

## Determining the Relationship between Nitric Oxide (NO) and Drought Stress in Pepper Plant

Fikret Yasar (Corresponding author)  
Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture,  
Department of Horticulture, Van, Turkey  
E-mail: fyasar@yyu.edu.tr

Ozlem Uzal  
Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture,  
Department of Horticulture, Van, Turkey

Ozlem Yasar  
Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture,  
Department of Horticulture, Van, Turkey

### Abstract

The aim of this study is to use the pointy pepper varieties of Demre as a test material and to determine whether NO (Nitric oxide), which is a messenger molecule, has a preventive effect on some metabolic changes that occur under the effect of drought stress in plants. In the experiment carried out in a controlled climate chamber, plants were cultured in containers containing Hoagland nutrient solution. For the application of drought stress, 10% Polyethylene Glycol (PEG 6000) was added to the nutrient solution, which is equivalent to -0.40 MPa osmotic potential. Before the application of drought stress, different doses of sodium nitroprusside (SNP) and potassium salt (carboxy-PTIO) are applied exogenously, SNP 0.01, SNP 1, SNP 100 and SNP 0.01 + cPTIO, SNP 1 + cPTIO, SNP Pre-treated with 100 + cPTIO. On the 10th day of drought, the chlorophyll content of plants, proline deposits and total plant weights were determined. Pre-treated plants with doses of 0.01 and 1 of SNP showed better performance in terms of the parameters determined.

**Keywords:** Pepper, *Capsicum annum*, carboxy-PTIO, Drought stress, Nitric oxide, SNP, Chlorophyll, Proline

## Biber Bitkisinde Nitrik Oksit (NO) ile Kuraklık Stresi İlişkisinin Belirlenmesi

### Özet

Deneme materyali olarak Demre sivri biber çeşidinin kullanıldığı çalışmanın amacı, bitkilerde kuraklık stresi etkisi altında meydana gelen bazı metabolik değişikliklerde haberci molekül özelliğine sahip NO (Nitrik oksit) in stresi önleyici etkisinin olup olmadığını anlamaya çalışmaktır. Kontrollü iklim odasında yürütülen denemede bitkiler, Hoagland besin çözeltisi içeren kaplarda kültüre alınmıştır. Kuraklık stresi uygulaması için besin çözeltisine -0,40 MPa ozmotik potansiyele denk olan % 10 oranında Polietilen Glikol (PEG 6000) eklenmiştir. Kuraklık stresi uygulanmadan önce biber fideleri sodyum nitroprussid (SNP) ve potassium salt (carboxy-PTIO)'nun farklı dozları dışsal uygulandıktan sonra SNP 0,01, SNP 1, SNP 100 ve SNP 0,01+cPTIO, SNP 1+cPTIO, SNP 100+cPTIO ile ön muameleye tabi tutulmuştur. Kuraklık uygulamasının 10. gününde bitkilerin klorofil miktarları, prolin birikimleri ve toplam bitki ağırlıkları belirlenmiştir. Belirlenen parametreler bakımından bakımından SNP nin 0,01 ve 1 dozları ile ön muamele görmüş bitkiler daha iyi performans göstermişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Biber, *Capsicum annum*, carboxy-PTIO, Kuraklık stresi, Nitrik oksit, SNP, Klorofil, Prolin

## 1. Giriş

Kuraklık, tarımsal ve ekolojik sistemler üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bitkiler, stresin yoğunluğu ve süresi kadar bitki çeşidine ve gelişim aşamasına bağlı olarak farklı şekillerde tepkiler gösterirler. Bitkilerin gösterdikleri bu tepkiler, strese toleransın ortaya çıkmasında büyük bir öneme sahiptir. Ancak genel olarak kuraklık stresi üretimi sınırlandıran en önemli abiyotik streslerden biridir (Farooq ve ark., 2009; Yaşar ve ark., 2013; Yaşar ve ark., 2014). Kurak koşulların olduğu ilk dönemlerde, bitki daha fazla suya ulaşabilmek için gövde uzamasını yavaşlatıp kök gelişimini tetikler. Buna karşın, kurak koşulların bitkide hasara yol açabilecek kadar uzun sürmesi durumunda hem gövde hem de kök gelişimi durur, yaprak alanı ve yaprak sayısı azalır ve hatta bazı yapraklar sarararak dökülür (Özpay, 2008; Köse, 2010; Yaşar ve ark., 2013, 2014). Bitki büyümesindeki azalma hücre bölünmesinin ve hücrelerin genişlemesinin durmasına bağlı olarak gelişmektedir. Hücre bölünmesinin veya genişlemesinin durması ise su noksanlığı nedeniyle fotosentez oranının düşmesi ile doğrudan ilişkilidir (Anjum ve ark., 2011). Bitkiler fotosentez, solunum ve büyüme-gelişme süreçlerinde karşılaştıkları tüm metabolik aktiviteler sonucunda hücredeki moleküler oksijenin indirgenerek çeşitli reaktif oksijen türlerinin (ROT) sentezlenmesi olgusuyla karşı karşıya gelirler (Yasar, 2003, Yasar ve ark 2008a; Çulha ve Çakırlar, 2012). Bu reaktif oksijen türleri olan hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), süperoksit radikali ( $O_2^{\bullet-}$ ) ve hidroksil radikali ( $OH^{\bullet}$ ) gibi aktif radikaller bitki hücrelerinde kloroplastlarda, mitokondriler ve peroksizomlarda meydana gelen oksidatif reaksiyon sonucu üretilmektedir. Bu oksijen türlerinin etkisi ile öncelikli olarak klorofil pigmentleri, lipitler, proteinler ve nükleik asitler oksidatif zarara uğramakta ve bunun sonucunda metabolizmada ciddi sorunlar meydana gelmektedir (Demiral, 2003; Yasar 2003, Yasar ve ark 2010).

Kurak koşullar, aynı zamanda bitki hücre turgor basıncını yani su potansiyeli miktarını değiştirmektedir. Bitki hücrelerinin su stresinden en az etkilenmelerini sağlamak için ozmotik dengeleme çok önemlidir. Bu amaçla bitkiler kuraklık stresini algıladıklarında hücrelerinde "ozmolit" olarak isimlendirilen ve hücre turgor dengesinin korunmasında rol oynayan bir grup çözünür madde sentezler ve biriktirirler. Bu maddeler asparajin, prolin ve glisin gibi serbest amino asitler, betain, organik asitler ve karbonhidratlar gibi farklı gruplardan olabilmektedir. Su dengesini korumakla görevli olan ozmolitler bitkinin kuraklık stresine toleransını doğrudan arttırmazlar. Ancak, yaprak su basıncını dengeledikleri için stoma iletkenliğini artırır, fotosentezin devamlılığını sağlar ve böylece büyümeye yardımcı olurlar. Kurak koşullar oluştuğunda ilk biriken serbest amino asit prolin olduğu için bu molekülün hücre içi konsantrasyonu araştırmalarda gerçekleştirilen deneysel koşullarda bitkilerin su sıkıntısına girdiğini göstermek için sıklıkla kullanılan bir ölçüm değeridir. Prolinin hücre içi temel görevi, lipit oksidasyonunu engelleyerek membran sistemlerini ve oluşturdukları bileşikler aracılığıyla da protein yapılarını korumaktır. Ancak son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, prolinin aynı zamanda sinyal iletiminde de görevli olabileceğini ve mitokondri fonksiyonlarının düzenlenmesi, hücre bölünmesi veya ölümü ve hatta gen anlatım seviyelerinin düzenlenmesinde de rol oynayan önemli bir serbest amino asit olabileceğini ortaya koymaktadır (Anjum ve ark., 2011; Liang ve ark., 2013; Kishor ve Sreenivasulu, 2014).

Bitkilerde kuraklık stresi etkisi altında meydana gelen bazı metabolik değişikliklerden bir diğeri, haberci molekül özelliğine sahip nitrik oksit (NO) dir. NO, bir nitrojen ve bir oksijen atomundan oluşan, lipofilik, gaz halinde bulunan, reseptöre bağımlı olmadan kolayca difüze olabilen, çok kısa yarı ömürlü, eşleşmemiş elektron içeren, serbest radikal olarak da nitelendirilen, renksiz, inorganik bir moleküldür (Olson ve Garban, 2008).

NO, normal koşullarda bitki hücrelerinde az miktarda sentezlenip salınmaktadır. Bitkilerde NO enzimatik ve enzimatik olmayan iki farklı metabolik yol ile sentezlenmektedir. NO sentezi bitki türüne, dokusuna, içinde bulunduğu yetişme koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Bitki hücrelerinde NO üretim yeri sitosol, nükleus, peroksizom matriksi ve kloroplastlardır (Barroso ve ark., 1999; Pedroso ve ark., 2000 ). Aynı zamanda enzimatik olmayan süreçler de bitkilerdeki NO oluşumunda rol oynamaktadır. Asidik veya ışıklı ortamda  $NO_2$ ,  $NO'$  e dönüştürülebilmektedir (Cooney ve ark., 1994). Nitrik oksit bitkilerde çeşitli fizyolojik fonksiyonları ile önemli bir sinyal molekülüdür. Bitkilerin tohumdan çiçeklenme evresine kadar büyüme ve gelişmesinde, meyvelerin olgunlaşmasında önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Ayrıca abiyotik ve biyotik faktörlerden kaynaklanan çevresel stresin oluşturduğu tehlike durumunda, NO farklı bitki türlerinde ve organlarında üretilebilmektedir. Nitrik oksit, oksidatif stres koşullarının verdiği zarara karşı çeşitli biyolojik yollarla bitkileri koruduğu kanıtlanan çok aktif bir moleküldür (Carlos ve Lorenzo, 2001).

Bu çalışmanın başlıca amacı, bitkilerde kuraklık stresi etkisi altında meydana gelen bazı metabolik değişikliklerde haberci molekül özelliğine sahip NO (Nitrik oksit) in stresi önleyici etkisinin olup olmadığını anlamaya çalışmaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak standart Demre sivri biber çeşidi kullanılmıştır.

### 2.2. Yöntem

#### 2.2.1. Biber (*Capsicum annuum*) Fidelerinin Yetiştirilmesi

Biber tohumları, ponza doldurulmuş 40x25x5 cm boyutlarındaki plastik çimlendirme kaplarına ekilerek, 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 25±2°C sıcaklık %70 nemde 500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık yoğunluğuna sahip iklim odasına yerleştirilmiştir. İlk gerçek yaprakları görülmeye başlayan fidelerde sulama Hoagland besin çözeltisiyle (Hoagland ve Arnon, 1938) yapılmaya başlanmıştır. Ponza ortamında 2. gerçek yaprakları da oluşan fidelerin ön muamele işlemi kahverengi şişelerde 2 gün boyunca, ½ Hoagland çözeltisi içinde hazırlanan 0.01, 1, 100  $\mu\text{M}$  konsantrasyonlardaki Nitrik oksit (NO) vericisi sodyum nitroprussid (SNP) ve Nitrik oksit (NO) yakalayıcısı 1  $\mu\text{M}$  cPTIO (potassium salt) [2-(4-karboksi-fenil)-4,5-dihidro-4,4,5,5-tetrametil-1H-imidazol-1-oksi-3-oksit] ile yapılmıştır. Daha sonra ön muamele görmüş ve ön muamele görmemiş fideler su kültürü ortamına alınmışlardır. Su kültürü için, Hoagland besin çözeltisi doldurulmuş 25x25x18 cm boyutlarındaki plastik küvetler kullanılmıştır. Birer haftalık aralarla besin çözeltileri tazelenmiş, bu sırada küvetlerin yerleri de değiştirilerek ışıklandırma koşullarından tüm bitkilerin eşit biçimde yararlanması sağlanmıştır.

#### 2.2.2. Kuraklık stresinin Uygulanması

Kuraklık stresi uygulanmadan önce 3-4 gerçek yaprağa sahip olan 6 günlük fidelere 2 gün boyunca, ½ Hoagland çözeltisi içinde hazırlanan 0.01, 1, 100  $\mu\text{M}$  konsantrasyonlardaki Nitrik oksit (NO) vericisi sodyum nitroprussid (SNP) ve Nitrik oksit (NO) süpürücüsü 1  $\mu\text{M}$  c-PTIO (potassium salt) [2-(4-karboksi-fenil)-4,5-dihidro-4,4,5,5-tetrametil-1H-imidazol-1-oksi-3-oksit] ile ön muamele yapıldıktan sonra ½ Hoagland çözeltisine % 10 oranında Poli Etilen Glikol (PEG 6000) eklenerek oluşturulan PEG grubuna ve diğer uygulamalara (Kontrol hariç) % 10 oranında Poli Etilen Glikol (PEG 6000) eklenerek kuraklık stresi uygulanmıştır. Kuraklık uygulamasından sonra 10. günde hasat edilen bitkilerden örnekler alınmıştır. Toplam bitki ağırlıkları ile yaprak klorofil miktarları ve prolin miktarlarına bakılmıştır. Yapılan uygulamaların şematize edilmiş hali Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Denemede yapılan uygulamalar

<b>1-Uygulama:</b> ½ Hoagland (Kontrol grubu)
<b>2-Uygulama:</b> ½ Hoagland + % 10 Poli Etilen Glikol (PEG 6000) (PEG grubu)
<b>3-Uygulama:</b> ½ Hoagland+0,01 $\mu\text{M}$ SNP+ % 10 Poli Etilen Glikol (PEG 6000)
<b>4-Uygulama:</b> ½ Hoagland+1 $\mu\text{M}$ SNP+ % 10 Poli Etilen Glikol (PEG 6000)
<b>5-Uygulama:</b> ½ Hoagland 100 $\mu\text{M}$ SNP+ % 10 Poli Etilen Glikol (PEG 6000)
<b>6-Uygulama:</b> ½ Hoagland+1 $\mu\text{M}$ C-PTIO+ 0,01 $\mu\text{M}$ SNP+% 10 Poli Etilen Glikol (PEG 6000)
<b>7-Uygulama:</b> ½ Hoagland+1 $\mu\text{M}$ C-PTIO +1 $\mu\text{M}$ SNP + % 10 Poli Etilen Glikol (PEG 6000)
<b>8-Uygulama:</b> ½ Hoagland+1 $\mu\text{M}$ C-PTIO +100 $\mu\text{M}$ SNP+ % 10 Poli Etilen Glikol (PEG 6000)

#### 2.2.3. Prolin Tayini

Bates ve ark. (1973) ne göre taze ağırlıkları alınan yaprak örnekleri 10 ml %3 sülfosalisilik asit içinde homojenize edilerek yapılmıştır.

#### 2.2.4. Klorofil Tayini

Bitki yaprak örneklerinden 200 mg alınarak %80'lik etanol içerisine konularak 80 °C su banyosunda 20 dakika süreyle bekletildikten sonra 654 nm absorbans değerleri spektrofotometrik olarak okundu (Luna ve ark., 2000). Bu ölçümler sonunda yaş yaprak örneğindeki toplam klorofil miktarı aşağıdaki formül kullanılarak  $\mu\text{g}/\text{mg}$  taze ağırlık olarak belirlendi.

Klorofil= Absorbans değerleri x 1000/39.8 x Örnek miktarı formülüne göre hesaplamalar yapılmıştır.

### 2.3.Değerlendirmelerin Yapılması

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her bir parselde 15 bitki olacak şekilde tasarlanmıştır. Denemede elde edilen analizler Duncan çoklu testine göre yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemlilik derecesi ortaya konulmuştur. Bunun için, SAS (1985) paket programından yararlanılarak Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış ve farklılık dereceleri, %0.5 düzeyinde harflendirme yoluyla gösterilmiştir.

### 3.Bulgular

PEG 6000 uygulanarak kuraklık stresi uygulanan biber bitkilerine ayrıca SNP ve SNP ile birlikte c PTIO ile ön uygulama yapıldığında biber bitkilerindeki kuraklık stresine olan tepkiler incelenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Uygulamaların Toplam bitki ağırlığı (g), Prolin ( $\mu\text{mol/g YA}$ ), Klorofil ( $\mu\text{g/g YA}$ ) miktarları

Uygulama	Top. Bit.Ağ.	Prolin	Klorofil
KONTROL	23,88 A	0,005 B	81,84 B
PEG	16,98 C	0,0043B	60,51 C
SNP 0,01+ PEG	23,79 A	0,0062A	82,40 B
SNP 1+ PEG	23,09 A	0,0063A	89,30 B
SNP 100+ PEG	15,98 D	0,002C	65,35 C
C.PTIO+SNP 0,01+ PEG	18,91 B	0,0063A	98,82 A
C.PTIO+SNP 1+ PEG	15,48 D	0,0023C	85,78 B
C.PTIO+SNP 100+ PEG	15,48 D	0,002C	66,87 C

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

Biber bitkilerine PEG 6000 uygulaması sonucunda bitkilerin kök ağırlıklarını incelediğimizde uygulamalar arasında farklılıkların olduğu görülmüş, SNP 0,01 ve 1 uygulamalarında toplam bitki ağırlığı kontrolle aynı istatistiki aralıkta yer alırken, diğerleri azalış göstermiştir. En yüksek azalış C.PTIO+SNP1 ve SNP 100 de görülmüştür(Çizelge 2).

Biber bitkilerine PEG 6000 uygulaması sonucunda bitkilerin prolin aktivitesini incelediğimizde uygulamalar arasında farklılıkların olduğu görülmüş, C.PTIO+SNP0,01, SNP1 ve SNP 0,01 uygulamalarında prolin aktiviteleri kontrole göre artış gösterirken, C.PTIO+SNP 100, SNP 100 ve C.PTIO+SNP 1 de uygulamalarda ise kontrole göre azalmışlardır. PEG uygulaması ise kontrolle aynı istatistiki grup aralığında bulunmuştur(Çizelge 2).

Biber bitkilerine PEG 6000 uygulaması sonucunda bitkilerin klorofil değerleri incelediğimizde uygulamalar arasında farklılıkların olduğu görülmüş, C.PTIO+SNP0,01, SNP1, C.PTIO+SNP 1, SNP 100 ve C.PTIO+SNP 100 uygulamalarında klorofil değerleri kontrole göre artış gösterirken, SNP 0,01 ve PEG de uygulamalarda ise kontrole göre azalmışlardır. SNP 0,01 ve PEG uygulamaları ise kontrolle aynı istatistiki grup aralığında bulunmuştur (Çizelge 2).

### 4.Tartışma ve Sonuç

Farklı dozlarda SNP ve c-PTIO ile ön muameleye tabi tutulmuş biber bitkilerinin toplam bitki ağırlığı bakımından SNP ve c.PTIO+SNP ile yapılan ön uygulamalarının 0,01 ve 1  $\mu\text{M}$  luk dozları kuraklık uygulanmamış kontrol bitkileriyle aynı aralıkta oldukları, SNP ve cPTIO+SNP ile ön muamelesiz PEG uygulamasına göre çok daha iyi geliştikleri görülmüştür. SNP ve cPTIO+SNP nin 100  $\mu\text{M}$  luk dozu olumlu etki yapmadığı gibi bitkilerin gelişmesi üzerine ön muamelesiz PEG' e göre bitkileri daha fazla strese soktuğu görülmüştür. Sekmen ve ark. (2005), de domates bitkisinde tuz stresi uygulayarak yaptıkları çalışmada ön muameleye tabi tutulmuş bitkilerin 28. gündeki bitki ağırlıkları ile uzunlukları ön muamelesiz tuz stresi uygulanmış bitkilere göre artış gösterdiğini bulmuşlardır. Ancak stresin 43. gününde ön muamele etkisini kaybederek bitkiler ön muamelesiz bitkilerle aynı tepkiyi vermişlerdir. Aynı şekilde Tuna ve Eroğlu (2017), tuz stresi altındaki biber bitkilerine NO ön muamelesi uygulayarak bitkilerin stres altındaki kök gövde ve yaprak ağırlıklarına bakmışlardır. Bitkilerin kök, gövde ve yaprak gelişimleri kontrole göre azalırken ön muamelesiz tuz uygulamasına göre daha iyi geliştikleri tespit edilmiştir. Bizim çalışmamıza benzer çalışmalar yapan pek çok araştırmacı benzer sonuçlar elde etmiştir. Kausar ve ark. (2013), ise tuz stresi uyguladığı buğday (*Triticum aestivum*) bitkisinde nitrik oksit ön uygulamasının bitkilerin büyümesini ve verimi olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

Tian ve Lei (2006), tarafından yapılan farklı bir çalışmada; buğday filizlerinde %15'lik PEG ile oluşturulan kuraklık stresi üzerine NO vericisi olan SNP etkileri araştırılmıştır. 0.2 mM SNP uygulamasının ise filizlerin gelişimini artırdığı ve yüksek oranda su içeriği sağladığını belirtmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar 0,2 mM SNP eklenmesiyle oksidatif hasarın azaltıldığını da bildirmiştir. Görüldüğü gibi 0,2 mM SNP uygulamasının bizim çalışmamızda da olduğu gibi bitki gelişimini artırdığı ve bunun da bitkinin normal gelişim metabolizmasını devam ettirdiğinin göstergesi olabileceği görüşüne varılmıştır.

Hidroponik kültürde yetiştirilen biber bitkilerine %10 luk PEG 6000 uygulanarak kuraklık stresi oluşturulan bitkilerin bir kısmına farklı dozlarda NO vericisi olan SNP ve SNP ile birlikte cPTIO kullanılarak ön muameleye tabi tutulmuştur. Bu farklı uygulamalar neticesinde bitkilerin prolin düzeyleri ölçülmüştür. Kontrole göre en yüksek prolin miktarı SNP 0,01+PEG, SNP 1+PEG ve c.PTIO+SNP0,01+PEG ön muamele görmüş uygulamalardan elde edilmiştir. En düşük prolin miktarı ise SNP nin yüksek dozları ile muamele edilen uygulamalardan elde edilmiştir. Diğer parametrelerde olduğu gibi cPTIO nun SNP ile birlikte bitkilerin ön muamelesinde kullanılmasının olumlu etkisi olmadığı gibi olumsuz etkisinin olduğunu söylemek mümkün. Çünkü SNP 0,01 dozu ile SNP 1µM dozları tüm parametrelerde kuraklık zararını önleyici etkisinin olduğu görülürken, c.PTIO+SNP1+PEG uygulamasında kuraklık zararını önlemediğini görmekteyiz. Kurağa tolerant olan bitkinin kuraklık stresi koşullarında aşırı su kaybından kaçınmak amacıyla transpirasyon oranını kontrol altında tuttukları ve hücre içinde prolin gibi organik asitlerin birikimin artırdıkları düşünülmektedir. Sairam ve ark. (2000) farklı buğday genotiplerine uyguladıkları tuz stresinden ve Kulkarni ve ark. (2010) *Ziziphusmauritianana* ya kuraklık stresi uygulanarak yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Biber bitkilerine PEG 6000 ile uygulanan kuraklık stresinin etkisinin azalıp azalmayacağını anlamak için kuraklık uygulanmadan önce NO vericisi olan SNP ve cPTIO uygulanmıştır. Bu uygulamalar sonucunda SNP 0,01 + PEG, SNP 1 + PEG ve SNP 0,01 +cPTIO + PEG uygulamalarında kontrole göre daha yüksek klorofil birikimine sahip olmuşlardır. SNP nin yüksek dozu kontrolden daha düşük klorofil miktarına sahip olmuştur. Diğer parametrelerde olduğu gibi klorofil miktarının artışına cPTIO nun olumlu etkisinin olmadığı görülmüştür. Farklı araştırmacıların farklı bitkilerde yapmış oldukları çalışmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Lei ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, 0.2 mM SNP ön uygulamasının buğday filizlerinin büyümesini geliştirdiğinin yanında, bitki yapraklarındaki toplam klorofil miktarını artırdığını ve NO'nun ozmotik stresin azaltılıp azaltılmamasının uygulanan SNP konsantrasyonuna bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Tuna ve ark. (2017) biberde yaptıkları tuz stres uygulamasında, NaCl+NO uygulamasını ön uygulamasız NaCl uygulaması ile kıyaslandığında toplam klorofil içeriğinde % 34 civarında bir artışın olduğu görülmüştür. Kuraklığa bağlı olarak bitkilerin fotosentetik elektron transferi ve klorofil miktarlarında azalmaların olduğu daha önceki yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir (Fu ve Huang, 2001; Türkan ve ark., 2005, Yasar ve ark. 2008a, 2010). Kuraklık stresine bağlı olarak ortaya çıkan klorofil kaybı, oksidatif stres sonucu oluşan foto oksidasyona da bağlıdır (Kato ve Shimizu, 1985; Fu ve Huang, 2001). Stres altındaki bitkilerin antioksidant aktivitelerindeki azalma ve lipid peroksidasyonlarındaki artış klorofil kayıplarına sebebiyet verebilir (Yaşar, 2003; 2008; Yaşar ve ark., 2008b).

## 5.KAYNAKLAR

- Anjum, SA., Xie, X., Wang, L., Saleem, MF., Man, C., Lei, W., (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6: 2026-2032.
- Barroso, J.B., Corpas, F.J., Carreras, A., Sandalio, L.M., Valderrama, R., Palma, J.M. lupianez, J.A., del Rio, L.A., (1999). Localization of Nitric Oxide Synthase in Plant Peroxisomes, *Journal of Biological Chemistry*, 274, 36729-36733.
- Carlos, G.M., Lorenzo, L., (2001). Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress. *Plant Physiology*, 104, 1015-1025.
- Cooney, R.v., Harwood, P.J., Custer, L.J. ve Franke, A.A., (1994) Light- Mediated conversion of nitrogen dioxide to nitric oxide by carotenoids, *Environmental Health Perspective*, 102(5), 460-462.
- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA., (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185-212.



- Hoagland, D. R., Arnon, D. I., (1938). The water culture method for growing plants without soil. *Circular California Agricultural Experiment Station*, 347-461
- Erkılıç, E.G., (2005). *Tuz stresi altındaki biber (Capsicum annuum L.) fidelerinde salisilikasitin prolin birikimi ve bazı fizyolojik özelliklere etkisi*. Yüksek Lisans Tezi Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 120 s.
- Kausar, F., Shahbaz, M., Ashraf, M., (2013). Protective role of foliar applied Nitric oxide in Triticum aestivum under saline stress. *Turkish Journal of Botany*, 37: 1155-1165.
- Kishor, PB., Sreenivasulu, N., (2014). Is proline accumulation *per se* correlated with stress tolerance or is proline homeostatis a more critical issue? *Plant Cell Environ.*, 37: 300-311.
- Köse, Ş., (2010). *Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Kabak Türlerinde (Cucurbita sp.) Kuraklık Stresine Tolerans Bakımından Genotipik Varyasyonun Belirlenmesi*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 87 s.
- Kulkarni, M., Schneider, B., Raveh, E., Tel-Zur, N., (2010). Leaf anatomical characteristics and physiological responses to short-term drought in *Ziziphus mauritiana* (Lamk.) *Scientia Horticulturae, Article in press*.
- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, SK., Becker, DF., (2013). Proline mechanism of stress survival. *Antioxid.Redox Signal.*, 19: 998-1011
- Olson, SY., Garban, HJ., (2008). Regulation of apoptosis-related genes by nitric oxide in cancer. *Nitric Oxide* 19: 170-176.
- Özpay, T., (2008). *Taze fasulye (Phaseolus vulgaris L.) genotiplerinin kuraklık stresine olan tepkilerinin belirlenmesi*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 54 s.
- Pedroso, M.C., Magalhaes, J.R., Durzan, D., (2000), A nitric oxide burst precedes apoptosis in angiosperm and gymnosperm callus cells and foliar tissues, *Journal of Experimental Botany*, 51, 1027-1036.
- Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G.C., (2002). Differential response of wheat genotypes to term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Pl. Sci.*, 163:1037– 46.
- Sekmen, H., Demiral, T., Tosun, N., Türküsay, H., Türkan, İ., (2005). Tuz Stresi Uygulanan Domates Bitkilerinin Bazı Fizyolojik Özellikleri ve Toplam Protein Miktarı Üzerine Bitki Aktivatörünün Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(1):85-95.
- Tian, X., Lei, Y., (2006). Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. *Biologia Plantarum* 50 (4):775-778.
- Tuna, A. L., Eroğlu, B., (2017). Tuz stresi altındaki biber (*Capsicum annuum L.*) bitkisinde bazı organik ve inorganik bileşiklerin antioksidatif sisteme etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi/Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 32 (2017) 121-131.
- Yasar, F., Uzal, Ö., and Özpay, T., (2010). Changes of the lipid peroxidation and chlorophyll amount of green bean genotypes under drought stress, *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5(19), pp. 2705-2709.
- Yaşar, F., Uzal, Ö., Özpay, T., Yaşar, Ö., (2013). Investigation of the relationship between the tolerance to drought stress levels and antioxidant enzyme activities in green bean (*Phaseolus Vulgaris L.*) genotypes, *African Journal Agricultural Research*, 8(46) 5759-5763.
- Yaşar, F., Üzal, Ö., Köse Ş., Yaşar, Ö., Ellialtıoğlu, S., (2014). Enzyme activities of certain pumpkin (*Cucurbita spp*) species under drought stress, *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.23, pp.1093-1099.