

Farklı Tuz Stresi Altındaki *Gerbera jamesonii* Bitkilerinin Gelişimi ve Kalitesi Üzerine Farklı Hidrojel Dozu Uygulamalarının Etkisi

Fazilet PARLAKOVA KARAGÖZ^{1*}, Hilal DURSUN², Atilla DURSUN³, Nahit AKTAŞ⁴

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum; ORCID: 0000-0001-7417-1716

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara; ORCID: 0000-0002-7869-655X

³Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum; ORCID: 0000-0002-8475-8534

⁴Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Van; ORCID: 0000-0001-9341-607X
Gönderilme Tarihi: 1 Ekim 2024 Kabul Tarihi: 24 Aralık 2024

ÖZ

Bu çalışma, sera koşullarında farklı tuzluluk seviyelerindeki saksılarda yetiştirilen beyaz renkli Gerbera (*Gerbera jamesonii* (Gerbera colorbloom white dark eye) çiçeklerinin bitki gelişimi üzerine hidrojel uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme konularını 4 farklı tuzluluk (NaCl) seviyesi [EC₁: çeşme suyu (0,26 dS/m), EC₂: 3,7 dS/m, EC₃: 5,7 dS/m, EC₄: 8,7 dS/m)] ve 2 farklı hidrojel (H₁: 5.0 g/saksı ve H₀: 0.0 g/saksı) dozu oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; EC₄ tuzluluk düzeyinde bitkiler yaşayamamıştır. Artan tuz stresi bitkileri olumsuz etkilemiş, ölümlerine neden olmuştur. Yaprak sayısı, kök uzunluğu, kök yaş ve kök kuru ağırlık değerleri kontrol grubu bitkilerinde daha yüksek tespit edilmiş, EC₂ düzeyinde tuzlu su ile sulanan bitkilerde görülen olumsuz etkilerin azaltılmasında H₁ uygulamasının olumlu etkileri tespit edilmiştir. Bu bağlamda EC₂: 3,7 dS.m⁻¹ içeren su ile sulanan bitkilerde belirlenen tuz stresinin olumsuz etkilerinin azaltılmasında 5 g hidrojelin yetiştirme ortamına ilave edilmesinin en etkili uygulama olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, deneme sonunda yetiştirilen bitkiler üzerinde hidrojelin fitotoksitesinin olmadığı, farklı tuz düzeyleri ile sulanan ve yetiştirme ortamına hidrojel eklenen deneme gruplarındaki bitkilerin büyümesinde ve kalitesinde tuzun olumsuz etkilerinin azaltılabileceği sonucuna da varılmıştır. Bu sonuçlar sentezlenen hidrojelin çok iyi bir absorban olabileceğini ve yetiştirme ortamında bulunan tuzu bünyelerine emerek bitkinin tuz stresinden daha az etkilenmesine katkıda bulunabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojel, dimetil akrilamid, saksılı gerbera, tuz stresi

Effect of Different Hydrogel Dosage Treatments on the Development and Quality of *Gerbera jamesonii* Plants under Different Salt Stress

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effects of hydrogel applications on plant development of white Gerbera (*Gerbera jamesonii* (Gerbera colorbloom white dark eye) flowers grown in pots with different salinity levels under greenhouse conditions. The experimental subjects were 4 different salinity (NaCl) levels [EC₁: tap water (0.26 dS.m⁻¹), EC₂: 3.7 dS.m⁻¹, EC₃: 5.7 dS.m⁻¹, EC₄: 8.7 dS.m⁻¹] and 2 different hydrogel (H₁: 5.0 g/pot and H₀: 0.0 g/pot) doses. According to the research results; plants could not survive at EC₄ salinity level. Increasing salt stress negatively affected the plants, causing their death. Leaf number, root length, root fresh and root dry weight values were determined to be higher in the control group plants, and positive effects of H₁ application were determined in reducing the negative effects seen in plants irrigated with saline water at EC₂ level. In this context, it was concluded that adding 5 g of hydrogel to the growing medium was the most effective application in reducing the negative effects of salt stress determined in plants irrigated with water containing EC₂: 3.7 dS.m⁻¹. In addition, it was concluded that the hydrogel had no phytotoxicity on the plants grown at the end of the experiment, and that the negative effects of salt on the growth and quality of plants in the experiment groups irrigated with different salt levels and with hydrogel added to the growing medium could be reduced. These results showed that the synthesized hydrogel could be a very good absorbent and could contribute to the plant being less affected by salt stress by absorbing the salt in the growing medium.

Keywords: Hydrogel, dimethyl acrylamide, potted gerbera, salt stress

GİRİŞ

Hidrojeller, fiziksel veya kimyasal çapraz bağlar içermeleri nedeniyle suda çözünmeden şişebilen, çapraz bağlı ve üç boyutlu polimerik yapılar olarak

tanımlanmaktadır [1-4]. Hidrojeller, son zamanlarda, tıp alanı, laboratuvarlar, sanayi, arıtma tesisleri, madencilik, çevre kirliliğini önleme, toprak ıslahı ve sulama gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadırlar [5-11].

*Sorumlu yazar / Corresponding author: f.parlakova@atauni.edu.tr

Bu sektörlerin yanı sıra hidrojel polimerinin tarım sektöründe de etkili olarak kullanılabildiği belirtilmektedir [12]. Hidrojel toprağa uygulandığında kullanılabilir suyu arttırabilmekte, tohum çimlenmesini, kurak bölge koşullarında yaprak su içeriğini ve yaprak klorofil içeriğini arttırmakta, kök gelişimini ve bitki büyümesini iyileştirmektedir. Bunların yanı sıra yetiştirme ortamından yıkanarak kaybedilen besin miktarını en aza indirmekte ve toprağın besince zenginleşmesine katkıda bulunmakta, bitki naklinden sonra su stresinin olumsuz etkilerini azaltmakta ve fide/fidan kalite parametreleri üzerinde olumlu etkide bulunmaktadır [12-14]. Saksılı bitki yetiştiriciliğinde hidrojinin kullanımı ile bitkinin pazar ömrü uzatılabilmektedir [15-17]. Hacimsel olarak yetiştirme ortamına katılan farklı hidrojel dozlarının, marul bitkisinde kalite, verim, büyüme ve gelişme parametrelerini etkilemediği belirlenmiştir [18]. Buna karşın farklı hidrojel konsantrasyonlarının, sulama aralıklarının ve bunların etkileşimlerinin saksılı krizantemlerin (*Dendranthema grandiflora* L.) çiçek karakterlerini ise etkilediği ifade edilmiştir [19]. Bu bağlamda, hidrofilik polimerlerin kullanım boyutları, miktarları ve metotları hakkında değişik bitki tür ve çeşitlerinde, abiyotik stres faktörleri koşulları altında çalışmaların yapılması/sürdürülmesi gerekmektedir [20].

Dekoratif özellikleri ile ön planda olan ve estetik amaçlı kullanılan süs bitkileri için bitkinin / türün morfolojik özelliklerinin kaliteli olması istenmektedir. Genel anlamda bitkisel üretimi, özel olarak ise süs bitkileri üretimini tehdit eden önemli abiyotik stres faktörlerinin başında tuzluluk yer almaktadır. Tuz stresine maruz kalan süs bitkilerinin yaprak, çiçek ve bitki formu gibi parametrelerinin baskılanması ve olumsuz etkilenmesi istenmeyen ve iyileştirilmesi gereken önemli problemlerdendir. Bu amaca yönelik olarak, tuzlu koşullar altında yetiştirme ortamına ilave edilen farklı dozlarda hidrojinin (poli(N,N'dimetilakrilamid-ko-niştasta) saksılı gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) yetiştiriciliğinde kullanım olanaklarının belirlenmesi amacı ile bu çalışmaya yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Materyal

•*Hidrojel*: Saksı başına 5 g hidrojinin kullanılması için 5'er g hidrojel tartıldı ve tartılan hidrojel kavanoz içerisinde 100 ml saf su içerisinde 48 saat bekletilmiş, hacimce genişlemeleri sağlanmıştır.

•*Bitkisel Materyal*: Saksı yetiştiriciliğine uygun Gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) çeşidi (*Gerbera jamesonii* Colorbloom White Dark Eye Coated ths.)

kullanılmıştır. Tohumlar özel bir tohum firması aracılığı ile temin edilmiştir.

•*Yetiştirme Ortamı*: Denemede kullanılan torfun tane çapı 0-40 mm, pH (CaCl₂); 5.2-6,0, porozitesi %95-99, hacim ağırlığı (kuru halde) <55-90 g/l ve organik madde oranı (kuru halde) %95-99'dur. Gerbera tohumlarının ekilip fide eldesinde viyollerde yetiştirme ortamı olarak torf kullanılmıştır. Deneme fidelerin saksıya alımı ile başlamış ve uygulamalar saksı ortamında gerçekleştirilmiştir. Saksılar için ise 1:1 oranında hazırlanan yetiştirme harcı için 1 ölçek toprak, 1 ölçü torf kullanılmıştır.

•*Saksı*: Saksılı gerbera yetiştirmede kullanılan saksıların her biri 1,5 litre hacme sahip 12×15 cm ebatlarındadır.

Metot

•*Hidrojel Sentezi*: Hidrojel serbest radikallik katılma polimerizasyonu tekniği ile sentezlenmiştir. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Nahit AKTAŞ ve ekibi tarafından hidrojel sentezleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Hidrojel sentezinde kolayca polimerleşebilen N,N'dimetilakrilamid (DMAAm) ve niştasta monomerleri kullanılmıştır. Çapraz bağlayıcı ajan olarak N,N metilen bisakrilamid (MBA), başlatıcı bileşik olarak amonyum persülfat (APS) ve hızlandırıcı olarak tetra metil etildiamin (TEMED) seçilmiştir. Sentezlenen hidrojel hidroklorik asit (HCl) ve sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi içerisinde modifiye edilmiştir. Bu süre sonunda hidrojel yapılarındaki tüm safsızlıkları, asit ve baz kalıntılarını, reaksiyona girmemiş maddeleri uzaklaştırmak için saf su ortamında düzenli olarak suları değiştirilerek yıkanmıştır. Yıkama işleminin tamamlanmasından sonra saf sudan çıkarılarak 40°C'ye ayarlanan etüvde kurutulmuş ve nem almayacak bir ortamda saklanmıştır.

•*Denemenin Kurulması*: Denemede kullanılan fideler için tohum ekimi, üzerinde 45 fide çukuru bulunan viyollere 09.10.2023 tarihinde yapılmıştır. Her bir viyol çukurunda gerekli olan fide harcı miktarı 0,0049 m³ olarak belirlenmiştir. 60 günün sonunda (12.12.2023) 3-4 gerçek yapraklı aşamaya gelen fideler saksılara şaşırtılmaya hazır hale gelmiştir. Deneme konuları 4 farklı elektriksel iletkenlik (EC) değeri (EC₁: 0,26 dS.m⁻¹ çeşme suyu (Kontrol); EC₂: 3,7 dS.m⁻¹; EC₃: 5,7 dS.m⁻¹; EC₄: 8,7 dS.m⁻¹), 2 farklı hidrojel (H₁: 5.0 g/saksı ve H₀: 0.0 g/saksı) dozu ile 4 farklı kombinasyon (H+EC₁, H+EC₂, H+EC₃ ve H+EC₄) oluşturulmuştur.

•*Hidrojinin Ortama Eklenmesi ve Fidelerin Saksılara Şaşırtılması*: Saksı başına 5'er g tartılan

hidrojeller kavanoz içerisinde 100 ml saf su içerisinde 48 saat bekletilmiş, hacimce genişlemeleri sağlanmıştır. Hacimce genişleyen materyal ile yetiştirme ortamı (1:1 oranında toprak ve torf) homojen şekilde karıştırılarak saksılara doldurulmuştur (Şekil 1-a). Viyollere ekilen tohumlardan meydana gelen fideler (3-4 gerçek yapraklı aşamada) her bir saksıya bir adet fide olacak şekilde 12 Aralık 2023 tarihinde uygun dikim şekli ile aktarılmıştır (Şekil 1-b, c, d).



Şekil 1. 1:1 oranında yetiştirme harcının hazırlanarak saksılara doldurulması (a), 3-4 gerçek yapraklı aşamaya gelen fideler (b) ve bu fidelerin saksıya alınması (c, d)

•**Tuz Uygulamaları:** Denemede farklı tuz stresi oluşturulmak üzere tuz kaynağı olarak daha önce yapılan birçok çalışmada [21, 22] klor tuzlarının bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediği belirtildiğinden NaCl kullanılmıştır. Saksılara fidelerin şaşırtılmasından 10 gün sonra tuz çözeltileri ile sulama suyu ile verilmiş ve uygulamalara deneme sonuna kadar devam edilmiştir. Her bir saksıya 150 ml tuz çözeltisi verilmiştir. EC₁ deneme grubu aynı zamanda kontrol uygulamasıdır ve bu uygulamaya ait saksılara çeşme suyu verilmiştir.

•**Saksılı Gerbera Çiçeği Bitkisinde Değerlendirilen Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Parametreler:** En yüksek tuzlu su ile sulanan EC₄ uygulamasına ait bitkilerin ölmesi ile deneme 15 Şubat 2024 tarihinde sonlandırılmıştır. Deneme

sonunda saksılı gerbera bitkilerinde bitki boyu (cm), yaprak sayısı (adet/bitki), yaprak genişliği (cm), kök uzunluğu (cm), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g), kök yaş (Şekil 2-a) ve kuru ağırlığı (g) (Şekil 2-b), yaprak oransal nem içeriği (%) (Şekil 2-c, 2-d) olmak üzere bazı morfolojik ve fizyolojik parametreler incelenmiştir. Yaprak oransal nem içeriği (%), alttan alınan yaprak örneklerinin oransal su kapsamı; Yamasaki ve Dillenburg [23] ve Parlakova Karagöz ve Dursun [24]'un kullandığı yöntemle göre belirlenmiş ve aşağıdaki formüle göre (YA: yaprak örneklerinin yaş ağırlıkları; KA: yaprak örneklerinin kuru ağırlıkları; TA: yaprak örneklerinin turgor ağırlıkları) yüzde (%) cinsinden hesaplanmıştır. Yaprak Oransal Nem İçeriği (YONİ) (%) = [(YA-KA) / (TA-KA)] × 100



Şekil 2. Yaş kök ağırlığı (a) ve kuru kök ağırlığının ölçümü (b), yaprak oransal nem içeriği parametresinde kullanılacak disklerin alınması (c, d)

•**Deneme Deseni ve İstatistiksel Analiz:** Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel düzende 3 tekrarlamalı ve her tekerrürde 5 adet bitki olacak şekilde yürütülmüştür. Deneme, her bir saksıda bir adet bitki olacak şekilde 120 adet saksılı bitkiden oluşmuştur. Elde edilen sayısal veriler; IBM SPSS Versiyon 25.0 paket programı kullanılarak varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma metodu (p<0,05) kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Saksılı gerbera çiçeğinde incelenen bazı morfolojik ve fizyolojik parametrelerin genel olarak yetiştirme ortamına uygulanan tuz seviyelerinin artması ile azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 1, Çizelge 2). Bu durum daha önceki çalışma sonuçlarına göre de beklenen bir durumdur. Tuzlu yetiştirme ortamında yüksek ozmotik potansiyel nedeniyle bitkilerin su alamadığı, bitki gelişiminin olumsuz etkilendiği, bitki kalite ve veriminde azalmaların olduğu daha önceki çalışmalar ile kaydedilmiştir. Aynı zamanda bitki gelişimi ve verimindeki azalmada Cl ve Na toksisitesi ve iyon dengesindeki bozulmaların rol aldığı da bildirilmiştir [21, 25-28].

Saksılı gerbera çiçeğinin bitki boyu özelliği bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuş ($p < 0,05$) ve konular üç ayrı istatistiki gruba ayrılmıştır. En uzun bitki boyu 8,23 cm ile H+EC₂ uygulamasına ait bitkilerde belirlenirken bu uygulama ile H+EC₃, H+EC₁, EC₁ ve EC₂ uygulamalarının aynı istatistiki grupta yer aldığı tespit edilmiştir. En yüksek tuz içeriği ile sulanan EC₄ grubundaki bitkiler hayatta kalamamıştır. Bu düzeydeki tuz uygulaması ile birlikte hidrojinin kullanıldığı uygulama grubunda (H+EC₄) ise kontrole göre bitki boyunda azalma gerçekleşmiştir. Bununla birlikte EC₄ grubundaki

bitkiler hayatta kalamazken H+EC₄ uygulamasında bitkiler canlılıklarını hidrojel kullanımı ile devam ettirebilmişlerdir. Bitkilerin yaprak sayıları incelendiğinde en yüksek yaprak sayısının H+EC₂ bitkilerinde 16,67 adet olduğu kontrol (EC₁) ve H+EC₃ uygulamalarının da aynı istatistik grupta yer aldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte H+EC₂, kontrol (EC₁) ve H+EC₃ uygulamaları ile EC₂ ve H+EC₁ uygulamaları arasında istatistiki anlamda farklılığın olmadığı saptanmıştır. Ortalama en yüksek yaprak genişliği değerleri H+EC₂ ve Kontrol uygulamalarında belirlenirken; EC₂, H+EC₁ ve H+EC₃ uygulamaları ile H+EC₂ ve kontrol uygulamaları arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Wang [29], özellikle topraksız tarımda, yetiştirme ortamına eklenen tuzun hidrojinler tarafından tutulduğunu belirtmiştir. Yetiştirme ortamındaki hidrojinin tuzu tutması bitkinin tuzun olumsuzluklarından daha az etkilenmesinde etkili olabilir. Çalışmamızda yaprak genişliği değerleri sulama suyunun tuzluluk seviyesi arttıkça azalışa geçmiştir. Bu duruma benzerlik gösteren çalışma sonuçları mevcuttur [27, 30]. Ortalama en yüksek kök uzunluğu H+EC₂ uygulamasında tespit edilmiş ve bu uygulama ile kontrol (EC₁), EC₂, H+EC₁ ve H+EC₃ uygulamaları istatistiki olarak aynı grupta yer almış ve aralarında anlamlı bir fark oluşmamıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Saksılı gerbera bitkisinin tuzlu koşullar altında bazı bitki gelişim parametreleri üzerine hidrojel uygulamalarının etkileri

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	Yaprak Sayısı (adet/bitki)	Yaprak Genişliği (cm)	Kök Uzunluğu (cm)
EC ₁	7,60±0,14 ab	14,50±0,70 a	5,40±0,57 a	17,00±0,00 ab
EC ₂	6,49±1,95 ab	12,00±2,65 ab	4,43±1,36 ab	15,33±2,52 ab
EC ₃	1,91±3,31 bc	3,67±6,35 bc	1,25±2,16 bc	4,67±8,08 bc
EC ₄	0,00±0,00 c	0,00±0,00 c	0,00±0,00 c	0,00±0,00 c
H+EC ₁	6,80±5,90 ab	11,33±9,81 ab	3,97±3,44 ab	17,00±14,93 ab
H+EC ₂	8,23±1,48 a	16,67±1,53 a	5,51±0,86 a	21,67±2,89 a
H+EC ₃	6,84±0,37 ab	14,00±2,65 a	4,33±0,75 ab	15,33±3,21 ab
H+EC ₄	2,25±3,89 bc	3,67±6,35 bc	1,38±2,39 bc	4,67±8,08 bc
F(değeri)=Sig.	F(3,15)=0,029	F(4,25)=0,009	F(3,70)=0,016	F(3,47)=0,021

Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır.

Çizelge 2. Saksılı gerbera bitkisinin tuzlu koşullar altında bazı bitki gelişim parametreleri ve yaprak nispi su içeriği üzerine hidrojel uygulamalarının etkileri

Uygulamalar	Bitki Yaş Ağırlığı (g)	Bitki Kuru Ağırlığı (g)	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Yaprak Nispi Su İçeriği (%)
EC ₁	8,58±1,08 a	1,36±0,39 a	2,18±0,35 abc	0,31±0,01 abc	70,04±1,38 a
EC ₂	5,76±2,64 ab	0,93±0,41 abc	3,00±1,27 abc	0,38±0,12 abc	60,42±8,74 ab
EC ₃	1,41±2,45 bc	0,23±0,40 bc	1,24±2,15 bc	0,15±0,26 c	18,56±32,15 bc
EC ₄	0,00±0,00 c	0,00±0,00 c	0,00±0,00 c	0,00±0,00 c	0,00±0,00 c
H+EC ₁	6,05±5,26 ab	1,14±1,06 ab	2,26±1,98 abc	0,35±0,30 abc	46,56±40,52 abc
H+EC ₂	6,39±2,26 ab	1,09±0,27 ab	4,36±1,10 a	0,69±0,08 a	65,85±3,36 ab
H+EC ₃	4,51±0,49 abc	0,84±0,06 abc	4,23±0,17 ab	0,63±0,14 ab	70,06±5,33 a
H+EC ₄	1,41±2,45 bc	0,27±0,47 bc	1,39±2,40 abc	0,22±0,38 bc	23,89±41,38 abc
F(değeri)=Sig.	F(3,46)=0,021	F(2,82)=0,043	F(2,94)=0,038	F(3,50)=0,0	F(3,48)=0,020

Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır.

Bu sonuçlar El Sayed vd. [31]'nin, tuzlu koşullarda hidrojinin etkisini belirlemek amacıyla

yaptıkları araştırma sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Hidrojelsiz koşullarda 4000 ppm'lik tuz

konsantrasyonunda hıyar bitkileri ölürken; hidrojel uygulanan deneme grubunda hıyar bitkileri 32000 ppm'lik tuz konsantrasyonuna dayanabilmişlerdir. Bu durumun nedeni olarak yetiştirme ortamına eklenen tuzun hidrojeller tarafından tutulması [29] gösterilmiştir. Ek olarak, Chen vd. [32], tuzlu toprağa ekledikleri %0,6 dozundaki hidrojinin *Populus euphratica*'nın fidan döneminde, 2,7 kat daha fazla biyokütle, 3,5 kat daha fazla kök uzunluğu oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Hidrojel ilavesinin Ca^{+2} alımını arttırdığı ve *Populus euphratica*'nın Na^{+} ve Cl^{-} ile teması azalttığı) bildirilmiştir [32].

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) bitkilerinin en yüksek bitki yaş ve kuru ağırlık değerleri sırası 8,58 g ve 1,36 g ile EC_1 uygulamasında belirlenmiştir. Tuz stresinin artması ile bitki yaş ve kuru ağırlığı değerleri azalmış ve en yüksek tuz stresi olan EC_4 uygulamasındaki tüm bitkiler canlılıklarını kaybetmişlerdir. Sonneveld ve Voogt [33], yetiştirme ortamının tuzluluk düzeyinin artması bazı örtü altı süs bitkilerinin bitki biyokütlesinde zamanla azalma meydana getirdiğini kaydetmişlerdir. Ayrıca, farklı tuz düzeylerinin *Cyclamen hederifolium* Aiton.'nın yaprak biyokütlesini azalttığına ilişkin çalışma sonuçları da bulunmaktadır [27]. Tuz stresi altındaki bitkilerde kök gelişimi ve gövde uzaması gibi parametrelerde gerileme görüldüğü Irshad vd. [34] tarafından belirtilmiştir. Dölarşlan ve Gül [35], bitkinin strese maruz kalmasının ardından hormonal dengede yıkım meydana geldiğini, fotosentezin azalması sonucunda protein sentezinde azalma görüldüğünü ve bitki boyunun kısaldığını bildirmişlerdir. Mevcut çalışma da daha önceki çalışma sonuçlarını [27, 33-36] desteklemektedir. Bitki yaş ağırlığı bakımından EC_1 uygulaması ile EC_2 , H+ EC_1 ve H+ EC_2 uygulamaları arasında fark bulunmamıştır (Çizelge 2). Kök yaş ve kuru ağırlığına ait en yüksek ortalama değerler H+ EC_2 uygulamasında belirlenmiştir. Kök yaş ve kuru ağırlığı bakımından H+ EC_2 uygulaması ile H+ EC_3 uygulaması arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmamıştır. Koudela vd. [37], karnabahar bitkilerine uygulanan hidrojinin kontrol bitkilerine kıyasla kök ağırlıklarını %28,1 oranında daha fazla olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda hidrojinin uygulanması ile tuz stresinin azaltılabileceği belirlenmiştir. Bu bulgumuz ile Aslan [38] tarafından yapılan çalışma sonuçları benzerlik göstermiştir. Aslan [38], hidrojinin yetiştirme ortamına uygulanmasının bitki kuru madde miktarını arttırdığını ayrıca yetiştirme ortamı tuzluluğunun bitki büyüme ve gelişimindeki olumsuz etkilerini azalttığını da rapor etmiştir. Bu bulgular ile mevcut çalışma bulguları uyumludur. Tuzlu yetiştirme ortamında kullanılan hidrojinin tuzun bitki büyüme

ve gelişimindeki olumsuz etkilerini, hidrofilik polimerlerin hidrolik iletkenliğini arttırmak suretiyle toprak profili boyunca tuz yükünün yıkanmasını sağlayarak azalttığı belirtilmiştir [39].

Yaprak oransal su içeriği parametresi, stres koşullarında yetişen bitkinin bünyesindeki su varlığının önemli bir göstergesidir. Çalışmada elde edilen bulgular yaprak oransal su içeriği değerlerinin yetiştirme ortamında artan tuz dozu karşısında azaldığını göstermektedir. Kontrol bitkilerine ait yapraklarda belirlenen yaprak oransal su içeriği değerleri ortalama %70,04 oranında saptanırken, en düşük değer ise EC_4 (%18,56) uygulamasında belirlenmiştir. Romanello vd. [40], *Acorus americanus*'un tuzlu koşullar altında yetiştirilmesinin yaprak su içeriğini kontrol bitkilerine kıyasla %35 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Akçal ve Kaynaş [27]'da farklı tuzluluk düzeylerine maruz bırakılarak yetiştirilen siklamenin yaprak oransal su içeriğinin azalışa geçtiğini rapor etmişlerdir. Mevcut çalışma sonuçları araştırmacıların bu bulguları ile paralellik göstermektedir. Katerji vd. [41], yaprak oransal su düzeyindeki azalmaların turgor kaybının bir sonucu olduğunu bildirmiş ve bu durumda hücre genişlemesinde ihtiyaç duyulan su miktarının da kısıtlandığını belirtmişlerdir. Mevcut çalışmada sulama suyu tuzluluğunun artması ile azalan yaprak oransal su içeriğinin nedenleri de Katerji vd. [41]'nin belirttiği nedenler ile açıklanabilir.

SONUÇ

Mevcut araştırma sonucunda, saksıda yetiştirilen gerberaların bitki boyları, bitki başına düşen yaprak sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlığı, bitki kök yaş ağırlığı artan tuz stresinden olumsuz etkilenmiş ve ortalama değerleri azalmıştır. Çalışmada hidrojinin uygulanması ile tuz stresinin azaltılabileceği belirlenmiştir. Genel olarak incelenen parametreler bakımından H+ EC_2 , kontrol (EC_1) ve H+ EC_3 uygulamaları aynı istatistiksel grupta yer alarak aralarında anlamlı farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda $EC_2:3,7$ dS.m⁻¹ içeren su ile sulanan bitkilerde belirlenen tuz stresinin olumsuz etkilerinin azaltılmasında 5 g hidrojinin yetiştirme ortamına ilave edilmesinin en etkili uygulama olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, deneme sonunda yetiştirilen bitkiler üzerinde hidrojinin fitotoksitesinin olmadığı, farklı tuz düzeyleri ile sulanan ve yetiştirme ortamına hidrojel eklenen deneme gruplarındaki bitkilerin büyümesinde ve kalitesinde tuzun olumsuz etkilerinin azaltılabileceği sonucuna da varılmıştır. Test edilen hidrojinin tuzluluk sorunu bulunan saksı ortamında potansiyel kullanım için uygun olduğu saptanmıştır. Ek olarak,

test edilen bu hidrojelin elde edilmesinin maliyeti de ele alınarak daha etkin bir bakış açısıyla ileride yapılacak çalışmalarda değerlendirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Park, K., Shalably, S.W.W., Park, H. 1993. Biodegradable hydrogels for drug delivery. Technomic Publishing Co. Inc., pp:2-3.
2. Byrne, M.E., Park, K., Peppas, N.A. 2002. Molecular imprinting within hydrogels. *Advanced Drug Delivery Reviews* 54:149-161.
3. Alvarez-Lorenzo, C., Concheiro, A., Dubovik, A.S., Grinberg, N.V., Burova, T.V., Grinberg, V.Y. 2005. Temperature-sensitive chitosan-poly (Nisopropylacrylamide) interpenetrated networks with enhanced loading capacity and controlled release properties. *Journal Controlled Release* 102:629-641.
4. Yalçın, E., Çavuşoğlu, K., Maraş, M. 2008. Trans dermal uygulamalar için glumikron yüklü agaroz hidrojellerinin hazırlanması ve kontrollü salım sistemlerinde kullanılması. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 20(2):217-222.
5. Johnson, M.S. 1984. The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35(11):1196-1200.
6. Bowman, D.C., Evans, R.Y. 1991. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. *Hort Science* 26(8):1063-1065.
7. Wu, S.X., Hoffmann, S.A., Yager, P. 1992. Synthesis and characterization of thermally reversible macroporous poly (Nisopropylacrylamide) hydrogels. *Journal of Polymer Science Part A, Polymer Chemistry* 30:2121-2129.
8. Barvenik, F.W. 1994. Polyacrylamide characteristics related to soil applications. *Soil Science* 158(4):235-243.
9. Bouramis, D.G., Theodoropoulos, A.G., Drossopoulos, J.B. 1995. Designing synthetic polymers as soil conditioners. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 26(9-10):1455-1480.
10. Ohkawa, K., T. Kitsuki, M. Amaike, H. Saitoh, H. Yamamoto 1998. Biodegradation of ornithine-containing polylysine hydrogels. *Biomaterials* 19:1855-1860.
11. Melekaslan, D., Okay, O. 2004. Kuvvetli anyonik hidrojellerin polimer çözeltileri içindeki şişme davranışı. *İTÜ Dergisi/Fen Bilimleri* 2(1):61-71.
12. Abobatta, W. 2018. Impact of hydrogel polymer in agricultural sector. *Adv. Agric. Environ. Sci. Open Access* 1(2):59-64.
13. Khadem, S.A., Galavi, M., Ramrodi, M. et al. 2010. Effect of animal manure and super absorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. *Australian J. of Crop Sci.* 4(8):642-647.
14. El-Asmar, J., Jaafar, H., Bashour, I. et al. 2017. Hydrogel banding improves plant growth, survival and water use efficiency in two calcareous soils. *CLEAN Soil Air Water* 47(7):1700251.
15. Eikhof, R.H., King, P.A., Koven, G.H. 1974. Control of wilting in potted plants. *Ohio Florists Association Bulletin* No:532, pp:6-7
16. Bearce, B.C., McCollum, R.W. 1977. A comparison of peat-lite and noncomposted hardwood-bark mixes for use in pot and bedding-plant production and the effects of a new hydrogel soil amendment on their performance. *Florists Review*, 161.
17. Still, S.M. 1976. Growth of 'Sunny Mandalay' chrysanthemums in hardwood-bark-amended media as affected by insolubilized poly (ethylene oxide). *Hort Science* 11(5):483-484.
18. İşlek, M., Kuzucu, C.Ö. 2018. Hidrojel-perlit karışımlarının salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştiriciliğinde verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 6:1-7.
19. Kumar, A.T., Kameswari, P.L., Girwani, A. 2016. Impact of pusa hydrogel incorporated growing media on floral characters and yield of pot mums (*Dendranthema grandiflora* L.) under various irrigation regimes. *International Journal of Agricultural Science and Research* 6:195-200.
20. Barihi, R., Panahpour, E., Berri, M.H.M. 2013. Super absorbent polymer (hydrogel) and its application in agriculture. *World of Sciences Journal* 1(15):223-228.
21. Taban, S., Güneş, A., Alparslan, M., Özcan, H. 1999. Değişik mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin tuz stresine duyarlılıkları. *Tr. J. Agricultural and Forestry* 23(Ek Sayı):625-633.
22. Turan, M., Sezen, Y. 2002. Effect of salt stress on plant nutrition uptake. *International Conference on Sustainable Land Use and Management*, 10-13 June, Çanakkale-Türkiye, pp:454-456.
23. Yamasaki, S., Dillenburg, L.R. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 11(2):69-75.
24. Parlakova Karagöz, F., Dursun, A. 2021. Calcium nitrate on growth and ornamental traits at salt-

- stressed condition in ornamental kale (*Brassica oleracea* L. var. *Acephala*). *Ornamental Horticulture-Revista Brasileira De Horticultura Ornamental* 27(2).
25. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. 2. Physiological Ecology. Academic Pres. Inc. pp:365-384.
26. Essa, T.A. 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science* 188(2):86-93.
27. Akçal, A., Kaynaş, K. 2021. Tuz stresi altında siklamenin (*Cyclamen hederifolium* Aiton.) bitki gelişim performansı ve çiçeklenme özelliklerinin belirlenmesi. *Lâpseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi* 2(4):109-116.
28. Yaşar, F., Yaşar, Ö. 2022. Growth performance of Charleston and hot pepper varieties under salt stress. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences* 6(4):835-841, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7365545>.
29. Wang, Y. 1989. Medium and hydrogel affect production and wilting of tropical ornamental plants. *Hort. Science* 24(6):941-944.
30. Lutts, S., Kinet, J.M., Bouhartmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot.* 78:389-398.
31. El-Sayed, H., Kirkwood, R.C., Graham, N.B. 1991. The effect of hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. *Journal of Experimental Botany* 42(240):891-899.
32. Chen, S., Zommodi, M., Fritz, E., Wang, S., Hüttermann, A. 2003. Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in *Populus euphratica* under saline conditions. *Trees* 18(2):175-183.
33. Sonneveld, C., Voogt, T. 1983. Studies on the salt tolerance of some flower crops grown under glass. *Plant and Soil* 74:41-52.
34. Irshad, M., Honna, T., Eneji, A.E., Yamamoto, S. 2002. Wheat response to nitrogen source under saline conditions. *Journal of Plant Nutrition* 25(12):2603-2612.
35. Dölarslan, M., Gül, E. 2012. Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* (2):56-59.
36. Ma, N., Hu, C., Wan, L., Hu, Q., Xiong, J., Zhang, C. 2017. Strigolactones improve plant growth, photosynthesis, and alleviate oxidative stress under salinity in rapeseed (*Brassica napus* L.) by regulating gene expression. *Frontiers in Plant Science* 8:269558.
37. Koudela, M., Hnilička, F., Svozilová, L., Martinková, J. 2011. Cauliflower qualities in two irrigation levels with the using of hydrophilic agent. Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources, Kamýcká 129, 165 21 Prague 6, Czech Republic.
38. Aslan, N. 2004. Toprağa polimer uygulamasının toprak strüktürel özellikleri ve nem karakteristikleri ile bitki (*Zea mays* ve *Phaseolus vulgaris* L.) biyoması üzerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
39. Malik, S., Chaudhary, K., Malik, A., Punia, H., Sewhag, M., Berkesia, N., ... Boora, K. 2022. Superabsorbent polymers as a soil amendment for increasing agriculture production with reducing water losses under water stress condition. *Polymers* 15(1):161.
40. Romanello, G.A., Chuchra-Zbytniuk, K.L., Vandermer, J.L., Touchette, B.W. 2008. Morphological adjustments promote drought avoidance in the wetland plant *Acorus americanus*. *Aquatic Botany* 89(4):390-396.
41. Katerji, N., Van Hoorn, J. W., Hamdy, A., Mastroianni, M. 2004. Comparison of corn yield response to plant water stress caused by salinity and by drought. *Agricultural Water Management* 65(2):95-101.