

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



***IN VITRO* KOŞULLARDA FARKLI POLİAMİN UYGULAMALARININ
ÇİLEKTE TUZLULUK STRESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Eda Elif YAVUZLAR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

KASIM 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



***IN VITRO* KOŞULLARDA FARKLI POLİAMİN UYGULAMALARININ
ÇİLEKTE TUZLULUK STRESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Eda Elif YAVUZLAR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

KASIM 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***IN VİTRO* KOŞULLARDA FARKLI POLİAMİN UYGULAMALARININ
ÇİLEKTE TUZLULUK STRESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Eda Elif YAVUZLAR
BAHÇE BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2020-5352 nolu proje ile desteklenmiştir.**

KASIM 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***IN VİTRO* KOŞULLARDA FARKLI POLİAMİN UYGULAMALARININ
ÇİLEKTE TUZLULUK STRESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Eda Elif YAVUZLAR
BAHÇE BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

Bu tez 12/11/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nafiye ÜNAL (Danışman)

Prof. Dr. Sevgi PAYDAŞ KARGI

Dr. Öğr. Üyesi. İlhami TOZLU

ÖZET

IN VITRO KOŞULLARDA FARKLI POLİAMİN UYGULAMALARININ ÇİLEKTE TUZLULUK STRESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Eda Elif YAVUZLAR

Yüksek Lisans / Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nafiye ÜNAL

Kasım 2021; 65 sayfa

Son yıllarda ülkemizde ve dünyada yaşanan en önemli çevresel sorun, iklim değişiklikleri olarak görülmektedir. Küresel ısınma ile birlikte yaşanan iklim değişiklikleri en yoğun olarak tarımsal üretime zarar vermektedir. Özellikle bitkilerde verim ve kalite kaybı ile birlikte, bitki gelişimi önemli derecede etkilenmektedir. Bu nedenlerle son yıllarda gerçekleştirilen tarımsal araştırmalar daha çok iklim değişikliklerine karşı bitkilerde adaptasyon mekanizmaları üzerindedir ve aynı anda ıslah amaçlı çalışmalarda kuraklık ve tuzluluğa dayanıklı bitki eldesi çalışmaları yapılmaktadır. Islah dışında da *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda toleransı artırıcı uygulamalar ve yetiştirme teknikleri konularında çalışmalar yürütülmektedir. Çilek ise ülkemizde katma değeri en yüksek üzümü meyveler kategorisindedir. Ülkemizde çok geniş alanlarda açıkta ve örtüaltında yetiştirilebilen çilek, iklim değişikliklerinden de hızlı etkilenmekte ve verim kaybına maruz kalmaktadır. Bu nedenle kuraklık ve tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarına toleransı artırıcı pratik uygulamalara dönüştürülebilecek çalışmalar hızlanmaktadır.

Bu amaçla yürütülen araştırmada, Festival çilek çeşidinde, *in vitro* kültür koşullarında farklı poliamin tipi ve konsantrasyonlarının, farklı tuzluluk düzeyleri üzerinde eksplantların bazı morfo-fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmada *in vitro* şartlarda çoğaltılan eksplantlar, üç farklı tuzluluk düzeyinde (1. Kontrol; 2. %0.4 NaCl:orta düzey tuzluluk; 3. %0.8 NaCl:yüksek düzey tuzluluk) ve beş farklı poliamin uygulamasında (1. Kontrol; 2. 0.5 mg/l Spermin; 3. 1.0 mg/l Spermin; 4. 0.5 mg/l putresin; 5. 1.0 mg/l putresin) kültür edilmiştir. Araştırmada, her bir alt kültür sonunda, morfo-fizyolojik gözlem ve analizler (sürgün sayısı, sürgün boyu, sürgün çoğalma oranı, solgunluk skalası, sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, sürgün kuru madde oranı, membran zararlanma indeksi) ve biyokimyasal analizler (malondialdehit-MDA ve süperoksitdismutaz-SOD) gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonucunda, tuzluluk konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, eksplant başına düşen sürgün sayısı, sürgün boyu, sürgün çoğalma oranı ve solgunluk skalası değerleri düşüş göstermiştir. Ayrıca denenen tüm poliamin uygulamaları, kontrole göre eksplant başına düşen sürgün sayısı, sürgün boyu ve solgunluk skalası değerlerini artırırken, sürgün çoğalma oranını istatistiksel olarak etkilememiştir. Kontrol (%0 NaCl) tuzluluk uygulamasında, en yüksek sürgün sayısı ve sürgün boyu değerleri sperminin denenen her iki konsantrasyonunda (0.5 mg/l ve 1.0 mg/l spermin) belirlenmiştir. Orta düzey tuzlulukta (%0.4 NaCl) en yüksek sürgün sayısı ve sürgün boyu yine 1.0 mg/l spermin uygulamasında belirlenirken, denenen tüm poliamin tipi ve konsantrasyonları,

kontrole göre sürgün sayısı ve sürgün boyunu artırmıştır. Benzer olarak poliamin uygulamaları, kontrole göre solgunluk skala değerlerini de artırırken, çoğalma oranı üzerine etki etmemiştir. Yüksek tuzluluk (%0.4 NaCl) düzeyinde en yüksek sürgün sayısı, sürgün boyu ve solgunluk skalası değerleri de 1.0 mg/l spermin uygulamasında saptanmıştır. Araştırmada ayrıca tuzluluk konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları ile kuru madde içeriği üzerine etkisi düşüş gösterirken, membran zararlanma indeksi artış göstermiştir. Poliamin uygulamaları bakımından incelendiğinde ise 1.0 mg/l spermin uygulamasının bu kriterler bakımından ön plana çıktığı görülmüştür. Denemede ayrıca gerek kontrol (%0 NaCl), gerek orta düzeyde tuzluluk (%0.4 NaCl) ve gerekse yüksek tuzluluk (%0.8 NaCl) uygulamalarında en yüksek sürgün kuru ağırlığı ve kuru madde oranı yine 1.0 mg/l spermin uygulamasında saptanmıştır. Ayrıca orta ve yüksek tuzluluk düzeylerinde denenen tüm poliamin uygulamaları, kontrole göre membran zararlanma indeksini düşürmüştür. Denemede, *in vitro* tuzluluk konsantrasyonunun artışına bağlı olarak eksplantlarda MDA ve SOD içeriği artış göstermiştir. Poliamin uygulamaları; MDA içeriği üzerine önemli etkilerde bulunmuş olup, denenen tüm poliamin uygulamaları kontrole göre MDA içeriğini düşürürken, SOD içeriğini etkilememiştir. Ayrıca denemede gerek orta düzeyde tuzluluk (%0.4 NaCl) ve gerekse yüksek düzeyde tuzluluk (%0.8 NaCl) uygulamalarında, MDA içeriği kontrole göre düşüş göstermiştir.

Araştırma bulguları, gerek orta ve gerekse yüksek tuzluluk konsantrasyonlarında poliamin kullanımının, tuz zararlarının etkisini morfo-fizyolojik ve biyokimyasal olarak baskıladığını göstermiştir. Özellikle 1 mg/l spermin kullanımı, tüm stres koşullarında eksplantların pozitif yönde gelişmelerine katkıda bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: *Fragaria x ananassa*, *in vitro*, putresin, spermin, abiyotik stres.

JÜRİ: Doç. Dr. Nafiye ÜNAL

Prof. Dr. Sevgi PAYDAŞ KARGI

Dr. Öğr. Üyesi. İlhami TOZLU

ABSTRACT

THE EFFECTS OF DIFFERENT POLYAMINE APPLICATIONS ON SALT STRESS IN STRAWBERRY IN *IN VITRO* CONDITIONS

Eda Elif YAVUZLAR

MSc Thesis in Horticulture

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nafiye ÜNAL

November 2021; 65 pages

In recent years, the most important environmental problem in our country and in the world is seen as climate changes. Climate changes with global warming are most damaging to agricultural production. Particularly with the loss of yield and quality in plants, plant growth is significantly affected. For these reasons, agricultural researches were carried out in recent years are mostly on the adaptation mechanisms of plants against climate changes, at the same time studies with breeding purposes are carried out to obtain plants resistant to drought and salinity. Additionally, studies are carried out on applications and cultivation techniques to increase tolerance in *in vitro* and *in vivo* studies. Strawberry is in the category of berry fruits with the highest added value in our country. Strawberry, which can be grown in the open and under cover in very large areas in our country, is also rapidly affected by climate changes and is exposed to yield loss. For this reason, studies that can be transformed into practical applications that increase tolerance to abiotic stress conditions such as drought and salinity are speeding up.

In the research conducted for this purpose, the effects of different polyamine types and concentrations at different salinity levels on some morpho-physiological and biochemical features of explants were investigated in vitro culture conditions on Festival strawberry cultivar. Propagated explants in vitro conditions were at three different salinity levels (1. Control; 2. %0.4 NaCl; medium salinity; 3. %0.8 NaCl; high salinity) and cultured in five different polyamine applications (1. Control; 2. 0.5 mg/l Spermine; 3. 1.0 mg/l Spermine; 4. 0.5 mg/l Putrescine; 5. 1.0 mg/l Putrescine) in the research. In the research, at the end of each subculture, morpho-physiological observations and analyses (shoot number, shoot length, shoot proliferation rate, wilting scale, shoot fresh weight, shoot dry weight, shoot dry matter ratio, membrane damage index) and biochemical analyses (malondialdehyde) -MDA and superoxide dismutase-SOD) were performed.

As a result of the research, depending on the increase in salinity concentration, the number of shoots per explant, shoot length, shoot proliferation rate and wilting scale values decreased. In addition, all tried polyamine applications did not affect statistically the shoot proliferation rate, while increasing the number of shoots per explant, shoot length and wilting scale values compared to the control. In the control (0% NaCl) salinity application, the highest shoot number and shoot length values were determined at both concentrations of spermine (0.5 mg/l and 1.0 mg/l spermine). While in medium salinity (0.4% NaCl), the highest shoot number and shoot length were determined in the

application of 1.0 mg/l spermine, all polyamine types and concentrations increased shoot number and shoot length compared to the control. Similarly, while polyamine treatments increased the wilting scale values, compared to the control, it did not affect the proliferation rate. At high salinity (0.4% NaCl), the highest shoot number, shoot length and wilting scale values were determined in the application of 1.0 mg/l spermine. In addition, depending on the increase in salinity concentration, while the effect on shoot fresh and dry weights and dry matter content decreased, the membrane damage index increased. When examined in terms of polyamine applications, it was seen that the application of 1.0 mg/l spermine came to the fore considering these criteria. Also in the experiment, the highest shoot dry weight and dry matter ratio were determined in the application of 1.0 mg/l spermine in control (0% NaCl), medium salinity (0.4% NaCl) and high salinity (0.8% NaCl) applications. In addition, all polyamine applications which were tried at medium and high salinity levels decreased the membrane damage index compared to the control. In the experiment, the MDA and SOD content of the explants increased due to the increase in the *in vitro* salinity concentration. Polyamine applications, had significant effects on MDA content, while all tested polyamine applications decreased MDA content compared to control, SOD content was not affected. In addition, MDA content decreased compared to the control in moderate salinity (0.4% NaCl) and high salinity (0.8% NaCl) applications in the experiment.

Our research findings have shown that the use of polyamines in both medium and high salinity concentrations suppresses the effect of salt damage morpho-physiologically and biochemically. In particular, the use of 1 mg/l spermine contributed to the positive development of explants under all the stress conditions.

KEYWORDS: *Fragaria x ananassa*, *in vitro*, putrescine, spermine, abiotic stress.

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Nafiye ÜNAL

Prof. Dr. Sevgi PAYDAŞ KARGI

Assist. Prof. Dr. İlhami TOZLU

ÖNSÖZ

Dünyada ve ülkemizde giderek etkisini gösteren küresel ısınma ve iklim değişiklikleri, kuraklık ve tuzluluk gibi çevresel etkenlere dayalı abiyotik stres faktörlerini de beraberinde getirmektedir. Abiyotik stres faktörleri, günümüzde bitki gelişimi ve verimini önemli derecede etkilemekte ve tarımsal verimliliği de sınırlamaktadır. Özellikle kuraklık ve tuzluluk stresleri dünyada ve ülkemizde en sık rastlanılan stres kaynakları olup, tarımsal üretimde önlem alınması gereken çevresel faktörler olarak gündeme gelmektedir. Bu amaçla son yıllarda tarımsal araştırmalarda, küresel ısınmanın getirdiği olası zararlara karşı alınabilecek önlemler, dayanıklı ve toleranslı çeşit ıslahı, yetiştirme teknikleri ve toleransı artırıcı pratiğe aktarılabilir çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda, tuzluluğa hassas bitki kategorisinde yer alan çilekte, dışarıda uygulanabilecek preparat uygulamaları ile bitkilerde tuzluluğa tolerans düzeyi *in vitro* şartlarda incelenmiştir.

Tez çalışmamın her aşamasında başından sonuna kadar destek olan, her konuda beni cesaretlendiren, her anlamda engin deneyim ve bilgilerinden yararlandığım çok değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Nafiye ÜNAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezimin düzeltmeleri ve yaptıkları katkıları ile yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. Sevgi PAYDAŞ KARGI ve Dr. Öğr. Üyesi İlhami TOZLU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim öğretim hayatımın her alanında olduğu gibi bu süreçte de maddi ve manevi her anlamda sonsuz sabır ve anlayışla varlığını hissettiğim babam Namık YAVUZLAR'a, annem Hülya YAVUZLAR'a ve abim Volkan YAVUZLAR'a en içten şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	13
2. KAYNAK TARAMASI.....	16
2.1. Abiyotik Stres Faktörleri İle İlgili <i>In Vitro</i> ve <i>In Vivo</i> Çalışmalar.....	16
2.2. Abiyotik Stres Koşullarında Tolerans Artırıcı Uygulamalar İle İlgili <i>In Vitro</i> ve <i>In Vivo</i> Çalışmalar.....	18
2.3. Poliaminler İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	20
3. MATERYAL VE METOT.....	26
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. Festival.....	27
3.2. Metot.....	27
3.2.1. <i>In vitro</i> kültürün değişik aşamalarında kullanılan kültür kapları ve malzemeler.....	27
3.2.2. Kültür odasının fiziksel koşulları.....	27
3.2.3. <i>In vitro</i> kültürün değişik aşamalarında kullanılan ortamlar ve ortamların sterilizasyonu.....	28
3.2.4. Yüzey sterilizasyonu.....	29
3.2.5. Meristem izolasyonu.....	29
3.2.6. <i>In vitro</i> aşamada kullanılan bitki büyüme düzenleyicileri.....	29
3.2.7. Tuzluluk uygulamaları.....	30
3.2.8. Poliamin uygulamaları.....	30
3.3. Araştırmada İncelenen Fenolojik ve Morfo-fizyolojik Gözlem ve Analizler.....	30
3.3.1. Morfo-fizyolojik gözlem ve analizler.....	30
3.3.2. Sürgün sayısı (adet/eksplant).....	30
3.3.3. Sürgün boyu (cm).....	30

3.3.4. Sürgün çoğalma oranı (%).....	30
3.3.5. Solgunluk skalası.....	30
3.3.6. Sürgün yaş ağırlığı (g).....	31
3.3.7. Sürgün kuru ağırlığı (g).....	31
3.3.8. Sürgün kuru madde oranı (%).....	31
3.3.9. Membran zararlanma indeksinin belirlenmesi.....	31
3.3.10. Biyokimyasal analizler.....	31
3.3.11. Enzim aktiviteleri.....	31
3.3.12. SOD (Süperoksit dismutaz) enzim aktivite testi.....	32
3.3.13. Lipid peroksidasyon (MDA).....	32
3.4. Denemede Kullanılan İstatistiksel Analizler.....	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	33
4.1. Sürgün Sayısı (adet/eksplant).....	33
4.2. Sürgün Boyu (cm).....	36
4.3. Sürgün Çoğalma Oranı (%).....	40
4.4. Solgunluk Skalası.....	47
4.5. Sürgün Yaş Ağırlığı (g).....	50
4.6. Sürgün Kuru Ağırlığı (g).....	52
4.7. Sürgün Kuru Madde Oranı (%).....	52
4.8. Membran Zararlanma İndeksi.....	53
4.9. Malondialdehit (MDA) ($\mu\text{mol} / \text{g}$ yaş ağırlık).....	54
4.10. Süperoksit Dismutaz (SOD) (U enzim/ mg yaş ağırlık).....	55
5. SONUÇLAR.....	58
6. KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “*In Vitro* Koşullarda Farklı Poliamin Uygulamalarının Çilekte Tuzluluk Stresi Üzerine Etkileri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

12/11/2021

Eda Elif YAVUZLAR

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CaCl₂ : Kalsiyum Klorür

cm : Santimetre

g : Gram

l : Litre

mg : Miligram

mm : Milimetre

mM : Milimolar

MgCl₂ : Magnezyum Klorür

μmol : Mikromol

μM : Mikromolar

% : Yüzde

°C : Santigrat Derece

Kısaltmalar

APX	: Askorbat peroksidaz
Ark	: Arkadaşları
CAT	: Katalaz
FAO	: Food and Agriculture Organization
HCL	: Hidroklorik Asit
MDA	: Malondialdehyde
MS	: Murashige ve Skoog
NaCl	: Sodyum Klorür
ÖD	: Önemli Değil
PEG6000	: Polietilen Glikol
POD	: Peroksidaz
SNP	: Sodyum nitroprussid
SOD	: Süperoksit dismutaz
U	: Unite
UV	: Ultraviyole
vd	: Ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. a) Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarı kültür odası; b. *In vitro* kültür başlangıç materyalleri; c. Eksplantların yüzey sterilizasyonuna hazırlanması; d. Eksplantların sterilizasyonu.....26

Şekil 4.1. a) %0 NaCl konsantrasyonunda, 0 mg/l poliamin uygulamasında ikinci alt kültürde; b) %0 NaCl konsantrasyonunda, 0 mg/l poliamin uygulamasında üçüncü alt kültürde; c) %0 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l putresin uygulamasında ikinci alt kültürde; d) %0 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l putresin uygulamasında üçüncü alt kültürde; e) %0 NaCl konsantrasyonunda, 1 mg/l putresin uygulamasında ikinci alt kültürde; f) %0 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l spermin uygulamasında ikinci alt kültürde; g) %0 NaCl konsantrasyonunda, 1 mg/l spermin birinci alt kültürde; h) %0 NaCl konsantrasyonunda, 1 mg/l spermin ikinci alt kültürde gelişen eksplantların genel görünümü.44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.13. Murashige ve Skoog (1962) temel ortamının mineral ve organik madde içerikleri	28
Çizelge 4.1. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının eksplant başına düşen ortalama sürgün sayısı üzerine etkileri (adet/eksplant)	33
Çizelge 4.2. Festival çilek çeşidinde, farklı <i>in vitro</i> tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlere göre eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkileri (adet/eksplant)	35
Çizelge 4.3. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkileri	37
Çizelge 4.4. Festival çilek çeşidinde farklı <i>in vitro</i> tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlere göre sürgün boyu üzerine etkileri (cm)....	38
Çizelge 4.5. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün çoğalma oranı üzerine etkileri.....	40
Çizelge 4.6. Festival çilek çeşidinde farklı <i>in vitro</i> tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlere göre sürgün çoğalma oranı üzerine etkileri (cm)	42
Çizelge 4.7. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının solgunluk skalası üzerine etkileri.....	47
Çizelge 4.8. Festival çilek çeşidinde farklı <i>in vitro</i> tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlere göre solgunluk skalası üzerine etkileri.....	49
Çizelge 4.9. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, sürgün kuru madde oranı ve membran zararlanma indeksi üzerine etkileri	50
Çizelge 4.10. Festival çilek çeşidinde, farklı <i>in vitro</i> tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlere göre sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, sürgün kuru madde oranı ve membran zararlanma indeksi üzerine etkileri.....	51
Çizelge 4.11. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının MDA ve SOD üzerine etkileri	55
Çizelge 4.12. Festival çilek çeşidinde farklı tuzluluk ve poliamin uygulamalarının MDA ve SOD üzerine etkileri	56

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve tüm dünyada son yıllarda yaşanan iklim değişiklikleri tarımdan, sosyo-ekonomik birçok faktöre kadar insan yaşamını etkilemektedir. Türkiye'nin özellikle su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi olumsuz etkiler en fazla tarım sektörünü etkilemekte ve dolayısıyla da gıda sektörünü sekteye uğratmaktadır. Ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz Havzası, küresel iklim değişikliğine karşı yerkürenin en hassas bölgelerinden birisidir. Nitekim Akdeniz Havzası'nda gerçekleşecek 2°C'lik bir sıcaklık artışı, ekolojik olarak birçok olumsuz etkileri beraberinde getirirken, en çok da tarımsal zararlara neden olacaktır. Bu nedendir ki, yaşanan küresel ısınma ve iklim değişikliklerine karşı ülkemizde ve dünyada her alanda acil önlemler ve eylem planları üzerinde durulmaktadır.

Kuraklık, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklık faktörleri gibi çevresel etkenlere dayalı abiyotik stres faktörleri tüm dünya ülkelerinde sıkça yaşanan iklim değişikliklerinin bir sonucudur. Günümüzde dünya tarım alanlarının yaklaşık olarak %45'i kuraklık stresine maruz kalmakta ve bu kuraklıkla birlikte tarım alanlarının %6'sında tuzluluk meydana gelmektedir (Kuşvuran, 2010). Ayrıca bu alanların %15'inde soğuk ve don stresi görülürken, %30'unda diğer tüm stresler görülmekte ve sadece %10'unda herhangi bir stres gerçekleşmemektedir (Mahajan ve Tuteja, 2005). Dolayısıyla dünya tarımsal alanların çok büyük çoğunluğunun farklı abiyotik streslere maruz kaldığı görülmekte ve yaşanan iklim değişiklikleri ile bu stres faktörleri artarak devam etmektedir.

Yağış, yeraltı veya yüzey suyu miktarlarının ortalama değerlerinin altında olması olarak tanımlanan kuraklık ile taban suyundaki su rezervleri azalmakta, tarım alanları çoraklaşmakta, toprak yüzeyinde tuz birikimi meydana gelmekte ve erozyon gibi ekolojik bozulma tehlikeleri de artmaktadır. Tuz ve kuraklık stresleri bitkilerde abiyotik stres faktörleri grubunda olup, kültür bitkilerinde verim ve kaliteyi düşüren en önemli faktörler arasında yer almaktadır. Özellikle çilek, abiyotik stres faktörlerine hassas bir bitki olup, olumsuz çevre şartları karşısında geri dönüşümsüz olarak zarar görmektedir. Gerçekleşen stres faktörlerine karşı önce bitki gelişimi frenlenirken, stresin şiddeti ve süresinin uzamasıyla birlikte verim ve kalite kaybı yaşanmaktadır. Bu da son yıllarda ülkemiz çilek endüstrisini önemli derecede etkilemektedir.

Çilek gerek dünyada ve gerekse ülkemizde üzüksü meyve türleri içerisinde en fazla üretilen ve tüketilen bir üründür. Dünyada 8 885 028 ton ton çilek üretimi söz konusu olup, ülkemiz 486 705 ton üretim miktarı ile dünyada dördüncü ve 16 090 ha üretim alanı ile ise altıncı sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Ülkemizin hemen hemen tüm bölgelerinde uygun çeşit ve yetiştirme sistemleri ile çilek yetiştiriciliği yapılmaktadır. Nitekim TUIK (2020) resmi verilerine göre, ülkemizde 67 ilde çilek yetiştiriciliği yapıldığı görülmektedir. Bu yetiştiricilik ise Mersin, Aydın ve Antalya gibi illerde yoğunlaşırken, son yıllarda Akdeniz bölgesi sahil meyveciliğinin ana ürünü haline gelmiştir. Nitekim Antalya ülkemiz çilek alanının %7.78'ine sahip olup, ülkemiz çilek üretiminin de %10.48'sini karşılamaktadır. Ayrıca Antalya ili, birim alan verimi bakımından 4.6 ton/da ile ülkemizde birinci sırada yer almaktadır (TUIK, 2020).

Ülkemizde çilek yetiştiriciliğine yönelik eğilimler, iç ve dış pazarda talebin artmasıyla birlikte her bölgede artış göstermektedir. Nitekim 2019 yılında dünyada 939 347 ton ve 2 milyar 700 bin dolar değerinde çilek ihracatı gerçekleşmiş olup, bu değer

toplam üzüksü meyve ihracatının %65-70'ini oluşturmaktadır (FAO, 2019). Ülkemizde ise 2020 yılında 53 345 ton çilek ihracatı gerçekleşmiş olup, (TUIK, 2021) bu miktar ile ülkemiz dünyada 8. sırada yerini almıştır (FAO, 2019). Buna karşın, yine FAO (2019) verilerine göre ülkemiz 3.02 ton/da verim ile dünyada 18. sırada yer almaktadır. Dolayısıyla gerek üretim ve gerekse ihracatta önemli yeri olan ülkemizin verimi artırmaya ve üretimi sekteye uğratan etmenleri ortadan kaldırmaya yönelik önlemler almak gerekmektedir. Günümüz koşullarında topraklı şartlarda yapılan çilek yetiştiriciliğinde verimi düşüren en önemli etmenlerin başında abiyotik stres faktörleri ve özellikle tuzluluk gelmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı çilek yetiştiriciliğinde, gerek ıslah ve gerekse yetiştiricilik anlamında tuzluluğa karşı tolerans stratejileri geliştirilmektedir. Bu anlamda tarımsal olarak tuzluluğa dayanıklı çeşit ıslahından, tuzluluğa toleransı artırıcı birçok dışsal uygulamayı içeren birçok faktör son yılların araştırma konusu haline gelmiştir. Nitekim tuzluluğun, çileklerde bitki gelişimi, verimi ve meyve kalitesi üzerine olumsuz etkileri ile ilgili birçok araştırmaya rastlamak mümkündür (Rahimi vd. 2011; Eshghi vd., 2017).

Tuzluluk stresi, oksidatif strese yol açan ozmotik etkiler, spesifik iyon toksisitesi ve iyonik dengesizlikler yoluyla bitki büyümesini doğrudan etkilemekte ve böylece serbest radikallerin veya reaktif oksijen türlerinin üretimini artırmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005). Son yıllarda, bitkilerde osmotik veya tuzluluk stresine direnci arttırmak için farklı büyüme düzenleyicileri ve osmotik koruyucular test edilmektedir. Bu konuda en bilinen absisik asit kullanımının yanı sıra (Peleg ve Blumwald, 2011), putresin, spermin, spermidin, kadaverin gibi poliaminler, prolin gibi aminoasitler, glisin betain gibi kuarter aminler kullanılmaktadır. Özellikle prolin ve glisin betain osmotik protektan olarak da görev yapmaktadır (Rajashekar ve ark. 1999; Hossain ve ark. 2010). Ayrıca tuza dayanımlarda salisilik asit, silikon, jasmonik asit, metil jasmonat preparatları kullanılırken, 5-aminolevulinic acid, triakontanol gibi alkoller ve 24 epibrassinolid gibi hormonlar denenmeye başlamıştır. Brassinosteroidler, poliaminler ve triakontanoller gibi son 20 yılda keşfedilen bitki büyüme düzenleyicisi preparatların tuzlu koşullar altında tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine etkili olduklarını belirtilmektedir (Çavuşoğlu ve Kabar, 2007). Özellikle poliaminlerin birçok abiyotik stres faktörlerine toleransı artırıcı etkili olduğu da birçok çalışma kayıtlarında bulunmaktadır (Çavuşoğlu ve Kabar, 2007).

Poliaminler, bakteri, hayvanlar ve bitkiler gibi canlı organizmalarda bulunan düşük molekül ağırlıklı ve alifatik polifikasyonu olan yeni bir doğal büyüme düzenleyicileri grubudur (Hussain vd., 2011). Putresin (PUS), Spermidin (SPD) ve Spermin (SPM), embriyogenez, hücre bölünmesi, yaprak gelişimi ve çevresel streslere karşı nisbi direnç gibi çok çeşitli fizyolojik süreçlerde yer alan en önemli üç poliamin kaynağıdır (Pedraza ve ark., 2007). Poliaminlerin en önemli özelliği, biyotik ve abiyotik streslere yanıt olarak birkaç makromolekülle (proteinler, lipitler ve nükleik asitler) elektrostatik etkileşimlere izin verdiği için amino grubunun pozitif yüküdür (Menendez vd., 2012). Putresin, lipitlerin peroksidasyonunun azalması ve makromoleküllerin bozulmasının yanı sıra glutasyon ve karotenoidlerin miktarındaki artış nedeniyle tuz stresine karşı bağıl direnci arttırmak için bir antioksidan görevi görmektedir (Tang ve Newton, 2005). Sun vd., (2018) domates bitkilerinde putresinin antioksidan enzim aktivitesini, kök aktivitesini, azot metabolizmasını ve klorofil ile prolin içeriğini arttırdığını ve malondialdehit (MDA) içeriğini azalttığını belirtmişlerdir. Poliaminlerin azotlu bileşikler olarak uygulanması, klorofil bozulmasını azaltarak stres koşullarının

iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Poliaminlerin ayrıca klorofil ve proteinler için koruyucu bir rolü olmakla birlikte, lipid peroksidasyonunu azaltarak membran peroksidasyonunu da azaltmaktadır (Unal vd., 2007). Poliamin olarak putresinin, membran lipitlerinin tahrip edilmesini ve peroksidasyonunu önlemede ve böylece hücre stabilitesini stabilize etmede etkili bir rol oynadığı bu çalışmada gösterilmiştir (Zhang vd., 2009).

Son yıllarda yaşanan tarımsal kuraklığın etkilerini azaltmak ve bertaraf etmek için çilekte kuraklık ve tuzluluğa karşı hızlı ve etkin çözüm önerileri geliştirmek, üretimde bitki gelişimi ve verimi artırmayı sağlayacaktır. Özellikle yetiştiricilikte tolerans artırıcı preparat tipi seçimi, konsantrasyonu ve uygulanması ile ilgili konular hızlı sonuca ulaşılması anlamında önemlidir. Çilekte ise bu konuda yapılan çalışmalarda sadece prolin, salisilik asit, silikon, jasmonik asit ve metil jasmonat gibi kimyasalların uygulanması ile ilgili sonuçlar yer alırken, poliaminlerin tuzluluğa tolerans düzeylerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalara rastlanılmamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalarda *in vitro* çalışmalar ise hızlı, kısa ve etkin sonuç alma bakımından dikkat çekici olma yönünde ilerleme ile birlikte, çilekte *in vitro* abiyotik strese dayanım üzerine çalışmalar çok sınırlı düzeydedir. Ve halihazırda poliaminlerin stres şartlarında *in vitro* kullanımı ile ilgili de bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla tarımsal araştırmalarda biyoteknolojik uygulamalardan *in vitro* çalışmalar, bir yandan ıslah amaçlı kullanılırken, bir yandan ıslah dışı kullanılmaktadır. Özellikle *in vitro* çalışmalar, abiyotik strese dayanım için etkin ve hızlı bir metod olarak kabul edilmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi, tuzluluğa hassas bitki kategorisinde yer alan çilekte, dışarıdan uygulanan poliaminlerin etkisi ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu konuda *in vitro* çalışmalar ile uygulanan ve etkin seçim parametreleri ile de selekte edilen uygulamaların tayini ileriki çalışmalara da basamak oluşturacak ve çalışma sonuçları bir yandan yetiştiricilikte tavsiye edilebilir bulunurken, bir yandan da ıslah çalışmalarında metod olarak yön gösterecektir.

Araştırmanın amacı, son yıllarda ülkemizde ve tüm dünyada artan bir çevresel sorun olan küresel ısınmaya ile birlikte gelen kuraklık ve tuzluluk sorunlarına karşı tarımsal anlamda önlem almaya yönelik planlanmıştır. Bu amaçla, çevresel optimizasyonu yapılan *in vitro* koşullarda farklı tuzluluk stresi uygulamalarında poliamin uygulamalarının, çilekte tolerans düzeylerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Abiyotik stres faktörlerine dayanıklılık ve tolerans konularında yapılan çalışmalar genellikle *in vitro* ve *in vivo* koşullarında karşılıklı olarak yürütülmektedir (Erturk ve ark. 2007). Yapılan çalışmalarda, her iki koşulda elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak doğruluğu tartışılmaktadır. Özellikle son yıllarda *in vitro* şartlarda yapılan abiyotik stres çalışmaları önem kazanmaktadır. Nitekim Kuşvuran vd. (2011), *in vitro* şartlarında kallus kültürlerinin tuzluluk ve kuraklık gibi stres faktörlerinde daha hızlı, kolay ve etkin bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

2.1. Abiyotik Stres Faktörleri İle İlgili *In Vitro* ve *In Vivo* Çalışmalar

Abiyotik stres faktörleri bitkilerde birçok metabolik faaliyetleri etkilemekte ve bitkiler bir yandan stres koşullarında farklı fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler gösterirken, bir yandan da ekstrem çevresel koşullarına adapte olmayı sağlayacak tolerans mekanizmaları geliştirmektedirler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Husaini ve ark. 2012). Özellikle tuzluluk stresi, oksidatif strese yol açan ozmotik etkiler, spesifik iyon toksisitesi ve iyonik dengesizlikler, bitki büyümesini biyokimyasal olarak doğrudan etkilemekte ve böylece serbest radikallerin veya reaktif oksijen türlerinin üretimini artırmaktadırlar (Mahajan ve Tuteja, 2005). Tuz stresine toleransı artırmak amacıyla bitkiler, reaktif oksijen türlerini yok eden çeşitli enzimatik olmayan antioksidanlar ile antioksidan enzimlerin aktivitelerinin artırılması, bitkide büyüme düzenleyicilerinin ve ozmolit sentezinin teşvik edilmesi ve stres proteinlerinin üretiminin teşvik edilmesi gibi biyokimyasal değişimler gerçekleşmektedir (Yılmaz ve ark. 2011).

Tuzluluğun artışı ile bitkilerde su ve ozmotik potansiyel büyük ölçüde değişime uğrarken, bitkiler, ozmotik dengeyi sağlamak için hücrelerinde düşük moleküler ağırlıklı çeşitli organik maddeleri yüksek konsantrasyonlarda biriktirmektedirler. Bu birikim, glikoz, fruktoz, sukroz, fruktanlar gibi şekerler ve polisakkaritler olup, bitki türlerine, çeşitlerine ve hatta bitki kısımlarına göre de farklılık göstermektedir. Böylelikle stres altındaki bitkilerde radikallerin temizlenmesi, ozmotik dengeleme ve koruma sağlanmaktadır. Ayrıca bitkiler, tuz stresi ile meydana getirilen reaktif oksijen türlerinden hücreyi korumak için, askorbat, glutatyon, α -tokoferol, karotenoidler gibi antioksidanları ve katalaz (CAT), peroksidaz (POX), glutatyon redüktaz (GR), süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidatif enzimleri kullanılmaktadırlar (Mishera vd., 2006; Portugal ve ark. 2007; Yılmaz vd. 2011). Tuzluluk ve kuraklık streslerinde antioksidant enzim aktiviteleri ile dayanıklılık arasında ilişki bulunmaktadır (Erturk ve ark. 2007; Yaşar ve ark. 2012). Nitekim sebzeler üzerinde yapılan birçok çalışmada, stres şartlarına dayanıklı çeşit ve genotiplerde stres zamanında süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (POX), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) enzim aktiviteleri, hassas olanlara göre daha yüksek oranda bulunmuştur (Kuşvuran ve ark., 2011).

Tuzluluk, bitkilerde net fotosentez oranını, transpirasyon oranını ve stoma iletkenliğini azaltmakta, stoma direncini ise arttırmaktadır (Yılmaz ve ark. 2011). Ayrıca serbest oksijen radikallerinin etkisiyle, membranlar zarar görmektedir (Holmberg ve Bülow 1998). Membran geçirgenliği, canlı dokunun hücre zarındaki stres ve hasarını göstermektedir (Farkhondeh vd., 2012). Yıldırım vd. (2008)'nin bulguları, yüksek konsantrasyonlarda sodyum klorürün salatalık yapraklarının iyonik sızıntısını

önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. Ayrıca salisilik asitin membran stabilitesini arttırmadaki olumlu rolü diğer birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Stevens vd., 2006). Hücre membranının tahribatına yol açan lipid peroksidasyonu, birkaç reaksiyon basamağı sonucunda malondialdehit (MDA) ürününü üretmektedir (Yılmaz ve ark. 2011). Malondialdehit (MDA) hücre zarındaki lipidlerin bozulma durumunu gösteren kimyasal bir madde olup, tuza toleranslı genotiplerin, duyarlı genotiplere nazaran daha az miktarda ürettikleri MDA, doku ve iyon sızıntısını da beraberinde getirmektedir (Koyro, 2006). Yapılan çalışmalarda, tuz stresi altındaki bitkilerde membran geçirgenliğinin arttığı ve bağıl su içeriğinin azaldığı bildirilmektedir (Yakit ve Tuna, 2006). Tüm bu nedenlerle gerek tuzluluk ve gerekse kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerine dayanıklılıkların belirlenmesinde fizyolojik, biyokimyasal ve mineral analizler yaygın olarak kullanılmaktadır. Nitekim fizyolojik analizlerde yaprak eni, sayısı, yaş, kuru ağırlıklar, kallus rengi, çapı vs. gibi kriterler belirlenirken; biyokimyasal analizlerde prolin, klorofil, protein, enzim aktiviteleri ve hücre çeperi zararlanması olarak bilinen lipid peroksidasyonu (malondialdehit-MDA); mineral analizler olarak ise makro ve mikro element miktarları belirlenmektedir. Nitekim Sevengör (2010), kabakta *in vitro* ve *in vivo* koşullarda tuz stresine dayanıklılıkları belirlemek için en etkin yöntemlerin yaş ağırlık stres indeks değerleri, MDA ölçümleri, Na ve Cl iyon miktarlarının belirlenmesi olduğunu bildirmektedir.

Yaşar ve ark. (2006), patlıcanların tuzlu koşullarda *in vitro* üretiminde kalluslardan MDA ve iyon belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, tuzlu ortamlarda kontrole göre daha az kallus geliştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca hassas hatlarda daha az kallus gelişimi görülürken, daha düşük potasyum ve kalsiyum, fakat daha yüksek sodyum ve klor iyonları belirlenmiştir. Sonuç olarak dayanıklı genotiplerde potasyum/sodyum oranı yüksek, sodyum/klor oranı düşük saptanmıştır. potasyum/sodyum ve sodyum/klor oranları patlıcan için dayanıklılık parametreleri olarak değerlendirilebilmektedir. Lipid zararı (MDA) da dayanıklı çeşitlerde, hassas çeşitlerden iki kat daha fazla düşük belirlenmiştir (Yaşar ve ark. 2006).

Kılıç ve Anaç, (2005), turuncgil anaçlarında *in vivo* koşullarda yapılan bir çalışmada, tuz stresine karşı anaçların farklı etkiler gösterdiği ve özellikle morfo-fizyolojik olarak yaprak alanı indeksi (LAI) değerlerinin anaçlar arasında farklılıklar yarattığını bildirmişlerdir. Nitekim çalışmada, Troyer citrange anacının yaprak alanı indeks değerinin, Poncirusa göre daha yüksek olduğu ve stres çalışmalarında kullanılabilen bir kriter olduğu belirlenmiştir.

Ertürk ve ark. (2007) kiraz anaçlarının *in vitro* tuzluluk şartlarında tolerans düzeylerini incelemişler ve tuzlu şartlarda hem MDA'nın hem de antioksidatif enzim aktivitelerinin artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Keutgen ve ark. (2008), tuz stresine karşı duyarlılıkları farklı olan çilek çeşitlerini Nisan ayının sonundan Ağustos ayının ortasına kadar kök ortamında 40 veya 80 mM NaCl'ye maruz bırakmışlar ve her iki çeşidin meyvelerinin karşılaştırılabilir miktarlarda Na⁺ ve Cl içermesine rağmen, meyve kalitesinin Elsanta çeşidinde daha fazla zararlanmalar gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca toplam amino asit seviyelerinin, özellikle esansiyel amino asitlerin içerikleri, her iki türde de önemli ölçüde yükseldiği gözlenmiştir. Nitekim tuz stresinin ayrıca serbest prolin, asparagin ve glutamin içeriğini de arttırdığı bulunmuştur. Araştırma sonucunda araştırmacılar, yüksek prolin, asparagin ve glutamin seviyelerinin tuz stresi hasarının göstergesi olduğu sonucuna varmışlardır.

Sivritepe ve ark. (2008), kirazda anaçların *in vitro* kurağa dayanıklılıkları üzerinde yaptıkları çalışmada, PEG 8000'in %1, 2 ve 4 konsantrasyonları kullanılmış ve konsantrasyonların artmasına paralel olarak kuru madde, sürgün uzunluğu, su içeriği, klorofil içeriği azalırken, prolin içeriği artış göstermiştir. Ayrıca MDA, SOD, CAT, POX, APX ve GR enzim aktiviteleri de PEG konsantrasyonunun artışına bağlı olarak artmıştır.

Yaşar ve ark. (2008), karpuzda 100 mM NaCl uygulaması, SOD, CAT, APX ve GR enzim aktivitelerinde artışa neden olmuştur.

Yong ve ark. (2008), çileklerde *in vitro* koşullarda kısa süreli düşük sıcaklık uygulamalarının (0°C'de 0, 12, 24, 48 ve 72 saat), MDA ile birlikte, SOD, CAT, POD, APX gibi antioksidant enzim aktiviteleri ile hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriğini değiştirdiğini bildirmişlerdir. Nitekim belirlenen tüm değerler kontrole göre yüksek saptanmıştır.

Tanou ve ark. (2009), çileklerde 200 mM NaCl uygulamasında, yapraklarda nekrotik lezyonların meydana geldiği, oksidatif stresin gerçekleştiği ve dokularda H₂O₂/O₂ birikimi olduğunu ve lipid peroksidasyonun arttığı belirlenmiştir.

Rahimi vd. (2011), çileklerde tuz stresinin 30 mM'dan 90 mM'a yükseltilmesiyle yaprak alanını ve bitki kuru madde oranını düşürdüğünü belirtmişlerdir. Özellikle 30 mM'dan sonra tuz kullanımı verimi %50 düzeyinde düşürmüştür.

Ma vd., (2017) salisilik asitin tuzluluk stresi altında antioksidant enzimlerin aktivitesini önemli ölçüde artırdığını belirtmiştir.

2.2. Abiyotik Stres Koşullarında Tolerans Artırıcı Uygulamalar İle İlgili *In Vitro* ve *In Vivo* Çalışmalar

Son yıllarda, bitkilerde osmotik veya tuzluluk stresine direnci arttırmak için farklı büyüme düzenleyicileri, aminoasitler ve osmotik koruyucuların yanısıra mikoriza ve bakteri uygulamaları da denemekte ve uygulanmaktadır. Bu konuda en çok bitki büyüme düzenleyici olarak absisik asit kullanılmakta olup (Peleg ve Blumwald, 2011), prolin, glutamin gibi aminoasitler, glisin betain gibi kuarter aminler kullanılmaktadır. Özellikle prolin ve glisin betain osmotik protektan olarak da görev yapmaktadır (Rajashekar ve ark. 1999; Hossain ve ark. 2010). Ayrıca tuza dayanımlarda salisilik asit, silikon, jasmonik asit, metil jasmonat preparatları kullanılırken, 5-aminolevulinic acid, triakontanol gibi alkoller ve 24 epibrassinolid gibi hormonlar denenmeye başlamıştır (Çavuşoğlu ve Kabar, 2007).

Rajashekar ve ark. (1999), çileklerde soğuklara dayanım için glisin betaininin etkili olduğunu ve 2 mM glisinbetain uygulamasından 72 saat sonra soğuğa dayanıklılığın kontrole göre 2 kat arttığı belirtmişlerdir.

Borkowska (2002), kuraklık stresi altındaki mikroçoğaltılmış çilek bitkilerine mikoriza kullanımının fotosentez aktivitesi etkisi üzerine olumlu etkiler yaptığını saptamışlardır.

Ashraf ve Haris, (2004), proteinlerin, tuzluluk stresi şartlarında ozmotik düzenlemeye yardımcı olduklarını bildirmektedirler.

Warabieda ve ark. (2005), Çileklerde metil jasmonat uygulamasının, klorojenik asit ve rutin gibi fenolik bileşenleri artırdığını ve kırmızı örümcek zararlısına dayanıklılığı da artırdığı belirtilmektedir.

Mishera vd., (2006), Bu çalışmanın sonuçları, besin çözültisi veya ozmotik stresin sodyum klorür konsantrasyonunu artırması nedeniyle POD ve SOD aktivitesinde de bir artış göstermiştir. Ayrıca, yapraktan PUS uygulaması antioksidan enzimlerin aktivitesini arttırmıştır.

Stevens vd., (2006), salisilik asitin membran stabilitesini arttırmadaki olumlu rolü diğer birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir.

Ashraf ve Foolad, (2007), bitkilerde, glisin betain ve prolin kullanımının biyotik stres faktörlerine karşı koruyucu etkili olduğu;

Khayyat vd. (2007), Çilek bitkisinde tuz zararı üzerinde, Selva çeşidinde CaSO₄ (10 mM) kullanımının verim ve kaliteyi artırdığı;

Üzal, (2009), jasmonik asit kullanımının tuz zararını azalttığı yapılan çalışmalarda belirlenmiştir. Araştırmada, tek başına NaCl uygulamasında yaprak maleondialdehit (MDA) miktarı artarken; jasmonik asit kullanımı MDA içeriğini düşürmüştür. Ayrıca jasmonik asitli tuz uygulamalarında APX ve CAT içeriği de artış göstermiştir.

Gerdakaneh ve ark. (2010), çileklerde kallus kültüründe osmotik stres üzerine prolinin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Nitekim sükröz konsantrasyonunun %3'den %9'a çıkarılmasıyla kallus kuru madde oranının %15'den %25'lere çıktığını; prolin oranının 0 mM'dan 10 mM'a çıkarılmasıyla da kallus kuru ağırlığın arttığını belirtmişlerdir.

Karlıdağ vd. (2011), dışarıdan 24 epibrassinolide kullanımının membran geçirgenliği, yaprak su içeriği, iyon içeriği üzerine olumlu etkileri olduğu bildirmişlerdir.

Fan ve ark. (2011), tuz stresindeki çileklerde *Arbuscular mikoriza* kullanımının besin elementi alınımını artırarak, gelişmeyi teşvik ettiğini, ayrıca tuzun zararlı etkilerini de azalttığını belirtmişlerdir.

Bayat ve ark. (2012), tuza dayanıklı ve hassas kabak genotipleri üzerinde yaptıkları çalışmada, prolin kullanımının stres zararlarını azalttığını ve prolinin 5mM'dan 10mM'a yükseltilmesiyle bu etkilerin daha belirgin görüldüğünü bildirmişlerdir.

Magdy vd. (2012), pamukta kuraklık stresinde ayrı ayrı sodyum niroprusside (0.05, 0.1, 1 mM); putressin (200, 400, 600 ppm); ve glisin betain (400, 600, 800 ppm) kullanımının verim ve kaliteyi, pigment içeriğini, toplam şeker içeriğini, prolin içeriğini, toplam serbest aminoasit içeriğini, toplam fenollerini, proteinleri, antioksidant kapasitelerini, antioksidant enzim aktivitelerini artırdığını belirtmişlerdir. En iyi doz 0.05 mM sodyum niroprusside; 600 ppm putressin ve 800 ppm glisin betain olarak vurgulanmıştır.

Rezaei ve ark. (2012), Domateslerde *in vivo* koşullarda glisin betain uygulamalarının kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarını geliştirdiklerini, bitkilere sprey şeklinde 0, 5 ve 10 mM glisin betain uygulamasının bitkilerin hem vegetatif hem de

generatif gelişmesini artırırken, verimi de olumlu yönde etkilediğini ve en iyi dozun 10 mM olduğu yapılan çalışmalarda belirlenmiştir.

Jamali vd. (2013) incelemelerine göre, 'Pajaro'nun çilek meyve verimi, salisilik asitin yapraklardan uygulamasıyla artmıştır, bu da mevcut çalışmanın sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak, salisilik asit ozmotik stresin zararlı etkilerini azaltarak meyve veriminin korunmasında önemli rol oynadığı söylenebilmektedir. Ayrıca salisilik asit, klorofil içeriğini ve bitki fotosentetik aktivitesini artırarak, karbonhidrat üretimini ve verimini de arttırmıştır.

Mozafari vd. (2018), demir iyonları ve salisilik asitin çilekte *in vitro* kuraklık stresi altında toleransı artırıcı optimum kombinasyonu bulmak üzere çalışma yürütülmüştür. Araştırma sonucunda, demir nanoparçacıklarının salisilik asit ile birlikte uygulanmasının, toleransı artırdığı görülmüştür.

2.3. Poliaminler İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Poliaminler, bitki büyümesi ve farklılaşması için gerekli olan hücre içi pH altındaki pozitif yüklü katyonik moleküllerdir (Friedman vd. 1989). Bitki büyüme ve gelişmesinde rol alan poliaminler; hücre farklılaşması, hücre bölünmesi (Ponappa, 1993; Ziosi vd., 2006), somatik embriyogenes ise, çiçeklenmeye, yumru gelişimine (Kireççi, 2006), kök ve vejetatif aksam gelişimine (Kazemi, 2013), meyve olgunlaşmasına ve gelişimine etki etmektedir (Khan ve Singh, 2008; Guo ve Shen, 2018). Poliaminlerin meyve üretimi esnasında sentezlenen etilen sentezi ile aralarında bir ilişki olduğu bilinmektedir. Poliaminler etilen sentezindeki ACC enziminin sentezini önleyerek etilen üretimini geciktirmektedir (Ziosi vd., 2006). Ancak bunun yanı sıra son yıllarda yapılan çalışmalarda putresin uygulaması yapılan bitkilerde meyve kalitesinin arttığı bildirilmiştir (Ziosi vd., 2006; Kazemi, 2013; Eshghi ve Jamali, 2014; Sevinç, 2016). Poliaminlerin en bilinen formları, spermidin (Spd), spermin (Spm) ve putresin (Put)'dir.

Bais ve ark. (2000), *Cichorium intybus* bitkisinde, putresin (Put) ve AgNO₃'ün *in vitro* sürgün çoğalması üzerine etkilerini araştırmışlardır. Putresinin 40 mM'lik bir konsantrasyonda uygulaması, 2-İP (2.0 mg/l) ile desteklenmiş MS ortamında sürgün sayıları (34.6 ± 2.61) ve sürgün uzunlukları (7.6 ± 0.57 cm) açısından maksimum doku tepkisi ile sonuçlanmıştır. Araştırma sonucunda ayrıca putresin ve AgNO₃'ün poliamin biyosentezinin otoregülasyonu üzerindeki destekleyici etkisini olduğu, böylece *in vitro* çiçeklenmeyi, endojen poliamin havuzunu ve sürgün çoğalmasını düzenlediği de belirtilmiştir.

Saied vd., 2005, yapılan bir çalışmada, ozmotik stres ile ve ozmotik stres olmadan, çilekte meyve veriminin PUS (putresin), SA (Salisilik asit)'nin yaprak uygulamasından sonra ve özellikle PUS ve SA kombinasyonu ile arttığı belirlenmiştir.

Khosroushani ve ark., (2006), çilek meyvelerinin hasat sonrası kalitelerini incelemek üzere farklı dozlarda putresin uygulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, kontrol meyvelerine kıyasla, putresin uygulanan meyvelerde etilen üretiminin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Ayrıca putresin uygulamasında kontrole göre meyve sertlikleri daha yüksek bulunmuştur.

Yaşar ve ark. (2006), patlıcanların tuzlu koşullarda *in vitro* üretiminde kalluslardan MDA ve iyon belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, tuzlu ortamlarda kontrole göre daha az kallus geliştiğini bildirmişlerdir.

Çavuşoğlu ve Kabar, (2007), poliaminler, brassinosteroidler ve triakontanoller gibi son yıllarda keşfedilen bitki büyüme düzenleyicisi benzeri olarak kabul edilen preparatların tuzlu koşullar altında tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine etkili olduklarını belirtmektedir.

Khosroshahi ve ark. (2007), poliamin uygulamalarının meyvelerde hasat sonrası uygulamalar üzerine etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Nitekim araştırmacılar, Selva çilek çeşidinde hasat sonrası meyvelere 0.3, 0.5, 1 ve 2 mM putresin konsantrasyonlarını 5 dakika uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, putresin uygulamalarının çilek meyvelerinde depolama ömrünü artırdığı ve 1 ve 2 mM putresin konsantrasyonlarının bu amaçla uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Marcondez ve ark. (2009), Zerdeçal bitkisinde içsel ve dışsal poliamin uygulamasının organogenesis üzerine etkilerini araştırdıkları çalışma sonucunda, poliamin ilavesinin kallus kök ve yaprakların oluşumunu artırdığı görülmüştür.

Zhang vd., (2009), Bir poliamin olarak putresinin, membran lipitlerinin tahrip edilmesini ve peroksidasyonunu önlemede ve böylece hücre stabilitesini stabilize etmede etkili bir rol oynadığı bu çalışmada gösterilmiştir.

Movahed ve ark. (2010), 'Paros' ve 'Selva' çilek çeşitlerinde, poliaminlerin vejetatif özelliklere olan etkisini araştırdıkları çalışmada spermidin ve putresinin 0, 0,5, 1 ve 1,5 mM konsantrasyonlarını kullanmışlardır. Araştırma sonucunda, spermidinin her iki çeşitte, klorofil içeriğini artırdığını, buna karşın putresin uygulamasının ise azalttığı gözlenmiştir. Ayrıca putresin yaprak sapı uzunluğunu arttırırken, spermidinin hiçbir etkisi olmadığını da belirlenmiştir. Bununla birlikte, her iki poliamin konsantrasyonunun arttırılmasıyla, yaprak alanı ile kök ve sürgünlerin yaş ve kuru ağırlıkları, çiçek sayısı ve bitki başına verimin arttığı görülmüştür. Bulgular kısaca, poliaminlerin hidroponik üretimde yetiştirilen çileklerin vejetatif özelliklerini, büyümesini, çiçeklenmesini ve verimini iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Anjum (2011), Troyer citrange fidelerinde tuzluluğun olumsuz etkilerini iyileştirmede spermidinin (Spd) etkilerini değerlendirmişlerdir. Besin çözeltisine 75mM NaCl eklenmesinin bitki büyümesini, yaprak klorofil içeriğini, klorofil flurosans verimini (Fv/Fm), net fotosentetik hızı, solunum hızını ve yaprakların Ca^{+2} Mg^{+2} içeriğini azalttığını, buna karşın yaprakların prolin, toplam putresin (Put), toplam spermin (Spm), Na^{+} ve Cl^{-} içeriklerini artırdığını bulmuşlardır. Tuzlu besin çözeltisine Spd (0.1 veya 0.5 mM) eklenmesinin ve NaCl stresli bitkiler üzerindeki yaprak sayısını, klorofil içeriğini, Fv/Fm'yi, net fotosentetik oranını ve N içeriğini iyileştirdiğini ve buna karşın artan toplam Spd ve Spm içerikleri, bitkilerin Na^{+} içeriğini azalttığını gözlemlemişlerdir. Yaprak P ve K^{+} içerikleri tuzluluk veya Spd uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmemiş olup, poliaminler arasında Put içeriği en az etkilenirken, tuzluluk ve Spd uygulamaları nedeniyle Spm içeriğinde keskin bir artış olduğunu da gözlemlemişlerdir. Bu sonuçlar ile narenciye anacı Troyer sitrangeinin tuzluluk toleransına Spm'nin dahil olduğu ortamda gerçekleştiği sonucuna araştırmacılar varmışlardır.

Alet ve ark. (2012), tuzluluk sırasında serbest sperminin fizyolojik rolünü ortaya çıkarmak amacıyla, *Arabidopsis thaliana* duyarlı mutantlarda (tuza duyarlı; sos1-1, sos2-1 ve sos3-1) poliamin metabolizmasını analiz etmişler ve tuz stresine toleransı incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, yüksek poliaminlerin tuz tolerans mekanizmalarındaki rolüne destek verdiği belirlenmiştir.

Mohaved vd., (2012), Paros ve Selva çilek çeşitlerinin *in vivo* koşullarda üzerinde yapılan bir çalışmada, iki farklı poliamin uygulaması (putresin ve spermidin) farklı dozlarda bitkilere uygulanmıştır. Poliamin uygulaması iki kez yapılarak bitkilerin vejetatif gelişimleri, çiçeklenme ve verim parametreleri incelenmiştir. Araştırmacılar spermidinin klorofil miktarını artırırken, putresinin azalttığını ifade etmişlerdir. Artan poliamin dozuna bağlı olarak yaprak alanı, sürgün ve kök gelişiminin arttığı bildirilmiştir. Her iki uygulama ile çiçek sayısı ve verim artış gösterirken, kol sayısı azalma göstermiştir.

Movahed vd. (2012) Bu sonuçlar, poliaminlerin topraksız sistemde üretilen çileklerin büyümesi, çiçeklenmesi ve verimi üzerindeki olumlu etkisini göstermiştir.

Wu vd., (2012), üç yapraklı portakal tohumları ile yapılan bir çalışmada, mikorizal uygulama yapılan tohumlarda putresinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla *G. mosseae* ile muamele edilen bitkilere farklı dozlarda putresin verilmiştir. Putresin uygulanan mikorizal fidelerde daha büyük kök ve gövde gelişimi, daha fazla kök sayısı, klorofil miktarı ve karatenoid miktarı kaydedilmiştir. Araştırmacılar; özellikle 0.5 mM putresin uygulanan AMF fidelerinin fizyolojik özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin yanı sıra büyüme performansını ve kök sistem mimarisini önemli ölçüde artırabileceği kanaatine varmıştır.

Kazemi, (2013), İran'da yapılan bir çalışmada iki farklı dozda (50 ve 150 mg/l) putresin uygulaması yapılmış, bitki gelişim ve meyve kalite parametreleri incelenmiştir. Her iki dozda da çiçeklenme süresinin daha uzun olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar kök yoğunluğunun ve meyve ağırlığının arttığını ayrıca kol sayısının ise düştüğünü ifade etmişlerdir. Meyvelerin vitamin C miktarı her iki dozda artış gösterirken fenolik bileşik miktarı genel olarak bir azalma kaydetmiştir.

Rahdari ve Hoseini (2013), farklı konsantrasyonlardaki spermidin ve putresinin tuzluluk stresi altında buğdayın çimlenmesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Denemede, 50 mmol NaCl içeren tuzluluk seviyesinde, 0/5 mmol spermidin ve putresin konsantrasyonu içeren poliaminlerin etkisini belirlemişlerdir. Araştırmada, NaCl'nin klorofil ve protein konsantrasyonunu azalttığını buna karşın poliaminlerin kök ve sürgünde tuzluluk stresi altında klorofil ve protein konsantrasyonunu iyileştirdiğini bulmuşlardır. Ayrıca tuzluluk stresi ve poliamin muamelesi altında kökte fenolik bileşik seviyeleri azalmış, ancak kökte değişmemiştir. Araştırma sonucunda, poliaminlerin buğday fidelerinde tuzluluk stresinin zararlı etkilerini azalttığı kanısına varılmıştır.

Ashgari ve Abdollahi (2013), nitrik oksit ve putresinin çilek meyvelerinde, hasat sonrası ömrü ve kalitesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, meyveler nitrik oksit (0, 3, 5 ve 8 $\mu\text{mol/l}$) ve putresin (0 ve 2 mmol/l) uygulanmış ve 15 gün boyunca %85-95 oransal nemde ve 2.5 °C sıcaklıkta saklanmıştır. Araştırma sonucunda, hem nitrik oksit, hem de putresinin meyve sertliği, C vitamini, kırmızı renk, toplam fenolik madde, toplam asitlik değerlerini koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca 5 $\mu\text{mol/l}$ nitrik oksit ile meyvelerin muamelesi ile hasat sonrası mantarsal organizmaların etkili bir şekilde kontrol edildiği saptanmıştır. Araştırma sonucunda putresinin, meyve kalite

indekslerinin korunmasında nitrik oksidin etkilerini etkili bir şekilde arttırdığı kanısına varmışlardır.

Eshghi ve Jamali (2014) topraksız sistemde yetiştirdikleri Paros ve Selva çilek çeşitlerine spermidin ve putresin uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonucunda poliaminler arasında bazı farklılıklar görüldüğünü belirtmişlerdir. Nitekim spermidin klorofil içeriğini artırırken, putresinin klorofil içeriğini düşürdüğü görülmüştür. Ayrıca araştırmacılar her iki poliamin uygulamasında, meyve çap ve ağırlığının arttığını bildirmişlerdir.

Kamiab ve ark. (2014), antep fıstığı (*Pistacia vera* cv. Badami-Zarand) fidanlarına dışsal poliaminlerin uygulamalarının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, fidanlara 25, 50, 100 ve 150 mM konsantrasyonlarında NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ uygulamışlardır. Ayrıca yapraktan putresin, spermidin (Spd) ve spermin (Spm) (0,1 ve 1 mM) uygulamışlardır. Araştırma sonucunda tuzluluk stresi altında fidanların büyüme özelliklerinin azaldığı ve poliamin uygulamalarının tuz stresinin olumsuz etkilerini etkin bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca araştırmada, poliaminlerin antepfıstığı fidelerinde tuz stresinin ciddi etkilerini süperoksit dismutaz ve katalaz aktivitelerini artırarak ve hidrojen peroksit (H₂O₂) aktivitesini düşürerek azalttığı sonucuna varmışlardır. Sonuç olarak, tuzluluk stresinin olumsuz etkilerini azaltmak ve fidanların stres şartlarında, büyüme ve gelişmesini iyileştirmek için poliaminlerden spermin ve spermidinin umut verici potansiyel preparatlar olduğu sonucuna varmışlardır.

Mortazavi ve ark., (2014), Selva çilek çeşidine hasat sonrasında farklı dozlarda putresin ve spermidin ile ultraviyole ışın uygulaması yapılmış ve saklama süresi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, poliamin uygulanmış meyvelerde, daha az su kaybı ve daha yüksek sertlik değeri belirlenmiştir. Ayrıca 2 mM dozunda putresin uygulamasının meyve kalite özelliklerinin korunmasında daha etkili olduğu da bildirilmiştir.

Adak ve ark. (2017), topraksız şartlarda yetiştirilen çileklerde 2 farklı çilek çeşidinde (Osmanlı ve Festival), 3 farklı putresin konsantrasyonunun (0, 250, 500 ppm), iki farklı su düzeyi uygulamasında (%30 drenaj ve %15 drenaj) etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, 250 ve 500 ppm putresin uygulamalarının kısıtlı su düzeylerine karşı verim ve kalite üzerine pozitif etkileri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 250 ppm putresin uygulamasında, su kısıtlılığı durumunda meyvelerde en yüksek antioksidan aktivite belirlenmiştir.

Akbari vd., (2017), Camarosa çilek çeşidinde yapılan bir araştırmada, bitkiler tuz stresine sokulmuş ve bu bitkilere putresin uygulaması (0, 1.5 ve 3 mM) yapılmıştır. Putresinin kök uzunluğuna herhangi bir etkisi söz konusu olmazken, uygulama ile bitkilerde tuz stresinin neden olduğu olumsuz etkilerin azaldığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Adak ve ark. (2018), *in vitro* koşullarda iki farklı çilek çeşidinde (Osmanlı ve Festival), su stresini teşvik edici beş farklı polietilen glikol konsantrasyonunun (PEG6000) (0, %3, %6, %9, %12) su stresine tolerans düzeyleri üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, PEG6000 konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, kalluslarda SOD, CAT ve MDA içeriği artış göstermiştir. Nitekim kontrol uygulamasında, % 0 PEG6000 uygulamasında, 26.96 U mg/protein SOD, 33.04 U mg/protein CAT ve 0.04 µmol/g MDA tespit edilirken, %6 PEG6000 konsantrasyonunda, 90.17 U mg/protein SOD, 119.49 U mg/protein CAT ve 0.09 µmol/g MDA tespit edilmiştir. Ayrıca çeşitler

arasında da önemli farklılıklar belirlenmiştir. Ayrıca kallus oluşum oranı, kallus yaş ve kuru ağırlık değerleri PEG6000 konsantrasyonunun artışına bağlı olarak azalmıştır.

Guo ve Shen, (2018), Çin'de yapılan bir çalışmada, çilek meyvesinde olgunlaşmaya bağlı olarak poliaminlerin varlığı araştırılmıştır. Araştırmacılar poliaminlerin etkisinin farklı olduğunu bildirmişlerdir. Nitekim putresinin meyve rengi oluşumunu azaltırken, sperminin meyvede daha kırmızı renk oluşumunu teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Etilen ve absisik asit üretimi spermin uygulanan meyvelerde artarken, putresin ve spermidin uygulanan meyvelerde azalmıştır.

Ekinci ve ark. (2019), sera şartlarında tuz stresi (0, 50 ve 100 mM NaCl konsantrasyonları) altında yetiştirilen biber fidelerine putresin, spermin ve spermidin uygulanmış ve uygulanan poliaminlerin tuz stresi altında incelenen parametreleri iyileştirdiği görülmüştür. Araştırma sonucunda, dışsal poliamin uygulamaları ile tuz stresinin olumsuz etkilerinin azaltılabileceği görülmüştür.

Çetinbaş Genç ve ark. (2020), farklı dışsal putresin konsantrasyonlarının (0.05, 0.25, 0.5 ve 2.5 mM) fındık (*Corylus avellana*) çiçeklerinde polen performansı üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, çimlenme oranı ve tüp uzunluğu 0.05 ve 0.25 mM putresin uygulaması ile teşvik edildiği, 0.25 mM üzerindeki putresin konsantrasyonunun polen çimlenmesini, tüp uzamasını engellediği ve apeks şişmesi gibi morfolojik değişikliklere neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırma sonucunda düşük dozlarda (0.05 ve 0.25 mM) putresin konsantrasyonunun, fındık polen tüpünün büyümesi için performans artırıcı bir ajan olarak kullanılabilirken, daha yüksek konsantrasyonlar (0.5 ve 2.5 mM) döllenme başarısını azaltan olumsuz etkilere neden olduğu sonucuna varmışlardır.

Haghshenas ve ark. (2020), Putresin ve Salisik asitin stres altındaki çilek meyvesinin fitokimyasal ve kalite özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, topraksız kültür şartlarında yetiştirilen Selva çilek çeşidinde farklı NaCl konsantrasyonları (0, 7.5, 15, 30 ve 45 mM) içeren besin çözeltisinin ozmotik potansiyeli (tuzluluk) üzerine yaprakтан putresin (0 ve 1.5 mM) ve salisilik asit (0 ve 1.5 mM) uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, stresli koşullarda, bitki yaprak alanında (%79.6), toplam klorofil içeriğinde (%48), meyve veriminde (%73.5), yaprak bağıl su içeriğinde (%33), ozmotik stres altında C vitamini içeriği (%24,5), toplam proteinde (%33.4), toplam fenolde (%7.8) önemli düşüş görülmüştür. Buna ilaveten, ozmotik stres altında, peroksidaz (POD) ve süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesini, yaprak iyon sızıntısını ve çözünür karbonhidrat ve prolin içeriğini önemli ölçüde artırdığı ortaya koymuşlardır. Araştırma sonucunda ise putresin ve salisilik asitin yaprakтан uygulanması ile tuz stresinin çilek meyvelerinin büyüme, verim ve kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirdiği kanısına varılmıştır.

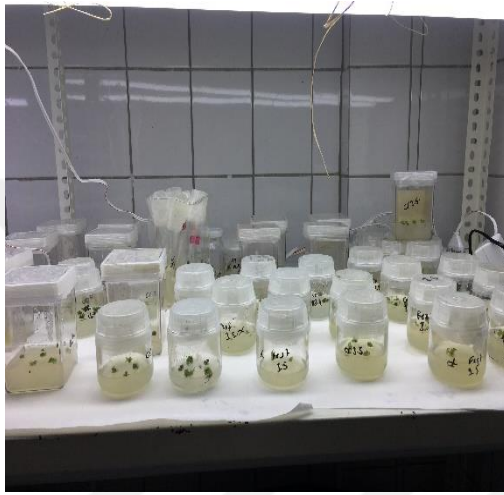
Pradhan ve ark. (2020), farklı konsantrasyonlarda (%0, %5, %10 ve %15) polietilen glikol (PEG) 6000 tarafından indüklenen *in vitro* kuraklık koşullarında Stevia rebaudiana bitkisinin çoğaltılmasını ve sodyum nitroprussid (SNP) ve putresin ile stresin etkisini hafifletmeyi amaçlamıştır. MS ortamında tek başına veya kombinasyon halinde kullanılan SNP (50, 100, 250 ve 500 µM) ve putresinin (0.05, 0.1, 0.3 ve 0.5 mM) değişen konsantrasyonlarında 0.2 mg/l kinetin konsantrasyonunda incelemişlerdir. Morfolojik parametreler bazında en iyi değerlerin sürgün sayısı ve yaprak sayısı, hem SNP hem de putresin uygulamasının kombinasyonu ile desteklenmiş yarı kuvvetli MS ortamında gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, SNP ve putresin ile uygulanması, tek

başına veya kombinasyon halinde, kuraklık stresinin olumsuz etkilerini büyük ölçüde hafifletmiştir. Özellikle SNP ve putresin uygulamalarının *in vitro* sürgün sayısını, sürgün uzunluğunu (cm), yaprak sayısını, kök sayısını, kök uzunluğunu (cm) ve hayatta kalma yüzdesini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür.



3. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma, 2020-2021 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarı ile 2K VEG A.Ş firmasına ait doku kültürü laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada biyokimyasal analizler ise Akdeniz Üniversitesi Gıda Güvenliği Tarımsal Araştırma Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1.'de Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarı kültür odası, *in vitro* kültür başlangıç materyalleri, eksplantların yüzey sterilizasyonuna hazırlanması ve eksplantların sterilizasyonu verilmiştir.

**a.****b.****c.****d.**

Şekil 3.1. **a)** Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarı kültür odası; **b)** *In vitro* kültür başlangıç materyalleri; **c)** Eksplantların yüzey sterilizasyonuna hazırlanması; **d)** Eksplantların sterilizasyonu.

3.1. Materyal

Araştırmada deneme materyali olarak Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında yetiştirilen Festival çilek çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşidin özellikleri aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Festival

Florida Üniversitesinde Oso Grande X Rosa Linda'nın melezlenmesi sonucu 2000 yılında elde edilmiş bir kısa gün çeşididir. Konik meyve şekline sahip olup, meyve eti rengi açık kırmızı, meyve dış rengi ise koyu ve parlak kırmızıdır. Meyve eti renginin bir örnek kırmızı renge sahip olması, dondurularak satılan ürünler piyasası için mükemmel bir aday olmasını sağlamıştır. Bitkinin açık yapıda olması tozlanmayı, meyve saplarının uzun olması meyve hasadını kolaylaştırmaktadır. Meyveleri tatlı, aroması Camarosa'dan yüksek, fakat Sweet Charlie çeşidinden düşük, meyveleri kaliteli, sert, raf ömrü Camarosa'ya benzeyen bir çeşittir. Erkencilik bakımından ise Camarosa'dan erkencidir (Chandler vd., 2000). Ayrıca, bu çeşidin *Colletotrichum acutatum*'un neden olduğu antraknoz hastalığına karşı orta derecede dirençli, *Botrytis cinerea*'ya ise oldukça hassas olduğu bilinmektedir.

3.2. Metot

3.2.1. *In vitro* kültürün değişik aşamalarında kullanılan kültür kapları ve malzemeler

In vitro kültür ile ilgili olarak yürütülen çalışmalarda, farklı tipte kültür tüpleri ve kavanozlar kullanılmıştır. Bu amaçla yürütülen çalışmalarda, meristemlerin büyüme ve gelişme aşaması ile çoğaltma aşamasında 100x20 mm'lik kültür tüpleri ile 66 mm (V8630) boyunda ağzı şeffaf plastik kapaklı ve otoklavlanabilen cam kavanozlar, kültür tüpleri ve kavanozların sarılmasında ise parafilm kullanılmıştır.

In vitro kültürün tüm aşamalarında malzeme olarak, pens (uzun pens), bisturi ve 9 cm genişliğinde steril petripler kullanılmıştır. Pens ve bistoriler kullanılmadan önce alüminyum folyoya sarılmış ve 121°C sıcaklık ve 1.2 kg/cm² basınç altında 20 dakika otoklavlanmıştır. Otoklavlanan malzemeler soğuduktan sonra steril kabin içerisine taşınmıştır. Diseksiyonda kullanılan aletler (pens ve bisturi) sık sık %96'lık alkole bandırıldıktan sonra cam boncuklu sterilizatörden geçirilmiştir. Ayrıca diseksiyonda kullanılan bisturi uçları kontaminasyonları azaltmak amacıyla sık sık değiştirilmiştir.

3.2.2. Kültür odasının fiziksel koşulları

Meristem kültürünün tüm aşamalarında, kültür odasında sıcaklık 25°C, fotoperiyot 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık, aydınlatma ise 3000 lux olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 3.1.a).

3.2.3. *In vitro* kültürün değişik aşamalarında kullanılan ortamlar ve ortamların sterilizasyonu

Meristemlerin büyüme ve gelişme, çoğaltma ve köklendirme aşamalarında temel ortam olarak Murashige ve Skoog (1962)'un hazır besi ortamı (Sigma, M 5519) kullanılmıştır. Bu ortamın mineral ve organik madde içerikleri Çizelge 3.13'de verilmiştir. Meristem kültürünün tüm aşamalarında MS ortamına 30 g/l sukroz ve 7 g/l Difco Bacto Agar (Sigma C-7755) ilave edilmiştir (Boxus vd 1977, Tanprasert ve Reed, 1997).

Çizelge 3.13. Murashige ve Skoog (1962) temel ortamının mineral ve organik madde içerikleri

Makro Elementler	mg/l
KNO ₃	1900
NH ₄ NO ₃	1650
CaCl ₂ . 2H ₂ O	440
MgSO ₄ . 7H ₂ O	370
KH ₂ PO ₄	170
FeSO ₄ .7H ₂ O	27.8
Na ₂ EDTA.2H ₂ O	37.3
Mikro Elementler	mg/l
MNSO ₄	22.3
H ₃ BO ₃	6.2
ZNSO ₄ . 4H ₂ O	8.6
KI	0.83
NA ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O	0.25
CuSO ₄ . 5H ₂ O	0.025
Co Cl ₂ . 6H ₂ O	0.025
Organik Maddeler	mg/l
Myo-inositol	100
Thiamine. HCl	0.1
Pyridoxine. HCl	0.5
Nicotinic acid	0.5

Besi ortamının hazırlığı aşamasında, 4.43 g Murashige ve Skoog (MS) hazır besi ortamı 990 ml saf su içerisinde iyice çözülmüş ve çözüldükten sonra ortama 30 g sukroz ve bitki büyüme düzenleyicileri ilave edilmiştir. Ortamların pH'ları otoklavlanmadan önce 0.1 Normal (N) sodyum hidroksit (NaOH) ve 0.1 N hidroklorik asit (HCl) kullanılarak pH 5.7'ye ayarlanmış ve çözeltinin hacmi 1 litreye tamamlanmıştır. Hazırlanan besi ortamına otoklavdan önce 7 g/l Difco Bacto Agar ilave edilmiş ve ortamlar kaynatılmıştır. Daha sonra bu ortamlardan 100 x 20 mm'lik kültür tüplerine 10 ml, 66 ml'lik kavanozlara 30 ml ilave ederek otoklavlanmıştır. Otoklavlanan besi ortamları steril kabin içerisine taşınmış ve oda sıcaklığına gelinceye kadar soğumaya bırakılmışlardır.

3.2.4. Yüze sterilizasyonu

Başlangıç materyali olarak, Festival çilek çeşidinin kol (stolon) uçları kullanılmıştır (Şekil 3.1.b ve Şekil 3.1.c). Bu kollar, temmuz ve ağustos ayları olan yaz döneminde alınmış ve materyaller +4 °C'de 7-10 gün süreyle soğuklatılmıştır (Adak 2000). Soğuklatılan kollar önce çeşme suyu altında, daha sonra deterjanlı suda bir süre yıkanıp daha sonra durulanmıştır. Çalışmada dezenfektan madde olarak ticari sodyum hipoklorit kullanılmıştır. %15'lik sodyum hipokloritin 10 dk çözeltilerin her 100 ml'sine 1-2 damla Tween 20 ilave edilmiştir. Eksplantlar yüze sterilizasyonuna tabi tutulmadan önce steril kabin içerisine taşınmışlar ve önce %96'luk alkolde 5-6 saniye bekletilmişlerdir (Şekil 3.1.d). Daha sonra eksplantlar, sodyum hipoklorit konsantrasyonlarında 15 dakika süre ile sterilizasyona tabi tutulmuşlardır. Dış yaprakları keskin bir bisturi yardımıyla temizlenen eksplantlar, tekrar %5'lik sodyum hipokloritte 5 dakika süre ile sterilizasyona tabi tutulmuşlar ve en son olarak 3 defa steril saf sudan geçirildikten sonra meristem izolasyonu için steril saf suda beklemeye alınmışlardır (Yavuzlar ve Adak, 2019).

3.2.5. Meristem izolasyonu

Meristem izolasyonu Mc Grew (1980)'e göre gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde, eksplantlar steril pens ve bisturi yardımıyla, mikroskop altında 1-2 yaprak primordiumu içerecek şekilde izole edilmişlerdir.

3.2.6. *In vitro* aşamada kullanılan bitki büyüme düzenleyicileri

Meristemlerin büyüme ve gelişme aşaması ile çoğaltma aşamasında, MS temel ortamına ilave olarak, BAP ve IAA bitki büyüme düzenleyicileri kullanılmıştır. BAP 1 N NaOH'de, IAA ise %96'luk alkolde çözülmüştür. Ana stok bitki büyüme düzenleyicileri 1 ml'de 1 mg etkili madde olacak şekilde hazırlanmıştır. Her alt kültürde aynı bitki büyüme dozları ve kombinasyonları sabit ($1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP ve $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IAA) uygulama olarak devam edilmiştir. Kullanılan bitki büyüme düzenleyici dozları ve kombinasyonları, uzun yıllar tarafımızdan yapılan *in vitro* çilek çalışmalarında optimum sürgün gelişmesini sağlayan konsantrasyonlar olarak belirlenmiştir (Adak ve Pekmezci, 2001). Eksplantlar büyüme ve gelişme aşamasında 4 hafta bekletildikten sonra çoğaltma amacıyla alt kültüre alınmışlardır.

Denemede ana uygulama olarak (a) Tuzluluk uygulamaları, (b) Poliamin uygulamaları olmak üzere iki ayrı uygulama ile tuzluluk stresi üzerine poliaminlerin etkisi incelenmiştir. Kullanılan doz ve uygulamalar aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.2.7. Tuzluluk uygulamaları

Tuz uygulaması olarak NaCl kullanılmış olup, 1. Kontrol; 2. %0.4 NaCl (orta düzey tuzluluk) 3. %0.8 NaCl (yüksek düzey tuzluluk) uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

3.2.8. Poliamin uygulamaları

Poliamin kaynağı olarak spermin ve putresin kullanılmış olup, 1. Kontrol; 2. 0.5 mg/l Spermin; 3. 1.0 mg/l Spermin; 4. 0.5 mg/l putresin; 5. 1.0 mg/l putresin uygulamaları şeklinde gerçekleştirilmiştir. Denemede öngörülen konsantrasyonlar yapılan ön denemeler ve literatür ışığında belirlenmiştir.

3.3. Araştırmada İncelenen Fenolojik ve Morfo-fizyolojik Gözlem ve Analizler

3.3.1. Morfo-fizyolojik gözlem ve analizler

Denemede üç alt kültür yapılmış ve her alt kültürde aşağıdaki ölçümler yapılmıştır.

3.3.2. Sürgün sayısı (adet/eksplant)

Eksplant başına gerçekleşen sürgün sayısı adet olarak sayılmış ve değerler aylık olarak değerlendirilmiştir.

3.3.3. Sürgün boyu (cm)

Eksplanttaki en uzun sürgün boyu bir dijital kumpas yardımıyla cm olarak ölçülmüştür.

3.3.4. Sürgün çoğalma oranı (%)

Aşağıdaki formüle göre değerlendirilmiştir.

Sürgün Oluşma Oranı (%)= (Sürgün oluşturan eksplant sayısı x 100) / Toplam eksplant sayısı

3.3.5. Solgunluk skalası

In vitro sürgünlerde solgunluk skalası Yavuzlar ve Adak (2019)'a göre aşağıda verildiği şekle göre belirlenmiştir.

In vitro eksplant gelişim skalası;

1. Eksplantların tamamen kuruması,
2. Eksplantların şiddetli sararması,
3. Eksplantlarda orta düzeyde gelişme ve hafif sarılık olması,
4. Eksplantların yeşil renkli ve çoğalmanın orta düzeyde olması,
5. Eksplantlar yeşil renkli ve çoğalma çok iyi olması şeklinde puanlandırılmıştır.

3.3.6. Sürgün yaş ağırlığı (g)

Üç alt kültür sonunda besi ortamından ayrılan sürgünler hassas terazide, steril petri kağıtları üzerinde tartılmış ve değerler ortalama olarak kaydedilmiştir.

3.3.7. Sürgün kuru ağırlığı (g)

Yaş ağırlıkları alınan sürgünler 60°C sıcaklık ayarlı etüvde 48 saat süreyle kurutmaya alınmış ve kuruyan sürgün parçacıkları tartılarak değerler ortalama olarak kaydedilmiştir. (Cherian ve Reddy, 2003).

3.3.8. Sürgün kuru madde oranı (%)

Aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

Sürgün Kuru Madde (%)=(Sürgün kuru ağırlık x 100) / Sürgün yaş ağırlık

3.3.9. Membran zararlanma indeksinin belirlenmesi

Eksplantlar, iyonize su içerisinde 4 saat bekletildikten sonra EC ölçülmüş, aynı eksplantlar 100 °C'de 10 dakika bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülmüştür. Elde edilen değerden aşağıdaki formül yardımıyla eksplantlarda membran zararlanma indeksi belirlenmiştir. Membran Zararlanma İndeksi = $(L_t - L_c / 1 - L_c) \times 100$

L_t: Tuzluluk stresindeki yaprağın otoklav edilmeden önceki EC / Otoklav edildikten sonraki EC

L_c: Kontrol yaprağının otoklav edilmeden önceki EC / Otoklav edildikten sonraki EC

3.3.10. Biyokimyasal analizler

Deneme sonunda uygulamalardan ayrılan eksplantlarda aşağıda ayrıntıları verilen antioksidan enzim aktiviteleri (SOD) ve lipid zararı (Malondialdehit-MDA) gerçekleştirilmiştir.

3.3.11. Enzim aktiviteleri

Eksplant gelişimi sonunda antioksidan enzim aktiviteleri aşağıdaki metoda göre yapılmıştır.

Enzim ekstraksiyonu: 0,5 g örnek, 100 mM KCl, 1 mM askorbat, 5 mM β-merkaptotanol ve %10 (w/v) gliserol içeren 1 ml lik 50 mM buzda soğutulmuş potasyumlu fosfat tamponunda (pH 7,0) homojenize edilmiştir. Homojenatlar 11,500 x g de 10 dak santrifüj edilmiş ve ayrılan süzüntüler enzim aktivite testleri için kullanılmıştır (Hossain vd., 2010).

Antioksidan enzimler olan süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) enzim aktivite testleri ile ilgili önerilen prosedürler aşağıda verilmiştir.

3.3.12. SOD (Süperoksit dismutas) enzim aktivite testi

SOD enzim aktivitesi Tang ve ark. (2004)'nın çalışmasında verilen prosedüre göre gerçekleştirilmiştir. O_2^- anyon radikali hipoksantin/ksantin oksidaz sistemi ile açığa çıkarılmıştır. Özetle, kallus örneklerinden elde edilen enzimleri içeren çözeltiden bir kısım KH_2PO_4/KOH (pH 7,4) tamponu içinde hazırlanmış Na_2EDTA , nitroblue tetrazolium klorür (NBT) ve hipoksantin (KOH çözeltisi içinde hazırlanmış) den oluşan reaksiyon karışımıyla oda sıcaklığında önceden inkübe edilmiştir. Reaksiyon ksantin oksidaz çözeltisinin (tampon içinde hazırlanmış) eklenmesiyle başlatılmıştır. NBT'nin O_2^- ile indirgenmesinden dolayı absorbansındaki değişim 560 nm de bir spektrofotometre yardımıyla ölçülmüştür. NBT indirgenmesini %50 düşüren enzim çözeltisi konsantrasyonu, IC_{50} olarak kaydedilmiştir.

3.3.13. Lipid peroksidasyon (MDA)

Hücre zarlarının hasar görmesi olarak adlandırılabilir lipit peroksidasyonun bir ürünü olan malondialdehit (MDA) miktarı, Madhave ve Sresty (2000)'e göre yapılmıştır. Bu amaçla 200 mg yaprak örneği üzerine 5 ml %0.1 trikloroasetik asit ilave edilmiş, elde edilen karışım 12500 rpm devir hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen 5 ml örneklerden 3 ml supernatant alınmış ve üzerine %20 trikloroasetik asit içeren 3 ml %0.1 tiobarbitirik asit eklenmiştir. Elde edilen bu karışım 95°C'deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Reaksiyon buz banyosunda sonlandırılmış ve ardından spektrofotometrede A532 ve A600 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür.

$$MDA=(A523-A600) \times \text{ekstrakt hacmi (ml)} / 155 \text{mM/cm} \times \text{örnek miktarı (mg)}$$

3.4. Denemede Kullanılan İstatistiksel Analizler

Denemeler 3 yinelemeli ve her yinelemede, çoğaltma aşamasında 10 kavanoz ve her kavanoz için 2 eksplant kullanılmıştır. Denemeler, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre planlanmış ve ortalamaların karşılaştırılmasında 'LSD₅ Testi' kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sürgün Sayısı (adet/eksplant)

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının eksplant başına düşen ortalama sürgün sayısı üzerine etkileri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının eksplant başına düşen ortalama sürgün sayısı üzerine etkileri (adet/eksplant)

Tuzluluk Uygulamaları	Poliamin uygulamaları	Sürgün Sayısı (adet/eksplant)			
		Birinci alt kültür	İkinci alt kültür	Üçüncü alt kültür	Ortalama
Kontrol	0 mg/l	2.00	5.67 a	9.00 ab	5.56 a
	0.5 mg/l putresin	1.33	3.00 b	7.00 bc	3.77 b
	1.0 mg/l putresin	1.33	3.00 b	5.33 c	3.22 b
	0.5 mg/l spermin	2.67	5.67 a	9.67 a	6.00 a
	1.0 mg/l spermin	2.67	5.67 a	10.33 a	6.22 a
	LSD %5	ÖD	1.787	2.545	1.288
% 0.4 NaCl	0 mg/l	1.00	1.67 b	1.33 c	1.33 d
	0.5 mg/l putresin	1.00	2.00 b	3.00 b	2.00 c
	1.0 mg/l putresin	1.67	2.67 a	3.33 b	2.57 bc
	0.5 mg/l spermin	1.33	2.00 b	5.00 a	2.78 b
	1.0 mg/l spermin	1.67	3.00 a	5.67 a	3.45 a
	LSD %5	ÖD	0.595	1.498	0.606
% 0.8 NaCl	0 mg/l	1.00 c	1.67 b	1.33 c	1.33 d
	0.5 mg/l putresin	1.33 bc	2.33 b	2.00 bc	1.89 cd
	1.0 mg/l putresin	1.67 abc	2.33 b	2.66 abc	2.22 bc
	0.5 mg/l spermin	2.33 ab	3.33 a	3.33 ab	3.00 ab
	1.0 mg/l spermin	2.67 a	3.33 a	3.67 a	3.22 a
	LSD %5	1.087	0.972	1.375	0.838

Kontrol uygulamalarında, poliamin uygulamalarının birinci alt kültürde eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İkinci alt kültürde ise poliamin uygulamalarının sürgün sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Nitekim en yüksek sürgün sayısı 5.67 adet/eksplant ile 0 mg/l spermin, 0.5 mg/l spermin ve 1.0 mg/l spermin uygulamalarında belirlenmiştir. En düşük sürgün sayısı ise 0.5 mg/l putresin ve 1.0 mg/l putresin uygulamalarında saptanmıştır. Üçüncü alt kültürde en yüksek sürgün sayısı 1.0 mg/l spermin uygulamasında (10.33 adet/eksplant) kaydedilmiştir. Her üç alt kültürün ortalaması olarak incelendiğinde, en yüksek sürgün sayısı 6.22 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin belirlenmiştir. Ayrıca 0.5 mg/l spermin ve kontrol uygulaması da aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük sürgün sayısı ise 3.22 adet/eksplant ile 1.0 mg/l putresin uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Orta düzey (%0.4 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında, poliamin uygulamalarının eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkisi Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, birinci alt kültüre bakıldığında, poliamin uygulamalarının eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İkinci alt kültürde ise poliamin uygulamalarının sürgün sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve en yüksek sürgün sayısı 3.00 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin ve 2.67 adet/eksplant ile 1.0 mg/l putresin uygulamasında belirlenmiştir. Üçüncü alt kültürde ise en yüksek sürgün sayısı 5.67 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin ile 5.00 adet/eksplant ile 0.5 mg/l spermin uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.1). Her üç alt kültürün ortalaması incelendiğinde, en yüksek sürgün sayısının 3.45 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında olduğu görülmüştür. Nitekim en düşük sürgün sayısının 1.33 adet/eksplant ile kontrol uygulamasında olduğu da saptanmıştır (Çizelge 4.1).

Yüksek düzey (%0.8 NaCl) konsantrasyonundaki tuzluluk uygulamasında, poliamin uygulamalarının eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkisi de Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere, birinci alt kültürde poliamin uygulamalarının eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek sürgün sayısı 2.67 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında belirlenmiştir. İkinci alt kültüre bakıldığında ise en yüksek sürgün sayısının 3.33 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin ve 0.5 mg/l spermin uygulamasında olduğu görülmüştür. Üçüncü alt kültürde ise en yüksek sürgün sayısının 3.67 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında olduğu kaydedilmiştir (Çizelge 4.1). Her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında ise en yüksek sürgün sayısı 3.22 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında olduğu görülürken en düşük sürgün sayısının 1.33 adet/eksplant ile kontrol uygulamasında olduğu da belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Festival çilek çeşidinde, farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlere göre eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkileri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi, tuzluluk uygulamalarının eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine istatistiksel olarak etkisi gerek birinci alt kültürde, gerek ikinci alt kültürde ve gerekse üçüncü alt kültürde önemli bulunmuştur. Nitekim birinci alt kültürde en yüksek sürgün sayısı 2.00 adet/eksplant kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.2). İkinci alt kültürde ise en yüksek sürgün sayısı 4.60 adet/eksplant ile kontrol uygulamasında gözlenirken, üçüncü alt kültürde de aynı şekilde en yüksek sürgün sayısının 8.27 adet/eksplant ile kontrol uygulamasında olduğu saptanmıştır. Her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında ise en yüksek sürgün sayısının 4.95 adet/eksplant ile kontrol uygulamasında olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.2).

Poliamin uygulamalarının eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkileri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Her üç alt kültürde de poliamin uygulamalarının eksplant başına düşen sürgün sayısı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Birinci alt kültürde en yüksek sürgün sayısı 2.33 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında belirlenmiştir. İkinci alt kültürde de buna paralel olarak en yüksek sürgün sayısının 4.00 adet/eksplant ile 1.0 mg/spermin uygulamasında olduğu görülmüştür. Üçüncü alt

kültürde ise en yüksek sürgün sayısının 6.56 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında ve 6.00 adet/eksplant ile 0.5 mg/l spermin uygulamasında olduğu görülmüştür. Üç alt kültürün uygulamasına bakıldığında en yüksek sürgün sayısının 4.30 adet/eksplant ile 1.0 mg/l spermin uygulaması ve 3.93 adet/eksplant ile 0.5 mg/l spermin uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Festival çilek çeşidinde, farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkileri (adet/eksplant)

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Birinci alt kültür				
0 mg/l	2.00 ABC	1.00 D	1.00 D	1.33 c
0.5 mg/l putresin	1.33 CD	1.00 D	1.33 CD	1.22 c
1.0 mg/l putresin	1.33 CD	1.67 BCD	1.67 BCD	1.56 bc
0.5 mg/l spermin	2.67 A	1.33 CD	2.33 AB	2.11 ab
1.0 mg/l spermin	2.67 A	1.67 BCD	2.67 A	2.33 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	2.00 a	1.33 b	1.80 a	
LSD %5 tuz kons.:0.416; LSD %5 poliamin uyg.:0.723; LSD %5 tuz x poliamin: 0.930				
İkinci alt kültür				
0 mg/l	5.67 A	1.67 D	1.67 D	3.00 bc
0.5 mg/l putresin	3.00 BC	2.00 CD	2.33 BCD	2.44 c
1.0 mg/l putresin	3.00 BC	2.67 BCD	2.33 BCD	2.67 c
0.5 mg/l spermin	5.67 A	2.00 CD	3.33 B	3.67 ab
1.0 mg/l spermin	5.67 A	3.00 BC	3.33 B	4.00 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	4.60 a	2.27 b	2.60 b	
LSD %5 tuz kons.:0.556; LSD %5 poliamin uyg.:0.966; LSD %5 tuz x poliamin: 1.243				
Üçüncü alt kültür				
0 mg/l	9.00 A	1.33 G	1.33 G	3.89 b
0.5 mg/l putresin	7.00 B	3.00 EF	2.00 FG	4.00 b
1.0 mg/l putresin	5.33 C	3.33 EF	2.67 EFG	3.78 b
0.5 mg/l spermin	9.67 A	5.00 CD	3.33 EF	6.00 a
1.0 mg/l spermin	10.33 A	5.67 BC	3.67 DE	6.56 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	8.27 a	3.67 b	2.60 c	
LSD %5 tuz kons.:0.729; LSD %5 poliamin uyg.:1.267; LSD %5 tuz x poliamin: 1.630				
Alt kültür ortalaması				
0 mg/l	5.56 A	1.33 H	1.33 H	2.74 b
0.5 mg/l putresin	3.78 B	2.00 FGH	1.89 GH	2.55 b
1.0 mg/l putresin	3.22 BCD	2.56 DEFG	2.23 EFG	2.67 b
0.5 mg/l spermin	6.00 A	2.78 CDEF	3.00 BCDE	3.93 a
1.0 mg/l spermin	6.23 A	3.46 BC	3.22 BCD	4.30 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	4.95 a	2.42 b	2.33 b	
LSD %5 tuz kons.: 0.521; LSD %5 poliamin uyg.: 0.499; LSD %5 tuz x poliamin: 0.865				

Tuzluluk x poliamin interaksiyonlarının sürgün sayısı üzerine etkileri de Çizelge 4.2'de verilmiştir. Birinci alt kültürde, en yüksek sürgün sayısı kontrol x 0.5 mg/l spermin ve kontrol x 1.0 mg/l spermin uygulamalarında belirlenmiştir. En düşük ise %0.4 NaCl x 0.5 mg/l putresin ve %0.4 NaCl x 0 mg/l putresin uygulamalarında kaydedilmiştir. Diğer uygulamalar ara istatistiksel grup içerisinde kalmıştır (Çizelge 4.2). İkinci alt kültürde ise en yüksek sürgün sayısı kontrol x 0 mg/l putresin, kontrol x 0.5 mg/l spermin ve kontrol x 1.0 mg/l spermin uygulamalarında kaydedilmiştir. Üçüncü alt kültürde ise en yüksek sürgün sayısı kontrol x 0 mg/l putresin, kontrol x 0.5 mg/l spermin ve kontrol x 1.0 mg/l spermin uygulamalarında belirlenmiştir. Nitekim her üç alt kültürün ortalamasına bakıldığında ise en yüksek sürgün sayısı kontrol x 0 mg/l putresin, kontrol x 0.5 mg/l spermin ve kontrol x 1.0 mg/l spermin uygulamalarında saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Araştırma bulgularımız, herhangi bir tuz uygulaması yapılmayan (kontrol) *in vitro* koşullarında spermin uygulamalarının denenen her iki konsantrasyonunda da eksplant başına düşen sürgün sayısını artırdığını gösterirken, aynı etki putresin uygulamasında görülmemiştir. Dolayısıyla stressiz *in vitro* ortamda poliamin kaynaklarına göre etki farklılık göstermiştir. Bulgularımız, Guo ve Shen, (2018) bulguları ile uyumlu bulunmuştur. Nitekim araştırmacılar, çileklerin *in vivo* şartlarda yetiştiriciliğinde, putresinin meyve rengi oluşumunu azaltırken, sperminin meyvede daha kırmızı renk oluşumunu teşvik ettiğini belirtmişlerdir.

Bulgularımız, orta ve yüksek tuzluluk düzeyleri bakımından ayrı ayrı değerlendirildiğinde, her iki tuzluluk seviyesinde de denenen tüm konsantrasyonlar (0.5 mg/l ve 1.0 mg/l), kontrole göre sürgün sayısını yükseltmiştir. En yüksek değerler ise özellikle 1.0 mg/l spermin uygulamasında göze çarpmaktadır. Dolayısıyla bulgularımız, putresin ve spermin uygulamalarının, stres şartlarında sürgün sayısının baskılayıcı etkisini yok ettiğini göstermiştir. Bulgularımız, Ekinci ve ark. (2019) ile uyum göstermiştir. Nitekim Ekinci ve ark. (2019), sera şartlarında tuz stresi (0, 50 ve 100 mM NaCl konsantrasyonları) altında yetiştirilen biber fidelerine poliamin (putresin, spermin ve spermidin) uygulamalarının tuz stresi altında incelenen parametreleri iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Benzer olarak bulgularımız Pradhan ve ark. (2020) ile de uyumlu bulunmuştur. Nitekim araştırmacılar, *in vitro* kuraklık koşullarında (%0, %5, %10 ve %15 PEG6000) kültür edilen *Stevia rebaudiana* bitkisinde, SNP (50, 100, 250 ve 500 µM) ve putresin (0.05, 0.1, 0.3 ve 0.5 mM) uygulamalarının, *in vitro* sürgün sayısını, sürgün uzunluğunu (cm), yaprak sayısını, kök sayısını, kök uzunluğunu (cm) ve hayatta kalma yüzdesini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

4.2. Sürgün Boyu (cm)

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkileri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Her bir tuzluluk uygulamaları ayrı ayrı incelendiğinde, kontrol uygulamalarında, poliamin uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi birinci alt kültürde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İkinci alt kültürde ise en yüksek sürgün boyu 2.33 cm ile 0.5 mg/l spermin uygulamasında belirlenmiştir. Üçüncü alt kültürde ise poliamin uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında ise en yüksek sürgün boyu 1.94 cm ile 1.0 mg/l putresin uygulaması ile 1.91 cm ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkileri

Tuzluluk Uygulamaları	Poliamin uygulamaları	Sürgün Boyu (cm)			Ortalama
		Birinci alt kültür	İkinci alt kültür	Üçüncü alt kültür	
Kontrol	0 mg/l	0.83	1.16 b	2.66	1.55 ba
	0.5 mg/l putresin	0.76	1.16 b	2.33	1.4 b
	1.0 mg/l putresin	0.83	2.16 ba	2.83	1.94 a
	0.5 mg/l spermin	0.80	2.33 a	2.26	1.80 ba
	1.0 mg/l spermin	0.93	2.06 ba	2.73	1.91 a
	LSD %5	ÖD	1.018	ÖD	0.408
% 0.4 NaCl	0 mg/l	0.40	0.46 b	0.63 c	0.50 c
	0.5 mg/l putresin	0.63	0.66 b	2.00 a	1.10 b
	1.0 mg/l putresin	0.53	0.93 ba	1.93 a	1.13 b
	0.5 mg/l spermin	0.66	1.40 a	2.10 a	1.38 a
	1.0 mg/l spermin	0.73	1.56 a	1.63 b	1.31 ba
	LSD %5	ÖD	0.706	0.238	0.237
% 0.8 NaCl	0 mg/l	0.26 b	0.36 b	0.33 b	0.32 b
	0.5 mg/l putresin	0.93 a	0.83 ba	1.60 a	1.12 a
	1.0 mg/l putresin	0.80 a	0.93 ba	2.00 a	1.24 a
	0.5 mg/l spermin	0.86 a	1.23 ba	1.86 a	1.32 a
	1.0 mg/l spermin	0.83 a	1.43 a	1.63 a	1.30 a
	LSD %5	0.411	0.899	0.438	0.284

Orta düzey (%0.4 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında birinci alt kültürde poliamin uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken ikinci alt kültürde en yüksek sürgün boyu 1.56 cm ile 1.0 mg/l spermin ve 1.40 cm ile 0.5 mg/l spermin uygulamalarında kaydedilmiştir. Nitekim üçüncü alt kültürde ise en düşük sürgün boyunun 0.63 cm ile kontrol grubunda olduğu da gözlenmiştir (Çizelge 4.3). Üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında en yüksek sürgün boyunun 1.38 cm ile 0.5 mg/l spermin uygulamasında olduğu ve en düşük

sürgün boyunun ise 0.50 cm ile kontrol uygulamasında olduğu kaydedilmiştir (Çizelge 4.3).

Yüksek düzey (%0.8) konsantrasyonunda NaCl uygulamasında her üç alt kültürde de poliamin uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve birinci alt kültürde en yüksek sürgün boyları 0.5 mg/l putresin, 1.0 mg/l putresin, 0.5 mg/l spermin, 1.0 mg/l spermin uygulamalarında bulunurken ikinci alt kültürde ise en yüksek sürgün boyunun 1.0 mg/l spermin uygulamasında olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3). Üçüncü alt kültürde en düşük sürgün boyunun ise kontrol uygulamasında olduğu kaydedilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü üzere, her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında en yüksek sürgün boyları 0.5 mg/l putresin, 1.0 mg/l putresin, 0.5 mg/l spermin, 1.0 mg/l spermin uygulamalarında belirlenmiştir.

Festival çilek çeşidinde, farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürler için sürgün boyu üzerine etkileri Çizelge 4.4 'te verilmiştir. Tuzluluk uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi birinci alt kültürde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu çizelgeye göre ikinci ve üçüncü alt kültürlerde farklı tuzluluk uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, ikinci alt kültürde en yüksek sürgün boyu 1.78 cm ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Üçüncü alt kültürde de aynı şekilde en yüksek sürgün boyu 2.57 cm ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Nitekim her üç alt kültürün ortalamasına bakıldığında, en düşük sürgün boyları % 0.4 NaCl ve % 0.8 NaCl uygulamalarında kaydedilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Festival çilek çeşidinde farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürler için sürgün boyu üzerine etkileri (cm)

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Birinci alt kültür				
0 mg/l	0.83 A	0.40 AB	0.26 AB	0.50 b
0.5 mg/l putresin	0.76 AB	0.63 AB	0.93 A	0.77 ab
1.0 mg/l putresin	0.83 A	0.53 AB	0.80 AB	0.72 ab
0.5 mg/l spermin	0.80 AB	0.66 AB	0.86 A	0.77 ab
1.0 mg/l spermin	0.93 A	0.73 AB	0.83 A	0.83 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	0.83	0.59	0.74	
LSD %5 tuz kons.: Ö.D; LSD %5 poliamin uyg.: 0.312; LSD %5 tuz x poliamin: 0.540				
İkinci alt kültür				
0 mg/l	1.16 BCDE	0.46 DE	0.36 E	0.66 c
0.5 mg/l putresin	1.16 BCDE	0.66 DE	0.83 DE	0.88 bc
1.0 mg/l putresin	2.16 AB	0.93 CDE	0.93 CDE	1.34 ab
0.5 mg/l spermin	2.33 A	1.40 ABCDE	1.23 ABCDE	1.65 a
1.0 mg/l spermin	2.06 ABC	1.56 ABCD	1.43 ABCDE	1.68 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	1.78 a	1.00 b	0.96 b	
LSD %5 tuz kons.: 0.511; LSD %5 poliamin uyg.:0.659; LSD %5 tuz x poliamin: 1.143				

(Devamı arkada)

Çizelge 4.4'ün devamı

Üçüncü alt kültür				
0 mg/l	2.66 AB	0.63 F	0.33 F	1.21 b
0.5 mg/l putresin	2.33 ABC	2.00 CDE	1.60 E	1.97 a
1.0 mg/l putresin	2.83 A	1.93 CDE	2.00 CDE	2.25 a
0.5 mg/l spermin	2.26 ABCD	2.10 BCDE	1.86 CDE	2.07 a
1.0 mg/l spermin	2.73 AB	1.63 DE	1.63 DE	2.00 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	2.57 a	1.66 b	1.48 b	
LSD %5 tuz kons.:0.284; LSD %5 poliamin uyg.:0.366; LSD %5 tuz x poliamin: 0.634				
Alt kültür ortalaması				
0 mg/l	1.55 BC	0.50 E	0.32 E	0.79 c
0.5 mg/l putresin	1.42 DC	1.10 D	1.12 D	1.21 b
1.0 mg/l putresin	1.94 A	1.13 D	1.24 CD	1.44 a
0.5 mg/l spermin	1.80 AB	1.38 CD	1.32 CD	1.50 a
1.0 mg/l spermin	1.91 AB	1.31 CD	1.30 CD	1.50 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	1.73 a	1.09 b	1.06 b	
LSD %5 tuz kons.: 0.168; LSD %5 poliamin uyg.: 0.216; LSD %5 tuz x poliamin: 0.375				

Değişik poliamin uygulamalarının Festival çilek çeşidinde sürgün boyuna etkisi her üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Birinci alt kültürde en yüksek sürgün boyu 0.83 cm ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında belirlenmiştir. Çizelge 4.4' te belirtildiği üzere ikinci alt kültürde en yüksek sürgün boyları 1.68 cm ile 1.0 mg/l spermin ve 1.65 cm ile 0.5 mg/l spermin uygulamalarında gözlenmiştir. Her üç alt kültürün ortalamasına bakıldığında ise en yüksek sürgün boyları 1.0 mg/l putresin, 0.5 mg/l spermin ve 1.0 mg/l spermin uygulamalarında saptanmıştır.

Tuzluluk x poliamin interaksiyonlarının sürgün boyu üzerine etkileri de Çizelge 4.4'de verilmiştir. Birinci alt kültürde en yüksek sürgün boyları kontrol x 0 mg/l putresin, kontrol x 1.0 mg/l putresin, kontrol x 1.0 mg/l spermin, % 0.8 NaCl x 0.5 mg/l putresin, % 0.8 NaCl x 0.5 mg/l spermin ve % 0.8 NaCl x 1.0 mg/l spermin uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.4). İkinci alt kültürde ise en yüksek sürgün boyu 2.33 cm ile kontrol x 0.5 mg/l spermin uygulamasında gözlenmiştir. Çizelgeye bakıldığında üçüncü alt kültürde en yüksek sürgün boyu 2.83 cm ile kontrol x 1.0 mg/l putresin uygulanmasında belirlenmiştir. Nitekim her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında en yüksek sürgün boyunun 1.94 cm ile kontrol x 1.0 mg/l putresin uygulaması olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4).

Araştırma bulgularımız, stressiz *in vitro* şartlarda, yüksek konsantrasyonda poliamin uygulamalarının kontrole göre, sürgün boyunu uzattığını göstermiştir. Nitekim 1 mg/l putresin ve 1 mg/l spermin sürgün boyu bakımından ön plana çıkmıştır. Ayrıca gerek orta düzey tuzlulukta (%0.4 NaCl) ve gerekse yüksek düzey (%0.8 NaCl) tuzlulukta denenen tüm poliamin uygulamaları, kontrole göre tuzluluk zararının sürgün boyu üzerine etkisini baskılamıştır. Bulgularımız, ile de uyumlu bulunmuştur. Nitekim Pradhan ve ark. (2020) *in vitro* kuraklık koşullarında (%0, %5, %10 ve %15 PEG6000)

kültür edilen *Stevia rebaudiana* bitkisinde, SNP (50, 100, 250 ve 500 μ M) ve putresin (0.05, 0.1, 0.3 ve 0.5 mM) uygulamalarının, *in vitro* sürgün sayısını ile birlikte sürgün uzunluğunu da artırmıştır. Benzer olarak, Ali vd., (2017), *in vivo* şartlarda putresin uygulaması (0, 1.5 ve 3 mM) yapılan çileklerde, kök uzunluğu üzerine etkide bulunmazken, putresinin bitkilerde tuz stresinin neden olduğu olumsuz etkilerin azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca Marcondes ve ark. (2009), zerdeçal bitkisinde poliamin uygulamasının organogenesis üzerine etkilerine araştırdıkları çalışma sonucunda, poliamin ilavesinin kallus kök ve yaprakların oluşumunu artırdığı görülmüştür.

4.3. Sürgün Çoğalma Oranı (%)

Festival çilek çeşidinde, tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün çoğalma oranı üzerine etkileri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Kontrol uygulamaları sürgün çoğalma oranı üzerine etkisi gerek birinci alt kültürde gerek ikinci alt kültürde gerekse üçüncü alt kültürde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Orta düzey (%0.4 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi her üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Her üç alt kültürün ortalamasına bakıldığında ise değerler 33.33 ile 42.22 arasında değişim göstermiştir. Aynı şekilde yüksek tuzluluk düzeyi (%0.8 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi her üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ve her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında değerler 20.00 ile 28.89 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün çoğalma oranı üzerine etkileri

Tuzluluk Uygulamaları	Poliamin uygulamaları	Sürgün Çoğalma Oranı (%)			Ortalama
		Birinci alt kültür	İkinci alt kültür	Üçüncü alt kültür	
Kontrol	0 mg/l	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)
	0.5 mg/l putresin	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)
	1.0 mg/l putresin	93.33 (4.5308)	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)	97.77 (4.5822)
	0.5 mg/l spermin	93.33 (4.5308)	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)	97.77 (4.5822)
	1.0 mg/l spermin	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)	100.00 (4.6052)
	LSD %5	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

(Devamı arkada)

Çizelge 4.5'in devamı

% 0.4 NaCl	0 mg/l	40.00 (3.6889)	33.33 (3.5066)	26.66 (3.2268)	33.33 (3.5066)
	0.5 mg/l putresin	46.67 (3.8431)	40.00 (3.6889)	26.66 (3.2268)	37.77 (3.6315)
	1.0 mg/l putresin	46.67 (3.8431)	33.33 (3.5066)	33.33 (3.5066)	37.77 (3.6315)
	0.5 mg/l spermin	46.67 (3.8431)	33.33 (3.5066)	26.66 (3.2268)	35.55 (3.5709)
	1.0 mg/l spermin	53.33 (3.7313)	33.33 (3.5066)	33.33 (3.5066)	42.22 (3.7428)
	LSD %5	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
% 0.8 NaCl	0 mg/l	20.00 (3.6889)	20.00 (3.6889)	20.00 (3.6889)	20.00 (3.6889)
	0.5 mg/l putresin	26.66 (3.2268)	26.66 (3.2268)	20.00 (2.9957)	24.44 (3.1876)
	1.0 mg/l putresin	33.33 (3.5066)	26.66 (3.2268)	26.66 (3.2268)	28.89 (3.3227)
	0.5 mg/l spermin	33.33 (3.5066)	20.00 (3.6889)	26.66 (3.2268)	26.66 (3.2268)
	1.0 mg/l spermin	33.33 (3.5066)	26.66 (3.2268)	26.66 (3.2268)	28.89 (3.3227)
	LSD %5	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

Festival çilek çeşidinde farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürle göre sürgün çoğalma oranı üzerine etkileri Çizelge 4.6' da verilmiştir. Tuzluluk uygulamalarının sürgün çoğalma oranı üzerine etkisi her üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6). Birinci alt kültürde en yüksek çoğalma oranı %97.33 ile kontrol grubunda gözlenmiştir. İkinci alt kültürde ise en yüksek çoğalma oranı %100 ile yine kontrol grubunda olmuştur. Üçüncü alt kültürde de aynı şekilde en yüksek çoğalma oranı %100 ile kontrol uygulamasında olmuştur. Bu çizelgede görüldüğü gibi her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında, en yüksek sürgün çoğalma oranı kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6'ya göre değişik poliamin uygulamalarının Festival çilek çeşidinde sürgün çoğalma oranı etkisi her üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ve değerler 48.88 ile 62.22 arasında değişim göstermiştir.

Tuzluluk x poliamin interaksiyonlarının sürgün çoğalma oranı üzerine etkileri de Çizelge 4.6'da verilmiştir. Birinci alt kültürde en yüksek çoğalma oranları kontrol x 0 mg/l putresin, kontrol x 0.5 mg/l putresin, kontrol x 1.0 mg/l putresin, kontrol x 0.5 mg/l spermin, kontrol x 1.0 mg/l spermin uygulamalarında saptanmıştır. İkinci alt kültürde ise en yüksek çoğalma oranı %100 olarak belirlenmiş olup bu gruplar; Kontrol x 0 mg/l putresin, kontrol x 0.5 mg/l putresin, kontrol x 1.0 mg/l putresin, kontrol x 0.5 mg/l spermin, kontrol x 1.0 mg/l spermin uygulamaları olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.6). Üçüncü alt kültür sonuçlarının da ikinci alt kültür sonuçlarına paralel olduğu

görülmüştür. Nitekim her üç alt kültürün ortalamasına bakıldığında en yüksek sürgün çoğalma oranının %100 ile %97.77 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Festival çilek çeşidinde farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre sürgün çoğalma oranı üzerine etkileri (cm)

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Birinci alt kültür				
0 mg/l	100.00 A (4.6052)	40.00 BCD (3.5930)	20.00 D (2.9957)	53.33 (3.7313)
0.5 mg/l putresin	100.00 A (4.6052)	46.66 BC (3.8240)	26.66 CD (3.2268)	57.77 (3.8853)
1.0 mg/l putresin	93.33 A (4.5308)	46.66 BC (3.8240)	33.33 BCD (3.4578)	57.77 (3.9376)
0.5 mg/l spermin	93.33 A (4.5308)	46.66 BC (3.8240)	33.33 BCD (3.4578)	57.77 (3.9376)
1.0 mg/l spermin	100.00 A (4.6052)	53.33 B (3.9592)	33.33 BCD (3.4578)	62.22 (4.0074)
Tuz konsantrasyonları ortalaması	97.33 a (4.575)*	46.67 b (3.8049)	29.33 c (3.3192)	
LSD %5 tuz kons.: 10.794 (0.2111); LSD %5 poliamin uyg.: Ö.D; LSD %5 tuz x poliamin: 24.137 (0.472)				
İkinci alt kültür				
0 mg/l	100.00 A (4.6052)	33.33 B (3.3619)	20.00 B (2.9957)	51.11 (3.6543)
0.5 mg/l putresin	100.00 A (4.6052)	40.00 B (3.6889)	26.66 B (3.2268)	55.55 (3.8403)
1.0 mg/l putresin	100.00 A (4.6052)	33.33 B (3.4578)	26.66 B (3.2268)	53.33 (3.7633)
0.5 mg/l spermin	100.00 A (4.6052)	33.33 B (3.4578)	20.00 B (2.9957)	51.1 (3.6862)
1.0 mg/l spermin	100.00 A (4.6052)	40.00 B (3.6889)	26.66 B (3.2268)	55.55 (3.8083)
Tuz konsantrasyonları ortalaması	100.00 a (4.6052)*	36.00 b (3.5119)	24.00 c (3.1344)	
LSD %5 tuz kons.: 10.371 (0.2367); LSD %5 poliamin uyg.: Ö.D.; LSD %5 tuz x poliamin: 23.190 (0.5294)				

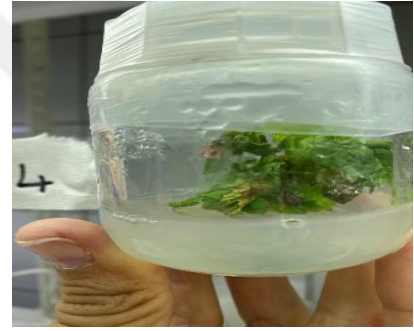
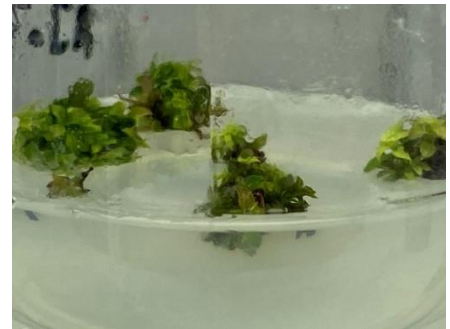
(Devamı arkada)

Çizelge 4.6'nın devamı

Üçüncü alt kültür				
0 mg/l	100.00 A (4.6052)	26.66 B (3.2268)	20.00 B (2.9957)	48.88 (3.6092)
0.5 mg/l putresin	100.00 A (4.6052)	26.66 B (3.2268)	20.00 B (2.9957)	48.88 (3.6092)
1.0 mg/l putresin	100.00 A (4.6052)	33.33 B (3.4578)	26.66 B (3.2268)	53.33 (3.7633)
0.5 mg/l spermin	100.00 A (4.6052)	26.66 B (3.2268)	26.66 B (3.2268)	51.11 (3.6862)
1.0 mg/l spermin	100.00 A (4.6052)	33.33 B (3.4578)	26.66 B (3.2268)	53.33 (3.7633)
Tuz konsantrasyonları ortalaması	100.00 a (4.6052)*	29.33 b (3.3192)	24.00 b (3.1344)	
LSD %5 tuz kons.: 8.467 (0.2179) LSD %5 poliamin uyg.: Ö.D.; LSD %5 tuz x poliamin: 18.935 (0.4873)				
Alt kültür ortalaması				
0 mg/l	100.00 A (4.6052)	33.33 BCD (3.4186)	20.00 E (2.9957)	51.11 (3.6732)*
0.5 mg/l putresin	100.00 A (4.6052)	37.77 BC (3.6281)	24.44 DE (3.1876)	54.07 (3.8069)
1.0 mg/l putresin	97.77 A (4.5822)	37.77 BC (3.6281)	28.89 CDE (3.3227)	54.81 (3.8443)
0.5 mg/l spermin	97.77 A (4.5822)	35.55 BCD (3.5673)	26.66 CDE (3.2619)	53.33 (3.8038)
1.0 mg/l spermin	100.00 A (4.6052)	42.22 B (3.7239)	28.89 CDE (3.3227)	57.03 (3.8839)
Tuz konsantrasyonları ortalaması	99.11 a (4.5959)*	37.33 b (3.59319)	25.77 c (3.21814)	
LSD %5 tuz kons.: 5.292 (0.1591); LSD %5 poliamin uyg.: Ö.D.; LSD %5 tuz x poliamin: 11.834 (0.3557)				

*logaritmik transformasyon verileridir.

Araştırma bulgularımızda, gerek stres uygulanmayan kontrol şartlarında ve gerekse her iki düzey tuzluluk şartlarında poliamin uygulamalarının sürgün çoğalması üzerine önemli etkilerinin bulunmadığını göstermiştir. Araştırmada sadece NaCl konsantrasyonlarının %0'dan %0.8'e artırılmasıyla çoğalma oranı önemli derecede düşüş göstermiştir. Bulgularımız ile direkt ilgili bir çalışmaya rastlanılmamış olup, Kamiab ve ark. (2014) ile kısmen uyumlu bulunmuştur. Nitekim Kamiab ve ark. (2014), antep fıstığı fidanlarına 25, 50, 100 ve 150 mM NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ uygulamalarında, fidanların büyüme özelliklerinin önemli düzeyde azaldığı belirtilmiştir.

**a.****b.****c.****d.****e.****f.****g.****h.**

Şekil 4.1. a) %0 NaCl konsantrasyonunda, 0 mg/l poliamin uygulamasında ikinci alt kültürde; b) %0 NaCl konsantrasyonunda, 0 mg/l poliamin uygulamasında üçüncü alt kültürde; c) %0 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l putresin uygulamasında ikinci alt kültürde; d) %0 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l putresin uygulamasında üçüncü alt kültürde; e) %0 NaCl konsantrasyonunda, 1 mg/l putresin uygulamasında ikinci alt

kültürde; **f)** %0 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l spermin uygulamasında ikinci alt kültürde; **g)** %0 NaCl konsantrasyonunda, 1 mg/l spermin birinci alt kültürde; **h)** %0 NaCl konsantrasyonunda, 1 mg/l spermin ikinci alt kültürde gelişen eksplantların genel görünümü.

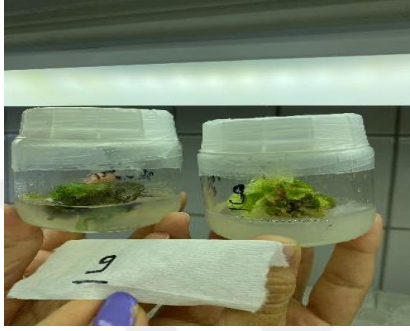




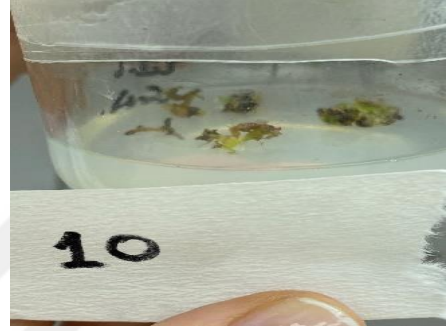
a.



b.



c.



d.



e.



f.



g.



h.

Şekil 3.2. a) %0.4 NaCl konsantrasyonunda, 0 mg/l poliamin uygulamasında birinci alt kültürde; b) %0.4 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l putresin uygulamasında birinci alt kültürde; c) %0.4 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l spermin uygulamasında ikinci alt kültürde; d) %0.4 NaCl konsantrasyonunda, 1.0 mg/l spermin uygulamasında birinci alt kültürde; e) %0.8 NaCl konsantrasyonunda, 0 mg/l poliamin uygulamasında birinci alt

kültürde; **f)** %0.8 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l putresin uygulamasında birinci alt kültürde; **g)** %0.8 NaCl konsantrasyonunda, 0.5 mg/l spermin uygulamasında birinci alt kültürde; **h)** %0.8 NaCl konsantrasyonunda, 1.0 mg/l spermin uygulamasında ikinci alt kültürde gelişen eksplantların genel görünümü.

4.4. Solgunluk Skalası

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının solgunluk skalası üzerine etkileri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Kontrol uygulamalarında, poliamin uygulamalarının solgunluk skalası üzerinde etkisi gerek birinci alt kültür, gerek ikinci alt kültür ve gerekse üçüncü alt kültürde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.7. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının solgunluk skalası üzerine etkileri

Tuzluluk Uygulamaları	Poliamin uygulamaları	Solgunluk Skalası			
		Birinci alt kültür	İkinci alt kültür	Üçüncü alt kültür	Ortalama
Kontrol	0 mg/l	5.0	5.0	5.0	5.0
	0.5 mg/l putresin	5.0	5.0	5.0	5.0
	1.0 mg/l putresin	5.0	5.0	5.0	5.0
	0.5 mg/l spermin	5.0	5.0	5.0	5.0
	1.0 mg/l spermin	5.0	5.0	5.0	5.0
	LSD %5	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
% 0.4 NaCl	0 mg/l	1.66 b	1.33 c	1.00 d	1.33 d
	0.5 mg/l putresin	2.66 a	2.33 bc	2.00 c	2.33 c
	1.0 mg/l putresin	2.66 a	2.66 ab	2.66 b	2.66 bc
	0.5 mg/l spermin	3.00 a	3.00 ab	3.00 ab	3.00 ab
	1.0 mg/l spermin	3.33 a	3.66 a	3.33 a	3.4433 a
	LSD %5	0.876	1.002	0.643	0.617
% 0.8 NaCl	0 mg/l	1.00 c	1.00 c	1.00 b	1.00 c
	0.5 mg/l putresin	1.33 bc	1.00 c	1.00 b	1.11 c
	1.0 mg/l putresin	1.66 abc	1.66 b	2.00 a	1.77 b
	0.5 mg/l spermin	2.00 ab	2.00 b	2.33 a	2.11 ab
	1.0 mg/l spermin	2.33 a	2.66 a	2.33 a	2.44 a
	LSD %5	0.806	0.595	0.595	0.451

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının solgunluk skalası üzerine etkileri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Kontrol uygulamalarında, poliamin uygulamalarının solgunluk skalası üzerinde etkisi gerek birinci alt kültür, gerek ikinci alt kültür ve gerekse üçüncü alt kültürde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Orta düzey (%0.4 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında her üç alt kültür seviyesinde de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Birinci alt kültürde en düşük solgunluk skalası 1.66 ile kontrol uygulamasında belirlenirken, ikinci alt kültürde en yüksek solgunluk skalası 3.66 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında belirlenmiştir. Üçüncü alt kültürde de aynı şekilde en yüksek solgunluk skalası 3.33 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında kaydedilmiştir. Çizelge 4.7’ye göre her üç alt kültürün ortalamalarına bakıldığında en yüksek solgunluk skalası 3.44 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında saptanmıştır.

Yüksek düzey (%0.8 NaCl) tuzluluk uygulamasında her üç alt kültür seviyesinde de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu çizelgede görüldüğü gibi, birinci alt kültürde en yüksek solgunluk skalası 2.33 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında saptanmıştır. Buna paralel olarak ikinci alt kültürde de en yüksek solgunluk skalası 2.66 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında kaydedilmiştir. Üçüncü alt kültürde ise en yüksek solgunluk skalası 2.00 ile 2.33 değerleri arasında iken bu uygulamalar 1.0 mg/l putresin, 0.5 mg/l spermin, 1.0 mg/l spermin olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Üç alt grubun ortalaması olarak bakıldığında ise en yüksek solgunluk skalasının 2.44 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasına ait olduğu görülmüştür.

Festival çilek çeşidinde farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre solgunluk skalası üzerine etkileri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Tuzluluk uygulamalarının solgunluk skalası üzerine etkisi üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Birinci alt kültürde en yüksek solgunluk skalası 5.00 ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. İkinci ve üçüncü alt kültürlerde de aynı şekilde 5.00 ile kontrol uygulamasında saptanmıştır. Buna paralel olarak her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında en yüksek solgunluk derecesinin 5.00 ile kontrol uygulamasında olduğu görülmüştür. En düşük solgunluk skalası ise 1.68 ile %0.8 NaCl uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.8).

Değişik poliamin konsantrasyonlarının solgunluk skalası üzerine etkisi üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Birinci alt kültürde en yüksek solgunluk derecesi 3.55 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında kaydedilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü üzere aynı şekilde ikinci alt kültürde de en yüksek solgunluk derecesi 3.77 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında belirlenmiştir. Nitekim üçüncü alt kültürde ise en yüksek solgunluk dereceleri 3.55 ile 1.0 mg/l spermin, 3.44 ile 0.5 mg/l spermin, 3.22 ile 1.0 mg/l putresin uygulamalarında kaydedilmiştir. Çizelge 4.8’e göre üç alt kültürün ortalama değerlerine bakıldığında en yüksek solgunluk skalasının 3.62 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında olduğu belirlenmiştir.

Tuzluluk x poliamin interaksiyonlarının değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre solgunluk skalası üzerine etkisi üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek solgunluk skalası her üç alt kültürde de 5.00 ile kontrol x 0 mg/l putresin, kontrol x 0.5 mg/l putresin, kontrol x 1.0 mg/l putresin, kontrol x 0.5 mg/l spermin, kontrol x 1.0 mg/l spermin uygulamalarında kaydedilmiştir. Her üç alt kültürün ortalamasının da bu sonuçlara paralel olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8).

Araştırma bulgularımız, tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak solgunluk skalasının önemli derecede düştüğünü, diğer deyişle gelişme kaybı, sarılık ve kuruma düzeyinin arttığını göstermiştir. Denenen her iki poliaminin kontrole göre solgunluk üzerine pozitif etkili olduğunu, özellikle 0.5 ve 1.0 mg/l sperminin ön plana çıktığını göstermiştir. Araştırma bulgularımız, büyük ölçüde Pradhan ve ark. (2020) ile de benzerlik göstermiştir. Nitekim araştırmacılar, *in vitro* kuraklık koşullarında (%0, %5, %10 ve %15 PEG6000) kültür edilen *Stevia rebaudiana* bitkisinde, SNP (50, 100, 250 ve 500 µM) ve putresin (0.05, 0.1, 0.3 ve 0.5 mM) uygulamalarının, *in vitro* sürgün sayısını, sürgün uzunluğunu (cm), yaprak sayısını, kök sayısını, kök uzunluğunu (cm) ve hayatta kalma yüzdesini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.8. Festival çilek çeşidinde farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlere göre solgunluk skalası üzerine etkileri

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Birinci alt kültür				
0 mg/l	5.00 A	1.66 EFG	1.00 G	2.55 c
0.5 mg/l putresin	5.00 A	2.66 BCD	1.33 FG	3.00 bc
1.0 mg/l putresin	5.00 A	2.66 BCD	1.66 EFG	3.11 ab
0.5 mg/l spermin	5.00 A	3.00 BC	2.00 DEF	3.33 ab
1.0 mg/l spermin	5.00 A	3.33 B	2.33 CDE	3.55 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	5.00 a	2.67 b	1.67 c	
LSD %5 tuz kons.: 0.396; LSD %5 poliamin uyg.: 0.511; LSD %5 tuz x poliamin: 0.885				
İkinci alt kültür				
0 mg/l	5.00 A	1.33 FG	1.00 G	2.44 d
0.5 mg/l putresin	5.00 A	2.33 CDE	1.00 G	2.77 cd
1.0 mg/l putresin	5.00 A	2.66 CD	1.66 EFG	3.11 bc
0.5 mg/l spermin	5.00 A	3.00 BC	2.00 DEF	3.33 ab
1.0 mg/l spermin	5.00 A	3.66 B	2.66 CD	3.77 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	5.00 a	2.60 b	1.67 c	
LSD %5 tuz kons.: 1.367; LSD %5 poliamin uyg.: 0.473; LSD %5 tuz x poliamin: 0.819				
Üçüncü alt kültür				
0 mg/l	5.00 A	1.00 E	1.00 E	2.33 b
0.5 mg/l putresin	5.00 A	2.00 D	1.00 E	2.66 b
1.0 mg/l putresin	5.00 A	2.66 BCD	2.00 D	3.22 a
0.5 mg/l spermin	5.00 A	3.00 BC	2.33 CD	3.44 a
1.0 mg/l spermin	5.00 A	3.33 B	2.33 CD	3.55 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	5.00 a	2.40 b	1.73 c	
LSD %5 tuz kons.: 0.299; LSD %5 poliamin uyg.: 0.386; LSD %5 tuz x poliamin: 0.669				
Alt kültür ortalaması				
0 mg/l	5.00 A	1.33 FG	1.00 G	2.44 d
0.5 mg/l putresin	5.00 A	2.33 DE	1.11 G	2.81 c
1.0 mg/l putresin	5.00 A	2.66 CD	1.77 EF	3.14 c
0.5 mg/l spermin	5.00 A	3.00 BC	2.11 DE	3.37 ab
1.0 mg/l spermin	5.00 A	3.44 B	2.44 CD	3.62 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	5.00 a	2.55 b	1.68 c	
LSD %5 tuz kons.: 0.255; LSD %5 poliamin uyg.: 0.329; LSD %5 tuz x poliamin: 0.569				

4.5. Sürgün Yaş Ağırlığı (g)

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri Çizelge 4.9’ da verilmiştir. Kontrol uygulamalarında farklı poliamin uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Değerler 3.23 g ile 3.40 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, sürgün kuru madde oranı ve membran zararlanma indeksi üzerine etkileri

Tuzluluk Uygulamaları	Poliamin uygulamaları	Sürgün Yaş Ağırlığı (g)	Sürgün Kuru Ağırlığı (g)	Sürgün Kuru Madde Oranı (%)	Membran Zararlanma indeksi
Kontrol	0 mg/l	3.23	0.56 bc	17.43 b (2, 8581)	9.25
	0.5 mg/l putresin	3.23	0.50 c	15.37 b (2,7324)	8.44
	1.0 mg/l putresin	3.26	0.53 bc	16.34 b (2,7936)	8.12
	0.5 mg/l spermin	3.40	0.70 ab	20.53 ab (3,0218)	7.08
	1.0 mg/l spermin	3.33	0.80 a	24.38 a (3,1937)	7.79
	LSD %5	ÖD	0.189	5.948	ÖD
% 0.4 NaCl	0 mg/l	2.06 b	0.14 c	6.97 b (1,9416)	16.47 a
	0.5 mg/l putresin	2.60 a	0.19 bc	7.45 b (2,0082)	15.19 ab
	1.0 mg/l putresin	2.70 a	0.25 ab	9.29 ab (2,2289)	15.44 ab
	0.5 mg/l spermin	2.83 a	0.26 ab	9.51 ab(2,2523)	12.13 c
	1.0 mg/l spermin	2.80 a	0.33 a	12.10 a (2,4932)	12.95 bc
	LSD %5	0.382	0.093	4.520	3.019
% 0.8 NaCl	0 mg/l	1.60 b	0.11 b	7.77 (2,0502)	23.48 a
	0.5 mg/l putresin	2.06 ab	0.13 ab	7.29 (1,9865)	13.48 b
	1.0 mg/l putresin	2.20 ab	0.17 a	7.78 (2,0515)	15.20 b
	0.5 mg/l spermin	2.36 ab	0.18 a	7.62 (2,0307)	12.44 b
	1.0 mg/l spermin	2.46 a	0.17 a	7.18 (1,9712)	12.14 b
	LSD %5	0.775	0.051	ÖD	4.798

Orta düzey (%0.4 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En düşük sürgün yaş ağırlığı 2.06 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Yüksek düzey (%0.8 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve en yüksek sürgün yaş ağırlığı 2.46 g ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.9).

Tuzluluk uygulamalarının değişik poliamin konsantrasyonlarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10). Bu çizelgeye göre, en yüksek 3.40 g ile 0.5 mg/l spermin ve 3.33 mg/l ile 1.0 mg/l spermin uygulamalarında belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları ortalaması olarak bakıldığında en yüksek sürgün yaş ağırlığı kontrol uygulamasında kaydedilmiştir. Nitekim poliamin uygulamalarının ortalamasında ise en düşük sürgün yaş ağırlığı kontrol uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Festival çilek çeşidinde, farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, sürgün kuru madde oranı ve membran zararlanma indeksi üzerine etkileri

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Sürgün Yaş Ağırlığı (g)				
0 mg/l	3.23 AB	2.06 EF	1.60 F	2.30 b
0.5 mg/l putresin	3.23 AB	2.60 CD	2.06 EF	2.63 a
1.0 mg/l putresin	3.26 AB	2.70 C	2.20 DE	2.72 a
0.5 mg/l spermin	3.40 A	2.83 BC	2.36 CDE	2.86 a
1.0 mg/l spermin	3.33 A	2.80 BC	2.46 CDE	2.86 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	3.29 a	2.60 b	2.14 c	
LSD %5 tuz kons.: 0.21 LSD %5 poliamin uyg.: 0.271 LSD %5 tuz x poliamin: 0.469				
Sürgün Kuru Ağırlığı (g)				
0 mg/l	0.56 BC	0.14 EF	0.11 F	0.27 c
0.5 mg/l putresin	0.50 C	0.19 DEF	0.13 EF	0.27 c
1.0 mg/l putresin	0.53 C	0.25 DEF	0.17 EF	0.31 bc
0.5 mg/l spermin	0.70 AB	0.26 DE	0.18 EF	0.38 ab
1.0 mg/l spermin	0.80 A	0.33 D	0.17 EF	0.43 a
Tuz konsantrasyonları ortalaması	0.62 a	0.23 b	0.15 c	
LSD %5 tuz kons.: 0.065 LSD %5 poliamin uyg.: 0.084 LSD %5 tuz x poliamin: 0.147				
Sürgün Kuru Madde Oranı (%)				
0 mg/l	17.43 BC (2.8528)	6.97 E (1.8962)	7.77 E (2.4725)	10.72 b (2.2532)
0.5 mg/l putresin	15.37 BCD (2.7263)	7.45 E (2.0057)	7.29 E (1.8305)	10.04 b (2.1875)
1.0 mg/l putresin	16.34 BC (2.7910)	9.29 DE (2.2125)	7.78 E (2.0397)	11.13 ab (2.3477)
0.5 mg/l spermin	20.53 AB (3.0188)	9.51 DE (2.2265)	7.62 E (2.0253)	12.55 ab (2.4235)

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.10'un devamı

1.0 mg/l spermin	24.38 A (3.1765)	12.10 CDE (2.4725)	7.18 E (1.9695)	14.55 a (2.5395)
Tuz konsantrasyonları ortalaması	18.81 a (2.9130)	9.06 b (2.1626)	7.53 b (1.9751)	
LSD %5 tuz kons.: 2.741 (0.1992) LSD %5 poliamin uyg.: 3.539 (0.2572) LSD %5 tuz x poliamin: 6.131 (0.4454)				
Membran zararlanma indeksi				
0 mg/l	6.29 D	16.47 B	23.48 A	15.41 a
0.5 mg/l putresin	8.44 D	15.19 BC	13.48 BC	12.37 b
1.0 mg/l putresin	8.12 D	15.44 BC	15.20 BC	12.92 ab
0.5 mg/l spermin	7.08 D	12.13 C	12.44 C	10.55 b
1.0 mg/l spermin	7.79 D	12.95 C	12.14 C	10.96 b
Tuz konsantrasyonları ortalaması	7.54 b	14.43 a	15.35 a	
LSD %5 tuz kons.: 1.496 LSD %5 poliamin uyg.: 2.600 LSD %5 tuz x poliamin: 3.345				

4.6. Sürgün Kuru Ağırlığı (g)

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkileri Çizelge 4.9' da verilmiştir. Kontrol uygulamalarında farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve en yüksek sürgün kuru ağırlığı 0.80 g ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Orta düzey (%0.4 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve en yüksek sürgün kuru ağırlığı 0.33 g ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.9).

Yüksek düzey (%0.8 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 4.9'a göre en yüksek sürgün kuru ağırlığı 0.18 g ile 0.5 mg/l spermin, 0.17 g ile 1.0 mg/l spermin, 0.17 g ile 1.0 mg/l putresin uygulamasında belirlenmiştir.

Tuzluluk uygulamalarının değişik poliamin konsantrasyonlarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek sürgün kuru ağırlığı 0.80 g ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında saptanmıştır. Tuz konsantrasyonları ortalaması olarak bakıldığında en yüksek sürgün kuru ağırlığı 0.62 g ile kontrol uygulamasında belirlenirken poliamin uygulamalarının ortalamasında ise en yüksek sürgün kuru ağırlığı 0.43 g ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında gözlenmiştir (Çizelge 4.10).

4.7. Sürgün Kuru Madde Oranı (%)

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru madde oranı üzerine etkileri Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Kontrol uygulamalarında farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru madde oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu çizelgede görüldüğü üzere en yüksek sürgün kuru madde oranı %24.38 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında belirlenmiştir.

Orta düzey (%0.4 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru madde oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu çizelgede görüldüğü gibi en yüksek sürgün kuru madde oranı %12.10 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında saptanmıştır.

Yüksek düzey (%0.8 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru madde oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu değerler %7.18 ile %7.78 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.9).

Tuzluluk uygulamalarının değişik poliamin konsantrasyonlarının sürgün kuru madde oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve en yüksek sürgün kuru madde oranı %24.38 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.10). Bu değerlerin tuz konsantrasyonları ortalaması incelendiğinde en yüksek sürgün kuru madde oranı %18.81 ile kontrol uygulamasında saptanırken poliamin uygulamalarının ortalamasında ise en yüksek sürgün kuru madde oranı %14.55 ile 1.0 mg/l spermin uygulamasında kaydedilmiştir.

Araştırma bulgularımız, spermin uygulamasının 1 mg/l konsantrasyonun gerek sürgün yaş ve kuru ağırlığının yanısıra kuru madde oranı üzerine olumlu etkilerde bulunduğunu belirlemiştir. Diğer taraftan 0.5 mg/l poliamin uygulamaları da kontrole göre yaş, kuru ağırlık ve kuru madde oranlarını artırmıştır. Bulgularımız Movahed ve ark. (2010) ile büyük ölçüde uyumlu bulunmuştur. Nitekim Movahed ve ark. (2010), Paros ve Selva çilek çeşitlerinde, 0, 0.5, 1 ve 1.5 mM putresin ve spermidin uygulamalarında, her iki poliamin konsantrasyonunun artırılmasıyla, yaprak alanı ile kök ve sürgünlerin yaş ve kuru ağırlıklarının arttığını belirtmişlerdir.

4.8. Membran Zararlanma İndeksi

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının membran zararlanma indeksi üzerine etkileri Çizelge 4.9' da verilmiştir. Kontrol uygulamalarında farklı poliamin uygulamalarının membran zararlanma indeksi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ve 7.08 ile 9.25 arasında değerler göstermiştir.

Orta düzey (%0.4 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının membran zararlanma indeksi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve en yüksek membran zararlanma indeksi 16.47 ile kontrol uygulamasında gözlenmiştir.

Yüksek düzey (%0.8 NaCl) *in vitro* tuzluluk uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının membran zararlanma indeksi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve en yüksek membran zararlanma indeksi 23.48 ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir.

Tuzluluk uygulamalarının değişik poliamin konsantrasyonlarının membran zararlanma indeksi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek membran zararlanma indeksi 23.48 ile kontrol uygulamasında saptanmıştır. Çizelge 4.10'a göre tüm değerlerin tuz konsantrasyonları ortalaması incelendiğinde en yüksek membran zararlanma indeksi 15.35 ile %0.8 *in vitro* tuzluluk uygulamasında ve 14.43 ile %0.4 *in vitro* tuzluluk uygulamalarında belirlenmiştir. Nitekim poliamin uygulamalarının ortalamasında en yüksek membran zararlanma indeksi 15.41 ile kontrol uygulamasında kaydedilmiştir.

Araştırma bulgularımız, tuzluluk konsantrasyonlarının artmasına bağlı olarak, membran zararlanma indeksinin arttığını göstermiştir. Ayrıca denenen tüm poliamin uygulamaları membran zararlanma indeksini kontrole göre düşürmüştür. Bulgularımız, Yakıt ve Tuna (2006)'nın bulguları ile büyük ölçüde uyum içinde bulunmuştur. Nitekim Yakıt ve Tuna (2006) tuz stresi altındaki bitkilerde membran geçirgenliğinin arttığı ve bağıl su içeriğinin azaldığını bildirmektedirler. Ayrıca Zhang vd., (2009)'da, putresinin, membran lipitlerinin tahrip edilmesini ve peroksidasyonunu önlemede ve hücre stabilitesini sağlamada etkili bir rol oynadığını belirtmektedirler.

4.9. Malondialdehit (MDA) ($\mu\text{mol} / \text{g}$ yaş ağırlık)

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının MDA ve SOD üzerine etkileri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Kontrol uygulamalarında tuz konsantrasyonlarının MDA üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek MDA değeri $0.05 \mu\text{mol} / \text{g}$ ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi, %0.4 *in vitro* tuzluluk uygulamasında tuz konsantrasyonlarının MDA üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek MDA değeri $0.08 \mu\text{mol} / \text{g}$ ile kontrol uygulamasında kaydedilirken, en düşük MDA değeri 0.06 ile 1.0 mg/l putresin ve 0.5 mg/l spermin uygulamalarında belirlenmiştir. %0.8 NaCl *in vitro* tuzluluk uygulamasında tuz konsantrasyonlarının MDA üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek MDA değeri $0.08 \mu\text{mol} / \text{g}$ ile kontrol uygulamasında saptanırken en düşük MDA değeri 0.07 ile 1.0 mg/l spermin ve 0.5 mg/l spermin uygulamalarında kaydedilmiştir.

Festival çilek çeşidinde farklı tuzluluk ve poliamin uygulamalarının MDA ve SOD üzerine etkileri Çizelge 4.12'de verilmiştir. Tuz konsantrasyonlarının MDA içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Nitekim en yüksek MDA içeriği $0.078 \mu\text{mol} / \text{g}$ yaş ağırlık ile %0.8 NaCl konsantrasyonunda belirlenirken, en düşük 0.044 ile kontrol uygulamasında bulunmuştur (Çizelge 4.12).

Poliamin uygulamalarının MDA içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek MDA içeriği $0.076 \mu\text{mol} / \text{g}$ yaş ağırlık ile kontrol uygulamasında belirlenirken, diğer uygulamalar aynı istatistiksel grupta yer almıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının MDA ve SOD üzerine etkileri

Tuzluluk Uygulamaları	Poliamin uygulamaları	MDA	SOD
Kontrol	0 mg/l	0.05 a	24.33
	0.5 mg/l putresin	0.04 ab	24.00
	1.0 mg/l putresin	0.04 ab	25.33
	0.5 mg/l spermin	0.03 b	24.33
	1.0 mg/l spermin	0.04 b	23.33
	LSD %5	0.010	ÖD
% 0.4 NaCl	0 mg/l	0.08 a	33.66 ab
	0.5 mg/l putresin	0.06 bc	34.33 a
	1.0 mg/l putresin	0.06 c	34.00 ab
	0.5 mg/l spermin	0.06 c	34.00 ab
	1.0 mg/l spermin	0.07 b	35.00 a
	LSD %5	0.008	1.666
% 0.8 NaCl	0 mg/l	0.08 a	34.00 b
	0.5 mg/l putresin	0.07 ab	35.33 a
	1.0 mg/l putresin	0.08 ab	35.33 a
	0.5 mg/l spermin	0.07 b	33.33 b
	1.0 mg/l spermin	0.07 b	33.66 b
	LSD %5	0.010	1.286

Tuz x Poliamin interaksiyonu incelendiğinde ise en yüksek MDA içeriği 0.08 $\mu\text{mol} / \text{g}$ yaş ağırlık ile %0.4 NaCl x 0 mg/l putresin, %0.8 NaCl x 0 mg/l putresin interaksiyonunda belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

4.10. Süperoksit Dismutaz (SOD) (U enzim/ mg yaş ağırlık)

Festival çilek çeşidinde, tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının SOD üzerine etkisi Çizelge 4.11’de verilmiştir. Kontrol uygulamalarında, putresin uygulamalarının SOD içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Nitekim değerler 23.33 ile 25.33 arasında değişim göstermiştir.

Orta düzey (%0.4 NaCl) tuzluluk uygulamasında ise en yüksek SOD değerleri 35.00 U enzim/ mg ile 1 mg/l spermin ve 34.33 U enzim/ mg ile 0.5 mg/l putresin uygulamalarında gözlenmiştir (Çizelge 4.11).

Yüksek düzey (%0.8 NaCl) uygulamasının SOD içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek SOD değeri 35.33 U enzim/ mg değeri ile 0.5 mg/l putresin ve 1.0 mg/l putresin uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12. Festival çilek çeşidinde farklı tuzluluk ve poliamin uygulamalarının MDA ve SOD üzerine etkileri

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
MDA (µmol / g yaş ağırlık)				
0 mg/l	0.05 E	0.08 A	0.08 A	0.07 a
0.5 mg/l putresin	0.04 FG	0.06 CD	0.07 BC	0.06 b
1.0 mg/l putresin	0.04 EF	0.06 D	0.08 AB	0.06 b
0.5 mg/l spermin	0.03 G	0.06 D	0.07 BCD	0.05 b
1.0 mg/l spermin	0.04 FG	0.07 BC	0.07 BCD	0.05 b
Tuz konsantrasyonları ortalaması	0.04 c	0.07 b	0.07 a	
LSD %5 tuz kons.: 0.0037 LSD %5 poliamin uyg.: 0.0065 LSD %5 tuz x poliamin: 0.0083				
SOD (U enzim/ mg yaş ağırlık)				
0 mg/l	24.33 B	33.66 A	34.00 A	30.66
0.5 mg/l putresin	24.00 B	34.33 A	35.33 A	31.22
1.0 mg/l putresin	25.33 B	34.00 A	35.33 A	31.55
0.5 mg/l spermin	24.33 B	32.66 A	33.33 A	30.11
1.0 mg/l spermin	23.33 B	35.00 A	33.66 A	30.66
Tuz konsantrasyonları ortalaması	24.26 b	33.93 a	34.33 a	
LSD %5 tuz kons.: 1.315 LSD %5 poliamin uyg.: 0.0 LSD %5 tuz x poliamin: 2.941				

Tuz konsantrasyonlarının SOD içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.12’de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi, en yüksek SOD içeriği 34.33 U enzim/ mg yaş ağırlık ile %0.8 NaCl ve 33.93 U enzim/ mg yaş ağırlık ile %0.4 NaCl uygulamasında belirlenmiştir. En düşük SOD içeriği 24.26 U enzim/ mg yaş ağırlık ile kontrol uygulamasında saptanmıştır.

Poliamin uygulamalarının SOD içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu değerler 30.11 U enzim/ mg yaş ağırlık ile 31.55 U enzim/ mg yaş ağırlık arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.12).

Tuz x poliamin interaksiyonunun SOD içeriği üzerine etkisi de Çizelge 4.12’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, en yüksek SOD içeriği 35.33 U enzim/ mg yaş ağırlık ile %0.8 NaCl x 0.5 mg/l putresin interaksiyonunda belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Araştırma bulgularımız, tuzluluk konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, MDA ve SOD içeriğinin arttığını göstermiştir. Poliamin uygulamaları ise MDA içeriğini azaltırken, SOD içeriğini etkilememiştir. Bulgularımız birçok araştırmacının bulguları ile büyük ölçüde uyumlu bulunmuştur. Nitekim, Adak ve ark. (2018), *in vitro* koşullarda iki farklı çilek çeşidinde (Osmanlı ve Festival), su stresini teşvik edici beş farklı polietilen glikol konsantrasyonunun (PEG6000) (0, %3, %6, %9, %12) su stresine tolerans

düzeylerini inceledikleri çalışmada, PEG6000 konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, kalluslarda SOD, CAT ve MDA içeriğinin artış gösterdiğini, kontrol uygulamasında, % 0 PEG6000 uygulamasında, 26.96 U mg/protein SOD, 33.04 U mg/protein CAT ve 0.04 µmol/g MDA tespit edilirken, %6 PEG6000 konsantrasyonunda, 90.17 U mg/protein SOD, 119.49 U mg/protein CAT ve 0.09 µmol/g MDA gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Erturk ve ark. (2007) ise kiraz anaçlarının *in vitro* tuzluluk şartlarında, tuzlu şartlarda hem MDA'nın hem de antioksidatif enzim aktivitelerinin artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Mishera vd., (2006), sodyum klorür konsantrasyonunu arttırması ile POD ve SOD aktivitesinde de bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Yine benzer olarak Yong ve ark. (2008), çileklerde *in vitro* koşullarda kısa süreli düşük sıcaklık uygulamalarının (0°C'de 0, 12, 24, 48 ve 72 saat), MDA ile birlikte, SOD, CAT, POD, APX gibi antioksidant enzim aktivitelerini kontrole göre arttırmıştır. Oysa ki bizim çalışmamızda, MDA içeriği diğer çalışmalar ile benzer olarak, stres şartlarında artarken, SOD içeriğinde önemli değişimler belirlenmemiştir. Üzal, (2009), çileklerde, tek başına NaCl uygulamasında yaprak malondialdehit (MDA) miktarı artarken; jasmonik asit kullanımı MDA içeriğini düşürmüştür. Dolayısıyla bulgularımız Üzal, (2009) ile uyumlu bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da, stres şartların artması MDA içeriğini artırırken, stres toleransı sağlayıcı olarak tespit edilen poliaminlerin kullanımı ile MDA içeriği azalmıştır. Bu çalışmaların yanısıra Koyro, (2006), Malondialdehit (MDA)'nın hücre zarındaki lipidlerin bozulma durumunu gösteren kimyasal bir madde olduğunu ve tuza toleranslı genotiplerin, duyarlı genotiplere nazaran daha az miktarda ürettikleri MDA ürettiklerini; Yaşar ve ark. (2006), MDA'nın dayanıklı çeşitlerde, hassas çeşitlerden iki kat daha fazla düşük belirlenmiştir. Dolayısıyla yapılan çalışmalarda, toleranslık düzeyinde MDA'nın, kontrole göre daha düşük belirlendiğini kaydetmektedirler.

5. SONUÇLAR

Araştırma sonucunda, her bir tuzluluk konsantrasyonları uygulamalarına göre, her bir alt kültürde alınan sonuçlar değerlendirilmiş ve kontrol (%0 NaCl) uygulamasında, birinci alt kültürde eksplant başına düşen sürgün sayısı istatistiksel olarak önemli bulunmazken, diğer alt kültürde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Nitekim ikinci, üçüncü ve her üç alt kültür ortalaması olarak değerlendirildiğinde, kontrol şartlarında spermin uygulamalarının eksplant başına düşen sürgün sayısını artırdığı saptanmıştır. Nitekim tüm alt kültürlerde denenen her iki spermin konsantrasyonu da (0.5 mg/l ve 1.0 mg/l) en yüksek sürgün sayısını vermiştir (Çizelge 4.1). %0.4 NaCl tuzluluk uygulamasında, poliamin uygulamaları bakımından benzer bir durum gözlenmiş olup, ikinci, üçüncü ve her üç alt kültür ortalaması olarak 1.0 mg/l spermin uygulaması sürgün sayısı bakımından diğer uygulamalardan daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. %0.8 NaCl tuzluluk uygulamasında, benzer bir durum gözlenmekte olup, sürgün sayısı bakımından 1.0 mg/l spermin uygulaması en yüksek değerleri vermiştir. Putresin uygulamalarının denenen tüm konsantrasyonları spermin uygulamalarından daha düşük değerler oluştururken, kontrole göre de daha yüksek değerler oluşturmuştur (Çizelge 4.1).

Araştırmada, tuzluluk uygulamalarının sürgün sayısı üzerine etkileri incelendiğinde, her bir alt kültürde NaCl konsantrasyonunun artışına bağlı olarak sürgün sayısı değerleri önemli ölçüde düşmüştür. Poliamin uygulamalarının sürgün sayısı üzerine etkisi incelendiğinde ise en yüksek sürgün sayısı 1.0 mg/l spermin uygulamasında belirlenirken, bunu 0.5 mg/l spermin uygulaması izlemiştir (Çizelge 4.2).

Araştırma sonuçları sürgün boyu olarak değerlendirildiğinde, her bir tuzluluk konsantrasyonları uygulamalarına göre, her bir alt kültürün ortalaması olarak sonuçlar değerlendirilmiş ve kontrol (%0 NaCl) uygulamasında, sürgün boyu en yüksek poliamin konsantrasyonlarında (1.0 mg/l spermin ve 1.0 mg/l putresin); orta düzey (%0.4 NaCl) ve yüksek (%0.8 NaCl) tuzluluk uygulamalarında; 0.5 ve 1.0 mg/l spermin konsantrasyonlarında en yüksek sürgün boyu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Tuzluluk konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak, her bir alt kültürde eksplant sürgün boyunda düşüşler belirlenmiştir. Alt kültür ortalaması olarak değerlendirildiğinde, orta ve yüksek tuzluluk düzeyleri aynı istatistiki grupta yer almıştır. Poliamin uygulamalarının, eksplant sürgün uzunluğu bakımından, putresinin yüksek dozu ile sperminin tüm dozları en yüksek değerleri oluşturmuştur (Çizelge 4.4).

Farklı tuzluluk konsantrasyonların ayrı ayrı sürgün çoğalma oranı üzerine değerlendirilmesi yapıldığında, %0 NaCl (kontrol) uygulamasında tüm alt kültürlerde %100'lere varan çoğalma oranı olup, uygulamalar arasında istatistiki farklılıklar belirlenmemiştir. Gerek orta düzeyde (%0.4 NaCl) ve gerekse yüksek (%0.8 NaCl) tuzluluk düzeyinde, poliamin uygulamaları arasında istatistiki farklılıklar belirlenmemiştir (Çizelge 4.5).

Araştırmada, tuzluluk konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak sürgün çoğalma oranı azalmıştır. Kontrol uygulamasında %0 poliamin uygulamasında %99.11 çoğalma oranı görülürken, %0.4 NaCl düzeyinde %37.33 ve %0.8 NaCl düzeyinde ise %25.77

olarak belirlenmiştir. Poliamin uygulamalarının sürgün çoğalma oranı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.6).

Tuzluluk düzeylerine göre farklı poliamin uygulamalarının ayrı ayrı etkisinin incelendiği çalışmada, orta düzeyde tuzluluk uygulamasında (%0.4 NaCl) denenen tüm poliamin uygulamalarında kontrole göre yüksek skala belirlenmiştir. Aynı şekilde yüksek tuzluluk uygulamasında da (%0.8 NaCl) kontrole göre skala değeri yükselmiştir. Dolayısıyla poliamin uygulamaları ve konsantrasyonları, hiç uygulama yapılmayan kontrole göre eksplant gelişimi bakımından önemli avantajlar göstermiştir (Çizelge 4.7).

Araştırmada, tuzluluk konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak solgunluk skalası düşüş göstermiştir. Poliamin uygulamalarının her alt kültürde skala üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sperminin denenen her iki dozunda skala bakımından üstün değerler göstermiştir (Çizelge 4.8).

Tuzluluk uygulamalarına göre ayrı ayrı sürgün yaş, kuru ağırlığı, kuru madde ve membran zararlanma indeksi değerlendirildiğinde, kontrol düzeyinde, en yüksek sürgün kuru ağırlığı ve kuru madde oranı spermin uygulamalarında belirlenmiştir. Orta düzeyde tuzluluk düzeyinde, denenen tüm uygulamalar kontrole göre değerleri istatistiki olarak artırmıştır. Özellikle yine sperminin denenen her iki dozu avantajlı bulunmuştur. Yüksek tuzluluk düzeyinde de benzer durum görülmüş olup, denenen tüm poliamin uygulamaları membran zararlanma indeksini kontrole göre düşürmüştür (Çizelge 4.9).

Araştırmada, tuzluluk konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak, sürgün yaş, kuru ağırlık ve kuru madde değerleri düşüş, membran zararlanma indeksi değerleri artış göstermiştir. Poliamin uygulamaları konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak da sürgün yaş, kuru ağırlık ve kuru madde değerleri artış göstermiştir (Çizelge 4.10).

Denemede, tuzluluk uygulamalarına göre eksplant MDA içeriği üzerine etkisi incelendiğinde, %0 NaCl uygulamasının kontrol uygulamasında en yüksek MDA belirlenirken, en düşük MDA içeriği spermin uygulamalarında belirlenmiştir. Orta düzeyde (%0.4 NaCl) tuzlulukta ise poliamin uygulamaları kontrole göre MDA içeriğini düşürmüştür. Yüksek tuzluluk düzeyinde de benzer durumlar belirlenmiştir. SOD içeriği bakımından orta tuzluluk düzeyinde en yüksek denenen tüm poliamin uygulamalarında belirlenirken, yüksek düzey (%0.4 NaCl) tuzlulukta putresin uygulamalarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Araştırmada ayrıca tuzluluk konsantrasyonunun artışına bağlı olarak MDA ve SOD içeriği artış göstermiştir. Poliamin uygulamaları ise kontrole göre MDA içeriğini düşürmüş olup, SOD içeriği üzerine istatistiksel etki yapmamıştır (Çizelge 4.12).

Araştırma sonuçlarımızdan aldığımız verilere göre, *in vitro* düzeyde çilek bitkilerinde, poliaminlerin tuzluluğa karşı toleransı artırdığı belirlenmiştir. Bu sonuç, bize *in vivo* koşullar altında da büyük ölçüde benzer sonuçlar gösterebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla çilek yetiştirilen tuzlu topraklarda veya tuza hassas yetiştirme tekniği olan topraksız kültür ile çilek yetiştiriciliğinde bitkilere dışarıdan poliamin uygulamalarının bitkilerde tuza toleransı artırabileceği öngörülmektedir. Bu da ülkemizde artan küresel ısınma, iklim değişiklikleri neticesinde yaşanan tarımsal tuzluluk sorunlarına karşı, kolay, hızlı ve etkin çözüm önerileri olarak üreticilere yol gösterebilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Adak, N., Pekmezci, M., Gübbük, H. 2001. Değişik Çilek Çeşitlerinin Meristem Kültürü ile Çoğaltılması Üzerinde Araştırmalar. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (1), 119-126.
- Adak, N., Nasırcılar A. and Ulukapı K. 2017. The Effects of Putrescine on Pomology, Yield and Biochemical Characteristics of Strawberry Plants under Deficit Irrigation. Second International Symposium on Fruit Culture in Silk Road Countries “Fruits for the Future” Trebinje, Bosnia and Herzegovina, 2-6 October, 2017. *Silksym* 51-51.
- Adak, N., Tozlu, İ., Nasırcılar, A.G. and Ulukapı, K., (2018). *In Vitro* Assessment of Drought Tolerance Responses In Strawberry. *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.27, no.12b, 9481-9486.
- Akbari, A., Khademi, O., Sharafi, Y. and Tabatabaei, S.J. 2017. Effects of Putrescine treatment on strawberry fruit cv. ‘Camarosa’ under NaCl salinity stress. *Journal of Crops Improvement* Vol.19 No.1 pp.Pe147-Pe161 ref.36.
- Alet, A., Sanchez, D.H., Cuevas, C.J., Marina, M., Carrasco, P., Altabella, T., Tilburcio, A.F. and Ruiz, O.A. 2012. New insights into the role of spermine in Arabidopsis thaliana under long-term salt stress. *Plant Science* 182, 94– 100.
- Anjum, M.A. 2009. Effect of exogenously applied spermidine on growth and physiology of citrus rootstock Troyer citrange under saline conditions. *Turk J Agric For* 43-53.
- Asghari, M.R. and Abdollahi, R. 2013. Changes in quality of strawberries during cold storage in response to postharvest Nitric oxide and Putrescine treatments. *Acta Alimentaria*, Vol. 42 (4), pp. 529–539.
- Ashraf, M., and Haris, P.J.C., “Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants”, *Plant Science*, 166: 3-16.
- Bais, H.P., Sudha, S.G. and Ravishankar, G.A. 2000. Putrescine and Silver Nitrate Influences Shoot Multiplication, *In Vitro* Flowering and Endogenous Titrers of Polyamines in *Cichorium intybus* L. cv. Lucknow Local. *J Plant Growth Regul* 19:238–248.
- Bayat, H., Alirezaie, M. and Neamati, H. 2012. Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, Vol. 8 No. 1, 258-267 ISSN 1997-0838.
- Borkowska, B. 2002. Growth and photosynthetic activity of micropropagated strawberry plants inoculated with endomycorrhizal fungi (AMF) and growing under drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum* Vol. 24. No. 4:365-370.
- Chandler, C.K., D.E. Legard, D.D. Dunigan, T.E. Crocker, and C.A. Sims. 2000. ‘Strawberry Festival’ strawberry. *HortScience* 35:1366–1367.
- Cherian, S., Reddy, M.P., 2003. Evaluation of NaCl Tolerance in the Callus Cultures of *Suaeda Nudiflora* Moq. *Biologia Plantarum*.43:193-198.

- Çavusoglu, K. and Kabar, K. 2007. "Comparative Effects of Some Plant Growth Regulators on Germination of Barley and Radish Seeds under High Temperature Stress", *Eur. Asian Journal of BioSciences*, 1, 1-10.
- Çetinbaş Genç, A., Cai, G., Duca, D.S., Vardar, F. and Ünal, M. 2019. The effect of putrescine on pollen performance in hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Scientia Horticulturae* Volume 261, 5 February 2020, 108971.
- Ekinci, M., Yıldırım, E., Dursun, A. and Mohamedsrajaden, N.S. 2019. Putrescine, Spermine and Spermidine Mitigated the Salt Stress Damage on Pepper (*Capsicum annum* L.) Seedling. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* Cilt 29, Sayı 2.
- Emel Yılmaz, A. Levent Tuna ve Betül Bürün 2011. Bitkilerin Tuz Stresi Etkilerine Karşı Geliştirdikleri Tolerans Stratejileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* 7.1 47–66. ISSN: 1305-1385.
- Erturk, U., Sivritepe, N., Yerlikaya, C., Bor, M., Ozdemir, F. and Türkan, I. 2007. Responses of the cherry rootstock to salinity *in vitro*. *Biologia Plantarum*, 51 (3): 597-600.
- Eshghi, S. and Jamali, B. 2014. Using Plant Bioregulators to Improve Production and Fruit Quality of Strawberry. *Acta Hort.* 1049, ISHS 2014.
- Fan, L., Dalpe, Y., Fang, C., Dube, C. and Khanizadeh, S. 2011. Influence of arbuscular mycorrhizae on biomass and root morphology of selected strawberry cultivars under salt stress. *Botany* 89: 397–403.
- FAO, 2019. FAO Statistical bases <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> Erişim tarihi: 5.10.2021.
- Farkhondeh, R., Nabizadeh, E. and Jalilnezhad, N. 2012. Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relations in two sugar beet cultivars. *International Journal of AgriScience* 2, 385-392.
- Friedman, R., Altman, A. and Levin, N. 1989. The effect of salt stress on polyamine biosynthesis and content in mung bean plants and in halophytes. *Physiologia Plantarum*, 76: 295-302. Copenhagen.
- Gerdakaneh, M., Mozafari, AA., Khaligni, A. and Sioseh-mardah, A. 2010. The Effects of Exogenous Proline and Osmotic Stres on Morpho-Biochemical Parameters Of Strawberry Callus. *African Journal of Biotechnology* 9 (25): 3775-3779.
- Guo, J. and Shen, Y. 2018. Polyamines Regulate Strawberry Fruit Ripening. *Plant Physiology Preview*. Published on March 9, 2018, as DOI:10.1104/pp.18.
- Guo, L., Xue, F., Guo, J. and Na, R. 2014. Plant Tissue Culture: A Recent Progress And Potential Applications. *Agricultural Science & Tecnology*, 2014, 15(12): 2088-2095, 2099.
- Haghshenas, M., Nazarideljou, M.J. and Shokoohian, A. 2020. Phytochemical and Quality Attributes of Strawberry Fruit under Osmotic Stress of Nutrient Solution and Foliar Application of Putrescine and Salicylic Acid. *International Journal of Horticultural Science and Technology* Vol. 7, No. 3; September 2020, pp 263-278.

- Holmberg, N., and Bülow, L. 1998. “Improving stress tolerance in plants by gene transfer”, *Trends in Plant Science*, 3 (2): 61-66.
- Hossain, M.A., Hasanuzzaman, M. and Fujita, M. 2010. Up-regulation of antioxidant and glyoxalase systems by exogenous glycinebetaine and proline in mung bean confer tolerance to cadmium stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 16, 259-272.
- Husaini, A.M., Abdin, M.Z., Khan, S., Xu, W., Aquil, S. and Anis, M. 2012. Modifying strawberry for better adaptability to adverse impact of climate change. *CURRENT SCIENCE*, VOL. 102, NO. 12.
- Jamali, B., Eshghi, S. and Tafazoli, E. 2013. Vegetative growth, yield, fruit quality and fruit and leaf composition of strawberry cv. ‘Pajaro’ as influenced by salicylic acid and nickel sprays. *Journal of Plant Nutrition* 36, 1043-1055.
- Khan, N.A. and Singh, S. 2008. Abiotic stress and plant responses. I.K. *International Publishing House Pvt. Ltd.* ISBN: 978-81-89866-95-2.
- Khayyat, M., Tafazoli, E., Eshghi, S., Rahemi, M. and Rajaei, S. 2007. Salinity, Supplementary Calcium and Potassium Effects on Fruit Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 2 (5): 539-544, 2007.
- Khosroshahi, M.R.Z., Esna-Ashari, M. and Ershadi, A. 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar Selva. *Scientia Horticulturae* 114 27–32.
- Kalefetoğlu, T. and Ekmekçi, E. 2005. The Effects of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* 18(4): 723-740.
- Kamiab, F., Talaie, A., Khezri, M. and Javanshah, A. 2014. Exogenous application of free polyamines enhance salt tolerance of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. *Plant Growth Regul* 72:257–268.
- Karlıdağ, H., Yıldırım, E. and Turan, M. 2011. Role of 24-epibrassinolide in Mitigating the Adverse Effects of Salt Stress on Stomatal Conductance, Membrane Permeability, and Leaf Water Content, Ionic Composition in Salt Stressed Strawberry (*Fragaria x ananassa*). *Scientia Horticulture*. 130: 133-140.
- Kazemi, M. 2013. Influence of Foliar Application of 5-Sulfosalicylic Acid, Malic Acid, Putrescine and Potassium Nitrate on Vegetative Growth and Reproductive Characteristics of Strawberry cv. ‘Selva’. *J. BIOL. ENVIRON. SCI.*, 2013, 7(20), 93-101.
- Keutgen, A.J. and Pawelzik, E. 2008. Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under NaCl salinity. *Food Chemistry* 111 642–647.
- Kılıç, C. C. and Anaç, D. (2005, October). The relationship between potassium fertilization and physiological parameters of satsuma mandarin under salt stress. In *Workshop on Potassium* (pp. 3-4).
- Kireççi, O.A. 2006. Bazı Sentetik Hormonların (Giberillik Asit, Spermin, Spermidin, Putresin) Fesleğen (*Ocimum Basilicum*) Bitkisinde Morfolojik Yapı Ve Uçucu Yağ Kalitesine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri

- Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Kahraman Maraş. Şubat-2006.
- Koyro, H.-W. 2006. "Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago cronopus* (L.)", *Environmental and Experimental Botany*, 56: 136-146.
- Kuşvuran, Ş., Uslu Kiran, S. and Ellialtıoğlu, Ş. 2011. Bitkilerde Kuraklığa Toleransın Belirlenmesinde Kullanılabilecek Tarama Yöntemleri. II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 22-25 Kasım 2011, Ankara.
- Ma, X., Zheng, J., Zhang, X., Hu, Q. and Qian, R. 2017. 'Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress on *Dianthus superbus* (Caryophyllaceae) by activating photosynthesis, protecting morphological structure, and enhancing the antioxidant system'. *Frontiers in Plant Science*. 8, 600.
- Magdy, A.S., Hazem, MMA., Alia, AMN. and Alshaimaa, AI. 2012. Effect of Sodium Nitroprusside, Putrescine and Glycine Betain on Alleviation of Drought Stress in Cotton Plant. *American-Eurasian J. Agric & Environ. Sci.* 12(9): 1252-1265.
- Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. Cold, Salinity and Drought Stress: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139-158.
- Marcondes-Viu, A., Oliveira-Viu, M.A., Tavares, A.R., Vianello, F. and Lima, P.P.G. 2009. Endogenous and exogenous polyamines in the organogenesis in *Curcuma longa* L. *Scientia Horticulturae* 121 501–504.
- Mishera, S., Srivastava, S. and Tripathi, P.D. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Baccopa monnieri* L. *Journal Plant Physiology and Biochemistry* 44, 25-31.
- Mortazavi, S.M.H., Siruie, B., Moalemi, N. and Eshghi, S. 2014. The Effects of Polyamines and UV-C Irradiation on Postharvest Quality of Strawberry Fruit. *Acta Horticulturae*, (1049), 749-754. ISHS 2014.
- Movahed, N., Eshghi, S., Tafazoli, E. and Jamali B. 2012. Effects of polyamines on vegetative characteristics, growth, flowering and yield of strawberry ('Paros' and 'Selva'), *Acta horticulturae* 926(926), 287-294.
- Mozafari, A.A., Havas, F. and Ghaderi, N. 2018. *Application of iron nanoparticles and salicylic acid in in vitro culture of strawberries (Fragaria × ananassa Duch.) to cope with drought stress.*
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
- Peleg, Z. and Blumwald, E. 2011. Hormone Balance and Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 14:290-295.
- Ponappa, T. 1993. *Investigations into the role of polyamines in strawberry fruit development.* The Ohio State University. Order Number 9525569.
- Portugal, S. 2007. *Contributos para uma discussão do conceito de rede na teoria sociológica.* Faculdade de Economia e Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra.

- Pradhan, N., Singh, P., Dwivedi, P. and Pandey, K.D. 2020. Evaluation of sodium nitroprusside and putrescine on polyethylene glycol induced drought stress in *Stevia rebaudiana* Bertoni under *in vitro* condition. *Industrial Crops & Products* 154 (2020) 112754.
- Radhari, P. and Hoseini, S.M. 2013. Roll of Poly Amines (Spermidine and Putrescine) on Protein, Chlorophyll and Phenolic Compounds in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salinity Stress. *J Nov . Appl Sci.*, 2 (12): 746-751, 2013.
- Rahimi, A., Biglarifard, A., Mirdehghan, H. and Borghei, SF. 2011. Influence of NaCl Salinity on Growth Analysis of Strawberry cv. Camarosa. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 7(4):145-156.
- Rajashekar, CB. Zhou, H., Marcum, KB. and Prakash, O. 1999. Glycine Betain Accumulation and Induction of Cold Tolerance in Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) *Plants. Plant Sci.* 148, 175-183.
- Rezaei, M.A., Jokar, İ., Ghorbanli, M., Kaviani, B. and Kharabian-Masoule, A. 2012. Morpho-physiological improving effects of exogenous glycine betaine on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. PS under drought stress conditions. *Plant Omics Journal* 5(2):79-86.
- Saied A.S, Keutgen A.J and Noga, G. 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield, and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'. *Sciences Horticulture*. 103, 289-303.
- Sevengör, ŞT. 2010. Kabakta (*Cucurbita pepo* L.) Tuz Stresine Toleransın Belirlenmesinde Antioksidant Enzim Aktivitelerinin *in vitro* ve *in vivo* Olarak İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 163 p.
- Sevinç, S. 2016. Hasat Öncesi Putresin ve Aminoetoksi-Vinilglisin Uygulamalarının 'Angeleno' Erik Çeşidinde Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Isparta – 2016.
- Sivritepe, N., Erturk, U., Yerlikaya, C., Bor, M., Ozdemir, F. and Türkan, I. 2008. Response of the cherry rootstock to water stress induced *in vitro*. *Biologia Plantarum*, 52 (3): 573-576.
- Stevens, J., Senaratna, T. and Sivasithamparam K. 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma) associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. *Plant Growth Regulation* 49, 77-83.
- Tanou, G., Molassiotis, A. and Diamantidis, G. 2009. Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. *Environmental and Experimental Botany* 65 (2009) 270–281.
- Tranprasert, P. and Reed, B.M. 1997. Determination of Minimal Bactericidal and Effective Antibiotic Treatment Concentrations For Bacterial Contaminants From Micropropagated Strawberries. *In Vitro Cell. Dev. Biol.--Plant* 33:227-230.
- Üzal, Ö. 2009. Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Bazı Çilek Çeşitlerinde Jasmonik Asitin Bitki Gelişimi ve Antioksidant Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi. Yüzüncü Yıl

- Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 97 sayfa.
- Yakıt, S., and Tuna, A.L., 2006. “Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K’un etkileri”, *Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 59-67 (2006).
- Yaşar, F., Üzal, Ö. and Köse, Ş., 2012. *Accumulation and distribution of iron, zinc and manganese ions in pumpkin (*Cucurbita spp.*) and gourd (*Lagenaria siceraria*) accessions subjected to drought stress*. 10th EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae (pp.679-686). Antalya, Turkey
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Özpay, T., and Uzal, Ö. 2008. Tuz stresinin karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) antioksidatif enzim (SOD, CAT, APX ve GR) aktivitesi üzerine etkisi”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 18 (1): 61-65.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, S. and Kusvuran, S. 2006. Ion and Lipid Peroxide Content in Sensitive and Tolerant Eggplant Callus Cultured under Salt Stress. *Europ.J.Hort.Sci.*, 71 (4). S. 169–172, 2006, ISSN 1611-4426.
- Yavuzlar, E.E., Adak, N. 2019. *Farklı Çilek Genotiplerinin In vitro Tuzluluk Tolerans Düzeyleri Üzerine Araştırmalar*, Hasat Uluslararası Tarım Ve Orman Kongresi 2019, Birinci Basım, ISBN: 978 – 605 – 7602 – 92 – 3, 65.
- Yıldırım, E., Turan M. and Guvenc, I. 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal Plant Nutrition* 31, 593-612.
- Yong, Z., Ru-Hao, T. and Ya, L. 2008. Variation in Antioxidant Enzyme Activities of Two Strawberry Cultivars with Short-term Low Temperature Stress. *World Journal of Agricultural Sciences* 4 (4): 458-462.
- Zhang, R.H., Li, J., Guo, S.R. and Tezuka, T. 2009. Effects of exogenous putrescine on gas-exchange characteristics and chlorophyll fluorescence of NaCl-stressed cucumber seedlings. *Photosynth Res* (2009) 100:155–162.
- Ziosi, V., Bregoli, A.M., Bonghi, C., Fossati, T., Biondi, S., Costa, G. and Torrigiani, P. 2006. Transcription of ethylene perception and biosynthesis genes is altered by putrescine, spermidine and aminoethoxyvinylglycine (AVG) during ripening in peach fruit (*Prunus persica*). *New Phytologist* (2006) 172 : 229–238.
- Warabieda, W., Miszczak, A. And Olszak, RW. 2005. The influence of methyl jasmonate (JA-Me) and B-glucosidase on induction of resistance mechanisms of strawberry against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.). *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 70(4):829-836.
- Wu, Q.S., Zou, Y.N., Liu, M. And Cheng, K. 2012. Effects of Exogenous Putrescine on Mycorrhiza, Root System Architecture, and Physiological Traits of *Glomus mosseae*-Colonized Trifoliolate Orange Seedlings. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 40(2):80-85.

ÖZGEÇMİŞ

Eda Elif YAVUZLAR

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019- 2021	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya
Lisans 2014-2018	Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji, Eskişehir