

Effect on Some Plant Growth Parameters of Magnesium Applications in Pepper Plants under Salt Stress

Neslihan Sevgin Zirek

Van Yuzuncu Yil University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Van, Turkey
E-mail: neslihan-sevgin@hotmail.com

Ozlem Uzal (Corresponding author)

Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Van, Turkey
E-mail: ozlemuzal@yyu.edu.tr

*The research was supported by BAP (The Scientific Research Projects Coordination Unit)
(Project no. FYL-2016-5148)*

Abstract

In the study of using Demre pepper seeds, morphological and biochemical effects of magnesium (Mg) applied at different doses of pepper plant under salt stress were investigated. The study was carried out in 16/8 hour light / dark photoperiod, 25 °C and 70% humid climate room in controlled conditions. In the study, root weight, stem weight, leaf weight, number of leaves, plant height and plant node spacing were measured. In addition, the salt tolerance scales of the plants were determined.

Seedlings of Demre pepper cultivar were grown in Hoagland nutrient solution and 100 mM NaCl was applied to the plants to apply salt stress. In addition to salt application to the plants, Mg doses Mg 1=49,28 ppm, Mg 2 =24,64 ppm, Mg3 = 73,92 ppm, Mg4 = 98,56 ppm, Mg5 = 123,20 ppm) were applied in different doses and the growth of the plants were compared. On the 20th day of the salt application, some growth parameters of the plants were examined and the salt resistance scales of these applications were formed according to the scale 1-5. Increasing doses of Mg together with salt application resulted in small increases in root, stem and leaf weight of pepper plants. Among the salt applications, the highest root, stem and leaf weight were taken from the fourth dose of Mg. The same conditions were observed in terms of the number of leaves, plant height and internodes. When the scale values are examined, it is seen that the least affected plants are in Mg 4 + Salt application. It is followed by Mg 3 + Salt, Mg 5+ Salt and Mg 2 + Salt applications respectively. The most morphologically damaged application is Mg 1 + Salt. It can be said that increasing doses of Mg had a positive effect on the development of plants under salt stress in this study which was conducted with the assumption that salt stress could reduce the negative effect on plant growth.

Keywords: Salt stress, Magnesium, NaCl, Pepper (*Capsicum annum* L.)

DOI: 10.7176/JSTR/5-10-05

Tuz Stresi Altındaki Biber Bitkilerinde Magnezyum Uygulamalarının Bazı Bitki Büyüme Parametrelerine Etkisi

Özet

Demre biber çeşidinin kullanıldığı çalışmada tuz stresi altındaki biber bitkisine farklı dozlarda uygulanan magnezyumun (Mg) morfolojik ve biyokimyasal etkileri araştırılmıştır. Çalışma kontrollü şartlardaki 16/8 saatlik aydınlık/ karanlık fotoperiyotta, 25°C'de ve %70 nemli iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada kök ağırlığı, gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı, yaprak sayısı, bitki boyu ve bitki boğum arası

mesafeleri ölçülmüştür. Ayrıca bitkilerin tuza dayanım skalaları belirlenmiştir. Demre sivri biber çeşidine ait fideler Hoagland besin çözeltisi içinde yetiştirilmiş ve bu bitkilere tuz stresi uygulamak için 100 mM NaCl uygulanmıştır. Bitkilere tuz uygulamasının yanında değişik dozlarda (Mg 1=49,28 ppm, Mg 2 =24,64 ppm, Mg3 = 73,92 ppm, Mg4 = 98,56 ppm, Mg5 = 123,20 ppm) Mg uygulamaları yapılmış ve bitkilerin gelişme ve büyüme yönünden karşılaştırması yapılmıştır. Tuz uygulamasının 20. gününde bitkilerin bazı gelişme parametrelerine bakılmış ve bu uygulamaların tuza dayanım skalaları 1-5 skalasına göre oluşturulmuştur. Tuz uygulaması ile birlikte artan dozlarda Mg uygulanan biber bitkilerinin büyüme ve gelişme parametrelerinden kök, gövde ve yaprak ağırlığı bakımından ufak da olsa artışlar görülmüştür. Tuz uygulamaları içinden en yüksek kök, gövde ve yaprak ağırlığı Mg' un dördüncü dozundan alınmıştır. Aynı durumlar yaprak sayısı, bitki boyu ve boğum arası bakımından da gözlemlenmiştir. Skala değerlerine bakıldığında tuzdan en az etkilenen bitkilerin Mg 4+Tuz uygulamasında olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla Mg 3+Tuz, Mg 5+ Tuz ve Mg 2+Tuz uygulamaları izlemektedir. Morfolojik olarak en fazla zararlanma gören uygulama ise Mg 1+Tuz uygulamasıdır. Tuz stresinin bitki gelişimi üzerine olumsuz etkisini azaltabileceği öngörüsüyle yapılan bu çalışmada tuz stresi altındaki bitkilerin gelişimi üzerine Mg' nin artan dozlarının olumlu etkisinin olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Tuz stresi, Magnezyum, NaCl, Biber (*Capsicum annum L.*)

1. Giriş

Bitkilerde birçok metabolik olayı olumsuz yönde etkileyen ve özellikle kültür bitkilerinde ürün kalitesi ve verimi düşüren önemli abiyotik faktörlerden biri olan tuz stresi, gerek açıkta ve gerekse örtü altı yetiştiricilikte önemli payı olan biber bitkisini olumsuz etkilemektedir. Tuzluluk örtü altı yetiştiricilik alanlarında, açıkta yetiştiricilikten çok daha etkin olmaktadır. Topraksız sistemlerde dahi düşük kaliteli su kullanımı tuzluluk açısından sorunlara neden olmaktadır (Oztekin, 2011). Tuzluluk genel olarak; bitkinin yaprak sayısı ve alanında azalma; bitki boyutunun küçülmesi, dokular ve organların farklılaşması ve büyümesini baskılaması, kök ve gövde ağırlığının dengelenememesi sonucunda daha çelimsiz kök oluşmasıyla kendisini göstererek büyümede yavaşlamaya sebep olur. Aynı zamanda tuzluluk, bitki yaş ve kuru ağırlığında meydana gelen azalmalar, klorofil içeriğinde azalmalar, meyve kalitesinde düşüş ve buna bağlı olarak verimde oluşacak aksaklıklarla da etkisini göstermektedir (Asraf, 2004; Yu ve ark., 2012). Bitkilerde tuz stresi büyümenin azalmasına, fotosentez hızının yavaşlamasına, reaktif oksijen türlerinin artmasına, su potansiyelinin azalmasına, iyon dengesizliğine ve stomaların kapanmasına yol açar (Taiz ve Zeiger, 2002; Bartels ve Sunkar, 2005; Mahajan ve ark., 2008).

Bu olumsuz şartlardan dolayı ürün ve kalite kayıpları da ciddi boyutlara ulaşabilmektedir. Ancak bu olumsuzlukları ortadan kaldırmanın en önemli ve en kesin yolu da tuzluluğa toleranslı bitki tür ve çeşitlerini geliştirmek ve tuzluluğun olumsuz etkilerini giderici uygulamalar yapmaktır. Tuz stresi altındaki biber bitkisine magnezyumun (Mg) morfolojik ve biyokimyasal etkileri araştırılan bu çalışmada, tuz uygulaması yanında bitkilere farklı dozlarda Mg'lu bileşikler uygulanarak, uygulamanın tuza dayanımını nasıl etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarı'nda normal atmosferin sağlandığı split klimalı iklim odasında ve su kültüründe yürütülmüştür. Çalışmada Demre biber çeşitleri kullanılmıştır.

Bu amaçla, biber tohumları, pomza ve torf doldurulmuş alt yüzeyi delinen plastik çimlendirme kaplarına ekilerek çeşme suyu ile sulanmıştır. Çimlendirme kapları, 25±1°C sıcaklık %70 neme sahip iklim odasına yerleştirilerek, üzerleri nemli gazete kâğıdıyla örtülüp kaplar ortam kurumayacak şekilde azar azar çeşme suyu ile sulanmaya devam edilmiştir. Çimlendirme kapları düzenli olarak kontrol edilmiş çıkış gerçekleştiğinde bu örtüler kaldırılmıştır. Kotiledon yaprakları yatay duruma gelen ve ilk gerçek yaprakları görülmeye başlayan fidelerde sulama Çizelge 1'de içeriği gösterilen Hoagland besin çözeltisiyle (Hoagland ve Arnon, 1938) yapılmaya başlanmıştır. Bu ortamda 2 gerçek yaprakları oluşan fideler, içinde besin çözeltisi doldurulmuş 25x25x18 cm boyutlarındaki plastik küvetler üzerine her fide için delikler açılmış plastik tablalara biber fideleri küçük sünger parçaları ile sarılmak suretiyle yerleştirilerek su kültürüne alınmıştır. Havalandırma işlemi, akvaryum pompası yardımıyla yapılmıştır.

Çizelge 1. Kullanılan besin solüsyonu içerikleri (ppm)

Elementler	Uyg. 1 Kontrol	Uyg.2 Mg1+Tuz	Uyg.3 Mg2+Tuz	Uyg.4 Mg3+Tuz	Uyg.5 Mg4+Tuz	Uyg.6 Mg5 +Tuz
Azot (N)	186	186	186	186	186	186
Fosfor (P)	31	31	31	31	31	31
Potasyum (K)	135	135	135	135	135	135
Magnezyum (Mg)	49.28	24.64	49.28	73.92	98.56	123.20
Kalsiyum (Ca)	217	217	217	217	217	217
Kükürt (S)	66	66	66	66	66	66
Demir (Fe)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Mangan (Mn)	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
Bor (B)	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
Bakır (Cu)	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Çinko (Zn)	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023

Fideler iki hafta süreyle su kültüründe büyütülerek 4-5 gerçek yaprağa sahip olan fidelere tuz uygulamalarına başlanmıştır. Tuz uygulanacak fideler için besin çözeltisine (1/2 Hoagland) 100 mM tuz konsantrasyonunu sağlayacak NaCl ilave edilmiştir. Her hafta yinelenen çözeltilerin tazelenmesi aşamasında, tuz uygulamalarının aynı konsantrasyonda devamı sağlanmıştır. Biber fidelerine tuzla birlikte 5 farklı dozda (Mg 1=49,28 ppm, Mg 2 =24,64 ppm, Mg3 = 73,92 ppm, Mg4 = 98,56 ppm, Mg5 = 123,20 ppm) MgSO₄ ilave edilmiştir. Uygulamanın 20. gününde alınan bitki örneklerinde temel bazı büyüme parametreleri yaprak sayısı (adet), yaprak ağırlığı(g), kök ağırlığı (g), gövde ağırlığı (g), bitki boyu (cm) ve boğum araları mesafe (cm), ölçümleri yapılmış ve tuza dayanım skalası oluşturulmuştur.

2.1. Temel bazı büyüme parametrelerinin belirlenmesi

Kök ağırlığı, yaprak ağırlığı ve gövde ağırlığı üç tekerrürlü olarak 1/10.000 lik hassas dijital terazi ile tartılmıştır. Kök uzunluğu, bitki boyu ve boğum arası mesafe cetvel ile cm olarak ölçülmüştür. Yaprak sayısı adet olarak belirtilmiştir.

2.2. 1-5 Skalası ile değerlendirme

Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koyabilmek amacıyla bir skala oluşturulmuştur. Tuz stresi denemesinde zararlanma derecesine göre biber bitkilerine aşağıda belirtilen semptomlar bazında 1'den 5'e kadar puan verilmiştir (Üzal, 2009).

1:Bitkilerin tuz stresinden hiç etkilenmemesi (kontrol bitkileri)

2:Yapraklarda lokal sararma ve kıvrılma

3:Yapraklarda sararma ve % 25 oranında nekrotik lekelenmeler

4:Yapraklarda % 50-75 oranında nekrotik leke göstermesi ve ölümlerin görülmesi

5:Yapraklarda % 75-100 oranında şiddetli nekrozlar ve bitkinin tamamen ölmesi

2.3. Değerlendirmelerin yapılması

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 15 bitki olacak şekilde kurulmuştur. İstatistiksel analizler SAS Institute (1985) paket programı kullanılarak yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Bitki gelişimiyle ilgili özellikler

NaCl stresine tabi tutulan biber bitkileri 20. Gün sonunda bitkilerin kök ağırlığı, gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı, yaprak sayısı, bitki boyu ve boğum arası mesafeleri ölçülmüş ve elde edilen değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

20 günlük tuz stresi sonucunda kontrol grubuna göre diğer tüm tuz uygulamalarının kök ağırlıklarında (g) istatistiksel olarak önemli düşüşlerin olduğu görülmektedir. Tuz uygulaması yapılmış bitkiler içinde kök ağırlığı bakımından en yüksek değeri Mg 2+Tuz ve Mg 3 +Tuz uygulamalarında belirlenmiştir. Kök ağırlığı açısından en düşük değerler ise Mg 1+Tuz ve Mg 4+Tuz uygulamalarında ölçülmüştür. Gövde ağırlığı bakımından en yüksekdeğerler kontrol grubundaki (3.65 cm) itkilerden en düşük değer ise Mg 5+Tuz (2.28cm) uygulaması yapılmış bitkilerden elde edilmiştir. Mg 1+Tuz,Mg 2+Tuz,Mg 3+Tuz ve Mg 4+Tuz uygulamaları ise istatistiksel olarak aynı önem grubu içerisinde kalmıştır. Yaprak ağırlığında en

yüksek değer kontrol grubu bitkilerinde (10.5633 g) belirlenmiş olup; Mg+ Tuz uygulamalarının hepsi aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Kontrol grubuna en yakın değerler Mg³⁺ Tuz ve Mg⁴⁺ Tuz uygulamalarından, en düşük değer ise Mg¹⁺ Tuz uygulamasından elde edilmiştir. Yaprak sayısına bakıldığında en yüksek değer kontrol grubundan elde edilirken Mg+Tuz uygulamalarının tümü aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Mg+Tuz uygulamaları içinde kontrole (12.66 adet) en yakın değer Mg⁴⁺ Tuz (10.00 adet) uygulamasıdır. En düşük ise yine Mg¹⁺ Tuz (8.56 adet) uygulamasından elde edilmiştir. Bitki boyu bakımında yapılan uygulamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur. Boğum arası mesafeye bakıldığında ise Mg¹⁺ Tuz uygulamalarının kontrole aynı istatistiksel grupta yer aldığı, Mg²⁺ Tuz, Mg³⁺ Tuz, Mg⁴⁺ Tuz ve Mg⁵⁺ Tuz uygulamalarının ise aynı istatistiksel grupta yer aldığı görülmektedir. Bu uygulamaların boğum arası mesafeyi önemli ölçüde arttırdığı dikkati çekmektedir. Tuz uygulamaları arasından en yüksek boğum arası mesafe değeri Mg²⁺ Tuz (5.16 cm), en düşük değer ise Mg¹⁺ Tuz (2.66 cm) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2.).

Çizelge 2. Uygulamalardan sonra alınan örneklerde bazı büyüme ve gelişme parametreleri

UYGULAMA	Kök Ağırlığı (g)	Gövde Ağırlığı (g)	Yaprak Ağırlığı (g)	Yaprak Sayısı (adet)	Bitki Boyu (mm)	Boğum arası mesafe (cm)
Kontrol	2.930 A	3.657 A	10.563 A	12.667 A	18.667	2.667 B
Mg ¹⁺ Tuz	1.837 B	2.480 AB	5.107 B	8.567 B	16.933	2.667 B
Mg ²⁺ Tuz	1.887 B	2.513 AB	5.143 B	8.667 B	17.133	5.167 A
Mg ³⁺ Tuz	1.887 B	2.430 AB	5.820 B	9.000 B	17.333	4.167 A
Mg ⁴⁺ Tuz	1.837 B	2.763 AB	6.353 B	10.000 B	17.867	5.000 A
Mg ⁵⁺ Tuz	1.853 B	2.287 B	5.607 B	9.66 B	17.833	4.000 A

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.

3.2. Yapraklardaki semptomlara göre skala değerleri

Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koymak amacıyla yapılan skala oluşturma yönteminde belirtildiği şekilde fidelere 1 ile 5'e kadar puan verilmiştir. Skala değerlerine bakıldığında tuzdan en az etkilenen bitkilerin Mg⁴⁺ Tuz uygulamasında olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla Mg³⁺ Tuz, Mg⁵⁺ Tuz ve Mg²⁺ Tuz uygulamaları izlemektedir. Morfolojik olarak en fazla zararlanma gören uygulama ise Mg¹⁺ Tuz uygulamasıdır (Çizelge 3.).

Çizelge 3. Yapraklardaki semptomlara göre tuza dayanım skalası (puan)

UYGULAMA	Skala değerleri
Kontrol	1
Mg ¹⁺ Tuz	4.5
Mg ²⁺ Tuz	4
Mg ³⁺ Tuz	2.75
Mg ⁴⁺ Tuz	2.5
Mg ⁵⁺ Tuz	3

4. Tartışma ve Sonuç

Araştırmada kullanılan Demre sivri biber çeşidine ait fideler Hoagland besin çözeltisi içinde yetiştirilmiş ve bu bitkilere tuz stresi uygulamak için 100 mM NaCl uygulanarak stres yaşatılmıştır. Bitkilere tuz uygulamasının yanında değişik dozlarda Mg uygulamaları yapılmış ve bitkilerin gelişme ve büyüme ile metabolik tepkiler yönünden karşılaştırması yapılmıştır. Tuz uygulamasının 20. gününde bitkilerin bazı gelişme parametrelerine bakılmış ve bu uygulamaların tuza dayanım skalaları 1-5 skalasına göre oluşturulmuştur. Tuz uygulaması ile birlikte artan dozlarda Mg uygulanan biber bitkilerinin büyüme ve gelişme parametrelerinden kök, gövde ve yaprak ağırlığı bakımından ufak da olsa artışlar gözlemlenmiştir. Tuz uygulamaları içinden en yüksek kök, gövde ve yaprak ağırlığı Mg'un dördüncü dozundan alınmıştır. Aynı durumlar yaprak sayısı, bitki boyu ve boğum arası bakımından da gözlemlenmiştir. NaCl, su potansiyelini azaltmakta ve hücredeki iyon dengesini bozarak da bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. Irshad vd. (2002) tarafından yürütülen çalışmalar sonucunda tuz stresi altındaki bitkilerde köklerin su alma yeteneklerinde önemli azalmalar meydana geldiğinden, kök gelişimi

ve gövde uzamasında gerilemenin olduğu bildirilmiştir. Stres altındaki bitkilerin gövde çaplarının azaldığı gibi boylarında kontrole göre küçük kaldığı, aynı şekilde yaprak alanı ve generatif evreye geçişte çiçeklenme ve meyve veriminin de olumsuz etkilendiği bildirilmiştir. Benzer şekilde Akdoğan ve Özkan (2000), fide dikimi, çiçeklenme ve meyve oluşumu dönemlerinde uygulanan su stresinin artan tuzluluk değerlerinde, kök ve gövde kuru madde miktarı ve ürün miktarında azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Munns ve Termaat (1986), Snap ve Shennan (1992), Romero-Aranda ve ark. (2001), Karanlık (2001), Çiçek ve Çakırlar (2002), Yaşar (2003), Lacerda ve ark. (2005), Cavalcanti ve ark. (2007), Üzal (2009) ve Öztaş (2018) gibi araştırmacılar tuz stresi altındaki bitkilerin gelişiminin olumsuz şekilde etkilendiğini rapor etmişlerdir. Tuz stresinin bitki gelişimi üzerine olumsuz etkisini azaltabileceği öngörüsüyle yaptığımız bu çalışmada tuz stresi altındaki bitkilerin gelişimi üzerine Mg'un artan dozlarının olumlu etkisinin olduğu yapılan ölçüm ve gözlemler sonucunda söylenebilir.

Kaynaklar

- Akdoğan, S., Özkan, İ., (2000). Gelişmenin değişik dönemlerinde uygulanan su noksanlığı geriliminin biber bitkisi (*Capsicum annuum* L.)'nin tuza duyarlılığı üzerine etkisi, *AÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(3): 1-8
- Asraf, M. (2004) Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants, *Flora*, 199:361-376
- Bartels, D. ve Sunkar, R. (2005) Drought and salt tolerance in plants, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24: 23-58
- Cavalcanti, F. R. ve ark. (2007) Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. *Journal of plant physiology*, 164(5): 591-600
- Çiçek, N., Çakırlar, H. (2002) The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars, *Bulg. J. Plant Physiol.*, 28 (1-2): 66-74
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1938) The water culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circulation*, 347, 32
- Irshad, M. ve ark. (2002) Urea and Manure Effect on Growth and Mineral Contents of Maize Under Saline Conditions. *J Plant Nutrit*, 25(1): 189- 200
- Karanlık, S. (2001) *Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması*. (doktora tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adana
- Lacerda, C. F. ve ark. (2005) Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 54(1): 69-76
- Mahajan, S., Pveey, G. K. & Tuteja, N. (2008) Calcium- and salt-stress signaling in plants: shedding light on SOS pathway, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 471(2): 146-158
- Munns, R. ve Termaat, A. (1986) Whole-plant responses to salinity. *Aust. Journal Plant Physiology*, 13; 143-160
- Oztekin GB, Tuzel Y (2011) Salinity response of some tomato rootstocks at seedling stage. *African Journal of Agricultural Research*, 6(20): 4726-4735
- Öztaş, Ö. (2018) *Tuz Stresi Altındaki Biber Bitkisine Potasyum Uygulamalarının Etkisinin Araştırılması*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

- Romero-Aranda, R., T. Soria & J. Cuartero. (2001) Tomato plant-water uptake and plantwater relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.*, 160:265- 272.
- Sas-Institutue, (1985) Sas/State User's Guide 6. 03 ed. SAS. Institute. Cary,North Carolina.
- Snapp, S.S., Shennan C., (1992). Effects of Salinity of Root and Deth Dynamics of Tomato, *Lycopersicum esculentum* Mill., *New Phytologist.*,121: 71-79.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*, Sunderland, MA, Sinauer Associates, Inc.
- 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. (2003) *Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo Olarak İncelenmesi.* (doktora tezi basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bil. Enst, Van.
- Yu S., Wang W. & Wang B. (2012) Recent progress of salinity tolerance research in plants, *Russian Journal of Genetics*, 48 (5): 497-505.