

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA  
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN**

*Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*  
ISSN: 2667-8764 , 1(2), 228-235 , 2019  
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

**Derleme Makalesi / Review Article**

## **Gübre Uygulamalarının Ayçiçeğinin Kuraklık Toleransına Etkisi**

Uğur SEVİLMİŞ<sup>1\*</sup>, Deniz SEVİLMİŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana, 01375, Türkiye.

<sup>2</sup> Yağlı Tohumlar Araştırma Enstitüsü, Osmaniye, 80950, Türkiye.

<b>Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)</b>	<b>Makale Süreci / Article Process</b>	
<b>*Sorumlu Yazar / Corresponding author:</b> <a href="mailto:sevilmissugur@yahoo.com">sevilmissugur@yahoo.com</a>	<b>Geliş Tarihi / Received Date :</b>	23.10.2019
 <a href="https://orcid.org/0000-0003-3820-8387">https://orcid.org/0000-0003-3820-8387</a> , U. Sevilmiş	<b>Revizyon Tarihi / Revision Date :</b>	12.11.2019
 <a href="https://orcid.org/0000-0003-3030-3160">https://orcid.org/0000-0003-3030-3160</a> , D. Sevilmiş	<b>Kabul Tarihi / Accepted Date :</b>	18.11.2019
	<b>Yayın Tarihi / Published Date :</b>	15.12.2019
<b>Alıntı / Cite :</b> Sevilmiş, U., Sevilmiş, D. (2019). Gübre Uygulamalarının Ayçiçeğinin Kuraklık Toleransına Etkisi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 1(2), 228-235.		

### **Özet**

Türkiye’de üretimi en çok yapılan yağlı tohumlu bitki türü ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)’dir. Kuraklığa orta derecede dayanıklı bir tür olan ayçiçeğinin Türkiye’de üretimi hem sulu hem de yağışa dayalı koşullarda yapılmaktadır. Yağışa dayalı koşullardaki kuraklık, bu türün tohum ve yağ üretiminde azalmaya neden olmaktadır. Kuraklık toleransını iyileştirmek için farklı yönetim stratejileri önerilmiştir. Bunlardan biri olan kurak koşullarda gübreleme düzeyinin artırılması uygulaması, kuru topraklarda topraktan besin elementi alınımının ciddi düzeyde düşmesi durumunda ortaya çıkan besin eksikliğini gidermek ve verimi artırmak için önerilmiştir. İlginç bir şekilde bu duruma ters bir şekilde, ayçiçeği üretiminin sadece yağışa dayalı koşullarda yapıldığı Çukurova’da çiftçilerin, gübre fiyatlarının düşük olduğu yıllarda buğday ekip gübreleme yapması, gübre fiyatlarının yüksek olduğu yıllarda ayçiçeği ekip gübrelemeden kaçınması yaygın bir davranıştır. Bu derlemede, kuraklık stresi altında ayçiçeği gübrelemesi konusunda uluslararası alanda yapılmış çalışmaların detaylı bir incelemesi yapılmış ve Türkiye’deki yağışa dayalı ayçiçeği üretim sahalarında için tavsiyelerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, Ayçiçeği, Gübre, Besin Elementi Alımı.

## ***Effect of Fertilizer Applications on Drought Tolerance of Sunflower***

### **Abstract**

The most cultivated oilseed crop in Turkey is sunflower (*Helianthus annuus* L.). Sunflower, which is a moderately resistant crop to drought, is produced both in rainfed and irrigated conditions in Turkey. Drought in rainfed conditions results with a decrease in grain and oil production of this species. Different management strategies have been proposed

to improve drought tolerance. One of them is increasing the fertilization level in dry conditions, which has been proposed to eliminate the nutrient deficiency and increase the yield by increasing the nutrient uptake from soil in dry conditions. Interestingly, contrary to this situation, in Çukurova region, where sunflower production is carried out only under rainfall conditions, farmers prefer to crop wheat with fertilizer application when fertilizer prices are low but they shift to crop sunflower without fertilization when fertilizer prices are high. In this review, international studies on sunflower fertilization under drought stress was analysed in detail and recommendations were proposed for rainfed sunflower production zones of Turkey.

**Keywords:** Drought, Sunflower, Fertilizer, Nutrient Uptake.

## 1. Giriş

Kuraklık, iklim değişikliği senaryosunda, tarımsal ürün üretimini sınırlayan çok önemli bir faktördür ve yoğunluğunun gelecekte artacağı tahmin edilmektedir. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) kuraklığa orta derecede dayanıklı bir tür olmasına rağmen, şiddetli kuraklık bu türün tohum ve yağ üretiminde azalmaya neden olmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir ayçiçeği tohum ve yağ üretimini sağlamak için kuraklığın fizyolojik, biyokimyasal, genetik ve agronomik temelleri arasındaki ilişkiyi anlamak çok önemlidir. Kuraklık toleransını iyileştirmek için halihazırda ıslah, besin maddelerinin yapraktan veya topraktan uygulanması, hormonlar, ozmoprotektanlar ve tohum muameleleri gibi yönetim stratejileri önerilmiştir (Hussain ve ark., 2018). Ayçiçeği bitkisi su gereksinimi düşük bir bitki olarak kabul edilse de toprakta veya bitki dokularındaki su stresi, çok çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkilemektedir. Kuru topraklarda topraktan besin elementi alımının ciddi düzeyde düştüğü ve bu durumun bitkilerin normal fonksiyon göstermesini engellediği net bir şekilde tespit edilmiştir. Temel besin elementi olduğundan özellikle azotun topraktan veya yapraktan uygulanması kuraklığın etkisini azaltmada önemli bir stratejidir. Topraktan azot uygulamalarının kısıtlı olduğu durumlarda, yapraktan takviye de önem arz etmektedir (Ahmad ve ark., 2014). Kuraklığın olumsuz etkilerini azaltıp daha yüksek verim elde etmek için toprağa veya ayçiçeği yapraklarına azot uygulanması, Mahpara ve ark. (2019) tarafından da önerilmektedir.

## 2. Makro Element Uygulamaları

Gholinezhad ve ark., (2011) ayçiçeğinde, su stresi, farklı azot uygulama seviyeleri ve bitki yoğunluğunun, kalite özellikleri, filokron (ardışık iki yaprağın çıkışı arasındaki süre) ve yaprak oranı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Uygun yağ ve protein verimi elde etmek için optimum koşullarda ve orta dereceli kuraklık stresinde 220 kg/ha N ve yüksek bitki yoğunluğunu ideal bulmuşlar, azot kullanımı ve bitki yoğunluğunda daha ileri bir artışın şiddetli kuraklık stresinde, yağ

ve protein verimi üzerinde küçük bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca şiddetli kuraklık stres koşullarında yaprak oranının önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

Meo ve ark., (1999), kurak koşullarda üre gübresinin ayçiçeğinde kuru madde üretimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Saksılara ekim sırasında azotlu gübre olarak üre uygulamış ve ekimden sonra 20, 30, 40 ve 50 gün sonra 10 günlük su stresi koşulları sağlamışlardır. Yaprak, gövde ve kökün kuru ağırlığı, stres ve üre dozlarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Kuru madde üretimi, üre dozu düşüşü veya su stresi artışı ile önemli ölçüde azalmıştır.

Mojaddam (2017), kuraklık stresinin farklı azot düzeylerinde ayçiçeğinin fizyolojik özellikleri ve verimi üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Ana parsellerde optimum sulama, orta düzeyde su stresi ve şiddetli su stresi olacak şekilde üç sulama uygulaması; alt parsellerde ise 8, 14 ve 20 kg/da azot seviyelerinde üç gübre dozu kullanmışlardır. Dane verimi, prolin, klorofil a ve b miktarı kurak koşullarda azalmıştır. Dane verimindeki azalmanın ana sebebi tabladaki dane sayısı ve dane ağırlığındaki düşüşle ilişkili bulunmuştur. Optimum sulamada ve kurak koşullarda azot uygulamasının artmasıyla, dane verimi, protein ve klorofil a ve b değerleri önemli ölçüde artmıştır.

Hussain ve ark., (2016a), azot (N) ve potasyum (K)'un tekli veya kombine olarak yapraktan uygulanmasının, su kısıtı altında iki ayçiçeği hibritinin (Hysen33 ve LG-5551) fotosentetik aktivitesi, fizyolojik endeksleri ve su ilişkisi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. N, K ve N + K şeklinde yapılan yapraktan besin takviyeleri, ayçiçeği hibritlerinin fotosentetik aktivitesini, su ilişkisini ve fizyolojik endekslerini iyileştirmiştir. Kurak koşullarda bitki verimliliğinin yüksek olması için N + K uygulamasının gerekli olduğu sonucuna varmışlardır.

Lindhauer (1985), ayçiçeği bitkilerini 0.6 g K / saksı (K1 uygulaması) ve 5 g K / saksı (K2 uygulaması) ile gübrenilmiş 1 kg toprak içeren saksılarda yetiştirmiştir. 5 ve 11 haftalıkken bitkilerin %50'sine yeterli sulama suyu vermiş (kontroller), geri kalan % 50'sini gözle görünür şiddetli solgunluk belirtileri görülene kadar su stresine maruz bırakmış, daha sonra bitkileri sulamıştır. Su stresi koşulları altında, her iki büyüme aşamasında da, K2 bitkilerinin dokularındaki 5 kat daha yüksek K konsantrasyonları, deneme süresince artan bir kuru madde üretimiyle ve K1 bitkilerinin yaprak alanından daha büyük toplam yaprak alanıyla sonuçlanmıştır.

Raza ve ark., (2018), ayçiçeğinin kritik büyüme aşamalarında (tabla oluşumu veya tohum doldurma), yapraktan potasyum (K) uygulamasının kuraklık toleransı üzerindeki etkisini araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Beş ayçiçeği genotipinin kuraklık toleransını, polietilen glikol 6000 kullanarak, -0,55, -1,36 ve -1.60 MPa ozmotik potansiyelde test etmişlerdir. Hysun-33 çeşidi, çimlenme yüzdesi, fide boyu, kök uzunluğu ve kuru maddeden yola çıkarak hesaplanan stres toleransı indeksi açısından en yüksek değeri vermiştir. Bu genotip tarla koşullarında, tabla oluşumu

veya tohum dolmuş aşamalarında uygulanan su stresi altında yapraktan %1 K uygulaması yapılarak ileri incelemelere tabii tutulmuştur. Potasyum uygulamasının biyolojik verim, tabla çapı, bitki boyu, 1000 tohum ağırlığı ve tohum verimi parametrelerinin tümünü önemli ölçüde iyileştirdiği, bu nedenle ayçiçeğinde kuraklık stresini hafifletmede iyi bir strateji olduğu sonucuna varmışlardır.

Soleimanzadeh ve ark. (2010), kuraklık stresi altındaki ayçiçeğinde potasyum uygulamalarının büyüme, tane verimi ve verim bileşenlerine etkisini incelemek için bir deneme yapmışlardır. Ana parselleri üç farklı sulama rejimine tahsis etmişlerdir. Sulama rejimleri; 1) Tam sulama, 2) Orta derecede kuraklık stresi ve 3) Ağır kuraklık stresi olmuştur. Alt parselleri potasyum içeren dört kimyasal gübreye tahsis etmişlerdir. Kuraklık stresinin, bitki boyu, tabla çapı, tabla başına tohum sayısı, 1000 tane ağırlığı, biyolojik verim, tane verimi, hasat indeksi ve yağ verimini önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir. Ancak potasyum uygulamasının, tabla başına tohum sayısı, hasat indeksi ve yağ verimini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

### **3. Sekonder Element ve Mikro Element Uygulamaları**

Kuraklık stresi altında mikro besin uygulamaları da, ayçiçeğinde kuraklık direncini arttırmaktadır (Rahimizadeh ve ark., 2007). Bitki besin elementlerinin tamamlayıcı olarak yapraktan uygulanması, su stresinin bitkilerde büyüme ve verim üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için uygulanabilir bir yaklaşımdır. Bununla birlikte, istenen sonuçlara ulaşmak için etkili bir element kombinasyonunun seçimi gereklidir (Hussain ve ark., 2016b).

Baniabbass ve ark., (2012) su stresi ve yapraktan çinko (Zn) uygulamasının ayçiçeğinde verim ve bazı fizyolojik özelliklere etkisini incelemişlerdir. %1 konsantrasyonda çinko sülfatın yapraktan uygulanması, diğer uygulamalara kıyasla 1000 tohum ağırlığını, tohum verimini ve yağ yüzdesini arttırmıştır. Genel olarak, Zn'nin su stresi koşullarında uygulanmasının, bu stresin ayçiçeğinin büyümesi ve verim parametreleri üzerindeki zararlı etkilerini azaltmak için iyi bir strateji olarak kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır.

Shahri ve ark., (2012) kuraklık stresi altında çinko sülfatın ayçiçeğinde bazı fizyolojik özellikler üzerine etkisini araştırmak için bir çalışma yürütmüşlerdir. Dört sulama uygulaması ana parselleri oluşturmuştur: 1) Su stresi bulunmayan koşullar, 2) Vejetatif büyüme evresinde sulamanın kesilmesi, 3) Çiçeklenme döneminde sulamanın kesilmesi, 4) Vejetatif aşama ve çiçeklenme aşamasında sulamanın kesilmesi. Üç farklı, yapraktan çinko sülfat uygulama işlemi alt parselleri oluşturmuştur: 1) Uygulama yapılmayan koşul, 2) %0.5 konsantrasyonda çinko sülfat uygulaması, 3) %1 konsantrasyonunda çinko sülfat uygulaması. En yüksek tohum verimini

yapraktan %1 konsantrasyonunda çinko sülfat uygulamasıyla elde etmişlerdir. En düşük verimi ise, yapraktan Zn uygulanmayan “vejetatif ve çiçeklenme safhasında sulanmayan” parsellerden elde etmişlerdir. Yapraktan çinko uygulamasının kuraklık stresi altında ayçiçeğinin veriminin sürdürülebilirliğini sağlamada iyi bir strateji olduğu sonucuna varmışlardır.

Rahimizadeh ve ark., (2010), mikro besin uygulamalarının kuraklık stresi altındaki ayçiçeğinin verimi üzerine etkilerini değerlendirdikleri bir çalışma yürütmüşlerdir. Sulama uygulamaları üç farklı düzeyde (normal, düşük stres ve yüksek stres) ana faktör olarak ve mikro besin maddesi uygulamaları altı farklı şekilde (kontrol, Fe, Fe + Zn, Fe + Zn + Cu, Fe + Zn + Cu + Mn, Fe + Zn + Cu + Mn + B) alt parsel olarak belirlemişlerdir. Toprak analizine dayalı olarak temel gübreleme (N, P, K) ve mikro besin gübrelemesi yapmışlardır. Bitki boyu, yapraktaki klorofil miktarı, tabla çapı, tabla başına tohum miktarı ve tohum verimi değerleri, kontrol ve stres uygulamaları arasında önemli farklılık göstermiştir. Ancak sulama uygulamalarının çiçeklenme tarihi, tohum ağırlığı ve yağ oranı üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisi olmamıştır. Mikro besin uygulamaları tabla çapını, tabla başına tohum sayısını, tohum verimini ve yağ yüzdesini arttırmıştır. Bu nedenle, kuraklık stresi altındaki mikro besin uygulamalarının, ayçiçeğinde kuraklık direncini artırdığı sonucuna varmışlardır.

Shehzad ve ark., (2018), geç dönemde yapılan ayçiçeği yetiştiriciliğinde yapraktan uygulanan borun (B) (0, 15, 30, 45 mg/l), geç dönem kuraklığın etkisini hafifletmede potansiyel rolünü araştırmak için bir tarla çalışması yürütmüşlerdir. Kuraklık stresine maruz kalan ayçiçeğinde B'nin yapraktan uygulanmasıyla yaprak nispi su içeriği (RWC), su potansiyeli ( $\Psi_w$ ), ozmotik potansiyel ( $\Psi_s$ ) ve turgor basıncı ( $\Psi_p$ ) gibi su ile ilişkili parametreler belirgin şekilde artış göstermiştir. Yapraktan B uygulaması, yaprak ve tohum dokularındaki azot ve B konsantrasyonlarını ve ayrıca kurak koşullar altında klorofil a ve b pigmentlerini önemli ölçüde artırmıştır. Yapraktan B uygulaması (30 mg/l), ayçiçeğinde kuraklık toleransını azaltmada, büyüme eksikliklerini azaltmada faydalı bulunmuştur.

Güneş ve ark., (2008) ayçiçeği çeşitlerinde kuraklıkla ilişkili şekilde besin elementlerin birikimini inceledikleri bir çalışma yapmışlardır. 12 ayçiçeği çeşidinin kuraklığa ve silisyuma (Si) genotipik tepkisi, element alımı ile ilişkisi kontrollü koşullar altında incelemişlerdir. Besin elementleri ve esansiyel olmayan elementlerin alımının farklı ayçiçeği çeşitlerinde, uygulanan Si ve kuraklık stresine cevaben farklılaştığını gözlemlemişlerdir. Kuraklık stresi bütün çeşitlerde mineral alımını azaltmış ve genel olarak Si'nin kuraklık stresi altında uygulanması ile Si, K, S, Mg, Fe, Cu, Mn, Na, Cl, V, Al, Sr, Rb, Ti, Cr ve Ba alımı iken Zn, Mo, Ni ve Br alımı etkilenmemiştir.

Hassan ve ark., (2011) serada yetiştirdiği ayçiçeklerini çiçeklenme aşamasında kuraklığa maruz bırakmışlar ve yapraktan tek veya kombinasyon halinde bor (B) ve kalsiyum (Ca) uygulamışlardır. B ve Ca'un yapraktan birlikte uygulanması, tohum ağırlığı ve tohum yağ içeriği üzerindeki kuraklık etkilerini gidermiştir. SDS-PAGE analizi, uygulamaların, bazı kuraklıkla ilişkili proteinlerin polipeptit protein bantlarında var/yok şeklinde değişiklikler oluşturduğunu göstermiştir. DD-RT PCR, kontrol ve diğer uygulamalar arasında gen ekspresyonunda bir farklılaşma olduğunu göstermiştir. B ve Ca'nın kombinasyon halinde yapraktan püskürtülmesi, kuraklığın zararlı etkilerini yenip ayçiçeğinin toleransını iyileştirmede en etkili uygulama bulunmuştur.

#### **4. Sonuçlar ve Öneriler**

Bitkilerin topraktan emerek bünyesine aldığı suyun %95'inin terlemede kullandığı, sadece %5'ini metabolik olaylarda kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda, köklerle su alma ve terleme, esasen topraktan besin elementlerinin alımına ve üst aksama taşınımına hizmet etmektedir. Bu nedenle ayçiçeği gibi kurak koşullarda yetiştirilen bitkilerde toprağa uygulanan gübre miktarının artırılması, birim su başına gübre konsantrasyonunu artıracığından, fizyolojik süreçleri, büyüme ve gelişmeyi iyileştirerek verim ve kaliteyi artırıcı etki etmektedir. Toprak uygulamaları yanında yapraktan besin elementi uygulamaları da yine aynı parametrelere önemli düzeyde olumlu etki etmektedir. Azotun kuraklık etkisini azaltmada en önemli besin elementi olduğu, bunun yanında potasyum da kuraklık altında stomaların daha hızlı kapanmasını sağladığından su etkinliğini artırıcı etki ettiği ve tohum ve yağ verimine olumlu etki ettiği görülmektedir. Su alımındaki düşüşler, sekonder elementler ve mikro elementlerin de alımını azalttığından, kurak koşullarda tüm besin elementlerinin toprağa ve yaprağa artan oranlarda uygulanması incelenen çalışmaların tamamında olumlu etkiler üretmiştir. Genotiplerin kurağa tepkisi farklı olduğu gibi geotiplerin kurak koşullarda gübrelemeye tepkisi de değişken olmaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'de tescilli erkenci tüm ayçiçeği çeşitlerinin kuraklık stresi altında farklı gübre kombinasyonlarına tepkisinin tespit edilmesi; bu araştırmanın farklı dönemlerde kuraklık ortaya çıkan farklı bölgeleri de kapsayacak şekilde yürütülmesi ve bunun sonucunda çiftçilere havza bazlı olarak en uygun ayçiçeği agronomi paketinin sunumunun sağlanması ülkesel ayçiçeği üretimimizi artıracaktır. Bu durum aynı zamanda ülkesel yağlı tohumlar açığımızın kapatılmasını sağlama yolunda, çiftçilerin uygulamalarından emin olmalarını ve hatalı uygulamalara kaymamalarını sağlayacaktır. ABD gibi gelişmiş ülkelerde "Extension service" denen yayım organizasyonları, bölgesel olarak piyasadaki ticari ve uygun çeşitleri test ettikleri deneme ve

demonstrasyonları devlet eliyle her yıl test ederek sonuçlarını çiftçilerle paylaşmaktadır. Benzer bir yapının ülkemizde, öncelikli olarak arz açığımızın en yüksek olduğu yağlı tohumlarda yapılmaya başlanması büyük önem arz etmektedir.

## Kaynaklar

- Ahmad, R., Waraich, E. A., Ashraf, M. Y., Ahmad, S., & Aziz, T. (2014). Does nitrogen fertilization enhance drought tolerance in sunflower? A review. *Journal of plant nutrition*, 37(6), 942-963.
- Gholinezhad, E., Aynaband, A., Ghorthapeh, A. H., Noormohamadi, G., & Bernousi, I. (2011). Effect of drought stress and nitrogen rates on grain yield, quality traits and physiological indices in sunflower hybrid iroflor at different plant density. *World Applied Sciences Journal*, 14(1), 131-139.
- Güneş, A., Kadioglu, Y. K., Pilbeam, D. J., Inal, A., Coban, S., & Aksu, A. (2008). Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, II: essential and nonessential element uptake determined by polarized energy dispersive X-ray fluorescence. *Communications in soil science and plant analysis*, 39(13-14), 1904-1927.
- Hassan, N. M., El-Sayed, A. K., Ebeid, H. T., & Alla, M. M. N. (2011). Molecular aspects in elevation of sunflower tolerance to drought by boron and calcium foliar sprays. *Acta physiologiae plantarum*, 33(2), 593-600.
- Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M., & Nawaz, A. (2018). Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. *Agricultural water management*, 201, 152-166.
- Hussain, R. A., Ahmad, R., Nawaz, F., Ashraf, M. Y., & Waraich, E. A. (2016a). Foliar NK application mitigates drought effects in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Acta physiologiae plantarum*, 38(4), 83.
- Hussain, R. A., Ashraf, M. Y., Ahmad, R. A. S. H. I. D., Waraich, E. A., & Hussain, M. (2016b). Foliar nitrogen and potassium applications improve photosynthetic activities and water relations in sunflower under moisture deficit condition. *Pak J Bot*, 48, 1805-1811.
- Lindhauer, M. G. (1985). Influence of K nutrition and drought on water relations and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 148(6), 654-669.
- Mahpara, S., Shahnawaz, M., Rehman, K., Ahmad, R., & Khan, F. U. (2019). 4. Nitrogen fertilization induced drought tolerance in sunflower: a review. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 8(2), 1675-1683.
- Meo, A. A., Baig, F., Khan, Z., & Naseem, W. (1999). Effect of urea and sporadic drought on dry matter and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Sarhad Journal of Agriculture*, 15(5), 443-446.
- Mojaddam, M. (2017). Effect of drought stress on physiological characteristics and seed yield of sunflower at different levels of nitrogen.
- Rahimizadeh, M., Habibi, D., Madani, H., Mohammadi, G. N., Mehraban, A., & Sabet, A. M. (2007). The effect of micronutrients on antioxidant enzymes metabolism in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. *Helia*, 30(47), 167-174.
- Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare, F. A. A., Madani, H., & Soltani, E. (2010). Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. *Electronic Journal of Crop Production*, 3(1), 57-72
- Raza, M. A. S., Saleem, M. F., Khan, I. H., Hussain, M. B., & Shah, G. M. (2018). Amelioration in Growth and Physiological Efficiency of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Drought by Potassium Application. *Communications in soil science and plant analysis*, 49(18), 2291-2300.
- Shahri, Z. B., Zamani, G. R., & Sayyari-Zahan, M. H. (2012). Effect of drought stress and zinc sulfat on the yield and some physiological characteristics of sunflower (*Helianthus. Annuus* L.). *Advances in Environmental Biology*, Gale Academic Onefile, (MLA 8th Edition), 518-526.
- Shahri, B., Reza, G., Hasan, M., & Zahan, S. (2012). Effect of drought stress and zinc sulfate foliar application on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 4(2), 165-172.

- Shehzad, M. A., Maqsood, M., Nawaz, F., Abbas, T., & Yasin, S. (2018). Boron-induced improvement in physiological, biochemical and growth attributes in sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to terminal drought stress. *Journal of plant nutrition*, 41(8), 943-955.
- Soleimanzadeh, H., Habibi, D., Ardakani, M. R., Paknejad, F., & Rejali, F. (2010). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to drought stress under different potassium levels. *World Applied Sciences Journal*, 8(4), 443-448.