



Aspir Bitkisinde Kuraklık Stresi ve Yönetim Stratejileri

Hasan KOÇ^{1*}

¹Tarla Bitkileri Bölümü, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Konya, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1728-070X>

*Sorumlu yazar: koc175@hotmail.com

Derleme

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 13.05.2025

Kabul tarihi: 02.10.2025

Online Yayınlanma: 16.03.2026

Anahtar Kelimeler:

Aspir

İslah

Kuraklık

Tohum verimi

Yağ içeriği

ÖZ

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), insan beslenmesi, hayvan yemi ve endüstriyel amaçlar için yağ kaynağı olarak kullanılan çok yönlü bir bitki türüdür. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştirilebilme potansiyeli nedeniyle önem kazanmasına rağmen, kuraklık stresi bu bitkinin büyüme ve gelişmesini kısıtlayan en önemli çevresel faktörlerden biridir. Bu derleme, son yıllarda yapılan araştırmalar doğrultusunda aspirin kuraklık stresine karşı verdiği fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal tepkileri ele almaktadır. Kuraklık koşullarında bitki boyu, yaprak alanı, biyokütle üretimi, klorofil içeriği ve fotosentez hızı gibi parametrelerde belirgin azalmalar gözlenmektedir. Ayrıca, kuraklığa bağlı olarak tohum verimi ve yağ içeriğinde azalma genotipe bağlı olarak farklılık göstermektedir. linoleik asit oranı azalırken oleik, palmitik ve stearik asit oranlarında artışlar meydana gelmektedir. Bu değişiklikler, bitkinin gelişim dönemleri, genetik yapısı ve çevresel koşullarla yakından ilişkilidir. Aspirin kuraklık stresine adaptasyon mekanizmaları arasında osmoprotektanların (prolin vb.) birikimi, antioksidan enzim aktivitelerinin artışı, kök sisteminin gelişimi ve stresle ilişkili genlerin ekspresyonunda değişiklikler yer almaktadır. Kuraklık stresi, özellikle fide devresi ve tohum doldurma döneminde, aspirin büyümesini ve hayatta kalmasını sınırlayan başlıca faktörlerden biridir. Bu mekanizmaların daha iyi anlaşılması, kuraklığa dayanıklı aspir genotiplerinin geliştirilmesine ve tarımsal yönetim stratejilerinin optimize edilmesine katkı sağlayacaktır. Derlemede ayrıca, genomik ve biyoteknolojik yaklaşımların aspir ıslah programlarında kullanımının önemine dikkat çekilmekte ve su stresi altındaki üretimi artırmaya yönelik öneriler sunulmaktadır.

Drought Stress and Management Strategies in Safflower

Reviews

Article History:

Received: 13.05.2025

Accepted: 02.10.2025

Published online: 16.03.2026

Keywords:

Safflower

Breeding

Drought

Seed Yield

Oil Content

ABSTRACT

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a multipurpose oilseed crop valued for its applications in human nutrition, animal feed, and various industrial sectors. Its ability to grow under arid and semi-arid conditions enhances its agricultural significance; however, drought stress is a major abiotic constraint that severely limits its growth, development, and productivity. This review synthesizes recent findings on the physiological, morphological, and biochemical responses of safflower to drought stress. Under water-deficit conditions, notable reductions occur in plant height, leaf area, biomass accumulation, chlorophyll content, and photosynthetic efficiency. Additionally, drought-induced declines in seed yield and oil content have been shown to vary across genotypes. Linoleic acid levels typically decrease, whereas oleic, palmitic, and stearic acid concentrations tend to increase under

drought stress, reflecting genotype-specific metabolic adjustments. Key adaptive mechanisms in safflower include the accumulation of osmoprotectant (e.g., proline), up regulation of antioxidant enzyme activities, modifications in root system architecture, and alterations in the expression of stress-responsive genes. The seedling and seed-filling stages are identified as particularly sensitive to drought, highlighting critical windows for intervention. A comprehensive understanding of these mechanisms will facilitate the development of drought-tolerant genotypes and inform the refinement of agronomic management practices. Furthermore, the integration of genomic and biotechnological tools into breeding programs is emphasized as a promising strategy to enhance safflower productivity under water-limited environment.

To Cite: Koç H. Aspir Bitkisinde Kuraklık Stresi ve Yönetim Stratejileri. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2026; 9(2): 1166-1175.

1. Giriş

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), kuraklık, tuzluluk ve düşük sıcaklık gibi abiyotik stres koşullarına toleransı sayesinde, gıda, tıbbi ve endüstriyel alanlarda, hayvan yemi olarak ve süs bitkisi şeklinde çok yönlü kullanım potansiyeline sahip önemli bir yağ bitkisidir (Janmohammadi, 2015).

Kurak ve yarı kurak iklimlerde yetiştirilebilme özelliği, onu bu bölgeler için stratejik bir tarım ürünü haline getirmektedir (Janmohammadi, 2015; Koç, 2025). Ayrıca, derin kök sistemi sayesinde toprak yapısını iyileştirme ve besin döngüsüne katkı sağlama potansiyeli ile tarımda münavebe bitkisi olarak da önem kazanmaktadır (Dajue ve Mündel, 1996).

Kuraklık stresi, tarımsal verimliliği sınırlayan temel çevresel stres etmenlerinden biridir. Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak artan evapotranspirasyon oranları, kuraklık stresinin hem yoğunluğunu hem de görülme sıklığını artırmaktadır (Lobell ve ark., 2018). Bu durum Orta Anadolu Bölgesi gibi aspir tarımı açısından kritik öneme sahip alanlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Koç, 2025). Türkiye’de özellikle kuru tarım koşullarında yetiştirilen aspir, ilkbahar döneminde meydana gelen kuraklıklardan ciddi şekilde etkilenmekte ve bu durum verim kayıplarına yol açmaktadır (Koç, 2020).

Bitkilerin su stresine verdikleri tepkiler oldukça karmaşıktır ve bu tepkiler; kuraklık stresinin süresi ve şiddeti, bitkinin gelişim evresi, daha önce maruz kaldığı çevresel koşullar ve bu unsurların etkileşimiyle şekillenir (Farahani ve ark., 2011). Genotiplerin su yetersizliğine verdikleri tepkiler, stresin şiddeti ve süresinin yanı sıra, stresin bitkinin hangi gelişim döneminde meydana geldiğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu bağlamda, kuraklık stresinde sürenin, stresin yoğunluğuna kıyasla daha belirleyici bir etmen olduğu özellikle vurgulanmalıdır (Nargeseh ve ark., 2020).

Kuraklık toleransı, mahsullerde eklemeli etkilere sahip çoklu genler tarafından kontrol edilmektedir. Bu genler, aynı zamanda verim potansiyelini belirleyen genlerle ilişkili olduğundan, kuraklık toleransında istenen düzeyde ilerleme sağlanmasını sınırlayabilir (Bahrami ve ark., 2014). Bu durum, bitki ıslahçıları ve agronomistleri, kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve tarımsal uygulamaların optimize edilmesi yönünde teşvik etmektedir (Mosupiemang ve ark., 2022).

Bitkiler, kuraklık stresine karşı koyabilmek için morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde bir dizi adaptif yanıt geliştirmiştir (Claeys ve Inzé, 2013). Bu yanıtlar arasında stomaların kapanması, hücrel

adaptasyonlar, membran bütünlüğünün korunması, karbon fiksasyon hızının ayarlanması, reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonu, stresle ilgili genlerin indüklenmesi ile osmoprotektanlar, bitki hormonları, enzimatik antioksidanlar ve koruyucu proteinlerin üretimi yer almaktadır (Hossain ve ark., 2016).

Kuraklık stresine dayanıklı bitkiler, su stresine karşı fizyolojik adaptasyonun bir parçası olarak, osmotik dengeyi korumaya ve hücresel zararı azaltmaya yönelik spesifik metabolitleri (örneğin prolin, şekerler, poliaminler) doğal yollarla sentezleyip biriktirebilirken; bazı duyarlı bitkiler bu metabolik yanıt mekanizmalarına sahip değildir (Seki ve ark., 2007).

Bu derlemede, aspir bitkisinin kuraklık stresine karşı verdiği fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler yanıtlar ile birlikte, kuraklık yönetim stratejileri ele alınmıştır.

2. Kuraklık Stresinin Aspir Bitkisinin Büyüme, Verim ve Yağ Kalitesi Üzerine Etkileri

2.1. Bitki Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri

2.1.1. Bitki Boyu ve Biyokütle Üretimi

Kuraklık stresi, aspir bitkisinde boy uzunluğunu ve biyokütle üretimini önemli ölçüde azaltmaktadır (Kazemeini ve ark., 2015; Aeni ve ark., 2018). Nitekim, optimum yağış koşullarında bitki boyu 80-120 cm ulaşırken, kuraklık stresi koşullarında 20-30 cm kadar düşmektedir (Şekil 1).

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisi, 2–3 metreye kadar ulaşabilen derin kök sistemi sayesinde toprakta depolanmış suyu kullanarak kuraklık koşullarına karşı yüksek düzeyde tolerans gösterebilmektedir (Lovelli ve ark., 2007). Ancak fide döneminde kök gelişimi henüz sınırlı olduğundan, bitki bu dönemde kuraklık stresine karşı oldukça hassastır. Koç (2019), aspir genotiplerinin rozet döneminde kök uzunluğunun 8 cm ile 11,5 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Kuraklık koşullarında ise kök uzunluğu bu değerlere dahi ulaşamamakta; kök ve sürgün kuru maddesi ile genel büyüme oranında azalma meydana gelmektedir (Hojati ve ark., 2011). Ayrıca, kök uzaması döneminde yaşanan düşük yağış miktarının tohum verimini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir (Uslu ve ark., 2002). Kök gelişimi, su stresine adaptasyonda kritik bir rol oynar; uzun ve ince kökler, derin toprak katmanlarından su alımını kolaylaştırarak bitkinin kuraklığa dayanımını artırır (Hojati ve ark., 2011; Aroca, 2012).



(a) **(b)**
Şekil 1. Optimum koşullarda aspirin parseli (a), kuraklık stresine maruz kalmış parsel (b)

2.1.2. Yaprak Özellikleri ve Fotosentetik Verimlilik

Yaprak alanı, fotosentez ve fotosentat birikimi açısından kritik bir özelliktir. Geniş ve yüksek klorofil içeriğine sahip bitkiler daha fazla fotosentat biriktirerek yüksek biyokütle üretimi sağlar (Refay ve ark., 2013). Kuraklık stresi, yaprak sayısı, boyutu, rengi ve canlılığını olumsuz etkileyerek aspirin bitkilerinde daha küçük, kuru yapraklar ve ince gövdeler oluşmasına neden olur (Hossain ve ark., 2016). Klorofil içeriği, fotosentez oranı ve kuru madde üretiminin belirlenmesinde önemlidir (Amini ve ark., 2013). Kuraklık stresi, aspirin yaprak klorofil içeriğini düşürür (Chavoushi ve ark., 2019). Ancak klorofil içeriğindeki azalma, tek başına kuraklığa dayanıklı genotiplerin seçimi için yeterli olmayıp diğer tolerans indeksleriyle birlikte kullanılmalıdır (Mosupiemang ve ark., 2022). Kuraklık, stoma kapanmasına yol açarak terleme ve CO₂ girişini sınırlar; bu da fotosentetik oranları düşürür ve karbon asimilasyonunu kısıtlar (Chaves, 2002; Cruz, 2008). Aspirde kuraklık, fotosentez yeteneğini azaltır ve bu azalma genotiplere göre değişir (Kazemeini ve ark., 2015).

2.2. Tohum Verimi ve Yağ Kalitesine Etkileri

Kuraklık, aspirde tohum verimini önemli ölçüde azaltmaktadır (Koç, 2020). Özellikle erken fide devresi, çiçeklenme ve tohum doldurma dönemlerindeki su stresi, tabla büyüklüğünü, tohum sayısını ve bin tane ağırlığını olumsuz etkiler (Eslam, 2011; Koç, 2020). Yağ içeriği ve yağ asidi kompozisyonu da kuraklıktan etkilenir. Kuraklık, linoleik asit içeriğini azaltırken, oleik ve palmitik asit oranlarını artırabilir (Yeilaghi ve ark., 2012; Joshan ve ark., 2019). Bu durum, aspir yağının endüstriyel ve besinsel kalitesini değiştirebilir.

3. Aspir Bitkisinin Kuraklık Tolerans Mekanizmaları

3.1. Osmoprotektan Birikimi

Kuraklık koşullarında bitkiler, su kaybını azaltmak için prolin, şekerler ve betainler gibi osmoprotektanları biriktirerek hücrelerin su potansiyelini korur (Hossain ve ark., 2016; Ahmad ve ark., 2008). Prolin, hücre zarının bütünlüğünü destekler, reaktif oksijen türlerini (ROS) azaltır ve enzimlerin yapısını stabilize eder (Farooq ve ark., 2009). Asperde kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin kök ve yapraklarında prolin seviyeleri önemli ölçüde artmıştır ve bu artış genotipler arasında farklılık göstermektedir (Chavoushi ve ark., 2019; Amini ve ark., 2018).

3.2. Antioksidan Savunma Sisteminin Aktivasyonu

Kuraklık, bitkilerde ROS (Reaktif oksijen türleri) birikimine yol açar. Aspir bitkisi, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) gibi antioksidan enzimleri aktive ederek oksidatif stresi minimize eder (Javed ve ark., 2013; Mohammadi ve ark., 2016).

3.3. Moleküler Düzeyde Adaptasyon

Kuraklıkla ilişkili genler (örn. FAD2, LEA proteinleri) ve transkripsiyon faktörleri (örn. DREB, NAC), aspir bitkisinin stres toleransını düzenler.

Genom çapında ilişkilendirme çalışmaları ile kuraklıkla ilişkili 66 moleküler markör belirlenmiştir (Hassani ve ark., 2024). Genel olarak, asperde kuraklığa toleransın moleküler mekanizmaları hala büyük ölçüde bilinmemektedir (Mosupiemang ve ark., 2022).

4. Kuraklık Stresinin Yönetim Stratejileri

4.1. Genetik İyileştirme ve Islah Çalışmaları Kuraklığa Toleranslı Çeşit Geliştirme

Geleneksel ıslah ve moleküler markör destekli seleksiyon (MAS) yöntemleri kullanılarak dayanıklı genotipler geliştirilebilir. Osmoprotektan sentezini artıran genlerin (örn. P5CS geni) aktarılması kuraklık toleransını iyileştirebilir (Ashraf, 2010).

4.2. Optimum Ekim Zamanı ve Bitki Sıklığı

Kuraklık riskinin düşük olduğu dönemlerde ekim yapılmalıdır. Kurak koşullarda yağışın çimlenme ve çıkış için önemli bir sınırlayıcı faktör olması nedeniyle uygun ekim zamanı belirlenmelidir. Bitki boyu ve %50 çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı erken ekimde daha yüksekken, ekim tarihi geciktikçe azalmaktadır (Koç, 2019a). Özellikle ciddi bahar kuraklığının yaşandığı bölgelerde aspirin kışlık ürün olarak ekilmesi kuraklığa tolerans açısından önemli avantajlar sağlayacaktır. Aspir çeşitleri kışa rozet formda girdikleri zaman, kar örtüsü olmadan -12 C° ye kadar dayanabilmektedir (Koç, 2019b).

4.3. Mikro Besin Uygulamaları

Çinko, bor ve demir gibi elementler, bitki büyümesini ve antioksidan kapasiteyi artırır (Soheili-Movahhed ve ark., 2019). Kuraklık stresi altındaki aspir bitkilerinde Zn ve NPK kullanımı biyokütleyi, bitki başına tabla sayısını ve diğer tohum verim bileşenlerini artırmıştır (Ghiyasi ve ark., 2023). Yapılan çalışmalar çinko ve demirin birlikte uygulamasının aspir büyümesini artırdığını ve tohum verimini iyileştirdiğini göstermektedir (Janmohammadi ve ark.,2023). Bu bulgular, mikro besinlerin hem kuraklık toleransının artırılmasında hem de verim ve kalite optimizasyonunda önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır

4.4. Sulama Yönetimi

Kritik büyüme dönemlerinde (erken fide, çiçeklenme ve tohum dolum) sınırlı sulama verimi koruyabilir (Emongor, 2010). Öztürk ve ark.,(2009), aspir çeşitleriyle yürüttükleri çalışma neticesinde, sapa kalkma ve çiçeklenme öncesi iki kez sulama ile tohum verimi ve yağ veriminde önemli artışlar tespit etmişlerdir.

4.5. Biyostimulant ve Hormon Uygulamaları

Salisilik asit, putresin ve sodyum nitroprussid gibi sinyal molekülleri, aspir bitkisinin kuraklık toleransını artırabilir (Chavoushi ve ark., 2019).

5. Sonuç ve Gelecek Perspektifler

Aspir bitkisi, kuraklık stresine karşı belirli düzeyde direnç gösterebilse de, bu stres büyüme, çiçeklenme, dane dolumu ve yağ içeriği gibi önemli tarımsal özellikleri olumsuz etkilemektedir. Kuraklık, özellikle oleik ve linoleik asit oranlarında değişikliklere neden olarak yağ kalitesini de düşürebilir. Kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, moleküler ıslah tekniklerinin kullanımı ve tarımsal uygulamaların optimizasyonu, aspir üretiminin sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir. Yapılan çalışmalar, asprde kuraklığa karşı gelişen tolerans mekanizmalarının osmoprotektanların üretimi, antioksidan sistemlerin aktivasyonu ve transkripsiyon faktörlerinin devreye girmesi gibi karmaşık ve çok yönlü olduğunu göstermektedir. Ancak bu moleküler savunma sistemlerinin birçoğu halen yeterince anlaşılmamıştır.

Gelecek çalışmalarda, genom düzenleme ve yüksek verimli fenotipleme teknolojileri kullanılarak aspir bitkisinin kuraklık tolerans mekanizmaları daha detaylı incelenmelidir. Ayrıca, iklim-akıllı tarım uygulamaları ve su kullanım verimliliğini artıran agronomik stratejiler geliştirilmelidir. Kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi için genomik, proteomik ve transkriptomik yaklaşımların kullanılması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, marker destekli seleksiyon ve transgenik yöntemlerle yapılacak çalışmalar aspir ıslah programlarını ileriye taşıyabilir.

Tarla koşullarında birden fazla stres faktörünün aynı anda etkili olabileceği göz önüne alındığında, bu tür stres kombinasyonlarını da dikkate alan kapsamlı araştırmalar yapılmalıdır. Sonuç olarak, kuraklığa

toleranslı aspir genotiplerinin geliştirilmesi ve üretime kazandırılması, sürdürülebilir tarım açısından stratejik bir öneme sahiptir.

6. Tavsiyeler

Kuraklığa Toleranslı Genotiplerin Kullanımı: Kuraklığa dayanıklı aspir genotiplerinin üretime kazandırılması ve yaygınlaştırılması, iklim değişikliğine karşı adaptasyon için önceliklidir.

Agronomik Uygulamalar: Ekim zamanı, toprak işleme ve sulama stratejilerinin kuraklık riskine göre optimize edilmesi önerilmektedir.

Islah Çalışmaları: Kuraklığa dayanıklı ve yüksek yağ içeriğine sahip genotiplerin belirlenmesi ve bu özelliklerin birleştirilmesi için moleküler ve klasik ıslah yöntemleri entegre edilmelidir.

Uzun Dönemli Denemeler: Farklı bölgelerde, farklı iklim koşullarında uzun süreli çok lokasyonlu araştırmalara ihtiyaç vardır.

Tarım Politikaları ve Teşvikler: Kuraklığa dayanıklı bitkilerin desteklenmesi için politikalar geliştirilerek, çiftçilere tohum, danışmanlık ve finansman desteği sağlanmalıdır.

Kaynakça

- Aeini M., Abad HS., Yousefidad M., Heravan EM., Madani H. Effect of seed priming on morphological and biochemical characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) under drought stress. *Crop Research* 2018; 53(1): 45–52.
- Ahmad P., John R., Sarwat M., Umar S. Responses of proline, lipid peroxidation and antioxidative enzymes in two varieties of *Pisum sativum L.* under salt stress. *International Journal of Plant Production* 2008; 2(4): 353-366.
- Amini H., Arzani A., Bahrami F. Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit stress. *International Journal of Plant Production* 2013; 7(3): 597–614.
- Aroca R. Plant responses to drought stress: From morphological to molecular features. Springer; 2012.
- Ashraf M. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances* 2010; 28(1): 169–183.
- Bahrami F., Arzani A., Karimi V. Evaluation of yield-based drought tolerance indices for screening safflower genotypes. *Agronomy Journal* 2014; 106(4): 1219–1224.
- Chaves MM., Pereira JS., Maroco J., Rodrigues ML., Ricardo CPP., Osrio ML, Carvalho I., Faria T., Pinheiro C. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 2002; 89(7): 907-916.
- Chavoushi M., Najafi F., Salimi A., Angaji SA. Improvement in drought stress tolerance of safflower during vegetative growth by exogenous application of salicylic acid and sodium nitroprusside. *Industrial Crops and Products* 2019; 134: 168–176.
- Claeys H., Inzé D. The agony of choice: How plants balance growth and survival under water-limiting conditions. *Plant Physiology* 2013; 162(4): 1768–1779.

- Cruz De., Carvalho MH. Drought stress and reactive oxygen species: production scavenging and signaling. *Plant Signaling and Behavior* 2008; 3: 156-165.
- Dajue L., Mundel HH. Safflower, *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, 1996, Rome, Italy.
- Emongor V. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.): The underutilized and neglected crop: A review. *Asian Journal of Plant Sciences* 2010; 9(6): 299–306.
- Eslam BP. Evaluation of physiological indices for improving water deficit tolerance in spring safflower. *Journal of Agricultural Science and Technology* 2011; 13(3): 327–338.
- Farahani SM., Chaichi MR., Mazaheri D., Afshari RT. Barley grain mineral analysis as affected by different fertilizing systems and by drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology* 2011; 13: 315–326.
- Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra SMA. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 2009; 29: 185–212.
- Ghiyasi M., Rezaee Danesh Y., Amirnia R., Najafi S., Mulet JM., Porcel R. Foliar applications of ZnO and its nanoparticles increase safflower (*Carthamus tinctorius* L.) growth and yield under water stress. *Agronomy* 2023; 13(1) :192.
- Hassani SMR., Pourdard SS., Naji AM., Fayaz F., Pirseyedi SM., Sheikhezadeh Anari S., Talebi R. Genome-wide association mapping in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for genetic dissection of drought tolerance using DArTseq markers. *Scientific Reports* 2024; 14(1): 31-49.
- Hojati M., Modarres-Sanavy S., Karimi M., Ghanati F. Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 2011; 33(1): 105–112.
- Hossain MA., Wani SH., Bhattacharjee S., Burrit DJ., Tran LP. Drought stress in plants. Volume 2: Molecular and genetic perspectives. 2016. Springer.
- Hussain MI., Lyra DA., Farooq M., Nikoloudakis N., Khalid N. Salt and drought stresses in safflower: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 2016; 36: 1–31.
- Janmohammadi M. Evaluation of the impact of chemical and biological fertiliser application on agronomical traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences* 2015; 69(6): 331–335.
- Janmohammadi M., Sabaghnia N. Effects of foliar spray of nano-micronutrient and growth regulators on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) performance. *Plant Nano Biology* 2023; 5: 100045.
- Javed S., Ashraf M., Mahmood S., Burkhari S., Meraj M., Perveen A. Comparative evaluation of biochemical changes in different safflower varieties (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit. *Journal of Food Processing and Technology* 2013; 4(10).

- Joshani Y., Sani B., Jabbari H., Mozafari H., Moaveni P. Effect of drought stress on oil content and fatty acids composition of some safflower genotypes. *Plant, Soil and Environment* 2019; 65(11): 563–567.
- Kazemeini SA., Mohamadi S., Pirasteh-Anosheh H. Growth and photosynthesis responses of safflower cultivars to water stress at two developmental stages. *Biological Forum - An International Journal* 2015; 7(2): 923–929.
- Koç H. Determination of optimum sowing dates of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in dry conditions. *Fresenius Environmental Bulletin* 2019a; 28: 6453–6459.
- Koç H. Relationships between survival in winter colds and some morphological and technological characteristics in safflower genotypes. *Genetika* 2019b; 51(2): 525–537.
- Koç H. Effects of seedling stage drought on seed yield, oil rate and oil yield in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *KSU Agriculture and Nature Journal* 2020; 23(6): 1626–1633.
- Koç H. The effects of seasonal climate change on the safflower genotypes productivity under Central Anatolian conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 2025; 102(2): 295–304
- Lobell DB., Burke MB., Tebaldi C., Mastrandrea MD., Falcon WP., Naylor RL. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 2018; 319(5863): 607–610.
- Lovelli S., Perniola M., Ferrara A., Di Tommaso T. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agricultural Water Management* 2007; 92(1): 73–80.
- Mohammadi M., Ghassemi-Golezani K., Zehtab-Salmasi S., Nasrollahzade S. Assessment of some physiological traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under water stress. *International Journal of Life Sciences* 2016; 10(1): 58–64.
- Mosupiemang M., Emongor VE., Malambane G. A review of drought tolerance in safflower. *International Journal of Plant and Soil Science* 2022; 34(10): 140–149.
- Nargeseh HE., Aghaalkhani M., Rad AS., Mokhtassi Bidgoli A., Sanavy SM. Comparison of 17 rapeseed cultivars under terminal water deficit conditions using drought tolerance indices. *Journal of Agricultural Science and Technology* 2020; 22(2): 489–503.
- Öztürk Ö., Ada R., Akınerdem F. Bazı aspir çeşitlerinin sulu ve kuru koşullarda verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 2009; 23(50): 16-27.
- Refay YA., Alderfasi AA., Selim MM., Awad K. Evaluation of variety, cropping pattern and plant density on growth and yield production of grain sorghum-cowpea under limited water supply condition growth, yield, and yield component characters of sorghum. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 2013; 2(3): 24-29.
- Seki M., Umezawa T., Urano K., Shinozaki K. Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Current Opinion in Plant Biology* 2007; 10: 296–302.

- Soheili-Movahhed S., Khomari S., Sheikhzadeh P., Alizadeh B. 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* 2019; 42(8): 942–953.
- Uslu N., Tutluer I., Taner Y., Kunter B., Sagel Z., Peskircioglu H. Effects of temperature and drought stress during elongation and branching on development and yield of safflower. *Sesame and Safflower Newsletter* 2002; 17: 101–106.
- Yeilaghi H., Arzani A., Ghaderian M., Fotovat R., Feizi M., Pourdad SS. Effect of salinity on seed oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Food Chemistry* 2012; 130(3): 618–625.