***Derleme***

**Kuraklık Stresinde Kalsiyum’un**

**Bitkiler Üzerindeki Etkisi**

**Abdülkerim BULUT1, Nevzat SEVGİN1, Yelderem AKHOUNDNEJAD1\***

Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şırnak 1

**\***Sorumlu Yazar:y\_akhondnejad@hotmail.com

Gönderme tarihi: 19/10/2019

Kabul tarihi: 13/12/2019

# **ÖZET**

# Kuraklık stresi, bitkilerin yaşamlarının herhangi bir döneminde büyümesini ve verimini etkileyen, bitkilerde değişik tepkilerin alınmasına yol açabilen özellikleri birbirine benzeyen yeni bitkilerin oluşmasına yol açan değişik çevresel faktörlerin etkisindedir. Kalsiyum (Ca), bitkide farklı fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonlarda stres direncini artırmak için sinyal molekülü olarak görev yapan, önemli bir makro besindir. Bu çalışmada, farklı abiyotik streslerin bitki büyümesi, gelişimi, fizyolojik özellikleri ve verimi üzerine etkileri verilmiştir. Bitkilerin abiyotik stresi sürdürme ve tolerans mekanizmaları da değerlendirilmiştir. Ayrıca, kalsiyum kaynaklı abiyotik stres toleransı büyüme, fizyoloji ve verim artışı açısından da değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler**; Kuraklık; Fizyoloji; Kalite; Stres; Verim

**Effect of Calcium on Plants Under Drought Stress**

**ABSTRACT**

Plants are environmental factors that affect growth and productivity at any time of their lives but that can lead to different reactions; in other words, plants that do not resemble each other are environmental factors tha taffect properties differently. Calcium (Ca) is an essential macro nutrient it acts as signaling molecule in different physiological and biochemical processes in plant to improve stres resistance. In this study,we focused on the effects of different abiotic stress on plant growth,development,physiological properties and yield. Abiotic stress was evaluated on the mechanism of maintaining and toleratingplants. Inaddition, calcium-based abiotic stres tolerance were reviewed in terms of growth, physiology and yield improvement.

**Keywords;** Drought;Physiology; Quality; Stress; Yield

# **1. GİRİŞ**

Bitkiler, değişik çevre faktörlerinin etkisiyle, farklı streslere maruz kalarak yaşamlarını sürdürmeye çalışmaktadırlar. Bu çevre faktörleri; toprak, iklim, doğal olmayan kirleticiler, hayvanlar ve diğer bitkiler ile rekabet şeklinde sıralanabilir. Abiyotik faktörler olan kuraklık, yüksek sıcaklık, radyasyon, tuzluluk veya don vb. ile biyotik faktörler olan patojen, diğer organizmalarla rekabet vb. stresler, ekonomik öneme sahip bitkilerin normal fizyolojik yapılarında değişikliklere yol açmaktadırlar. Bu stresler, bitkilerin biyo sentetik kabiliyetini azaltmakta, normal işlevlerini değiştirmekte ve bitkinin ölümüne yol açabilecek hasarlara sebep olabilmektedir (Lichtenhaler, 1996).

Doğal olarak bitkiler, bu olumsuz çevresel koşullarda yaşamlarına devam edebilmeleri ve gelecek nesilleri sürdürebilmeleri için belirli bir seviyeye kadar kendilerini savunana bilecek mekanizmalar geliştirebilmektedirler. Çevresel stresin üstesinden gelmek sadece gıda üretiminin sürdürülebilir bir şekilde artması için değil, aynı zamanda çevresel dengenin korunması için de gereklidir. Abiyotik strese bitkilerin toleranslılığı, çeşitli faktörlere bağlı olan heterojen bir özelliktir. Olumsuz çevre koşulları çoğunlukla farklı antropojenik faaliyetlerin doğrudan veya dolaylı etkisinden kaynaklanmaktadır. Kuraklık, tuzluluk ve yüksek sıcaklık nedeniyle bitkiler, dehidrasyon stresiyle karşı karşıya kalmakta ve bu stres etkisi ile bitki büyüme ve üretimi sınırlanmaktadır (Vorasoot ve ark.,2003). Bu durum, bitkilerin topraktaki normal kök büyümesini, besin alımını ve hareketliliğini engelleyerek,bitki dokularında mineral elementlerin birikmesinide etkilemekte ve bu nedenleçeşitli fizyolojik ve anti-oksidatif bitki reaksiyonlarını oluşturur(Luo ve ark., 2011).Kuraklıktan etkilenme derecesi, genotipe bağlı olarak farklı şiddetlerde oluşabileceği gibio genotipin stres altında geliştirdiği metabolik değişimlere, yani fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerede bağlıdır (Kayabaşı, 2011). Bitkilerde bazı fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerdeki değişiklikler nedeniyle genomik ekspresyon meydana gelmektedir. Kalsiyum (Ca), stres direncini artırmak için bitkide farklı fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerde sinyal molekülü olarak hareket ettiği için, önemli bir makro besindir ve ikinci haberci olarak da bilinir (White ve Broadley, 2003). Kalsiyum, abiyotik stresi azaltmak için hücre zarı stabilizasyonu, besin alımının yanı sıra, enzimatik ve hormonal düzenlemelerde önemli ölçüde rol oynamaktadır (Ahmad ve ark., 2015).

Bu nedenle bu derlemede, farklı abiyotik streslerin bitki büyümesi, gelişimi, fizyolojik özellikleri ve verimi üzerindeki etkileri ile bitkilerin abiyotik stresi sürdürme ve tolere etme mekanizmaları üzerinde durulacaktır.

## **2.ABİYOTİK STRESE BİTKİNİN YANITI**

Küresel iklim değiştikçe kuraklığın sıklığı ve şiddeti endişe verici bir oranda artmaktadır (Walter ve ark., 2011). Su veya nem eksikliği nedeniyle bitkiler, genellikle yaşam döngüsünün herhangi bir büyüme ve gelişim evresinde, kuraklık stresinden zarar görürler. Yağış eksikliği, yeraltı suyu eksikliği ve daha yüksek buharlaşma, kuraklığın şiddeti üzerinde etkilidir (Mishra ve Cherkauer, 2010).

***2.1.Kuraklık***

Çimlenme, büyüme ve kuru madde birikimini engelleyerek bitki büyümesini ve gelişimini direkt etkilemektedir. Bu su sıkıntısı, turgor kaybına neden olmakta, enerji dengesini, enzimatik aktiviteyi azaltmakta, bu da hücre bölünmesini, uzamasını ve farklılaşmasını bozmakta ve sonuç olarak da bitkinin verimliliğini azalttığı bildirilmektedir (Kiani ve ark., 2007). Su eksikliğinin erken etkilerinden birisi fotosentez oranındaki düşüş nedeni ile vejetatif büyümedeki azalmadır. Su eksikliğine, gövde büyümesi ve özellikle yaprak büyümesi kök büyümesinden daha hassastır (Sağlam, 2004). Kuraklığın bitkinin vejetatif evresine etkisi daha düşük ekonomik zarar gösterirken, üreme evresindeki kuraklık stresi, verimi önemli düzeyde etkilemektedir (Reddy ve ark., 2003). Kuraklık stresiyle azalan terleme, besin emilimini azaltır ve böylece bitkide de besin eksikliği zararı görülebilir. Kuraklığa bağlı olarak yetersiz besin elementi ve su alımının bir başka etkisi ise membran bütünlüğünün bozulmasıdır. Enzim aktivitelerinin değiştirilmesi ve enerji dağılımının olmaması da kuraklık altında besin birikimini bozmaktadır (Baligar ve ark., 2001).Kuraklık stresi üzerine, stomatal kapanma, terleme ve CO2 asimilasyonunda azalmaya neden olmaktadır (Miyashita ve ark., 2005). Kurak koşulların oluştuğu ilk dönemlerde, bitki daha fazla suya ulaşabilmek için gövde uzamasını yavaşlatıp kök gelişimini arttırır(Öztürk, 2015).Çiçeklenme aşamasında meydana gelebilecek kuraklık stresi, bitkilerde polen kısırlığını arttırarak verimi azaltmaktadır. Örneğin yapılan bir çalışmada, çiçeklenme döneminde kuraklık stresine bağlı olarak ayçiçeğinde (*H. annuus*) verimin azaldığı gözlemlenmiştir (Hussain ve ark., 2008). Çiçeklenme döneminde kuraklık nedeniyle su açığı olması durumunda tahıl veriminin ortalama yaklaşık %50 oranında azaldığını göstermiştir. Ayrıca değişik ürünler ile yapılan çalışmalarda çiçeklenme döneminde kuraklık stresine bağlı olarak önemli verim kayıplarını oluştuğu bildirilmiştir (Shahryari ve ark.,2008). Kontrollu koşullar ve kuraklık stresinde çeltik bitkisinde büyüme ve gelişme farklılığı gösterilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Kuraklık stresinin çeltik bitkisinin büyüme ve gelişimine etkisi.

## **3.KALSİYUM KAYNAKLI BÜYÜMEVE FİZYOLOJİSİNİNDÜZENLENMESİ**

***3.1 Abiyotik Stres Altındaki Bitkiler***

***Kalsiyum (Ca)***

Hücre duvarı stabilizasyonu, iyon taşınımını ve seçiciliğin düzenlenmesi, iyon değişim davranışının düzenlenmesi ve enzim aktivasyonunda yer alan, bitki zarının yapısal ve fonksiyonel bütünlüğü gibi birçok süreçte bitki büyümesi ve gelişimi için gerekli makro besin maddelerinden biridir (Rengel, 1992). Bu nedenle Ca, sadece bitki için bir mineral besin elementi olmayıp, aynı zamanda hücre ve bitki gelişim süreçlerine ve birçok fizyolojik ve hücresel yönü düzenleyerek, farklı stres koşullarına bitki tepkisine aracılık etmektedir (White ve Broadley, 2003). Kalsiyum, tohumun çimlenmesi, büyümesi ve gelişmesi, su ilişkileri, fotosentez ve daha pek çok konuda düzenleyici rol oynamaktadır, Ayrıca Ca, tuzluluk, kuraklık, sel, ısı, soğutma ve ağır metal stresi gibi abiyotik stresler altında çeşitli ürünlerin verim iyileştirmesini düzenleyebilmektedir. Kalsiyum takviyesi, sadece bitkinin morfolojik ve fizyolojik özelliklerini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda verim özelliklerinin yanı sıra, tuzlu su koşullarında verimi de önemli ölçüde artırmaktadır (Parvin ve ark., 2015). Kalsiyum takviyesi, kuraklık stres koşullarında ve kontrollü koşullarda daha fazla sayıda çiçek ve tatlı biberin meyve ağırlığını artırmıştır. Kalsiyum, domates bitkisinin meyve verimini, meyveler tarafından azot alım oranını arttırdığı da bilinmektedir. Kalsiyum karbonat süspansiyonunun, domates meyvelerinde güneş yanıklığının hasarlarını azalttığı bildirilmektedir (Patane ve ark.2018).

***3.2.Tohum Çimlenmesi***

Bitki yaşam döngüsünün temel aşaması tohum çimlenmesidir; aynı zamanda bitkilerin meydana gelmesini ve verimini etkileyen, büyüme ve gelişimin hayati bir aşamasıdır.Tohum çimlenmesi, tohumun su alması ile metabolik aktiviteyi yeniden aktive eden ve kuru tohumdan fide radikula (kökçük) ve plumulanın (gövde) ortaya çıkması ile başlar (Bewley ve Black, 1994). Doğal olarak tohumlar, çimlenmeleri için gerekli olan temel besin maddelerini içerir, ancak bunların mevcudiyeti (tuzluluk, kuraklık, soğuk vb) stresler tarafından engellenir (Knight ve Knight, 2001). Bu durumda Ca, birçok fizyolojik ve hücresel tepkiyi düzenleyerek stres koşullarına karşı koruma sağlamaktadır (Zehra ve ark., 2012).

Toz koşulları altında Ca, Na+ girişini kısıtlamakta ve böylece NaCl'un tohum çimlenmesi üzerindeki olumsuz etkisini azaltmaktadır(Marcar, 1986). Tohum astarlama maddesi olarak 50 mM Ca2+ (CaCl2) konsantrasyonunun kullanılması, kuraklık stresi altında arpada (*Hordeumvulgare*) genotiplerinden bağımsız olarak tohum çimlenmesi için en faydalı olduğunu göstermiştir (Kaczmarek ve ark,. 2017). Tohum ozmopriming olarakCa kullanımında çeltik (*Oryzasativa*) gibi diğer alan ve tahıl bitkileri için olumlu tepki göstermiştir (Basra ve ark., 2004). Ozmopriming, tohumların düşük su potansiyeline sahip bir ozmotik solusyon içerisinde belirli bir süre bırakılarak kontrollü su alımının sağlanması, ancak kök çıkışının engellenmesi esasına dayanmaktadır (Heydecker ve Gibbins, 1978).Ekmeklik buğday (*Triticumaestivum*) ve ayçiçeğinin (*Helianthusannuus*) çimlenme oranını, fide oluşumunu ve fide büyümesi üzerinde gelişme göstermiştir (Nayyar ve ark., 1995). Güney kandili ağacı (*Koelreuteriapaniculata*) orta veya düşük dozda Ca2+ geliştirilmiş tohum çimlenme özelliklerini ortaya konmuştur (Cai ve ark., 2013).

### ***3.3 Büyüme***

Kalsiyum, bitkilerin büyümesini ve gelişimini geliştirerek bitkilerin abiyotik streslere toleransını arttırmaktadır. Ek olarak Ca, bitki kökünü arttırarak, bitki kuru maddesini artırabilir ve domateste (*Solanum lycopersicum*) tuzlu su koşullarında kuru ağırlığını azaltabilir (Tuna ve ark., 2007). Kalsiyum uygulamasında, bitki boyu, yaprak ve dal sayısı, domateste (*S. Lycopersicum*) artarken, tuz stres altında yaprak alanında negatif etkisi görülmüştür (Parvin ve ark., 2015). Bitkilerde ozmotik, farklı streslere karşı (kuraklık, tozluluk, sıcaklık) ve yaşamsal hayatını devam etmek açısından önemli rol oynamaktadır. Bu önemli yaşamsal aktivite içerisinde, stomal ve fotosentez mekanizmalarında bitki ve hücre gelişimine önemli derecede etkisi görülmektedir (Perassaklı1987). Kalsiyum, epidermal hücre duvarlarının kuvvete ve kalınlığa önemli katkıda bulunur. Kalsiyum ayrıca pektının birikmesindede yardımcı olur, böylece meyvelerin çatlamaya karşı daha iyi dayanması sağlanır (Choi ve ark.,2010). Kuraklık stresinde farklı kalsiyum seviyelerinin etkileri, canlı bitkilerin hücrelerinde, sitoplazma oranı artığını görülmektedir (Knight, 2000).

***3.4 Su İlişkileri***

Prolin içeriği, bitkinin su durumu ile ilgilidir ve birikimi farklı abiyotik stres koşullarında arttığı tespit edilmiştir (Hasanuzzaman ve ark., 2018). Ayrıca, eksojen Ca dengeli bir Prolin içeriği düzenleyerek, bitki su durumunu iyileştirdiği görülmüştür(Rahman ve ark., 2016). Kalsiyum ayrıca tuz stresli maş fasulyesinde (*Vigna. radiata*) Pro birikimini azalttığı gözlemlenmiştir (Manivannan ve ark., 2007). Kuraklık gerilmiş bitki üzerinde eksojen Ca uygulaması, artan Pro aşağılayıcı enzim nedeniyle daha düşük Pro içeriği göstermıştır (Jaleel ve ark., 2007). Buna ek olarak, Ca, sitoplazmanın ozmotik mukavemetini düzenleyerek hücresel dehidrasyondan tuz kaynaklı hasarı önlemiştir. Kalsiyum karbonatla püskürtülen domates bitkilerinde, kalsiyum karbonatla püskürtülmeyen domates bitkilere göre solunum aktivitelerini ve yaprak transpirasyonu azaltma neden olur. Buna göre hücre turgorunda azalma olmadan bitkinin gelişimini devem etmektedir (Patane ve ark., 2018).

## **4. KALSİYUM KAYNAKLI OKSİDATİF HASAR AZALTMA**

***4.1 Antioksidan Savunma Düzenlenmesi***

Çeşitli abiyotik stresler üzerine, bitki oksidatif strese bakarak oksidatif hasardan geçer. Makro besin maddesi olan Ca, bitki hücre metabolizmasının sinyal iletim mekanizmasında önemli bir rol oynamaktadır. Doğrudan veya dolaylı olarak Ca, hedef proteinleri, protein kinazlarını ve enzimatik antioksidanlar da dahil olmak üzere diğer proteinleri aktive etmek için Ca-bağlayıcı proteinler yoluyla düzenler (Lwalaba ve ark., 2017). Kalsiyum membranı daha entegre tutar ve azaltılmış lipidperoksidasyonu önler ve böylece bitkinin abiyotik streslere toleransını güçlendirmiştir (Antosiewicz ve Hennig, 2004).

Farklı abiyotik stres durumu altında, sitosolik Ca2+ içeriğinde, farklı antioksidan savunma mekanizmalarını düzenleyerek ve membran lipid peroksidasyonunun azalmasıyla bitkinin olumsuz çevreye uyum sağlamasına neden olan çeşitli biyolojik yukarı ve aşağı tepkileri uyarmak için net bir artış göstermiştır (Nayyar ve Kaushal., 2002). Diğer bazı araştırmacılar, Ca'nın çeltikdeki ROS üretimini kontrol ederek Cd kaynaklı oksidatif hasarı etkili bir şekilde azaltabileceğini belirtmişlerdir (Srivastava ve ark., 2014). Kalsiyum arıtılmış soğuk gerilmiş ekmeklik buğdayda lipid peroksidasyonu ve membran hasarında azalma görülmüş ve bu da bitkilerin soğuk strese bağlı oksidatif hasara karşı toleransını göstermiştir (Nayyar ve kaushal, 2002).

***4.2 Abiyotik Stres Koşullarında Ca tarafından mineral besin alımının düzenlemesi***

Kalsiyum, bitkilerde membran bütünlüğü ve iyon taşıma düzenlemelerinin dengelenmesinde rol oynayan çok önemli bitki besin maddesidir (Sivasankara Moorthy, 2013).

Kalsiyum, hücre hasarı durumunda kaybedilen besinleri geri pompalamayı gerektiren plazma membranın düzenleyerek kuraklığa bağlı hasardan kurtulmak için de gereklidir (Palta, 2000). Kalsiyum uygulaması, hem Ni-stresli hem de kontrollü koşullar altında *L. esculentum* bitkilerinin bitki sürgünlerinde ve köklerinde K+ alımı gibi mineral besin alımının artmasına neden olmuştur (Mozafari ve ark., 2013).

# **5. SONUÇLAR**

Kuraklık, Dünya gıda üretimini tehdit etmektedir. Bu olumsuz çevre koşulları, çoğunlukla farklı antropojenik faaliyetlerin doğrudan veya dolaylı etkisinden kaynaklanmaktadır. Bitkilerin farklı stres koşullarına daha toleranslı olmasını sağlayarak, Dünya gıda üretimini arttırmak esastır. Bu nedenle, kimyasal yaklaşımların kullanımı da dâhil olmak üzere bazı tedbirler alınması gerekmektedir.

Bitkilerin toleransını arttırmak için bitki besin maddelerinin kullanımının olumlu sonuçları çok umut vericidir. Bununla birlikte, fizyolojik süreçleri arttırarak eksojen Ca ile stres hafifletme mekanizmaları, Ca'un diğer sinyal molekülleri ve fito hormonlarla etkileşimlerini odaklanmayla, daha fazla araştırma gerektirmektedir. Bu nedenle, Ca, çevresel sapmalar altında hücre içi yanıtları uyarmada da etkili olan çok önemli bir besin elementidir.

KAYNAKÇA

Ahmad, P.,Sarwat, M., Bhat, N. A., Wani, M. R,, Kazi, A, G.,&Tran, L, P. (2015).Alleviation

of cadmiumtoxicity in *Brassicajuncea*L. (Czern. &Coss.) by calcium application involves various physiological and biochemical strategies. PLoSOne,10:e0114571.

# Antosiewicz, D. M., & Hennig, J. (2004). Over expression Of Lct1 İn Tobacco Enhances The Protective Action Of Calcium Against Cadmium Toxicity. Environpollut, 129:237–245.

Baligar, V.C., Fageria, N.K.,& He, Z.L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. Commun Soil Sci Plant Anal, 32:921–950.

Basra, S.,Farooq, M., Hafeez, K., & Ahmad, N. (2004). Osmohardening: a new techniqu eforriceseedinvigoration. Inter Rice ResNotes29:80–8.

Bewley, J. D.,& Black, M. (1994). Seeds: physiology of development and germination. [Seeds](https://rd.springer.com/book/10.1007/978-1-4899-1002-8) pp 1-33.

# Biemelt, S., Keetman, U., Mock, H. P., & Grımm, B. (2000). Expression and activity of isoenzymes of superoxide dismutase in wheat roots in response to hypoxia and anoxia. Plant Cell Environ,23:135–144.

Cai, X.Y.,Chen, X. D., Li, C. Z.,&Liu, C. (2013).Effects of exogenous Ca2+ on the seed germination of Koelreuteria paniculata in limestone area of Southwest China under drought stress. Zhongguo ke xueyuanShenyangyingyongshengtai yan jiusuozhu,24:1341–1346.

Choi, H. M., Son, I. C., &Kim, D. I. (2010). Effects of calcium concentrations of coating bag on pericarp structure and berry cracking in ’Kyoho’grape (Vitis sp.). Korean J Hortic Sci Technol, 28:561–566.

# Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Bhuyan, M., Oku, H., & Fujita, M. (2018). Exogenous nitric oxide pretreatment protects Brassica napus L. seedlings from paraquat toxicity through the modulation of antioxidant defense and glyoxalase systems. PlantPhysiolBiochem, 126:173–186.

Heydecker, W., Gibbins, B., 1978. The `priming` of seeds. Acta Horticulturae, 83: 213-215.

# Hussain, M., Malik, M.,A., Farooq, M., Ashraf, M. Y., & Cheema, M. A. (2008). Improving Drought Tolerance by Exogenous Application of Glycinebetaine and Salicylic Acid in Sunflower. J Agron Crop Sci, 194:193–199.

# Jaleel, C. A.,Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., &Panneerselvam, R. (2007). Water deficit stress mitigation by calcium chloride in Catharanthus roseus: Effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. ColloidsSurf B –Biointerfaces, 60:110–116.

# Kaczmarek, M.,Fedorowicz-Strońska, O., Głowacka, K., Waśkiewicz, A., & Sadowski, J. (2017). CaCl2 treatment improves drought stress tolerance in barley (Hordeum vulgare L.). acta physiol plant, 39:41.

Kayabaşı, S. (2011). Kuraklık stresinde yetiştirilen soyada (Glycinemax L.) bazı fizyolojik parametreler ile prolin birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.

# Kiani, S. P.,Grieu, P., Maury, P., Hewezi, T., Gentzbittel, L.,&Sarrafi, A. (2007). Genetic variability for physiological traits under drought conditions and differential expression of water stress-associated genes in sunflower (Helianthus annuus L.). TheorAppl Genet,114:193–207.

Knight H. (2000). Calcium signaling during abiotic stress in plants, Int. Rev. Cytol. 195, 269–325.

# Knight, H.,& Knight, M. R. (2001).Abiotic Stress Signalling Pathways: Specificity And Cross-Talk. TrendsPlantSci, 6:262–267.

# Lichtenhaler, H.K. (1996).Vegetation Stress: an Introduction to the Stress Concept in Plants

J. Plant Physiol, 148:4-14.

# Luo, Y. X.,Zhao, R.,Zhou, X.,Zuo, J., & Zhangand, Y. Li. (2011). Physiological acclimation of two psammophytes to repeated soil drought and rewatering. ActaPhysiol. Plant.,33: 79-91.

Lwalaba, J.L.W.,Zvobgo, G., Fu, L., Zhang, X., Mwamba, T. M., Muhammad, N., Mundende, R.P.M., & Zhang, G. (2017). All eviating effects of calcium on cobalt toxicity in two barley genotypes differing in cobalttolerance. Ecotoxicol Environ Saf, 139:488–495.

Manivannan, P.,Jaleel, C. A., Sankar, B., Somasundaram, R., Murali, P. V., Sridharan, R., & Panneerselvam, R. (2007) .Salt stres mitigation by calcium chloride in *Vignaradiata*(L.) wilczek. Acta Biol Cracov Bot, 49:105–109.

Marcar, N. E. (1986). Effect of thecalcium on thesalinity tolerance of Wimmera ryegrass (*Loliumrigidum* Gaud. Ev. Wimmera) during germination. Plant and Soil, 93:129–132.

# Mishra,O. V.,& Cherkauer, K. A. (2010). Retrospective droughts in the crop growing season: Implications to corn and soybean yield in the Midwestern United States. Agric For Meteorol 150:1030–1045.

Miyashita, K.,Tanakamaru, S., Maitani, T., &, K. (2005). Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. EnvironExp Bot, 53:205–214.

Mozafari, H.,Asrar, Z., Pourseyedi, F.R.S.,&Yaghoobi, M. M. (2013). Calciumand L-histidine interaction on growth improvement of three tomato cultivars under nickelstress. Acta Biol Szegediensis, 57:131–144.

Nayyar, H.,&Kaushal, S. K. (2002).Chilling induced oxidative stress in germinating wheat grains as affected by water stres and calcium. BiolPlant, 45:601–604.

Nayyar, H. Walia, D.P. & Kaistha, B.L.., (1995). Performance of bread wheat (Triticum aestivum) seed primed with growth-regulators and inorganic salts. Indian Journal of Agricultural 65: 112-116.

Öztürk, N.Z. (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(5): 307-315.

Patane, C., Pellegrino, A., & Silvestro, i. D .(2018). Effects of calcium carbonate application on physiology,yield and quality of field-grown tomatoes in a semi-arid Mediterranean climate. Crop & Pasture Science, 2018, 69, 411–418.

Palta, J. P. (2000). Stress Interactions at the Cellular and Membrane Levels. Hort Sci, 25(11):1377–1381.

Parvin, K.,Ahamed, K. U., Islam, M. M., Haque, M. N., Hore, P. K., Siddik, M. A., &Roy, I. (2015). Reproductive behavior of tomato plant under saline condition with exogenous application of calcium. Middle-East J SciRes, 23(12):2920–2926.

Perassaklı, M., Huber, J.T., & Tucker, T. C. (1987). Dry matter yield, nitrogen absorbtion, and water uptake by sweet corn under salt stress. J.Plant Nutr, 12: 279-290.

Rahman, A., Nahar, K., Hasanuzzaman, M., & Fujita, M. (2016). Calcium Supplementation Improves Na+/K+ Ratio, Antioxidant Defense and Glyoxalase Systems in Salt-Stressed Rice Seedlings. Front PlantSci, 7:609.

Reddy, T. Y.,Reddy, V. R., & Anbumozhi, V. (2003). Physiological responses of groundnut (*Arachishypogea*L.) todrought stres and its amelioration: a criticalreview. Plant Growth Regul, 41(1):75–88.

Rengel, Z. (1992). The role of calcium in salt toxicity. Plant Cell Environ1, 5:625–632.

Sağlam, A. (2004). Ağır kuraklık stresi geçirmiş Ctenanthe setosa bitkisinin yeni kuraklık koşullarına adaptasyon yeteneğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Shahryari, R.,Gurbanov, E., Gadimov, A., & Hassanpanah, D. (2008). Tolerance of 42 bread wheat genotypes to drought stress after anthesis.. Pak J BiolSci, 11:1330–1335.

Sivansankara moorthy, S. (2013). Effect of Supplenentary calcium enhances plant growth, phoosynthetic pigments and uptake of nutrient in oryza sativa L. Under NaCl stress. Int J Chem Lifre Sci, 2:1189-1192.

Srivastava, R. K.,Pandey, P., Rajpoot, R., Rani, A., Gautam, A., & Dubey, R. S. (2014). Exogenous application of calcium and silica alleviates cadmium toxicity by suppressing oxidative damage in rice seedlings. Protoplasma, 252:959–975.

## Tuna, L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yoksa, İ., & Yagmu, B. (2007). The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stres. [Environmental and Experimental Botany](https://www.sciencedirect.com/science/journal/00988472). [Volume 59, Issue 2](https://www.sciencedirect.com/science/journal/00988472/59/2), Pages 173-178.

Vorasoot. N.,Songsri, P., Akkasaeng, C., Jogloy, S., & Patanothai, A. (2003). Effect of water stress on yield and agronomic characters of peanut. Songklanakarin J SciTechnol, 25:283–288.

Walter, J.,Nagy, L., Hein, R., Rascher, U., Beierkuhnlein, C., Willner, E., & Jentsch, A. (2011). Do plants remember drought? Hints Towards a drought-memory in grasses. Environ Exp Bot, 71:34–40.

White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. Ann Bot, 92:487–511.

Zehra, A.,Gul, B., Ansari, R.,& Khan, M. A. (2012). Role of calcium in alleviating effect of salinity on germination of *Phragmiteskarka*seeds. South Afr J Bot, 78:122–128.