



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Araştırma Makalesi (Research Article)

**Bazı Amerikan Asma Anaçlarının Kurağa Dayanımının *In Vitro*'da Polietilen Glikol Kullanılarak Belirlenmesi**

**Nuray MEŞE, Serpil TANGOLAR\***

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana

\*Sorumlu yazar e-posta: [stangolar@cu.edu.tr](mailto:stangolar@cu.edu.tr)

**Makale Bilgileri**

Geliş: 30.04.2019  
Kabul: 28.08.2019  
Online Yayınlanma 30.09.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.559174

**Anahtar kelimeler**

Asma,  
Doku kültürü,  
Kuraklık stresi,  
Makro ve mikro elementler,  
PEG.

**Öz:** Çalışmada, Kober 5 BB (kuraklığa hassas), 110 R (kuraklığa dayanıklı) ve 1103 P (kuraklığa orta dayanıklı) anaçları kullanılarak, kuraklığa dayanımın *in vitro* da erken belirlenmesi için uygun Polietilen Glikol (PEG) dozunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak yaz sürgünlerinden alınan odunlaşmamış boğumlar *in vitro* koşullarda 1 mg/L BA içeren Murashige ve Skoog (MS) ortamında kültüre alınmıştır. Bu boğumlardan elde edilen sürgünler kuraklık stresi oluşturmak için %0.0, %2.5, %5.0, %7.5 ve %10.0 oranında PEG ilave edilmiş 1 mg/L IBA içeren MS ortamına aktarılmıştır. Altı haftalık kültür sonunda bu sürgünlerde zarar derecesi, bitki boyu, boğum sayısı, ortalama kök uzunluğu ve kök sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, klorofil miktarı ve bitki besin elementi içerikleri incelenmiştir. Sonuçta, PEG' in artan dozları ile zarar derecesinin arttığı, büyüme ve gelişmenin gerilediği, bitki yaş ve kuru ağırlığı ile kök yaş ve kuru ağırlığının azaldığı belirlenmiştir. Bitki boyu, kontrol uygulamasında 6.5 cm iken %7.5 ve %10 PEG' de 1.7 cm ölçülmüştür. Kontrol bitkilerinin bitki yaş ve kuru ağırlığı (sırasıyla, 0.257 ve 0.042 g) ile kök yaş ve kuru ağırlığı (sırasıyla, 0.218 ve 0.023 g) PEG uygulamalarından daha yüksek çıkmıştır. SPAD okumalarında da değerlerin artan PEG dozları ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür. Bitki element içerikleri dikkate alındığında, farklı PEG uygulamalarında, P, K ve Ca ile Mn ve Cu element değerlerinin kontrol bitkilerine göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Çalışma sonucunda, asma anaçlarında kurağa dayanımın *in vitro* koşullarda erken belirlenmesi amacıyla PEG'in özellikle %2.5 ve %5.0 dozları ile, sürgün ve kök özelliklerinin kullanılabilmesi kanaatine varılmıştır.

**Determination of Drought Resistance of Some American Vine Rootstocks Using Polyethylene Glycol in In Vitro**

**Article Info**

Received: 30.04.2019  
Accepted: 28.08.2019  
Online Published 30.09.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.559174

**Keywords**

Grapevine,  
Tissue culture,  
Drought stress,  
Macro and micro elements,  
PEG.

**Abstract:** In the study, it was aimed to determine the appropriate dose of Polyethylene Glycol (PEG) for early determination of drought resistance *in vitro* by using Kober 5 BB (drought sensitive), 110 R (drought resistant) and 1103 P (drought moderately resistant) rootstocks. For this purpose, immature nodes from summer shoots were cultured *in vitro* in Murashige and Skoog (MS) medium containing 1 mg L<sup>-1</sup> BA. The shoots obtained from these nodes were transferred to MS medium containing 1 mg/L IBA with the addition of 0.0%, 2.5%, 5.0%, 7.5% and 10.0% PEG in order to create drought stress *in vitro*. After six weeks of culture, the level of damage on shoots, plant height, number of nodes, average length and number of roots, plant wet and dry weight, root wet and dry weight, chlorophyll and plant nutrient contents were examined. As a result, With increasing doses of PEG, it was determined that the degree of damage increased, growth and development decreased, plant fresh and dry

weight and root fresh and dry weight decreased. Plant height was measured as 6.5 cm in the control application while it was measured 1.7 cm in 7.5% and 10% PEG. Plant wet and dry weight (0.257 and 0.042 g, respectively) and root wet and dry weights (0.218 and 0.023 g, respectively) of control plants were higher than PEG treatments. SPAD readings were also found to decrease inversely with increasing PEG doses. Considering the plant element contents, P, K, Ca and Mn and Cu element values were found to be lower in different PEG applications than control plants. In conclusion, it was concluded that 2.5% and 5.0% doses of PEG with shoot and root parameters could be used in vine rootstocks in order to determine drought resistance early in *in vitro* conditions.

## 1. Giriş

İklim, yıllara göre farklılık gösteren, değişken bir sistemdir. İklim değişikliğinin en önemli nedeni; çeşitli insan etkinlikleri sonucunda atmosferdeki birikimi hızlı bir artış gösteren sera gazlarının, yerkürenin radyasyon dengesini bozması ve sonuçta doğal sera etkisinin kuvvetlendirilerek, şehirleşmenin de katkısıyla küresel ısınmayı artırma eğilimi göstermesidir (Kaynaş ve Kaynaş, 2003).

Özellikle son yıllarda küresel ısınma sonucu ortaya çıkan iklim değişikliği ve bunun getirdiği ısınma kendini kuraklık olarak da göstermektedir (Dolaş ve Kılıç, 2008). Karipçin (2009)'e göre, küresel ısınmanın ve iklim değişimlerinin belirgin şekilde ortaya çıktığı ve günümüzde kuraklık stresi üzerine yapılan çalışmaların da arttığı görülmektedir. Yeryüzünde tarımı yapılan alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında kuraklık stresi altındaki alanların % 26'lık pay ile en büyük dilimi kapladığı görülmektedir. Bunu sırasıyla % 20 oranında mineral stresi, % 15 ile soğuk ve düşük sıcaklık stresi izlemektedir. Bunların dışında kalan diğer tüm stres alanları % 29'luk bir pay alırken, herhangi bir stres faktörü etkisinde bulunmayan alanların oranı yalnızca % 10'luk bir pay almaktadır (Blum, 1986; Kalefetoğlu ve ark., 2005).

Dünyada yer altı ve yer üstü su kaynaklarının azalması nedeniyle, kuraklık stresi bitki yetiştiriciliğinde çok önemli hale gelmiştir. Genotipe bağlı olarak farklı şiddetlerde ortaya çıkan kuraklıktan etkilenme derecesi, genotipin stres altında geliştirdiği morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere bağlıdır (Örs ve Ekinci, 2015).

Bahçe bitkilerinde kuraklık stresi çalışmaları birçok alanda yapılmıştır. Meyvecilikte (Escobar-Gutierrez ve ark., 1998; Kaynaş ve Kaynaş, 2003; Ertürk ve ark., 2012; Çerçi, 2012; Karimi ve ark., 2012; Küçükyumruk ve ark., 2014; İpek, 2015; Şimek ve ark., 2018), sebzeçilikte (Koç, 2005; Karipçin, 2009; Kulkarnil ve Deshpande, 2007; Kuşvuran, 2010; Süyüm, 2011; Akhoundnejad, 2011; Kuşvuran ve Abak, 2012; Kıran ve ark., 2014; Ekşioğlu, 2016; Tekiş, 2016) ve süs bitkilerinde (Mohamed ve ark., 2000; Akça ve ark., 2008; Yamaner, 2011) hem *in vivo* da hem de *in vitro*'da çalışmalar yapılmıştır. Bağcılıkta *in vivo*'da (Yağmur, 2008; Bahar ve ark., 2011; Çakır, 2011; Bakır, 2012) ve *in vitro*'da (Liu ve ark., 2011; Babalık ve ark., 2015) stres çalışmaları yapılmıştır. Bağcılık ile ilgili araştırma kaynaklarından *in vitro* kuraklık stresi çalışmalarının sınırlı sayıda olduğu belirlenmiştir. Değişen iklim koşullarına dayanıklı yeni çeşit ve anaçların ıslah süresini kısaltmak amacıyla *in vitro* seleksiyon protokollerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

*In vitro* koşullarda kuraklık etkisini belirleme çalışmalarında bazı elisitör maddelerden yararlanılmaktadır. *In vitro*'da kuraklık stresini algılamada yardımcı olan Mannitol (Iraki ve ark., 1989; Mohamed ve ark., 2000; Abebe ve ark., 2003; Seçkin, 2005; Liu ve ark., 2011), Sorbitol (Escobar-Gutiérrez ve ark., 1998; Güler ve ark., 2012) ve Polietilen Glikol (PEG) (Vivas ve ark., 2003; Okursoy, 2006; Kulkarnil ve Deshpande, 2007; Yamaner, 2011; Ertürk ve ark., 2012; Babalık ve ark., 2015; İpek, 2015; Ekşioğlu, 2016) gibi kimyasalların doku kültürü ortamlarına belirli oranda ilave edilmeleri ile bitkilerde osmotik stres veya bir bakıma kuraklık koşulları yaratılabilmektedir. Çok sayıda araştırmacı *in vitro* da PEG kullanarak bitkilerde kuraklık stresinin oluşturulabileceğini ve bu yolla kurağa dayanıklı genotiplerin başarı ile seçilebileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, kurak koşullara dayanımları ile ilgili değişik kaynak bilgileri bulunan bazı Amerikan asma anaçlarının *in vitro* koşullarda farklı dozlarda Polietilen Glikol (PEG) uygulaması yapılarak tepkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu yolla, kurağa dayanımla ilgili ıslah çalışmalarında erken seleksiyon için bir yöntem/protokol geliştirilmesi hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde Prof. Dr. Saadet Büyükalaca Doku Kültürü Laboratuvarı'nda 2018 yılında yürütülmüştür. Çalışmada bitki materyali olarak kurağa karşı dayanımı düşük bir anaç olan Kober 5 BB ile kurağa karşı dayanımı yüksek 110 R ve orta düzeyde dayanıklı olduğu belirtilen 1103 P (Ahmedullah ve Himelrick, 1990) anaçlarının aktif olarak büyüyen sürgünlerinden alınan tek gözlü boğum eksplantları kullanılmıştır. Bu eksplantlar, ilkbaharda sürgünlerin aktif olduğu dönemde Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü araştırma bağından temin edilmiştir.

### 2.1. Eksplant hazırlığı ve sürgün elde edilmesi

Anaçların aktif büyüme döneminde (Nisan-Mayıs) 10 cm sürgün ucundan hazırlanan, tek göz içeren boğum eksplantları 1-2 damla Tween 20 ilave edilmiş %20'lik sodyum hipoklorit çözeltisi kullanılarak 15 dakika süreyle dezenfekte edilmiştir. Eksplantlar daha sonra steril kabin içerisinde 3 kez steril saf su ile durulanmıştır (Gök, 1996). Eksplantlar ardından 1 mg L<sup>-1</sup> BAP, 30 g L<sup>-1</sup> sakaroz ve 8 g L<sup>-1</sup> agar eklenmiş 10 mL MS (Murashige ve Skoog, 1962) besi ortamı içeren 10x1.5 cm boyutundaki deney tüplerine dikilmiştir. Boğumlar, tüplerde 4 hafta süreyle kültüre alınmıştır.

### 2.2. Sürgünlerin köklendirilmesi

Dört hafta süreyle kültüre alınan boğum eksplantları üzerinde 2-3 yaprak oluşturan ve yaklaşık 2 cm büyüklüğe ulaşan sürgünler kesilerek alınmıştır. Bu sürgün eksplantları 1 mg L<sup>-1</sup> IBA içeren katı MS ortamına dikilmiştir. Bu ortamda 3-4 hafta süreyle büyütülen bitkiciklerin 2-3 yaprak içeren yaklaşık 2 cm'lik üst kısmı kesilip alınmış ve bu eksplantlar stres uygulamaları için kullanılmıştır.

### 2.3. Kuraklık uygulamalarının yapılması

Çalışmada kuraklık stresi oluşturmak amacıyla 1 mg/L IBA ve 30 g/L sakaroz içeren sıvı MS temel besi ortamına, Polietilen glikol (PEG-6000) (%0.0 (kontrol), %2.5, %5.0, %7.5, %10.0) ilave edilmiştir. Bitkiler kaba filtre kağıdından yapılmış köprüler üzerine yerleştirilmiştir. Bu ortamlarda kuraklık stresine tabi tutulan bitkiler kültürün 6. haftasının sonunda analizlere tabi tutulmuştur.

### 2.4. Kültür koşulları

Kültürler, sıcaklığı 25±1 °C, fotoperiyodu 16 saat, ışıklandırması 3000-4000 lüks (11000-15000 watt/m<sup>2</sup>) şiddetinde olan bir büyütme odasına yerleştirilmiştir. Işıklanma Cool daylight tipi TLD 36 w/54 floresan lambalar ile sağlanmıştır.

### 2.5. Çalışmada incelenen özellikler

Sürgün özellikleri; Bu kapsamda, bitkilerde zarar derecesi (0-5 skala değeri; 0: Hiç zarar yok, 1: Sürgün ucunda kurumalar, 2: Yaprak kenarında sararmalar, 3: Yaprak kenarında kurumalar, 4: Yaprakların tamamında kurumalar ve gövdede oluşan nekrozlar var, 5: Ölü bitkiler) bitki boyu (cm/bitki), bitkideki yaprak (boğum) sayısı (n/bitki), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g/bitki) ve klorofil miktarı (Khan ve ark., 2004) belirlenmiştir.

Kök özellikleri; Köklerde, kök uzunluğu (cm) ve sayısı (n/bitki) ile kök yaş ve kuru ağırlığı (g/bitki) belirlenmiştir.

Besin Elementi İçerikleri; Bitkiler tüpten çıkarıldıktan sonra yeşil aksamaları kök bölgesinden ayrılmış ve 65°C'deki etüvde 16 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler porselen havanda öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir.

Örneklerden elde edilen süzüklerde K, Mg, Ca Cu, Fe, Mn ve Zn konsantrasyonları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (Analytik Jena AG-contrAA 700-High-Resolution Continuum Source Atomic Absorption Spektrofotometer)' ile belirlenmiştir. Fosfor analizleri Barton yöntemine göre (Kaçar, 1972) spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bütün analizlerin doğruluğunu

test etmek için uluslararası sertifikaya sahip olan SRM-1573a Tomato Leaves referans bitki materyali kullanılmıştır.

## 2.6. Deneme deseni ve istatistik analiz

Deneme her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde üç tekerrürlü faktöriyel düzende tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Deneme sonunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri, JMP (v8.00, SAS Institute Inc., USA) paket programı yardımıyla yapılmış, farklı grupların saptanması için LSD testi ve %5 önem seviyesi kullanılmıştır.

## 3. Bulgular

Farklı uygulamaların Kober 5 BB, 110 R ve 1103 P anaçlarının sürgün özellikleri üzerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Bitkilerde zarar derecesi açısından anaçlar arasında istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Bitki boyunda en yüksek değeri 110 R anacı vermiş olup (3.2 cm/bitki) (Şekil 1), diğer iki anaç aynı istatistiki gruba girmiştir. Boğum sayısında en yüksek değerleri 110 R ve 5 BB anaçları vermiştir (sırasıyla, 4.8 ve 4.7 adet/bitki). Bitki yaş ağırlığı bakımından genotipler arasında fark oluşmamıştır. Bitki kuru ağırlığının büyükten küçüğe doğru sırasıyla 1103 P' de 0.026 g/bitki, 110 R' de 0.024 g/bitki ve 5BB' de ise 0.021 g/bitki olduğu belirlenmiştir.

PEG dozunun artmasıyla bitki zarar derecesinin arttığı saptanmıştır. Bitki boyu ve boğum sayısının en yüksek çıktığı uygulama, kontrol (sırasıyla 6.5 cm/bitki, 8.6 adet/bitki) olmuş ve PEG konsantrasyonunun artmasıyla bitki boyunda ve boğum sayısında azalmanın olduğu belirlenmiştir. Bitki yaş ve kuru ağırlığında en yüksek değerler; kontrol (sırasıyla 0.257 g/bitki, 0.042 g/bitki) uygulamasından alınmış olup, diğer PEG konsantrasyonları aynı istatistiksel gruba girerek en düşük değerleri vermişlerdir (Çizelge 1).

SPAD değerlerinin, 110 R (15.3) ve 1103 P (15.2) anaçlarında, Kober 5 BB (10.8) anacından daha yüksek olduğu bulunmuştur. PEG konsantrasyonunun artmasıyla klorofil miktarının azaldığı en yüksek değer (27.8) kontrol; en düşük değer (6.7) ise %10.0 PEG içeren ortamdaki alındığı belirlenmiştir (Çizelge 1).

Farklı uygulamaların kök özellikleri üzerine etkisi önemli çıkmıştır. Kök uzunluğu bakımından en yüksek değer 110 R (2.0 cm/bitki); en düşük değer ise istatistiksel olarak aynı grupta olan 1103 P ve 5 BB anacında (sırasıyla 1.4 cm/bitki ve 1.2 cm/bitki) saptanmıştır. Kök sayısı ve kuru ağırlığı, kuraklığa dayanıklı 110 R anacında yüksek bulunmuş, ikinci sırayı kuraklığa orta dayanıklı 1103 P, üçüncü sırayı ise kuraklığa hassas 5 BB anacı almıştır. Kök yaş ağırlığında en yüksek değerler 110 R ve 1103 P anaçlarından, en düşük değer ise 5 BB anacından alınmıştır. Çalışmada PEG'in konsantrasyonlarının artması ile kök uzunluğu ve kök sayısı ile kök yaş ve kuru ağırlığında azalmalar meydana geldiği saptanmıştır (Çizelge 2).

Farklı uygulamaların bitki makro element içerikleri üzerine etkisi Çizelge 3' de verilmiştir. 110 R ve Kober 5 BB anaçlarının P ve K içeriği 1103 P anacından daha yüksek çıkmıştır. En yüksek Mg miktarının Kober 5 BB; Ca miktarının ise 110 R anacında olduğu belirlenmiştir.

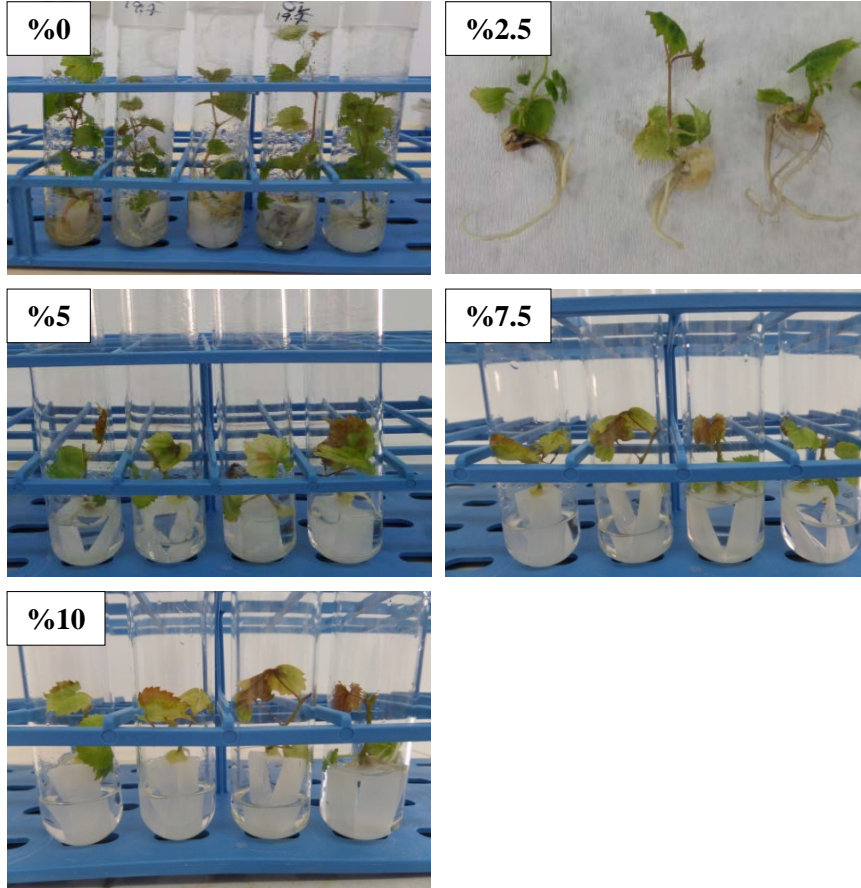
En yüksek fosfor, potasyum ve kalsiyum içeriğinin kontrol (sırasıyla %0.30, %1.40 ve %0.32) uygulamasında olduğu belirlenmiştir. En düşük fosforun %7.5 PEG, potasyumun %10.0 PEG ve kalsiyumun ise %7.5 ve 10.0 PEG dozlarında ölçüldüğü saptanmıştır.

Farklı uygulamaları mikro element içeriği üzerine etkisi Çizelge 4'de verilmiştir. Farklı PEG dozlarının ve genotiplerin Fe içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En yüksek Zn miktarının Kober 5BB (82 ppm); Mn ve Cu düzeyinin ise 110 R (sırasıyla 314.4 ppm ve 2.30 ppm) ve 5 BB (sırasıyla 307.5 ppm ve 2.61 ppm) anaçlarında olduğu tespit edilmiştir. Farklı PEG konsantrasyonlarında en fazla Zn miktarının %2.5 ve %5.0 PEG; Mn ve Cu bakımından ise kontrol uygulamalarında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Farklı uygulamaların sürgün özellikleri üzerine etkisi<sup>(x)</sup>

| Uygulama            | Bitkide zarar derecesi (0-5) | Bitki boyu (cm/bitki) | Boğum sayısı (n/bitki) | Bitki yaş ağırlığı (g/bitki) | Bitki kuru ağırlığı (g/bitki) | SPAD    |
|---------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------|
| <b>Anaç</b>         |                              |                       |                        |                              |                               |         |
| 110 R               | 2.5                          | 3.2 a                 | 4.8 a                  | 0.106                        | 0.024 ab                      | 15.3 a  |
| 1103 P              | 2.8                          | 2.4 b                 | 4.2 b                  | 0.117                        | 0.026 a                       | 15.2 a  |
| 5 BB                | 2.6                          | 2.5 b                 | 4.7 a                  | 0.101                        | 0.021 b                       | 10.8 b  |
| LSD %5              | Ö.D.                         | 0.1                   | 0.3                    | Ö.D.                         | 0.004                         | 0.3     |
| P                   | 0.0937                       | <0.0001               | 0.0018                 | 0.1312                       | 0.0156                        | <0.0001 |
| <b>PEG Dozu</b>     |                              |                       |                        |                              |                               |         |
| 0                   | 0.1 d                        | 6.5 a                 | 8.6 a                  | 0.257 a                      | 0.042 a                       | 27.8 a  |
| 2.5                 | 2.3 c                        | 2.0 b                 | 4.0 b                  | 0.070 b                      | 0.020 b                       | 15.2 b  |
| 5.0                 | 3.1 b                        | 1.8 bc                | 3.6 bc                 | 0.073 b                      | 0.019 b                       | 11.2 c  |
| 7.5                 | 3.5 b                        | 1.7 c                 | 3.5 c                  | 0.072 b                      | 0.018 b                       | 7.9 d   |
| 10.0                | 4.0 a                        | 1.7 c                 | 3.3 c                  | 0.068 b                      | 0.019 b                       | 6.7 e   |
| LSD %5              | 0.4                          | 0.2                   | 0.4                    | 0.020                        | 0.005                         | 0.4     |
| P                   | <0.0001                      | <0.0001               | <0.0001                | <0.0001                      | <0.0001                       | <0.0001 |
| <b>İnteraksiyon</b> |                              |                       |                        |                              |                               |         |
| LSD %5              | Ö.D.                         | 0.3                   | 0.8                    | Ö.D.                         | Ö.D.                          | 0.7     |
| P                   | 0.1048                       | <0.0001               | 0.0005                 | 0.8525                       | 0.1812                        | <0.0001 |

(<sup>ns</sup>): Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testiyle  $P \leq 0.05$ 'e göre belirlenmiştir. Ö.D. Önemli Değil



Şekil 1. 110 R anacına ait sürgünlerin farklı PEG dozlarındaki görüntüleri.

Çizelge 2. Farklı uygulamaların kök özellikleri üzerine etkisi<sup>(x)</sup>

| Uygulama            | Ortalama kök uzunluğu (cm) | Ortalama kök sayısı (n/bitki) | Kök yaş ağırlığı (g/bitki) | Kök kuru ağırlığı (g/bitki) |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| <b>Anaç</b>         |                            |                               |                            |                             |
| 110 R               | 2.0 a                      | 1.5 a                         | 0.060 a                    | 0.007 a                     |
| 1103 P              | 1.4 b                      | 0.9 b                         | 0.055 a                    | 0.006 ab                    |
| 5 BB                | 1.2 b                      | 0.6 c                         | 0.037 b                    | 0.004 b                     |
| LSD %5              | 0.2                        | 0.2                           | 0.015                      | 0.002                       |
| P                   | <0.0001                    | <0.0001                       | 0.0125                     | 0.0186                      |
| <b>PEG Dozu</b>     |                            |                               |                            |                             |
| 0                   | 5.6 a                      | 3.7 a                         | 0.218 a                    | 0.023 a                     |
| 2.5                 | 1.2 b                      | 0.7 b                         | 0.020 b                    | 0.004 b                     |
| 5.0                 | 0.2 c                      | 0.1 c                         | 0.002 b                    | 0.000 b                     |
| 7.5                 | 0.4 c                      | 0.3 c                         | 0.010 b                    | 0.002 b                     |
| 10.0                | 0.3 c                      | 0.2 c                         | 0.004 b                    | 0.001 b                     |
| LSD %5              | 0.3                        | 0.3                           | 0.020                      | 0.003                       |
| P                   | <0.0001                    | <0.0001                       | <0.0001                    | <0.0001                     |
| <b>İnteraksiyon</b> |                            |                               |                            |                             |
| LSD %5              | 0.5                        | 0.5                           | 0.035                      | 0.005                       |
| P                   | <0.0001                    | 0.0021                        | 0.0118                     | 0.0398                      |

<sup>(x)</sup>: Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testiyle  $P \leq 0.05$ 'e göre belirlenmiştir. Ö.D. Önemli Değil

#### 4. Tartışma ve Sonuç

PEG'in artan dozlarındaki bitki yapraklarında zararlanma, sürgün ve yaprak ucunda kurumalar ve gövdede nekrozlar görülmüştür. Çalışmamızda bitki boyu ve boğum sayısının PEG'in artan konsantrasyonlarına bağlı olarak kuraklık stresinden etkilendiği belirlenmiştir. Babalık (2012) da Kober 5 BB anacında yapmış olduğu çalışmasında zararlanma derecesinin artan PEG miktarına paralel olarak artış gösterdiğini tespit etmiştir. Yapılan çalışmalarda kuraklık stresi ile bitki boyunda belirgin yavaşlamaların olduğu farklı asma çeşitlerinde (Yağmur, 2008; Çakır, 2011; Babalık ve ark., 2015), kavunda (Kuşvuran ve Abak, 2012), farklı badem çeşitlerinde ve GF 677 anacında (Şeftali x Badem melezi) (Karimi ve ark., 2012), turuncgil anaçlarında (Çerçi, 2012), karpuzda (Karipçin, 2009), Myrobolan 29C ve Garnem anaçlarında (İpek, 2015) bildirilmiştir. Şimşek ve ark. (2018)'nin turuncgillerde yaptıkları çalışmada artan PEG dozlarında bitki yaş ve kuru ağırlıklarının azaldığı saptanmıştır. Babalık ve ark. (2015), 5 BB asma anacında yapmış oldukları çalışmada, PEG uygulaması ile kuraklık stresi şiddetinin artmasıyla bitki ağırlığının azalma gösterdiğini belirtmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular bu çalışmalara paralel nitelikte olmuştur.

Çizelge 3. Farklı uygulamaların makro element miktarları üzerine etkisi (%)<sup>(x)</sup>

| Uygulama            | P       | K       | Mg      | Ca      |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Anaç</b>         |         |         |         |         |
| 110R                | 0.27 a  | 0.98 a  | 0.09 b  | 0.28 a  |
| 1103 P              | 0.26 b  | 0.80 b  | 0.08 b  | 0.24 b  |
| 5 BB                | 0.29 a  | 1.05 a  | 0.13 a  | 0.27 ab |
| LSD %5              | 0.02    | 0.10    | 0.02    | 0.03    |
| P                   | 0.0070  | 0.0002  | <0.0001 | 0.0275  |
| <b>PEG Dozu</b>     |         |         |         |         |
| 0                   | 0.30 a  | 1.40 a  | 0.12    | 0.32 a  |
| 2.5                 | 0.28 ab | 0.99 b  | 0.10    | 0.27 ab |
| 5.0                 | 0.29 ab | 0.79 bc | 0.09    | 0.25 ab |
| 7.5                 | 0.25 b  | 0.84 bc | 0.10    | 0.24 b  |
| 10.0                | 0.26 ab | 0.68 c  | 0.09    | 0.23 b  |
| LSD %5              | 0.04    | 0.21    | Ö.D     | 0.07    |
| P                   | 0.0053  | <0.0001 | 0.0260  | 0.0026  |
| <b>İnteraksiyon</b> |         |         |         |         |
| LSD %5              | 0.04    | 0.21    | Ö.D     | 0.07    |
| P                   | 0.0023  | 0.0017  | 0.1492  | 0.0664  |

<sup>(x)</sup>: Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testiyle  $P \leq 0.05$ 'e göre belirlenmiştir. Ö.D. Önemli Değil

İpek (2015), Myrobolan 29C ve Garnem anaçlarında PEG ile yaptıkları kuraklık uygulamalarında bitkilerin yaş, kuru ve nispi ağırlıklarında PEG'in ( 198 g/L, 287 g/L ve 355 g/L) artan dozlarıyla azalmalar olduğunu belirtmiştir. Bertamini ve ark. (2006) Riesling asma çeşidinde *in vivo* da yaptıkları kuraklık stresi uygulamasında, kontrole göre stres uygulanan bitkilerde yaş ve kuru ağırlığın azaldığını belirlemişlerdir. Bizim çalışmamızda da kuraklık stresi uygulanan asma anaçlarında bitki yaş ve kuru ağırlıklarının PEG dozlarının artmasıyla kontrollere göre azalma gösterdiği saptanmıştır.

İpek (2015), yaptığı kuraklık stresi çalışmasında iki farklı anaçta yaprak klorofil içeriğinin kontrol grubu hariç diğer tüm uygulamalarda günden güne azaldığını tespit etmiştir. Çerçi (2012), kuraklık stresi çalışmasında 6 farklı turuncgil anacında yaprak renginde meydana gelen açılmaların, klorofil miktarında azalmalara neden olduğunu saptamıştır. Benzeri başka kuraklık stresi çalışmalarında da (Yağmur, 2008; Karipçin, 2009; Kuşvuran, 2010; Doğan ve Aslıhan, 2013; Duman 2013), çalışmamızdakine benzer şekilde uygulanan kuraklık stresi dozlarının artmasına paralel olarak, kontrol grubuna göre klorofil miktarında azalmaların meydana geldiği belirlenmiştir.

Çalışmada PEG'in konsantrasyonlarının artması ile kök uzunluğu ve kök sayısı ile kök yaş ve kuru ağırlığında azalmalar meydana geldiği saptanmıştır (Çizelge 2). Süyüm (2011) çalışmasında, karpuz genotiplerinin kök yaş ağırlığının tuz stresi koşullarında daha fazla etkilendiğini belirlemiştir. Kuraklık stresinin bitki kök yaş ve kuru ağırlıkları bakımından azalmalara neden olduğu, Daşgan ve ark. (2002)'nin domateste, Asraf ve ark. (2003)'nin, bamyada, Kuşvuran (2010)'in kavunda, Çerçi (2012)'nin turuncgillerde yaptıkları çalışmalarda da belirtilmiştir.

Kuraklık stresi uygulamaları sonucu bitkilerde besin maddesi alımının azaldığı bazı çalışmalarda gösterilmiştir. Jones ve ark. (1991)'nin asmada yaptıkları çalışmada tam yapraktaki besin maddeleri açısından makro element sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, tüm uygulamalarda P ve K'un yeterli, 5 BB'de PEG'in kontrol dışındaki uygulamalarında P'un noksan olduğu belirlenmiştir. Troncoso ve ark. (1999) da bunu desteklemektedir. 5 BB, 110 R ve 1103 P'de ortalama Mg ve Ca miktarları noksan olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4. Farklı uygulamaların mikro element miktarları üzerine etkisi (ppm)<sup>(x)</sup>

| Uygulama     | Fe     | Zn      | Mn      | Cu      |
|--------------|--------|---------|---------|---------|
| Anaç         |        |         |         |         |
| 110R         | 271.5  | 64.8 b  | 314.4 a | 2.30 a  |
| 1103 P       | 269.8  | 67.8 b  | 259.1 b | 1.24 b  |
| 5 BB         | 255.1  | 82.0 a  | 307.5 a | 2.61 a  |
| LSD %5       | Ö.D    | 5.40    | 21.5    | 0.88    |
| P            | 0.5374 | <0.0001 | 0.0001  | 0.0118  |
| PEG Dozu     |        |         |         |         |
| 0            | 287.90 | 67.8 b  | 371.8 a | 2.58 a  |
| 2.5          | 272.13 | 77.6 a  | 304.8 b | 1.98 ab |
| 5.0          | 246.13 | 82.1 a  | 257.9 c | 2.19 ab |
| 7.5          | 267.60 | 66.3 b  | 264.4 c | 2.07 ab |
| 10.0         | 253.53 | 64.1 b  | 269.4 c | 1.43 b  |
| LSD %5       | Ö.D    | 7.0     | 27.7    | 1.13    |
| P            | 0.3264 | 0.0002  | <0.0001 | 0.3336  |
| İnteraksiyon |        |         |         |         |
| LSD %5       | Ö.D    | 12.1    | 48.0    | 1.96    |
| P            | 0.8147 | 0.0040  | 0.0241  | 0.2241  |

(x): Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testiyle  $P \leq 0.05$ 'e göre belirlenmiştir. Ö.D. Önemli Değil

Jones ve ark. (1991)' nda verilen mikro element sınır değerleri ile karşılaştırıldığında çalışma bitkilerinde genel olarak, Fe ve Zn konsantrasyonu yeterli, Mn fazla ve Cu noksan olarak değerlendirilmiştir. Kuraklık ile ilgili daha önce yapılan çalışmalarda besin elementi analiz değerleri sonuçlarımızı desteklemektedir. İpek (2015)'in yapmış olduğu çalışmada, Myrobolan 29 C ve Garnem anaçlarında kurak şartlarda stresin şiddetinin artması ile K, Na, Ca, Mg, B, Fe ve Zn besin elementlerinin miktarında azalma meydana geldiğini bildirilmiştir. Sivritepe ve ark. (2008)'nin *in vitro'da* Gisela 5 kiraz anacını kullanarak yaptıkları çalışmada da PEG konsantrasyonunun artmasıyla bitki besin elementi içerikleri bakımından azalmalar gerçekleştiği rapor edilmiştir. Bunlara ilaveten,



çalışmamızda elde ettiğimiz veriler, Turunçgilde Çerçi (2012), karpuz bitkisinde Süyüm (2011), kirazda Küçük yumuk ve ark. (2014)'nin *in vivo* koşullarda yaptıkları çalışmaların sonuçları ile de uyum içinde bulunmuştur.

Kuraklık stresi oluşturmak üzere kullanılan PEG dozunun artmasıyla kontrol bitkilerine oranla kuraklık skala değerinin arttığı, bitki boyunun kısaldığı, boğum sayısı ile bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalmaların olduğu saptanmıştır. Kurağa karşı dayanımı yüksek olan 110 R anacının, kurağa hassas olan 5 BB anacına göre bitki boyu ve kök sayısı ile kök yaş ve kuru ağırlığında daha fazla artış gözlenmiştir.

Klorofil miktarı bakımından veriler incelendiğinde PEG'in artan konsantrasyonlarının tersine azalışlar olmuştur.

Çalışma sonucunda, asma anaçlarında kurağa dayanımının *in vitro* koşullarda erken belirlenmesi amacıyla PEG'in ve bu çalışmada incelenen sürgün ve kök özelliklerinin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Özellikle %7.5 ve üzeri PEG içeren besi ortamlarında bitkide büyüme ve gelişmenin önemli ölçüde azalması nedeniyle, benzeri çalışmalarda kullanım için %7.5 ve üzeri PEG dozlarının ihmal edilebileceği düşünülmektedir. Çalışmamızda kullanılan diğer PEG dozlarının ve ara dozların da tekrar denenmesinin tavsiye edilebileceği kanaatine varılmıştır.

## Teşekkür

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: FBA-2017-9894).

## Kaynakça

- Abebe, T., Guenzi, A. C., Martin, B., & Cushman, J. C. (2003). Tolerance of mannitol-accumulating transgenic wheat to water stress and salinity. *Plant Physiology*, 131(4), 1748-1755.
- Ahmedullah, M., & Himelrick, D. G. (1990). *Grape Management*. In: G. J. Galeta, D. G. Himelrick, & L. Chandler (Eds.), *Small Fruit Crop Management*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliff, New Jersey.
- Akça, H., Aktaş, L. Y., Altun, N., & Yağmur, Y. (2008). Defne (*Laurus Nobilis* L.)'de kuraklığa uyum mekanizmalarının uyarılması ve oluşan içsel hormon değişimlerinin incelenmesi. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü. ISSN 1300-9508.
- Akhoundnejad, Y. (2011). *Kuraklığa tolerat bazı domates genotiplerinin arazi performanslarının belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Asraf, M., Arfan, M., & Ahmad, A. (2003). Salt tolerance in okra: Ion relations and gas exchanges characteristics. *Journal of Plant Nutrition*, 26 (1), 63-79.
- Babalık, Z. (2012). *Tuz ve su stresinin asmaların bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri* (Doktora Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Babalık, Z., Türk, F. H., & Baydar, N. G. (2015). *İn vitro koşullarda su stresi altındaki Kober 5 BB asma anacında bazı fiziksel ve biyokimyasal değişimlerin belirlenmesi*. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi-A. 27 (Türkiye 8. Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu Özel Sayısı), 552-561.
- Bahar, E., Korkutal, İ., & Kurt, C. (2011). Farklı fenolojik gelişme aşamalarındaki su stresinin üzüm tanesinde büyüme, gelişme ve kalite üzerine etkileri. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 23-34.
- Bakır, M. (2012). *Asma çeşit ve anaçlarında kuraklık ve tuz stresi toleransına yönelik mikrodizin analizleri ve stres ile ilgili transkriptomların tespiti*. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü.
- Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K., & Nedunchezian, N. (2006). Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis Vinifera* L. Cv. Riesling) plants, *Photosynthetica*, 44 (1), 151-154.
- Blum, A. (1986). Breeding crop varieties for stress environments, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2, 199-237.



- Çakır, A. (2011). *Bağcılıkta abiyotik stres koşullarına yönelik melezlemelerden kuraklık ve tuz stresine toleranslı ümitvar tiplerin elde edilmesi* (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çerçi, S. (2012). *Kuraklık stresinin değişik turuncgöl anaçlarında bazı fotosentetik parametreler ve bitki besin maddeleri konsantrasyonları üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.
- Daşgan, H. Y., Aktaş, H., Abak, K., & Çakmak, İ. (2002). Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype Responses. *Plant Science*, 163, 695-703.
- Doğan, M., & Aslıhan, A. V. U. (2013). Kuraklık stresine karşı borun antioksidant enzimlere etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1), 94-103.
- Dolaş, M., & Kılıç, S. (2008). *Küresel ısınma ve GAP*. Sulama Tuzlanma Konferansı, Şanlıurfa.
- Duman, S. (2013). *Solanum muricatum ait bitkisinin kuraklık stresine karşı bazı fizyolojik değişimlerinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ekşioğlu, A. (2016). *Kuraklık stresinde miRNA cevaplarının domatestede araştırılması*. (Doktora Tezi), İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ertürk, Ü., Sivritepe, N., & Yerlikaya, C. (2012, Ekim). *Böğürtlenlerde kurağa dayanımın in vitro koşullarda belirlenmesi*. IV. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, Antalya.
- Escobar-Gutiérrez, A. J., Zipperlin, B., Carbonne, F., Moing, A., & Gaudillere, J. P. (1998). Photosynthesis, carbon partitioning and metabolite content during drought stress in peach seedlings. *Functional Plant Biology*, 25(2), 197-205.
- Gök, S. (1996). *Bazı üzüm çeşidi ve anaçlarının meristem kültürü yöntemiyle çoğaltılması* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güler, N. S., Sağlam, A., Demiralay, M., & Kadioğlu, A. (2012). Apoplastic and symplastic solute concentrations contribute to osmotic adjustment in bean genotypes during drought stress. *Türk J Biol*. 36, 151-160.
- Iraki, N. M., Bressan, R. A., & Carpita, N. C. (1989). Extracellular polysaccharides and proteins of tobacco cell cultures and changes in composition associated with growth-limiting adaptation to water and saline stress. *Plant Physiology*, 91(1), 54-56.
- İpek, M. (2015). *In vitro şartlarda Garnem ve Myrobalan 29C anaçlarının kurak stresine karşı tepkilerinin belirlenmesi* (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jones, J.B., Wolf, Jr. B., & Mills, H. A. (1991). *Plant analysis handbook. I. methods of plant analysis and interpretation*. Micro-Macro Publishing Inc., 183 Paradise Blvd, Suite 108, Athens Georgia 30607 USA.
- Kaçar, B. (1972). *Bitki Ve Toprağın Kimyasal Analizleri, II. Bitki Analizleri*, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekçi, Y. (2005). The effect of drought on plants and tolerance mechanisms. *G. Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4), 723-740.
- Karimi, S., Yadollahi, A., Nazari-Moghadam, R., Imani, A., & Arzani, K. (2012). *In vitro* screening of almond (*Prunus dulcis* (Mill.)) genotypes for drought tolerance, *Journal of Bioogical and Environmental Sciences*, 6(18), 263-270.
- Karipçin, M. Z. (2009). *Yerli ve yabancı karpuz genotiplerinde kuraklığa toleransın belirlenmesi* (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaynaş, N., & Kaynaş, K. (2003). *Klon anaçları üzerine aşılı Angelona erik çeşidinin su stresi koşullarındaki fizyolojik değişimleri*. Türkiye 4. Bahçe Bitkileri Kongresi, Antalya.
- Khan, A .N., Qureshi, R. H., & Ahmad, N. (2004). Salt tolerance of cotton cultivars in relation to relative growth rate in saline environments, *International Journal of Agriculture & Biology*, 6(5), 786-787.
- Kıran, S., Özkay, F., Ellialtıoğlu, Ş., & Kuşvuran, Ş. (2014). Kuraklık stresi uygulanan kavun genotiplerinde bazı fizyolojik değişimler üzerine araştırmalar. *Toprak Su Dergisi*, 3(1), 53-58.
- Koç, S. (2005). *Fasulyelerde tuzluluğa tolerans bakımından genotipsel farklılıkların erken bitki gelişimi aşamasında belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Kulkarni, M., & Deshpande, U. (2007). *In vitro* screening of tomato genotypes for drought resistance using polyethylene glycol. *African Journal of Biotechnology*, 6(6), 691-696.
- Kuşvuran, Ş. (2010). Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.
- Kuşvuran, Ş., & Abak, K. (2012). Kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. *Çukurova Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(5), 79-87.
- Küçükyumuk, Z., Küçükyumuk, C., Erdal, İ., & Eraslan, F. (2014). Effect of different sweet cherry rootstocks and drought stress on nutrient concentrations. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 431-438.
- Liu, J. H., Nakajima, I., & Moriguchi, T. (2011). Effects of salt and osmotic stresses on free polyamine content and expression of polyamine biosynthetic genes in *Vitis vinifera*. *Biologia Plantarum* 55 (2), 340-344.
- Mohamed, M. H., Harris, P. J. C., & Henderson, J. (2000). *In vitro* selection and characterisation of drought tolerant clone of tagetes minuta. *Plant Science*, 159(2), 213-222.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-479.
- Okursoy, M. Y. (2006). *Ekmeklik buğday genotiplerinin in vitro ve in vivo koşullarında kuraklığa dayanıklılık yönünden değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Örs, S., & Ekinci, M. (2015). Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim*, 32 (2), 237-250.
- Seçkin, B. (2005). *Mannitolün tuz stresine maruz bırakılan buğday fidelerinin antioksidant enzim düzeyleri üzerindeki etkilerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Süyüm, K. (2011). Karpuz genetik kaynaklarının tuzluluk ve kuraklığa tolerans seviyelerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şimşek, Ö., Dönmez, D., & Kaçar, Y. (2018). Bazı turunçgil anaçlarının *in vitro* kuraklık stresi koşullarında performanslarının araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(3), 305-310.
- Tekiş, S. A. (2016). *Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (Zea Mays L.) dışarıdan selenyum uygulamalarının büyüme parametreleri, su durumu ve lipid peroksidasyonu üzerine iyileştirici etkilerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Troncoso, A., Barroso, M., Martin-Aranda, J., Murillo, J. M., & Moreno, F. (1999). Interactions: Effect of the fertilization level on the availability and loss of nutrients in an olive-orchard soil. *Journal of Plant Nutrition*, 10 (9-16), 1555-1561.
- Vivas, A., Marulanda, A., Ruiz-Lozano, J. M., Barea, J. M., & Azcon, R. (2003). Influence of a *Bacillus sp.* on physiological activities of two arbuscular mycorrhizal fungi and on plant responses to PEG-induced drought stress. *Mycorrhiza*, 13(5), 249-256.
- Yağmur, Y. (2008). *Farklı asma (Vitis vinifera L.) çeşitlerinin kuraklık stresine karşı bazı fizyolojik ve biyokimyasal tolerans parametrelerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yamaner, Ö. (2011). *Hypericum Adenotrichum Spach'un doku kültürü teknikleri ile çoğaltılması ve in Vitro Koşullarda Sekonder Metabolit Değişiminin Araştırılması* (Doktora Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü.