranı 1000 ppm dozunda en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Buna karşın, palmitik, linoleik ve linolenik asit oranları bakımından Dinçer çeşidi öne çıkmıştır. Sonuç olarak, çinko uygulamalarının aspir bitkisinde hem verim hem de kalite parametrelerini olumlu yönde etkilediği ve bu nedenle çinkonun aspir üretiminde kullanılabilecek önemli bir besin elementi olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aspir, çinko, tane verimi, yağ asitleri

Determination of the Effects of Zinc Application at Different Doses on Yield and Oil Quality in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Genotypes

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of different zinc doses on yield components and oil quality in certain safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. Dinçer and Remzibey varieties were used as seed material in the experiment. In the study, zinc-containing liquid fertilizer was applied in five different doses (0, 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, and 2000 ppm) as a foliar application. The field trials were carried out during the 2020–2021 growing season at the experimental fields of Dicle University, using a randomized complete block design with split plots and three replications. The findings revealed that both zinc doses and genotypes had statistically significant effects, with responses varying depending on genotype. The Remzibey cultivar, in particular, exhibited superior performance under the 2000 ppm zinc treatment in terms of plant height, number of branches and capitula, seed yield, protein content, and chlorophyll concentration. Zinc applications also significantly influenced the fatty acid composition of the oil. The highest levels of oleic and arachidic acids were observed in the Remzibey cultivar under the 2000 ppm zinc treatment, whereas the highest stearic acid content was recorded at the 1000 ppm dose. Conversely, Dinçer demonstrated higher proportions of palmitic, linoleic, and linolenic acids. In conclusion, zinc fertilization positively influenced both yield and quality traits in safflower, indicating that zinc could be recommended as a beneficial micronutrient in safflower cultivation.

Keywords: Safflower, zinc, seed yield, fatty acids

1. Giriş

Aspir tohumlarının yaklaşık %35-45'lik kısmı kabuk yapısından oluşmaktadır. Tohumun yağ içeriği ise kabuk oranı ve boyutuna bağlı olarak %20-47 arasında farklılık göstermektedir (Cosge ve ark., 2007; Kutsenkova ve ark., 2020; Andırman ve Karaaslan, 2021; Arslan ve Güler, 2022). Normal kabuk tipine sahip aspir tohumları, ortalama olarak %27-32 yağ, %5-8 nem, %14-17 protein, %2-7 kül ve %32-40 oranında ham lif içeriğine sahiptir (Gecgel ve ark., 2007; Kutsenkova ve ark., 2020). Dünya da aspir bitkisinin 2015-2023 yılları arasında toplamda ekim alanı, verim ve üretimi ele alındığında ekim alanları ve üretimi giderek ciddi oranda düşmekte fakat birim alandan verimin arttığı gözlenmektedir. 2015 yılında ekilen alan 1.053.749 ha, üretim miktarı 825.332 ton, verimi 78 kg da⁻¹ elde edilirken 2023 yılı ekim alanı 910.848 ha, üretim miktarı 723.874 ton, verimi 79.47 kg da⁻¹ olarak, ülkemizde ise 2023 yılı ekim alanı 32.130 ha, üretim miktarı 39.000 ton, verimi 121.38 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir (Faostat, 2023). Çinko, dünya genelinde bitkisel üretimde en sınırlayıcı ve en az kullanılan mikro elementlerden biri olarak kabul edilmektedir (Mandal Hazra ve Mandal, 2000); bitkilerde birçok biyokimyasal reaksiyonda hayati rol oynamaktadır (Alloway, 2008). Tarımsal üretimde mikro besin elementleri, özellikle çinko (Zn), verimlilik, ürün kalitesi, protein sentezi açısından kritik rol oynamaktadır. Ancak, çinko eksikliği dünya genelinde yaygın bir sorun olup özellikle tarım topraklarının kimyasal ve fiziksel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Dünya nüfusunun büyük bir kısmı, çinko noksanlığının bitkisel ürünlerde sınırlayıcı olduğu bölgelerde tarım yapmaktadır (Saha ve ark., 2015). Türkiye özelinde bakıldığında, toprakların önemli bir kısmı çinko açısından sınırlı düzeydedir. Türkiye topraklarında çinko konsantrasyonu 10-300 ppm arasında değişmesine rağmen, toprakların %81.2'sinde pH değerinin 7.0'ın üzerinde ve %57.6'sında kireç oranının %5'in üzerinde olması, çinkonun bitkiler tarafından alınabilirliğini büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu özellikler, çinko yetersizliğinin ülkemizde

geniş tarım alanlarında yaygın olarak gözlenmesine yol açmaktadır (Ülgen ve Yurtsever, 1984). Çinko noksanlığı, bitkilerde çeşitli morfolojik ve fizyolojik bozukluklara neden olmaktadır. Zar proteinlerinde hasar, fotosentetik kapasitenin azalması ve bazı enzimlerin aktivitelerindeki bozulmalar, çinko eksikliğinin öne çıkan etkilerindendir (Saha ve ark., 2015). Bu nedenle, çinkonun yaprakтан uygulanması, bitkinin gelişme döneminde doğrudan etki yaratarak morfolojik özelliklerin ve fizyolojik fonksiyonların iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Nitekim çeşitli çalışmalarda çinko uygulamalarının, bitkisel üretimde sınırlayıcı mikro besin elementlerinden biri olmasına rağmen, birçok biyokimyasal süreç üzerinde belirleyici etkiler gösterdiği ortaya konmuştur. Çinko uygulaması, bitkinin temel fizyolojik süreçleri üzerinde önemli etkiler göstermekte; özellikle metabolizma ve azot alımını iyileştirmekte, protein kalitesini artırmakta, fotosentezi desteklemekte ve hem biyotik hem de abiyotik streslere karşı direnci güçlendirmektedir. Özellikle yağ asidi kompozisyonunun iyileştirilmesi bakımından çinko uygulamaları dikkate değerdir. Yapılan çalışmalar, nano Zn+Fe'nin çeşitli bitkilerde biyokütle üretimini ve ekonomik verimi artırabildiğini ortaya koymuştur (Sharif ve Seyed Sharifi, 2017; Zulfiqar ve ark., 2019; Yasmin ve ark., 2021; Abdelaziz ve ark., 2021, 2022). Literatürde asperde mikro besin elementlerinin yağ verimi ve kompozisyonuna etkisi sistematik biçimde incelenmemiştir. Bu eksiklik, sürdürülebilir üretim stratejileri geliştirmek açısından önemli bir araştırma boşluğu oluşturmaktadır.

Bu çalışma, iki aspir genotipinde (Dinçer ve Remzibey) farklı dozlarda yaprakтан çinko uygulamasının morfolojik özellikler, verim unsurları, yağ oranı ve yağ asidi profili üzerindeki etkilerini ortaya koymayı ve aspir üretiminde çinkonun rolüne dair yeni bulgular sunulurken, sürdürülebilir gübreleme stratejilerine ve besin güvenliğine katkı sağlanması amaçlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Dicle Üniversitesi (DÜ) Ziraat Fakültesinde mevcut deneme arazisinde 2020-

2021 üretim döneminde yürütülmüştür. Araştırmanın uygulandığı yer olan Diyarbakır ili ile ilgili meteorolojik bilgiler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Diyarbakır ili 2020 ile 2021 yılları ile uzun yıllara ait iklim değerleri

Table 1. Climate values of Diyarbakır province for 2020 and 2021 and long-term years

Aylar	Ortalama sıcaklık (C°)		Toplam yağış (mm)		Nem (%)	
	2020	uzun yıllar	2020	uzun yıllar	2020	uzun yıllar
Kasım	10.7	9.2	54.0	55.6	67.6	65
Aralık	4.7	3.8	11.6	72.9	75.2	76
	2021	uzun Yıllar	2021	uzun yıllar	2021	uzun yıllar
Ocak	4.1	1.9	10.8	63.4	72.3	75
Şubat	7.0	3.8	11.8	67.1	75.1	70.5
Mart	8.4	8.4	41.6	70.1	61.6	66
Nisan	15.9	13.6	5.6	63.8	53	62
Mayıs	23.8	18.9	2.8	45.1	34.4	54
Haziran	27.9	26.1	0.0	10.1	30.0	36

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan iklim verileri incelendiğinde, 2020–2021 üretim yılı boyunca yağış miktarının uzun yıllar ortalamasının oldukça altında gerçekleştiği gözlenmiştir. Özellikle 2020 yılı Kasım ve Aralık aylarında sırasıyla 54.0 mm ve 11.6 mm yağış kaydedilirken; 2021 yılı Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında yağış miktarları sırasıyla 10.8 mm, 11.8 mm, 41.6 mm ve 5.6 mm olarak ölçülmüştür. Bu değerler, bölgede kurak bir sezon yaşandığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, 2021 yılına ait

ortalama sıcaklıkların, uzun yıllar ortalamalarının belirgin şekilde üzerinde seyrettiği tespit edilmiştir (Tablo 1).

2.1. Toprak özellikleri

Toprak analiz sonuçlarına göre, çalışma alanındaki toprakların %63.20 kil içeriği ile killi-tınlı bir yapıya sahip olduğu, pH değerinin 8.15 ile hafif alkali özellik gösterdiği, azot (N) oranının %0.04 olduğu, çinko (Zn) oranının %0.29 ve organik madde miktarının yetersiz olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Deneme alanı toprak analizi sonucu

Table 2. Results of soil analysis of the research area

Analiz adı	Sonuçlar	
Saturasyon (%)	63.20	Killi Tınlı
Tuzluluk (Saturasyon Çamuru) (dS m ⁻¹)	1.03	Tuzsuz
% Tuz (Hesaplama ile) TS 8334	0.042	Tuzsuz
pH (Saturasyon Çamuru)	8.15	Hafif Alkali
Kireç (Kalsimetrik) (%)	10.59	Orta
Organik madde (Walkey Black) (%)	0.77-0.83	Düşük
Azot (Hesaplama ile) (%)	0.04	Düşük
Fosfor (Olsen Spektrometrik) (ppm)	6.00	Düşük
Potasyum (A. Asetat-ICP) (ppm)	493.26	Çok Yüksek
Kalsiyum (A. Asetat-ICP) (ppm)	10693.12	Çok Yüksek
Magnezyum (A. Asetat-ICP) (ppm)	616.32	Orta
Sodyum (A. Asetat-ICP) (ppm)	14.37	Düşük
Demir (DTPA-ICP) (ppm)	8.86	Çok Yüksek
Bakır (DTPA-ICP) (ppm)	1.72	Orta
Mangan (DTPA-ICP) (ppm)	23.10	Orta
Çinko (DTPA-ICP) (ppm)	0.29	Düşük

2.2. Tarla şartlarında deneme düzeni, gübreleme, sulama ve hasat işlemi

Araştırmada, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil edilen Remzibey ve Dinçer aspir çeşitleri kullanılmıştır. Remzibey aspir çeşidi sarı çiçeklere ve beyaz renkli tohumlara sahiptir. Bu genotip, dikenli morfolojik özellik göstermektedir. Bitki boyu genellikle 60–80 cm arasında değişmektedir. Kuru koşullarda ortalama verimi 100–200 kg da⁻¹, sulama koşullarında ise 200–320 kg da⁻¹ arasında kaydedilmiştir. Yağ içeriği %32–35, bin tane ağırlığı 46–50 g, protein oranı %14 ve kabuk oranı %40 seviyesindedir. Dinçer çeşidi ise orta derecede dikenlidir. Çiçekleri turuncu, tohumları beyaz renklidir. Bitki boyu 90–110 cm arasında değişmektedir. Kuru koşullarda ortalama verimi 150–250 kg da⁻¹, sulama koşullarında ise 350–400 kg da⁻¹ verim potansiyeline sahiptir. Bin tane ağırlığı 45–49 g, yağ oranı %28–32, protein oranı %14 ve kabuk oranı %46'dır (Anonim, 2025). İki genotipin farklı agro-morfolojik özellikler sergilemesi, çinko uygulamalarına verdikleri tepkilerin karşılaştırılması için anlamlı bir araştırma zemini sağlamıştır. Araştırma, tesadüf blokları düzenine dayalı bölünmüş parseller deneme desenine göre (Ana parsel: Genotip, alt parsel: Çinko uygulamaları) üç tekerrürlü olarak planlanmıştır. Deneme alanı, iki genotip, beş farklı çinko dozu ve üç tekerrürden oluşacak şekilde toplam 30 parsel ayrılmıştır (2 çeşit × 5 çinko dozu × 3 tekerrür). Ekimle birlikte tüm parsellerde eşit olacak şekilde dekara 5 kg saf azot içeren üre gübresi (%46 N) uygulanmıştır. Çiçeklenme döneminde ise çinko içeren sıvı yaprak gübresi pompa ile 0, 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm ve 2000 ppm dozlarında uygulanmıştır. Yaprak gübrecesi, bitkilerin 6-8 yapraklı olduğu fenolojik dönemde, sabah saatlerinde elle sırt pülverizatörü kullanılarak gerçekleştirilmiş ve her doz için toplam iki uygulama yapılmıştır. Uygulamalar sırasında yüzey gerilimini azaltıcı yapışkan madde (noniyonik yüzey aktif madde) kullanılmıştır. Bu yöntem, çinkonun yaprak yüzeyinden daha etkin emilimini sağlamış ve çinko iyonlarının hücre metabolizmasındaki rolünü aktif hale

getirmiştir (Marschner, 1995). Sapa kalkma ve tabla dönemlerinde toplam 4 kez yağmurlama sulama yöntemi ile sulama yapılmıştır. Bitki yapraklarında deformasyonun başladığı ve brakte yapraklarında sararmaların görüldüğü dönemde hasat yapılmıştır. 10–11 Temmuz 2021 tarihlerinde gerçekleştirilen hasat işleminde, her parselin kenar etkisini azaltmak amacıyla yanlardan birer sıra ile üst ve alt kısımlardan 50'şer cm'lik şeritler bırakılmış ve yalnızca ortada kalan bölge elle hasat edilmiştir. Bitkilerin tablaları el ile toplandıktan sonra Materyal gölgede kurutulmuş, ardından bitkiler el ile harmanlanarak tohumlar ayrılmıştır.

2.3. Laboratuvar analizleri

Araştırmada bitki boyu, dal sayısı, tabla sayısı, tabla çapı, tabladaki tane sayısı, 1000 tane ağırlığı, tane verimi, yaprakta klorofil miktarı (SPAD-502 klorofil metre ve CM-1000 IR Klorofil ölçer cihazı kullanılarak), yağ oranı ve protein oranı (UV-VIS-NIR Spektrofotometre cihazı), yağ asitleri kompozisyonu (GC-MS cihazı) incelenmiştir. Bu yağ, protein ve yağ asitleri bileşenleri analizleri, Şırnak Üniversitesi Merkezi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

2.4. İstatistiksel analizler

Verilerin istatistiksel analizi, JUMP 10 paket programı aracılığıyla yapılmıştır. Varyans analizine (ANOVA) tabi tutulan verilerde, faktörler arasındaki farkların önem derecesi %1 ve %5 seviyelerinde değerlendirilmiş; anlamlı fark bulunan özelliklerde ise LSD (Least Significant Difference) çoklu karşılaştırma testi ile grup ayrımları yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Agronomik bulgular

3.1.1. Bitki boyu (cm)

Araştırma sonucunda kullanılan farklı miktarlardaki çinko dozunun bitki boyu ortalamaları üzerinde İstatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış gözlenmiştir. Bitki boyu 90.49 cm ile 125.87 cm aralığında değişim göstermiştir. En uzun bitki boyu Remzibey

çeşidinde 2000 ppm uygulamasıyla 125.87 cm olarak belirlenmiştir. Buna karşın en kısa bitki boyu ise kontrol grubundan Remzibey

çeşidinde (90.49 cm) ve Dinçer çeşidinde 98.04 cm olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Agronomik özellikler I

Table 3. Agronomic characteristics I

Çinko Dozu (ppm)	Bitki boyu (cm)		Dal sayısı (adet bitki ⁻¹)		Tabla sayısı (adet bitki ⁻¹)	
	Remzibey	Dinçer	Remzibey	Dinçer	Remzibey	Dinçer
0	90.49 d	98.04 d	11.43 ab	8.51 ef	9.38 cd	6.77 e
250	116.83 bc	122.04 abc	10.74 bc	9.73 cde	12.10 ab	6.91 e
500	124.37 ab	118.78 abc	11.81 ab	10.09 cd	12.93 a	10.46 bc
1000	121.29 abc	114.66 c	9.40 de	8.95 de	12.79 a	8.13 de
2000	125.87 a	121.41 abc	12.33 a	7.46 f	12.83 a	8.24 de
LSD	8.58		1.28		1.87	

Tablo 4. Agronomik özellikler II

Table 4. Agronomic characteristics II

Çinko Dozu (ppm)	Tabla çapı (cm)		Tabla tane sayısı (adet bitki ⁻¹)	
	Remzibey	Dinçer	Remzibey	Dinçer
0	5.06 a	4.07 b	30.52 b	24.80 d
250	5.13 a	4.04 b	27.70 c	28.82 bc
500	5.10 a	4.22 b	28.78 bc	27.99 bc
1000	5.13 a	4.06 b	33.57 a	34.21 a
2000	5.13 a	4.38 b	28.59 bc	28.04 bc
LSD	0.52		2.71	

Bitkisel gelişim ölçütleri arasında bitki boyu, yaprak sayısı ve kök sistemi özellikleri bulunmaktadır. Bu parametreler bitkilerin genel sağlığını ve büyüme hızını yorumlamada temel göstergelerdir. Bu bağlamda her bir aspir genotipi çevresel koşullara ve uygulamalara farklı tepkiler gösterebilir. Ayrıca çeşit seçimi, bitkisel üretimde verim ve kalite üzerindeki etkileri dolayısıyla kritik bir aşamadır. Özellikle aspir (*Carthamus tinctorius* L.) gibi yağ bitkilerinde, genotip farklılıkları verim, verim parametreleri ve kalitesi bakımından elde edilen yağın kimyasal özellikleri açısından belirgin etkiler yaratabilir. Her bir çeşidin çevresel koşullara, besin maddesi alımına ve stres toleransına tepkisi yetiştirme koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla seçilecek genotipin bu belirtilen faktörlere uyum sağlaması büyük önem taşımaktadır. Çinko gübrelmesi kök sisteminin sağlıklı gelişimini destekleyerek bitkinin genel büyüme performansını artırmaktadır. Çinko eksikliği, köklerin büyümesini yavaşlatır, kök boyutunu küçültür ve dolayısıyla besin alımını zorlaştırır. Bu

durum besin yetersizliği ve zayıf bitki gelişimi gibi istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Asperde bitki boyu üzerine yapılan önceki araştırmalarda bitki boyu 68.30-146.00 cm aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Tunçtürk, 2003; Şakir ve Başalma, 2005; Yau, 2006; Balcı ve ark., 2007; Nabloussi ve ark., 2008; Beyyavaş, 2010; Okçu, 2010). Faizan ve ark. (2021), domates fidelerine yaprakdan Zn NP uygulamasının bitki boyunu, net fotosentezi ve enzimatik antioksidan aktivitesini artırdığını ayrıca meyve verimini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Çinko uygulaması ilk yılda bitki boyu, bitki başına tohum ağırlığı ve 1000 tohum ağırlığı üzerinde anlamlı etkiler göstermiştir; ikinci yılda ise aspir genotiplerinde bitki boyu, bitki başına tohum ağırlığı, bitki başına biyolojik verim, 1000 tohum ağırlığı ve hasat indeksi gibi özellikler anlamlı şekilde etkilenmiştir. Çinko uygulamasının aspir genotiplerinde ikinci yılda bitki başına biyolojik verim ve hasat indeksi üzerinde anlamlı etkisi bulunurken, bu etkiler ilk yılda gözlemlenmemiştir. Zn uygulanan bitkilerin ortalama boyu uygulama

yapılmayanlara kıyasla ilk yılda %11. ikinci yılda ise %4 daha yüksek bulunmuştur (Aytac ve ark., 2016). Hiwale ve ark. (2022), Azot uygulaması, bitkide vegetatif büyümeyi teşvik ederek yaprak alanı indeksinde artışa yol açmıştır. Bu durum, fotosentetik yüzey alanının genişlemesiyle birlikte karbon asimilasyonunun artmasına ve sonuç olarak bitki boyunun uzamasına katkı sağlamıştır. Azot uygulamalarının bitki boyu üzerinde önemli etkiler yaptığı; sonuçlar arasındaki benzerlik ve farklılıkların ise genotip, iklim ve kültürel faktörlerden kaynaklanabileceği belirlenmiştir. Çinko, bitki gelişimi ve hücre uzaması için gerekli enzimatik aktiviteleri destekleyerek boy gelişimini olumlu yönde etkilemiştir. Yüksek bitki boyu değeri elde edilmesinde çeşit ve azotun önemli etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

3.1.2. Dal sayısı (adet bitki⁻¹)

Farklı çinko uygulamalarının bitkide dal sayısı ortalamaları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Dal sayısı 7.46–12.33 adet bitki⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek değer Remzibey çeşidinde 2000 ppm uygulamasında 12.33 adet olarak kaydedilmiştir. En düşük değer ise Dinçer çeşidinde 2000 ppm uygulamasında 7.46 adet olarak belirlenmiştir. Yan dal sayısı bakımından Remzibey çeşidinde 2000 ppm uygulaması diğer dozlara ve kontrol parsellerine kıyasla daha yüksek değerler ortaya koymuştur (Tablo 3). Ghiyasi ve ark. (2023), yapraktan uygulanan ZnO'nun en yüksek faydalı etkisi, bitki başına dal sayısında %13.2 oranında artışla gözlemlenmiş olup, bu artış kontrol grubuyla karşılaştırıldığında anlamlı bir gelişim göstermiştir. Aspir, doğal olarak güçlü dallanma özelliği gösteren bir bitkidir. Dal sayısı; ekim sıklığı, ekim zamanı, ekolojik koşullar, toprak nemi ve sulama uygulamalarından etkilenmektedir. Bu faktörlerin dallanma ve sürgün oluşumunu artırdığı daha önce bildirilmiştir (Dajue ve Mündel, 1996). Çalışmamızda elde edilen bulgular farklı mikro element uygulamalarıyla yapılan aspir araştırmalarıyla da uyum göstermektedir. Çinko, karbondioksit asimilasyonu ve şeker metabolizmasında kritik

rol oynayan enzimlerin kofaktörü olarak görev yapar. Bu özellik bitkinin enerji üretimini artırarak yan dal oluşumunu teşvik etmektedir (Broadley ve ark., 2007). Alamgeer ve ark. (2024), bitkilerin ortalama olarak bitki başına 5 ila 8 dal oluşturduğunu ortaya koymuştur; bu sonuçlar, literatürde daha önce bildirilen verilerle uyumluluk göstermektedir (Elfadl ve ark., 2009; Emami ve ark., 2011; Santos ve Almedia, 2015). Söz konusu gözlemler, Malek ve Ferri (2014) tarafından da doğrulanmıştır. Besin seviyelerindeki artışın, bitki başına düşen dal sayısında anlamlı bir yükselişe neden olduğu belirlenmiştir. Bu artışın temelinde, potasyumun hücresel turgor basıncının korunması, klorofil sentezinin teşvik edilmesi ve erken vegetatif büyüme evrelerinde foto-asimilat üretiminin artırılması gibi fizyolojik süreçlerdeki olumlu etkileri yatmaktadır. Ayrıca, çinko ve makro besin elementlerinin sürekli ve dengeli biçimde sağlanması, aspir bitkisinde kaynak-yutak ilişkisini optimize ederek dal oluşumunu desteklemiştir (Kirkby ve ark., 2023). Dal sayısı bakımından sonuçlar arasındaki benzerlik ve farklılıkların genotip farklılıkları, iklim koşulları ve kültürel uygulamalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.1.3. Tabla sayısı (adet bitki⁻¹)

Çinko dozlarının bitki başına tabla sayısı ortalamaları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Tabla sayısı uygulamalara bağlı olarak 6.77 ile 12.93 adet bitki⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek tabla sayısı 500 ppm çinko uygulaması yapılan Remzibey çeşidinde 12.93 adet bitki⁻¹ olarak kaydedilirken; en düşük değer ise kontrol uygulaması yapılan Dinçer çeşidinde 6.77 adet bitki⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). Ghiyasi ve ark. (2023), Yürütülen çalışmalar, 6, 8 ve 10 g L⁻¹ konsantrasyonlarındaki ZnO uygulamalarının, bitki başına tabla sayısı (%14.7–15.6 artış) üzerinde kontrol grubuna kıyasla daha belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Gülmezoğlu ve Aytac (2016), çinko uygulamalarının aspir bitkisinde tabla sayısı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığını ve

değerlerin 9.07–11.60 adet arasında değiştiğini bildirmiştir. Buna karşılık Movahhed ve ark. (2020), özellikle çiçeklenme döneminde yapılan çinko uygulamalarının olumlu etkiler sağladığını; 1000 mg kg⁻¹ Zn dozunda tabla sayısında %77.8 oranında artış gözlemlendiğini rapor etmiştir. Aynı çalışmada, çinkonun bitki gelişimini desteklediği, verim bileşenlerini artırdığı ve abiyotik stres koşullarına karşı dayanıklılığı güçlendirdiği belirtilmiştir. Uysal ve ark. (2006) ise tabla sayısının çevresel faktörlerden önemli ölçüde etkilendiğini vurgulamıştır. Literatürde tabla sayısı 2.33–58.2 adet bitki⁻¹ aralığında farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Öztürk ve ark., 2000; Beyyavaş, 2010; Okçu, 2010). Bazı araştırmacılar tarafından, bitki başına tabla sayısının 5.07–8.23 adet arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir (Uysal, 2006; Balcı ve ark., 2007; Aydın, 2012). Bu araştırmalarda bildirilen değerlerden daha yüksek tabla sayıları elde edilmiştir. Dolayısıyla, bulgularımız söz konusu çalışmalarla farklılık göstermektedir. Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz değerler, bazı araştırma sonuçlarına göre benzerlik gösterirken diğerleri ile farklılık göstermektedir. Sonuçlarımız ile diğer araştırmacıların bulguları arasındaki farklılık; denemenin yürütüldüğü lokasyondaki sıcaklık ve iklim koşulları, toprak yapısı, kullanılan genotipler, kültürel bakım uygulamaları ve yetiştirme dönemindeki yağış miktarlarından kaynaklanmış olabilir.

3.1.4. Tabla çapı (cm)

Farklı çinko uygulamalarının genotipler üzerinde tabla çapı ortalamaları bakımından istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Tabla çapı 4.04–5.13 cm aralığında değişmiştir (Tablo 4). Hem Remzibey hem de Dinçer genotiplerinde uygulamalar arasında belirgin farklılık gözlenmemiştir. Bununla birlikte, genel ortalama değerlere bakıldığında Remzibey genotipinin Dinçer'e kıyasla daha yüksek tabla çapı değerlerine ulaştığı görülmüştür. Köse ve ark. (2018), ortalama tabla çapı değerini 1.96 ile 2.51 cm olarak bildirmiştir. Naghavi (2012) ise farklı aspir çeşitleri üzerinde yaptığı çalışmada, birim alandaki bitki sayısındaki

azalmanın tabla çapı değerini artırdığını rapor etmiştir.

3.1.5. Tabla tane sayısı (adet tabla⁻¹)

Farklı çinko uygulamalarının tabla tane sayısı ortalamaları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Tane sayısı 24.80 ile 34.21 adet tabla⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek değer, Dinçer çeşidinde 1000 ppm uygulamasıyla 34.21 adet tabla⁻¹ olarak kaydedilmiş; en düşük değer ise aynı çeşidin kontrol parselinde 24.80 adet tabla⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Tane sayısı çoğunlukla tabla büyüklüğü ile ilişkilidir ve hem genetik faktörlerden hem de çevresel koşullardan etkilenen önemli bir verim unsurudur (Keleş, 2011). Aspir üzerine yapılan çalışmalar, tane sayısının 6.73–75.4 adet aralığında değiştiğini ortaya koymuştur (Yılmazlar ve Bayraktar, 2009; Öztürk ve ark., 2009; Kılıç ve Ermiş, 2009; Keleş, 2011). Öztürk (2019), çeşitler arasında farklılıkların önemli olduğunu ve yıllar ortalamasına göre en yüksek tane sayısının 25.73 adet tabla⁻¹ ile Dinçer çeşidinde elde edildiğini bildirmiştir. Bitkide sapa kalkma, çiçeklenme ve dallanma dönemlerinde yüksek sıcaklık ve nem yetersizliği tabladaki tohum sayısını azaltmaktadır. Bu durum, bitkideki tabla sayısı, tabla çapı ve tabladaki tohum sayısı gibi verimi doğrudan etkileyen unsurların azalmasına yol açmaktadır (Polat, 2007). Çinko sülfat uygulamaları ise tabla sayısı ve çapını artırarak, tabla başına ve bitki başına düşen tane sayısını yükseltmekte ve sonuçta tohum verimini artırmaktadır. Yapraktan püskürtme ve toprak yoluyla yapılan çinko sülfat uygulamalarının ayçiçeğinde tabla çapını artırdığı, bunun da tablalardaki verimli çiçek sayısını yükselterek tohum verimini artırdığı bildirilmiştir (Maqbool ve ark., 2023). Çinko ayrıca tozlanma, dölleme ve polen canlılığını olumlu yönde etkileyerek floret (küçük çiçek) sayısını artırmakta, böylece toplam tane sayısını yükseltmektedir (Kirkby, 2012). Ghiyasi ve ark. (2023), Yürütülen çalışmalar, 6, 8 ve 10 g L⁻¹ konsantrasyonlarındaki ZnO uygulamalarının, tabla başına tane sayısı (%11.72–18.4 artış) üzerinde kontrol grubuna kıyasla daha belirgin

ve istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Araştırma sonuçları arasındaki farklılıkların genotip, iklim koşulları, kültürel uygulamalar, ekim zamanı ve sıra aralıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.1.6. 1000 tane ağırlığı (g)

Farklı çinko dozlarının bin tane ağırlığı ortalamaları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Bin tane ağırlığı 34.76 g ile 40.60 g arasında değişmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Agronomik özelliklere III

Table 5. Agronomic characteristics III

Çinko Dozu (ppm)	1000 tohum ağırlığı (g)		Tohum verimi (kg da ⁻¹)		Klorofil-1 İçeriği	
	Remzibey	Dinçer	Remzibey	Dinçer	Remzibey	Dinçer
0	35.96 bc	34.76 c	219.31 g	219.70 g	218.44 c	187.84 c
250	37.43 abc	38.00 abc	318.22 bc	307.83 cd	324.22 a	293.10 ab
500	38.36 ab	39.30 ab	339.70 b	332.33 bc	309.88 a	228.33 c
1000	35.90 bc	38.33 ab	265.82 ef	281.09 de	297.33 ab	245.41 bc
2000	38.60 ab	40.60 a	386.79 a	239.94 fg	350.66 a	213.34 c
LSD	3.50		31.47		63.42	

Tablo 6. Agronomik özelliklere IV

Table 6. Agronomic characteristics IV

Çinko Dozu (ppm)	Klorofil-2 İçeriği		Yağ oranı (%)		Protein oranı (%)	
	Remzibey	Dinçer	Remzibey	Dinçer	Remzibey	Dinçer
0	208.76 bcd	174.48 d	30.88 c	27.94 g	11.90 ı	12.43 f
250	256.07 a	235.03 ab	30.99 c	28.74 f	12.25 h	14.71 b
500	230.22 ab	203.81 bcd	32.39 a	31.45 b	13.66 c	12.96 d
1000	220.54 ab	215.33 bc	29.49 e	29.23 e	12.61 e	12.26 g
2000	259.33 a	177.30 cd	29.88 d	31.10 c	15.05 a	13.66c
LSD	40.29		0.28		0.31	

En yüksek değer, Dinçer çeşidinde 2000 ppm çinko uygulamasında 40.60 g olarak kaydedilirken; en düşük değer yine aynı çeşidin kontrol parselinde 34.76 g olarak saptanmıştır. Bulgularımıza göre, her iki çeşitte de 1000 ppm çinko uygulaması diğer dozlara kıyasla daha yüksek değerler sağlamıştır. Bu sonuç, uygun dozlarda yapılan çinko uygulamalarının tane gelişimi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Çinkonun bitki sağlığı ve verim üzerindeki etkileri, uygulamanın zamanlamasına bağlıdır. Erken vejetatif dönemde yapılan uygulamalar kök gelişimini teşvik ederken; çiçeklenme döneminde yapılan uygulamalar meyve tutumu ve verim kalitesini artırabilmektedir. Uygulama miktarı da çinkonun verim ve yağ kalitesi üzerindeki etkilerini belirleyen kritik bir faktördür. Çinko, fotosentez süreçlerini

destekleyen ve enzim aktivitesini artıran esansiyel bir mikro besin elementidir. Bu nedenle, bitkinin enerji dönüşümü ve besin metabolizmasını güçlendirerek tane gelişimini teşvik etmektedir. Literatürde, yazlık ekimlerde bin tane ağırlığının kışlık ekimlere göre daha düşük olduğu (36.48–44.70 g; 40.70–48.90 g) bildirilmiştir (Eren ve ark., 2005). Öztürk (2019), farklı aspir çeşitleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğunu ve yıllar ortalamasına göre en yüksek değer 37.5 g ile Dinçer çeşidinde elde edildiğini rapor etmiştir. Buna karşılık Abdullah ve ark. (2024), çinko uygulamalarının bin tane ağırlığı, tohum verimi, biyolojik verim ve hasat indeksi üzerinde anlamlı etkiler göstermediğini bildirmiştir. Bu durum, çinko uygulamalarının etkisinin genotip, çevre koşulları ve uygulama

zamanına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, çinko uygulamasının mısırdaki bin tane ağırlığını artırdığı (Cakmak ve ark., 1996; Grewal ve ark., 1998; Hosseini ve ark., 2007), buğdayda ise çinko ve demirin optimum düzeyde kullanımının bin tane ağırlığını anlamlı şekilde yükselttiği (Hemantaranjan ve Gray, 1988) bildirilmiştir. Aytaç ve ark. (2014), çinko uygulanan çeşitlerde bin tane ağırlığının, uygulama yapılmayanlara kıyasla ilk yılda %8, ikinci yılda ise %5 daha yüksek olduğunu rapor etmiştir. Araştırmamızda elde edilen bulgular, bazı literatür sonuçlarıyla benzerlik gösterirken bazılarıyla farklılık arz etmiştir. Bu farklılıkların kullanılan genotipler, deneme alanlarının iklim koşulları ve uygulanan kültürel işlemlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, genetik olarak daha stabil bir özellik olan bin tane ağırlığının çevresel faktörlerden ve uygulama farklılıklarından sınırlı düzeyde etkilendiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

3.1.7. Tohum verimi (kg da^{-1})

Çinko uygulamalarının tohum verimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 5). Tohum verimi $219.31\text{--}386.79 \text{ kg da}^{-1}$ aralığında değişmiştir. En yüksek değer, Remzibey çeşidinde 2000 ppm çinko uygulamasıyla $386.79 \text{ kg da}^{-1}$ olarak kaydedilmiş; en düşük değer ise aynı çeşidin kontrol parselinde $219.31 \text{ kg da}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Genel olarak, her iki çeşitte de tüm çinko dozları kontrol parsellerine kıyasla daha yüksek verim sağlamıştır. Bu sonuç, çinko uygulamasının genotiplere bağlı olarak verim üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Öztürk (2019), farklı aspir çeşitleri arasında verim açısından anlamlı farklılıklar bulunduğunu ve en yüksek değer Dinçer çeşidinde $189.13 \text{ kg da}^{-1}$ olarak elde edildiğini rapor etmiştir. Bu bulgu, genetik faktörlerin yanı sıra ekolojik koşulların ve uygulanan tarımsal işlemlerin aspir verimi üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Weiss (2000) de tohum verimini etkileyen başlıca unsurların, bitki başına tohum sayısı, tabla çapı ve bin tohum ağırlığı olduğunu belirtmiştir. Kolsarıcı ve

Ekiz (1983), dikenli ve dikensiz yerli genotiplerle yürüttükleri çalışmada tohum veriminin $113.13\text{--}316.88 \text{ kg da}^{-1}$ arasında değiştiğini ve en yüksek verimin dikensiz genotipten elde edildiğini bildirmiştir. Çinko, bitkilerin generatif ve vejetatif gelişiminde çok yönlü fonksiyonlara sahip vazgeçilmez bir mikro besin elementidir. Yapraktan yapılan çinko uygulamalarının (özellikle 400 ppm), verim ve kaliteyi önemli ölçüde artırdığı ortaya konmuştur (Abdullah ve ark., 2024). Gülmezoğlu ve Aytaç (2016), Remzibey aspir çeşidinde Zn-EDTA ve ZnSO_4 uygulamalarının kontrol parsellerine kıyasla sırasıyla %21 ve %16 oranında verim artışı sağladığını; yalnızca yapraktan yapılan uygulamalarda ise ZnSO_4 ile %18, Zn-EDTA ile %15 artış elde edildiğini rapor etmiştir. Çinko uygulamalarının bitki gelişimi ve verim parametreleri üzerindeki etkileri literatürde farklı sonuçlarla rapor edilmiştir. Kaya ve Higgs (2002), domateste yapraktan uygulanan çinkonun meyvede çinko konsantrasyonunu iki katına çıkardığını belirtirken; Fang ve ark. (2008), mikro besin elementlerinin fotosentez hızını artırarak yaprak alan süresini uzattığını ve bunun sonucunda tohum verimini yükselttiğini bildirmiştir. Çinko kaynaklı verim artışlarının bitki başına dal sayısı, tabla sayısı, tabla başına tohum sayısı ve bin tohum ağırlığındaki artışlarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde Zn uygulamasının pamuk (Anık ve ark., 2023), buğday (Qamari ve ark., 2023), nohut (Hidoto ve ark., 2017) ve aspir (Vazayefi ve ark., 2023) gibi birçok türde tohum verimini artırdığı ve tohumdaki çinko konsantrasyonunu yükselttiği rapor edilmiştir. Ayrıca fasulye (Gianquinto ve ark., 2000), buğday (Ova ve ark., 2015), bürölce (Kumar ve ark., 2011), mısır (Amanullah ve Inamullah, 2016), pirinç (Amanullah ve ark., 2020), arpa (Sanchez-Rodriguez ve ark., 2017), pamuk (Santos ve ark., 2019), yerbıstığı (Aboyaji ve ark., 2020) ve chia (Korkmaz ve ark., 2021) gibi farklı bitkilerde yapılan çalışmalar da Zn uygulamalarının verim ve kalite parametrelerini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Bununla birlikte, bazı çalışmalar Zn uygulamalarının verim üzerinde

sınırlı ya da istatistiksel olarak önemsiz etkiler gösterdiğini bildirmiştir. Örneğin Abdullah ve ark. (2024), bin tohum ağırlığı, tohum verimi, biyolojik verim ve hasat indeksi açısından Zn uygulamasının anlamlı bir fark yaratmadığını rapor etmiştir. Bu bulgular, çinko uygulamalarının etkilerinin genotip, çevresel koşullar, uygulama dozu ve zamanlamasına bağlı olarak değişebileceğini ve farklı araştırmalar arasında tutarsızlıkların ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar da literatürde bildirilen bulgularla hem benzerlik hem de farklılıklar göstermektedir. Bu durum, araştırmaların yürütüldüğü ekolojik koşullardaki değişkenlikten kaynaklanabilir. Özellikle toprak yapısı, iklim, yıllık yağış, sıcaklık rejimi ve tarımsal uygulamalardaki farklılıklar, tohum veriminde gözlenen değişimlerin başlıca belirleyicileri arasında yer almaktadır. Araştırma bulgularımız, çinko uygulamalarının verim ve verim bileşenleri üzerindeki etkilerinin çevresel ve genetik faktörlerle yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla farklı araştırmalarda elde edilen verim düzeylerinin karşılaştırılmasında ekolojik ve agronomik değişkenlerin mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.

3.1.8. Yaprakta klorofil miktarı I-II (CM 1000 IR 1-2)

Çinko uygulamalarının aspir bitkisinde klorofil I-II (CM 1000 IR) değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Klorofil I değerleri 187.84–350.66 arasında değişmiş; en yüksek klorofil I değeri Remzibey çeşidinde 2000 ppm uygulamasında 350.66, en düşük değer ise Dinçer çeşidinin kontrol parselinde 187.84 olarak kaydedilmiştir (Tablo 5). Genel olarak, her iki genotipte de uygulanan tüm çinko dozları kontrol parsellerine kıyasla daha yüksek klorofil I değerleri sağlamıştır. Klorofil II (çiçeklenme başlangıcı dönemi) değerleri 174.48–259.33 arasında değişmiş; en yüksek klorofil II değeri Remzibey çeşidinde 250 ppm ile 2000 ppm uygulamasında 256.07 ile 259.33 olarak, en düşük değer ise Dinçer çeşidinin kontrol parselinde 174.48 olarak

kaydedilmiştir (Tablo 6). Çalışmada hem Remzibey hem de Dinçer çeşitlerinde uygulanan çinko dozlarının, kontrol uygulamalarıyla karşılaştırıldığında klorofil II değerlerini artırdığını göstermektedir. Bu sonuçlar, çinko uygulamalarının fotosentetik pigment yoğunluğunu artırarak bitki fizyolojisine olumlu katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Çinko, bitki fizyolojisinde fotosentez kapasitesini artıran temel mikro besin elementlerinden biridir. Klorofil sentezini teşvik ederek yaprakların yeşilliğini ve fizyolojik canlılığını artırır. Yeterli çinko alımı, yaprakların büyüklüğü ve sayısında artışa yol açarken; çinko eksikliği kloroz ve yaprak sararması gibi belirtilere neden olur ve fotosentetik aktiviteyi azaltarak verim kayıplarına yol açar (Cakmak, 2008). Benzer etkiler farklı türlerde de gözlenmiştir. Çinko uygulamaları mısırdaki bin tane ağırlığını artırmış (Cakmak ve ark., 1996; Grewal ve ark., 1998; Hosseini ve ark., 2007); buğdayda ise çinko ve demirin optimum düzeyde kullanımı, bin tane ağırlığı ile birlikte karbonhidrat, nişasta, IAA (indol asetik asit), klorofil ve protein içeriğini anlamlı şekilde artırmıştır (Hemantaranjan ve Gray, 1988). Kuraklık ve ağır metal (Cd) stresi altında yapılan çalışmalarda Zn nanopartiküllerinin yapraktan uygulanması, yaprak klorofil içeriğini yükseltmiş, süperoksit dismutaz ve peroksidaz gibi enzim aktivitelerini artırmış ve reaktif oksijen türlerini azaltmıştır (Adrees ve ark., 2021). Klorofil içeriği, bitki verimliliğinin bir göstergesi olarak kabul edilmekte olup, yüksek klorofil miktarı genellikle daha yüksek fotosentez kapasitesi anlamına gelir. Kızılgeçi ve ark. (2017), uygun çevresel koşullarda klorofil içeriği yüksek olan çeşitlerin daha fazla fotosentez gerçekleştirdiğini ve bu durumun tane verimine doğrudan katkı sağladığını belirtmişlerdir. Bu bulgular, çinkonun yaprak gelişimini destekleyen, fotosentez kapasitesini artıran ve stres koşullarında bitkinin fizyolojik dayanıklılığını güçlendiren kritik bir mikro besin elementi olduğunu göstermektedir.

3.1.9. Yağ oranı (%)

Çinko uygulamalarının aspir bitkisinde yağ oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 6). Yağ oranı %27.94-32.39 arasında değişmiş; en yüksek değer %32.39 ile Remzibey çeşidinde 500 ppm çinko uygulamasında, en düşük değer ise Dinçer çeşidinin kontrol parselinde %27.94 olarak kaydedilmiştir. Bulgulara göre her iki çeşitte de 500 ppm çinko uygulaması, diğer dozlar ve kontrol parsellerine kıyasla daha yüksek yağ oranı sağlamıştır. Bu durum, çinkonun yağ senteziyle ilişkili enzim aktiviteleri ve metabolik süreçlerde kritik rol oynadığını göstermektedir. Literatürde aspir bitkisinin yağ oranının %22.5–57.0 arasında değiştiği ve bu farklılıkların çeşit ve yetiştirme koşullarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Samancı ve ark., 2001; Şakir ve Başalma, 2005; Tonguç ve Erbaş, 2009; Yılmazlar ve Bayraktar, 2009; Beyyavaş, 2010). Kolsarıcı ve Ekiz (1983), yerli çeşitlerin yağ oranlarının genellikle yabancı çeşitlere kıyasla daha düşük olduğunu belirtmiştir. Weiss (2000) ise dikenli aspir çeşitlerinde yağ oranı ile dikenlilik arasında pozitif bir korelasyon bulunduğunu bildirmiştir. Ravi ve ark. (2008), çinko uygulamalarının asperde yağ oranını artırdığını; kontrol parsellerinde %26.3 olarak belirlenen değer çinko uygulamalarıyla %29.8'e yükseldiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde Galavi ve ark. (2012), mikro elementlerin enzimatik aktiviteleri artırarak fotosentezi ve asimilatların tohuma taşınmasını iyileştirdiğini, bunun da tohum yağ oranında artış sağladığını belirtmiştir. Çinko uygulamalarının ayrıca yağ verimi, tohum kalitesi ve kuraklık toleransı üzerinde olumlu etkiler gösterdiği de birçok çalışmada vurgulanmıştır (Mengel, 2001; Khoshgoftarmanesh, 2010; Taha ve ark., 2013). Öztürk (2019) ise çeşitler arasında yağ oranı bakımından farklılıklar olduğunu, iki yıllık ortalamada en yüksek değer %28.07 ile Dinçer çeşidinde elde edildiğini rapor etmiştir. Ghiyasi ve ark. (2023), çinko uygulamalarının yağ asitleri metabolizmasını hızlandırdığını, tohumlarda yağ miktarını artırdığını ve bunun çinkonun oksidatif bozulmayı azaltıcı etkisiyle ilişkili olduğunu rapor etmiştir. Bu veriler,

aspirde yağ içeriğinin genotip farklılıkları, iklim koşulları, coğrafi özellikler, ekim tarihi ve uygulanan tarım tekniklerinden etkilendiğini göstermektedir. Çalışmamızda elde edilen değerlerin literatürle kısmen benzerlik ve farklılık göstermesi bu faktörlerden kaynaklanmış olabilir.

3.1.10. Protein oranı (%)

Farklı çinko dozlarının, aspir bitkisinde protein oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 6). Protein oranı %11.90-15.05 arasında değişmiştir. En yüksek değer, Remzibey çeşidinde 2000 ppm çinko uygulamasında %15.05 olarak kaydedilmiş; en düşük değer ise aynı çeşidin kontrol parselinde %11.90 olarak belirlenmiştir. Hem Remzibey hem de Dinçer çeşitlerinde uygulanan çinko dozlarının, kontrol parsellerine kıyasla daha yüksek protein oranı sağladığı görülmüştür. Protein oranındaki artış, aspirin yalnızca yağ bitkisi olarak değil; yüksek protein içeriğiyle yem ve fonksiyonel gıda endüstrileri için de potansiyel bir hammadde kaynağı olabileceğini göstermektedir. Özellikle çinko uygulamasıyla elde edilen kalite yükselişi, aspir tohumlarının hayvan beslenmesinde protein katkısı olarak kullanımını artırabileceği gibi, bitkisel bazlı protein ürünlerine yönelik gıda formülasyonlarında da değerlendirilebilir. Literatürde, protein oranı Remzibey çeşidinde %12.89, Dinçer çeşidinde %12.85 ve Yenice çeşidinde %12.75 olarak bildirilmiştir (Yılmazlar ve Bayraktar, 2008). Toğay ve Anlarsal (2008), çinko uygulamalarının asperde protein oranı üzerinde anlamlı etkiler gösterdiğini, en düşük değerlerin kontrol parsellerinde elde edildiğini ve artan çinko dozlarıyla birlikte protein oranının yükseldiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde. Yalçın ve Usta (1990), çinko eksikliğinde triptofan sentezinin azaldığını, protein sentezinin yavaşladığını ve bunun sonucunda serbest amino asitlerin biriktiğini bildirmiştir. Bu durumun hem ürün miktarı hem de kalite üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu vurgulanmıştır. Çinkonun protein sentezine etkisi farklı türlerde de gözlenmiştir. (Cakmak ve ark., 1996; Grewal ve ark., 1998; Hosseini

ve ark., 2007), çinko uygulamalarının mısırdaki bin tane ağırlığını artırdığını bildirmiştir. Ayrıca buğday da ise çinko ve demirin optimum kullanımının protein oranı ile birlikte karbonhidrat, nişasta, IAA, klorofil ve toplam protein içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Hemantaranjan ve Gray, 1988). Öztürk (2019), çeşitler arasında protein oranı bakımından anlamlı bir farklılık olmadığını bildirmiştir. Bu bulgu, çalışmamızla kısmen farklılık gösterebilir, elde ettiğimiz sonuçlar genel olarak diğer araştırmacıların bulgularıyla uyumludur.

3.2. Yağ asitleri kompozisyonu (%)

3.2.1. Palmitik asit oranı (%)

Çinko uygulamalarının palmitik asit oranı ortalamaları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği saptanmıştır. Palmitik asit oranı %6.86–7.72 arasında değişmiştir. En yüksek değer, Dinçer çeşidinde 500 ppm uygulamasıyla %7.72 olarak belirlenmiştir. En düşük değer ise Remzibey çeşidinde 500 ppm uygulamasında %6.86 olarak kaydedilmiştir. Genel olarak, palmitik asit oranı bakımından Dinçer çeşidi, çinko dozlarına Remzibey çeşidine kıyasla daha yüksek tepki göstermiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Yağ asitleri oranı (%) değerleri

Table 7. Fatty acids ratio (%) values

Çinko Dozu (ppm)	Palmitik (%)		Stearik (%)		Oleik (%)	
	Remzibey	Dinçer	Remzi bey	Dinçer	Remzibey	Dinçer
0	6.92 g	7.61 c	2.92 d	2.81 f	25.46 d	14.48 h
250	7.17 e	7.61 c	3.09 b	2.86 e	22.64 e	13.42 ı
500	6.86 h	7.72 a	2.98 c	2.67 g	27.89 b	14.83 h
1000	6.93 fg	7.67 b	3.15 a	2.87 e	26.48 c	14.74 g
2000	6.93 f	7.60 d	3.10 b	2.88 e	28.36 a	14.74 g
LSD	0.01		0.01		7.62	

Tablo 8. Yağ asitleri oranı (%) değerleri

Table 8. Fatty acids ratio (%) values

Çinko Dozu (ppm)	Linoleik (%)		Linolenik (%)		Araşidik (%)	
	Remzibey	Dinçer	Remzibey	Dinçer	Remzibey	Dinçer
0	62.83 g	73.31 b	0.82 h	1.01 b	0.48 d	0.43 f
250	65.40 f	74.39 a	0.89 e	0.96 d	0.48 d	0.42 g
500	60.34 ı	72.97 d	0.86 f	1.02 a	0.50 c	0.44 e
1000	61.77 h	72.94 e	0.82 h	0.98 c	0.51 b	0.43 f
2000	59.89 j	72.99 c	0.84 g	1.01 b	0.52 a	0.44 e
LSD	0.02		0.01		0.007	

Valesco ve Fernandez-Martinez (1999), ABD kökenli 132 aspir ekotipinde palmitik asit oranının ortalama %5.8 (aralık %3.4–10.2) olduğunu bildirmiştir. Johnson ve ark. (1999), 797 aspir introduksiyon materyalinde palmitik asit oranının %3.9–6.8 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Erbaş (2012), 64 aspir hattında %5.4–9.2 aralığında palmitik asit varyasyonu belirlemiştir. Shahsavari ve ark. (2014) ise geç sezon kuraklık stresi koşullarında yapılan %0.1 ZnSO₄ yaprak uygulamasının palmitik asit oranını %2.5; %0.2'lik uygulamanın ise

%3.5 oranında artırdığını bildirmiştir. Bu araştırmada elde edilen ortalama palmitik asit oranları (%6.78–7.78), literatürde bildirilen bazı değerlerle örtüşmektedir. Keyvanoğlu (2015), tarafından bildirilen %4.73–7.13 aralığı ile genel bir benzerlik söz konusudur. Ancak Oruç (2014), palmitik asit oranını daha dar bir aralıkta (%5.90–6.22) rapor etmiştir. Bu farklılıkların, kullanılan aspir çeşitleri, yetiştirme koşulları, toprak yapısı, iklim faktörleri ve uygulanan tarımsal işlemlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla,

palmitik asit oranlarının değerlendirilmesinde bu faktörlerin dikkate alınması önem arz etmektedir.

3.2.2. Stearik asit oranı (%)

Çinko uygulamalarının stearik asit oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Stearik asit oranı %2.67-3.15 arasında değişmiştir. En yüksek değer, Remzibey çeşidinde 1000 ppm uygulamasında %3.15 olarak kaydedilmiş; en düşük değer ise Dinçer çeşidinde 500 ppm uygulamasında %2.67 olarak belirlenmiştir. Genel olarak, her iki çeşitte de 2000 ppm uygulamaları kontrol parsellerine kıyasla daha yüksek değerler sağlamıştır (Tablo 7). Çalışmamızda elde edilen değerler, Çamaş ve ark. (2005) ile Uysal (2006) tarafından bildirilen %2.8'lik sonuçlarla uyum göstermektedir. Ancak Erbaş (2007)'ın %2.1–2.3; Atabey (2009)'un %2.11 ve Şerefoğlu (2009)'nun %2.09 olarak rapor ettiği sonuçlardan daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, çinko uygulamalarının optimum seviyelerde tohum verimini artırıcı ve yağ asidi kompozisyonunu iyileştirici etkiler oluşturabileceğini göstermektedir. Elde edilen bulgular ile literatürde bildirilen değerler arasındaki benzerlik ve farklılıkların; çevresel koşullar, denemelerin yürütüldüğü yıllardaki iklim verileri ve uygulama yöntemlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim yağ içeriğinin çevre şartlarından etkilendiği daha önce de bildirilmiştir (Baydar, 1999; Baydar ve Erbaş, 2014).

3.2.3. Oleik asit oranı (%)

Günümüzde oleik asit tipi yağlara yönelik ilgi giderek artmakta ve bu durum söz konusu çalışmaların önemini daha da artırmaktadır. Çalışmamızda farklı çinko uygulamalarının oleik asit oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 7). Oleik asit oranı %13.42-28.36 arasında değişmiştir. En yüksek değer, Remzibey çeşidinde 2000 ppm çinko uygulamasıyla %28.36 olarak kaydedilmiştir. En düşük değer ise Dinçer çeşidinde 250 ppm uygulamasında %13.42 olarak belirlenmiştir. Bulgular,

Remzibey çeşidinin Dinçer'e kıyasla çinko uygulamalarına daha olumlu yanıt verdiğini göstermektedir. Nitekim Remzibey çeşidinin tüm uygulamalarında oleik asit oranı, Dinçer çeşidinden daha yüksek bulunmuştur (Şekil 3). Bu sonuç, Genotiplerin yağ asidi bileşimine verdikleri tepkilerin farklılık gösterebileceğini ve Remzibey çeşidinin oleik asit birikimi açısından daha avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır. Yüksek oleik asit oranı, özellikle kardiyovasküler sağlık üzerindeki olumlu etkileriyle bilinen tekli doymamış yağ asitleri bakımından önem arz etmektedir. Literatürdeki çalışmalar bulgularımızı destekler niteliktedir. Liu ve ark. (2016), 12 ülkeden 21 aspir çeşidini kapsayan çalışmada oleik asit oranlarını %7.9–33.0 aralığında rapor etmiştir. Valesco ve Fernandez-Martinez (1999) ise ABD kökenli 132 aspir genotipinde oleik asit oranlarını %5.6–86.9 arasında belirlemiştir. Khoshgoftarmanesh ve ark. (2010), çinko uygulamalarının aspride oleik asit oranını artırdığını bildirmiştir. Öztürk (2019) ise oleik asit oranlarının çeşitler arasında farklılık gösterdiğini, en yüksek değer %30.92 ile Remzibey çeşidinde elde edildiğini rapor etmiştir. Çevresel faktörlerin de belirleyici olduğu bilinmektedir. Baydar ve Turgut (1999), sıcaklığın yağ asidi kompozisyonu üzerinde kritik rol oynadığını ve özellikle oleik asit sentezini doğrudan etkilediğini vurgulamıştır. Ayrıca çinko uygulamalarının oleik ve linoleik asit düzeylerini artırarak yağın kızartmalık kullanım kalitesi ve besin değerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Rahmani ve ark., 2019; Manvelian ve ark., 2021). Dinçer ve Remzibey çeşitlerinde 3000 ppm Zn uygulamasında linoleik asit oranının arttığı, oleik asit oranının ise azaldığı gözlenmiştir. Bu bulgu, Kar (2012)'nin aspride mikro element uygulamalarının yağ asidi kompozisyonunu etkilediğini belirttiği çalışmasıyla örtüşmektedir. Çinko uygulamalarının yağda doymamış asit oranlarını artırabileceği ve özellikle linoleik asit sentezinde enzimatik aktivasyonu desteklediği belirtilmiştir. Sonuç olarak, çalışmamızda elde edilen oleik asit oranları literatür bulgularıyla kısmen örtüşmekte, kısmen farklılık göstermektedir.

Bu farklılıkların genotip, iklim koşulları, coğrafi özellikler ve yetiştirme uygulamalarından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

3.2.4. Linoleik asit oranı (%)

Çinko dozlarının linoleik asit oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 8). Linoleik asit oranı %59.89-74.39 arasında değişmiştir. En yüksek değer, Dinçer çeşidinde 250 ppm uygulamasında %74.39 olarak; en düşük değer ise Remzibey çeşidinde 2000 ppm uygulamasında %59.89 olarak kaydedilmiştir. Bulgular, Dinçer çeşidinin tüm çinko dozlarında linoleik asit oranı bakımından Remzibey'den daha yüksek değerlere ulaştığını ortaya koymuştur. Linoleik asit oranının yüksekliği, özellikle boya ve vernik sanayii gibi endüstriyel alanlarda kullanım potansiyelini artırmaktadır. Öztürk (2019), asirde oleik ve linoleik asit oranlarının özellikle tohum gelişme dönemindeki iklim koşullarına (nem ve sıcaklık) bağlı olduğunu belirtmiştir. Araştırmada, linoleik asit oranı bakımından çeşitler arasında anlamlı farklılıklar saptanmış ve en yüksek değer %75.26–76.55 aralığında Dinçer çeşidinde kaydedilmiştir. Benzer şekilde Ben Moumen ve ark. (2013), İspanya, Hindistan ve Fas kökenli dört farklı aspir çeşidi üzerinde yürüttükleri çalışmada linoleik asit oranlarını %77.94'e kadar rapor etmişlerdir. Ayrıca Kar (2012), çinko ve diğer mikro element uygulamalarının yağ asidi kompozisyonu üzerinde etkili olduğunu ve linoleik asit sentezinde enzimatik aktivasyonu desteklediğini bildirmiştir. Çalışmamızda elde edilen değerler literatürle genel olarak benzerlik göstermekle birlikte, bazı farklılıklar da gözlenmiştir. Bu farklılıkların, genetik yapı, ekolojik koşullar ve uygulanan tarımsal tekniklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle sıcaklık ve nem gibi iklim faktörlerinin linoleik asit sentezi üzerinde belirleyici rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır.

3.2.5. Linolenik asit oranı (%)

Farklı çinko dozlarının linolenik asit oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler

gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 8). Linolenik asit oranı %0.82-1.02 arasında değişmiştir. En yüksek değer, Dinçer çeşidinde 500 ppm uygulamasında %1.02 olarak; en düşük değer ise Remzibey çeşidinde kontrol ve 1000 ppm uygulamalarında %0.82 olarak kaydedilmiştir. Dinçer çeşidinin tüm uygulamalarda Remzibey'e kıyasla daha yüksek değerler vermesi, linolenik asit sentezinde genotipik farklılıkların etkili olabileceğini göstermektedir. Aspir yağı büyük ölçüde doymamış yağ asitlerinden (linoleik, oleik ve linolenik asit) oluşmakta; palmitik ve stearik gibi doymuş yağ asitleri ise daha düşük oranlarda bulunmaktadır. Bu yağ asidi bileşimi, bitkisel yağların beslenmedeki değerini ve sanayideki kullanım alanlarını belirleyen temel bir özelliktir (Porokhovina ve ark., 2022). Bybordi ve Mamedov (2010), çinko ve demir uygulamalarının kolza da doymamış yağ asitlerini artırdığını, doymuş yağ asitlerini ise azalttığını bildirmiştir. Araştırmamızda linolenik asit oranı bakımından elde edilen değerler literatürde bildirilen bulgularla kısmen farklılık göstermiştir. Örneğin, Keyvanoğlu (2015) linolenik asit oranlarını %0.07–0.34; Kurt ve ark. (2017) ise %0.01–0.26 arasında rapor etmiştir. Bu farklılıkların, genetik yapı, iklim ve toprak koşulları, uygulanan gübreleme teknikleri ve özellikle azot dozlarından kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca, linolenik asit gibi minör yağ asitlerinin çevresel değişimlere daha duyarlı olması, gözlenen geniş varyasyonun doğal bir sonucu olarak kabul edilmektedir.

3.2.6. Araşidik asit oranı (%)

Çinko uygulamalarının araşidik asit oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Araşidik asit oranı %0.41 ile %0.52 arasında değişmiştir. En yüksek değer Remzibey çeşidinde 2000 ppm uygulamasında %0.52; en düşük değer ise Dinçer çeşidinde 250 ppm uygulamasında %0.42 olarak kaydedilmiştir (Tablo 8). Bulgular, her iki çeşitte uygulanan farklı çinko dozlarının araşidik asit oranı üzerinde sınırlı ve birbirine yakın etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, genel eğilim olarak

Remzibey çeşidinde Dinçer'e kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu durum, araşidik asit sentezinde genotip farklılıklarının etkili olabileceğini düşündürmektedir. Literatürde bildirilen değerler bu sonuçlarla büyük ölçüde örtüşmektedir. Kurt ve ark. (2017), araşidik asit oranının %0.01–0.56 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Öztürk (2019), çeşitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmemiş; oranların %0.11–0.19 aralığında olduğunu bildirmiştir. Keyvanoğlu (2015) ise %0.29–0.52 aralığında değerler elde etmiştir. Çalışmamızda elde

edilen değerler (%0.41–0.52), söz konusu bulgularla benzerlik göstermektedir.

3.2.9. Araştırmada kullanılan farklı aspir çeşitlerin korelasyon sonuçları

Araştırmada, çinko uygulamalarının aspir bitkisinde agronomik özellikler ve yağ asidi kompozisyonu arasındaki ilişkiler değerlendirildi. Bulgular, bitki boyu, dal sayısı, kapsül sayısı, kapsül çapı, verim, yağ ve protein oranı ile klorofil miktarı arasında farklı düzeylerde pozitif korelasyonlar bulunduğunu göstermektedir (Tablo 9).

Tablo 9. Korelasyon (Agronomik özellikleri)

Table 9. Correlation (Agronomic characteristics)

	BB	DS	TS	TÇ	TTS	1000 TA	TV	K1	K2	YO	PO
BB	1.000										
DS	0.142*	1.000									
TS	0.425*	0.623**	1.000								
TÇ	0.122	0.606**	0.696**	1.000							
TTS	0.160	-0.002	0.172	0.169	1.000						
1000 TA	0.456*	-0.083	0.027	-0.139	-0.054	1.000					
TV	0.705**	0.601	0.592**	0.256**	0.012	0.333	1.000				
K1	0.537**	0.617**	0.614**	0.569**	0.180	-0.027	0.668	1.000			
K2	0.391	0.664	0.546	0.543	0.189	-0.071	0.667**	0.863**	1.000		
YO	0.225	0.375*	0.524**	0.427*	-0.026	0.373*	0.302	0.164	0.122	1.000	
PO	0.624**	0.216	0.095	-0.023	-0.205	0.363*	0.600**	0.442*	0.303	-0.018	1.000

* p<0.05: önemli. **p<0.01: çok önemli. BB: Bitki Boyu. DS: Dal Sayısı. TS: Tabla Sayısı. TÇ: Tabla Çapı. TS: Tohum Sayısı. 1000 TA: Tohum Ağırlığı. TV: Tohum Verimi. K1: Klorofil 1. K2: Klorofil 2. YO: Yağ Oranı. PO: Protein Oranı

Ayrıca yağ asitleri arasında da güçlü ilişkiler saptanmış; örneğin oleik asit ile linoleik asit arasında negatif, linoleik asit ile palmitik asitler arasında pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Sonuçlar, çinko

uygulamalarının hem verim bileşenleri hem de yağ asidi profili üzerinde çok yönlü ve genotipten bağımsız etkiler ortaya koyduğunu göstermektedir (Tablo 10).

Tablo 10. Korelasyon (Kalite özellikleri)

Table 10. Correlation (Quality characteristics)

	PA	SA	OA	LA	LLN	AA
PA	1.000					
SA	-0.787**	1.000				
OA	-0.984**	0.778	1.000			
LA	0.983**	-0.780**	-1.000**	1.000		
LLN	0.960**	-0.808**	-0.933**	0.931**	1.000	
AA	-0.929**	0.806**	0.968**	-0.968**	-0.872**	1.000

* p<0.05: önemli. **p<0.01: çok önemli. MA:Miristik Asit. PA: Palmitik Asit. SA: Stearik Asit. OA: Oleik Asit. LA: Linoleik Asit. LLN: Linolenik Asit. AA: Araşidik Asit. EA: Eikosenoik Asit

4. Sonuç

Araştırma sonuçları, çinko gübrelemesinin aspir üretiminde yalnızca verimliliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda yağ kalitesi ve besin değerinin iyileştirilmesinde de stratejik bir rol üstlendiğini göstermektedir.

Bununla birlikte, çinko uygulamalarının dozajı dikkatle planlanmalı; aşırı uygulamaların toprak kirliliği, çevresel sürdürülebilirlik ve bitki metabolizması üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda, aspir

üretiminde çinko gübrelemesinin sürdürülebilir tarım stratejileriyle birlikte ele alınması gerekmektedir. Türkiye topraklarının çinko bakımından fakir olduğu dikkate alındığında, yaprak gübrelemesi özellikle kritik bir uygulama olarak öne çıkmaktadır. Gelecek çalışmaların, farklı aspir genotipleri ve farklı ekolojik koşullarda yürütülmesi, çinko uygulamalarının çeşit-çevre etkileşimleri üzerindeki etkilerini daha kapsamlı biçimde ortaya koyacaktır. Ayrıca çinko dışındaki diğer mikro elementlerle kombine uygulamaların da araştırılması, aspir üretiminde hem verim hem de kaliteyi artıracak daha entegre gübreleme stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Açıklama

Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Abdelaziz, A.M., Dacrory, S., Hashem, A.H., Attia, M.S., Hasanin, M., Fouda, H.M., ElSaied, H., 2021. Protective role of zinc oxide nanoparticles based hydrogel against wilt disease of pepper plant. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35: 102083.

Abdelaziz, A.M., Salem, S.S., Khalil, A.M., El-Wakil, D.A., Fouda, H.M., Hashem, A.H., 2022. Potential of biosynthesized zinc oxide nanoparticles to control fusarium wilt disease in eggplant (*Solanum melongena*) and promote plant growth. *BioMetals*, 35(3): 601–616.

Abdullah, S.A., Ali, V.D., Salih, H.R., Muhammed, B.İ., 2024. Response of growth and yield traits of safflower varieties (*Carthamus tinctorius* L.) to zinc foliar application. *Kirkuk University Journal for Agricultural Sciences*, 96-101.

Aboyaji, C.M., Dunsin, O., Adekiya, A.O., Suleiman, K.O., Chinedum, C., Okunola, F.O., Joseph, A., Ejue, S.W., Adesola, O.O., Olofintoye, T.A.J., 2020. Synergistic and antagonistic effects of soil applied P and Zn fertilizers on the performance, minerals and heavy metal composition of groundnut. *Open Agriculture*, 5(1): 1–9.

Adrees, M., Khan, Z.S., Hafeez, M., Rizwan, M., Hussain, K., Asrar, M., Alyemeni, M.N., Wijaya, L., Ali, S., 2021. Foliar exposure of zinc oxide nanoparticles improved the growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and decreased cadmium concentration in grains under simultaneous Cd and water deficient stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208: 111627

Ahmad, A., Abdin, M.Z., 2000. Effect of sulfur application on lipid, RNA and fatty acid content in developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). *Plant Science*, 150(14): 71-76.

Alamgeer, M., Munir, H., Hussain, S., Adhikari, S., Soufan, W., Ahmed, J., Aslam, M., Rauf, S., 2024. Exploring the synergistic role of zinc in npk fertilization on the agronomic performance of safflower (*Carthamus tinctorius*). *Horticulturae*, 10: 1243.

Ali, Q., Anwar, F., Ashraf, M., Saari, N., Perveen, R., 2013. Ameliorating effects of exogenously applied proline on seed composition, seed oil quality and oil antioxidant activity of maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(1): 818–35.

Alloway, B.J., 2008. Zinc in soils and crop nutrition. Brussels: International Zinc Association (IZA).

- Amanullah, I., Inamullah, X., 2016. Dry matter partitioning and harvest index differ in rice genotypes with variable rates of phosphorus and zinc nutrition. *Rice Science*, 23(2): 78-87.
- Amanullah, I., Alwahibi, M.S., Elshikh, M.S., Alkahtani, J., Muhammad, A., Khalid, S.I., Ahmad, M., Khan, N., Ullah, S., Izhar, A., 2020. Phosphorus and zinc fertilization improve zinc biofortification in grains and straw of coarse vs. fine rice genotypes. *Agronomy*, 8(10): 1155.
- Amanullah, S.A., Iqbal, A., Fahad, S., 2016a. Foliar phosphorus and zinc application improve growth and productivity of maize (*Zea mays* L.) under moisture stress conditions in semi-arid climates. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 8(5): 433-439.
- Andırman, M., Karaaslan, D., 2021. Diyarbakır sulu koşullarda farklı azot ve fosfor seviyelerinin bazı aspir çeşitlerinde taç yaprak verimi ve bazı bitkisel parametrelerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(3): 659-668
- Anik, T.R., Mostofa, M.G., Rahman, M.M., Khan, M.A.R., Ghosh, P.K., Sultana, S., Das, A.K., Hossain, M.S., Keya, S.S., Rahman, M.A., 2023. Zn supplementation mitigates drought effects on cotton by improving photosynthetic performance and antioxidant defense mechanisms. *Antioxidants*, 12: 854.
- Anonim, 2025. TarımveOrmanBakanlığı2025. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gktaem/Belgeler/Tescilli%20%C3%87e%C5%9Ftilerimiz/Aspir/remzibey-05.pdf>, (Erişim Tarihi:23.04.2025).
- Arslan, H., Güler, D., 2022. Farklı sıra arası mesafelerinin aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine olan etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(2):294-306.
- Atabey, E., 2009. Farklı ekim zamanlarının aspir çeşitlerinde bazı tarımsal özellikleri ve biyodizel kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Aydın, E., 2012. Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin Samsun ekolojik koşullarında verim, verim unsurları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Aytac, Z., Gulmezoğlu, N., Sirel, Z., Tolay, I., Torum, A.K., 2014. The effect of zinc on yield, yield components and micronutrient concentrations in the seeds of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(1): 202-208.
- Aytaç, Z., Gülmezoğlu, N., Kutlu, İ., Tolay, İ., 2016. Çinko uygulamasının kanola (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) verimine etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 5(1): 29-36.
- Balcı, A., Camcı, H., Koşar, F., Şentürk, S., 2007. Kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen bazı aspir hat ve çeşitlerinin verim ve kalite kriterleri üzerine bir araştırma, *1.Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, Kongre Bildiriler Kitabı, 28-31 Mayıs, Samsun.
- Baydar, H., 1999. Yağlı tohumlu bitkilerde yağ asitleri kompozisyonunun bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklere ve ekolojik bölgelere göre değişimi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(Ek Sayı 1): 81-86.
- Baydar, H., Erbaş, S., 2014. Yağ bitkileri bilimi ve teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Ben Moumen, A., Mansouri, F., Zraibi, L., Abid, A., Nabloussi, A., Fauconnier, M.L., Sindic, M., El Amrani, A., Caid, H.S., 2013. Comparative study of four safflower oils (*Carthamus tinctorius* L.) varieties grown in eastern of Morocco. *Inside Food Symposium*, 9-12 April, Leuven, Belgium, pp: 1-6.

- Beyyavaş, V., 2010. 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: 527-553.
- Broadley, M.R., 2007. Zinc in plants. *New Phytologist*, 173: 677-702.
- Bybordi, A., Mamedov, G., 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1): 94-103.
- Cakmak, I., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil*, 302(1-2): 1-17.
- Cakmak, I., Yilmaz, A., Kalayli, E., Torun, B., Ernoglu, B., Brown, H.J., 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in central anatolia. *Plant and Soil*, 180: 165-172.
- Coşge, B., Gürbüz, B., Kiralan, M., 2007. Oil content and fatty acid composition of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in spring and winter. *International Journal of Natural & Engineering Sciences*, 1(3).
- Çamaş, N., Ayan, K., Çırak, C., 2005. Relationships between seed yield and some characters of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars grown in the middle black sea conditions, VI. *International Safflower Conference*, 6-10 June, İstanbul, pp. 193-198.
- Dajue, L., Mündel, H.H., 1996. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). International plant genetic resources institute, Roma, Italy.
- Dasgupta, D., 1998. Artificial immune systems and their applications, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Elfadl, E., Reinbrecht, C., Frick, C., Claupein, W., 2009. Optimization of nitrogen rate and seed density for safflower (*Carthamus tinctorius* L.) production under low-input farming conditions in temperate climate. *Field Crops Research*, 114: 2-13.
- Emami, T., Naseri, R., Falahi, H., Kazemi, E., 2011. Response of yield, yield component and oil content of safflower (cv. sina) to planting date and plant spacing on row in rainfed conditions of western Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 10(6): 947-953.
- Erbaş, S., 2007. Aspirde (*Carthamus tinctorius* L.) sentetik erkek kısırılığı tekniği ile elde edilmiş melez popülasyonlarından hat geliştirme olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- 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.
- Eren, K., Başalma, D., Uranbey, S., Er, C., 2005. Effect of growing in winter and spring on yield, yield components and quality of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in ankara, VI. *International Safflower Conference*, 6-10 June, Ankara, pp. 154-160.
- Faizan, M., Bhat, J.A., Noureldeen, A., Ahmad, P., Yu, F., 2021. Zinc oxide nanoparticles and 24-epibrassinolide alleviates Cu toxicity in tomato by regulating ROS scavenging, stomatal movement and photosynthesis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 218: 112293.
- Fang, Y., Wang, L., Xin, Z., Zhao, L., An, X., Hu, Q., 2008. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 2079-2084.
- Faostat, 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations Crop Statistics (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>), (Erişim tarihi: 08.04.2025).

- Galavi, M., Ramroudi, M., Tavassoli, A., 2012. Effect of micronutrients foliar application on yield and seed oil content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 7(3): 482-486.
- Gecgel, U., Demirci, M., Esendal, E., Tasan, M., 2007. Fatty acid composition of the oil from developing seeds of different varieties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84: 47-54.
- Ghiyasi, M., Rezaee Danesh, Y., Amirnia, R., Najafi, S., Mulet, J.M., Porcel, R., 2023. Foliar applications of ZnO and its nanoparticles increase safflower (*Carthamus tinctorius* L.) growth and yield under water stress. *Agronomy*, 13: 192.
- Gianquinto, G., Abu-Rayyan, A., Di Tola, L., Piccotino, D., Pezzarossa, B., 2000. Interaction effects of phosphorus and zinc on photosynthesis, growth, and yield of dwarf bean grown in two environments. *Plant and Soil*, 220(1/2): 219-228.
- Grewal, H.S., Graham, R.D., Stangoulis, J., 1998. Zinc-boron interaction effects in oilseed rape. *Journal of Plant Nutrition*, 21(10): 2231-2243.
- Gulmezoglu, N., Aytac, Z., 2016. The influences of various zinc applications on seed yield and zinc uptake of Safflower. *Journal of Soil Water*, 5(2): 11-17.
- Hatipoğlu, H., Arslan, H., Karakuş, M., Köse, A., 2012. Şanlıurfa koşullarında farklı aspir çeşitlerinin (*Carthamus tinctorius* L.) uygun ekim zamanlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1): 1-16.
- Hemantaranjan, A., Grag, O.K., 1998. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum aestivum*. *Journal of Plant Nutrition*, 11(6-11): 1439-1450.
- Hidoto, L., Worku, W., Mohammed, H., Bunyamin, T., 2017. Effects of zinc application strategy on zinc content and productivity of chickpea grown under zinc deficient soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17.
- Hiwale, S.D., Chorey, A.B., Deshmukh, M.R., 2022. Balanced crop nutrition to optimized productivity and quality of safflower under rainfed condition. *Advances in Agricultural and Horticultural Sciences*, 125.
- Hosseni, S.M., Maftoun, M., Karimian, N., Rounaghi, A., Emam, Y., 2007. Effect of zinc×boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of corn. *Journal of Plant Nutrition*, 30: 773-781.
- Johnson, R.C., Bergman, J.W., Flynn, C.R., 1999. Oil and meal characteristics of core and non-core safflower accessions from the USDA collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46: 611-618.
- Kaya, C., Higgs, D., 2002. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. *Scientia Horticulturae*, 93: 53-64.
- Keleş, R., 2011. Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim, verim unsurları ve kalite üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Keyvanoğlu, H., 2015. Ankara Ekolojik koşullarında bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) genotiplerinin tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir.
- Kheirizadeh-Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Seyed Sharifi, R., 2016. Bio fertilizers and zinc effects on some physiological parameters of triticale under water limitation condition. *Journal of Plant Interactions*, 11(1): 167-177.
- Khoshgoftarmansh, A.H., Schulin, S., Chaney, R.L., Daneshbakhsh, B., Afyuni, M., 2010. Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review. *Agronomy Sustainable*, 30: 83-107.

- Kıllı, F., Ermiş, H., 2009. Kahramanmaraş Koşullarında farklı miktarlarda ve zamanlarda uygulanan azotun aspirde (*Carthamus tinctorius* L.) tohum verimi, verim unsurları ve tohumun makro-mikro element içeriğine etkisi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*, 19-22 Ekim, Hatay, pp. 107-110.
- Kızılgeçi, F., Akıncı, C., Albayrak, Ö., Yıldırım, M., 2017. Tritikale hatlarında bazı fizyolojik parametrelerin verim ve kalite özellikleriyle ilişkilerinin belirlenmesi. *Iğdır Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1): 337-344.
- Kirkby, E.A., 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants third edition foreword. In marschner's mineral nutrition of higher plants, 3rd edn., Academic Press: Cambridge, MA, USA.
- Kirkby, E.A., Nikolic, M., White, P.J., Xu, G., 2023. Mineral nutrition, yield, and source-sink relationships. In Marschner's Mineral Nutrition of Plants; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, pp. 131-200.
- Kolsarıcı, O., Ekiz, E., 1983. Yerli ve yabancı kökenli aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin önemli tarımsal özellikleri üzerine araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Korkmaz, K., Akgun, M., Ozcan, M.M., Ozkutlu, F., Kara, S.M., 2021. Interaction effects of phosphorus (P) and zinc (Zn) on dry matter, concentration and uptake of P and Zn in chia. *Journal of Plant Nutrition*, 44(5):755- 764.
- Köse, A., Önder, O., Bilir, Ö., Kosar, F., 2018. Application of multivariate statistical analysis for breeding strategies of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 23(1): 12-19
- Kumar, T., Smmauria, R., Pareek, B.L., 2011. Response of barley (*Hordeum vulgare*) to phosphorus and zinc application under irrigated conditions of hyper arid plains of Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81(7): 662-625.
- Kurt, O., Çelik, N., Göre, M., Hacıkamiloğlu, M.S., Özyılmaz, T., Şenel, A.A., 2017. Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının ham yağ oranları ve yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(Özel Sayı): 206-210.
- Kutsenkova, V.S., Nepovinnikh, N.V., Guo, Q., 2020. Using of safflower seeds as a protein fortifier for shortbread. *Food Hydrocolloids*, 105: 105808.
- Liu, L., Guan, L., Wu, Wang, L., 2016. A review of fatty acids and genetic characterization of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil. *Organic Chemistry: Current Research*, 5.
- Malek, H.A., Ferri, F., 2014. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on safflower yield in dry land conditions. *International Journal of Agricultural Research*, 1: 28-33.
- Mandal, B., Hazra, G.C., Mandal, L.N., 2000. Soil management influence on zinc adsorptions for rice and maize nutrition. *Soil Science Society of America Journal*, 64(5): 1699-1705.
- Manvelian, J., Weisany, W., Nar, T., Jabbari, H., Diyanat, M., 2021. Physiological and biochemical response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars to zinc application under drought stress. *Industrial Crops and Products*, 172: 114069.
- Maqbool, R., Alawadi, H.F.N., Khan, B.A., Nadeem, M.A., Mahmood, A., Javaid, M.M., Syed, A., Ahmad, W., Ali, B., 2023. Exploring the effect of zinc and boron application on oil contents, protein contents, growth and yield of sunflower. *Semina: Ciencias Agrarias*, 44: 1353-1374.
- Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. *Annals of Botany*, 78(4): 527-528.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., 2001. Principles of plant nutrition. 5th Edn., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Mirzapour, M.H., Khoshgoftar, A.H., 2006. Zinc application effects on yield and seed oil content of sunflower grown on a saline calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition* 29(10):1719–1727.
- Movahhed, S.S., Khomari, S., Sheikhzadeh, P., Alizadeh, B., 2020. Effects of drought stress and foliar application of boron and zinc on yield and some agronomic and morphological traits of spring type safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*, 11(4): 1275-1291.
- Movahhedy-Dehnavy, M., Modarres-Sanavy, A.M., Mokhtassi-Bidgoli, A., 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Industrial Crops and Products*, 30(1): 82–92.
- Naghavi, M.R., 2012. Effects of planting populations on yield and yield components of safflower in different weed competition treatments. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(1): 481-483.
- Okçu, M., Tozlu, E., Dizikisa, T., Kumluay, A.M., Pehlivan, M., Kaya, C., 2010. Erzurum sulu koşullarında bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41.
- Oruç, H., 2014. Seçilmiş bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarından Tokat şartlarında ümitvar çeşit adaylarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Ova, E.A., Kutman, U.B., Ozturk, L., Cakmak, I., 2015. High phosphorus supply reduced zinc concentration of wheat in native soil but not in autoclaved soil or nutrient solution. *Plant and Soil*, 393(1-2): 147–162.
- Öztürk, F., 2019. Response of sowing time on the seed yield traits, yield and quality of safflower genotypes in southeastern Anatolia. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(3): 2141-2152.
- Öztürk, Ö., Akın erdem, F., Gönülal, E., 2000. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)’de farklı ekim zamanı ve sıra aralığının verim ve verim öğelerine etkisi, *Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(21): 142-152.
- Öztürk, Ö., Uyanöz, R., Çetin, Ü., Ada, R., 2009. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)’de azotlu gübre form ve uygulama zamanlarının verim ve verim unsurlarına etkileri, *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*, 19-22 Ekim, Hatay, s.183-187.
- Polat, T., 2007. Farklı sıra aralıkları ve azot seviyelerinin kuru şartlarda yetiştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinin verim ve verim unsurları üzerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Qamari, P., Shekari, F., Afsahi, K., Tavakoli, A., Samimifard, R., Shekari, K., Mastinu, A., 2023. Response of wheat cultivars to zinc application for seed yield and quality improvement. *Journal of Agricultural Science*, 161: 549–562.
- Rahmani, F., Sayfzadeh, S., Jabbari, H., Valadabadi, S.A., Masouleh, E.H., 2019. Alleviation of drought stress effects on safflower yield by foliar application of zinc. *International Journal of Plant Production*, 13: 297–308.
- Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N., Dharmatti, P.R., 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 21(3): 382–385.
- Saha, B., Saha, S., Saha, R., Hazra, G.C., Mandal, B., 2015. Influence of Zn, B and S on the yield and quality of groundnut (*Arachis hypogea* L.). *Legume Research*, 38(6): 832-836.

- Samancı, B., Özkaynak, E., Başalma, D., Uranbey, S., 2001. Ankara ve antalya’da yetiştirilen bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim ve verimle ilgili özellikler üzerine etkileri, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1): 29-32.
- Sanchez-Rodríguez, A.R., Del Campillo, M.C., Torrent, J., 2017. Phosphorus reduces the zinc concentration in cereals pot-grown on calcareous vertisols from southern Spain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(10): 3427–3432.
- Sanchez-Rodríguez, A.R., Rey, M.D., Nechate-Drif, H., Castillejo, M.A., Jorriño, J.V., Torrent, J., Del Campillo, M.C., Sacristán, D., 2021. Combining P and Zn fertilization to enhance yield and grain quality in maize grown on Mediterranean soils. *Scientific Reports*, 11(1): 7427.
- Santos, E.F., Pongrac, P., Reis, A.R., White, P.J., Lavres, J., 2019. Phosphorus–zinc interactions in cotton: Consequences for biomass production and nutrient-use efficiency in photosynthesis. *Physiologia Plantarum*, 166(4): 996–1007.
- Santos, R.F., de Almeida Silva, M., 2015. (*Carthamus tinctorius* L.): Uma alternativa de cultivo para o Brasil. *Acta Iguazu*, 4: 26–35.
- Sayılır, C., Çınar, V.M., Ünay, A., 2019. Determination of yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under Menemen-İzmir ecological conditions. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 29(1): 71–75.
- Shahsavari, N., Jais, H.M., Shirani-Rad, A.H., 2014. Responses of canola oil quality characteristics and fatty acid composition to zeolite and zinc fertilization under drought stress. *International Journal of AgriScience* 4(1): 49–59.
- Sharifi, R.S., Namvar, A., Sharifi, R.S., 2017. Grain filling and fatty acid composition of safflower fertilized with integrated nitrogen fertilizer and biofertilizers. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 52: 236–243.
- Sirel, Z., 2011. Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşit ve hatlarının tarımsal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Soheili-Movahhed, S., Khomari, S., Sheikhzadeh, P., Alizadeh, B., 2019. Improvement in seed quantity and quality of spring safflower through foliar application of boron and zinc under end-season drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 42(8): 942–53.
- Şakir, Ş., Başalma, D., 2005. The Effect of sowing time on yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars and lines. VI. *International Safflower Conference*, 6-10 June, İstanbul, pp. 147-153.
- Şerefioğlu, A.H., 2009. Kahramanmaraş koşullarında farklı sıra üzeri mesafelerinde ekilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinin verimliliği ve yağ asidi kompozisyonu üzerine potasyum uygulamasının etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Taha, M.H., Shalaby, E.A., Nermeen, T.S., 2013. Improving safflower (*Carthamus tinctorius* L.) growth and biological activities under saline water irrigation by using iron and zinc foliar applications. *Journal of Plant Production*, 4(8): 1219-1234.
- Toğay, Y., Anlarsal, A. E., 2008. Farklı çinko ve fosfor dozlarının mercimek (*Lens culinaris* Medic.)’de verim ve verim öğelerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 18(1): 49–59.
- Tonguç, M., Erbaş, S., 2009. Yerli ve yabancı orijinli aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşit ve hatlarının verim ve verim öğelerinin belirlenmesi, *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*, 19-22 Ekim, Hatay, pp. 115-119.

- Tunçtürk, M., 2003. Van ekolojik koşullarında sıra aralığı, azot ve fosfor uygulamalarının Aspirde (*Carthamus tinctorius* L.) verim ve verimle ilgili bazı özellikler üzerine etkileri. Doktora Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Uysal, N., Baydar, H., Erbaş, S., 2006. Isparta popülasyonundan geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1): 52–63.
- Ülgen, N., Yurtsever, N., 1984. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, No: 209.
- Valesco, L., Fernandez-Martinez, J.M., 1999. Screening for low saturated fatty acids in safflower. *Sesame and Safflower Newsletter*, 14: 105–110.
- Vazayefi, M., Shekari, F., Zangani, E., Dolatabadian, A., Janda, T., Mastinu, A., 2023. Seed treatment with chlormequat chloride improves the physiological and biochemical characteristics of *Brassica napus* L. under salt stress. *Plant Stress*, 9: 100175.
- Weiss, E.A., 2000. Castor, Sesame And Safflower. Barnes and Noble Inc. New York, USA.
- Yalçın, S.R., Usta, S., 1990. Çinko uygulamasının mısır bitkisinin gelişmesi ile çinko, demir, mangan ve bakır kapsamları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 41(1-2): 195–204.
- Yasmin, H., Mazher, J., Azmat, A., Nosheen, A., Naz, R., Hassan, M.N., Noureldeen, A., Ahmad, P., 2021. Combined application of zinc oxide nanoparticles and biofertilizer to induce salt resistance in safflower by regulating ion homeostasis and antioxidant defence responses. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 218: 112262.
- Yau, S.K., 2006. Winter versus spring sowing of rain-fed safflower in a semiarid, high-elevation mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 26: 249–256.
- Yılmazlar, B.Y., Bayraktar, N., 2008. Konya şartlarında farklı ekim zamanlarının bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde önemli tarımsal karakterler üzerine ve verime etkisi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmazlar, B., Bayraktar N., 2009. Konya şartlarında farklı ekim zamanlarının bazı aspir çeşitlerinde önemli tarımsal karakterler üzerine ve verime etkisi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*, 19-22 Ekim, Hatay, s. 172-177.
- Zulfiqar, F., Navarro, M., Ashraf, M., Akram, N.A., Munn'e-Bosch, S., 2019. Nanofertilizer use for sustainable agriculture: advantages and limitations. *Plant Science*, 289: 110270.

Atıf Şekli: Daniş, M., Öztürk, F., 2025. Farklı Dozlarda Çinko Uygulamasının Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Genotiplerinde Verim ve Yağ Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 10(3): 530–552.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.16976403>.

To Cite: Daniş, M., Öztürk, F., 2025. Determination of the Effects of Zinc Application at Different Doses on Yield and Oil Quality in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Genotypes. *MAS Journal of Applied Sciences*, 10(3): 530–552.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.16976403>.
