EUROASIA
Matematik, Mühendislik, Doğa ve Tıp Bilimleri Dergisi
Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Science

Araştırma Makalesi e-ISSN: 2667-6702 https://doi.org/10.5281/zenodo.19218294

Hıyar (*Cucumis sativus* L.) Bitkisinde Tuz Eşiği Nerede?

Halide AKTAŞ [1*], Özlem ÜZAL [2]
[1] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Seracılık Programı, Van
[2] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van
Sorumlu yazar (Corresponding author) E-mail: halideaktas@yyu.edu.tr

Makale Tarihçesi
Geliş: 23.01.2026
Kabul: 27.02.2026

Anahtar Kelimeler
Hıyar
tuz stresi
büyüme parametreleri
skala

Özet: Tuzluluk, sebze üretimini sınırlandıran en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bitkilerde geri dönüşü olmayan zarar oluşturmadan stres tepkilerinin ortaya konulabilmesi için "orta şiddette" tuz düzeyinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışma, hıyar (*Cucumis sativus* L.) fidelerinde büyüme parametreleri ve görsel hasar skala değerleri esas alınarak orta şiddette tuz stresi oluşturan NaCl konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bitkiler kontrollü iklim koşullarında su kültürü sisteminde yetiştirilmiş ve 0 (kontrol), 50, 75, 100, 125 ve 150 mM NaCl uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Çalışma sonunda toplam bitki ağırlığı, kök, gövde ve yaprak ağırlıkları, yaprak sayısı, bitki boyu, gövde çapı ve boğum arası mesafe gibi büyüme parametreleri ölçülmüş; ayrıca bitkiler 1–5 aralığında puanlanan görsel bir hasar skalasına göre değerlendirilmiştir. Sonuçlar, 125 ve 150 mM NaCl düzeylerinin şiddetli nekroz ve bitki ölümüne yol açtığını, dolayısıyla aşırı stres oluşturduğunu göstermiştir. Artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak büyüme parametrelerinde azalma eğilimi belirlenmiş; özellikle 75 ve 100 mM uygulamalarında biyokütle ve bitki boyunda anlamlı düşüşler saptanmıştır. Buna karşılık 50 mM NaCl uygulaması, bitkilerde stres belirtilerinin başladığı ancak canlılığın sürdürülebildiği ve karşılaştırılabilir büyüme yanıtlarının izlenebildiği bir düzey olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, hıyar fidelerinde 50 mM NaCl düzeyinin orta şiddette tuz stresi koşullarını temsil ettiği sonucuna varılmıştır.

Where is the Salinity Threshold in Cucumber (*Cucumis sativus* L.)?

Article Info
Received: 23.01.2026
Accepted: 27.02.2026

Keywords
Cucumber
salt stress
growth response
scale

Abstract: Salinity is one of the major abiotic stresses limiting vegetable production worldwide. Determining a moderate salt stress level is essential for evaluating plant responses without causing irreversible damage. This study aimed to identify the NaCl concentration that induces moderate salt stress in cucumber (*Cucumis sativus* L.) based on growth parameters and visual injury scale. Seedlings were grown under controlled environmental conditions in a hydroponic system and exposed to six NaCl treatments (0, 50, 75, 100, 125, and 150 mM). Morphological parameters including total plant weight, root weight, stem weight, leaf weight, leaf number, plant height, stem diameter, and internode length were measured. Additionally, salt injury was evaluated using a 1–5 visual scoring scale. Results indicated that 125 and 150 mM NaCl caused severe necrosis and plant mortality, representing excessive stress levels. Increasing salinity progressively reduced growth parameters, particularly at 75 and 100 mM. In contrast, 50 mM NaCl induced visible stress symptoms without causing lethal damage and allowed measurable and comparable growth responses. Overall, 50 mM NaCl was identified as an appropriate concentration representing moderate salt stress in cucumber seedlings. These findings provide a reference threshold for future physiological and stress tolerance studies.

1. Giriş

Tuzluluk, dünya genelinde tarımsal üretimi sınırlandıran en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Özellikle sulama kaynaklı sekonder tuzluluk, kurak ve yarı kurak bölgelerde giderek artmakta ve bitki büyümesini, verimi ve ürün kalitesini ciddi şekilde etkilemektedir (Munns & Tester, 2008). Toprakta biriken NaCl, bitkilerde hem ozmotik stres hem de iyon toksisitesine yol açarak büyüme geriliği, yaprak klorozu ve nekroz gibi morfolojik belirtiler oluşturur (Zhu, 2001). Hıyar (*Cucumis sativus* L.), tuzluluğa orta derecede hassas bir sebze türü olarak bilinmektedir. Artan NaCl konsantrasyonlarının hıyarda bitki boyu, yaprak alanı, taze ve kuru ağırlık gibi büyüme parametrelerini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Chartzoulakis, 1992; Shannon & Grieve, 1999). Tuz stresinin erken dönem etkileri genellikle büyüme hızında azalma ve yapraklarda görsel hasar belirtileri şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle morfolojik büyüme ölçümleri ve görsel hasar skalaları, tuz stres şiddetinin pratik ve güvenilir göstergeleri olarak kabul edilmektedir (Parida & Das, 2005). Bitkilerde tuz stresine bağlı büyüme azalması genellikle belirli bir eşik konsantrasyondan sonra belirginleşmektedir. Bu eşik değer, tür ve genotipe bağlı olarak değişmekte olup, kontrollü deney koşullarında belirlenmesi hem fizyolojik çalışmalar hem de ilerleyen stres uygulamaları için temel oluşturmaktadır (Munns, 2002). Özellikle "orta şiddette" tuz stresi oluşturan NaCl düzeyinin belirlenmesi, bitkinin tamamen baskılanmadığı ancak stres tepkilerinin ortaya çıktığı bir doz aralığının tanımlanması açısından önemlidir. Bu bağlamda, çalışmanın amacı hıyar bitkisinde büyüme parametreleri ve görsel hasar skala değerleri esas alınarak orta şiddette tuz stresi oluşturan NaCl konsantrasyonunun belirlenmesidir. Elde edilen bulguların, ileride yürütülecek stres fizyolojisi ve tolerans çalışmalarına temel oluşturması hedeflenmektedir.

2. Materials and Methods

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Fizyoloji laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada, materyal olarak standart BT Bursalfa Hıyar (*Cucumis sativus* L.) tohumu kullanılmıştır. Deneme, bitkilerin yetiştirilmesi için uygun iklim koşullarının sağlandığı split klimalı iklim odasında ve su kültürü sisteminde yürütülmüştür. Tohumlar, plastik kaplarda pomza + torf ortamına ekilerek çimlendirilmiştir. Çimlendirme işleminden 9 gün sonra, kotiledon yaprakların yatay konuma gelmesiyle ve ilk gerçek yaprakların görülmeye başlamasıyla fideler modifiye edilmiş Hoagland besin çözeltisine alınmıştır (Hoagland ve Arnon, 1938). Bitkiler iklim kontrollü yetiştirme odasında;

- Sıcaklık: 25 °C
- Fotoperiyot: 16 saat ışık / 8 saat karanlık
- Işık şiddeti: 500 µmol m^{-2} s^{-1} (gün ışığı veren lambalar)
- Oransal nem: %60

koşullarında yetiştirilmiştir.

Bitki kökleri besin çözeltisine temas edecek şekilde tablalar küvetlerin üzerine yerleştirilmiş; havalandırma işlemi çalışma boyunca akvaryum hava pompası ile sürekli sağlanmıştır. Besin çözeltileri haftada bir tazelenmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan hıyar tohumları ve fidelerinin laboratuvardaki genel görünümleri.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan besin eriyiği reçeteleri (ppm) ve besin eriyiğinde kullanılan kimyasal kaynaklar

Elementler	Ppm	Makro Elementler	Mikro Elementler
Azot (N)	176	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	$C_6H_5FeO_7 \cdot 4H_2O$
Fosfor (P)	31	KNO_3	$MnCl_2$
Potasyum (K)	146	KH_2PO_4	H_3BO_3
Magnezyum (Mg)	24	$MgSO_4$	$ZnCl_2$
Kalsiyum (Ca)	200		$CuCl_2 \cdot 2H_2O$
Kükürt (S)	34		
Demir (Fe)	3.3		
Mangan (Mn)	0.050		
Bor (B)	0.457		
Bakır (Cu)	0.015		
Çinko (Zn)	0.055		

Hıyar (*Cucumis sativus* L.) bitkisinin tuzluluk stresine karşı fizyolojik tepkilerini değerlendirmek ve orta derecedeki NaCl stres eşiğini belirlemek amacıyla farklı konsantrasyonlarda sodyum klorür (NaCl) uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bitkiler, Hoagland besin çözeltisi ile desteklenen kontrollü ortam koşullarında yetiştirilmiş ve tuz uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Tuz stresine karşı hıyar bitkisinin tepkilerini değerlendirmek amacıyla altı farklı uygulama grubu oluşturulmuştur. Bu gruplar; yalnızca Hoagland besin çözeltisi içeren kontrol grubu ile birlikte artan NaCl konsantrasyonlarına sahip beş farklı uygulama grubunu kapsamaktadır. Çalışmada uygulanan NaCl konsantrasyonları sırasıyla 50 mM, 75 mM, 100 mM, 125 mM ve 150 mM'dir. Çalışmanın sonunda; dikim olgunluğuna gelen fidelerin bitkilerin stresten etkilenme durumunu belirten 1-5 skala değerlerine, toplam bitki ağırlığı, kök ağırlığı, gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı, yaprak sayısı, gövde çapı, gövde boyu ve boğum arası mesafe değerlerine bakılmıştır.

Temel Büyüme Parametrelerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, hıyar bitkilerinde uygulama sonrası bazı temel morfolojik parametreler belirlenmiştir. Toplam bitki ağırlığı, kök ağırlığı, gövde ağırlığı ve yaprak ağırlığı, her uygulama grubunda üç tekerrürlü olarak değerlendirilmiş ve 1/10.000 hassasiyetinde dijital terazi (±0.0001 g) kullanılarak tartılmıştır. Bitki boyu ve kök uzunluğu, standart bir cetvel yardımıyla cm cinsinden ölçülmüştür. Gövde çapı ile boğumlar arası mesafe, dijital kumpas

kullanılarak milimetre (mm) biriminde kaydedilmiştir. Ayrıca, her bitkideki yaprak sayısı sayılarak adet cinsinden değerlendirilmiştir.

1-5 Skalası ile Değerlendirme

Bitkilerde morfolojik olarak tuz stresine bağlı ortaya çıkan zararlanma düzeyini değerlendirmek amacıyla 1'den 5'e kadar puanlanan görsel bir skorlama sistemi kullanılmıştır. Bu değerlendirme yöntemi, Üzal, (2009) tarafından geliştirilen ve stres semptomlarının şiddetine göre puanlama esasına dayanan yöntem baz alınarak oluşturulmuştur.

Her bir bitki, gözlenen fizyolojik semptomlara göre aşağıda belirtilen kriterlere göre sınıflandırılmıştır.

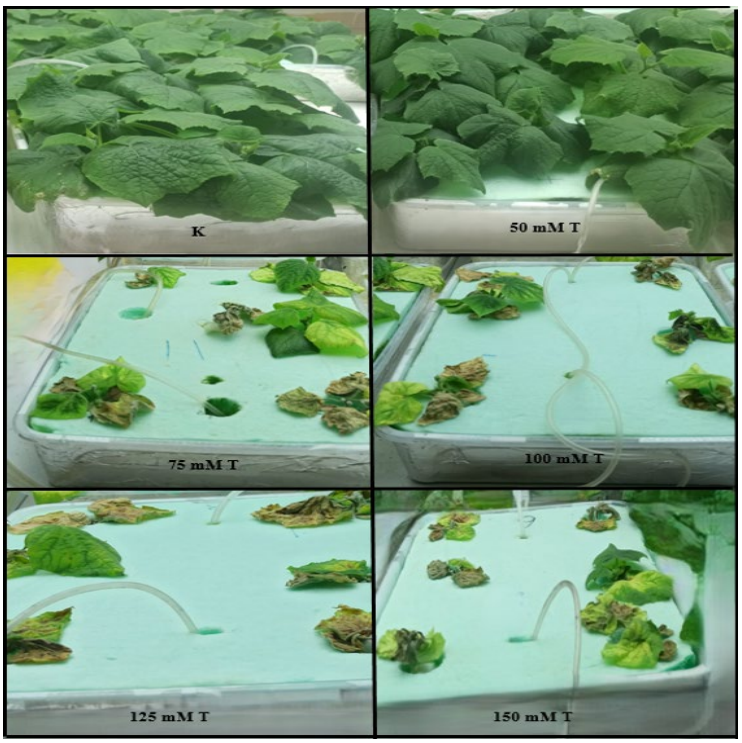
1. Bitkiler tuz stresinden etkilenmemiştir (kontrol grubundaki sağlıklı bitkiler).
2. Yapraklarda lokal sararma ve kıvrılma gözlenmiştir.
3. Yapraklarda belirgin sararma ve yaklaşık %25 oranında nekrotik lekeler oluşmuştur.
4. Yaprak yüzeyinde %50–75 arasında nekroz görülmekte ve bazı bitkiler ölmektedir.
5. Yaprakların %75–100'ünde şiddetli nekroz gözlenmiş, bitki tamamen ölmüştür.

Değerlendirmelerin yapılması

Çalışmada ele alınan özellikler bakımından grupları (uygulamaları) karşılaştırmada Tek yönlü varyans analizi yapılmıştır Varyans analizini takiben farklı grupları belirlemede Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Hesaplamalarda istatistik önemlilik (anlamlılık) düzeyi %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS (ver: 21) istatistik paket programı kullanılmıştır.

3. Bulgular

Tuz uygulamasının başlamasından 10 gün sonra, bitkilerde ortaya çıkan zararlanmanın düzeyini ortaya koymak amacıyla bir skala oluşturulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Hıyar (*Cucumis sativus* L.) fidelerinin su kültürüne alındıktan 23 gün sonraki, hasat öncesi genel morfolojik görünümleri.

Tablo 2. Hıyar fidelerinin farklı tuz dozları altında skala üzerine etkisi.

Uyg.	Skala
K	1.0
50 mM T	2.0
75 mM T	3.9
100 mM T	4.6
125 mM T*	5.0
150 mM T*	5.0

Uyg. Uygulama, K: Kontrol; T: NaCl.

Tanımlanan skalaya göre tuz uygulaması yapılamayan kontrol uygulamasında zaralanmanın olmadığı buna karşılık 125 mM ve 150 mM tuz uygulamalarında yaprakların tamamına yakınında şidetli nekrozların görüldüğü belirlenmiştir. Tuz konsatrasyonu artıkça zararın şiddeti de artmıştır. 50 mM tuz uygulanan bitkilerin yapraklarında yer yer az miktarda saramalar gözlenirken tuz konsantrasyonun 75 ve 100'çıkarıldığı uygulamalarda yaprak yüzeylerindeki sarama oranlarının %50 ve %75'lere çıktığı saptamıştır (Çizelge 4.1).

Tablo 3. Hıyar fidelerinde farklı tuz düzeylerinin bitki gelişim parametrelerine etkisi

Uyg.	Toplam Bitki Ağ.	Kök Ağ.	Gövde Ağ.	Yaprak Ağ	Yaprak Say.	Bitki boyu	Gövde çapı	Boğum arası mesafe
K	21.66 a	8.04 a	2.91 a	10.72 a	5.44 a	11.43 a	4.59 a	13.03 ab
50 mM T	20.10 ab	7.63 ab	3.31 a	9.16 ab	5.11 ab	10.04 ab	3.97 ab	14.52 a
75 mM T	18.74 b	7.14 b	2.27 b	9.32 ab	5.00 ab	9.36 b	4.52 a	13.82 ab
100 mM T	18.81 b	7.81 ab	2.17 b	8.82 b	5.00 ab	8.98 b	3.67 b	10.48 b
125 mM T	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
150 mM T	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

a, b, c,…↓: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan ortalamalar arası fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Uyg. Uygulama, K: Kontrol, T: NaCl, ND: Tespit edilemedi.

Çizelgeden de görüldüğü gibi 50 mM tuz uygulaması toplam bitki ağırlığında önemli bir değişime neden olmazken, 75 ve 100 mM tuz uygulamalarının toplam bitki ağırlığını önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir. Kök ağırlığı ise yalnızca 75 mM tuz uygulamasında etkilenmiş ve bu uygulama kök ağırlığında azalmaya neden olmuştur; 50 ve 100 mM uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. Gövde ağırlığı açısından bitkilerin tuz uygulamalarına verdikleri tepkilerin uygulanan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Örneğin 50 mM tuz uygulaması gövde ağırlığında önemli bir farklılığa neden olmazken, 75 ve 100 mM tuz uygulamalarında gövde ağırlığında önemli azalmalar meydana gelmiştir. Yaprak ağırlığı üzerine ise yalnızca 100 mM tuz uygulamasının etkisi önemli bulunmuştur. Kontrol uygulamasında 10.72 g olan yaprak ağırlığı, 100 mM tuz uygulamasında 8.82 g'a düşmüştür. Yaprak sayısında düşük tuz konsantrasyonunun (50 mM) etkisi önemsiz bulunurken, 75 ve 100 mM tuz uygulamaları yaprak sayısını kontrole kıyasla önemli derecede azaltmıştır. Bitki boyunda da uygulanan tuzun etkisi konsantrasyona bağlı olarak farklılık göstermiş; 50 mM tuz uygulaması bitki boyunu kontrolle benzer düzeyde tutarken (sınırlı düzeyde azalma eğilimi), 75 ve 100 mM tuz uygulamalarında bitki boyunda azalma meydana gelmiştir. Gövde çapında da tuz uygulamalarının etkisi uygulanan konsantrasyona bağlı olarak değişmiş; kontrol ile 50 ve 75 mM tuz uygulamaları arasındaki farklar önemsiz bulunurken, 100 mM tuz uygulamasının gövde çapını önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir. Boğum arası mesafe bakımından ise kontrole kıyasla tuz uygulamasından kaynaklanan değişikliklerin genel olarak istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiş; bu parametredeki tek anlamlı farkın 50 mM ile 100 mM tuz uygulamaları arasında ortaya çıktığı

saptanmıştır (Tablo 3). Ana denemede kullanılacak NaCl dozunu belirlemek amacıyla yürütülen ön denemede, kontrol uygulamasında herhangi bir zarar belirtisi görülmemiş (skala=1.0), NaCl dozu arttıkça yapraklarda kloroz (sararma) ve nekroz şiddetlenmiş ve skala değerlerinin yükseldiği belirlenmiştir. Özellikle 125–150 mM NaCl düzeylerinde yaprakların tamamına yakınında şiddetli nekrozların görülmesi, bu dozların hıyar fidelerinde çok ağır stres/yaşayabilirlik kaybına yol açtığını göstermiştir. Hıyarın tuzluluğa duyarlı bir tür olduğu ve NaCl artışıyla büyüme ve yaprak fonksiyonlarında hızlı bozulmaların ortaya çıkabildiği literatürde de vurgulanmaktadır (Al-Momany ve Abu-Romman, 2023; Li vd., 2023). Literatürde hıyarda tuz stresinin şiddetini kademelendirmek amacıyla 50–100–150 mM gibi NaCl düzeylerinin yaygın olarak kullanıldığı; 100–150 mM uygulamalarının çoğu çalışmada güçlü/ileri düzey stres oluşturduğu bildirilmektedir (Chen vd., 2024). Sarwar vd. (2019), artan tuzluluk düzeylerinin hıyar fidelerinde sürgün ve kök uzunluğunu azaltarak toplam biyokütleyi düşürdüğünü bildirmiştir. Ayrıca besin çözeltisinde yaklaşık 50–70 mM NaCl düzeylerinin hıyarda belirgin ve bazı durumlarda geri dönüşü zor zararlar oluşturabildiği, dolayısıyla "orta hassasiyet" düzeyini temsil edebilecek bir eşik aralığı sunduğu belirtilmektedir (Niu vd., 2022). Benzer şekilde Yaşar ve Yaşar (2022) farklı biber genotiplerinde tuz stresinin biyokütle, yaprak sayısı ve klorofil içeriğini azalttığını ortaya koymuştur.

4. Sonuçlar

Bulgular birlikte değerlendirildiğinde, 125–150 mM NaCl uygulamalarının bitkilerde belirgin ve ileri düzeyde hasara yol açtığı; buna karşılık daha düşük konsantrasyonlarda, özellikle 50 mM düzeyinde, stres belirtilerinin başladığı ancak bitki canlılığının sürdürülebildiği ve karşılaştırılabilir büyüme yanıtlarının izlenebildiği belirlenmiştir. Bu durum, 50 mM NaCl düzeyinin, letal etkiye ilerlemeden stres tepkilerinin ortaya konabildiği bir "orta şiddette tuz stresi" aralığını temsil ettiğini göstermektedir.

Thanks and Information Note

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2021-9643 numaralı proje kapsamında desteklenen doktora tez projesinin ön çalışmasını oluşturmaktadır. Sağlanan destek için teşekkür ederiz.

References

Chartzoulakis, K. S. (1992). Effects of NaCl salinity on germination, growth and yield of greenhouse cucumber. *Journal of Horticultural Science*, 67(1), 115–119.

Chen, C., Yu, W., Xu, X., Wang, Y., Wang, B., Xu, S., Lan, Q., Wang, Y. (2024). Research Advancements in Salt Tolerance of Cucurbitaceae: From Salt Response to Molecular Mechanisms. International Journal of Molecular Sciences, 25(16), 9051. doi:10.3390/ijms25169051

Hoagland, D.R., Arnon, D.I. 1938. The water culture method for growing plants without soil. Circular. California agricultural experiment station, 347-461.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25, 239–250.

Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651–681. doi:10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Niu, M., Huang, Y., Sun, J., & Guo, S. (2022). Mechanisms of increasing salt resistance of vegetables by grafting. *Vegetable Research*, 2, 8. doi.org/10.48130/VR-2022-0008

Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324–349

Sarwar, M., Ahmad, S., Chattha, M.B., Chattha, M.U., Alam, M.W., Anjum, S., Shafeeq, T., Naseem, M.K., Mannan, A. (2019). Assessment of growth and productivity of cucumber (Cucumis sativus L.) genotypes under salt stress regime. Applied Ecology and Environmental Research, 17(5), 10793–10806.

Shannon, M. C., & Grieve, C. M. (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78, 5–38.

Üzal, Ö., 2009. Tuz stresi altında yetiştirilen bazı çilek çeşitlerinde jasmonik asitin bitki gelişimi ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerine etkisi. (Doktora Tezi). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van

Yaşar, F., Yaşar, Ö. (2022). Tuz stresi altındaki çarliston biber çeşidinin gelişim performansı. ISPEC Tarım doi:10.5281/zenodo.7365545

Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2), 66–71.