

Kopolimerlerin Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkilerine Etkisinin Biyokimyasal Olarak İncelenmesi

Gülben TORĞUT^{1*}, Gülçin BEKER AKBULUT²

ÖZET: Bu çalışmada, biyobozunur özellik gösteren ve 4 farklı oranda sentezlenen poli(etilen oksit)-ko-(ϵ -kaprolakton) [poli(EO-ko- ϵ -CL)] kopolimerinin tarımda tuz stresine karşı cevabını incelemek için mısır (*Zea mays* L. cv. "72 May 99") bitkilerine uygulama yapılmıştır. Mısıra, kopolimerler, 200 mM tuz (NaCl) çözeltisi ve hem kopolimerler hem de tuz çözeltisi birlikte uygulanarak kontrol gruplarıyla karşılaştırılmıştır. Kopolimerlerin ve tuzluluğun bitki gelişimine etkisini değerlendirmek için lipid peroksidasyonu, pigment ve toplam karbonhidrat içeriği gibi bazı biyokimyasal analizler yapılmıştır. Kopolimerlerin, klorofil içeriğinin yanı sıra lipid peroksidasyon içeriğinin bir ürünü olan malondialdehit (MDA) ve toplam karbonhidrat içeriği üzerinde de olumlu bir etkisi olduğu saptanmıştır. Ayrıca mısır bitkisinde bu kopolimerlerden poli (EO-ko- ϵ -CL1:4)'ün, tuzluluğun zararlı etkilerinin önlenmesinde diğer kopolimerlerden daha etkili olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, incelenen tüm parametrelerin tuz stresinden olumsuz etkilendiği görülürken, kopolimer uygulamasının tuz stresine cevapta olumlu etki oluşturduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyobozunur kopolimer, tuz stresi, mısır, MDA, klorofil

Biochemical Investigation of Effects of Copolymers on Corn Plants Under Salt Stress

ABSTRACT: In this study, in order to investigate possible applications in agriculture of biodegradable poly (ethylene oxide) -co- (ϵ -caprolactone) [poly (EO-co- ϵ -CL)] copolymer synthesized in 4 different ratios, growth analysis was performed in corn plants. Copolymers, 200 mM salt (NaCl) solution and both copolymers and salt solution were applied to the corn together and compared with the control groups. To evaluate the effect of copolymers and salinity on plant growth, some biochemical analyzes such as lipid peroxidation, pigment and total carbohydrate content were performed. It was determined that copolymers had a positive effect on malondialdehyde (MDA) a product of lipid peroxidation and total carbohydrate content as well as chlorophyll content. Furthermore, poly (EO-co- ϵ -CL1:4) of these copolymers was more effective than other copolymers in preventing the harmful effects of salinity on the growth of corn plants. As a result, it was observed that all parameters examined were negatively affected by salt stress, while copolymer application had a positive effect.

Keywords: Biodegradable copolymer, salt stress, corn, MDA, chlorophyll.

¹ Gülben TORĞUT (Orcid ID: 0000-0003-1730-1152), Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Tunceli, Türkiye

² Gülçin BEKER AKBULUT (Orcid ID: 0000-0002-4964-6780), Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Battalgazi Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bitkileri Bölümü, Malatya, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Gülben TORĞUT, e-mail: gtorgut@munzur.edu.tr

Makale 28-29 Haziran 2019 tarihlerinde Ankara'da düzenlenen "2. Uluslararası Avrasya Biyolojik ve Kimya Bilimleri Konferansı"nda sözlü olarak sunulmuştur.

Geliş tarihi / Received: 11-11-2019
Kabul tarihi / Accepted: 23-01-2020

GİRİŞ

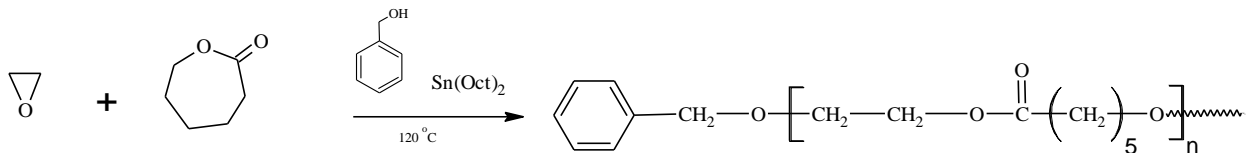
Biyobozunur polimerler, bakteri, mantar, alg, maya ve diğer mikroorganizmaların doğada etkisiyle çözünen polimerler olarak adlandırılırlar (Puccini ve ark., 2017). Sentetik olarak üretilen ancak biyolojik olarak parçalanabilen poli (laktik asit) (PLA), poli (ϵ -kaprolakton) (PCL), poli (glikolik asit) (PGA), biyolojik olarak parçalanabilen polimer örnekleridir (Lungu ve ark., 2004; Okada, 2002). Başlatıcı olarak benzil alkol ve katalizör olarak da kalay (II) oktatın [$\text{Sn}(\text{Oct})_2$] kullanıldığı halka açılma polimerizasyonu, bu polimerlerin hazırlanmasında kullanılan yöntemlerden biridir (Torğut ve Demirelli, 2016). PCL düşük fiyatı, farklı tıbbi uygulamaları, yavaş bozulması gibi özellikleri nedeniyle araştırmacılar için dikkat çekmektedir (Seggiana ve ark., 2018). Son yıllarda, biyobozunur malzemelerin tarımsal uygulamalarda üretimini ve işleyişini incelemek için araştırma merkezleri kurulmuştur (Mugnozza ve ark., 2004).

Toprak tuzluluğu, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkilerin vegetatif ve generatif gelişimini ve buna bağlı olarak da meyve tutumunu önemli ölçüde etkileyen önemli bir abiyotik stres faktörüdür. Tuz stresinin fizyolojik ve biyokimyasal süreçler üzerinde etkileri yıkıcı olabilmektedir. Yüksek tuz konsantrasyonu toksiktir ve ürünlerin ekonomik verimini ve kalitesini düşürmektedir (Serna ve ark., 2015). Yüksek tuz konsantrasyonu, hücresel iyonların dengesizliğine yol açabilir. Genler ve enzimler üzerinde toksik etkiler oluşturabilir ve fotosentezi azaltır (Moharramejad ve Taherkhani, 2015; Muchate ve ark., 2019). Tarım arazilerinin yaklaşık %20'sinin tuz stresinden etkilendiği belirtilmektedir. Bu nedenle, tuza toleranslı ürünler yetiştirmek ve mahsul verimini azaltma problemini çözmek için tuz stresinin fizyolojik mekanizmalarını anlamak çok önemlidir.

Literatür değerlendirmelerinde biyolojik olarak parçalanabilen poli (EO-ko- ϵ -CL) kopolimerlerinin NaCl stresi altında yetişen mısır bitkilerini nasıl etkilediği konusunda araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada değişken ϵ -CL oranları ile amfilik ve biyobozunur olan poli (EO-ko- ϵ -CL) kopolimerlerinin tuz stresi altındaki *Zea mays* L. cv. "72 May 99" üzerindeki etkileri pigment içeriği, MDA ve toplam karbohidrat içeriği incelenerek değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan kopolimerler, önceki çalışmamızda (Beker Akbulut ve Torğut, 2020) sentezlenen ve karakterize edilen kopolimerlerdir. Sodyum klorür (NaCl) Sigma-Aldrich'ten temin edilmiştir. Tüm kimyasallar analitik saflıkta kullanılmıştır. *Zea mays* L. cv. "72 May 99" tohumları May Tohum Şirketi'nden sağlanmıştır. Kopolimerlerin sentez reaksiyonu ve kimyasal yapısı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kopolimerlerin kimyasal yapısı

Stres Uygulamaları ve Büyüme Koşulları

Zea mays cv. "72 May 99" tohumları, % 5 sodyum hipoklorit çözeltisi ile 10 dakika süreyle sterilize edilmiş ve distile suyla yıkanarak toprak içeren plastik saksılara ekilmiştir. Hoagland çözeltisi kullanılarak üç günde bir saksılar sulanmıştır. Deney, kontrollü koşullar altında bir kültür odasında yapılmıştır. Oda sıcaklığı 23 ± 2 °C'ye, nem % 60'a ayarlanmıştır. Deney düzeneği aşağıdaki gibi 4 gruba ayrılmıştır: (a) sadece toprak (kontrol), (b) ayrı ayrı dört kopolimerle muamele edilmiş toprak [poli (EO-ko-ε-CL1:1, poli (EO-ko-ε-CL01:2), poli (EO-ko-CL01:3), poli (EO-ko-ε-CL1:4)] (c) NaCl çözeltisi ile muamele edilmiş toprak ve (d) kopolimerler ve NaCl çözeltisi ile muamele edilmiş toprak. Kopolimer (0.5 g) ve 200 mM NaCl uygulaması tohumların ekimden beş gün sonra başlatılmıştır. Uygulama için seçilen 200 mM NaCl konsantrasyonu ön çimlenme denemeleri ile belirlenmiştir. Kontrol ve kopolimer grupları sadece Hoagland çözeltisi kullanılarak sulanırken, stres grupları her bir saksıya 20 mL 200 mM NaCl çözeltisi kullanılarak sulanmıştır. Çimlenmeden 21 gün sonra tüm uygulama için toplanan yaprak örnekleri sıvı azot içinde dondurularak analize kadar -80 ° C'de saklanmıştır.

Lipid Peroksidasyonu (MDA Analizi)

Lipid peroksidasyonunun göstergesi olan MDA analizi Heath ve Packer (1968)'a göre yapılmıştır. Öncelikle 0.5 g taze yaprak dokusu 5 mL %0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) içinde homojenize edilmiştir ve homojenat 10.000 rpm'de 5 dakika süreyle santrifüjlenmiştir. Elde edilen süpernatanın 2 mL'sine, 2 mL %0.5'lik thiobarbiturik asit (TBA) çözeltisi ilave edilerek karışım 30 dakika boyunca 95 °C'deki su banyosunda inkübe edilmiştir. (TBA % 20'lik TCA içerisinde hazırlanmıştır). Süre bitiminde örnekler buz banyosunda soğutulmuştur. Son karışım, 15 dakika 10.000 rpm'de santrifüj edildikten sonra absorbans 532 nm ve 600 nm'de UV-spektrofotometre ile ölçülmüştür. MDA içeriği, 155 mM^{-1} 'lık ekstinksiyon katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar $\mu\text{mol/MDA g}^{-1}$ taze ağırlık olarak saptanmıştır.

Pigment Analizi

Pigmentlerin ekstraksiyonu işleminde De Kok ve Graham (1980) yöntemi kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemleri için öğütülen taze yaprak örneklerinden 1'er gram alınıp 50 mL aseton (%100'lük-Merck) içerisine konularak homojenize edilmiştir. Daha sonra ışık görmeyecek şekilde alüminyum folyo ile kapatılmış erlenlere konularak erlenlerin ağzı parafilmle sarılmıştır. Çalkalamalı etüvde 30 dk homojenize edilerek 4 °C'ye ayarlı buzdolabında 24 saat süreyle bekletilmiştir. Örnekler süzülerek 1/5 oranında su ilave edilerek çalkalamalı etüvde 15 dk tekrar homojenize edilip buzdolabında 24 saat süreyle bekletilmiştir. Örnekler 24 saat sonra 3000 devir/dk'da 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneklerin absorbans değerleri Lichtenthaler ve Welburn (1983)'a göre 662, 645, 470 nm'de okunarak klorofil a (Kl-a) , klorofil b (Kl-b), karotenoid (Kar) ve toplam klorofil miktarları hesaplanmıştır.

Toplam Karbohidrat Analizi

Toplam karbohidrat miktarı Rosenberg (1980)'in önerdiği yönteme göre ölçülmüştür. Yaprak örnekleri küçük parçalara ayrılarak 50 °C'de 1 gün bekletilmiştir. Daha sonra blendırda öğütülmüş ve tekrar 50 °C'de 1 gece tutulmuştur. Desikatörde 1 saat bekletilen numunelerden 0.2 gr tartılarak, 5 mL % 72'lik H₂SO₄ ilave edilip 3 saat hidroliz edilmiştir. 45 mL distile su eklenen örnekler 1 gece buzdolabında bekletilmiştir. Örnekler filtre kağıdı ile süzülmüştür. Süzüntünün 1/100 oranında seyreltilmesinden sonra, 500 μL ' sine 2 ml antron reaktifi eklenip, vortekslenmiştir ve tüplere konularak ağızları alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Tüpler kaynar su banyosunda 10 dakika tutulmuş ve sonra distile su ile aynı işlemler

gerçekleştirilerek kontrole karşı 620 nm’de UV spektrofotometre ile okunmuştur. Glikoz değerleri Slide programına girilen standart değerlere göre hesaplanmıştır.

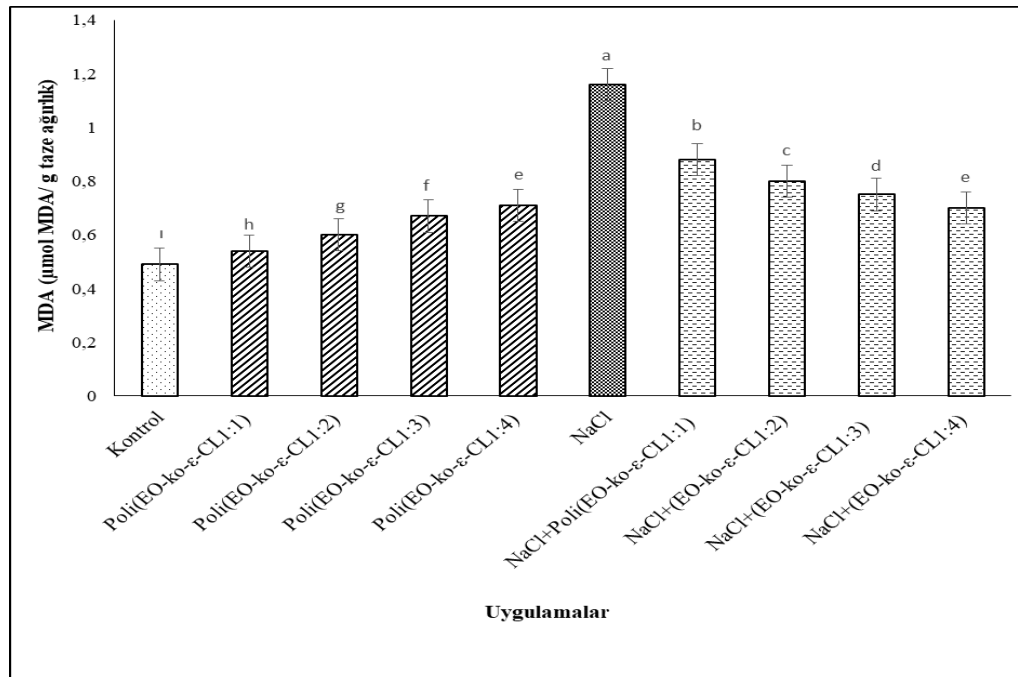
İstatistik Analizler

Elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmeleri bilgisayarda SPSS 17.0 programında yapılmıştır. Bu programda varyans analizi yapılarak önem kontrolü için de Duncan (1955) testi uygulanmıştır ($p<0.05$).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Poli(EO-ko-ε-CL) Kopolimer Serisinin Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Zea mays* L. cv. '72 May 99' Bitkisinde Lipid Peroksidasyonu Üzerine Etkisi

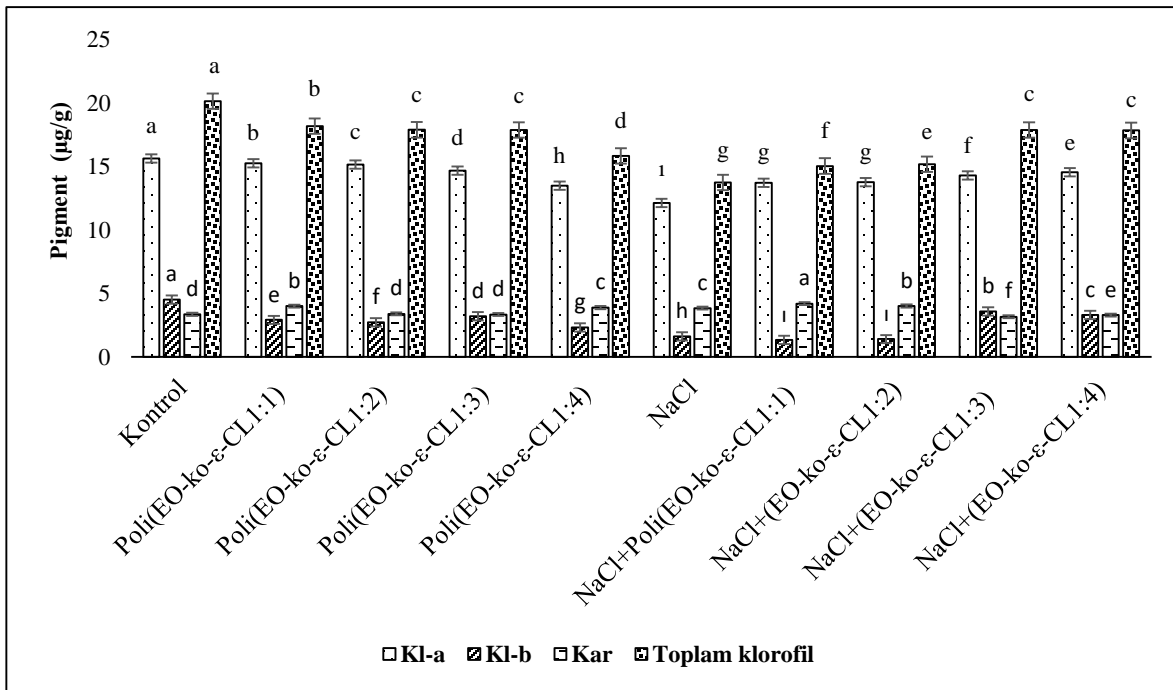
MDA içeriğinin ölçülmesi ile belirlenen lipid peroksidasyonu, tuz stresi koşulları altında hücre membran hasarını gösteren en önemli kriterdir (Koca ve ark., 2007). Bu araştırmada tuz stresinin MDA içeriğinde önemli derecede artışa neden olduğu gözlenmiştir. Kontrole (0.49 μmol MDA/g taze ağırlık) kıyasla kopolimer uygulaması sonrasında gözlenen MDA içeriğindeki artış ve NaCl (1.16 μmol MDA/g taze ağırlık) uygulamasına kıyasla NaCl ve kopolimer uygulanan gruplardaki MDA içeriğindeki azalış sonucunda kopolimer uygulaması ile tuza tolerans özelliğinin bağlantılı olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Tuz stresi uygulanan grupla karşılaştırıldığında, tuz stresi ve kopolimerlerin uygulandığı grupta MDA içeriğinde azalış meydana gelmiştir. En düşük MDA içeriği kontrol grubunda 0.49 μmol MDA/g taze ağırlık olarak bulunmuştur. En yüksek MDA içeriği ise NaCl uygulanan gruplarda 1.16 μmol MDA/g taze ağırlık olarak saptanmıştır. Şekil 2 incelendiğinde NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:4) kopolimer uygulamasının tuz stresi uygulanan grupta MDA aktivitesinde büyük oranda iyileştirici etki gösterdiği saptanmıştır.



Şekil 2. Kopolimerlerin NaCl stresi altında *Zea mays* L.cv. '72 May 99' bitkisinde lipid peroksidasyonu üzerindeki etkileri. Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistik açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu Duncan testi ile belirlenmiştir

Poli(EO-ko-ε-CL) Kopolimer Serisinin Tuz stresine maruz bırakılan *Zea mays* L. cv. '72 May 99' Bitkisinin Pigment İçeriği Üzerine Etkisi

Tuzluluk gibi stres koşulları klorofil içeriğinin azalmasına neden olarak bitki büyümesinde olumsuzluğa yol açmaktadır (Sudhir ve Murthy, 2004). Tuz stresi koşullarında mısır bitkisinde kopolimer poli(EO-ko-ε-CL) uygulamasının Kl-a, Kl-b Kar ve toplam pigment içeriği üzerine olan etkileri istatistiksel olarak Şekil 3'de verilmiştir. Tuz uygulamasının oluşturduğu strese bağlı olarak toplam klorofilin yanı sıra Kl-a, Kl-b ve Kar pigmentlerinin de yıkıma uğradığı ve miktarlarında büyük oranda azalma olduğu saptanmıştır. NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:1), NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:2), NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:3), ve NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:4) uygulanan gruplardaki Kl-a içeriği sadece NaCl uygulanan gruplara kıyasla daha yüksek bulunmuştur. En yüksek Kl-b içeriği kontrol grubunda 4.51 µg/g olarak saptanmıştır. Kar verileri incelendiğinde en yüksek Kar değeri 4.19 µg/g olarak NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:1) uygulanan grupta belirlenmiştir. Toplam klorofil içeriği değerlendirildiğinde en yüksek toplam klorofil içeriği kontrol grubunda 20.14 µg/g olarak saptanmıştır. En düşük toplam klorofil içeriği ise 13.73 µg/g olarak NaCl uygulanan gruplarda bulunmuştur (Şekil 3). Sonuç olarak, 200 mM tuz uygulamasının mısır bitkisinin fotosentetik metabolizması üzerinde olumsuz etkisinin olduğu ayrıca strese cevapta rollerini araştırdığımız dört kopolimerin de bu olumsuz etkiyi azalttığı bulgularımız ile saptanmıştır (Şekil 3).

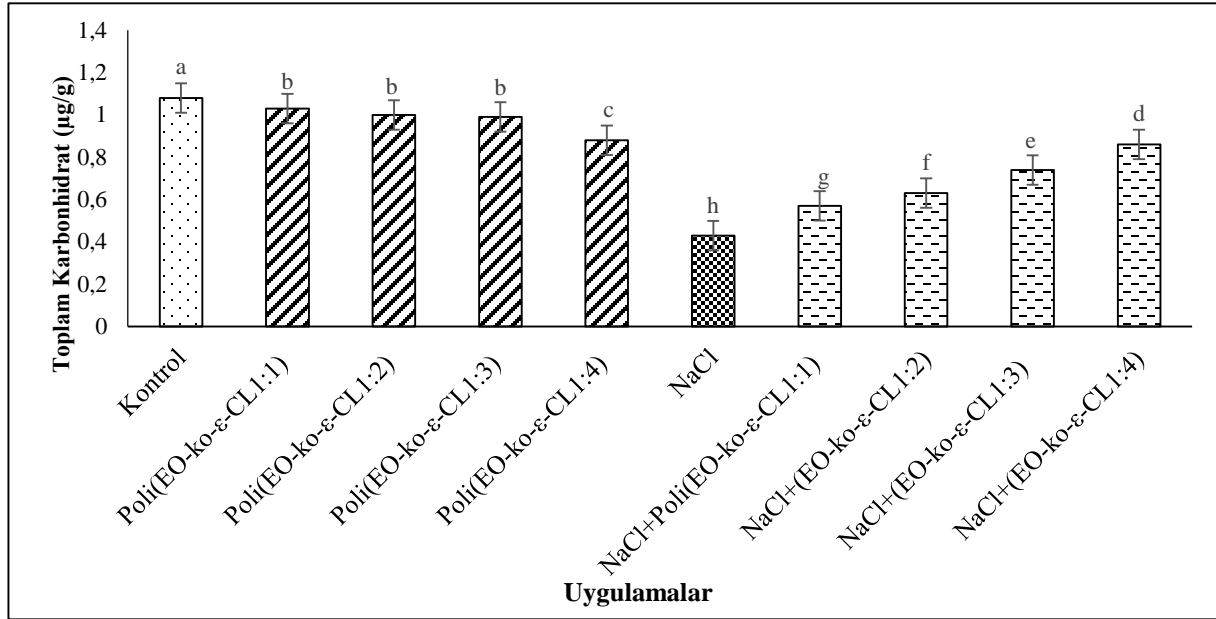


Şekil 3. Kopolimerlerin NaCl stresi altında *Zea mays* L. cv. '72 May 99' bitkisinde pigment üzerindeki etkileri. Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu Duncan testi ile belirlenmiştir

Poli(EO-ko-ε-CL) Kopolimer Serisinin Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Zea mays* L. cv. '72 May 99' Bitkisinin Toplam Karbonhidrat İçeriği Üzerine Etkisi

Bitkilerde karbonhidrat içeriğini etkileyen ve en yaygın kullanılan stres faktörleri, tuz stresi, ışık şiddeti ve sıcaklıktır (Torğut ve Beker Akbulut, 2018). Kontrol, tuz ve kopolimer uygulaması yapılan

gruplarda toplam karbonhidrat içeriği değerlendirildiğinde en yüksek toplam karbonhidrat içeriği kontrol grubunda 1.08 µg/g olarak saptanmıştır. En düşük toplam karbohidrat içeriği ise 200 mM NaCl uygulanan gruplarda 0.43 µg/g olarak bulunmuştur. Birçok çalışmada tuz varlığında karbonhidrat içeriğinde bir düşüş olduğu belirlenmiştir (Kerepesi ve Galiba, 2000; Torğut ve Beker Akbulut, 2018). NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:1), NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:2), NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:3) ve NaCl+Poli(EO-ko-ε-CL1:4) uygulamasının NaCl stresinin olumsuz etkisini %50-%85 oranında azalttığı görülmüştür. İstatistiksel sonuçlar Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Kopolimerlerin NaCl stresi altında *Zea mays* L.cv. ‘72 May 99’ bitkisinde toplam karbonhidrat üzerindeki etkileri. Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu Duncan testi ile belirlenmiştir

SONUÇ

Bu çalışmada, biyobozunur poli (EO-ko- ε-CL) kopolimerlerinin tuz stresi (200 mM NaCl) altındaki *Zea mays* L. cv. “72 May 99” üzerindeki etkileri pigment, MDA ve toplam karbohidrat içeriği araştırılarak saptanmaya çalışılmıştır. Sonuçlar farklı ε-CL'ye sahip olan kopolimerlerin bitkilerin büyümesini destekleyebileceğini, MDA konsantrasyonunu azaltabileceğini, toplam karbonhidrat içeriğini iyileştirebileceğini ve pigment içeriğini artırabileceğini göstermiştir. Kopolimerlerin 200 mM’lık tuz çözeltisi ile birlikte uygulanmasının, NaCl'nin mısır bitkileri üzerindeki olumsuz etkisini önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır. Bu nedenle kopolimerlerin tuzluluğa karşı koruyucu bir etkisi olduğu sonuçlarımız ile desteklenmektedir. Ayrıca poli (EO-ko-ε-CL1:4) kopolimerinin mısır yapraklarında tuz stresinin azaltılmasında daha etkili olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak tuz stresi ile mücadelede araştırmamızda kullandığımız kopolimerler ile olumlu cevaplar almamız nedeni ile önemli bir sonuç elde edilmiştir. Bundan sonra bitki gelişimi ve büyümesini teşvik etmesi ile ilgili farklı araştırmaların yapılması ile bu kopolimerlerin uygulamasının tuz stresinin çözümünde önemli bir kaynak olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından (MFMUB017-08) kodlu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Beker Akbulut G, Torğut G, 2020. Biochemical responses of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars to the interaction effects of biodegradable polymer and salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29:1, 222–230.
- De-Kok L, Graham M, 1980. Levels of pigments, soluble proteins, amino acids and sulfhydryl compounds in foliar tissue of *Arabidopsis thaliana* during dark induced and natural senescence. *Plant Physiology and Biochemistry*, 27: 133–142.
- Duncan DB, 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11: 1–42.
- Heath RL, Packer L, 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplast, I. kinetics stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives Biochemistry Biophysics*, 125: 180.
- Kerepesi I, Galiba G, 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. *Crop Science*, 40: 482-487.
- Koca H, Bor M, Özdemir F, Türkan I, 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 60: 344-351.
- Lichtenthaler K, Welburn AR, 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11: 591–592.
- Lungu M, Pascu MC, Bumbu GG, Darie H, Vasile C, Moldovan L, 2004. Bioartificial polymeric materials based on plasticized PVC/natural polymer blends. I. Binary plasticized PVC/hydrolyzed collagen blends. *International Journal of Polymeric Materials*, 53: 525–540.
- Moharramnejad S, Taherkhani T, 2015. Response of antioxidant enzyme activity and pigment content in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings under salt stress. *Cumhuriyet University Faculty of Science, Science Journal (CSJ)*, 36: 2828-2833
- Muchate SN, Rajurkar NS, Suprasanna P, Nikam TD, 2019. NaCl induced salt adaptive changes and enhanced accumulation of 20-hydroxyecdysone in the in vitro shoot cultures of *Spinacia oleracea* (L.), 9: 12522-12531
- Mugnozza GS, Schettini E, Vox G, 2004. Effects of solar radiation on the radiometric properties of biodegradable films for agricultural applications. *Biosystems Engineering*, 87: 479–487.
- Okada M, 2002. Chemical synthesis of biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science*, 27:87–133.
- Puccini M, Stefanelli E, Seggiani M, Balestri E, Vitolo S, 2017. Biodegradability of polyethylene/hydrolyzed collagen blends in terrestrial and marine environmental conditions. *Journal of Renewable Materials*, 5: 117–123.
- Rosenberg S, 1980. Physiological studies of lignocellulose degradation by thermotolerant mold *Chrysosporium prunosum*. *Symposium on the biological transformation of lignocellulose* 12: 133–142.

- Seggiana M, Altieri R, Puccini M, Stefanelli E, Esposito A, Castellani F, Stanzione V, Vitolo S, 2018. Polycaprolactone-collagen hydrolysate thermoplastic blends: Processability and biodegradability/compostability. *Polymer Degradation and Stability*, 150: 13–24.
- Serna M, Coll Y, Zapata PJ, Botella MA, Pretel MT, Amorós A, 2015. A brassinosteroid analogue prevented the effect of salt stress on ethylene synthesis and polyamines in lettuce plants. *Horticultural Science*, 185: 105–112.
- Sudhir P, Murthy SDS, 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica*, 42, 481-486.
- Torğut G, Demirelli K, 2016. Block copolymerization of methylmethacrylate via ATRP method using a macroinitiator produced by ring opening polymerization: Characterization, dielectric properties, and a kinetic investigation. *Journal of Macromolecular Science, Part A Pure and Applied Chemistry*, 53: 669-676.
- Torğut G, Beker Akbulut G, 2018. Effect of the novel biodegradable copolymer and soil salinity on the growth of corn plant. *Advances in Polymer Technology*, 37: 3588-3595.