

In Vitro Koşullarda Farklı Poliamin Uygulamalarının Çilekte Tuzluluk Stresi Üzerine Etkileri

Eda Elif YAVUZLAR İMİRĞİ^{1*} Nafiye ÜNAL²

¹Antalya Büyükşehir Belediyesi, Yeşil Alanlar Bakım ve Onarım Şube Müdürlüğü, Antalya

²Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya

* edaelifyavuzlar@gmail.com (Sorumlu Yazar)

Özet

Küresel ısınma ile birlikte yaşanan iklim değişiklikleri en yoğun olarak tarımsal üretime zarar vererek verim ve kaliteyi doğrudan etkilemektedir. Bu amaçla yürütülen çalışmada, 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⁻¹ spermin; 3. 1.0 mg L⁻¹ spermin; 4. 0.5 mg L⁻¹ putresin; 5. 1.0 mg L⁻¹ putresin) kültür edilmiştir. 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. Araştırma bulgularımız gerek orta ve gerekse yüksek tuzluluk konsantrasyonlarında poliamin kullanımının, tuz zararlarının etkisini morfo-fizyolojik ve biyokimyasal olarak baskıladığını göstermiştir. Özellikle 1 mg L⁻¹ spermin kullanımı, tüm stres koşullarında eksplantların pozitif yönde gelişmelerine katkıda bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Fragaria x ananassa*, *in vitro*, putresin, spermin, abiyotik stres

The Effects of Different Polyamine Applications on Salinity Stress in Strawberry in *In Vitro* Conditions

Abstract

Climate changes with global warming directly affect yield and quality by damaging agricultural production most intensively. In this study, the effects of different polyamine types and concentrations on some morpho-physiological and biochemical properties of the explants at different salinity levels were investigated under *in vitro* culture conditions in Festival strawberry cultivar. Explants grown *in vitro* in the study were treated at three different salinity levels (1. Control; 2. 0.4% NaCl: Medium salinity; 3. 0.8% NaCl: High salinity) and five different polyamine treatments (1. Control; 2. 0.5 mg L⁻¹ spermine; 3. 1.0 mg L⁻¹ spermine; 4. 0.5 mg L⁻¹ putrescine; 5. 1.0 mg L⁻¹ putrescine) were cultured. As a result of the study, the number of shoots per explant, shoot length, shoot proliferation rate and wilt scale values decreased depending on the increase in salinity concentration. In addition, all tried polyamine applications did not affect the shoot proliferation rate statistically, while increasing the number of shoots per explant, shoot length and wilt scale values compared to the control. Our research findings showed that the use of polyamine suppressed the effects of salt damage morpho-physiologically and biochemically in both medium and high salinity concentrations. In particular, the use of 1 mg L⁻¹ spermine contributed to the positive development of explants under all stress conditions.

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

Giriş

Ülkemizde ve tüm dünyada son yıllarda yaşanan iklim değişiklikleri tarımdan, sosyo-ekonomik birçok faktöre kadar insan yaşamını etkilemektedir. Yoğun kimyasal girdi kullanımını beraberinde getiren konvansiyonel tarım uygulaması, doğal kaynakların tahrip olmasına neden olmakla birlikte gıda güvenliğini de büyük oranda tehlike altına sokmaktadır (Kılıç ve ark, 2020). 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. Kimyasal girdilerin bilinçsiz şekilde kullanılması çevre kirliliği açısından problem teşkil ederken ayrıca ürün kalitesini etkileyerek beslenme açısından da problem teşkil etmiştir (Kodaş ve Er, 2012; Boz ve Kılıç, 2021). Ayrıca fazla miktarda

pestisit kullanımı ile birlikte toprağın mikrobiotasının değiştiği dolayısı ile ürün kalitesinin, ürün veriminin bundan olumsuz yönde etkilendiği ve gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturduğu bilinmektedir (Turhan, 2005; Karaca, 2013; Çukur ve Isin, 2008; Gyawali, 2018).

Artan bu çevresel sorunlara karşı da tarımsal olarak, abiyotik strese toleransı artırıcı pratik uygulamalar yoğunlaşmıştır. Bu anlamda, bitkilere dışarıdan uygulanan aminoasitler, poliaminler, betainler, salisilik asit, silikon vs. gibi uygulamalar gerçekleştirilmekte ve etkileri ortaya konulmaktadır. (Ashraf ve Haris, 2004; Stevens vd., 2006; Ashraf ve Foolad, 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). Guo ve Shen, (2018), Çin'de *in vivo* şartlarda çilekte yaptıkları çalışmada, putresinin meyve rengi oluşumunu azaltırken, sperminin meyvede daha kırmızı renk oluşumunu teşvik ettiğini, dolayısıyla poliamin tipinin etkisinin de farklı olabileceğini belirtmişlerdir. Keutgen ve Pawelzik, (2008), yüksek tuz konsantrasyonlarına maruz bırakılmış çilek bitkilerinde, tuz stresinin serbest prolin, asparagin ve glutamin içeriğini arttırdığını ve yüksek prolin, asparagin ve glutamin seviyelerinin de tuz stresi hasarının göstergesi olduğu sonucuna varmışlardır. Akbari vd., (2017), Camarosa çilek çeşidinde yapılan bir çalışmada, bitkiler tuz stresi altında putresin uygulaması (0, 1.5 ve 3 mM) yapılmıştır. Araştırmada, putresinin kök uzunluğuna herhangi bir etkisi söz konusu olmazken, uygulama ile bitkilerde tuz stresinin neden olduğu olumsuz etkilerin azaldığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Araştırma sonucunda, dışsal poliamin uygulamaları ile tuz stresinin olumsuz etkilerinin azaltılabileceği görülmüştür.

Araştırmanın amacı, ülkemiz çilek yetiştiriciliğinde tuzluluk stresine pratik uygulanabilecek çözüm önerileri geliştirmek ve bu anlamda, poliaminlerin stres koşulları altında etkisini belirlemektir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırmada başlangıç materyali olarak, Festival çilek çeşidinin kol (stolon) uçları kullanılmıştır.

Yöntem

Temmuz ve ağustos ayları olan yaz döneminde alınmış olan materyaller +4 °C'de 7-10 gün süreyle soğuklatılmıştır. Soğuklatılan stolonlar Yavuzlar ve Adak (2019)'e göre yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Steril edilen materyallerde meristem izolasyonu Mc Grew (1965)'e göre 1-2 yaprak primordiumu içerecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Meristemlerin büyüme ve gelişme ve çoğaltma aşamalarında temel ortam olarak Murashige ve Skoog (1962) hazır besi ortamı kullanılmıştır. Meristemlerin büyüme ve gelişme aşaması ile çoğaltma aşamasında, MS temel ortamına ilave olarak, BAP ve IAA (1 mg L⁻¹ BAP ve 1 mg L⁻¹ IAA) bitki büyüme düzenleyicileri kullanılmıştır (Adak vd., 2001). Her alt kültürde aynı bitki büyüme dozları ve kombinasyonları sabit uygulama olarak devam edilmiştir. Eksplantlar büyüme ve gelişme aşamasında 4 hafta bekletildikten sonra çoğaltma amacıyla alt kültüre alınmış ve bu aşamada farklı tuzluluk düzeylerinde, farklı poliamin tipi ve konsantrasyonlarının eksplantların morfo-fizyolojik gelişimleri üzerine etkileri incelenmiştir. Dolayısıyla denemede ana uygulama olarak (a) Tuzluluk uygulamaları, (b) Poliamin uygulamaları olmak üzere iki ayrı uygulama ile tuzluluk stresi üzerine poliaminlerin etkisi incelen-

miştir. Kullanılan doz ve uygulamalar aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

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. Uygulanan konsantrasyonlar önceki araştırmalara göre belirlenmiştir (Yavuzlar ve Adak, 2019).

Poliamin uygulamaları: Poliamin kaynağı olarak spermin ve putresin kullanılmış olup, 1. Kontrol; 2. 0.5 mg L⁻¹ spermin; 3. 1.0 mg L⁻¹ spermin; 4. 0.5 mg L⁻¹ putresin; 5. 1.0 mg L⁻¹ putresin uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

In vitro kültürün tüm aşamalarında, kültür odasında sıcaklık 25°C, fotoperiyot 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık, aydınlatma ise 3000 lux olacak şekilde ayarlanmıştır.

Araştırmada incelenen kriterler

Morfo-fizyolojik gözlem ve analizler

Araştırmada, her bir alt kültür sonunda sürgün sayısı, sürgün boyu, sürgün çoğalma oranı, solgunluk skalası (1-5 skala), sürgün yaş ve kuru ağırlığı ile kuru madde oranı ve yaprak hücrelerinde membran zararlanma indeksi değerlendirilmiştir. *In vitro* sürgünlerde solgunluk skalası Yavuzlar ve Adak (2019)'a göre aşağıdaki puanlamaya göre belirlenmiştir.

In vitro eksplant gelişim skalası;

1. Eksplantlarda tamamen kuruma var
2. Eksplantlarda şiddetli sarılık var
3. Eksplantlarda orta düzeyde gelişme ve hafif sarılık var
4. Eksplantlar yeşil renkli ve çoğalma orta düzeyde
5. Eksplantlar yeşil renkli ve çoğalma çok iyi olarak puanlandırılmıştır.

Sürgün yaş ağırlığı, üç alt kültür sonunda besi ortamından ayrılan sürgünlerin hassas terazide tartılmasıyla, sürgün kuru ağırlığı, 60 °C sıcaklık ayarlı etüvde 48 saat süreyle kurutmaya alınıp kuruyan sürgün parçacıklarının tartılarak değerlendirilmesiyle kaydedilmiştir (Cherian ve Reddy, 2003). Yaprak hücrelerinde membran zararlanma indeksi ise hücreden dışarıya verilen elektrolitin ölçülmesi ile hesaplanmıştır. Bu amaçla, bitkilerin gelişmesini tamamlamış yapraklarından alınmış, diskler de iyonize su içerisinde 4 saat bekletildikten sonra elektriksel iletkenlik (EC) ölçülüp, aynı diskler 100 °C'de 10 dakika bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülmüştür. Elde edilen değerden aşağıdaki formül yardımıyla yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%) belirlenmiştir.

Çizelge 1. Festival çilek çeşidinde, farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkileri.

Table 1. The effects of different polyamine concentrations on the number of shoots per explant depending on subcultures in different *in vitro* salinity treatments in Festival strawberry cultivar.

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin Uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Birinci alt kültür				
0 mg L ⁻¹	2.00 a-c	1.00 d	1.00 d	1.33 c
0.5 mg L ⁻¹ putresin	1.33 cd	1.00 d	1.33 cd	1.22 c
1.0 mg L ⁻¹ putresin	1.33 cd	1.67 b-d	1.67 b-d	1.56 bc
0.5 mg L ⁻¹ spermin	2.67 a	1.33 cd	2.33 ab	2.11 ab
1.0 mg L ⁻¹ spermin	2.67 a	1.67 b-d	2.67 a	2.33 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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 ⁻¹	5.67 a	1.67 d	1.67 d	3.00 bc
0.5 mg L ⁻¹ putresin	3.00 bc	2.00 cd	2.33 b-d	2.44 c
1.0 mg L ⁻¹ putresin	3.00 bc	2.67 b-d	2.33 b-d	2.67 c
0.5 mg L ⁻¹ spermin	5.67 a	2.00 cd	3.33 b	3.67 ab
1.0 mg L ⁻¹ spermin	5.67 a	3.00 bc	3.33 b	4.00 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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 ⁻¹	9.00 a	1.33 g	1.33 g	3.89 b
0.5 mg L ⁻¹ putresin	7.00 b	3.00 ef	2.00 fg	4.00 b
1.0 mg L ⁻¹ putresin	5.33 c	3.33 ef	2.67 e-g	3.78 b
0.5 mg L ⁻¹ spermin	9.67 a	5.00 cd	3.33 ef	6.00 a
1.0 mg L ⁻¹ spermin	10.33 a	5.67 bc	3.67 de	6.56 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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 ⁻¹	5.56 A	1.33 H	1.33 H	2.74 b
0.5 mg L ⁻¹ putresin	3.78 b	2.00 f-h	1.89 gh	2.55 b
1.0 mg L ⁻¹ putresin	3.22 b-d	2.56 d-g	2.23 e-g	2.67 b
0.5 mg L ⁻¹ spermin	6.00 a	2.78 c-f	3.00 b-e	3.93 a
1.0 mg L ⁻¹ spermin	6.23 a	3.46 bc	3.22 b-d	4.30 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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				

*Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Ö.D: önemli değil

Membran Zararlanma İndeksi = (Lt - Lc / 1-Lc) x 100

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

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

Biyokimyasal analizler

Deneme sonunda eksplantlarda aşağıda ayrıntıları verilen antioksidan enzim aktiviteleri süperoksit dismutaz (SOD) ve lipid zararı (Malondialdehid-MDA) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Eksplant gelişimi sonunda antioksidan enzim aktiviteleri aşağıdaki metoda göre yapılmıştır.

Enzim ekstraksiyonu: 4.9 g örnek, 544 mM KCl, 5 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 edilir ve ayrılan süzüntüler enzim aktivite testi için kullanılmıştır (Hossain vd., 2010). SOD enzim aktivitesi Tang vd., (2004)'nin çalışmasında verilen prosedüre göre gerçekleştirilmiştir. O₂⁻ anyon radikali hipoksantin/ksantin oksidaz sistemi ile açığa çıkarılmıştır. Özetle, kallus örneklerinden elde edilen enzimleri içeren çözeltiden bir kısım KH₂PO₄/KOH (pH 7.4) tamponu içinde hazırlanmış Na₂EDTA, nitroblue tetrazolium klorür (NBT) ve hipoksantin (KOH çözeltisi içinde hazırlanmış) den oluşan reaksiyon karışımıyla oda sıcaklığında önceden inkübe edilmiştir. Reaksiyon ksantin oksidaz çözeltisinin eklenmesiyle başlatılmıştır. NBT'nin O₂

Çizelge 2. Festival çilek çeşidinde farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre sürgün boyu üzerine etkileri

Table 2. Effects of different polyamine concentrations on shoot length depending on subcultures in different *in vitro* salinity treatments in Festival strawberry cultivar

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin Uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Birinci alt kültür				
0 mg L ⁻¹	0.83 a	0.40 ab	0.26 ab	0.50 b
0.5 mg L ⁻¹ putresin	0.76 ab	0.63 ab	0.93 a	0.77 ab
1.0 mg L ⁻¹ putresin	0.83 a	0.53 ab	0.80 ab	0.72 ab
0.5 mg L ⁻¹ spermin	0.80 ab	0.66 ab	0.86 a	0.77 ab
1.0 mg L ⁻¹ spermin	0.93 a	0.73 ab	0.83 a	0.83 a
Tuz konsantrasyonları ort.	0.83	0.59	0.74	
LSD %5 tuz kons.: 0.312; LSD %5 poliamin uyg.: 0.540				
İkinci alt kültür				
0 mg L ⁻¹	1.16 bcde	0.46 de	0.36 e	0.66 c
0.5 mg L ⁻¹ putresin	1.16 bcde	0.66 de	0.83 de	0.88 bc
1.0 mg L ⁻¹ putresin	2.16 ab	0.93 cde	0.93 cde	1.34 ab
0.5 mg L ⁻¹ spermin	2.33 a	1.40 abcde	1.23 abcde	1.65 a
1.0 mg L ⁻¹ spermin	2.06 abc	1.56 abcd	1.43 abcde	1.68 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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				
Üçüncü alt kültür				
0 mg L ⁻¹	2.66 ab	0.63 f	0.33 f	1.21 b
0.5 mg L ⁻¹ putresin	2.33 abc	2.00 cde	1.60 e	1.97 a
1.0 mg L ⁻¹ putresin	2.83 a	1.93 cde	2.00 cde	2.25 a
0.5 mg L ⁻¹ spermin	2.26 abcd	2.10 bcde	1.86 cde	2.07 a
1.0 mg L ⁻¹ spermin	2.73 ab	1.63 de	1.63 de	2.00 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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	1.55 bc	0.50 e	0.32 e	0.79 c
0.5 mg L ⁻¹ putresin	1.42 dc	1.10 d	1.12 d	1.21 b
1.0 mg L ⁻¹ putresin	1.94 a	1.13 d	1.24 cd	1.44 a
0.5 mg L ⁻¹ spermin	1.80 ab	1.38 cd	1.32 cd	1.50 a
1.0 mg L ⁻¹ spermin	1.91 ab	1.31 cd	1.30 cd	1.50 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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				

* Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Ö.D: önemli değil

ile indirgenmesinden dolayı absorbandsındaki değişim 560 nm de bir spektrofotometre yardımıyla ölçülmüştür. NBT indirgenmesini %50 düşüren enzim çözeltisi konsantrasyonu, IC₅₀ olarak kaydedilmiştir.

Hücre zarlarının hasar görmesi olarak adlandırılabilen lipid peroksidasyonun bir ürünü olan malondialdehit (MDA) miktarı ise Madhavi ve Sresty (2000)'e göre ölçülmüştür. Bu amaçla 200 mg yaprak örneği üzerine 5 ml %0.1 trikloroasetik asit ilave edilmiştir ve elde edilen karışım 12500 rpm'de 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen 5 ml örneklerden 3 ml supernatant alınmıştır ve üzerine %20 trikloroasetik asit içeren 3 ml %0.1 tiobarbitirik asit eklenmiştir. Elde edilecek bu karışım 95 °C'deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Reaksiyon buz banyosunda sonlandırılacak ve ardından spektrofotometrede A532 ve A600 nm'de absorbands değerleri ölçülmüştür.

MDA=(A523-A600) x ekstrakt hacmi (ml)/155mM/cm x örnek miktarı (mg)

Deneme Deseni ve İstatistiksel Analizler

Deneme 3 tekerrürlü ve her tekerrürde, çoğaltma aşamasında 10 kültür kabı ve her kültür kabı için 2 eksplant kullanılmıştır. Denemeler, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre planlanmış olup, ortalamaların karşılaştırılmasında LSD Testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler ise SAS paket programında (SAS version 9.0) gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Sürgün Sayısı

Festival çilek çeşidinde, farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine etkileri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi, tuzluluk uygulamalarının eksplant başına düşen sürgün sayısı üzerine

Çizelge 3. Festival çilek çeşidinde farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre sürgün çoğalma oranı üzerine etkileri

Table 3. Effects of different polyamine concentrations on shoot growth rate depending on subcultures in different *in vitro* salinity treatments in Festival strawberry cultivar

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Birinci alt kültür				
0 mg L ⁻¹	100.00 a	40.00 bcd	20.00 d	53.33
0.5 mg L ⁻¹ putresin	100.00 a	46.66 bc	26.66 cd	57.77
1.0 mg L ⁻¹ putresin	93.33 a	46.66 bc	33.33 bcd	57.77
0.5 mg L ⁻¹ spermin	93.33 a	46.66 bc	33.33 bcd	57.77
1.0 mg L ⁻¹ spermin	100.00 a	53.33 b	33.33 bcd	62.22
Tuz konsantrasyonları ort.	97.33 a*	46.67 b	29.33 c	
LSD %5 tuz kons.: 10.794; LSD %5 poliamin uyg.: Ö.D.; LSD %5 tuz x poliamin: 24.137				
İkinci alt kültür				
0 mg L ⁻¹	100.00 a	33.33 b	20.00 b	51.11
0.5 mg L ⁻¹ putresin	100.00 a	40.00 b	26.66 b	55.55
1.0 mg L ⁻¹ putresin	100.00 a	33.33 b	26.66 b	53.33
0.5 mg L ⁻¹ spermin	100.00 a	33.33 b	20.00 b	51.1
1.0 mg L ⁻¹ spermin	100.00 a	40.00 b	26.66 b	55.55
Tuz konsantrasyonları ort.	100.00 a *	36.00 b	24.00 c	
LSD %5 tuz kons.: 10.371 ; LSD %5 poliamin uyg.: Ö.D.; LSD %5 tuz x poliamin: 23.190				
Üçüncü alt kültür				
0 mg L ⁻¹	100.00 a	26.66 b	20.00 b	48.88
0.5 mg L ⁻¹ putresin	100.00 a	26.66 b	20.00 b	48.88
1.0 mg L ⁻¹ putresin	100.00 a	33.33 b	26.66 b	53.33
0.5 mg L ⁻¹ spermin	100.00 a	26.66 b	26.66 b	51.11
1.0 mg L ⁻¹ spermin	100.00 a	33.33 b	26.66 b	53.33
Tuz konsantrasyonları ort.	100.00 a*	29.33 b	24.00 b	
LSD %5 tuz kons.: 8.467 LSD %5 poliamin uyg.: Ö.D.; LSD %5 tuz x poliamin: 18.935				
Alt kültür ortalaması				
0 mg L ⁻¹	100.00 a	33.33 BCD	20.00 E	51.11 *
0.5 mg L ⁻¹ putresin	100.00 a	37.77 bc	24.44 de	54.07
1.0 mg L ⁻¹ putresin	97.77 a	37.77 bc	28.89 cde	54.81
0.5 mg L ⁻¹ spermin	97.77 a	35.55 bcd	26.66 cde	53.33
1.0 mg L ⁻¹ spermin	100.00 a	42.22 b	28.89 cde	57.03
Tuz konsantrasyonları ort.	99.11 a*	37.33 b	25.77 c	
LSD %5 tuz kons.5.292 ; LSD %5 poliamin uyg.: Ö.D.; LSD %5 tuz x poliamin: 11.834				

* Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Ö.D: önemli değil

istatistiksel olarak etkisi gerek birinci alt kültürde, gerek ikinci alt kültürde ve gerekse üçüncü alt kültürde önemli bulunmuştur. Her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında ise en yüksek sürgün sayısının 4.95 adet/eksplant ile kontrol uygulamasında olduğu gözlenmiştir (Çizelge 1).

Araştırma bulgularımız, herhangi bir tuz uygulaması yapılmayan (Kontrol) *in vitro* koşullarda 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 fazla kırmızı renk oluşumunu teşvik ettiğini belirtmişlerdir.

Sürgün Boyu

Festival çilek çeşidinde, farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre sürgün boyu üzerine etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. Tuzluluk uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi birinci alt kültürde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Sürgün Çoğalma Oranı

Festival çilek çeşidinde, farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre sürgün çoğalma oranı üzerine etkileri Çizelge 3'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi her üç alt kültürün ortalaması olarak bakıldığında, en yüksek sürgün çoğalma oranı kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 3). Ayrıca değişik poliamin uygulamalarının Festival çilek çeşidinde sürgün çoğalma oranı etkisi her üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 3).

Çizelge 4. Festival çilek çeşidinde farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre solgunluk skalası üzerine etkileri

Table 4. The effects of different polyamine concentrations on wilt scale depending on subcultures in different *in vitro* salinity treatments in Festival strawberry cultivar

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Birinci alt kültür				
0 mg L ⁻¹	5.00 a	1.66 efg	1.00 g	2.55 c
0.5 mg L ⁻¹ putresin	5.00 a	2.66 bcd	1.33 fg	3.00 bc
1.0 mg L ⁻¹ putresin	5.00 a	2.66 bcd	1.66 efg	3.11 ab
0.5 mg L ⁻¹ spermin	5.00 a	3.00 bc	2.00 def	3.33 ab
1.0 mg L ⁻¹ spermin	5.00 a	3.33 b	2.33 cde	3.55 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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 ⁻¹	5.00 a	1.33 fg	1.00 g	2.44 d
0.5 mg L ⁻¹ putresin	5.00 a	2.33 cde	1.00 g	2.77 cd
1.0 mg L ⁻¹ putresin	5.00 a	2.66 cd	1.66 efg	3.11 bc
0.5 mg L ⁻¹ spermin	5.00 a	3.00 bc	2.00 def	3.33 ab
1.0 mg L ⁻¹ spermin	5.00 a	3.66 b	2.66 cd	3.77 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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 ⁻¹	5.00 a	1.00 e	1.00 e	2.33 b
0.5 mg L ⁻¹ putresin	5.00 a	2.00 d	1.00 e	2.66 b
1.0 mg L ⁻¹ putresin	5.00 a	2.66 bcd	2.00 d	3.22 a
0.5 mg L ⁻¹ spermin	5.00 a	3.00 bc	2.33 cd	3.44 a
1.0 mg L ⁻¹ spermin	5.00 a	3.33 b	2.33 cd	3.55 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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 ⁻¹	5.00 a	1.33 fg	1.00 g	2.44 d
0.5 mg L ⁻¹ putresin	5.00 a	2.33 de	1.11 g	2.81 c
1.0 mg L ⁻¹ putresin	5.00 a	2.66 cd	1.77 ef	3.14 c
0.5 mg L ⁻¹ spermin	5.00 a	3.00 bc	2.11 de	3.37 ab
1.0 mg L ⁻¹ spermin	5.00 a	3.44 b	2.44 cd	3.62 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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				

*Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Ö.D: önemli değil

Araştırmada değişik poliamin uygulamalarının Festival çilek çeşidinde sürgün çoğalma oranı üzerine etkisi her üç alt kültürde de istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve değerler 48.88 ile 62.22 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3).

Solgunluk Skalası

Çizelge 4'de, farklı *in vitro* tuzluluk uygulamalarında, değişik poliamin konsantrasyonlarının alt kültürlerle göre solgunluk skalası üzerine etkileri verilmiştir. Bu çizelgeye göre, 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.).

Araştırma bulgularımız, tuzluluk konsantrasyonu-na bağlı olarak solgunluk skalasının önemli derecede düştüğünü, eksplantlarda morfolojik olarak ge-

lişme kaybı, sarılık ve kuruma düzeyinin arttığını göstermiştir. Araştırmada, denenen her iki poliaminin kontrole göre solgunluk üzerine pozitif etkili olduğu belirlenirken, bu anlamda özellikle 0.5 ve 1.0 mg L⁻¹ sperminin ön plana çıktığı saptanmıştır. Araştırma bulgularımız, büyük ölçüde Pradhan vd., (2020) ile de benzerlik göstermiştir. Nitekim araştırmacılar, *in vitro* kuraklık koşullarında (%0, %5, %10 ve %15 PEG 6000) kültür edilen *Stevia rebaudiana* bitkisinde, Sodyum nitroprussid (SNP) (94, 544, 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.

Sürgün Yaş Ağırlığı

Çizelge 5'de, Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının

Çizelge 5. 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**Table 5.** The effects of different polyamine treatments on shoot fresh weight, shoot dry weight, shoot dry matter ratio and membrane damage index depending on salinity applications in Festival strawberry cultivar

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

*Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Ö.D: önemli değil

sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri verilmiştir. Kontrol uygulamasında, farklı poliamin uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamış olup, değerler 3.23 g ile 3.40 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 5).

Tuzluluk uygulamalarında değişik poliamin konsantrasyonlarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 6). Bu çizelgeye göre, en yüksek 3.40 g ile 0.5 mg L⁻¹ spermin ve 3.33 mg L⁻¹ ile 1.0 mg L⁻¹ 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 6).

Sürgün Kuru Ağırlığı

Festival çilek çeşidinde, tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkileri Çizelge 5'de verilmiştir. Kontrol uygulamalarında farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, en yüksek sürgün kuru ağırlığı 0.80 g ile 1.0 mg L⁻¹ spermin uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 5). Araştırmada, tuzluluk uygulamalarında 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⁻¹ spermin uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 6).

Sürgün Kuru Madde Oranı

Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına

göre, farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru madde oranı üzerine etkileri Çizelge 5'de verilmiştir. Kontrol uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının sürgün kuru madde oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tuzluluk uygulamalarının değişik poliamin konsantrasyonlarının sürgün kuru madde oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, en yüksek sürgün kuru madde oranı %24.38 ile 1.0 mg L⁻¹ spermin uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 6).

Membran Zararlanma İndeksi

Araştırmada, Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının membran zararlanma indeksi üzerine etkileri Çizelge 5'de verilmiştir. Kontrol uygulamasında farklı poliamin uygulamalarının membran zararlanma indeksi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 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 bağl 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 belirtmişlerdir.

Çizelge 6. 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

Table 6. The effects of different polyamine concentrations on shoot fresh weight, shoot dry weight, shoot dry matter ratio and membrane damage index in different *in vitro* salinity treatments in Festival strawberry cultivar

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
Sürgün Yaş Ağırlığı (g)				
0 mg L ⁻¹	3.23 ab	2.06 ef	1.60 f	2.30 b
0.5 mg L ⁻¹ putresin	3.23 ab	2.60 cd	2.06 ef	2.63 a
1.0 mg L ⁻¹ putresin	3.26 ab	2.70 c	2.20 de	2.72 a
0.5 mg L ⁻¹ spermin	3.40 a	2.83 bc	2.36 cde	2.86 a
1.0 mg L ⁻¹ spermin	3.33 a	2.80 bc	2.46 cde	2.86 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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 ⁻¹	0.56 bc	0.14 ef	0.11 f	0.27 c
0.5 mg L ⁻¹ putresin	0.50 c	0.19 def	0.13 ef	0.27 c
1.0 mg L ⁻¹ putresin	0.53 c	0.25 def	0.17 ef	0.31 bc
0.5 mg L ⁻¹ spermin	0.70 ab	0.26 de	0.18 ef	0.38 ab
1.0 mg L ⁻¹ spermin	0.80 a	0.33 d	0.17 ef	0.43 a
Tuz konsantrasyonları ort.	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 ⁻¹	17.43 bc	6.97 e	7.77 e	10.72 b
0.5 mg L ⁻¹ putresin	15.37 b-d	7.45 e	7.29 e	10.04 b
1.0 mg L ⁻¹ putresin	16.34 bc	9.29 de	7.78 e	11.13 ab
0.5 mg L ⁻¹ spermin	20.53 ab	9.51 de	7.62 e	12.55 ab
1.0 mg L ⁻¹ spermin	24.38 a	12.10 c-e	7.18 e	14.55 a
Tuz konsantrasyonları ort.	18.81 a	9.06 b	7.53 b	
LSD %5 tuz kons.: 2.741 LSD %5 poliamin uyg.: 3539 LSD %5 tuz x poliamin: 6.131				
Membran zararlanma indeksi				
0 mg L ⁻¹	6.29 d	16.47 b	23.48 a	15.41 a
0.5 mg L ⁻¹ putresin	8.44 d	15.19 bc	13.48 bc	12.37 b
1.0 mg L ⁻¹ putresin	8.12 d	15.44 bc	15.20 bc	12.92 ab
0.5 mg L ⁻¹ spermin	7.08 d	12.13 c	12.44 c	10.55 b
1.0 mg L ⁻¹ spermin	7.79 d	12.95 c	12.14 c	10.96 b
Tuz konsantrasyonları ort.	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				

*Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Ö.D: önemli değil

Malondialdehit (MDA)

Çizelge 7'de Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının MDA ve SOD içeriği üzerine etkileri verilmiştir. Kontrol uygulamasında tuz konsantrasyonlarının MDA üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Süperoksit Dismutaz (SOD)

Festival çilek çeşidinde, tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının SOD üzerine etkisi Çizelge 7'de verilmiştir. Kontrol uygulamasında, putresin uygulamalarının SOD içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Tuz konsantrasyonlarının SOD içeriği üzerine etkisi Çizelge 8'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. Araştırmamızda, poliamin uygulamalarının SOD içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Araştırma bulgularımız, tuzluluk konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, MDA ve SOD içeriğinin arttığını göstermiştir. Poliamin uygulamaları ise MDA içeriğini azaltırken, SOD içeriğini etkilememiştir. 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

Çizelge 7. Festival çilek çeşidinde tuzluluk uygulamalarına göre, farklı poliamin uygulamalarının MDA ve SOD üzerine etkileri**Table 7.** The effects of different polyamine treatments on MDA and SOD depending on salinity applications in Festival strawberry cultivar

Tuzluluk Uygulamaları	Poliamin uygulamaları	MDA	SOD
Kontrol	0 mg L ⁻¹	0.05 a	24.33
	0.5 mg L ⁻¹ putresin	0.04 ab	24.00
	1.0 mg L ⁻¹ putresin	0.04 ab	25.33
	0.5 mg L ⁻¹ spermin	0.03 b	24.33
	1.0 mg L ⁻¹ spermin	0.04 b	23.33
	LSD %5	0.010	ÖD
% 0.4 NaCl	0 mg L ⁻¹	0.08 a	33.66 ab
	0.5 mg L ⁻¹ putresin	0.06 bc	34.33 a
	1.0 mg L ⁻¹ putresin	0.06 c	34.00 ab
	0.5 mg L ⁻¹ spermin	0.06 c	34.00 ab
	1.0 mg L ⁻¹ spermin	0.07 b	35.00 a
	LSD %5	0.008	1.666
% 0.8 NaCl	0 mg L ⁻¹	0.08 a	34.00 b
	0.5 mg L ⁻¹ putresin	0.07 ab	35.33 a
	1.0 mg L ⁻¹ putresin	0.08 ab	35.33 a
	0.5 mg L ⁻¹ spermin	0.07 b	33.33 b
	1.0 mg L ⁻¹ spermin	0.07 b	33.66 b
	LSD %5	0.010	1.286

*Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Ö.D: önemli değil

Çizelge 8. Festival çilek çeşidinde farklı tuzluluk ve poliamin uygulamalarının MDA ve SOD üzerine etkileri**Table 8.** Effects of different salinity and polyamine treatments on MDA and SOD in Festival strawberry cultivar

Poliamin uygulamaları	Tuz Konsantrasyonları (%)			Poliamin uygulamaları ortalaması
	Kontrol	% 0.4 NaCl	% 0.8 NaCl	
MDA (μmol / g yaş ağırlık)				
0 mg L ⁻¹	0.05 e	0.08 a	0.08 a	0.07 a
0.5 mg L ⁻¹ putresin	0.04 fg	0.06 cd	0.07 bc	0.06 b
1.0 mg L ⁻¹ putresin	0.04 ef	0.06 d	0.08 ab	0.06 b
0.5 mg L ⁻¹ spermin	0.03 g	0.06 d	0.07 bcd	0.05 b
1.0 mg L ⁻¹ spermin	0.04 fg	0.07 bc	0.07 bcd	0.05 b
Tuz konsantrasyonları ort.	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 ⁻¹	24.33 b	33.66 a	34.00 a	30.66
0.5 mg L ⁻¹ putresin	24.00 b	34.33 a	35.33 a	31.22
1.0 mg L ⁻¹ putresin	25.33 b	34.00 a	35.33 a	31.55
0.5 mg L ⁻¹ spermin	24.33 b	32.66 a	33.33 a	30.11
1.0 mg L ⁻¹ spermin	23.33 b	35.00 a	33.66 a	30.66
Tuz konsantrasyonları ort.	24.26 b	33.93 a	34.33 a	
LSD %5 tuz kons.: 1.315	LSD %5 poliamin uyg.: Ö.D		LSD %5 tuz x poliamin: 2.941	

*Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Ö.D: önemli değil

(MDA)'nın hücre zarındaki lipidlerin bozulma durumunu gösteren kimyasal bir madde olduğunu ve tuza toleranslı genotiplerin, duyarlı genotiplere nazaran daha az miktarda MDA ürettiklerini; Yaşar vd., (2006), MDA'nın dayanıklı çeşitlerde, hassas çeşitlerden daha düşük gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Sonuç

Araştırmada, tuzluluk konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak, sürgün sayısı, sürgün boyu, sürgün çoğalma oranı ve solgunluk skalasında önemli oranda düşüşler belirlenmiştir. Poliamin uygulamalarının sürgün sayısı üzerine etkisi incelendiğinde

ise en yüksek sürgün sayısı 1.0 mg L⁻¹ spermin uygulaması avantajlı bulunurken, bunu 0.5 mg L⁻¹ spermin uygulaması izlemiştir. Ayrıca putresinin yüksek dozu ile sperminin tüm dozları eksplant sürgün uzunluğu bakımından en yüksek değerleri oluştururken, sperminin denenen her iki dozu da solgunluk skalası bakımından üstün değerler göstermiştir (Çizelge 4).

Araştırma sonuçlarımızdan aldığımız verilere göre, *in vitro* düzeyde çilek bitkilerinde, poliamin kullanımının tuzluluğa karşı toleransı artırdığı belirlenmiştir. Bu sonuç, bize *in vivo* koşullar altında da büyük ölçüde benzer sonuçlar gösterebileceğini ifade etmektedir. 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.

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.

Akbari A, Khademi O, Sharafi Y, Tabatabaei SJ, 2017. Effects of Putrescine Treatment On Strawberry Fruit cv. 'Camarosa' Under NaCl Salinity Stress. Journal of Crops Improvement 19 (1):147-161.

Ashraf M, Haris PJC, 2004. Potential Biochemical Indicators of Salinity Tolerance in Plants. Plant Science 166:3-6.

Ashraf M, Foolad MR, 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Boz İ, Kiliç O. 2021. Türkiye’de Organik Tarımın Gelişmesi İçin Alınması Gereken Önlemler. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 8(3):390-400.

Cherian S, Reddy MP, 2003. Evaluation of NaCl Tolerance in the Callus Cultures of *Suaeda Nudiiflora* Moq. Biologia Plantarum 43:193-98.

Çukur, T., Isin, F. 2008. İzmir İli Torbalı İlçesinde Sanayi Domatesi Üreticilerinin Tarımın Çok Fonksiyonluluğu Kavramına Bakış Açıları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 45, 185-194.

Guo J, Shen Y, 2018. Polyamines Regulate Strawberry Fruit Ripening. Plant Physiology 177:339-351.

Gyawali K. 2018. Pesticide Uses and its Effects on Public Health and Environment. Journal of Health Promotion, 6, 28-36.

Hossain MA, Hasanuzzaman M, Fujita M, 2010. Up-regulation of Antioxidant and Glyoxalase Systems by Exogenous Glycine betaine and Proline in Mung Bean Confer Tolerance to Cadmium Stress. Physiology and Molecular Biology of Plants 16: 259-272.

Hussain SS, Ali M, Ahmad M, Siddique K HM, 2011. Polyamines: Natural and Engineered Abiotic and Biotic Stress Tolerance in Plants. Biotechnology Advances 29:300-311.

Karaca, C. 2013. Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım Politikaları: Tarım Sektöründe Atıl ve Yenilenebilir Enerji Kaynakların Değerlendirilmesi. Tarım Eko-

nomisi Dergisi. 19(1): 1-11.

Keutgen AJ, 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 O, Boz İ, Eryılmaz GA. 2020. Comparison of conventional and good agricultural practices farms: A socio-economic and technical perspective. Journal of Cleaner Production, 258, 120666.

Kodaş R, Er C. 2012. Tahıllarda Organik Yetiştiricilik. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 26(1):103-116.

Koyro HW, 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.

Mc Grew JR, 1965. Eradication of Latent C Virüs in The Suwanne Variety of Strawberry by Heat Plus Excised Runner Tip Culture. Phytopathology 55: 480-482.

Murashige T, Skoog F, 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures. Physiol Plant 15:473-497.

Madhave R, KV, Sresty TVS, 2000. Antioxidative Parameters in the Seedlings of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in Response to Zn and Ni Stresses. Plant Science 157:113-128.

Stevens J, Senaratna T, 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.

Tang H, Wyckoff GJ, Lu J, Wu C, 2004. A Universal Evolutionary Index for Amino Acid Changes. Molecular Biology and Evolution 21(8):1548-1556.

Turhan, Ş. 2005. Tarımda Sürdürülebilirlik ve Organik Tarım. Tarım Ekonomisi Dergisi. 11(1): 13 - 24.

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, 97s. Van.

Yakıt S, Tuna AL, 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.

Yaşar, F., Ellialtıoğlu, S. and Kusvuran, S. 2006. Ion and Lipid Peroxide Content in

Sensitive and Tolerant Eggplant Callus Cultured under Salt Stress. European Journal of Horticultural

Science 71 (4): 169–172.

Yavuzlar EE, Adak N, 2019. Farklı Çilek Genotiplerinin *In vitro* Tuzluluk Tolerans Düzeyleri Üzerine Araştırmalar, Hasat Uluslararası Tarım ve Orman Kongresi, 21-23 Haziran 2019,- 75-87 Ankara.

Zhang RH, Li J, Guo SR, Tezuka T, 2009. Effects of Exogenous Putrescine on Gas-Exchange Characteristics and Chlorophyll Fluorescence of NaCl-Stressed Cucumber Seedlings. Photosynthesis Research 100:155–162.

