

Hidrojel Uygulamalarının Farklı Su Kısıtı Düzeylerinde Yetiştirilen *Catharanthus roseus* Gelişimi ve Kalitesine Olan Etkileri

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: 27 Kasım 2024

ÖZ

Bir polimerik madde olan hidrojeller [hidrofilik (su seven) polimerlerin] çapraz bağlı olmaları nedeniyle suda çözünmemekte ve yapılarındaki hidrofilik gruplar sayesinde kendi ağırlıklarının yüzlerce katından daha fazla suyu bünyelerinde tutabilmektedirler. Hidrojeller, zaman zaman tarım alanlarında da kullanılmakta, sulama suyu tüketiminin azalmasına, bitki büyümesinin iyileşmesine katkı sağlayabilmektedir. Bu araştırmada, hidrojel olarak bilinen ve sentezlenen Dimetil Akrilamid ve Nişasta Temelli Süperabsorbentlerin farklı dozlarının yetiştirme ortamına ilave edilmesi ve bu ortamlarda farklı sulama düzeyleri ile sulanan pervane çiçeklerinin (*Catharanthus roseus*) bitki büyümesi ve saksılı süs bitkisi kalite özelliklerine olan etkilerini araştırmak amacıyla sera koşullarında yürütülmüştür. Deneme konuları üç farklı sulama suyu seviyesi [%100 saksı kapasitesi (SK): 100, SK'nın %75 düzeyinde sulama suyu uygulama:75, SK'nın %50'si sulama suyu uygulama:50] ve dört farklı hidrojel (H₀: 0.0 g/saksı, H₁: 1.0 g/saksı, H₂: 2.0 g/saksı, H₃: 3.0 g/saksı) dozu oluşturulmuş ve deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel düzende 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Sulama suyu miktarının azalması ile bitki büyümesindeki olumsuz etkilerin, artan hidrojel dozları ile azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. Dünya üzerindeki su kaynaklarının giderek azalması ve su kaynaklarının daha tedbirli ve geri dönüşümlü olabilecek uygulamalarla kullanılmasının gerekmesi sonucunda çalışmamız, suyu emen/depolayan malzemelerin geliştirilmesine ve desteklenmesine dikkat çekebilir. Diğer süs bitkilerinin yetiştiriciliğinde de denenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojel, dimetil akrilamid, pervane çiçeği, su kısıtı

Effects of Hydrogel Applications on the Development and Quality of *Catharanthus roseus* Grown at Different Water Shortage Levels

ABSTRACT

Hydrogels, a polymeric substance [hydrophilic (water-loving) polymers], are insoluble in water due to being cross-linked polymers and they can retain hundreds of times more water than their own weight thanks to the hydrophilic groups in their structures. They are also used in agricultural areas from time to time and can contribute to the reduction of irrigation water consumption and the improvement of plant growth. In this research, the addition of different doses of Dimethyl Acrylamide and Starch Based Superabsorbents, known as hydrogels, to the growing medium and the effects of different irrigation levels on plant growth and potted ornamental plant quality traits of moth flowers (*Catharanthus roseus*) were carried out in greenhouse conditions. The subjects of the experiment were created with 3 different irrigation water levels [100% pot capacity (SK): 100, irrigation water application at 75% level of SK: 75, irrigation water application at 50% level of SK: 50] and 4 different hydrogel doses (H₀: 0.0 g/pot, H₁: 1.0 g/pot, H₂: 2.0 g/pot, H₃: 3.0 g/pot) and the experiment was carried out in factorial arrangement in randomized plots with 3 replications. It was concluded that the negative effects on plant growth increased in decreasing the amount of irrigation water could be reduced with increasing in hydrogel doses. As a result of the gradual decrease in water resources in the world and the need to use water resources with more cautious and recyclable applications, our study may draw attention to the development and support of materials that absorb/store water. It may also be recommended to be tried in the cultivation of other ornamental plants.

Keywords: Hydrogel, dimethyl acrylamide, vinca, water limited

GİRİŞ

Tarımsal üretimde birçok girdinin etkinliğini arttıran sulama, tarımsal üretimde kârlılığını sağlayan en önemli uygulamadır [1]. Beklenen su sıkıntısı,

nüfus artışı, tarım sektöründen kısılarak içme-kullanma ve sanayi sektörüne aktarılacak su miktarı gibi nedenlerden dolayı tarımsal sulamanın üzerine baskı giderek artmakta ve su tasarrufunu zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle toprak suyunun korunması

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

çerçevesinde, toprağın su tutma kapasitesini artırıcı tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu amaçla son zamanlarda organik kaynakların (yeşil gübre, hayvan gübresi vb.) yanında toprak düzenleyicileri olan polimerik maddeler geliştirilmiştir. Hidrojel bu polimerik maddelerden biridir. Çapraz bağlı olmalarından dolayı hidrojeller suda çözünmemekte ve yapılarındaki hidrofilik gruplar sayesinde kendi ağırlıklarının yüzlerce katından daha fazla suyu bünyelerinde tutabilmektedirler [2]. Hidrojeller, zaman zaman tarım alanlarında da kullanılmaktadır [3, 4, 5, 6].

Topraksız tarım yöntemi ile marul yetiştirmede hidrojel- perlit karışımları kullanılmış, bu karışımların marulun verim ve bazı kalite parametreleri bakımından istatistiksel olarak farklılık oluşturmadığı rapor edilmiştir [7]. Bazı su tutma özelliği olan polimerlerin çim alanlarında kullanım potansiyelinin araştırıldığı bir çalışma sonucunda; su tutucu polimerler ve dozlarının kardeşlenme sayısı üzerine etkili olduğu belirlenmiştir [8]. Bu bağlamda, hidrofilik polimerlerin kullanım miktarları ve metotları hakkında, bitki tür ve çeşitlerinde çalışmaların yapılması gerekmektedir [9].

Hidrofilik polimerlerin süs bitkileri üzerine etkilerinin değerlendirildiği çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Hidrojel içeren yetiştirme ortamının çeşitli sulama rejimleri altında saksılı krizantemin (*Dendranthema grandiflora* L.) çiçek karakterleri üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan çalışma sonucunda, farklı hidrojel konsantrasyonlarının, sulama aralıklarının ve bunların etkileşimlerinin saksılı krizantemlerin çiçek karakterlerini etkilediği belirlenmiştir [10]. Ayrıca, su tutucu polimerin uygulamalarının Anadolu sığla ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) türlerinde bitki gelişimi üzerine etkisini araştırmak için yapılan bir diğer çalışma sonucunda, iki tür için de su tutucu polimerin kullanılan tüm dozlarının bitki gelişim parametrelerini olumlu yönde etkilediği ve en iyi sonuçların torf:perlit ortamında gerçekleştiği rapor edilmiştir [6].

Saksılı süs bitkileri büyümeleri için daha az toprak hacmine sahip olduğundan su stresine karşı oldukça hassastır [10]. Bu nedenle de hidrojellerin olumlu özelliklerine dayanarak, hidrojelin çeşitli sulama rejimleri altındaki saksılı süs bitkilerinin bitkisel karakterleri üzerindeki etkisini bilmek önem arz etmektedir. Bu amaca yönelik olarak, poli(N,N' Dimetil akrilamit-ko-Nişasta) temelli hidrojel serbest radikal katılma polimerizasyonu tekniği ile sentezlenen hidrojel uygulamalarının farklı su kısıtı düzeylerinde saksılı pervane çiçeği (*Catharanthus roseus*) yetiştiriciliğinde kullanım olanaklarının belirlenmesi ve saksılı pervane çiçeği

yetiştiriciliğinde uygun hidrojel miktarı ile sulama seviyesinin belirlenebilmesi amacı ile bu çalışma yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Araştırma Yeri

Deneme, 2024 yılında Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne bağlı ısıtılmalı araştırma serasında, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Uygulama Laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırma alanının deniz seviyesinden yüksekliği 1890 m'dir.

Deneme Materyallerinin Özellikleri

•**Hidrojel:** Serbest radikal katılma polimerizasyonu tekniği ile sentezlenen poli(N,N' Dimetil akrilamit-ko-Nişasta) temelli hidrojel yetiştirme ortamına farklı miktarlarda karıştırılmıştır.

•**Bitkisel Materyal:** *Apocynaceae* familyası, *Catharanthus* cinsinin önemli bir bitkisi olan *Catharanthus roseus* (L.), özellikle mevsimlik süs bitkisi grubuna dahil edilmektedir. Türkçe ismi pervane çiçeğidir. Bitki adının eş anlamlıları arasında *Vinca rosea*, *Ammocallis rosea* ve *Lochnera rosea* bulunmaktadır [11]. *Catharanthus roseus*, 1 metreye kadar boylanabilen, yaprak dökmeyen yarı otsu veya otsu bir bitkidir (Şekil 1), [12]. Bu çalışmada *C.roseus*'un pembe çiçekli olan çeşidi kullanılmıştır.



Şekil 1. Denemede kullanılan bitkisel materyale ait görseller

•**Yetiştirme Ortamı:** Denemede kullanılan torfun tane çapı 0-8 mm, pH'sı 5.5, EC'si 1,5 mS/cm ve içeriği beyaz sphagnum liflerinden oluşmaktadır. Katkı olarak içeriğinde 0,5 kg/m³ N-P₂O₅-K₂O 14-9-24 + TE (N-P-K 14-4-20 + TE) ve Dolomit limestone bulunmaktadır (Şekil 2a, 2b).

•**Saksı:** Bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılan saksının üst çapı 15 cm, derinliği 12 cm ve hacmi 1.5 litre'dir (Şekil 2c). Deneme konularına göre tartılan hidrojeller yetiştirme ortamı olarak kullanılan torfa eklenmiş iyice karıştırılarak saksılar hacim olarak eşit olacak şekilde doldurulmuştur.

•**Sulama Suyu Kaynağı:** Araştırmada kullanılan suyun elektriksel iletkenlik (EC) değeri 0,26 dS m⁻¹, pH ortalaması 7,4, ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) 0,5'dir.



Şekil 2. Denemede kullanılan yetiştirme ortamı (a, b); saksı özellikleri (c)

Metot

•**Hidrojel Sentezi:** poli(N,N' Dimetil akrilamit-ko-Nişasta) temelli hidrojel serbest radikal 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' dimetil akrilamit (DMAAm) ve Nişasta monomerleri kullanılmıştır. Çapraz bağlayıcı ajan olarak N, N metilen bis akrilamit (MBA), başlatıcı bileşiği olarak amonyum per sülfat (APS) ve hızlandırıcı olarak tetra metil etil diamin (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.

•**Saksı Kapasitesi Değerinin Belirlenmesi ve Sulama Uygulamaları:** Kirkham [13] ve Karahan vd. [14] tarla kapasitesi kavramının saksılar için geçerli olmadığını ve sulama ve görünür drenaj durduktan sonra saksıda kalan su miktarı olarak "saksı kapasitesi"ni tanımlamışlardır. Saksı kapasitesi (SK), toprak tamamen ıslandıktan ve drenaj ihmal edilebilir hale geldikten sonra toprakta kalan su miktarı olarak tanımlanır. Denemenin başlangıcında, yetiştirme ortamı ve hidrojel karıştırılmış saksıların tamamı (Şekil 4b) su ile doyurulmuş ve saksıların üstleri buharlaşmayı önlemek için kapatılmıştır. Drenajın sona ermesinden sonra, her bir saksının ağırlığı alınarak bu ağırlık saksı kapasitesi olarak kabul edilmiş, (sulama öncesi yetiştirme ortamı dolu saksı tartımından sulama yapıldıktan ve drenajın durmasının ardından tartılan miktar arasındaki fark belirlenerek) ihtiyaç duyulan sulama miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan sulama suyu miktarı,

saksının su içeriğini saksı kapasitesine göre belirlenen oranlarda olacak şekilde, her sulamada her bir saksıya uygulanmıştır [15]. Yetiştirme ortamı nemi ölçümü saksı tartılarak yapılmıştır [16]. Tartım/ağırlık yöntemi kullanılarak her saksının ağırlığı 2 günde bir kaydedilmiştir. Sulama aralığı 2 günde bir olacak şekildedir. Daha sonra ihtiyaç duyulan sulama miktarı hesaplanmıştır [15]. Yetiştirme ortamı suyu ölçümleri, her uygulama için rastgele üç saksıdan yapılarak belirlenmiştir. Sulama uygulamaları tam sulama konusu baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Saksı kapasitesinin tamamı (%100 SK), %75'i, %50'si belirlenerek ilgili saksılara sulama uygulaması yapılmıştır.

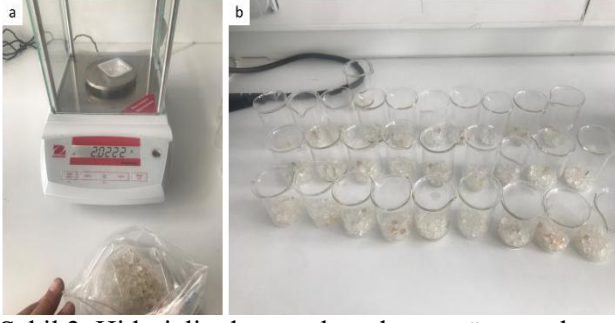
•Deneme Deseni ve Denemenin Kurulması:

Denemede kullanılacak fideler için tohumlar, viyollere 13.12.2023 tarihinde ekilmiştir. 60 günün sonunda (12.02.2024) 3-4 gerçek yapraklı aşamaya gelen fideler saksılara şaşırtılmaya hazır hale gelmiştir (Şekil 4b). Deneme konuları 3 farklı sulama suyu seviyesi (%100 (saksı kapasitesi (SK) miktarında: 100, SK'nın %50 azaltılmış seviyesi:50, SK'nın %25 azaltılmış seviyesi:75) ve 4 farklı hidrojel (H₀: 0.0 g/saksı, H₁: 1.0 g/saksı, H₂: 2.0 g/saksı, H₃: 3.0 g/saksı) dozu oluşturulmuş (Şekil 3) ve deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel düzende 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme, her bir saksıda bir adet bitki olacak şekilde 180 adet saksılı bitkiden oluşmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Saksılı pervane çiçeği denemesinin yürütülmesinde kullanılan uygulama grupları ve içerikleri

Uygulama Kodları	Uygulamalar	Uygulama Kodları	Uygulamalar
H ₀ -50	H ₀ : 0.0 g/saksı ve SK'nın %50 azaltılmış seviyesi	H ₂ -50	H ₂ : 2.0 g/saksı ve SK'nın %50 azaltılmış seviyesi
H ₀ -75	H ₀ : 0.0 g/saksı ve SK'nın %25 azaltılmış seviyesi	H ₂ -75	H ₂ : 2.0 g/saksı ve SK'nın %25 azaltılmış seviyesi
H ₀ -100	H ₀ : 0.0 g/saksı ve SK'nın %100'ü verilmiştir.	H ₂ -100	H ₂ : 2.0 g/saksı ve SK'nın %100'ü verilmiştir.
H ₁ -50	H ₁ : 1.0 g/saksı ve SK'nın %50 azaltılmış seviyesi	H ₃ -50	H ₃ : 3.0 g/saksı ve SK'nın %50 azaltılmış seviyesi
H ₁ -75	H ₁ : 1.0 g/saksı ve SK'nın %25 azaltılmış seviyesi	H ₃ -75	H ₃ : 3.0 g/saksı ve SK'nın %25 azaltılmış seviyesi
H ₁ -100	H ₁ : 1.0 g/saksı ve SK'nın %100'ü verilmiştir.	H ₃ -100	H ₃ : 3.0 g/saksı ve SK'nın %100'ü verilmiştir.

•**Saksılı Pervane Çiçeği Bitkisinde Değerlendirilen Bitki Gelişim ve Kalite Parametreleri:** Fide şaşırtma işleminden 78 gün sonunda (30.04.2024) deneme sonlandırılmıştır. Buna karar vermede kriter olarak ilk açan çiçek goncalarının yaşlanmaya başlaması baz alınmıştır.



Şekil 3. Hidrojelin deneme konularına göre tartılması



Şekil 4. Her bir saksımın aldığı torf miktarı ile ilgili hidrojel miktarının homojen şekilde karıştırılması (a), fidelerin dikim aşaması (b)



Şekil 5. Denemede dikilen bitkilerin denem sonuna kadarki geçen süreçteki görünüşleri: (Dikimden 20 gün sonra (a), dikimden 60 gün sonra (b, c), deneme sonlandırma aşaması (dikimden 78 gün sonra) (d))

Saksılı pervane çiçeği bitkisinde bitki boyu (cm), çiçek sayısı (bitki/adet), yan dal sayısı (bitki/adet) ve yaprak sayısı (bitki/adet), yaprak genişliği (cm) ve uzunluğu (cm), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g), kök uzunluğu (cm), kök yaş ve kuru ağırlığı (g) ölçümleri duyarlı terazi ve kumpas yardımıyla yapılmıştır. Ayrıca, yaprak oransal nem içeriği belirlenerek kayıt edilmiştir. Yaprak oransal nem içeriği için alttan alınan yaprak örneklerinin oransal su kapsamı; Yamasaki ve Dillenburg [17] ve Parlakova Karagöz ve Dursun [18]'un belirttiği metot kullanılmış ve aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Yaprak Oransal Nem İçeriği (%) = $[(YA-KA) / (TA-KA)] \times 100$

İstatistiksel Analiz

İncelenen özellikler bakımından, üç farklı sulama düzeyinde ve her bir ortama eklenen dört farklı hidrojel dozunda yetiştirilen pervane çiçeği bitkileri arasında önemli farklılıkların olup olmadığı varyans analizi ile belirlenmiştir. Önemli farklılıklarda grupların birbirinden ayrılması için 0,05 önemlilik seviyesinde Duncan testi kullanılmıştır. Tüm istatistik hesaplarında SPSS (versiyon 25.0) istatistik paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Hidrojel uygulamalarının farklı su kısıtı düzeylerinde saksılı pervane çiçeğinin (*Catharanthus roseus*) en yüksek ortalama bitki boyu değeri H₃-100 (23,33 cm) uygulamasında; bitki başına düşen çiçek sayısı değeri H₃-100 (31,00) uygulamasında belirlenirken bu uygulama ile H₂-100 (29,50) uygulaması aynı istatistik grupta yer almıştır. En yüksek ortalama yan dal sayısı ve yaprak genişliği (cm) değerleri H₃-100 uygulamasında tespit edilmiştir. En yüksek ortalama bitki başına düşen yaprak sayısı H₁-100, H₂-100 ve H₃-100 uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 2). Su kısıtı azaldıkça bitkinin kuraklıktan etkilenme derecesi azalmıştır. Yıldırım vd. [19], *Cyclamen hederifolium* süs bitkisinin yetiştiriciliğinde 114 mm'den daha az sulama suyunun verilmesi bitkinin büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Demirel vd. [20] tarafından yapılan araştırmada, *Zinnia elegans* bitkilerinin farklı su kısıtı uygulamalarına maruz kalmaları bitki fizyolojik ve morfolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir. Artan düzeylerde su kısıtı uygulamaları ile birlikte artan hidrojel dozlarının birlikte uygulandığı uygulama gruplarında bitki gelişimi kontrol uygulamaları ile aynı ya da artan düzeylerde gerçekleşmiştir (Çizelge 2). Avcı [21], yaptığı araştırma sonucunda, artan hidrojel dozuna bağlı olarak topraktaki mevcut nem miktarının korunduğunu ve mısır bitkisinin yetiştirilmesinde ihtiyaç duyulan suyun dışarıdan ilave olarak verilme zamanının uzadığını rapor etmiştir. Ayrıca, sulama yapılmadan yetiştirilen *Eucalyptus microtheca*'nın hayatta kalma oranının, yetiştirme ortamına hidrojellerin eklenmesi ile iki katına çıktı bildirilmiştir [22]. Farklı araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda yetiştirme ortamına eklenen hidrojel; yarayıslı nem kapasitesini, ortamın su tutma kapasitesini, bitki su kullanım etkinliğini, tarla kapasitesini, bitkide kuru madde miktarını arttırdığı, sürekli solma noktasını ise etkilemediği bildirilmektedir [22-26].

Saksılı süs bitkilerinde aranan önemli özelliklerden biri de saksı hacminin doldurulmasıdır. Bu çalışmada saksı hacminin doldurulmasında önemli bir parametre olan yaprak eni değerleri en yüksek H₃-100 ve H₃-75 uygulamalarında belirlenmiştir. Bu uygulamalar ile H₂-100 uygulaması aynı istatistiksel grupta yer almıştır (Çizelge 2). Bu uygulamaların içerikleri değerlendirildiğinde, %100 su düzey uygulaması ile birlikte 3 g hidrojel kullanılması ile %75 sulama düzeyi (%25 su kısıtı) ile birlikte 3 g hidrojel kullanılması yaprak eni değerlerine aynı oranda etki etmiştir. Çalışma, %25 oranında yapılan su kısıtının yaprak enini olumsuz yönde etkilemediği belirlenmiştir. Akçal [27], %75 ve %100 sulama seviyeleri ile yetiştirilen siklamenin bitki başına düşen yaprak sayıları bakımından istatistiksel farkın önemsiz olduğunu belirtmiştir. Akçal vd. [28], %25 oranında yapılan bir su kısıtının farklı glayöl çeşitlerinde ölçülen bitkisel parametreleri olumsuz yönde etkilemediğini saptamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre ise %75 (H₀-75) ve %100 (H₀-100) seviyeleri arasında pervane çiçeğinin morfolojik özellikleri bakımından anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu olumsuz farkın özellikle 3 g hidrojel kullanılması ile azaltılabileceği sonucuna varılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Saksılı pervane çiçeği bitkisinde bitki boyu, bitki başına düşen çiçek sayısı, yan dal sayısı ve yaprak sayısı, yaprak genişliği üzerine uygulamaların etkileri

Uygulama	Bitki Boyu	Çiçek Sayısı	Yan Dal Sayısı	Yaprak Sayısı	Yaprak Eni
H ₀ -50	12,50 g*	6,00 e*	4,00 h*	42,33 f*	1,73 g*
H ₁ -50	13,67 g	12,67 d	5,67 fg	46,00 e	2,17 f
H ₂ -50	16,50 ef	12,33 d	5,33 g	51,67 d	2,43 ef
H ₃ -50	16,80 e	13,33 d	6,67 ef	55,00 c	2,80 cde
H ₀ -75	15,33 f	13,33 d	5,00 gh	50,00 d	2,67 de
H ₁ -75	16,67 ef	17,00 c	7,00 de	54,00 c	2,53 def
H ₂ -75	18,33 d	14,00 d	7,33 cde	55,00 c	3,20 bc
H ₃ -75	21,00 c	17,67 c	8,00 bcd	58,33 b	3,80 a
H ₀ -100	21,00 c	26,33 b	8,33 abc	57,67 b	2,96 cd
H ₁ -100	21,67 bc	26,33 b	7,67 bcde	64,00 a	3,23 bc
H ₂ -100	22,67 ab	29,50 a	8,67 ab	65,00 a	3,60 ab
H ₃ -100	23,33 a	31,00 a	9,33 a	66,00 a	3,92 a

Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan)

Hidrojel uygulamalarının farklı su kısıtı düzeylerinde saksılı pervane çiçeğinin en yüksek ortalama yaprak oransal nem içeriği H₃-100 uygulamasında belirlenirken, H₂-100 ve H₃-100 uygulamaları ile H₃-75 uygulaması aynı istatistiksel grupta yer almış ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Yaprak oransal nem içeriği kapsamında, bitkilere verilen su kısıtlanmasına paralel olarak düşme gerçekleşmiştir (Çizelge 3). Benzer çalışmalarda artan su kısıtı seviyelerine paralel olarak yaprak oransal nem

içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir [29]. Yaprak oransal nem içeriği kapsamındaki en büyük düşüş saksı kapasitesi suyun %50'nin verildiği uygulama gruplarında görülmüştür. İlgili parametredeki düşüşün azaltıldığı uygulamalar genel olarak en yüksek hidrojel miktarının içeren uygulamaların (H₃) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

En yüksek ortalama bitki yaş ağırlığı H₀-100 ve H₃-100 uygulamalarında belirlenmiş, en düşük ortalama bitki yaş ağırlığı değeri kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Aynı zamanda su kısıtının artması bitki yaş ağırlığı verilerini olumsuz etkilemiştir. En yüksek ortalama bitki kuru ağırlığı 3,38 g ile H₃-100 uygulamasında belirlenirken en düşük ortalama bitki kuru ağırlığı kontrol (0,87 g) grubunda belirlenmiştir (Çizelge 2). Artan su kısıtı oranlarına bağlı olarak bitki yaş ve kuru ağırlıklarının azaldığına dair araştırmacı bulguları ile çalışma sonuçlarımız benzerdir [30-32]. Kuraklık stresinin düzeyi ve süresine bağlı olarak bitkilerde ortaya çıkan zarar değişmektedir. Bitkilerde büyüme ve gelişmelerinde gerileme şeklinde ortaya çıkan bu zararın nedeni bitki hücre duvarının ve diğer hücre organellerinin bozulmasıdır [33].

Çizelge 3. Uygulamaların pervane çiçeği bitkisinde yaprak oransal nem içeriği, bitki yaş ve kuru ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri

Uygulama	Yaprak Oransal Nem İçeriği (%)	Bitki Yaş Ağırlığı (g)	Bitki Kuru Ağırlığı (g)	Kök Uzunluğu (mm)	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)
H ₀ -50	47,24 f*	4,68 h*	0,87 h*	12,50 fg*	0,51 f*	0,13 c*
H ₁ -50	49,14 f	5,95 g	1,14 h	13,80 f	0,40 f	0,10 c
H ₂ -50	49,05 f	8,25 f	1,74 g	12,75 fg	0,71 f	0,18 c
H ₃ -50	49,26 f	8,22 f	1,82 fg	12,33 g	0,78 f	0,17 c
H ₀ -75	70,82 e	11,07 e	2,12 def	17,50 e	1,29 e	0,48 b
H ₁ -75	73,38 de	18,22 c	2,20 de	18,17 de	1,69 cd	0,75 a
H ₂ -75	75,59 cd	14,18 d	2,18 de	19,00 cd	1,39 de	0,24 c
H ₃ -75	79,79 ab	17,64 c	2,33 cd	22,00 a	2,41 ab	0,91 a
H ₀ -100	73,21 de	22,76 a	1,87 efg	20,00 bc	2,05 bc	0,83 a
H ₁ -100	79,01 bc	18,37 c	2,57 bc	19,42 cd	2,52 a	0,81 a
H ₂ -100	82,68 ab	20,28 b	2,70 b	20,33 bc	2,78 a	0,85 a
H ₃ -100	83,47 a	22,32 a	3,38 a	21,00 ab	2,77 a	0,80 a

Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan)

En yüksek ortalama kök uzunluğu değerleri H₃-75 uygulamasında tespit edilmiştir. Bununla birlikte H₃-75 uygulaması ile H₃-100 uygulaması aynı harf ile gösterildiğinden aralarında istatistiksel anlamda fark bulunmamaktadır. Ortalama kök yaş ve kuru ağırlıkları su kısıtı düzeyinin artması ile azalmıştır. Saksı kapasitesi düzeyinde sulama yapılan deneme grubunda hidrojel uygulamaları kök yaş ve kuru ağırlığı değerlerini arttırmıştır (Çizelge 3). Su kısıtı düzeyi azaldıkça bitkinin kuraklıktan etkilenme derecesi azalmıştır. Bu sonuç daha önceki yapılan

çalışma sonuçlarına paralel olarak beklenen bir sonuçtur [30-32; 34-36].

SONUÇ

Çalışma genel olarak değerlendirildiğinde su kısıtı düzeyinin artışı pervane çiçeği bitkisinin büyüme ve kalite özellikleri açısından kayda değer bir azalmaya neden olmuştur. %100 su düzeyi uygulamasından sonra %75 sulama düzeyi (%25 su kısıtı) ile birlikte 3 g hidrojelün birlikte kullanımı özellikle yaprak eninin artmasında etkili olmuştur. Araştırma sonuçlarına göre deneme koşullarında saksılı (hacmi 1,5 litre) pervane çiçeğinin yetiştiriciliğinde en az 2 g hidrojelün kullanımı ile %25 oranında (%75 sulama düzeyi) su tasarrufunun sağlanabileceği belirlenmiştir. Bu kapsamda su kaynaklarının sürdürülebilirliği, su kıtlığına karşı alınabilecek önlemlerden biri sağlanmış olacak hem de su maliyeti azaltılabilecektir. Ek olarak, uygulanan hidrojel dozunun miktarları belirlenirken ekonomik analizlerinin de yapılarak yeni araştırmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kodal, S., 1995. Su kaynaklarının geliştirilmesi. Kültürteknige Giriş, A.Ü. Ziraat Fakültesi, (1402):66-79.
2. Altay, A., 2010. Hidrofobik grup içeren hidrojellerin sentezi ve bu grupların poli (N-izopropil akrilamid) hidrojelinin LCST sıcaklığına etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
3. El-Sayed. H., Kirkwood, R.C., Graham, N.B., 1991. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. Journal of Experimental Botany, 42:891-899.
4. El-Sayed, H., El-Sayed A., 2011. Influence of salinity stress on growth parameters, photosynthetic activity and cytological studies of Zea mays, plant using hydrogel polymer. Agric. Biol. JN Am, 2(6):907-920.
5. Çetinkaya, E., 2015. Hidrojeller ve uygulama alanları. İnovatif Kimya Dergisi (26):11-15.
6. Akat, H. 2020. Su tutucu polimer (SAP) uygulamalarının Anadolu sığla ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) türlerinde bitki gelişimi üzerine etkisi. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 8(3):721-727. ISSN:2148-127X. doi:https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i3.721-727.3225.
7. 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.
8. Efe, B., 2010. Çim alanlarda bazı su tutucu polimerlerin kullanılma olanakları. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü. Ankara.
9. Barihi, R., Panahpour, E., Berri, M.H.M., 2013. Super absorbent plymer (hydrogel) and its application in agriculture. World of Sciences Journal, Vol.1, 15:223-228.
10. 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.
11. Sain, M., Sharma, V., 2013. *Catharanthus roseus* (an anti-cancerous drug yielding plant)-A review of potential therapeutic properties. International Journal of Pure & Applied Bioscience, 1(6):139-142.
12. Aruna, M.S., Prabha, M.S., Priya, N.S., Nadendla, R., 2015. *Catharanthus roseus*: Ornamental plant is now medicinal boutique. Journal of Drug Delivery and therapeutics, 5(3):1-4.
13. Kirkham, M.B., 2005. Principles of soil and plant water relations. Boston: Elsevier Academic Press.
14. Karahan, G., Erşahin, S., Öztürk, H.S., 2014. Toprak koşullarına bağlı olarak tarla kapasitesi dinamiği. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG). 31:1-11.
15. Dong, S., Jiang, Y., Dong, Y., Wang, L., Wang, W., Ma, Z., ... Liu, L., 2019. A study on soybean responses to drought stress and rehydration. Saudi journal of biological sciences, 26(8):2006-2017.
16. Sahnoune, M., Adda, A., Soualem, S., Harch, M. K., Merah, O., 2004. Early water-deficit effects on seminal roots morphology in barley. Comptes rendus. Biologies, 327(4):389-398.
17. Yamasaki, S., Dillenburg, L.R., 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasileira de fisiologia vegetal, 11(2):69-75.
18. 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):196-203.
19. Yıldırım, M., Akçal, A. Kaynaş, K., 2009. The response of *Cyclamen hederifolium* to water stress

- induced by different irrigation levels. African Journal of Biotechnology, 8(6):1069-1073.
20. Demirel, K., Çamoğlu, G., Akçal, A., Genç, L. Nar, H., 2019. Farklı sulama seviyelerinin zinyanın fizyolojik ve morfolojik özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, FBA-2018-2589 no.lu proje sonuç raporu
21. Avcı, N., 2008. Hidrojel uygulamalarının mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinin su ve fosforlu gübre kullanımı üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Erzurum.
22. Koupai, J.A., Eslamian, S.S., Kazemi, J.A., 2008. Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth indices. Ecohydrology & Hydrobiology, 8(1):67-75.
23. Dehgan, B., 1995. Using polymers in landscape tree-preliminary research shows that polymers result in less irrigation. Ornamental Outlook 4:17-18.
24. Chouldhary, M.L., Shalaby, A.A., Al-Omran, A.M., 1995. Water holding capacity and evaporation of calcareous soils as affected by four synthetic polymers. Soil Science and Plant Analysis. 26:13-14.
25. Johnson, M.S., Piper, C.D., 1997. Cross-linked, water-storing polymers as aids to drought tolerance of tomatoes in growing media. Journal of Agronomy and Crop Science 178:23-27.
26. Silberbush, M., Adar, E., deMalach, Y., 1993. Use of hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. I. Corn irrigated by trickling. Agricultural Water Management 23:303-313.
27. Akçal, A., 2012. Türkiye’de doğal yayılış gösteren bazı siklamen türlerinde abiyotik stres koşullarının bitki gelişimi ve çiçeklenmem üzerine olan etkilerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
28. Akçal, A., Demirel, K., Çamoğlu, G., 2017. Farklı sulama düzeylerinin glayölde korm gelişimi ve çiçeklerin vazo ömrü üzerine olan etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi. FHD-2016-1031 no.lu proje sonuç raporu, Çanakkale.
29. Kırnak, H., Demirtaş, M.N., 2002. Su stresi altındaki kiraz fidanlarında fizyolojik ve morfolojik değişimlerin belirlenmesi. Research in Agricultural Sciences, 33(3):265-270.
30. Demirel, K., Çatıkkaş, G.R., Kesebir, B., Çamoğlu, G., Nar, H., 2020a. Farklı su stresi düzeylerinde siklamenin fizyolojik ve morfolojik özelliklerindeki değişimin belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Özel Sayı):55-70.
31. Demirel, K., Yıldırım, D., Ayanoglu, Z., Albayrak, F., Kuşak, İ., Ersoy, Ç., ... Çatıkkaş, G., 2020b. Çuha çiçeğinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine su stresinin etkilerinin araştırılması. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(2):347-358.
32. Eken, L., 2022. Su stresi koşullarında yetiştirilen Lilyum’un (*Lilium hybrida* La.) fizyolojik ve morfolojik özellikleri üzerine bazı uygulamaların etkisi. Doktora Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
33. Bat, M., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., 2020. Ekinezya (*Echinacea purpurea* L.) bitki kuraklık stresi ve deniz yosunu uygulamalarının bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 23(1):99-107.
34. Öztürk, N.Z., 2015. Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(5):307-315.
35. Razzaghi, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., Andersen, M.N., 2014. Ionic and photosynthetic homeostasis in quinoa challenged by salinity and drought - mechanisms of tolerance. Functional Plant Biology, 42(2):136-148.
36. Örs, S., Ekinci, M., 2015. Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. Derim, 32(2):237-250.