



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Biyogaz Sistemlerinden Elde Edilen Sıvı Fermente Gübrenin Tuz Stresi Altındaki Rokanın (*Eruca sativa* L. cv. Bengi) Çimlenmesine ve Bazı Büyüme Parametrelerine Etkisi

Leman Çetinkol<sup>1</sup> , Ashlhan Cesur Turgut<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Sistemleri Anabilim Dalı, Burdur, Türkiye

<sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur Gıda Tarım ve Hayvancılık MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Burdur, Türkiye

\*Sorumlu yazar: acesur@mehmetakif.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 12/06/2023

Kabul tarihi: 22/06/2023

**Anahtar Kelimeler:** Çimlenme, *Eruca sativa*, roka, morfoloji, sıvı fermente gübre, tuz stresi

DOI: 10.55979/tjse.1313191

#### ÖZET

Bu çalışmada sıvı fermente gübre uygulamasının tuz stresi altında çimlendirilen rokanın tohum çimlenmesi ve bazı büyüme parametrelerine etkilerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bitkisel materyal olarak roka (roket; *Eruca sativa* L. cv. Bengi) tohumları kullanılmıştır. Sıvı fermente gübre ile ön uygulama (1 saat) yapılan tohumlar tuz stresi bulunan petriyelerde yedi gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Çalışma; üç tuz (0, 75 ve 150 mM NaCl), dört ön uygulama (Saf su ve sıvı fermente gübre (%1, %5, %15)) ve üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. 7. günün sonunda çeşitli çimlenme ve büyüme parametreleri (güne bağlı çimlenme oranı (%), çimlenme-hipokotil oranı (%), radikula-hipokotil uzunluğu, taze-kuru ağırlık ve su içeriği (%)) bakımından incelenmiştir. Artan tuzluluğa bağlı olarak tohumlarda çimlenme oranları ve büyüme parametrelerinde azalma meydana gelmiştir. Bununla birlikte sıvı fermente gübre uygulamasının çimlenme oranı (%5 ön uygulamada), taze (%15 ön uygulama) ve kuru ağırlıkta (%1 ve %15 ön uygulama) olumlu etkileri gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda sıvı fermente gübre uygulamasının kısmen de olsa farklı parametrelerde ve farklı tuz seviyelerinde stresin etkilerini hafifletici rol oynadığı tespit edilmiştir.

### The Effect of Liquid Fermented Fertilizer Derived from Biogas Systems on Germination and Some Growth Parameters of Arugula (*Eruca sativa* L. cv. Bengi) Under Salt Stress

#### ARTICLE INFO

Received: 12/06/2023

Accepted: 22/06/2023

**Keywords:** Germination, *Eruca sativa*, arugula, morphology, liquid fermented fertilizer, salt stress

DOI: 10.55979/tjse.1313191

#### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of liquid fermented fertilizer application on germination and some growth parameters of arugula under salt stress conditions. Arugula (or rocket; *Eruca sativa* L. cv. Bengi) seeds were used as the plant material. Pre-treatment with liquid fermented fertilizer (1 hour) was applied to the seeds, which were then subjected to germination for seven days under salt stress conditions. The study was conducted with three salts (0, 75, and 150 mM NaCl), four pre-treatments (pure water and liquid fermented fertilizer at 1%, 5%, and 15% concentrations), and three replications. Various germination and growth parameters (percentage of germination over time, germination-hypocotyl percentage, radicle-hypocotyl length, fresh and dry weight, and water content percentage) were examined at the end of the 7<sup>th</sup> day. Depending on the increased salinity, the germination rates and growth parameters of the seeds decreased. However, positive effects of liquid fermented fertilizer application were observed on germination rate (5% pre-application), fresh (15% pre-application) and dry weight (1% and 15% pre-application). As a result of the study, it was determined that the application of liquid fermented fertilizers played a role in mitigating the effects of stress in partially different parameters and different salt levels.

#### 1. Giriş

Küresel ısınma, özellikle son yüzyılda bilimsel araştırmalarda ve tartışmalarda sıklıkla konu edilen ve tüm dünyayı çözüm arayışına sürüklemiş ana temalardan biridir. Küresel ısınmanın beraberinde getirdiği iklim değişikliği de pek çok açıdan (çevresel, sosyal, ekonomik, sağlık vb.) yaşamı tehdit etmekte ve bu olumsuz etkilerin giderek artacağı tahmin edilmektedir. Antropojenik etmenlerin iklim değişikliğine yol açan sıcaklık artışlarının esas nedeni olduğu kanıtlanmıştır (Demirbaş & Aydın, 2020). Kurak tarım alanlarda artan sıcaklık ve azalan yağışın etkisiyle tuz yıkanamayıp üst toprakta birikmektedir. Bu durum bitki köklerinin gelişimini sınırlamakta, bitkilerde abiyotik bir stres türü olan tuz

stresine neden olmaktadır (Dölerslan & Ebru, 2012). Tuzluluk hem kurak hem de yarı kurak ortamlarda tarımı tehdit eden önemli bir faktördür. Dünya çapında sulanan arazilerin %20'den fazlasını etkilemektedir ve tuzluluktan etkilenen arazi miktarı arttıkça dünya çapında üretilen gıdanın %40'ı artan tuz miktarlarından olumsuz etkilenmektedir. Tuz stresi, bir bitkinin biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik tepkilerinde değişikliklere yol açarak bitki büyümesinin, veriminin, biyokütlesinin ve kalitesinin düşmesine yol açmaktadır. Diğer yandan reaktif oksijen türlerinin birikmesine neden olarak muhtemel enzim inaktivasyonuna, DNA hasarına, lipid peroksidasyonuna, protein oksidasyonuna ve diğer temel bitki hücreleri bileşenleriyle etkileşime neden olmaktadır (Tabur & Demir, 2009; Cesur & Tabur, 2011; Kusvuran

vd., 2013; Demirbaş & Aydın, 2020). Bitkilerinin büyümesini ve verimini ciddi şekilde engelleyen tuz stresi, stresi hafifleten bileşiklerin dışarıdan uygulanması ile hafifletilmektedir (Kabar, 1987; Yasir vd., 2021; Ahanger vd., 2019; Ahammed vd., 2018).

İklim değişikliğinin bahsedilen etkilerini azaltmak, bitki yetiştiriciliğinde riskten kaçınmak ve tarım topluluklarına sürdürülebilir geçim kaynakları sağlamak için gereklidir. İklim değişikliğine karşı bitki biyoçeşitliliğinden yararlanmak büyük öneme sahiptir. Ayrıca tek başına yoğun kimyasal gübre uygulamaları altında sürekli monokültür sistemi altındaki tarım arazilerinde verimliliğin yavaş yavaş düştüğü ve çevre kalitesinin de bozulduğu görülmektedir. Bu sorunların ışığında, tarım sektörünü sağlıklı ve uyumlu bir ekosistemin bileşeni haline getirmek için organik gübrelerin, biyogübrelerin ve diğer mikrobiyal ürünlerin kullanımı çok önemlidir (Polat & Okant, 2022). Son dönemlerde kimyasal gübrelerin hem pahalı hem de tehlikeli etkileri olması sebebiyle organik bileşik kullanımı giderek artmaktadır. Organik gübreler, toprak kompozisyonunun iyileşmesine, kalite ve verimin korunmasına yardımcı olan besin maddelerinin artmasını sağlamakta ve üstelik sentetik olanlara kıyasla daha ekonomik olmaktadır (Bidabadi vd., 2017). Genel olarak toprağın biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri, organik gübrenin ortama eklenmesini takiben iyileşmektedir. Toprağa organik atık eklemek toprağın sıcaklığını düzenlerken buharlaşmayı da azaltmaktadır. Aynı zamanda bitkinin köklerine giden stresi azaltır ve besin maddesi desteği sağlar, bu da üretimin artmasına neden olur (Ahmed vd., 2010). Ayrıca Leskovar & Othman (2018), organik gıdaların geleneksel gıdalardan önemli ölçüde daha besleyici olduğunu ve bunların daha az pestisit kalıntısı ve antibiyotik dirençli bakteri içerdiğini bildirmiştir. Organik gübrenin, antioksidan aktivitenin yanı sıra beta-karoten, flavonoidler, likopen ve fenol gibi meyve ve sebze biyoaktif bileşik içeriklerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Aina vd. 2019). Biyogaz tesisleri besin ve karbon döngüsünü sağlayan, aynı zamanda atık malzemelerden değer yaratan bir fabrika olarak tanımlanmaktadır (Arthurson, 2009; Theuerl vd., 2019). Anaerobik fermentasyon ile farklı kökenli organik atıkların değerlendirilebilmesi sürdürülebilirlik açısından avantaj yaratırken, proses sonunda katma değeri yüksek ürünlerin elde edilmesi ile finansal kazanç sağlanabilmektedir (Fagerström vd., 2018). Anaerobik fermente gübre, sürdürülebilir tarım faaliyetleri açısından kaliteli bir ürün olarak nitelendirilmektedir (Kumar vd., 2015; Baştabak, 2019).

*Eruca sativa* L., *Brassicaceae* familyasına ait tek yıllık bir bitki türüdür ve yaygın olarak roka veya roket olarak adlandırılmaktadır. Akdeniz bölgesi kökenli bir türdür ancak dünya genelinde yetiştirilmektedir. Genellikle kısa ömürlü bir bitki olarak kabul edilir ve hızlı büyüme yeteneğine sahiptir (Pita Villamil vd., 2002). Ülkemizde üretimi her geçen yıl artış gösteren rokada üretim miktarı 2020 yılında 13 645 ton olmuştur (TÜİK, 2021) ve bu miktar her geçen yıl artmaktadır. Kendine has acı ve keskin tada sahip yapraklarıyla tanınır ve dünya mutfaklarında çeşitli salatalar, sandviçler ve diğer yemekler için yeşillik olarak

kullanılmaktadır. *Brassicaceae* familyasına ait bitkilerin tümör oluşumunu engelleme, ülser önleme ve karaciğer sağlığını destekleme gibi çeşitli terapötik ve tıbbi özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir. Roka halk hekimliğinde yaygın olarak kullanılan ve böbrek hastalıklarının tedavisinde çözüm olarak bilinen bir türdür. Glikozitler, mineral tuzları ve C vitamini içermektedir. Ayrıca salgı önleyici, hücre koruyucu, anti-kanser, anti-diyabetik ve anti-inflamatuar etkileri olduğu da gösterilmiştir (Jilani vd., 2015).

Bu çalışmada çeşitli seviyelerde sıvı fermente gübre ile ön uygulama yapılan roka tohumları tuz stresinde çimlendirilmiş ve 7. günün sonundaki çimlenme ve büyüme parametrelerine etkileri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Farklı seviyelerde sıvı fermente gübre (SFG) uygulamalarının tuzlu koşullardaki rokada tohum çimlenmesi ve çimlenen fidelerde büyüme parametreleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışma Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezine ait laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bitki materyali olarak *Eruca sativa* L. cv. Bengi tohumları kullanılmıştır. Uygulama yapılan SFG Seleda firmasından temin edilmiş, tuz (NaCl) ise Sigma-Aldrich'ten satın alınmıştır. Ticari olarak temin edilen fermente gübrenin içeriği % (W/W); organik madde (20), toplam azot (2), suda çözünür potasyum oksit (3), serbest amino asitler (2), Max EC (4 (ds/m)) ve pH (5-7) şeklinde beyan edilmiştir.

Tort & Türkyılmaz (2003)'a göre, toprak tuzluluğu ve tuzluluk stresi konusunda genellikle NaCl'den bahsedilmektedir. Bu nedenle, tuz stresi oluşturmak için sadece NaCl kullanılmıştır. Literatürde roka tohumları ile 0-350 mM NaCl seviyelerinde çeşitli çalışmalar yapıldığı gözlenmiştir (Fallahi vd., 2015; Hniličková vd., 2017). Bu seviyeler baz alınarak yapılan ön çalışma sonucunda çimlenmenin hafif ve orta düzeyde engellendiği 75 ve 150 mM tuz seviyeleri bu çalışma için seçilmiştir. Çalışma; üç tuz (0, 75 ve 150 mM NaCl), dört ön uygulama (Saf su ve sıvı fermente gübre (%1, %5, %15)) ve üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Tohumlar ekimden önce yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuşlardır. Bunun için %1'lik sodyum hipokloritte 10 dakika tutulduktan sonra 5 defa saf su ile yıkanıp filtre kağıtları üzerinde oda sıcaklığında kurutulmuşlardır (Baltepe & Mert, 1973). Filtre kağıtları, petrilere ve diğer cam malzemeler etüvde kuru kuruya sterilize edilmiştir. Dolgun görünüşlü, az çok birbirine benzer büyüklükte tohumlar 1 (bir) saat saf su, %1 SFG, %5 SFG ve %15 SFG içeren beherlerde ön uygulama yapılmış, ardından 10'er ml saf su (kontrol grubu) veya 0, 75 ve 150 mM konsantrasyonlarda tuz çözeltileri içeren iki tabaka filtre kağıdı ile kaplı 12 cm çaplı petrilere yerleştirilip 20°C'ye ayarlı bitki büyüme kabiniinde sürekli karanlıkta 7 gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Her bir uygulama için 25'er tohumla çalışılmıştır. 24 saatte bir çimlenme ile gövdecik (hipokotil) yüzdeleri saptanmış ve çimlenme kriteri olarak 5 mm kök esas alınmıştır. Çimlenme oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

(1) Çimlenme Oranı (%) = (Çimlenen Tohum Sayısı/ Toplam Tohum Sayısı) × 100 (Matthews & Khajeh-Hosseini, 2007)

Yedinci günün sonunda her uygulamaya ait çimlenme kriterine uyan fidecikler topluca tartılmışlardır. Bu toplam ağırlık, çimlenen tohum sayısına bölünerek bir fideciğin ortalama taze ağırlığı mg/fidecik olarak bulunmuştur. Kökçük uzunluğu belirlenirken kökçükle hipokotilin ayırım yerinden başlayarak kökçüğün ucuna kadar milimetrik bir cetvel yardımıyla ölçüm yapılmıştır (Bozcuk, 1978). Hipokotil uzunlukları da yine kökçükle hipokotilin ayırım yerinden yaprakların çıkış noktasına kadar ölçülmüştür. Ayrıca kuru ağırlığın belirlenmesi için, daha önceden taze ağırlığı belirlenen fidecikler etüvde 70°C'de sabit ağırlığa kavuşuncaya kadar kurutulmuş ve toplam ağırlık, fidecik sayısına bölünerek bir fideciğin ortalama kuru ağırlığı mg/fidecik olarak bulunmuştur. Ardından taze ve kuru ağırlık değerleri üzerinden su içeriği hesaplanmıştır. Yüzde su içeriği (Sİ) hesaplaması kuru ağırlık (KA) ya da taze ağırlık (TA) cinsinden yapılabilmektedir. Bu çalışmada hesaplamalar taze ağırlık üzerinden yapılmıştır.

(2) % Sİ<sub>(TA)</sub> = [(TA-KA) / TA] x 100 (Turner, 1981)

Üç tekrarlı olarak yürütülen deneylerden elde edilen verilerin varyans analizleri yapıldıktan sonra, ortalamalar arasındaki farklılıkların istatistik önemleri SPSS (IBM-SPSS Inc. USA) 25.0 sürümünde Duncan (P<0.05) Çoklu Karşılaştırma Testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiş ve değerler "ortalama ± SD" olarak çizelgede verilmiştir (Efe vd., 2000).

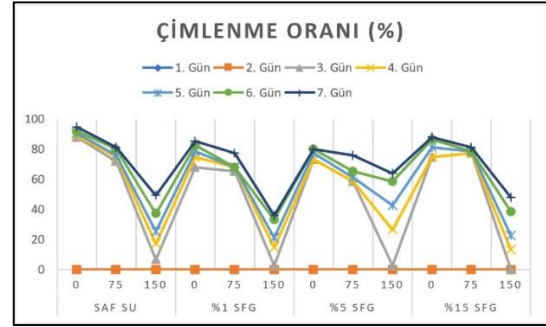
### 3. Bulgular ve Tartışma

Sıvı fermente gübre (SFG) ile 1 saat ön uygulama yapılan roka tohumları tuz stresi bulunan petrielerde yedi gün boyunca karanlıkta çimlenmeye bırakılmıştır. Çalışma; üç tuz (0, 75 ve 150 mM NaCl), dört ön uygulama (saf su ve sıvı fermente gübre (%1, %5, %15)) ve üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. 7. günün sonunda çeşitli çimlenme ve büyüme parametreleri (güne bağlı çimlenme oranı (%), çimlenme-hipokotil oranı (%), radikula-hipokotil uzunluğu, taze-kuru ağırlık ve su içeriği (%)) ölçülmüştür.

#### 3.1. Zamana bağlı çimlenmeye SFG ön uygulaması ve tuz stresinin etkileri

Tuz stresine maruz kalan tohumların zamana bağlı çimlenmeleri üzerine sıvı fermente gübrenin etkileri Şekil 1. ve Çizelge 1.'de sunulmuştur.

Tüm ön uygulama gruplarında tuz stresi artışına bağlı olarak tohum çimlenmesinin geciktiği ve azaldığı gözlenmiştir. Örneğin kontrol grubunun 3. Günde ulaştığı %88 çimlenme oranına tuz uygulaması olsun ya da olması herhangi bir grubun 7. Günde ulaşamadığı görülmektedir. İlginç olan fermente gübre ön uygulaması (%1, %5 ve %15) olan gruplarda tuz stresi olmayan (0 mM) ortamda saf su (kontrol) grubuna göre çimlenmeyi geciktirdiği ve düşürdüğü gözlenmiştir (Çizelge 1). Tuz stresinin çimlenmeyi geciktirici etkileri literatürle uyumludur (İbrahim, 2016; Kuşçu vd., 2018).



Şekil 1. Tuz stresinde çimlenen roka tohumlarına sıvı fermente gübre ön uygulamasının zamana bağlı etkisi  
Figure 1. Time-dependent effect of liquid fermented fertilizer pre-application on arugula seeds germinating under salt stress.

Zamana bağlı çimlenme yüzdesinde farklı tuz seviyelerinde sıvı fermente gübre etkisi incelendiğinde 75 mM'da %15 SFG uygulamasının saf su ön uygulamasına kıyasla olumlu etki yaptığı gözlenmiştir. 3. Gün çimlenmeleri incelendiğinde %15 SFG uygulaması %7.4'luk bir artışa neden olmuştur. Bu olumlu etki 6. Güne kadar devam etmiş ve 7. Günde nihai çimlenme yüzdesinde durum eşitlenmiştir. Ancak 7. Günde dahi kontrole ait çimlenme oranına her iki grup da erişememiştir. 150 mM'da ise nihai çimlenme yüzdesi en yüksek %5 SFG uygulamasında bulunmuştur. 4. Günde %5 SFG etkisi ile çimlenme ani bir yükseliş göstermiştir. 150 mM grupları içinde tüm gruplardaki çimlenmeyi geride bırakmış ve nihai çimlenme yüzdesinde saf su ön uygulamasından %29.8 daha fazla çimlenme oranıyla en başarılı grup olmuştur. Bununla birlikte 75 mM'da olduğu gibi kontrol grubunun çimlenme oranına hiçbir grup erişememiştir.

Tohum çimlenmesi ve fide çıkış performansı çeşitli olumsuz çevresel ve içsel faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörler, tohumun fiziksel yapısı, tohumun yaşının ve sağlığının yanı sıra çevresel koşullar, su, ışık, sıcaklık, pH düzeyi ve diğer büyüme faktörleri gibi etkenlerle ilgili olabilir. Tohumların çimlenme ve fide çıkış performansını artırmak için çeşitli ön işlem uygulamaları kullanılabilir. Bunlar arasında tohumların doğru depolanması, uygun nem düzeyinde tutulması, tohumlara düşük sıcaklık veya yüksek sıcaklık şokları uygulanması, tohumların zararlı organizmalardan arındırılması, besin çözeltisiyle tohumların beslenmesi gibi yöntemler yer almaktadır. Bu ön işlem uygulamaları, tohumların çimlenme oranını artırarak daha hızlı ve daha sağlıklı fide çıkışı sağlamaya yardımcı olabilir. Böylece, verim ve kalite üzerinde olumsuz etkileri azaltılarak daha başarılı bir bitki yetiştirme süreci sağlar. Önemli fizyolojik uygulamalardan biri olan tohum ıslatma ön işlemi, tohum metabolik aktivitesinin teşvik edilmesi için kökçük çıkışına izin vermeden tohumun sıvı içerisinde bir süre bekletilmesi olarak tanımlanmaktadır (Heydecker & Gibbins 1978; Pill ve Necker, 2001; Kenanoğlu, 2016). Zhao vd, (2014), anaerobik fermente gübreyi, tohum (*Vicia faba*) ön işleminde kullanılmış, çimlenme ve fide büyümesinde pozitif etki gösterdiği belirtmiştir. Bizim bulgularımız da sıvı fermente gübrenin stres varlığında çimlenme oranlarına yaptığı pozitif etkiyi desteklemektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tuz stresinde çimlendirilen roka tohumlarının zamana bağlı çimlenme yüzdelere sıvı fermente gübre ön uygulamalarının etkisi

Table 1. Effect of liquid fermented fertilizer pre-applications on time-dependent germination percentages of arugula seeds germinated under salt stress

		Çimlenme (%)						
Ön Uyg	NaCl (mM)	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün	7. Gün
Saf Su	Kontrol (0)	-	-	88.0d* ± 8.0	89.3e ± 6.1	90.7e ± 4.6	92.0e ± 4.0	94.7d ± 2.3*
	75	-	-	72.0c ± 12.0	74.7d ± 12.9	76.0d ± 13.9	80.0de ± 10.6	81.3cd ± 8.3
	150	-	-	6.7a ± 4.6	17.3ab ± 8.3	25.3a ± 12.2	37.3a ± 8.3	49.3a ± 8.3
%1 SFG	0	-	-	68.0bc ± 4.0	74.7d ± 4.6	78.7de ± 8.3	82.7e ± 6.1	85.3cd ± 8.3
	75	-	-	65.3bc ± 6.1	68.0cd ± 4.0	68.0bcd ± 4.0	68.0bc ± 4.0	77.3bc ± 2.3
	150	-	-	2.7a ± 2.3	14.7a ± 2.3	21.3a ± 2.3	33.3a ± 8.3	36.0a ± 8.0
%5 SFG	0	-	-	73.3c ± 8.3	73.3d ± 8.3	77.3de ± 8.3	80.0de ± 10.6	80.0c ± 10.5
	75	-	-	58.7b ± 2.3	58.7c ± 2.3	61.3c ± 2.3	65.3bc ± 4.6	76.0bc ± 4.0
	150	-	-	2.7a ± 4.6	26.7b ± 4.6	42.7b ± 8.3	58.7b ± 12.2	64.0b ± 12.0
%15 SFG	0	-	-	74.7c ± 11.5	74.7d ± 4.6	81.3de ± 2.3	86.7e ± 2.3	88.0c ± 0.0
	75	-	-	77.3cd ± 4.6	77.3d ± 4.6	78.7de ± 6.1	78.7cde ± 6.1	81.3cd ± 10.0
	150	-	-	0.0a ± 0.0	13.3a ± 2.3	22.7a ± 4.6	38.7a ± 6.1	48.0a ± 8.0

\*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark ( $p < 0.05$ ) düzeyinde önemsizdir.

### 3.2. Morfolojik parametrelere SFG ön uygulaması ve tuz stresinin etkileri

Farklı oranlardaki sıvı fermente gübre uygulamalarının, tuz stresinde çimlenen roka fidiciklerinin bazı morfolojik parametrelerine etkisi Çizelge 2 ve Şekil 2'de verilmiştir.

Çimlenme ve hipokotil oranlarına (%) ait veriler incelendiğinde, ön uygulama gruplarının tümünde beklenen şekilde tuz seviyesi artışına bağlı, istatistiksel bakımdan anlamlı olan düzenli bir azalma dikkati çekmektedir (Şekil 2). Tüm gruplar değerlendirildiğinde en yüksek yüzdelik değer 94.7 ile kontrol (saf su-0 mM) grubuna, en düşük değer ise %36 ile %1 SFG-75 mM'a ait olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar; SFG uygulamalarının (%1, %5 ve %15) tuz stresini tamamen yenip çimlenme ve hipokotil oranlarını kontrol seviyesine taşıyamadığını göstermektedir. Ancak tüm ön uygulama gruplarının 150 mM tuzlulukta çimlenme ve hipokotil oranları (%) değerlendirildiğinde SFG'nin (%5) stresi hafifletici bazı etkileri gözlenmiştir. Bu bulgular da literatürde yer alan SFG'nin çimlenmeye yaptığı olumlu etkileri destekler niteliktedir. (Phibunwatthanawong & Riddech, 2019; Hepsibha & Geetha, 2019). Tüm uygulama gruplarının etkisi 150 mM tuz seviyesinde kıyaslandığında, çimlenme oranı en yüksek %5 SFG'de tespit edilmiştir. Saf su ön uygulamasının ardından 150 mM'a maruz bırakılan tohumlarda %49.3 çimlenme olurken, %5 SFG ardından 150 mM'da çimlendirilen tohumlarda bu oran önemli bir fark atarak %64 olmuş (%29.8 artış) ve bu değer

istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu olumlu etkisine rağmen SFG ön uygulaması tohumları stressiz bir ortam seviyesine taşıyamamıştır. Hipokotil yüzdesinde ise hiçbir ön uygulama stresi hafifletme konusunda istatistiksel bakımdan anlamlı bir etki ortaya koyamamıştır.

Radikula ve koleoptil uzunlukları tuz stresi etkisi ile düzenli bir azalma göstermiştir (Şekil 2). Tüm değerler incelendiğinde en yüksek değere kontrol (saf su-0 mM)'de rastlanmıştır. SFG ön uygulamaları ile zaman zaman sayısal artışlar gözlenirse de bunlar istatistiksel bakımdan anlamlı bulunmamış yani SFG çimlenme ve hipokotil yüzdesinde yakaladığı başarıyı burada gösterememiştir. Örneğin hipokotil uzunluğunda SFG ön uygulamaları stressiz ortamda (sırası ile 4.1, 4.0 ve 4.2 cm), saf su ön uygulamasına (3.9 cm) kıyasla bir artışa neden olmuştur. Ancak bu istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Kökler, tuzla ilk temas eden kısımlar olduğundan ve tuza duyarlılığı yüksek olduğundan birincil hedef olabilirler ve literatürde kök uzamasını engelleyici etkilere sıklıkla rastlanmaktadır (Liu vd., 2014). Bulgularımız hem radikula hem de koleoptilde tuzluluğun sert etkilerini göstermektedir. Bitki gelişimi üzerine fermente gübrenin olumlu etkilerine (Fagerström vd., 2018) literatürde rastlanmakla birlikte bizim de bulgularımızda gözlediğimiz gibi etkisini ortaya koyamayan SFG uygulamalarına da rastlamak mümkündür (Duan, 2013).

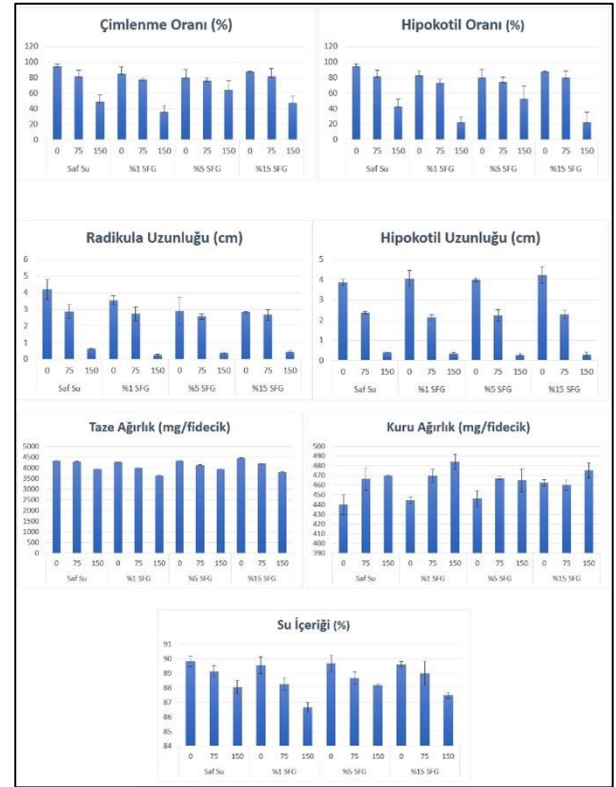
Çizelge 2. Sıvı fermente gübre uygulamasının tuz stresinde çimlenen roka fidiciklerindeki bazı morfolojik parametrelere etkisi

Table 2. The effect of liquid fermented fertilizer application on some morphological parameters of arugula seedlings germinated under salt stress

Ön Uyg	NaCl (mM)	Büyüme Parametreleri						
		Çimlenme (%)	Hipokotil (%)	Radikula Uzunluğu (cm)	Hipokotil Uzunluğu (cm)	Taze Ağırlık (mg/fidicik)	Kuru Ağırlık (mg/fidicik)	Su İçeriği (%)
Saf Su	Kontrol (0)	94.7d ± 2.3*	94.7d ± 2.3	4.2d ± 0.6	3.9c ± 0.2	4333de ± 251	440.0a ± 10.0	89.8f ± 0.4
	75	81.3cd ± 8.3	81.3cd ± 8.3	2.9b ± 0.4	2.4b ± 0.2	4300cde ± 173	466.7bc ± 11.5	89.1ef ± 0.4
	150	49.3a ± 8.3	42.7b ± 9.2	0.6a ± 0.1	0.4a ± 0.0	3933abc ± 230	470.0bc ± 0.0	88.0bc ± 0.5
%1 SFG	0	85.3cd ± 8.3	82.7cd ± 6.1	3.6c ± 0.3	4.1c ± 0.4	4266cde ± 230	444.7a ± 2.6	89.6f ± 0.6
	75	77.3bc ± 2.3	73.3c ± 4.6	2.7b ± 0.4	2.1b ± 0.4	4000bcd ± 100	469.7bc ± 6.9	88.3bcd ± 0.4
	150	36.0a ± 8.0	22.7a ± 6.1	0.2a ± 0.1	0.3a ± 0.1	3633a ± 57	484.4d ± 7.8	86.7a ± 0.3
%5 SFG	0	80.0c ± 10.5	80.0cd ± 10.5	2.9b ± 0.8	4.0c ± 0.1	4333de ± 321	446.2a ± 8.2	89.7f ± 0.6
	75	76.0bc ± 4.0	74.7c ± 6.1	2.6b ± 0.2	2.2b ± 0.3	4133bcde ± 152	467.4bc ± 1.6	88.7cde ± 0.4
	150	64.0b ± 12.0	52.7b ± 16.8	0.4a ± 0.1	0.3a ± 0.1	3933abc ± 115	464.9bc ± 11.7	88.2bc ± 0.1
%15 SFG	0	88.0cd ± 0.0	88.0cd ± 0.0	2.8b ± 0.1	4.2c ± 0.4	4466e ± 57	462.7bc ± 3.3	89.6f ± 0.2
	75	81.3cd ± 10.0	80.0cd ± 8.0	2.7b ± 0.3	2.3b ± 0.2	4200cde ± 346	460.2b ± 5.3	89.0def ± 0.8
	150	48.0a ± 8.0	22.7a ± 12.9	0.4a ± 0.1	0.3a ± 0.1	3800ab ± 0	475.5cd ± 7.9	87.5b ± 0.2

\*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark (p<0.05) düzeyinde önemsizdir.

Taze, kuru ağırlık ve su içeriğinde tuz stresine bağlı düzenli azalmalar burada da karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2). Bununla birlikte bazı etkiler dikkati çekmektedir. Taze ağırlıkta SFG uygulamalarının tuz stresini hafifletmekte yetersiz kaldığı ancak stressiz ortamda kontrolde 4 333 mg/fidicik olan değer %15 SFG ön uygulaması ile 4 466 mg/fidicik'e yükseldiği tespit edilmiştir. İstatistiksel bakımdan anlamlı başka bir etkiye rastlanmamıştır. Kuru ağırlıkta kontrole kıyasla %15 SFG (0 mM) anlamlı bir artış gösterirken, %1 ve %15 SFG, saf su ön uygulamasına kıyasla 150 mM'da anlamlı bir artış göstermiştir. Su içeriğinde (%) de tuz stresine bağlı olarak düzenli azalma gözlenmiştir (Şekil 2) ancak stres ortamında SFG uygulamalarının istatistiksel bakımdan anlamlı bir hafifletici etkisine rastlanmamıştır. Bitkide çeşitli çevresel stresler varlığında (Zeevaart & Creelman, 1988; Jia vd., 2002; Borsani vd., 2003) artış gösteren abisik asit başta çimlenme olmak üzere kök ve gövde uzaması, taze ağırlık, kuru ağırlık, bitkinin su içeriği gibi (Schopfer vd., 1979; Bray, 1988; Kabar, 1997) pek çok büyüme ve gelişme parametresinde azalmaya sebep olmaktadır. Toprakta artan tuzluluk, bitki su alımını azaltıcı veya zamanla engelleyici etki yapmaktaki ve bu durum da ürün miktarı ve kalitesinde azaltmaya sebep olmaktadır (Kamber vd., 1992). Hücre uzamasına ve bölünmesine direkt etki eden tuz stresine; bitki ağırlığında ve kök ile gövdenin büyüme hızında azalmaya neden olmaktadır (Çulha & Çakırlar, 2011). Taze ağırlıkta ve su içeriğinde tuz stresine bağlı olarak gözlediğimiz azalma bu anlamda literatürü destekler niteliktedir (Çizelge 2).



Şekil 2. Sıvı fermente gübre uygulamasının tuz stresinde çimlenen roka fidiciklerindeki bazı morfolojik parametrelere etkisi

Figure 2. The effects of liquid fermented fertilizer application on some morphological parameters of arugula seedlings germinated under salt stress.

#### 4. Sonuç

Yapılan çalışmada; SFG ön uygulamasının (%1, %5 ve %15) ardından tuz stresine (0, 75 mM ve 150 mM) maruz bırakılan rokada çimlenme ve büyüme parametreleri incelenmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, tuz stresine konsantrasyon artışına bağlı olarak, tüm ön uygulamalarda, hemen hemen bütün (kuru ağırlık hariç) parametrelerde azalmaya sebep olmuştur. Bununla birlikte SFG ön uygulamalarının zaman zaman stresin

etkilerini hafiflettiği durumlara da rastlanmıştır. SFG (%5, 150 mM)'da güne bağlı çimlenme oranı, çimlenme (%) ve hipokotil (%)'de olumlu etkiler yaptığı ancak bu başarıyı radikula ve hipokotil uzunluklarında gösteremediği tespit edilmiştir. Bazı gruplarda uzunluk artışları gözlenmiş ancak bunlar istatistiksel bakımdan anlamlı olmamıştır. Taze ağırlıkta SFG stresi hafifletememiş ancak kuru ağırlıkta (%1 ile %15 SFG, 150 mM) saf su ön uygulamasına kıyasla anlamlı artışlar dikkati çekmiştir. Su içeriği (%)'nde ise SFG'nin tuz stresinin olumsuz etkisini hafifletemediği gözlenmiştir.

Yoğun gübre kullanımı ve iklim değişikliğinin de etkisiyle tarım alanlarında artan tuz stresine yönelik fermente gübre benzeri ön uygulamalar pestisit ve kimyasal kullanımını sınırlayarak tarıma sürdürülebilirliğin yanı sıra ekolojik ve ekonomik bir değer de katmaktadır. Yararlı ön uygulamalar sayesinde bitkiler; tuzluluk, kuraklık gibi abiyotik streslere rağmen sağlıklı bir şekilde çimlenip, büyüyüp, gelişebilmekte ve böylece olası hastalık ve zararlıların etkilerine karşı korunabilmektedir. Yaptığımız bu çalışmada; tuz stresinin olumsuz etkilerini çimlenmede kısmen hafifleten sıvı fermente gübrenin büyüme parametreleri üzerinde aynı oranda başarı sağlayamadığı gözlenmiştir. Çalışmanın daha uzun bir periyotta aynı bitki ya da farklı bitkilerle yapılması, ilave morfolojik, anatomik ve biyokimyasal parametrelerin de eklenmesi ile daha efektif sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir.

**5. Teşekkür:** Bu çalışma 0898-YL-23 no'lu yüksek lisans tez projesinden üretilmiş ve proje Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışmaları olmadığını beyan ederler.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı:** Araştırmanın planlanması ve yürütülmesini L.Ç. ve A.C.T. birlikte yaptıklarını, makalenin istatistik analizini A.C.T. ve yazım aşamalarını L.Ç. ve A.C.T. birlikte yaptıklarını beyan ederler.

## 6. Kaynaklar

Ahmed, G. J., Li, Y., Li, X., Han, W. Y., & Chen, S. (2018). Epigallocatechin-3-gallate alleviates salinity-retarded seed germination and oxidative stress in tomato. *Journal of plant growth regulation*, 37, 1349-1356. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9849-0>

Ahanger, M. A., Aziz, U., Alsahli, A. A., Alyemeni, M. N., & Ahmad, P. (2019). Influence of exogenous salicylic acid and nitric oxide on growth, photosynthesis, and ascorbate-glutathione cycle in salt stressed *Vigna angularis*. *Biomolecules*, 10(1), 42. <https://doi.org/10.3390/biom10010042>

Ahmed, M. A., Ibrahim, O. M., & Elham, A. B. (2010). Effect of bio and mineral phosphorus fertilizer on the growth, productivity and nutritional value of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) in Newly Cultivated Land. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(3), 339-48.

Aina, O. E., Amoo, S. O., Mugivhisa, L. L., & Olowoyo, J. O. (2019). Effect of organic and inorganic sources of nutrients on the bioactive compounds and antioxidant activity of tomato. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 3681-3694. [http://dx.doi.org/10.15666/aer/1702\\_36813694](http://dx.doi.org/10.15666/aer/1702_36813694)

Arthurson, V. (2009). Closing the global energy and nutrient cycles through application of biogas residue to agricultural land-

potential benefits and drawbacks. *Energies*, 2(2), 226-242. <https://doi.org/10.3390/en20020226>

Baltepe, Ş., & Mert, H. (1973). Cucurbita Türlerinin Hipokotil Büyümesi üzerine Giberellik Asit ve İndol Asetik asitin etkileri. *Tübitak IV. Bilim Kongresi*, Ankara.

Baştabak, B. (2019). *Biyogaz Sistemlerinden Elde Edilen Fermente Gübrenin Marul Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişimine Etkilerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

Bidabadi, S. S., Dehghanipoodeh, S., & Wright, G. C. (2017). Vermicompost leachate reduces some negative effects of salt stress in pomegranate. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6, 255-263. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0173-7>

Borsani, O., Valpuesta, V., Botella, M. A. (2003). Developing Salt Tolerant Plants in a New Century: A Molecular Biology Approach. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73(2), 101-115. <https://doi.org/10.1023/A:1022849200433>

Bozcuk, S. (1978). *Domates (Lycopersicon esculentum Mill.), arpa (Hordeum vulgare L.) ve pamuk (Gossypium hirsutum L.) bitkilerinin büyüme ve gelişmesinde tuz-kinetin etkileşimi üzerinde araştırmalar*. (Doçentlik tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi)

Bray, E. A. (1988). Draught- and ABA-induced Changes in Polypeptide and mRNA Accumulation in Tomato Leaves. *Plant Physiology*, 88(4), 1210-1214. <https://doi.org/10.1104/pp.88.4.1210>

Cesur, A., & Tabur, S. (2011). Chromotoxic effects of exogenous hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) in barley seeds exposed to salt stress. *Acta physiologiae plantarum*, 33, 705-709. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0594-7>

Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 11-34.

Demirbaş, M., & Aydın, R. (2020). 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 163-179. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.4.5A0143>

Dölerslan, M., & Ebru, G. (2012). Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2, 56-59.

Duan, E. (2013). *Bazı deniz makroalglerinden (Ulva sp. Cystoseira sp. ve Corallina sp.) fermente sıvı organik gübre üretimi ve taze fasulye (Phaseolus vulgaris) verimine etkisinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Efe, E., Bek, Y., & Şahin, M. (2000). SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler II, No. 10.

Fallahi, H. R., Fadaeian, G., Gholami, M., Daneshkhan, O., Hosseini, F. S., Aghavani-Shajari, M., & Samadzadeh, A. (2015). Germination response of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and arugula (*Eruca sativa* L.) to osmotic and salinity stresses. *Plant Breeding and Seed Science*, 71(1), 97. <https://doi.org/10.1515/plas-2015-0025>

Fagerström, A., Al Seadi, T., Rasi, S., & Briseid, T. (2018). The role of anaerobic digestion and biogas in the circular economy. 24s.

Hepsibha, B. T., & Geetha, A. (2019). Physicochemical characterization of traditionally fermented liquid manure from fish waste (Gunapaselam). *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 18(4), 830-836.

Heydecker, W., & Gibbins, B. M. (1978). The priming of seeds. [Conference paper]. *Acta Horticulturae (Netherlands)*, no. 83.

Hnilčková, H., Hnilčeka, F., Martinkova, J., & Kraus, K. (2017). Effects of salt stress on water status, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rocket. *Plant, Soil and Environment*, 63(8), 362-367. <https://doi.org/10.17221/398/2017-PSE>

Ibrahim, E. A. (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology*, 192, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.011>

Jia, W., Wang, Y., Zhang, S., Zhang, J. (2002). Salt-stress-Induced ABA accumulation is more sensitively triggered in roots than in shoots. *Journal of Experimental Botany*, 53(378), 2201-2206. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf079>

Jilani, M. I., Ali, A., Rehman, R., & Nisar, S. S. S. (2015). Health benefits of Arugula: A review. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 8, 65-70.

Kabar, K. (1987). Alleviation of salinity stress by plant growth regulators on seed germination. *Journal of Plant*

- Physiology*, 128(1-2), 179-183. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(87\)80193-1](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(87)80193-1)
- Kabar, K. (1997). Comparison of Reversal of Abscisic Acid-induced Inhibition of Seed Germination and Seedling Growth of Some *Gramineae* and *Liliaceae* Members by Kinetin and Gibberellic Acid. *Turkish Journal of Botany*, 21, 203-210.
- Kanber, R., Kırda, C., & Tekinel, O. (1992). Sulama suyu niteliği ve sulamada tuzluluk sorunları. *ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın*, 21.
- Kenanoğlu, B. B. (2016). Tohumların çimlendirilmesinde farklı organik ön çimlendirme (Ozmotik Koşullandırma) uygulamalarının kullanımı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Dergisi*, 21, 124-134.
- Kumar, S., Malav, L. C., Malav, M. K., & Khan, S. A. (2015). Biogas slurry: source of nutrients for eco-friendly agriculture. *International Journal of Extensive Research*, 2(2), 42-46.
- Kusvuran, S., Ellialtıoğlu, S., & Polat, Z. (2013). Applications of salt and drought stress on the antioxidative enzyme activities and malondialdehyde content in callus tissues of pumpkin genotypes. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 496-500.
- Kuşcu, H., Çayğaracı, A., & Ndayizeye, J. D. D. (2018). Tuz stresinin bazı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 89-99.
- Leskovic, D., & Othman, Y. A. (2018). Organic and conventional farming differentially influenced soil respiration, physiology, growth and head quality of artichoke cultivars. *Journal of soil science and plant nutrition*, 18(3), 865-880. <https://doi.org/10.4067/S071895162018005002502>
- Liu, Y., Wang, Q., Zhang, Y., Cui, J., Chen, G., Xie, B., & Liu, H. (2014). Synergistic and antagonistic effects of salinity and pH on germination in switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *PloS one*, 9(1), e85282. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085282>
- Matthews, S., & Khajeh-Hosseini, M. (2007). Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 35: 200-212. <https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.1.18>
- Phibunwatthanawong, T., & Riddech, N. (2019). Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 369-380. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0257-7>
- Pill, W. G., Necker, A. D. (2001). The effects of seed treatments on germination and establishment of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Seed Science and Technology*, 29, 65-72.
- Pita Villamil, J. M., Perez-Garcia, F., & Martinez-Laborde, J. B. (2002). Time of seed collection and germination in rocket, *Eruca vesicaria* (L.) Cav. (Brassicaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49, 47-51. <https://doi.org/10.1023/A:1013875614186>
- Polat, T., & Okant, M. (2022). Tarımda son trendler tasarlama. Ankara. 296s.
- Schopfer, P., Bajracharya, D., Plachy, C. (1979). Control of Seed Germination by Abscisic Acid: I. Time Course of Action in *Sinapis alba* L. *Plant Physiology*, 64(5), 822-827. <https://doi.org/10.1104/pp.64.5.822>
- Tabur, S., & Demir, K. (2009). Cytogenetic response of 24-epibrassinolide on the root meristem cells of barley seeds under salinity. *Plant Growth Regulation*, 58, 119-123. <https://doi.org/10.1007/s10725-008-9357-5>
- Theuerl, S., Herrmann, C., Heiermann, M., Grundmann, P., Landwehr, N., Kreidenweis, U., & Prochnow, A. (2019). The future agricultural biogas plant in Germany: A vision. *Energies*, 12(3), 396. <https://doi.org/10.3390/en12030396>
- Tort, N., Türkyılmaz, B. (2003). Physiological Effects of NaCl on Two Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. *Turkish Journal Of Field Crops*, 8, 68-75.
- Turner, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and soil*, 58(1-3), 339-366.
- TÜİK. (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel üretim istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Yasir, T. A., Khan, A., Skalicky, M., Wasaya, A., Rehmani, M. I. A., Sarwar, N., Mubeen, K., Aziz, M., Hassan, M. M., Hassan, F. A. S., Iqbal, M. A., Brestic, M., Islam, M. S., Danish, S., & El
- Sabagh, A. (2021). Exogenous Sodium Nitroprusside Mitigates Salt Stress in Lentil (*Lens culinaris* Medik.) by Affecting the Growth, Yield, and Biochemical Properties. *Molecules*, 26(9), 2576. <https://doi.org/10.3390/molecules26092576>
- Zeevaert, J. A., & Creelman, R. A. (1988). Metabolism and physiology of abscisic acid. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 39(1), 439-473.
- Zhao, Y., Yang, Q. S., Yang, S., Zhao, H. M., Duan, Q. S., Yang, Y. X., & Qin, X. D. (2014). Effects of biogas slurry pretreatment on germination and seedling growth of *Vicia faba* L. *Advanced Materials Research*, 955, 208-212. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.955-959.208>