

ISSN 2757-8097

alatarım

Cilt 21, Sayı 1, Haziran 2022



Published by
Alata Horticultural Research Institute, Erdemli, Mersin, TURKEY

TAGEM JOURNALS

**Alata Bahçe Kùltürleri
Araştırma Enstitüsü Adına**

Sahibi

Doç. Dr. Davut KELEŞ
Enstitü Müdürü

Editör

Dr. Ayhan AYDIN

Yayın Kurulu

Dr. Ayhan AYDIN, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Mersin, Türkiye
Dr. Veysel ARAS, Bahçe Bitkileri
Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Mersin, Türkiye
Dr. O. Sedat SUBAŞI, Tarım Ekonomisi
Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Mersin, Türkiye
Dr. Mustafa ÜNLÜ, Bahçe Bitkileri
Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Mersin, Türkiye
Dr. Engin GÖNEN, Biyosistem Mühendisliği
Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Mersin, Türkiye
Prof. Dr. Aydın UZUN, Bahçe Bitkileri
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
Doç. Dr. Servet TEKİN, Biyosistem Mühendisliği
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye
Prof. Dr. Nedim MUTLU, Tarımsal Biyoteknoloji
Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye

*Türkçe ve İngilizce olarak altı ayda bir elektronik ortamda
yayınlanır.*

**TÜBİTAK/ULAKBİM TR Dizin ve
CAB INTERNATIONAL tarafından dizinlenen hakemli bir
dergidir.**

Elektronik Posta

alatarim@yahoo.com

Web Adresi

<http://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata>

Telefon

0 324 518 00 52-54

*Derginin tüm yayın hakları Bahçe Kùltürleri Araştırma
Enstitüsü Müdürlüğüne aittir. Kaynak gösterilmesi koşuluyla
alıntı yapılabilir.*

HAKEM KURULU – SCIENTIFIC BOARD

Prof. Dr. Ekrem GÜREL, Biyoloji
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye
Prof. Dr. Ertan YILDIRIM, Bahçe Bitkileri
Atatürk Üniversitesi, Adana, Türkiye
Prof. Dr. Halit YETİŞİR, Bahçe Bitkileri
Erciyes Üniversitesi, Adana, Türkiye
Prof. Dr. Harun KAMAN, Tarımsal Yapılar ve Sulama
Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa İMREN, Bitki Koruma
Bolu Abant İzzet Baysal, Bolu, Türkiye
Prof. Dr. Nebahat SARI, Bahçe Bitkileri
Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye (Emekli)
Prof. Dr. Özkan SİVRİTEPE, Bahçe Bitkileri
Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Konya, Türkiye
Prof. Dr. Ramazan ÇETİNTAŞ, Bitki Koruma
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye
Prof. Dr. Yelda ÖZDEN ÇİFTÇİ, Moleküler Biyoloji ve
Genetik, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye
Doç. Dr. Servet TEKİN, Biyosistem Mühendisliği
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye
Doç. Dr. Yeşim BOZKURT ÇOLAK, Biyosistem Müh.
Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Mersin, Türkiye
Doç. Dr. Sedat BOYACI, Biyosistem Mühendisliği
Ahi Evran Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

İÇİNDEKİLER

Araştırmalar

- 1 Bazı Soğan (*Allium cepa* L.) Islah Hatlarına ait Tohumların Farklı Tuz Konsantrasyonlarında Çimlenme Özelliklerinin *In Vitro* Koşullarda Belirlenmesi
Zahide Neslihan ÖZTÜRK GÖKÇE,
Hafsanur ATİK, Mehtap VURAL,
Ali Fuat GÖKÇE
- 10 Gama Işınlamasının Karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) Tohum Çimlenmesine Etkileri ve Etkili Mutasyon Dozunun Belirlenmesi
K. Yaprak KANTOĞLU
- 18 Türkiye’de Doğal Olarak Yayılış Gösteren *Colchicum cilicium*’un *In vitro* Rejenerasyonu ve Sentetik Tohum Üretimi
N. Yeşim YALÇIN MENDİ, Şamil ÖZDEMİR,
Senem UĞUR, Başar SEVİNDİK, Tolga İZGÜ,
Ergün KAYA, Mehmet TÜTÜNCÜ,
Pembe ÇÜRÜK, Özhan ŞİMŞEK,
Onur KOYUNCU
- 27 Siirt Fıstık (*Pistacia vera*) Anacının *Meloidogyne incognita* ve *Meloidogyne javanica*’ya Karşı Dayanıklılık Durumu
Adem ÖZARSLANDAN
- 33 Atık Su Arıtma Sisteminin Performansına Sıcaklık, Kimyasal ve Biyolojik Etmenlerin Etkileri
Servet TEKİN, Akif Mehmet KETENCİ,
Gizem ARSLANKURT
- 42 Trakya Bölgesi Yeraltı Su Kaynaklarının Bazı Sulama Suyu Kalite Parametreleri Açısından Sınıflandırılması
Ülviye ÇEBİ, Başak AYDIN, Selçuk ÖZER,
Ozan ÖZTÜRK

CONTENTS

Researches

- 1 Determination of Germination Characteristic of Seeds of Some Onion (*Allium cepa* L.) Breeding Lines under *In Vitro* Conditions with Different Salt Concentration
Zahide Neslihan ÖZTÜRK GÖKÇE
Hafsanur ATİK, Mehtap VURAL,
Ali Fuat GÖKÇE
- 10 Effects of Gamma Irradiation on Seed Germination in Watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) and Determination of Effective Mutation Dose
K. Yaprak KANTOĞLU
- 18 *In vitro* Regeneration and Synthetic Seed Production of *Colchicum cilicium* Grown Naturally in Turkey
N. Yeşim YALÇIN MENDİ, Şamil ÖZDEMİR,
Senem UĞUR, Başar SEVİNDİK, Tolga İZGÜ,
Ergün KAYA, Mehmet TÜTÜNCÜ,
Pembe ÇÜRÜK, Özhan ŞİMŞEK,
Onur KOYUNCU
- 27 Resistance Status of Siirt Pistachio Rootstock Against *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*
Adem ÖZARSLANDAN
- 33 Effects of Temperature, Chemical and Biological Factors on Wastewater Treatment Plant System Performance
Servet TEKİN, Akif Mehmet KETENCİ,
Gizem ARSLANKURT
- 42 Classification of Underground Water Resources of Thrace Region in Terms of Some Irrigation Water Quality Parameters
Ülviye ÇEBİ, Başak AYDIN, Selçuk ÖZER,
Ozan ÖZTÜRK

Bazı Soğan (*Allium cepa* L.) Islah Hatlarına ait Tohumların Farklı Tuz Konsantrasyonlarında Çimlenme Özelliklerinin *in vitro* Koşullarda Belirlenmesi

Zahide Neslihan ÖZTÜRK GÖKÇE 

Hafsanur ATİK 

Mehtap VURAL 

Ali Fuat GÖKÇE 

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Ayhan Şahenk Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Tarımsal Genetik Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde

Öz

Tuzluluk günümüzde tarımsal üretimde verim kaybına yol açan abiyotik stres etmenlerinden biridir. İklim değişikliğinin de etkisiyle artan bu zararı azaltmanın yollarından biri de, tuz stresine toleransı yüksek bitkilerin seçilmesi ve tarıma kazandırılmasıdır. Türkiye'nin hemen her yerinde yetiştiriciliği yapılan soğan (*Allium cepa* L.) sebzesi ile yapılan tuz stresi çalışmaları dikkat çekecek ölçüde azdır. Bu çalışma kapsamında Dr. Öğr. Üye. Ali Fuat Gökçe tarafından uzun yıllar süren ıslah çalışmaları kapsamında geliştirilen 2 adet kısa (K52 ve K58) ve 4 adet uzun gün (U12, U16, U47 ve U49) soğan ıslah hattı kullanılmıştır. Islah hatlarına ait tohumlar, farklı tuz konsantrasyonlarını (0 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM ve 250 mM) içeren besi ortamında *in vitro* koşullarda, tuz konsantrasyonunun çimlenme özelliklerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Tuz konsantrasyonundaki artış tüm hatlarda çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi ve tolerans oranının azalmasına yol açmıştır. En düşük çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi ve tolerans oranı en yüksek tuz konsantrasyonu olan 250 mM'da gerçekleşmiştir. İncelenen çimlenme parametreleri açısından, 250 mM tuz içeren besi ortamında en iyi sonuçların K58 (kısa gün) ve U16 (uzun gün) soğan genotiplerine ait tohumlardan elde edildiği ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, bu hatlar tuza toleransları yüksek hatlar olarak tarımsal üretime dahil edilebilecekleri gibi, tuza toleransı yüksek ve farklı karakterlere sahip soğan ıslah hatlarını geliştirme amaçlı ıslah programlarında da kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Allium cepa* L., tuz stresi, *in vitro*, çimlenme.

Determination of Germination Characteristic of Seeds of Some Onion (*Allium cepa* L.) Breeding Lines under *in vitro* Conditions with Different Salt Concentration

Abstract

Salinity is one of the major abiotic stress factors that cause yield loss in agricultural production. Salinity stress is becoming more pronounced with the climate change and one of the ways to decrease the yield loss due to salt stress is to select plants with higher salt stress tolerance for future food security in Turkey. In the literature data regarding salt stress studies of *Allium cepa* L. is limited. In this study, 2 short-day (K52 and K58) and 4 long-day (U12, U16, U47 and U49) onion breeding lines developed by Dr. Ali Fuat GÖKÇE within the scope of long term breeding studies were investigated in terms of germination characteristic under *in vitro* conditions containing varying salt concentrations (0 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM and 250 mM). Results reported that increase in salt concentration led to a decrease in the germination percentage, mean germination time, germination index and tolerance ratio in all onion breeding lines. The lowest mean values related with germination parameters were observed with the 250 mM salt concentration. The best mean values in terms of germination parameters under *in vitro* conditions media containing 250 mM salt was determined in the lines K58 (short day) and U16 (long day). As a result, these lines can be included in agricultural production as onion genotypes with high salt tolerance, and they have a potential to be included in breeding programs aimed at developing onion tolerant varieties with high salt tolerance.

Keywords: *Allium cepa* L., salt stress, *in vitro*, germination.

Sorumlu Yazar/Correspondence to: Z. N. Öztürk Gökçe; zahideneslihan_ozturk@ohu.edu.tr
Geliş Tarihi/Received: 27.05.2021 Kabul Tarihi/Accepted: 10.02.2022

Makalenin Türü: Araştırma
Category: Research

Z. Neslihan ÖZTÜRK GÖKÇE  <https://orcid.org/0000-0002-2592-9997>
Mehtap VURAL  <https://orcid.org/0000-0002-8502-0400>

Hafsanur ATİK  <https://orcid.org/0000-0002-8733-8287>
A. Fuat GÖKÇE  <https://orcid.org/0000-0002-0384-9486>

Giriş

Bitkilerin büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkileyen birçok çevre faktörü bulunmaktadır. Uygun olmayan çevre koşullarına adaptasyon

eksikliği bitkilerde stres olarak adlandırılan durumun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bitkiler üzerinde negatif etkiye sahip olan stres faktörleri biyotik ve abiyotik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mikroorganizmalar, virüsler,

böcekler, pestisitler ve yabancı otlar biyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Başlıca abiyotik stres faktörleri ise kuraklık, tuzluluk, radyasyon, yüksek ve düşük sıcaklıklar olarak bilinmektedir (Büyük ve ark., 2012).

Abiyotik stresler arasında yer alan tuz stresi, toprağın tuzlu olduğu bölgelerde bitkinin büyümesi ve mahsül üretimi için en ciddi sınırlayıcı faktörlerden biridir. Dünyada ekili alanların yaklaşık %23'ü tuzludur (Khan and Duke, 2001). Topraklar jeo-tarihsel süreçler nedeniyle ya da insan kaynaklı etkilerden dolayı tuzlu olabilirler. Tarımsal yetiştiricilik yapılan alanlarda toprak tuzluluğu, toprakta yüksek oranda çözünür tuzların varlığını ifade etmektedir. Tuz stresi olarak karşımıza çıkan bu durum, bitkilerin büyümesini ve gelişmesini ozmotik ve iyon stresine bağlı olarak engellemektedir (Parida ve Das, 2005). Çözünebilir tuzların yarattığı yüksek osmotik basınç kökler tarafından suyun emilimini sınırlandırmaktadır. Ayrıca bitki beslenmesinde gerekli olan iyonların dengeli bir şekilde emilmesini engelleyerek bitki büyüme ve gelişmesini yavaşlatmakta veya durdurmaktadır (Tester and Davenport, 2003). Kök rizosferinde tuz miktarının artmasıyla birlikte ilk olarak ozmotik stres oluşmaktadır. Oluşan bu dışsal osmotik stres, kullanılabilir su miktarının da azalmasına yol açarak bitkilerin fizyolojik kuraklık ile karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır (Tuteja, 2007). Kullanılabilir su miktarındaki azalma, hücre genişlemesinin azalması ve sürgün gelişiminin yavaşlaması şeklinde etkisini göstermektedir. Tuzluluk, bitkiler üzerindeki doğrudan etkisini osmotik ve iyon stresi oluşturarak gösterirken, dolaylı etkisini (sekonder etki) bu stres faktörleri sonucu bitkide meydana gelen morfolojik ve fizyolojik değişiklikler ve toksik bileşiklerin sentezlenmesi ve birikmesi ile göstermektedir. NaCl'nin sebep olduğu başlıca sekonder etkiler DNA, protein, klorofil ve zar fonksiyonuna zarar veren aktif oksijen türlerinin sentezi, fotosentezin inhibisyonu, metabolik toksisite ve hücre ölümü olarak sayılabilir. (Chaudhry ve ark., 2020). Tuz stresinin bitkilerde osmotik ve iyon stresine neden olarak büyüme ve gelişme üzerine etkisi, tuzun türüne, stresin seviyesine ve süresine, strese maruz kalan bitkinin genotipine ve gelişim aşamasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Bitkilerin hayat döngüsü tohumların çimlenmesiyle başlamaktadır (Bradford, 1995). Tohumların çimlenme kabiliyetini ve çıkış hızını etkileyen birçok çevresel faktör bulunmaktadır (Ashraf ve Foolad, 2005). Bu faktörler nedeniyle çimlenme ve çıkış oranında meydana gelen azalmalar bitkilerde verim kaybı olarak karşımıza çıkmaktadır. Tohumların çimlenmesini, buna bağlı olarak bitkilerin büyüme ve gelişme dönemlerini olumsuz etkileyen ve verim kaybına neden olan en önemli çevresel etmenlerden birisi tuzluluk stresidir (Hasanuzzaman ve ark., 2013; Seleiman ve ark., 2021). Tuzluluğun birçok kültür bitkisinde çimlenme dönemini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Ahmad ve ark., 2013). Çimlenme, tohum kabuğundan suyun absorbe edilip, enzimatik reaksiyonların başlaması ile gerçekleşmektedir. Fakat ekim yapılan alanlarda tuzun varlığı tohum tarafından suyun emilimini zorlaştırmaktadır (Othman, 2005). Su emiliminde meydana gelen azalmaya bağlı olarak osmotik basınç azalmakta, tohum etrafındaki Na ve Cl iyonlarının yoğunluğunun artması iyon toksisitesine neden olmaktadır. İyon toksisitesi, biokimyasal reaksiyonlarda bozunmalara neden olduğundan dolayı çimlenme olumsuz etkilenmektedir (Al-Mutawa ve ark., 2003; Mahmood ve ark., 2010). Toprakta tuz yoğunluğunun artışı çimlenmede gecikme, çimlenme oranında azalma hatta çimlenmeyi tamamen engelleyen etkiye sahiptir. Yapılan araştırmalar, artan tuz konsantrasyonlarının arpa, buğday (Bagwasi ve ark., 2020), mısır (Hassan ve ark., 2018) ve çeltik (Farooq ve ark., 2021) gibi kültür çeşitlerinde çimlenmeyi azalattığı ortaya koymaktadır. Günümüzde küresel iklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelen tuzluluk stresinin etkilerini en aza indirmek, tarımsal üretimin geleceği açısından üzerinde durulması gereken konulardan birisi haline gelmiştir. Bu nedenle bitkisel üretimin devamlılığını sağlamak için tuza toleransı yüksek olan bitki genotiplerinin seçilerek tarıma kazandırılması önem kazanmaktadır.

Soğan (*Allium cepa* L.) insan beslenmesinde aktif rol oynayan ve dünya genelinde üretimi yapılan önemli bir sebzedir. Taze, kuru, dondurulmuş, toz baharat olmak üzere dört farklı şekilde tüketilen soğan, ayrıca dünya ekonomisinde de önemli bir yere sahiptir. Dünya kuru soğan üretiminde Çin ve Hindistan başlıca ülkeler olup,

ardından ABD, İran, Mısır, Rusya ve Türkiye gelmektedir (Anonim, 2020). Soğan bahçe bitkilerinde en yaygın olarak yetiştirilen bitkilerden birisidir. Birinci yıl baş bağlama, ikinci yıl tohum oluşturan 2 yıllık bir bitkidir. Çimlenme için yeterli nem ve 10-15 °C, olgunlaşma için 10-25 °C, baş olgunlaşması ve yaprakların kuruması için ise 25-30 °C gereklidir. Baş bağlamak için gerekli faktörlerden birisi de gün uzunluğudur; baş soğan oluşturma yönünden soğanlar yetiştikleri gün uzunluklarına göre kısa gün, orta gün ve uzun gün olmak üzere 3 gruba ayrılırlar. Baş bağlamak için kısa gün çeşitleri 12 saatin altında, orta gün 12-14 saat ve uzun gün çeşitler ise 14 saatin üzerinde gün uzunluğuna ihtiyaç duyarlar. Türkiye şartlarında kısa gün soğanlar sonbaharda fazla soğuk olmayan bölgelerde, orta günler ilkbahar aylarında kışları soğuk olan yerlerde, uzun gün çeşitler ise kuzey bölgelerde ilkbahar aylarında ekilmektedir.

Önemli bir sebze olmasına ve çimlenme ve baş bağlama aşamasında tuza hassas olduğu bilinmesine rağmen, soğan bitkisinin tuz stresine tepkisinin araştırıldığı az sayıda çalışma mevcuttur. Çalışmaların büyük çoğunluğu toprakta ve sera koşullarında gerçekleştirilmiş ve temel olarak farklı soğan genotiplerinin baş bağlama aşamasında tuza tepkileri değerlendirilmiştir (Yadav ve ark., 1998; Sta-Baba ve ark., 2010; Hancı ve Cebeci, 2015; Hancı ve Cebeci, 2018; Chaudhry ve ark., 2020). Ancak sera koşullarında tuza toleransı olan bitkilerin seçimi oldukça güçtür ve soğan bitkisinin çimlenme aşamasında tuza hassasiyeti bulunmaktadır. Literatürde ise soğan bitkisinin tuzlu ortamda çimlenme güçlerinin araştırıldığı sadece iki yayın bulunmaktadır (Jashi ve Sawant, 2012; Singh ve Gopal, 2019). Tuz stresine bağlı verim kayıplarının sıklıkla görülmeye başlandığı günümüzde, ülkemizdeki ıslah çalışmaları kapsamında geliştirilen soğan genotiplerinden, tuza toleransı yüksek olanların seçimi ve tarıma kazandırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında Dr. Öğr. Üye. Ali Fuat Gökçe tarafından uzun yıllar süren ıslah çalışmaları kapsamında geliştirilen 2 kısa ve 4 uzun gün soğan genotiplerine ait tohumların farklı tuz konsantrasyonlarını içeren besin ortamlarında çimlendirilerek, hem tuz toleransı yüksek hatların tespit edilmesi, hem de *in vitro* koşullarda tuza toleransı yüksek soğan genotiplerinin seçiminde kullanılabilecek en

uygun tuz konsantrasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada bitki materyali olarak Dr. Öğr. Üye. Ali Fuat Gökçe tarafından uzun yıllardır yürütülen soğan ıslah çalışmaları ile geliştirilen ve TÜBİTAK-KAMAG 117G023 “Kışlık Sebze Yetiştiriciliğinde Hat ve/veya Çeşit Geliştirme” başlıklı proje kapsamında yer alan sarı kabuk renkli 2 adet kısa (K52 ve K58) ve 4 adet uzun gün (U12, U16, U47 ve U49) soğan ıslah hattı kullanılmıştır.

Deneyler, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Ayhan Şahenk Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Tarımsal Genetik Mühendisliği doku kültürü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Hatlara ait tohumlarda mantar ve bakteri kontaminasyonunu engellemek için farklı konsantrasyonlarda ve farklı sürelerde ön sterilizasyon aşamasına tabi tutulmuşlardır. Tohumların %3' lük sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 25 dakika muamele edilmesi sterilizasyon için en uygun prosedür olarak belirlenmiştir. Sterilizasyon aşamasından sonra tohumlar steril saf su ile 3 kez durulanmıştır. Çalışmada 6 farklı NaCl konsantrasyonu (0 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM, 250 mM) kullanılmıştır. Çimlendirme işlemi içerisinde 2,2 gr/L MS ortamı ve 6 farklı NaCl konsantrasyonu (0 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM, 250 mM) içeren besi ortamı hazırlanmıştır. Artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak besi ortamındaki agar miktarı da orantılı biçimde arttırılmıştır. Hazırlanan ortamların pH değerleri 5,8 olarak sabitlenmiştir. Besi ortamları otoklavlandıktan sonra steril petri kaplarına (9 cm) eşit olacak şekilde paylaştırılmış ardından 30 dakika UV ışık altında bekletilmiştir. Deneme, her 2 petri kabı bir tekerrüre tekabül edecek şekilde her bir NaCl konsantrasyonu için 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 50 tohum olacak şekilde tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre kurulmuştur. Farklı tuz konsantrasyonlarını içeren besi ortamına steril koşullarda ekimleri yapılan tohumlar, 20 ± 2 °C ve ışıklandırma süresi 16/8 saat (gündüz/gece) olarak ayarlanmış kontrollü büyüme kabinlerinde çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlenen tohumlar iki gün aralıklarla 14 gün boyunca sayılmıştır. En az 1 cm boyunda yaprak oluşturan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. On dördüncü

günde çimlenen tohumlar sayılmış ve çimlenme oranı (%) ISTA (1996) kurallarına göre belirlenmiştir. Ayrıca soğan genotiplerine ait tohumların farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme hızını belirlemek amacıyla ortalama çimlenme süresi Elis ve Roberts (1980)'e ve çimlenme indeksi AOSA (Association of Official Seed Analysis, 1983)'e göre hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan soğan ıslah hatlarına ait tohumların farklı tuz konsantrasyonlarına göstermiş oldukları toleransın karşılaştırılması amacıyla, Chandler ve ark. (1986) tarafından geliştirilmiş olan "Tolerans Oranı" kullanılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen çimlenme parametrelerine ait formüller aşağıda belirtilmiştir.

Çimlenme oranı = $(\text{Çimlenen tohum sayısı} / \text{Toplam tohum sayısı}) \times 100$

Ortalama çimlenme süresi = $\Sigma(n.D) / \Sigma n$

n: D gününde çimlenen tohum sayısı,

D: çimlenme gün sayısı,

Σn : toplam çimlenen tohum sayısı

Çimlenme indeksi = $(\text{Çimlenen tohum sayısı} / \text{Birinci sayım günü}) + \dots + (\text{Çimlenen tohum sayısı} / \text{Son sayım günü})$

Tolerans oranı: İşlem görmüş tohumlarda toplam çimlenen tohum sayısı/Kontrol grubunda toplam çimlenen tohum sayısı.

Çimlenme testi sonucunda elde edilen verilerin varyans analizi yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ($P \leq 0,05$) (Steel el al. 1997) ile Statistical Package Statistix 8.1 (Tallahassee Florida, USA) programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

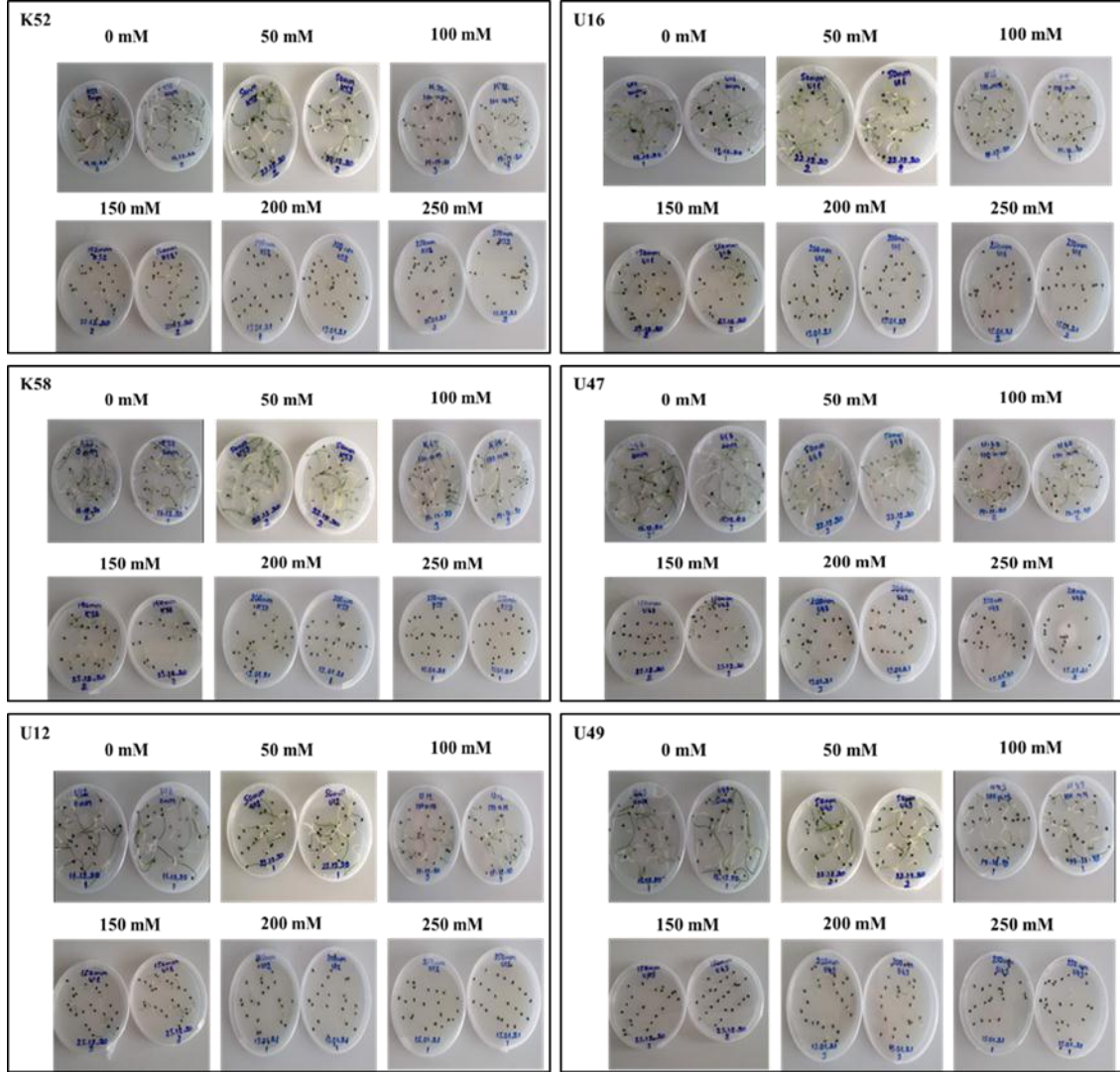
Bulgular ve Tartışma

Denemede kullanılan soğan ıslah hatlarına ait tohumların farklı tuz konsantrasyonlarını içeren besi ortamındaki çimlenme fotoğraflarına gösteren örnekler Şekil 1'de verilmiştir. On dört gün boyunca devam eden gözlemler sonucunda elde edilen verilere göre çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi ve tolerans oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Araştırmada incelenen çimlenme parametreleri açısından ıslah hattı (IH), tuz konsantrasyonu, ıslah hattı (IH)×tuz konsantrasyonu (TK) interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 1. Farklı tuz konsantrasyonlarının soğan ıslah hatlarına ait tohumların çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi ve tolerans oranına ilişkin varyans analizi

Kareler Ortalaması					
Kaynak	Sebestlik Derecesi	Çimlenme Oranı	Ortalama Çimlenme Süresi	Çimlenme İndeksi	Tolerans Oranı
Tekerrür	2	72.26*	0.0670*	0.00122*	0.00583*
Tuz Konsantrasyonu (TK)	5	7431.44*	17.4883*	0.36750*	2.06743*
Islah Hattı (IH)	5	1200.50*	6.2086*	0.08617*	0.11610*
IH×TK	25	121.50*	0.8305*	0.00579*	0.01294*
Hata	70	74.89*	0.4113*	0.00134*	0.00862*
Toplam	107				

* $p \leq 0,05$ düzeyinde önemli.



Şekil 1. Soğan ıslah hatlarına ait tohumların farklı tuz konsantrasyonlarını içeren besi ortamında çimlendirilmesi

Uzun gün ve kısa gün soğan ıslah hatlarında 0 mM uygulamasında diğer tuz konsantrasyonlarına göre daha yüksek çimlenme oranı belirlenmiştir. 0 mM uygulamasında en yüksek çimlenme oranı % 98,6 ile K58 genotipinde elde edilir iken en düşük çimlenme oranı % 88 ile U12 ıslah hattında tespit edilmiştir (Tablo 1). Çimlenme oranlarına ilişkin elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ıslah hatlarının tuz konsantrasyonlarına olan tepkisinin farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır. Beklenildiği gibi çalışmada kullanılan soğan ıslah hatlarına ait tohumların farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme oranları farklı olmuş ve tuz konsantrasyonundaki artış çimlenme oranında düşüşe neden olmuştur. Soğan ıslah hatlarına ait tohumlarda en düşük çimlenme oranı 250 mM tuz içeren besin ortamında gerçekleşmiştir.

Ayrıca K58 ve U16 ıslah hatlarında 50 mM ve 100 mM tuz içeren besin ortamındaki çimlenme oranı 0 mM uygulaması ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Singh ve Gopal (2019) yaptıkları çalışmada benzer sonuç elde etmişler ve artan tuz konsantrasyonunun çimlenme oranını düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Turhan ve Şeniz (2010) yapmış oldukları çalışmada artan tuz konsantrasyonlarının domates genotiplerinde çimlenmeyi azalttığını ve bu azalmanın genotiplere göre değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Turhan ve ark. (2011), 250 mM tuz konsantrasyonunun ıspanak genotiplerinde çimlenme oranını önemli derecede azalttığını, 50 ve 100 mM tuz konsantrasyonunun kontrol grubu ile benzer sonuçlarını verdiğini ortaya koymuşlardır. Bu araştırma neticesinde elde

edilen veriler, daha önce yapılan çalışmalar ile benzer olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Farklı tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen soğan ıslah hatlarına ait tohumların çimlenme oranlarına (%) ilişkin ortalama değerler

Islah Hattı	Tuz Konsantrasyonu (mM)					
	0	50	100	150	200	250
	Çimlenme Oranı (%)					
U49	98±1,41ab	77,33± 1,75ef	73,33±3,65gh	40,00±2,45mn	67,33±4,12hi	30,00±2,0o
U47	95,33±1,52ab	84±2,45bcd	82±4,18def	60,66±3,69jkl	74,66±2,75fgh	36,66±4,23no
U12	88±2,0abc	73,3±2,84ghi	66,6±2,65ijk	57,33±1,75kl	56,66±2,04kl	27,33±1,52o
U16	93,3±1,52abc	90,66±2,15abc	90±2,45abc	81,33±2,84cde	81,33±2,24cde	53,33±2,24klm
K52	98±1,86ab	94±1,86abc	83,3±2,04cde	50,66±2,47lmn	66,66±2,15ijk	40±2,63mno
K58	98,6±1,52a	97,3±1,75abc	86,66±4,44abc	62±3,89jkl	84,66±2,54abc	48,66±3,07lmn

±. Standart Hata, Farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0,05$).

Soğan ıslah hatlarına ait tohumların farklı tuz konsantrasyonlarının çimlenme hızına olan etkisini belirlemek amacıyla elde edilen ortalama çimlenme süresine ait veriler Tablo 3’de verilmiştir. Tuzluluk çimlenmenin gecikmesine ve buna bağlı olarak ortalama çimlenme süresinin artmasına neden olmuştur. En yüksek ortalama çimlenme süresi ise 250 mM tuz konsantrasyonunda çimlendirilen U49, U47, K52 ve K48 soğan ıslah hatlarından elde edilmiştir. 250 mM tuz konsantrasyonunda en yüksek çimlenme süresi U49 ıslah hattında 9,06 gün olarak tespit edilmiştir. Soğan ıslah hatlarına ait tohumlar 0 mM uygulamasında en kısa ortalama çimlenme süresine ulaşmışlardır. 0 mM uygulamasında ise en kısa çimlenme süresi K58

ıslahhattında 4,32 gün olarak belirlenmiştir. Ayrıca ortalama çimlenme süresi açısından ıslah hatları arasında meydana gelen farklılık ıslah hatlarının farklı tuz konsantrasyonlarında farklı çimlenme yeteneğine sahip olduklarını ortaya koymuştur. Singh ve Gopal (2019), tuz konsantrasyonlarındaki artışın soğan tohumlarının çimlenmesini ortalama 0,46 ila 4,32 gün arasında uzamasına neden olduğunu tespit etmiş ve benzer sonuçlar mevcut çalışma neticesinde de elde edilmiştir. Mevcut çalışma ile benzer bulgular Turhan ve ark. (2011)’nin farklı tuz konsantrasyonlarının bazı ıspanak çeşitlerinde ortalama çimlenme süresini artırdığını belirtmişlerdir.

Tablo 3. Farklı tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen soğan ıslah hatlarına ait tohumların ortalama çimlenme sürelerine (gün) ilişkin ortalama değerler

Islah Hattı	Tuz Konsantrasyonu (mM)					
	0	50	100	150	200	250
	Ortalama Çimlenme Süresi (Gün)					
U49	5,25±0,6mn	8,39±0,6abc	7,56±0,1bcd	7,88±0,7bcd	7,67±0,9bcd	9,06±1,0a
U47	6,35±0,6jkl	8,16±0,9abc	6,45±1,0ijk	6,40±1ijk	6,35±1,3jkl	7,36±0,8cde
U12	5,17±0,4mn	7,99±0,6bcd	6,17±1,0klm	6,81±0,8fgh	7,44±0,8bcd	7,96±0, bcd
U16	4,53±0,5n	6,50±0,8ijk	6,07±0,5klm	5,78±0,5lm	5,84±0,8 lm	6,51±0,5ijk
K52	4,62±0,6n	7,57±0,7bcd	7,67±0,8bcd	6,73±0,9 ghi	7,83±0,5bcd	8,42±0,9ab
K58	4,32±0,5n	6,94±0,4efg	6,62±0,5hij	6,74±0, ghi	7,33±0,3def	7,67±0,5bcd

±. Standart Hata, Farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0,05$).

Tohum çimlendirme testlerinde belirlenmesi gereken önemli parametrelerden birisi çimlenme indeksi. Çimlenme indeksi, çimlenmenin uniform olup olmadığını gösteren bir kriterdir. Bu çalışma kapsamında, farklı tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen soğan ıslah

hatlarına ait tohumların ortalama çimlenme indekslerine ilişkin ortalama değerler Tablo 4’de verilmiştir. En düşük çimlenme indeksi 250 mM tuz konsantrasyonunda tespit edilmiş olup 0,11 ortalama değeri ile U49 ve U12 ıslah hatlarında gözlemlenmiştir. En yüksek çimlenme indeks

değerleri ise bütün ıslah hatlarının 0 mM uygulamasından elde edilmiştir. Artan tuz konsantrasyonlarının soğan ıslah hatlarında çimlenmede azalmaya ve çimlenme düzensizliklerine neden olduğu çimlenme indeks verileri neticesinde ortaya konmuştur. Turhan ve ark. (2011)'ı tuz konsantrasyonlarındaki artışın

ıspanak çeşitlerinde çimlenme indeksini olumsuz yönde etkilediğini belirterek bu durumun uniform olmayan çimlenmeye yol açtığını bildirmişlerdir. Chakma ve ark. (2019)'ı domates çeşitlerinde çimlenme indeksindeki azalmanın artan tuz konsantrasyonlarının neden olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 4. Farklı tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen soğan ıslah hatlarına ait tohumların çimlenme indekslerine ilişkin ortalama değerler

Islah Hattı	Tuz Konsantrasyonu (mM)					
	0	50	100	150	200	250
	Çimlenme İndeksi					
U49	0,61±0,16b	0,30±0,14lm	0,33±0,13jkl	0,17±0,11no	0,29±0,31lm	0,11±0,04o
U47	0,52±0,13cde	0,38±0,18ij	0,43±0,21ghi	0,32±0,19klm	0,31±0,19lm	0,18±0,30n
U12	0,54±0,17 cd	0,31±0,13lm	0,32±0,03kl	0,29±0,11lm	0,26±0,18m	0,11±0,10o
U16	0,63±0,11ab	0,48±0,23def	0,54±0,07c	0,47±0,19efg	0,45±0,14fgh	0,28±0,19lm
K52	0,65±0,13ab	0,43±0,13hi	0,37±0,24ijk	0,26±0,24m	0,29±0,11lm	0,16±0,22no
K58	0,68±0,06a	0,49±0,11cde	0,50±0,07cde	0,31±0,26klm	0,39±0,18i	0,19±0,15n

±. Standart Hata, Farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır (p≤0,05).

Farklı tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen soğan ıslah hatlarına ait tohumların tolerans oranlarına ilişkin ortalama değerler Tablo 5'te verilmiştir. Soğan genotiplerinin tuz toleransına olan tepkilerinin farklılık gösterdiği elde edilen veriler neticesinde ortaya çıkmıştır. U49 ve U47 ıslah hatlarında en yüksek tolerans oranı 50 mM ve 100 mM tuz konsantrasyonlarında elde edilir iken en düşük 250 mM tuz konsantrasyonunda tespit edilmiştir. U12 ve K52 hatlarında ise en yüksek tolerans oranı 50 mM görülmüş olup,

artan tuz konsantrasyonlarının tolerans oranında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. U16 ıslah hattında 50 mM, 100 mM, 150 mM ve 200 mM tuz konsantrasyonlarından elde edilen tolerans oranları benzer sonuçlar göstermiştir fakat 250 mM tuz konsantrasyonunda tolerans oranında azalma olduğu ortaya çıkmıştır. K58 ıslah hattında tolerans oranına ilişkin en yüksek değer 50 mM tuz konsantrasyonunda, en düşük değer ise 250 mM tuz konsantrasyonundan elde edilmiştir.

Tablo 5. Farklı tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen soğan ıslah hatlarına ait tohumların tolerans oranlarına ilişkin ortalama değerler

Islah Hattı	Tuz Konsantrasyonu (mM)					
	0	50	100	150	200	250
	Tolerans Oranı					
U49	---	0,78±0,21cde	0,74±0,35cde	0,40±0,24kl	0,58±0,41efg	0,30±0,2 l
U47	---	0,88±0,21abc	0,86±0,45abc	0,63±0,39fgh	0,78±0,27cde	0,38±0,44kl
U12	---	0,83±0,35bcd	0,75±0,26cde	0,65±0,20cde	0,64±0,22efg	0,31±0,17l
U16	---	0,97±0,25ab	1,00±0,29a	0,87±0,32abc	0,87±0,27abc	0,57±0,21hij
K52	---	0,96±0,07ab	0,85±0,04bc	0,51±0,05ijk	0,68±0,07efg	0,40±0,06kl
K58	---	0,98±0,23ab	0,87±0,43abc	0,62±0,39ghi	0,85±0,29abc	0,49±0,31jk

±. Standart Hata, Farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır (p≤0,05).

Sonuç

Tuzluluk, tarımsal üretkenliği ve sürdürülebilirliği kısıtlayan başlıca çevresel stres kaynaklarından biridir. Küresel ısınma ile birlikte gerçekleşen iklim değişikliğinin getirdiği

düzensiz yağışlar ve yanlış sulama stratejileri, topraktaki tuz oranını gün geçtikçe arttırmakta ve tuza toleransı yüksek bitkilerin tespit edilerek tarıma kazandırılması gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu çalışma kapsamında farklı tuz konsantrasyonları (0 mM, 50 mM, 100 mM,

150 mM, 200 mM ve 250 mM) içeren besi ortamında çimlenme özellikleri açısından karşılaştırma amacıyla 6 adet soğan ıslah hattı kullanılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, 250 mM tuz konsantrasyonunun, besi ortamında tuza tolerans seviyelerinin tespit edilmesi açısından en uygun tuz konsantrasyonu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kullanılan 6 hattan 4'ünün tuza tolerans açısından benzer seviyede olduğu ve 250 mM tuz konsantrasyonu içeren besi ortamının çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi ve tolerans oranı açısından K58 (kısa gün) ve U16 (uzun gün) soğan ıslah hatlarının ilerleyen çalışmalarda kullanılabilme potansiyelleri olduğu tespit edilmiştir.

Tesekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A projesi olarak, TÜBİTAK-KAMAG 117G023 “Kışlık Sebze Yetiştiriciliğinde Hat ve/veya Çeşit Geliştirme” başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Ahmad, P., Azooz, M. M., Prasad, M.N.V. (eds.), 2013. Salt Stress in Plants. New York, NY: Springer, 1–495.
- Al-Mutawa, M.M., 2003. Effect of Salinity on Germination and Seedling Growth of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes. Int. J. Agric. Biol., 5(3), 226–229.
- Anonim. 2020. <http://faostat.fao.org/> Erişim tarihi: 23.10.2020.
- Ashraf M., Foolad M.R., 2005. Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy 88:223-271.
- AOSA (Association of Official Seed Analysis), 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution. No. 32 to the handbook on Seed Testing, published by AOSA and SCST, USA, 88.
- Bagwasi, G., Agenbag, G. A., Swanepoel, P.A., 2020. Effect of salinity on the germination of wheat and barley in South Africa. Crop, Forage & Turfgrass Management, 6(1), e20069.
- Bradford, K.J., 1995. Water relations in seed germination. In: Kigel, J. and G. Galili, (Ed.) Seed development and germination. Marcel Dekker, Inc., New York, pp: 351–396.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., Aras, S., 2012. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2). 97-110.
- Chakma, P., Hossain, M. M., Rabbani, M.G., 2019. Effects of salinity stress on seed germination and seedling growth of tomato. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 17(4). 490-499.
- Chaudhry, U.K., Gökçe, Z.N.O., Gökçe, A.F., 2020. Effects of Salinity and Drought Stresses on the Physio morphological Attributes of Onion Cultivars at Bulbification Stage. International Journal of Agriculture And Biology. 24. 1681-1691.
- Ellis R.H., Roberts, E.H., 1980. Towards a Rational Basis for Testing Seed Quality. In: Hebblethwaite, P.D. (Ed.), Seed Production. Butterworths, London. 605-635.
- Farooq, M., Park, J. R., Jang, Y. H., Kim, E. G., Kim, K. M., 2021. Rice Cultivars under Salt Stress Show Differential Expression of Genes Related to the Regulation of Na⁺/K⁺ Balance. Frontiers in Plant Science, 1701.
- Hancı, F., Cebeci, E., 2015. Comparison of Salinity and Drought Stress Effects on Some Morphological and Physiological Parameters in Onion (*Allium cepa* L.) during Early Growth Phase. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 21. 1204-1210.
- Hancı, F., Cebeci, E., 2018. Improvement of Abiotic Stress Tolerance in Onion: Selection Studies Under Salinity Conditions. The International Journal of Engineering and Science. 7. 54-58.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M., Ahmad, P., Chandna, R., 2013. Enhancing plant productivity under salt stress: Relevance of poly-omics. In Ahmad P, Azooz M. M., Prasad, M. N. V. (eds), Salt Stress in Plants: Omics, Signaling and Responses. Berlin, Germany: Springer. 113–156.
- Hassan, N., Hasan, M. K., Shaddam, M. O., Islam, M. S., Barutçular, C., El Sabagh, A., 2018. Responses of maize varieties to salt stress in relation to germination and

- seedling growth. International Letters of Natural Sciences, 69. 1-11.
- Hussain, S., Khaliq, A., Matloob, A., Wahid, M. A., Afzal, I., 2013. Germination and growth response of three wheat cultivars to NaCl salinity. Soil Environ, 32(1), 36-43.
- ISTA, 1996. International rules for seed testing. Seed Science and Technology. Vol 24, Suppl. rules 1996. – International Seed testing Association.
- Joshi, N., Sawant, P., 2012. Response of Onion (*Allium cepa* L.) Seed Germination and Early Seedling Development to Salt Level. International Journal of Vegetable Science. 18. 3-19.
- Khan, M.A., Duke, N.C., 2001. Halophytes – A Resource for the Future. Wetlands Ecology and Management. 6. 455-456.
- Mahmood, T., Iqbal, N., Raza, H., 2010. Growth Modulation and Ion Partitioning in Salt Stressed Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) By Exogenous Supply of Salicylic Acid. Pakistan Journal of Botany 42(5). 3047–3054.
- Othman, Y., 2005. Evaluation of barley cultivars grown in Jordan for salt tolerance. Ph.D Thesis, Jordan University of Science and Technology, Jordan.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005. Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: A Review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60. 324-349.
- Seleiman, M.F., Aslam, M.T., Alhammad, B.A., Hassan, M.U., Maqbool, R., Chattha, M.U., Khan, I., Gitari, H.I., Uslu, O.S., Roy, R., Battaglia, M.L., 2021. Salinity stress in wheat: effects, mechanisms and management strategies. Phyton-International Journal of Experimental Botany.
- Singh, P., Gopal, J., 2019. Effect of Water and Salinity Stress on Germination and Seedling Characters in Onion. Indian Journal of Horticulture. 76. 368-372.
- Sta-Baba, R., Hachicha, M., Mansour, M., Nahdi, H., Kheder, M.D., 2010. Response of Onion to Salinity. The African Journal of Plant Science and Biotechnology. 4. 7-12.
- Tester, M., Davenport R., 2003. Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. Annals in Botany. 91. 503-527.
- Turhan, A., Kuşçu, H., Şeniz, V., 2011. Effects of different salt concentrations (NaCl) on germination of some spinach cultivars. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(1), 65-77.
- Turhan, A., Şeniz, V. (2010). Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Domates Genotiplerinin Çimlenmesi Üzerine Etkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24(2), 11-22.
- Tuteja, N., 2007. Absciscic Acid and Abiotic Stress Signaling. Plant Signaling & Behavior. 2. 135-138.
- Yadav, S.S., Narendra, S., Yadav, Br.R., 1998. Effect of Different Levels of Soil Salinity on Growth and Yield of Onion (*Allium cepa*). Indian Journal of Horticulture. 55. 243-247.

Effects of Gamma Irradiation on Seed Germination in Watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) and Determination of Effective Mutation Dose

K. Yaprak KANTOĞLU 

Turkish Energy Nuclear and Mineral Research Agency, Nuclear Energy Research Institute - Ankara, Türkiye

Abstract

This research was conducted to determine the “Effective Mutation Dose” (EMD₅₀) for the mutation breeding study planned to be carried out on the Yalınca watermelon genotype grown locally in the Eastern Black Sea Region. For this purpose, watermelon seeds were irradiated with a ⁶⁰Co source at doses of 0, 150, 250, and 350 Gy. The EMD₅₀ value was calculated by linear regression analysis by examining the effects of different irradiation doses on germination, root and shoot development of seeds irradiated for each dose on the 10th and 30th days following seed sowing. As a result of the application, 278 Gy was determined as the EMD₅₀, while a 150 Gy application stimulated germination in the first ten days following irradiation compared to control and other doses. In addition, it has been noticed that 350 Gy irradiation had a negative effect on seed germination, with a germination rate of 46%. It was determined that the doses between 250-305 Gy would provide a wide variation in the mutation breeding studies to be carried out on the Yalınca genotype, considering the 10% lower and upper limits of the EMD₅₀.

Keywords: *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai, gamma rays, radiosensitivity, Yalınca.

Gama Işınlamasının Karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) Tohum Çimlenmesine Etkileri ve Etkili Mutasyon Dozunun Belirlenmesi

Öz

Bu çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesinde lokal olarak yetiştiriciliği yapılan Yalınca karpuzunda (köy popülasyonu) yürütülmesi planlanan mutasyon ıslahı çalışması için “Etkili Mutasyon Dozu” (EMD₅₀)’nun belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür. Bu amaçla, karpuz tohumları Co⁶⁰ kaynağı ile 0, 150, 250 ve 350 Gy dozlarında ışınlanmıştır. Tohum ekimini takip eden 10. ve 30. günde, her doz için ışınlanan tohum ve bunlardan gelişen fidelerde farklı ışın dozlarının çimlenme, kök ve sürgün gelişimleri üzerine olan etkileri incelenerek, EMD₅₀ değeri lineer regresyon analiziyle hesaplanmıştır. Buna göre yapılan uygulama sonucunda 278 Gy EMD₅₀ olarak belirlenirken, 150 Gy’lik uygulamanın kontrol ve diğer ışınlama dozlarına göre ışınlamayı takip eden ilk on günlük sürede çimlenmeyi uyardığı ancak 350 Gy’lik uygulamanın tohum çimlenmesi üzerinde olumsuz etkisi olduğu %46’lık çimlenme oranı ile ortaya konmuştur. Yalınca genotipinde yürütülecek mutasyon ıslahı çalışmalarında EMD₅₀’nin %10 alt ve üst sınırları göz önüne alınarak 250-305 Gy arasındaki uygulamaların geniş bir varyasyon oluşumunu sağlayacak dozlar olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai, gama ışını, radyosensitivite, Yalınca.

Sorumlu Yazar/Correspondence to: K. Y. Kantoğlu; kayaprakta@gmail.com
Geliş Tarihi/Received: 25.04.2022 Kabul Tarihi/Accepted: 24.06.2022

Makalenin Türü: Araştırma
Category: Research

K. Yaprak KANTOĞLU  <https://orcid.org/0000-0002-7247-9116>

Introduction

Watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai), a member of the *Cucurbitacea* family, ranks second in vegetable production in the world according to the Food and Agriculture Organization (FAO). In terms of output, China is the world's leader. After China, Türkiye is the world's second-largest producer. Among the nations that contribute to the global production of watermelon are Algeria, Brazil, and India. Türkiye produces 4% of the 100,000 tons produced on an average year, whereas China produces 60%. The production ratio varies depending on the year. Türkiye's watermelon production amount is around 3.5 Mtons (TUIK, 2021). The species takes its place in the order of

the most produced vegetable species after the tomato. This is the most widely grown species in the *Cucurbitacea* family. Most of the watermelon produced is sale in the domestic market. However, 2% of production is subject to export. In addition to its fresh consumption, watermelon is also used as animal feed in recent years (Tokat et al., 2020). Hybrid cultivars are preferred in the production across the world and in Türkiye because of their better performance against diseases and pests than open-pollinated varieties. The production of local open-pollinated varieties has declined over time because they have little opportunity to compete with hybrid varieties. Therefore, a large amount of breeding research is carried out in order to produce

superior varieties that can compete with hybrids. These programs are mostly focused on the development of new varieties that are more adaptive to climate change and cultivation conditions. When breeding studies to develop new cultivars are examined around the world, it is found that many different techniques are used alone or in combination. Watermelon breeding research aims to create new genotypes that are resistant to biotic and abiotic stress. As a result, various methodologies are used in breeding studies. When it comes to watermelon cultivar improvement research, the majority of studies focus on F₁ hybrid breeding (Velkov et al., 2016). The purpose of F₁ hybrid breeding research is to develop novel varieties with higher yields and resistance to diseases. Tissue culture methods, along with the irradiated pollen technique, are widely used in breeding programs, especially in the *Cucurbitacea* family, to speed up the breeding cycle (Sarı and Solmaz, 2021). In recent years, biotechnological methods based on marker-assisted selection (Kantor and Levi, 2018; Guo et al., 2019), transgene technology (Lin et al., 2012; Liu et al., 2016), CRISPR-CAS9 genome editing (Tian et al., 2017) and next generation sequence analysis (NGS) (Pawelkowicz et al., 2016) methods are used for these purposes. In addition to the studies on the development of new varieties, it is clear that the research on rootstock breeding for cucurbits, especially watermelon, gains a momentum (Qianru et al., 2017; Presman et al., 2020). Beside these breeding techniques, induced mutation is another strategy used to promote genetic variation in plants. This tool is very important for researchers looking to broaden on the gene pool. In self-pollinated plants, it's a highly useful instrument for the development of single-gene-directed and simple-inherited traits (Anonymous, 1977; Masuda et al., 2004; Kantoğlu et al., 2014). In nature, mutations have a 10⁻⁵ probability of occurring. However, physical or chemical mutagen applications can increase this frequency to 10⁻³ (Van Harten, 1998). Physical or chemical mutagens can be used to overcome a genetic variety limitation in the gene pool due to linkage and incompatibility problems in breeding programs. The variability of this limited gene pool can be improved by mutation induction (Anonymous, 1977). The use of nuclear techniques in breeding programs appears to be a considerably less expensive option than today's

popular biotechnological techniques. It does not create any disadvantage in terms of human health, and makes it possible to achieve definite results in a shorter time. 3402 mutant cultivars have been developed across the world as a consequence of mutation breeding techniques using both physical and chemical mutagens (MVD, 2022). The application of the mutation breeding methodology has resulted in the development and registration of 172 mutant varieties in 21 different vegetable species around the world (Kökpınar et al., 2021). In the case of watermelon, there are 3 mutant watermelon cultivars developed by the Russian Federation (1) and China (2) registered in the International Atomic Energy Agency mutant plant database (MVD, 2022). Currently, studies are carried out by utilizing mutation breeding in order to increase genetic diversity and obtain new varieties of watermelon (Ernest et al., 2020). The determination of the effective mutation dose is unique to the genotype to be studied in order to establish a mutant population. It is essential in mutation breeding experiments to achieve an accurate and successful outcome (Anonymous, 1977; Van Harten, 1998; Kantoğlu et al., 2014; Ernest et al., 2020). For this reason, it is critical to generate variation in which the targeted traits will be acquired in the mutant population obtained with the right dose of mutagen (physical or chemical) application. The EMD₅₀ dose and the irradiation dose limit based on this dose are known to differ from genotype to genotype (Spencer-Lopes et al., 2018). To develop an effective variation, it is crucial to determine the EMD₅₀ mutagen dose specific to the genotype before beginning the mutation breeding project. For the experiments of watermelon including both physical and chemical mutagens, determination of the EMD₅₀ dose at the beginning of the breeding program is important. There are few studies to determine the EMD₅₀ dose for watermelon in the world (Ernest et al., 2020) and to develop mutant watermelon cultivars (Velkov et al., 2016, MVD 2022).

Hazelnut is one of the most important agricultural crops for local farmers in the Eastern Black Sea Region. However, due to the problems experienced in hazelnut production, producers look for alternative products in recent years. The Yalıncağ watermelon is therefore preferred by the local people in terms of taste and aroma, and

the demand for this watermelon genotype from the surrounding provinces beside to economic importance. Therefore, domestic producers want to use this genotype more effectively in the production. Due to the climatic factors of the region, its yield decreases, especially in rainy seasons. Consequently, a breeding program is required to improve the present genotype's ability to adapt to local circumstances. Mutation breeding is one of the methods that may be used in breeding research with the goal of improving the adaptability of the Yalınca watermelon genotype to climatic conditions. The goal of this research is to determine a genotype-specific EMD₅₀ dose that will provide for successful mutant variation in a mutation breeding study for the Yalınca watermelon genotype.

Material and Method

Experimental Site and Plant Material

The Yalınca watermelon genotype is grown in the Eastern Black Sea Region, especially in Trabzon and its surroundings, and is preferred by the local farmer for its yield capacity, flavor and aroma. The seeds of the Yalınca genotype used in this study were taken from the local farmer who live in the Yalınca neighborhood of Ortahisar District in Trabzon province.

Method

Table 1. Germination rates of irradiated seeds on the 10th day following sowing (%)

Irradiation Dose (Gy)	Control (0)	150	250	350
% Germination Rate	71.11 b	78.88 a	80.00 a	51.11 c
LSD value: 2.947; Sx: 0.7071; α : 0.01				

When the results were evaluated, it was seen that the germination rate of control seeds was 71.11%. As a result of the stimulating effects of 150 Gy and 250 Gy absorbed doses, germination rates were determined to be 78.88% and 80.00%, respectively. This rate was found to be 51.11% in the application of 350 Gy irradiation. In a 150 Gy application, maximum germination was obtained at 7, 12, and 13 values, in the first three days after irradiation. On the fourth day, the germination percentage of the 250 Gy treatment was found to be higher than the other three treatments,

The moisture content of the seeds was determined using the method of Tepe et al. (2003). Seed irradiation was carried out using a Cobalt 60 (⁶⁰Co) gamma rays source at a dose rate of 419 Gy/h at the Turkish Energy, Nuclear, and Mineral Research Agency. Seeds were exposed to irradiation doses of 0 to 150, 250, and 350 Gy at ambient temperature and atmosphere. Experiments were established as four replicates with 30 seeds for each replicate. The seeds were sown in pots filled with mixture in a 1:1:1 ratio (garden soil: fertilizer: peat) and incubated under controlled conditions (16/8 hour lighting regime, 24±1 °C ambient temperature) for 30 days. The MINITAB -ANOVA and MSTAT-C statistical programs were used to analyze the germination data on the 10th day. In addition, based on shoot and root lengths on the 30th day after irradiation (Anonymous, 1977), the EMD₅₀ value was calculated using linear regression analysis.

Results

The moisture content of the seeds before irradiation was measured as 9%, as described in the method of Tepe et al., (2003). Germination values were determined according to daily counts in seeds irradiated at different doses during the first 10 days following irradiation (Figure 1). Table 1 presents seed germination rates after different irradiation treatments. The results of the counts performed at the 10th day after sowing to determine the effect of irradiation on germination were also presented in Table 1.

respectively. The control group's higher germination rate was observed on the 7th day with a seed number of 55. By 350 Gy treatment, the germination rate was at the lowest level compared to other doses (Figure 1). The effects of irradiation doses on germination percentage were found to be significant in statistical analyses. As a consequence, a statistical difference was found between 350 Gy and the other three doses (0, 150, and 250 Gy), whereas there was no difference found between the 150 and 250 Gy doses.

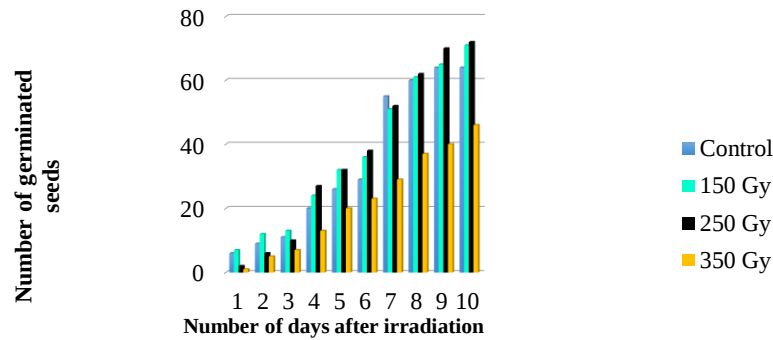


Figure 1. Germination rate of irradiated and nonirradiated seeds at 10th day after seed sowing.

In table 2, the average seedling and root lengths measured from seedling observations taken in 30 days after irradiation were revealed. In the measurements, it was determined that the average seedling height was 6.65 cm in the control sample. In comparison to the control group, seedling and root length decreased as a result of the higher radiation exposure (Figure 2). The average plant height values in the 150 and 250 Gy dose treatments were observed to be 5.02 cm and 3.42 cm, respectively. These findings showed

that 350 Gy application had a detrimental effect on seedling length and root growth. The average seedling length was measured at 2.57 cm. Irradiation also negatively affected root growth. While the root length was determined as 5.23 cm in control plants, it was measured as 3.50 cm at 150 Gy, 2.00 cm at 250 Gy, and 0.50 cm at 350 Gy, respectively. The result of linear regression analysis based on shoot length was presented in Figure 3.

Table 2. Seedling length (cm) recorded in irradiated and non-irradiated seeds at the 30th day following seed sowing.

Irradiation Dose (Gy)	Control (0)	150	250	350
Mean seedling length (cm)	6.65	5.02	3.42	2.57
Mean root length (cm)	5.23	3.50	2.00	0.50

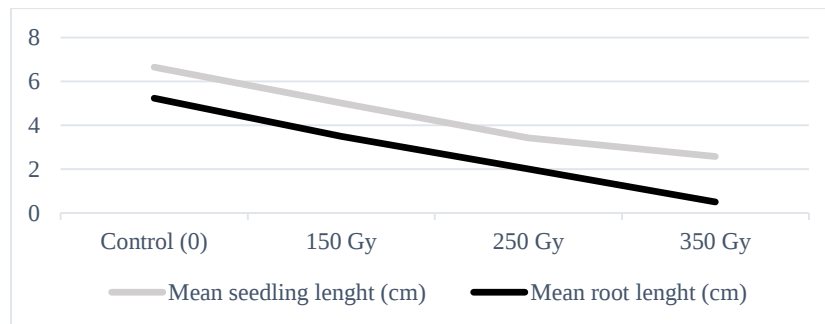


Figure 2. The effects of irradiation doses on plant growth parameters

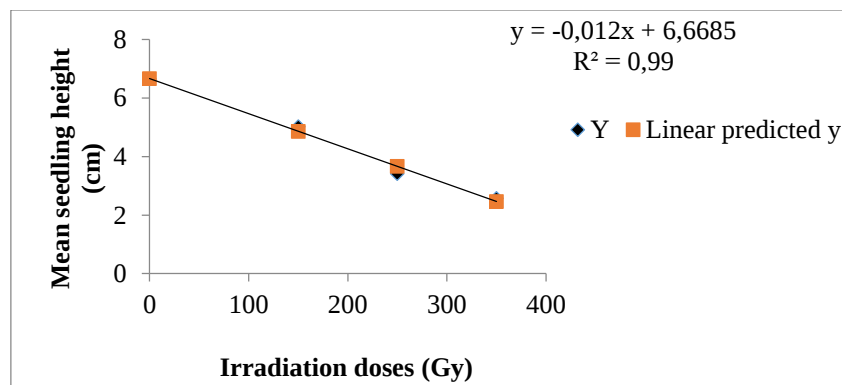


Figure 3. Linear regression curve of irradiated seeds

The EMD₅₀ dose was determined using the formula ($y = -0.012x + 6.6685$) obtained from linear regression dose versus mean seedling height in Figure 3 and calculated as 278 Gy as a result of linear regression analysis using the value corresponding to 50% (3.325 cm) of control seedling height. According to the linear regression analysis, the r^2 value was found to be 0.99. It was determined that this value showed the least margin of error, and the acceptability of the obtained data was high. The dose range, defined as the acute dose and known as 10% of the EMD₅₀ dose and the lower and upper limits, was determined to be between 250 and 305 Gy.

Discussion

The aim of this research study was to determine the EMD₅₀ dose for a mutation breeding study in the Yalıncağ watermelon genotype, which is grown locally in the Eastern Black Sea Region. The effects of irradiation on seed germination, seedling growth, and root development were investigated. According to the results, higher irradiation doses had a detrimental effect on seed germination. During the experiment, the average germination rate for the first ten days was 71.11% in the control and 51.11% in the 350 Gy treatment. Ernest et al. (2020) examined watermelon and came up with similar results. They found that the higher doses of irradiation decreased the seed germination rate (35% at 600 Gy for Kaolock cv. and 30% at 400 Gy for Crimson Sweet, respectively). Kurtar et al. (2017) studied the impact of irradiation on the germination of squash and pumpkin seeds. They found that increasing the irradiation dose had a detrimental effect on squash and pumpkin seed germination rates. Besides these effects of irradiation, the researchers determined that low radiation dose applications stimulate seed germination (Anonymous, 1977, Daskalov 1986, Spencer-Lopes et al., 2018). The results of this study on the stimulant effects of low-dose applications against germination were similar to the results of previous studies. In this study, seed germination rates were determined to be 78.8% and 80.0% at 150 Gy and 250 Gy doses, respectively. The rates of these doses were higher than control seeds. Similar findings were reported for *Capsicum annum* (Tepe et al., 2003) and watermelon (Velkov et al., 2016). Velkov et al., (2016) that the seed germination rate

decreased after irradiation in Bojura watermelon variety seeds irradiated at doses between 0–450 Gy with a ⁶⁰Co gamma irradiation source. Same research group was also reported that a low application dose of 100 Gy also stimulated seed germination. It was considered by researchers as the stimulating effect of irradiation (Van Harten, 2002). This was observed at the end of the 30-day period following irradiation that seedling height and root length declined proportionally with increasing radiation doses. It was attributed to negative irradiation effect (Micke and Donini, 1993; Ernest et al., 2020; Çelik et al., 2021, Kantoğlu and Kunter, 2021). The results of this study, shown that there was a negative correlation between irradiation dose and seedling growth, and the findings were similar to other research results (Van Harten, 1998; Puripunyanich, 2003; Zafar et al., 2022). According to Velkov et al., (2016) and Earnst et al., (2020), irradiation has a significant impact on seedling development in addition to seed germination. The effect of radiation exposure on seedling height and root growth is critical in determining the EMD₅₀ dose. As a result of seed irradiation at different doses in the Yalıncağ genotype, linear regression analysis revealed the EMD₅₀ dose to be 278 Gy. This finding was influenced by the type and activity of the irradiator source used, as well as the seed moisture percentage of the Yalıncağ genotype (Anonymous, 1977; Spencer-Lopes et al., 2018). The dose limit for the Yalıncağ genotype used in the experiment was determined at 250–305 Gy, which was 10% lower and higher than the EMD₅₀ dose. This provided the opportunity to create a broad variation for the mutation breeding study. The dose limit, which was determined to be the acute gamma radiation dose (Van Harten, 1998), was confirmed to be the optimum dose range for the Yalıncağ genotype mutation breeding research. The EMD₅₀ dose used in mutant breeding experiments for both watermelon and other vegetable species appears to vary from genotype to genotype (Çelik et al., 2021). In the research on watermelon by Ernest et al., (2020), the EMD₅₀ dose was estimated to be 225.40 Gy in the Kaolock cultivar and 221.56 Gy in the Crimson Sweet cultivar, with data indicating that it varied by genotype. Due to the limited amount of research conducted or published to determine the effective mutation dose in watermelon, studies in other vegetable species show that increased irradiation doses

adversely affect plant growth when compared with the findings presented here. On the other hand, studies were conducted to determine the EMD₅₀ dose based on genotype in a variety of crops, such as tomato (Masuda et al., 2004; Pino-Nunes et al., 2009; Chun et al., 2020; Çelik et al., 2021), pepper (Daskalov, 1986; Tepe et al., 1993; Tomlekova et al., 2007; Adekola and Oluleye, 2012; Kantoğlu et al., 2014), lettuce (Sarıçam et al., 2017), carrot (Büyükdinç et al., 2019; Yazar et al., 2021), melon (Tadmor et al., 2007), cucumber (Pawelkowicz et al., 2016), squash and pumpkin (Kurtar et al., 2017) and garlic (Taner et al., 2015). The results revealed that the EMD₅₀ dose should be determined according to the genotype to be studied in the mutation breeding.

Conclusion

Mutation breeding is widely used as a viable method to promote genetic diversity. It is an effective method used to break genetic barriers for many species in breeding studies. In order to obtain a successful result in breeding programs carried out using this method, it is vital to know which physical or chemical mutagen should be used and the application dose at the beginning of the research. In this context, determining the EMD₅₀ dose and the lower and upper limits of the dose depending on the genotype increases the effectiveness of mutation breeding studies. As expected in the first part of the study, it was observed that 350 Gy irradiation negatively affected seed germination as a side effect of radiation. However, in low-dose irradiation applications, the germination ratio was found to be increased when compared to control seeds. In this study, which was conducted to find the EMD₅₀ dose of the Yalıncağ watermelon genotype, the effective dose was determined as 278 Gy. The acute irradiation dose limit, which will create mutant variation at the appropriate frequency, was found to be between 250 and 305 Gy as the lower and upper limits of this dose. It will be possible to obtain an effective variation for the Yalıncağ genotype by using irradiation doses at this limit. When the findings of this study were evaluated together with similar studies on watermelon, the importance of determining the effective mutation dose became evident once again. Accordingly, it will be possible to get successful results from breeding programs designed with EMD₅₀, which will be determined

correctly at the beginning depending on the genotype.

References

- Adekola, O.F., Oluleye, F., 2012. Induced Morphological Variations Among *Capsicum annum* ‘Tatase’ Mutants. PAT, 8 (2): 50-58 ISSN: 0794-5213.
- Anonymous, 1977. Manual on mutation breeding. International Atomic Energy Agency, Technical Report Series No:119, Vienna. 290.
- Büyükdinç, T.D., Kantoğlu, K.Y., Karataş, A., İpek, A., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2019. Determination of Effective Mutagen Dose for Carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* alef and *D. carota*) Callus Cultures. International Journal of Scientific and Technological Research Vol.5, No.3 ISSN 2422-8702 (Online), DOI: 10.7176/JSTR/5-3-02.
- Chun, J.I., Kim, H., Jo, Y.D., Kim, J.B., Kang, J.H., 2020. Development of A Mutant Population of Micro-Tom Tomato Using Gamma Irradiation. Plant Breed. Biotech. 8(4):307-315, <https://doi.org/10.9787/PBB.2020.8.4.307>
- Çelik, Ö., Ayan, A., Meriç, S., Atak, Ç., 2021. Comparison of Tolerance Related Proteomic Profiles of Two Drought Tolerant Tomato Mutants Improved By Gamma Radiation. Journal of Biotechnology 330: 35–44.
- Daskalov, S., 1986. Mutation breeding in pepper. Mutation Breeding Review 4:1-26.
- Ernest, F.P., Noëlle, M.A.H., Godswill, N.N., Thiruvengadam, M., Simon, O.A., Bille, N.H., Martin, B.J., Rebezov, M., Shariati, M.A., 2020. Radiosensitivity of Two Varieties of Watermelon (*Citrullus lanatus*) to Different Doses of Gamma Irradiation. Brazilian Journal of Botany 43:897–905, <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00659-8>.
- Guo, S., Zhao, S., Sun, H., Wang, X., Wu, S., Lin, T., Ren, Y., Gao, L., Deng, Y., Zhang, J., Lu, X., Zhang, H., Shang, J., Gong, G., Wen, C., He, N., Tian, S., Li, M., Liu, J., Wang, Y., Zhu, Y., Jarret, R., Levi, A., Zhang, X., Huang, S., Fei, Z., Liu, W., Xu, Y., 2019. Resequencing of 414 Cultivated

- and Wild Watermelon Accessions Identifies Selection for Fruit Quality Traits. *Nature Genetics* 51: 1616–1623 <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0518-4>.
- Kantoğlu, K., Y. ve Kunter, B., 2021. Mutasyon Islahı. (N.Y. Mendi ve S. Kazaz, eds). *Süs Bitkileri Islahı (Klasik ve Biyoteknolojik Yöntemler)*. Gece Kitaplığı. ISBN 978-625-7478-51-9. 145-202 (in Turkish).
- Kantoğlu, K.Y., Tepe, A., Kunter, B., Fırat, A.F., Peşkırcioğlu, H., 2014. Vegetable Crops Breeding by Induced Mutation and A Practical Case Study of *Capsicum annuum* L. (N.B. Tomlekova, M.I. Kozgar and M.R. Wani, eds) *Mutagenesis: exploring genetic diversity in crops*. Wageningen Publisher, Holland. 41-56.
- Kantor, M., Levi, A., 2018. Utilizing Genetic Resources and Precision Agriculture to Enhance Resistance to Biotic and Abiotic Stress In Watermelon. *Not Sci Biol*, 10(1):1-7.
- Kökpınar, Ş., Kantoğlu, K.Y., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2021. Bitkilerde mutagen uygulamalarıyla genetik çeşitliliğin artırılması ve sebze ıslahında kullanımı. (İ. Cengizler, S. Duman. eds) *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler -1 Chapter 22*, Gece Kitaplığı/Gece Publishing, Turkey. 341-362 (in Turkish).
- Kurtar, E.S., Balkaya, A., Kandemir, D., 2017. Determination of Semi-lethal (LD50) Doses For Mutation Breeding of Turkish Winter Squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.). *Fresenius Environ. Bull.* 26:3209-3216.
- Lin, C.Y., Ku, H.M., Chiang, Y.H., Ho, H.Y., Yu, T.A., Jan, F.J., 2012. Development of Transgenic Watermelon Resistant to Cucumber Mosaic Virus and Watermelon Mosaic Virus by Using A Single Chimeric Transgene Construct. *Transgenic Re.* 21(5):983-93 doi: 10.1007/s11248-011-9585-8.
- Liu, L., Gu, Q., Ijaz, R., Zhang, J., Ye, Z., 2016. Generation of Transgenic Watermelon Resistance to Cucumber Mosaic Virus Facilitated by An Effective *Agrobacterium*-Mediated Transformation Method. *Scientia Horticulturae*, Volume 205, 32-38.
- Masuda, M., Agong, S., Tanaka, A., Shikazono, N., Hase, Y., 2004. Mutation Spectrum of Tomato Seed Induced by Radiation with Helium Ion Beams and Coal. *Acta Hort.* 637, 257-262.
- Micke, A., Donini, B., 1993. *Plant Breeding Principles and Prospects*. (M.D. Hayward, N.O. Bosermark, I. Romagosa eds) *Induced mutations*, CIHEAM, Chapman and Hall, London. 152-162.
- Mostafa, H.H.A., Wang, H., Shen, D., Qiu, Y., Li, X., 2015. Sprout Differentiation and Mutation Induction of Garlic (*Allium sativum* L.) callus exposed to gamma radiation. *Plant Growth Regul* (2015) 75:465–471 DOI 10.1007/s10725-014-0009-7.
- MVD, 2022. <https://nucleus.iaea.org/sites/mvd/SitePages/Search.aspx> Date of access: 17.05.2022.
- Pawelkowicz, M., Zielinski, K., Zielinska, D., Plader, W., Yagi, K., Wojcieszeka, M., Siedleckaa, E., Bartoszewski, G., Skarzynska, A., Przybecki, Z., 2016. Next Generation Sequencing and Omics in Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Breeding Directed Research. *Plant Science*, 242:77-88.
- Pino-Nunes, L.E., de O Figueira, A.V., Tulmann Neto, V., Zsögön, A., Piotta, F.A., Silva, J.A., Bernardi, W.F., Peres, L.E.P., 2009. Induced Mutagenesis and Natural Genetic Variation in Tomato ‘Micro-Tom’. (G. Fischer, et al., eds) *Proc. IS on Tomato in the Tropics*. *Acta Hort.* 821, 63-71.
- Presman, M., Alkalai-Tuvia, S., Chalupowicz, D., Beniches, M., Gamliel, A., Fallik, E., 2020. Watermelon Rootstock/Scion Relationships and The Effects of Fruit-Thinning and Stem-Pruning on Yield and Postharvest Fruit Quality. *Agriculture* 10, 366; doi:10.3390/agriculture10090366.
- Puripunyanich, V., 2003. Effect of Gamma Irradiation to Yellow Flesh Watermelon Cv. "Huay Sai Thong". *International Nuclear Information System (INIS)*, Report no INIS-TH-063.
- Qianru, L., Xin, Z., Brecht, J.K., Sims, C.A., Sanchez, T., Dufault, N.S., 2017. Fruit Quality of Seedless Watermelon Grafted onto Squash Rootstocks Under Different

- Production Systems. J. Sci. Food Agric. 97(14):4704-4711. doi: 10.1002/jsfa.8338.
- Sarı, N., Solmaz, İ., 2021. Doubled Haploid Production in Watermelon. Methods Mol. Biol. 2289:97-110. doi: 10.1007/978-1-0716-1331-3_6
- Sarıçam, Ş., Kantoğlu, K.Y., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2017. Determination of Effective Mutagen Dose for Lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia* cv. Cervantes) Seeds. Eurasian Journal of Agricultural Research, 1(2): 108-114.
- Spencer-Lopes, M.M., Forster, B.P., Jankuloski, L., 2018. Manual on Mutation Breeding Third Edition. Plant Breeding and Genetics Subprogramme Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture Vienna, Austria. 299.
- Tadmor, Y., Katzir, N., Meir, A., Yaniv-Yaakov, A., Sa'ar, U., Baumkoler, F., Lavee, T., Lewinsohn, E., Schaffer, A., Burger, J., 2007. Induced Mutagenesis to Augment The Natural Genetic Variability of Melon (*Cucumis melo* L.). Israel Journal of Plant Sciences, 55:159-169.
- Taner, Y., Beşirli, G., Kunter, B., Yanmaz, R., 2004. Determining Effective Radiation Mutagen Dose for Garlic (*Allium sativum* L.). Bahçe 33 (1-2): 95-99 (in Turkish).
- Tepe, A., Fırat, A.F., Taner, K.Y., Kunter, B., Peşkırcioğlu, H., Ekiz, H., 2003. Sera Demre 8 Biber Çeşidinde Mutasyon Islahına Yönelik Olarak Etkili Mutasyon Dozunun Belirlenmesi. IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. 8-12 Eylül 2003, Antalya-Türkiye, 365-366 (in Turkish).
- Tian, S., Jiang, L., Gao, Q., Zhang, J., Zong, M., Zhang, H., Ren, Y., Guo, S., Gong, G., Liu, F., Xu, Y., 2017. Efficient CRISPR/Cas9-Based Gene Knockout in Watermelon. Plant Cell Rep 36:399-406, DOI 10.1007/s00299-016-2089-5.
- Tokat, M., Acar, R., Özköse, M., 2020. Bazı Karpuz (*Citrullus lanatus*) Genotiplerinde Gözlemlenen Bitkisel ve Tarımsal Özelliklerdeki Varyasyonlar. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi (Journal of Bahri Dagdas Crop Research) 9 (1): 43-50, e-ISSN: 2687-3753.
- Tomlekova, N., Todorova, V., Daskalov, S., 2007. Creating Variation in Pepper (*Capsicum annum* L) Through Induced Mutation. Plant Sciences, 44 : 44 – 47.
- TUIK 2022. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249&dil=1#:~:text=Buna%20g%C3%B6re%20%C3%BCretim%20miktarlar%C4%B1%202021,9%20milyon%20ton%20olarak%20ger%C3%A7ekle%C5%9Fti.> Date of access: 10.04.2022.
- Van Harten, A. M., 2002. Mutation Breeding of Vegetatively Propagated Ornamentals. In (Ed: A. Vainstein) Breeding for Ornamentals: Classical and Molecular Approaches. Kluwer Academic Publishers, Boston. 155-127.
- Van Harten, A.M., 1998. Mutation Breeding Theory and Practical Applications. Cambridge University Press, London. 353.
- Velkov, N., Tomlekova, N.B., Sarsu, F., 2016. Sensitivity of Watermelon Variety Bojura to Mutant Agents ⁶⁰Co and EMS. J. BioSci. Biotech, 5(1): 105-110.
- Yarar, G., Kocak, M., Denli, N., Cavagnaro, P.F., Mehtap, Y., 2021 Determination of The Effective Radiation Dose for Mutation Breeding in Purple Carrot (*Daucus carota* L.) and Possible Variations Formed. Molecular Biology Reports <https://doi.org/10.1007/s11033-021-06618-0>.
- Zafar, S.A., Aslam, M., Albaqami, M., Ashraf, A., Hassan, A., Iqbal, J., Maqbool, A., Naeem, M., Al-Yahyai, R., Zuan, A.T.K., 2022. Gamma Rays Induced Genetic Variability in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Germplasm. Saudi Journal of Biological Sciences 29, 3300–3307.

In vitro Regeneration and Synthetic Seed Production of *Colchicum cilicium* Grown Naturally in Turkey

N. Yeşim YALÇIN MENDİ¹ 

Şamil ÖZDEMİR¹ 

Senem UĞUR¹ 

Başar SEVİNDİK² 

Tolga İZGÜ³ 

Ergün KAYA⁴ 

Mehmet TÜTÜNCÜ⁵ 

Pembe ÇÜRÜK⁶ 

Özhan ŞİMŞEK⁷ 

Onur KOYUNCU⁸ 

¹Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Çukurova Balcalı, 01330, Adana, Turkey

²Vocational School of Higher Education, University of İzmir Demokrasi, 35140, Karabaglar, İzmir, Turkey

³National Research Council of Italy (CNR), IBE/Institute of Bioeconomy, 50019, Florence, Italy

⁴Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Science, Mugla Sıtkı Kocman University, Mugla, Turkey

⁵Department of Horticulture, University of Ondokuz Mayıs, Faculty of Agriculture, 55270, Atakum, Samsun, Turkey

⁶Kadirli School of Applied Sciences, University of Korkut Ata, Kadirli, Osmaniye, 80760, Turkey

⁷Department of Horticulture, Agriculture Faculty, Erciyes University, Kayseri, Turkey

⁸Department of Botany, Faculty of Art and Sciences, Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

Abstract

Colchicum belongs to the *Colchicaceae* family and is naturally distributed in Turkey with 36 taxa. *Colchicum* species is known for both its medicinal aromatic and ornamental properties. In this study, *Colchicum cilicium* corms were cultured on RO medium including different dichlorophenoxyacetic acid (2,4- D) concentrations (2,3,4 mgL⁻¹) for *in vitro* regeneration and developing somatic embryogenesis protocol. Swelling of the corm explants, efficient embryogenic callus and somatic embryo were obtained at RO medium including 4 mgL⁻¹ 2,4-D (30%). Embryogenic structures were histologically analyzed and globular, heart-like shape, torpedo stages were identified. Microcorm formation was obtained from the media with 2 mgL⁻¹ 2,4-D + 0.05 mgL⁻¹ 2iP as (81%) and germination of these microcorm were limited. Somatic embryos were encapsulated for germination and the highest germination rate was detected at 3% Na Alginate including RO medium+ 4mgL⁻¹ 2,4-D as 27.8%.

Keywords: Somatic embryogenesis, *Colchicum*, encapsulation, RO, 2,4-D.

Türkiye’de Doğal Olarak Yayılış Gösteren *Colchicum cilicium*’un *In vitro* Rejenerasyonu ve Sentetik Tohum Üretimi

Öz

Colchicum *Colchicaceae* familyasına aittir ve Türkiye’de 36 tür ile doğal olarak yayılış göstermektedir. *Colchicum* türleri hem tıbbi aromatik bitki hem de süs bitkisi olarak bilinmektedir. Bu çalışmada *Colchicum cilicium* kormları farklı dichlorophenoxyacetic acid (2,4- D) konsantrasyonları içeren (2,3,4 mgL⁻¹) RO besi yerinde *in vitro* rejenerasyon ve somatik embriyogenesis protokolü geliştirmek için kültüre alınmıştır. Korm eksplantlarının şişmesi, etkili kallus oluşumu ve somatik embriyolar 4 mgL⁻¹ 2,4-D içeren RO besi yerinde gözlemlenmiştir (30%). Embriyojenik yapılar histolojik olarak analiz edilmiş, globular aşama, kalp benzeri aşama ve torpedo aşaması tanımlanmıştır. Mikro korm oluşumları 2 mgL⁻¹ 2,4-D + 0.05 mgL⁻¹ 2iP içeren besi yerinde gözlenmiştir (%81)ve mikrokormların çimlenmesi sınırlı kalmıştır. Somatik embriyoların çimlenmesi için enkapsülasyon yapılmıştır ve en yüksek çimlenme oranı 3% Na Alginate RO + 4mgL⁻¹ 2,4-D içeren besi yerinde 27% olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Somatik embriyogenesis, *Colchicum*, enkapsülasyon, RO, 2,4-D.

Sorumlu Yazar/Correspondence to: N.Y. Yalçın Mendi; ymendi@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 28.06.2022 Kabul Tarihi/Accepted: 05.07.2022

Makalenin Türü: Araştırma

Category: Research

Yeşim YALÇIN MENDİ  <https://orcid.org/0000-0002-4587-5156>

Senem UĞUR  <https://orcid.org/0000-0003-2826-4123>

Tolga İZGÜ  <https://orcid.org/0000-0003-3754-7694>

Mehmet TÜTÜNCÜ  <https://orcid.org/0000-0003-4354-6620>

Özhan ŞİMŞEK  <https://orcid.org/0000-0001-5552-095X>

Şamil ÖZDEMİR  <https://orcid.org/0000-0003-4142-7302>

Başar SEVİNDİK  <https://orcid.org/0000-0002-1448-6617>

Ergün KAYA  <https://orcid.org/0000-0003-4255-3802>

Pembe ÇÜRÜK  <https://orcid.org/0000-0003-4764-7242>

Onur KOYUNCU  <https://orcid.org/0000-0002-0364-6638>

Introduction

Colchicum genus was formerly classified into Liliaceae family in the past and recently

reclassified into the *Colchicaceae* family using different markers such as mitochondrial DNA (Fay et al., 2006) and plastids (Rudall et al., 2000; Vinnersten and Reeves, 2003; Jung et al., 2011).

This genus is separated into two groups according to flowering time. Leaves and fruits are formed in spring for autumn flowering species, and flowers occur together with leaves for spring flower species (Gülsoy Toplan et al., 2016). The flower colour of *Colchicum* ranges from white to purple. *Colchicum* sp. undergoes an annual cycle during the year and is dormant during summer. Some *Colchicum* species such as *C. autumnale* include an important alkaloid known as Colchicine. *Colchicum* consists of 99 species and these are perennial herbs containing rhizome and corm. *Colchicum* genus distributes from Northern Africa to Central Asia, including southern Europe, the Mediterranean region and the Middle East (Ellington et al., 1997; Jung et al., 2011). There are 50 *Colchicum* species naturally grown in different regions of Turkey and 22 of that endemic (Güner et al., 2000). *Colchicum cilicium* is one of the autumn flowering geophytes distributed in Pinus, Olea and Quercus forests at rocky and stony slopes. The corm of this species is a globe, elliptical and tunic colour ranges from light brown to dark brown. Leaves are rectangle or elliptical, undulated and smooth. Flowering occurs from August to November with light pink, purple and violet-purple flowers. This species is one of the important genetic resources due to its bioactive compounds such as alkaloids and attractive flowers for ornamental purposes.

Tissue culture technics are unique to preserving genetic resources that are under the extinction threat due to human activities such as industrialization and urbanization. Somatic embryogenesis is a way of obtaining bipolar embryogenic structures without vascular connections from different vegetative tissue. Somatic embryogenesis is affected by plant growth regulators, genotype, explant type, medium content and incubation conditions (İzgi et al., 2016). *In vitro* regeneration from various explants has been described in different *Colchicum* species such as organogenesis at *C. autumnale* (Ellington et al., 1997), callus induction and somatic embryogenesis at *C. hierosolymitanum* Feib. (Daradkeh et al., 2012), and callus induction at *C. calcedonium* (Karlik et al., 2020). Another important method for conserving and maintaining genetic resources is synthetic seed production. Somatic embryos are significant explants for synthetic seed

production. Encapsulation with Na Alginate provides both easy conservation for the somatic embryos and clonal propagation of the genetic resources (Ara et al., 2000). This study is a comprehensive report on obtaining embryo-like structures and synthetic seed production of *Colchicum cilicium* endemic to Turkey. The corms were cultured on an RO (Ruggini Olive) medium including three concentrations of dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and embryogenic structures were encapsulated with 3% Na Alginate to obtain somatic embryos.

Materials and Methods

Plant Material

Wild *C. cilicium* ($2n=2x=54$) plants at the blooming stage were collected from rocky and stony woodlands of Meydan Castle, Aladağ, Adana. The collecting points and coordinates of the location are 37°30'37"N 35°22'06"E, 1316 m in November 2018. Plants were cultured in 13 cm diameter pots including peat and perlite mixture (1:1, v/v) in the polycarbonate greenhouse of the Horticulture Department, Çukurova University. A dark green net and temperature provided shading was adjusted by cooling pets in the greenhouse. Plants were cultured at approximately 20 °C. Plants were cultured in *in vitro* after 5 days of greenhouse cultivation.

Surface Sterilization

C. cilicium corms were collected from nature during the vegetation period in November. Corms were sterilized before *in vitro* culture. Leaves, flowers and tunics were dissected from the corms and the remaining corms were used as explant. Corms were washed under tap water for 15 min., washed with liquid antibacterial soap (Activex ®, İstanbul/Turkey), and rinsed with distilled water. Explants were soaked in 70% ethanol for 3 min, 0.1% fungicide (Captan 50WP/Fruit and Ornamental, NY, USA) for 1 min and explants were rinsed with distilled water. Additionally, corms were kept in 0.1% HgCl₂ for 15 min and rinsed with distilled water. The corms were placed in a sterile laminar cabinet and soaked in 70% ethanol for 3 min, then rinsed with sterile distilled water once and then immersed into 30% NaOCl (4,5% active chlorine, v/v, NaOCl; Domestos®, Unilever, Turkey) containing 2 ml Tween-20 for 30 min. Explants

were washed with sterile distilled water four times.

Explant Preparation, *In vitro* Regeneration Medium and ELS Maturation Medium

Sterilized 1 cm diameter corms containing apical buds were cut into 0.5 cm² equal small square blocks with sterile forceps and scalpel. 15-20 explants were obtained from 1 corm. Explants were placed into the disposable plastic petri dishes (90x15 mm) including medium. Explants were cultured on *in vitro* regeneration medium (IRM). IRM consisted of full-strength Ruggini Olive medium (RO medium) and different concentrations (2, 3, 4 mgL⁻¹) of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D). Hormone-free IRM medium was used as a control in the regeneration experiment. In addition, different concentrations of 2,4-D, 3% sucrose, 0.05% charcoal, and 3.5 g/l gelrite were added to the medium. pH was adjusted to 5.7-5.8 before autoclaving (121 °C for 15 min, 1.05 atm pressure) by 1N HCl and 1N KOH. Explants were cultured under dark conditions at 25±2°C for *in vitro* regeneration. Embryogenic callus (EC) and embryo-like structure (ELS) were sub-cultured every 4-6 weeks. Embryogenic calluses were transferred to RO medium including 2iP (0, 0.05 mgL⁻¹) or BA (0, 1 mgL⁻¹) combination of 2,4-D (0, 1, 2 mgL⁻¹) for maturation. After maturation, embryo-like structures were transferred to an MS medium containing 0.5 mg/l BA and 0.1 mgL⁻¹ GA₃ for germination.

Synthetic Seed Production

The globular shape embryos were carefully selected at equal sizes to be homogeneous. 3% Na Alginate was including RO medium and 4 mgL⁻¹ 2,4-D. 1.1% CaCl₂ was prepared, and pH adjusted to 5.8. Both 3% Na alginate and 1.1% CaCl₂ were autoclaved (121 °C for 15 min, 1.05 atm pressure). Embryos were soaked into the alginate with a scalpel and slowly dripped into a 1.1% calcium chloride (CaCl₂) solution with a micropipette. The container containing the CaCl₂ solution was shaken circularly during the dripping process to provide encapsulating and polarisation. Synthetic seeds were immersed in CaCl₂ solution for about 15 min. after dropping. Synthetic seeds were rinsed several times with sterile distilled water. Then synthetic seeds were transferred to the *in vitro* regeneration medium and cultured at 25±1 °C in dark conditions.

Histological Analysis

ELS samples were reamed by injector needle and explants were immersed in the formaldehyde-propionic acid-alcohol (FPA). Explants were submerged in the ethyl and tertiary butyl alcohol series for 4 hours to provide dehydration. Then explants were immersed into the paraffin. Samples were dissected as 10-12 μ with a rotary microtome (Leica RM2134) and stained with hematoxylin. Slides derived from explants were monitored under the light microscope (Olympus BX51) and photographed by the camera (Olympus DP72) (Karabıyık et al., 2017).

Experimental Design and Data Analysis

Colchicum cilicium plants in the nature were selected randomly and the genotype effect was ignored. Experiments were established in a completely randomized design and repeated three times with ten replicates for each treatment. *In vitro* regeneration process was investigated and morphologic differentiation of the corm explants such as puffing, ELS percentage and germination percentage of the embryos were examined. All data were subjected to arcsine transformation. Means were separated least significant differences test (LSD). Data were analyzed by JMP® program version 8. Significance was considered at p< 0.05.

Result and Discussion

In vitro Regeneration Results

Differentiation of the explants started after 13 weeks of the culture depending on PGR concentrations. Embryo-like micro corms and shoot-like structures appeared after the corm explants' swelling period. These formations were proved with histological analysis. Bipolar structures and somatic embryos without vascular connections with explants were verified. However, acclimatization was restricted due to the limited tunic formation and root elongation. To regenerate the whole plant from corm explants by embryo induction, an RO medium containing different concentrations of 2,4-D (2, 3, 4 mgL⁻¹) was tested. As a result of the experiment, swelling and direct embryogenesis were obtained. There were no morphological differentiation and regeneration in the control group. The corm explants' highest morphological differentiation (Swelling) was determined at RO medium including 4 mgL⁻¹ 2,4-D as 35% (Table

1). Somatic embryos were formed from these swelling corm explants after 16 weeks of the culture. Globular, heart shape and torpedo shape embryogenic structures were determined from the RO medium including 4 mgL⁻¹ 2,4-D as 30% (Table 1). Embryos were bright and transparent at the beginning. Embryos were turned to opaque cream, yellow and light green after 5 weeks of the occurrence. Explants, including the different shapes of embryos, were transferred to the embryo maturation and germination medium. Embryos were matured, and micro corms occurred on the embryo maturation medium (Figure 1). Although the best microcorm (%81) formed from the corm explants of the *C. cilicum* on the RO medium containing 2 mgL⁻¹ 2,4-D + 0.05 mgL⁻¹ 2iP after 25 weeks (Table 2), the differences between maturation medium were not significant statistically (Table 2). Matured somatic embryos and micro corms were transferred to the MS medium containing 0.5 mgL⁻¹ BA and 0.1 mgL⁻¹ GA₃ for germination. Shoot-like and root-like structures were observed limitedly on the germination medium (Data not shown) (Figure 2).

Histological Analysis Results

Histological analyses investigated embryogenic structures. The embryo formation process from the corm explants was presented in Figure 4. Proembryogenic structures and embedded globular embryos were determined in the presence of 2,4-D (4 mgL⁻¹). Embryos continued

development and hearth shape and torpedo shape somatic embryos occurred at the embryo maturation was detected from the 27 weeks old explants. Vascular connection with the corm explant was not observed from all regenerated tissue and is one of the important proof for these structures to declare as the somatic embryo. Moreover bipolar vascular sections were determined at the torpedo stage of somatic embryos between two poles (Figure 3). Additionally, cell clumps, starch grains and cell nucleus were determined from the meristematic tissues. Somatic embryos were easily separated from the corm explant surface. Shoot and root-like structures were developed synchronously. Proliferation regions were easily monitored under a microscope.

Synthetic Seed Results

Somatic embryos obtained from RO medium containing 4 mgL⁻¹ 2,4-D were encapsulated with 3% Na alginate including RO medium with 4 mgL⁻¹ 2,4-D. The germination rate was determined as 27.8%. Germination and cormlet formation were observed synchronously after encapsulation. Micro corms and germinated embryos were transferred to the RO medium including 2 mgL⁻¹ 2,4-D + 0,5 mgL⁻¹ 2iP for maturation of these structures. Elongation microcorms were cultured on MS medium 0.5 mgL⁻¹ BA + 0.1 mgL⁻¹ GA₃ but germination and shoot elongation were not observed (Figure 4).

Table 1. Swelling and embryo formation rates in *C. cilicum*

	Content of RO Medium	Swelling (%)	Embryo Formation (%)
C	Control	0 (0) b	0 (0) b
RO1	2 mgL ⁻¹ 2,4-D	10 (10,5) b	2,5 (3) b
RO2	3 mgL ⁻¹ 2,4-D	5 (6) b	0 (0) b
RO3	4 mgL ⁻¹ 2,4-D	35 (31,5) a	30 (27) a

LSD_{SWELLING}= 18.66, LSD_{EMBRYO}= 16.25. All percentage values indicated in parentheses were arcsine transformed. Different letters within a column indicate significant differences (P<0.05)

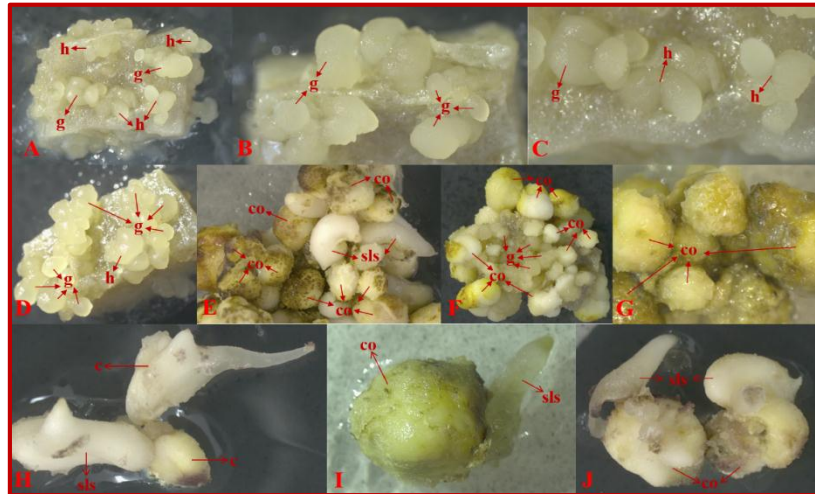


Figure 1. Structures obtained in somatic embryogenesis experiments A, B, C) Direct somatic embryos formed from swollen explants in RO medium containing 4 mg/l 2,4-D, D) Direct somatic embryos formed in RO medium containing 4 mgL⁻¹ 2,4-D after 18 weeks, E, F, G) Cormlets obtained from somatic embryos, H, I, J) Shoot-like structures formed on cormlets in MS medium containing 0.5 mgL⁻¹ BA and 0.1 mgL⁻¹ GA₃ (g: globular, h: heart, c: cotyledon, co: cormlet, sls: shoot-like structure).

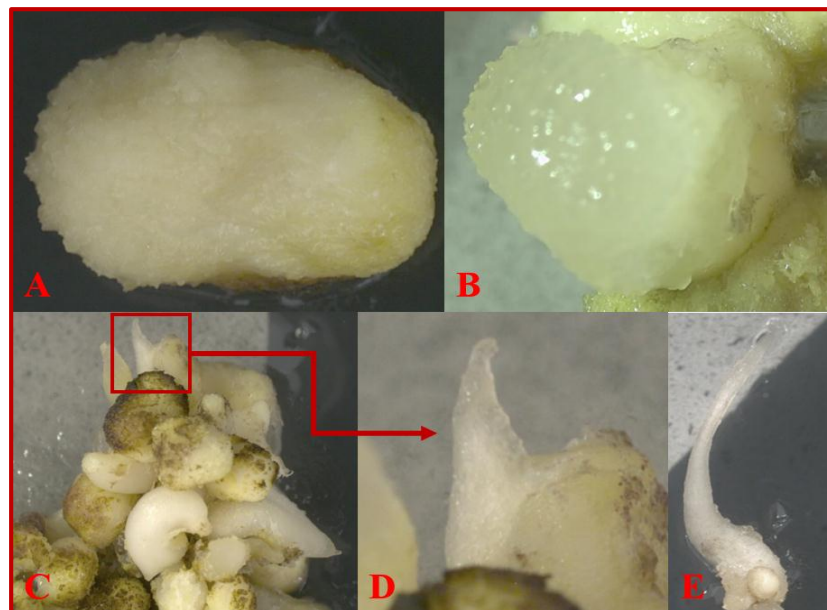


Figure 2. Different developmental stages of somatic embryos occurring in *Colchicum cilicicum* species A) Globular stage, B) Heart stage, C) Torpedo stage, D) Close view of torpedo stage, E) Cotyledon stage.

Table 2. Cormlet formation rates in *C. cilicicum*

	Content of RO Medium	Cormlet Formation (%)
G1	PRG free RO	45,5 (40,9) a
G2	1 mgL ⁻¹ 2,4-D + 1 mgL ⁻¹ BA	45,5 (40,9) a
G3	2 mgL ⁻¹ 2,4-D + 0.05 mgL ⁻¹ 2iP	81,8 (73,6) a

LSD_{CORMLET}= 42,33 All percentage values, indicated in parentheses, were arcsine transformed. Different letters within a column indicate significant differences (P<0.05)

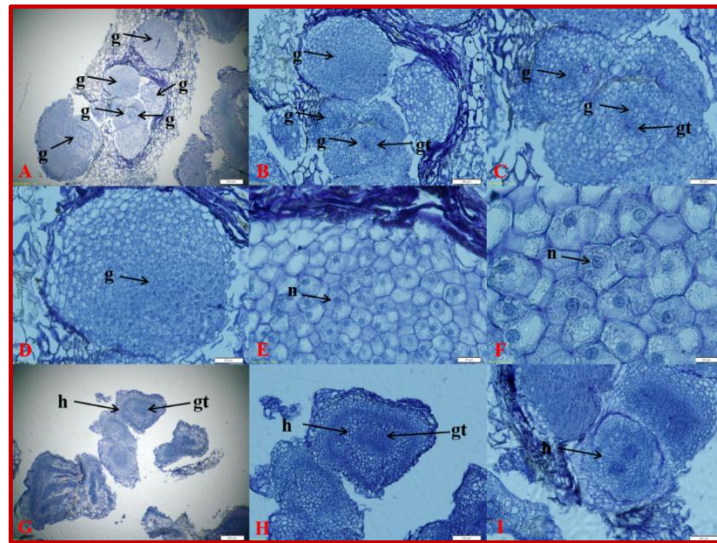


Figure 3. Images obtained as a result of histological analysis A, B) Cross-section image of globular embryos occurring in RO medium containing 4 mgL^{-1} 2,4-D, C, D) Close-up view of the cross-section of globular stage embryos, E, F) Nuclei that appear prominently in the cells of the globular embryo, G) Image of embryo transitioning to the heart stage, H) Close-up view of the embryo entering the heart stage, I) Image of a heart stage embryo (g: globular, h: heart, n: nucleus, gt: growth tip).

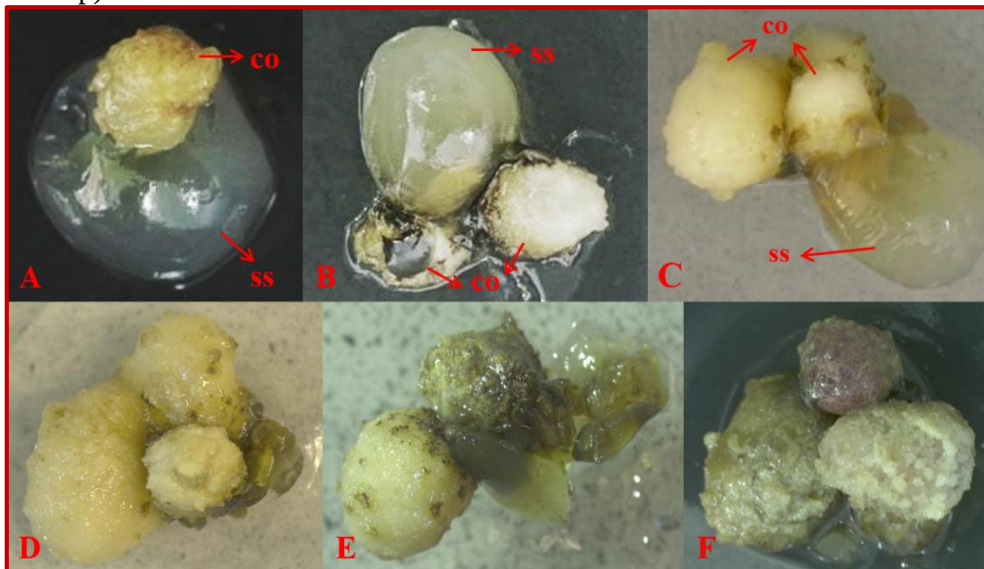


Figure 4. A) The swollen view of the synthetic seed coated with 3% Na alginate containing 4 mgL^{-1} 2,4-D and RO medium before germination, B, C) Cormlets formed from synthetic seed, D, E) Cormlets developing in the maturation medium, F) Cormlets with getting dark in the germination medium (ss: synthetic seed, co: cormlet).

Discussion

Somatic embryogenesis is one of the important methods for *in vitro* clonal propagation of the important endemic species and naturally grown genetic resources (Koçak et al., 2014). *In vitro* regeneration studies were limited for the *Colchicum* species (Hayashi et al., 1988; Yoshida

et al., 1988; Daradkeh et al., 2012; Wagh et al., 2015; Karlık et al., 2020, Sarı, 2020, Özkaya, 2021). To produce somatic embryo three different PGR concentrations were tested for *C. cilicicum*. Histological analyses were performed to observe the developmental stage of somatic embryos and microcorm formation. Direct somatic embryos were obtained from the corm

explants. The corm has been used as a significant explant type for the *in vitro* propagation of geophytes such as *Colchicum*, (Karlık, 2020; Sarı, 2020; Özkaya, 2021). Karlık et al. (2020) used three different explants of *Colchicum chalcedonicum* and they reported that callus was formed only from corm explants. Additionally, *in vitro* regeneration was obtained from the corm explants of *C. szovitsii*, *C. burtii*, *C. serpentinum*, *C. figlalii*, *C. atticum*, *C. triphyllum*, *C. sobolifera*, *C. speciosum* (Sarı, 2020; Özkaya, 2021), *Colchicum luteum* (Wagh et al., 2015). On the other hand, seeds (Daradkeh et al., 2012) and flowering shoots (Hayahsi et al., 1988; Yoshida et al., 1988) were used as explant for *in vitro* regeneration and cell regeneration suspension cultures of *Colchicum* sp. The success of the *in vitro* regeneration is dependent on medium selection. In this study, RO mediums including 2, 3, and 4 mgL⁻¹ 2,4-D were tested for *in vitro* regeneration and the highest regeneration was obtained from RO medium including 4 mgL⁻¹ 2,4-D. Daradkeh et al. (2012) cultured the callus induced from *C. hierosolymitanum* seeds, on MS medium including 0.45 µM 2,4-D, then transferred the callus to MS medium including 4.52 µM 2,4-D for *in vitro* colchicine production. Wagh et al. (2015) used chitosan for *in vitro* germination of dormant *C. luteum*. They determined that 0.015 and 0.5 gL⁻¹ of chitosan concentration positively affected the shoot length and dry weight of *in vitro* plantlet. Karlık et al. (2020) cultured *C. chalcedonium* corms on MS medium including NAA, BAP, ZEA, 2iP and 2,4-D with different sucrose concentrations to obtain callus, and the highest callus initiation was reported as 75% from the ½ MS medium including 3% sucrose, 0.05 % active carbon and 2 mgL⁻¹ 2,4-D+0.5 mgL⁻¹ 2iP. Sarı (2020) obtained the highest somatic embryos as 74% from the corm explants cultured on MS medium including 2 mgL⁻¹ 2,4-D for *C. figlalii*. Özkaya (2021) obtained somatic embryos from the corm explants from the MS medium including 2 mgL⁻¹ NAA for *C. triphyllum*, and 6 mgL⁻¹ 2,4-D for *C. speciosum*, 0.5 mgL⁻¹ 2,4-D +0.5 mgL⁻¹ 2iP *C. burtii* and *C. sobolifera*. On the other hand, Hayashi et al. (1988) cultured the *Colchicum autumnale* on modified MS containing 10⁻⁵ M 2,4-D+ 10⁻⁶ M Kin. They then transferred the tissues to the medium with 0.5µM IBA + 0.5µM Kin to produce colchicine in cell suspension culture. Ellington et al. (1997) reported that the

application of paclobutrazol to the cormlet occurring in *Colchicum autumnale* positively affected the development of cormlet. Literature review shows that 2,4-D is an efficient plant growth regulator for *in vitro* regeneration of *Colchicum*. Regeneration is highly dependent on plant growth regulator types and dosages. 2,4-D is known as a significant promoter for *in vitro* regeneration, especially in monocots (Ullah and Khan, 2022), and positive effects of 2,4-D and combinations with different cytokinin on *in vitro* regeneration have been proved for different species such as crocus (Sevindik et al., 2018), lillium (Karalija et al., 2013). Additionally, the medium is another significant factor in inducing regeneration. In the regeneration studies of *Colchicum*, MS medium was used distinctly in our study.

Somatic embryos were analyzed histologically and different tissues, embryo stages such as globular, heart-like stage, torpedo-like stage and coleoptile, bipolar structures, vascular polarization, and proliferation regions were detected. Blazquez et al. (2009) investigated nodular callus and embryos of saffron obtained from MS medium including 0.1 mgL⁻¹ 2,4-D histologically. Blazquez et al. (2009) showed bipolar structures, mini corms, apical meristems and vascular connections between two poles similar to our study. *Colchicum* sp. is monocotyledon and somatic embryo formation showed differentiation dependent on its monocotyledon or dicotyledon. There have been numerous studies on the somatic embryogenesis of monocotyledon plants such as banana, rice, wheat, lillium, etc. However, embryo stages of the monocotyledon plants are identified as globular, scutellar, and coleoptile. In this study, globular, heart like and torpedo-like or scutellar, cotyledonary or coleoptillar embryogenic stages were observed with histological analyses. Similar to our observations, Additionally, Natarajan et al. (2020) described the embryogenic stage globular, heart, late heart and torpedo stage at Musa sp. Synthetic seed application provides germination of somatic embryos under *in vitro* and *ex-situ* conditions for clonal propagation (Aitken-Christie et al., 1995; İpekçi and Gözükmızı, 2003). To our knowledge, no prior studies have examined synthetic seed production of *Colchicum* species. In our study, somatic embryos were encapsulated with 3%Na Alginate

including RO medium +4 mgL⁻¹ 2,4-D. Embryos were germinated at 27.8% and cormlet was formed after encapsulation.

Conclusion

In conclusion, *in vitro* regeneration and somatic embryogenesis protocol were investigated using corm explants from wild *Colchicum cilicium* naturally grown in Turkey. Although acclimatization was limited, this is the first original paper that shows callus induction and embryogenic development process for *Colchicum cilicium*. It was concluded that a higher auxin level stimulates the embryogenic development of *C. cilicium* corm explants. This study has potential for *in vitro* propagation, synthetic seed production and conservation of the naturally grown *Colchicum* species.

Acknowledgment

This study was supported by TUBITAK (The Scientific and Technical Research Council of Turkey, Project No.116O215).

References

- Aitken-Christie, J.S., Kozai, T., Takayama S., 1995. Automation in plant tissue culture general introduction and overview. In: Aitken-Christie J, Kozai, T, Smith, MAL., (editors). Automation and environmental control in plant tissue culture. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; pp. 1–18.
- Ara, H., Jaiswal, U., Jaiswal, V.S., 2000. Synthetic seed: prospects and limitations. Current science, 1438-1444.
- Blázquez, S., Olmos, E., Hernández, J.A., Hellín, E., Fernández, J.A., Piqueras, A., 2004. Somatic embryogenesis in saffron (*Crocus sativus* L.): Morphological differentiation and the role of the antioxidant enzymatic system. Acta Horticulturae, 650:261-267. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.650.29>.
- Daradkeh, N.Q., Shibli, R.A., Makhadmeh, I.M., Alali, F., Al-Qudah, T.S., 2012. Cell suspension and in vitro production of colchicine in wild *Colchicum hierosolymitanum* Feib. The Open Conference Proceedings Journal, 3: 52-59. <https://doi.org/10.2174/1876326X01203020052>.
- Ellington, E., Adserias, T., Coma, A., Bastida, J., Viladomat, F., Codina, C., 1997. Effect of paclobutrazol on in vitro culture of *Colchicum autumnale* corms. In III International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding, 447:131-134. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.447.18>.
- Fay, M.F., Chase, M.W., Rønsted, N., Devey, D.S., Pillon, Y., Pires, J.C., Petersen, G., Seberg, O., Davis, J.I., 2006. Phylogenetics of Liliales: summarized evidence from combined analyses of five plastid and one mitochondrial loci. In: Columbus JT, Friar EA, Porter JM, Prince LM, Simpson, MG (Editors), Monocots: Comparative Biology and Evolution (Excluding Poales). Rancho Santa Ana Botanic Garden, Claremont, CA, pp. 559–565.
- Gulsoy-Toplan, G., Göger, F., Yıldız-Peko, A., Gibbons, S., Sariyar, G., Mat, A., 2018. Chemical Constituents of the Different Parts of *Colchicum micranthum* and *C. chalconicum* and their Cytotoxic Activities. Natural Product Communications, 13:535-538. <https://doi.org/10.1177/1934578X1801300506>.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T., 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.
- Hayashi T, Yoshida K, Sano K. 1988. Formation of alkaloids in suspension-cultured *Colchicum autumnale*. Phytochemistry, 27(5): 1371-1374. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(88\)80196-1](https://doi.org/10.1016/0031-9422(88)80196-1).
- İpekci, Z., Gozukırmızı, N., 2003. Direct somatic embryogenesis and synthetic seed production from *Paulownia elongata*. Plant cell reports, 22(1): 16-24. <https://doi.org/10.1007/s00299-003-0650-5>.
- İzgül, T., Sevindik, B., Çürük, P., Şimşek, Ö., Kaçar, Y.A., da Silva, J.A.T., Mendi, Y.Y., 2016. Development of an efficient regeneration protocol for four *Cyclamen* species endemic to Turkey. Plant Cell, Tissue and Organ Culture: 127(1): 95-113.

- <https://doi.org/10.1007/s11240-016-1033-2>.
- Jung, L.S., Winter, S., Eckstein, R.L., Kriechbaum, M., Karrer, G., Welk, E., Elsässer, M., Donath, T.W., Otte, A., 2011. *Colchicum autumnale* L. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 13(3): 227-244. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2011.04.001>.
- Karabıyık, Ş., Gündeşli, M.A., Eti, S., Kafkas, S., Güney, M., Zarıfıkhosroshahı, M., Kafkas, N.E., 2017. Detection of bud abscission of pistachio via histological analysis. In VII International Symposium on Almonds and Pistachios 1219 : 193-198. [10.17660/ActaHortic.2018.1219.31](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1219.31).
- Karalija, E., Parić, A., Muratović, E., 2013. Biochemical status of in vitro regenerated *Lilium bosniacum* and *Lilium cattaniae* plantlets. Cent Eur J Biol. 8(9):912-920. [doi/10.2478/s11535-013-0213-x/html](https://doi.org/10.2478/s11535-013-0213-x/html).
- Karlık, E., Değer, M., Üzen, E., Gozukirmizi, N., 2020. Pioneering in vitro studies for callus formation of *Colchicum chalcidonicum* azn. Trakya University Journal of Natural Sciences, 21(2): 131-137. <https://doi.org/10.23902/trkjnat.776974>.
- Koçak, M., İzgü, T., Sevindik, B., Tütüncü, M., Çürük, P., Şimsek, O., Aka Kaçar, Y., da Silva, J.A.T., Mendi, Y.Y., 2014. Somatic embryogenesis of Turkish *Cyclamen persicum* Mill. Scientia Horticulturae, 172:26-33. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.03.044>.
- Natarajan, N., Sundararajan, S., Ramalingam, S., Chellakan, P.S., 2020. Efficient and rapid in-vitro plantlet regeneration via somatic embryogenesis in ornamental bananas (*Musa* spp.). Biologia, 75(2): 317-326. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00358-0>.
- Özkaya, A., 2021. Bazı *Colchicum* Türlerinde Somatik Embriyogenesis ve Sentetik Tohum Üretim Protokollerinin Oluşturulması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 125.
- Rudall, P.J., Stobart, K.L., Hong, W.P., Conran, J.G., Furness, C.A., Kite, G.C., Chase, M.W., 2000. Consider the lilies: systematics of Liliales. In: Wilson KL, Morrison DA. (Editors), Monocots: Systematics and Evolution. CSIRO Publishing, Melbourne, pp:347-359.
- Sarı, M., 2020. Bazı *Colchicum* (Acı Çiğdem) Türlerinde Somatik Embriyogenesisin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 72.
- Sevindik, B., 2018. Siklamende Anter ve Ovül Kültürü Yöntemleri ile Haploid Bitkilerin Elde Edilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 175.
- Torres, K.C., 1989. Tissue Culture Techniques for Horticultural Crops. 1st edition, Van Nostrand Reinhold, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9756-8-4>.
- Ullah, M., Khan, M.S., 2022. Effects of Carbon Sources and Growth Regulators on the Tissue Culture of Sugarcane. Sarhad Journal of Agriculture, 38 (1). <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2022/38.1.312.321>.
- Wagh, P.J., Patil, V.W., Kale, M.C., 2015. Effect of Soluble Chitosan Application on in vitro Germination and Growth of Dormant Corms of *Colchicum luteum* Baker. International Journal of Researches in Biosciences, Agriculture and Technology, 3:179-182.
- Vinnersten, A.R., Reeves, G., 2003. Phylogenetic relationships within Colchicaceae. Am. J. Bot., 90 (10): 1455-1462. <https://doi.org/10.3732/ajb.90.10.1455>.
- Yoshida, K., Hayashi, T., Sano, K., 1988. Colchicine precursors and the formation of alkaloids in suspension-cultured *Colchicum autumnale*. Phytochemistry, 27:1375-1378. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(88\)80197-3](https://doi.org/10.1016/0031-9422(88)80197-3).

Siirt Fıstık (*Pistacia vera*) Anacının *Meloidogyne incognita* ve *Meloidogyne javanica*'ya Karşı Dayanıklılık Durumu

Adem ÖZARSLANDAN 

Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Mersin Üniversitesi, 33940, Silifke Mersin, Türkiye

Öz

Kök ur nematodlarının dünya genelinde birçok üründe ekonomik kayıplar verdiği bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı Siirt fıstık anacının kök ur nematoduna dayanıklılığını belirlemektir. Fıstık tohumları fidan poşetlerine ekilmiştir. Bitki boyları 25-30 cm geldiğinde bir tür için 3000 *Meloidogyne incognita* ve *M. javanica*'nın ikinci dönem larva inokulasyonu yapılmıştır. Bitkiler nematod inokulasyonundan yaklaşık 60 gün sonra kök ur oranına göre değerlendirilmiştir. Kök urlanma oranı sonuçları, dayanıklı (0-2) veya duyarlı (3-5) bitkiler olarak belirlenmiştir. Siirt fıstık anacının *M. incognita* ve *M. javanica*'ya karşı urlanma oranı sırasıyla 3,1-3,4 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma ile ülkemizde ilk defa Siirt fıstık anacının kök ur nematodlarına hassas olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile farkındalık oluşturmak ve daha geniş çalışmaların gerekliliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kök ur nematodu, fıstık, dayanıklılık.

Resistance Status of Siirt Pistachio Rootstock Against *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*

Abstract

Root knot nematodes are known to cause economic losses in many crops around the world. The aim of this study is was to determine the resistance of Siirt pistachio rootstock to root knot nematode. Pistachio seeds were planted in seedling bags. When the plant heights were reached to 25-30 cm, 3000 second stage larva *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* were inoculated. Plants were evaluated for root galling rate approximately 60 days after nematode inoculation. Root galling rate results were determined as resistant (0-2) or susceptible (3-5) plants. Galling rate of Siirt pistachio rootstock against *M. incognita* and *M. javanica* was determined as 3.1-3.4, respectively. In this study, it was determined for the first time in our country that Siirt pistachio rootstock is susceptible to root knot nematodes. In this study, the necessity of raising awareness and wider studies has been revealed.

Keywords: Root knot nematode, pistachio, resistant.

Sorumlu Yazar/Correspondence to: A. Özarslandan; aozarslandan@mersin.edu.tr
Geliş Tarihi/Received: 31.08.2021 Kabul Tarihi/Accepted: 27.04.2022

Makalenin Türü: Araştırma
Category: Research

Adem ÖZARSLANDAN  <https://orcid.org/0000-0001-7129-8543>

Giriş

Fıstık (*Pistaciavera*) Anacardiaceae familyasının bir üyesidir. Anacardiaceae familyası 10-20 tür içerir (Khanazarov ve ark., 2009). Fıstık, Orta Doğu'da, Asya'nın orta ve batı bölgelerinde, Akdeniz ülkelerinde ve ABD'de yetiştirilmektedir (Kashaninejad ve ark., 2006). Fıstık çok besleyici bir meyvedir ve yüksek potasyum, karbonhidrat ve mineraller içerir. Enerji içeriği bademlere benzerdir (Bellomo ve Fallico, 2007). Yaklaşık %10 şeker, %20 protein ve %50 yağ içerir (Barghchi ve Alderson, 1985). Türkiye, ABD ve İran'dan sonra dünyanın en büyük üçüncü üreticisidir. (FAOstat, 2017). Türkiye'de 56 ilde fıstık üretimi yapılsa da bu illerin birçoğu çok sınırlı alanlarda çok az miktarda fıstık üretmektedir. Ana ekim alanı, Türkiye fıstık üretiminin %90-

95'ini kapsayan Güneydoğu Anadolu bölgesidir (Kafkas ve ark., 2002).

Kök ur nematodları (*Meloidogyne* spp) dünya çapında en zararlı bitki paraziti nematodlar arasında yer almaktadır. Bu cinse ait 100'den fazla tür tespit edilmiştir (Moens ve ark., 2009). *M. Incognita* (Kofoid ve White, 1919) Chitwood, 1949, *M. Javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 ve *M. arenaria* esas olarak tropikal bölgelerde yaygın iken, *M. chitwoodi*, *M. fallax* ve *M. hapla* daha serin bölgelerde bulunmaktadır (Adam ve ark., 2007). Türkiye'de *M. incognita*, *M.arenaria* (Neal, 1889) ve *M.javanica* (Treub, 1885) (Nematoda: Meloidogynidae) sebze üretiminde en yaygın ve ekonomik olarak zarar veren türler olarak bildirilmiştir ((Elekcioglu ve ark., 1994; Mennan ve Ecevit, 1996; Kaşkavalı ve Öncüler, 1999; Özarslandan ve Elekcioglu, 2010; Çetintaş ve

Çakmak, 2016). Ayrıca *M.luci*, Türkiye'nin kuzey bölgelerinde tarla bitkileri ve sera sebzelerinde ciddi bir sorun olduğu saptanmıştır (Aydınlı, 2018).Ülkemizde fıstık alanlarında nematod konusunda yeterli çalışma bulunmamaktadır. Fıstık alanlarında sadece Yıldız ve Elekcioglu (2007). Türkiye fıstık bahçeleri ile ilişkili nematodları incelemişler. Tylenchus, Filenchus, Helicotylenchus, Rotylenchus, Rotylenchulus sp.,Pratylenchus, Pratylenchoides, Trophorus, Geosenamus, Tylenchorhynchus, Criconema, Paratylenchus ve Xiphinema nematodlarını saptamışlardır. Bunlar arasında Paratylenchus, Helicotylenchus, Pratylenchus, Xiphinema ve Criconema sırasıyla %62 ile %46, %16 ve %18 ve %2 oranında tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Dünya genelinde kök urnematodları fıstık ağaçlarını etkileyen başlıca zararlılar arasında yer almaktadırlar. İran'ın hemen hemen tüm fıstık üreten bölgelerinde verim azalmasına neden olduğu bildirilmektedir (Fatemy, 2009). Çoğu anacın kök ur nematodlarına duyarlılığı, nematisitlerin kullanımındaki sınırlamalar, geniş konukçu yelpazesi ve zayıf mücadele önlemleri, fıstık endüstrisindeki ekonomik kayıpları artırmıştır. Fıstık bahçelerinde en yaygın nematodların *M. javanica* ve *M. Incognita* türü olduğu bildirilmiştir (Fatemy, 2009). Fıstık çeşitlerinin kök ur nematodlarına karşı dayanıklılık seviyeleri Khanjari-Rafsanjan, Ghazvini, Sarakhs, Fandoghi ve Badamiçeşitlerinde sırasıyla azalmaktadır (Madani ve ark., 2012).

Ülkemizde fıstık anaçlarının kök ur nematodlarına karşı duyarlı veya dayanıklılığı konusunda çalışma bulunmamaktadır. Fıstık alanlarında yeterli çalışma olmadığından nematod sorunu tam olarak bilinmemektedir. Fıstık alanlarında sulama ile birlikte bitki Çizelge 1. Hartman ve Sasser (1985) tarafından oluşturulan “0-5 yumurta kesesi ve ur sayısı skalası

koruma sorunları ortaya çıkacaktır. Bu çalışmada Silifke Meslek Yüksekokulu'nda Siirt fıstığı tohumundan yetiştirilen fıstık anacının *M. incognita* ve *M. javanica*'ya karşı dayanıklılıklarını belirlemek ve fıstık alanlarında nematod sorunu ile karşılanacak problemlere farkındalık oluşturmak için yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Fıstık anacı olarak kullanılan Siirt Fıstığı tohumu Siirt ilinden getirtilmiştir. Bu tohumlar Silifke Meslek Yüksekokulu'nda fidan poşetlerine ekilmiştir(Şekil 1). 2020 yılında denemede kullanılan Kök-ur nematodları (*M.incognita* ve *M. javanica*) hassas olduğu bilinen domates bitkisinde üretimi sağlanmıştır. Kök-ur nematodunun üretildiği bitki köklerinden, stereo binoküler altında yumurta paketleri çıkartılarak geliştirilmiş Baermann-huni yöntemine göre 2. dönem larvalar elde edilmiştir. Denemeler, bitkiler yaklaşık 15-25 cm boyuna ulaştıklarında tesadüf parselleri deneme desenine göre 7 tekrarlı olarak kurulmuştur. Fıstık fidanlarının dört tarafına açılan 2 cm toprak derinliğine her bir poşete ortalama 1000 adet olacak şekilde 2. dönem larva inokulasyonu yapılmıştır. Deneme nematod inokulasyonundan 60. gün sonra değerlendirilmiştir. Bitki köklerinde kök ırlanma oranı üzerinden değerlendirilmiştir. Bitkilerin dayanıklılık veya duyarlılık durumları, kök ur nematodlarının bitki köklerinde ur ve yumurta oluşturmaya bağlıdır. Kök ur nematodu bitki köklerinde ur oluşturabilir. Fakat iyi konukçusu olmadığı durumlarda yumurta üretmeyebilir. Bu nedenle, bitki kökleri Hartman ve Sasser (1985) tarafından oluşturulan “0-5 yumurta kesesi ve ur sayısı skalasına” göre değerlendirilmiştir.

Skala	Yumurta Kesesi ve Ur Sayısı
0	Kökte yumurta kesesi ve ur oluşumu yok
1	Kökte 1-2 yumurta kesesi ve ur oluşumu var
2	Kökte 3-10 yumurta kesesi ve ur oluşumu var
3	Kökte 11-30 yumurta kesesi ve ur oluşumu var
4	Kökte 31-100 yumurta kesesi ve ur oluşumu var
5	Kökte 100'den fazla yumurta kesesi ve ur oluşumu var

Değerlendirme sonucuna göre; köklerde ırlanma oranı 0-2 değerini alan bitkiler

dayanıklı, 3-5 değerini alan bitkiler ise hassas olarak belirlenmiştir. Poşetteki topraklardaki

nematod sayıları 100 g tartılarak geliştirilmiş Baermann-huni yöntemine göre elde edilerek

sayımları yapılmıştır.



Şekil 1. Fıstık fidanları

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada denemeye alınan Siirt fıstık anacı *M. incognita* ve *M. javanica*'ya karşı hassas olduğu tespit edilmiştir. Siirt fıstık anacının kök ur nematodları *M. incognita* ve *M. javanica*'ya karşı ırlanma oranı ortalaması sırasıyla 3,1-3,4 olarak tespit edilmiştir(Şekil 2). Bitki köklerinde kök ur nematodlarının taze köklerde ur oluşturdukları görülmüştür. Bu bitkiler ile deneme kurulacağı dönemde bitkinin büyüdüğü taze köklerin oluştuğu dönemlerde deneme yapılmasının daha doğru sonuca varılacağı görülmüştür. Topraktaki nematod yoğunluğu 0-40 adet arasında kök ur nematodu larvası tespit edilmiştir.

Dünya genelinde yapılan çalışmalarda fıstık yetiştiriciliğinde kullanılan anaçların *M. incognitave M. javanica* türlerinin her ikisine de duyarlı olduğunu, *Meloidogyne* türlerinin neden olduğu dünya çapında fıstığın tahmini üretim kayıpları 118 milyon ABD doları olduğu bildirilmiştir (Koenning ve ark. 1994). İran'da *M. incognita* ve *M. javanica*'nın fıstık köklerine

saldırdığı rapor edilmiştir (Abivardi ve ark, 1979; Akhiani ve ark, 1986; Banihashemi ve Kheiri, 1995; Kargar, 1989; Mojtahedi ve Barooti, 1976; Madani ve ark., 1988). Bu *M. incognita* ve *M. javanica* türlerinin ayrıca California'daki fıstık köklerinde de tespit edildiği bildirilmiştir (McKenry ve Kretsche, 1984). Yapmış olduğumuz çalışma daha önce yapılan çalışmalar ile paralellik gösterdiği saptanmıştır.

Tarımda kullanılan yönetim uygulamaları ekolojik olarak sağlam olmalı ve bitki paraziti nematod popülasyonlarını ekonomik zarar eşiğinin altında tutabilecek bir toprak besin ağını desteklemelidir (Stirling, 2014). Biyolojik çeşitliliği, üretkenliği ve canlılığı yönetmek, sürdürülebilir bir tarımın özüdür (Lewandowski ve ark., 1999). Bu nedenle, zararlı yönetimi uygulamaları, toprak sağlığının sürdürülebilirliğinde önemli bir rol oynayan toprak organizmalarını korunmalıdır (Stirling, 2014).



Şekil 2. Fıstık köklerinde Kökur nematodları *Meloidogyne incognita* ve *Meloidogyne javanica*'nın köklerde oluşturduğu urlar

Sonuç olarak ülkemizde ilk defa bu çalışma ile fıstık anacı olarak kullanılan siirt fıstığı anacının kök ur nematodlarına *M. incognita* ve *M. javanica*'ya karşı hassas olduğu tespit edilmiştir. Bundan dolayı dikilecek fidanların nematodlardan arı olmasına dikkat edilmelidir. Bahçe tesisi yapılacak arazilerde de daha önce sebze, bağ gibi kök ur nematodunun konukçusu olan bitkiler yetiştirilmemiş olmasına dikkat edilmelidir. Kök ur nematodlarına dayanıklı anaç varsa tercih edilmelidir. Dünyada kök ur nematodlarına dayanıklı olarak UCB fıstık anacı bilinmektedir. UCB fıstık anacı *Phytophthora*, nematod, tuzluluğa ve soğuğa dayanıklı çok kuvvetli bir anaçtır. Fıstık anacı UCB California Üniversitesi Bitki Patolojisi Bölümü'nden Lee Ashworth tarafından geliştirilmiştir. UCB fıstık anacı *P. atlantica* x *P. integerrima* melezi bir anaçtır. Her iki ebeveyn de homozigottur ve en az değişkenlik gösteren hibrit fidanlar üretir. Bu anacın toprak kökenli patojenlere dayanıklılık sağlaması fıstık yetiştiriciliğinde büyük avantaj sağlamaktadır. Yurtdışında dayanıklı anaçların ülkemize getirildiğinde yerlinematod tür ve ırklarına dayanıklılığı, iklim koşullarına uyumluluğu denemeleri yürütülmelidir. Yüksek sıcaklıkta dayanıklılığın kırılıp kırmadığı gibi

denemelerin yürütülmesinde fayda vardır. Fıstık bahçeleri içerisine kök ur nematodların konukçusu olan sebze vb bitkiler dikilmemelidir. Fıstık bahçesi sulamaları sırasında su kök ur nematodunun olabileceği sebze alanlarından geçirilmemelidir. Yeni bahçe tesisinde fidanlar dikimden önce mikoriza, Thirochoderma, yararlı bakteri gibi faydalı mikroorganizma uygulamaları yapılmalıdır. Bu etmenler fidanları daha sağlıklı olmasını sağlayarak toprak patojenlerine karşı bitkilerin dayanıklılıklarını artırmaktadırlar (Özarslan, 2019; 2020; Çelik, 2019, 2020). Bundan sonraki çalışmalarda yerel anaçların kök ur nematoduna karşı dayanıklılıkları fıstık yetiştiriciliği yapılan yüksek sıcaklığın olduğu alanlarda ve yaz aylarında denemeler yapılmalıdır.

Kaynaklar

Abivardi, C., Shahcheraghi, M., Sharafteh, M., 1979. Recent studies on distribution and control of the root-knot nematodes *Meloidogyne* spp in southern Iran. Proceedings of the 2nd research planning conference on root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., Region VII, Athens,

- Greece, (International *Meloidogyne* Project, Contract No. AID/ta-c-1234).
- Adam, M. A. M., Phillipps, M. S., Blok, V. C., 2007. Molecular diagnostic key for identification of single juveniles of seven common and economically important species of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.). *Plant Pathology* 56(1): 190 – 197.
- Akhiani, A., Mojtahedi, H., Naderi, A., 1986. Hosts of the Root knot nematode in Iran. *Proc. Plant Pathology*. p.134 .
- Aydınlı, G., 2018. Detection of the root-knot nematode *Meloidogyne luci* (Tylenchida: Meloidogynidae) in vegetable fields of Samsun Province, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 42 (3): 229- 237.
- Banihashemi, Z., Kheiri, A., 1995. The occurrence of root knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on pistachio in Damghan. *Iranian Journal Plant Pathology*, 31, 37-38.
- Barghchi, M., Alderson, P. G., 1985. In vitro propagation of *Pistacia vera* L. and the commercial cultivars Ohadi and Kalleghochi. *Journal of Horticultural Science*, 60(3), 423–430.
- Bellomo, M. G., Fallico, B., 2007. Anthocyanins, chlorophyll and xanthophylls in pistachio nuts (*Pistacia vera*) of different geographic origin. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3–4), 352–359.
- Çelik, Y., Yarşı, G., Özarslandan, A., 2019. Mikorizaların Bitkilerde Stres Mekanizması Üzerine Etkileri. *DÜSTAD – Dünya Sağlık ve Tabiat Araştırmaları Dergisi*, 2, 7-24
- Çelik, Y., Yarşı, G., Özarslandan, A., 2020. Yararlı Bakteri Uygulamalarının Bitkisel Verim ve Dayanıklılık Mekanizmalarına Etkileri. *DÜSTAD – Dünya Sağlık ve Tabiat Araştırmaları Dergisi*, 1, 75-87.
- Çetintaş, R., Çakmak, B., 2016. *Meloidogyne* species infesting tomatoes, cucumbers and egg plants grown in Kahramanmaraş Province, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 40 (4): 355-364.
- Elekcioğlu, İ.H., Ohnesorge, B., Lung, G., Uygun, N., 1994. Plant parasitic nematodes in the Mediterranean region of Turkey. *Nematologia Mediterranea*, 22(1): 59-63.
- FAO, 2017. Statistical Databases: Agricultural data. Internet Resource: <http://faostat.fao.org> (verified Feb 17, 2020).
- Fatemy, S., 2009. Integrated Management of Pistachio Nematodes. In: “Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes”, (Eds.): Ciancio, A. and Mukerji, K. G. Springer Netherlands, The Netherlands.
- Hartman, K.M., Sasser, J.N., 1985. “Identification of *Meloidogyne* Species on the Basis of Differential Host Test and Perennial Pattern Morphology, 69-77”. In: *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Vol II. Methodology (Eds. K. R. Barker, C.C. Carter & J.N. Sasser). Raleigh, NC: North Carolina States Graphics, 223 pp.
- Kafkas, S., Kafkas, E., Perl-Treves, R., 2002. Morphological diversity and a germplasm survey of three wild *Pistacia* species in Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*. <https://doi.org/10.1023/A:1015563412096>
- Kargar, A., 1989. Study on nematode fauna in pomegranate, pistachio and almond orchards in Yazd province. M.Sc. Thesis. Tarbiat Modares University 1989. 240 pp.
- Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A., Tabil, L.G., 2006. Some physical properties of Pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel. *Journal of Food Engineering*, 72(1), 30–38.
- Kaşkavalcı, G., Öncüer, C., 1999. Investigations on the distribution and economic importance of *Meloidogyne goeldi*, 1887 (Tylenchida: Meloidogynidae) species found in the major areas of hot elimata vegetables in Aydın province. *Turkish Journal of Entomology*, 23(2):149-160.
- Khanazarov, A.A., Chernova, G.M., Rakhmonov, A.M., Nikolyi, L.V., Ablaeva, E., Zaurov, D.E., Funk, C.R., 2009. Genetic resources of *Pistacia vera* L. in Central Asia. *Genetic resources and crop evolution*, 56(3), 429-443.
- Koenning, S.R., Verstreet, C.O., Noling, J.W., Donald, P.A., Becker, J.O., Fortnum, B.A., 1994. Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1999. *Journal of Nematology* 31(4): 587-618.

- Lewandowski, I., Hardtlein, M., Kaltschmitt, M., 1999. Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability. *Crop science* 39(1):184–193
- Madani, M., Kheiri, A., Akhiani, A., 1988. Races and species of the *Meloidogyne* in Pistachio orchards in Iran, *Proc. Plant Protection*, 1989, Tehran, Iran, p. 87.
- Madani, M., Akhiani, A., Damadzadeh, M., Kheiri, A., 2012. Resistance Evaluation of the Pistachio Rootstock *Meloidogyne* Species in Iran. *Journal of Applied Horticulture*, 14:129-133.
- Mckenry, M.V., Kretsch, J.O., 1984. Nematodes in pistachio orchards. *California Agriculture*, 38(11), 21-21.
- Mennan, S., Ecevit, O., 1996. Bafra ve Çarşamba Ovaları Yazlık Sebze Ekim Alanlarındaki Kök-ur Nematodları (*Meloidogynespp.*)’nın Biyolojisi, Yayılışı ve Bulaşıklık Oranları Üzerine Araştırmalar. Türkiye III. Entomoloji Kongresi, 24-28 Eylül 1996, Ankara, 700-705.
- Moens, M., Perry R.N., Starr J.L., 2009. *Meloidogyne* species - a diverse group of novel and important plant parasites. In: Root-knot Nematodes. Perry R.N., Moens M., Starr J.L. (eds.). CABI International, Cambridge, MA, USA: 1-17.
- Mojtahedi, H., Barooti, S., 1976. The chemical control of root-knot nematode in Esfahan. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 12: 45-46.
- Özarslandan, A., Elekcioglu, H., 2010. *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919), *M. arenaria* (Neal, 1889) ve *M. javanica* (Treub, 1885) (Tylenchida: Meloidogynidae) populasyonlarının dayanıklı ve hassas domates çeşitlerinde virülensliğinin araştırılması. *Turkish Journal of Entomology*, 34(4), 495-502.
- Özarslandan, A., Özarslandan, M., Çelik, Y., 2019. Muz Alanlarında toprak patojenlerine karşı arbusküler mikorhizal mantar (amf) uygulamaları. *DÜSTAD Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, (2), 16-25.
- Özarslandan, A., Özarslandan, M., Çelik, Y., 2020. Muz Yetiştirilen Alanlarında Toprak Patojenlerine Karşı Yararlı Bakteri Uygulamaları. *DÜSTAD - Dünya Sağlık ve Tabiat Araştırmaları Dergisi*, 1, 65-73.
- Stirling, G.R., 2014. Biological control as a component of integrated nematode management: the way forward. In: Stirling GR (ed) *Biological control of PPN: soil ecosystem management in sustainable agriculture*, second revised edition. CABI, UK, pp 393–407.
- Yıldız, S., Elekcioglu, I.H., 2009. Nematodes associated with pistachio in Sanliurfa, Turkey. In V International Symposium on Pistachios and Almonds. October 912 pp. 759-760.

Atık Su Arıtma Sisteminin Performansına Sıcaklık, Kimyasal ve Biyolojik Etmenlerin Etkileri

Servet TEKİN¹ 

Akif Mehmet KETENCİ¹ 

Gizem ARSLANKURT² 

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği ABD, Kahramanmaraş

Öz

Çalışma, Adıyaman ilinde 2016 yılında kurulan “Adıyaman Atık Su Arıtma Tesisinde 2017 ve 2018 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü Atık Su Arıtma Tesisi, Atatürk Barajı’na deşarj edilen atıklar, arıtma işlemine tabi tutularak, baraj göletinin kirlenmesinin önüne geçmek amacıyla kurulmuştur. Çalışmada arıtma sistemine giren ve çıkan suyun sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC_w), pH, askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda, tesiste arıtma yapılan suyun ilk yıl ortalama $15.7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.00$, ikinci yılında $14.7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.80$ değerinde olduğu belirlenmiştir. Tesis arıtımında “Biyolojik Arıtma” prosesi uygulandığından mikroorganizmaların faaliyetlerinin istenilen sıcaklıklar arasında olduğu ve su sıcaklığının elektriksel iletkenliği üzerinde kimi zaman etkili olduğu belirlenmiştir. Arıtma tesisinden çıkıp Atatürk Baraj gölüne deşarj edilen suların her iki yıl içinde II. Sınıf sular sınıfındadır. 2017 yılında sistemden çıkan suyun pH’ında %3.3’lük, EC_w ’de %10.8’lik, AKM’de %95.3’lük, KOİ’de %94.9’luk ve BOİ₅’de %93.5’lik düşüş belirlenirken, 2018 yılında sistemden çıkan suyun pH değerlerinde %4.7’lik, EC_w ’de %15’lik, AKM’de %93.5’lik, KOİ’de %94.4’lük, BOİ₅’de %94.1’lik düşüşler gerçekteşmiştir. Atık Su Arıtma Tesisi Atatürk Baraj göletinin kirlenmesinin önüne geçmek amacıyla kurulmasına rağmen bölgede mevcut tarım alanlarında tesisten deşarj edilen sudan yararlandığı fakat kontrolsüz sulama yapıldığından bitki verimine negatif etki edebileceği dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Adıyaman, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı.

Effects of Temperature, Chemical and Biological Factors on Wastewater Treatment Plant System Performance

Abstract

This study was conducted in 2017 and 2018 years in Adıyaman Wastewater Treatment Plant. In this study the temperature, electrical conductivity (EC_w), pH, suspended solids, chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD₅) of intake and outlet water was evaluated. At the result of the study, temperature values of plants was compared for two years and the temperature is to be identified $15.7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 2017 and $14.7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.8$ for 2018. Biological treatment is used in plant and the activity of the microorganism was appointed in intended temperature. In this study, water temperature was affected on electrical conductivity The waters discharged from the treatment plant into the Atatürk Dam was classified as second class waters in every two years. In 2017, a decrease of 3.3% in the pH of the water leaving the system, 10.8% in EC_w , 95.3% in AKM, 94.9% in COD and 93.5% in BOD₅ was determined. Also, decreases of 4.7% in EC_w , 15% in EC_w , 93.5% in AKM, 94.4% in COD and 94.1% in BOD₅ were observed in 2018. Although the Waste Water Treatment Plant was established to prevent pollution of the Atatürk Dam pond, it should be taken into account that the existing agricultural areas in the region benefit from the water discharged from the plant, but due to uncontrolled irrigation, it may have a negative effect on plant yield.

Keywords: Adıyaman, electrical conductivity, suspended solids, chemical oxygen demand, biological oxygen demand.

Sorumlu Yazar/Correspondence to: S. Tekin; servettekin@ksu.edu.tr
Geliş Tarihi/Received: 20.06.2022 Kabul Tarihi/Accepted: 29.06.2022

Makalenin Türü: Araştırma
Category: Research

Servet TEKİN  <https://orcid.org/0000-0002-5691-2549>

Akif Mehmet KETENCİ  <https://orcid.org/0000-0001-6506-3940>

Gizem ARSLANKURT  <https://orcid.org/0000-0003-1577-9873>

Giriş

Günümüzde sanayinin yoğun olarak bulunduğu bölgelerde doğanın kendi kendine yenileyebilme kapasitesi aşıldığında yoğun bir kirlilik ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, dünyadaki içilebilir su kaynaklarına talep artarken, düzensiz kentleşme, aşırı nüfus artışı ve aşırı sanayileşme gibi

nedenlerle tatlı su arz talep dengesi olumsuz yönde bozulmaktadır. Canlı hayatının sürdürülebilmesi için suyun vazgeçilmez olması nedeniyle çevre kirlenmesi problemleri içerisinde su kirliliği önemli bir yer tutmaktadır. Birleşmiş Milletler, 2025 yıllarında dünyada yaklaşık 2.7 milyar insanın ciddi bir su sıkıntısıyla karşı

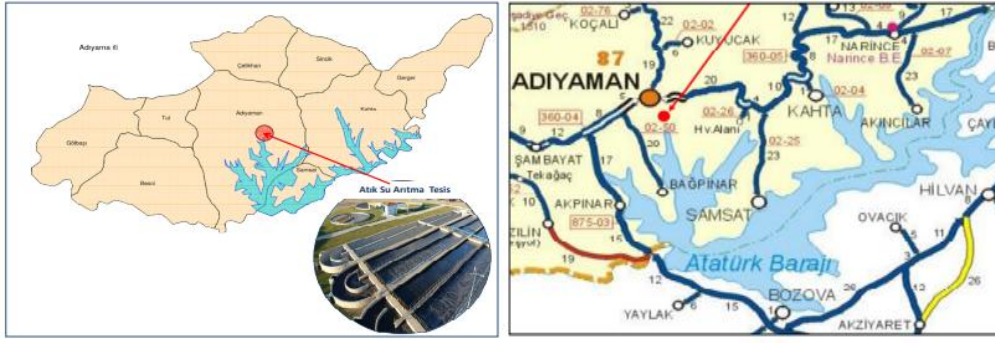
karşıya kalacağını tahmin ederek, ülkeleri yeni su yönetimi stratejilerini geliştirilmesine zorlamaktadır (Yılmaz, 2015). Sınırlı su kaynakları ve artan su talepleri karşısında atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanılması konusu, sadece yoğun kentsel alanlarda değil, aynı zamanda kırsal alanlarda da önem kazanarak yaygınlaşmaktadır (Üstün ve Solmaz, 2008). Atık suların arıtılması ve geri kazanılmasındaki amaç, var olan su kaynaklarını korunumu ve temiz su kaynakları üzerine düşen yükün azaltılmasıdır. Atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanılmasında atık suyun belli standartlara getirilmesi ve belli parametrelerin göz önünde tutulması gerekmektedir (Büyükkamacı, 2009). Bu konuda, Ekka ve ark. (2006) Amerika'da bulunan Ozark akarsuyuna akarsu su hacminin 57 katı kadar ortalama deşarj olduğu ve akarsu hacminin %90'ının arıtılmış sudan oluştuğunu belirtmişlerdir. Graham ve ark. (2010), Amerika'daki Blue nehrinin toplam yıllık akış hacmine Blue River Atık Su Arıtma Tesisinde arıtılarak deşarj edilen arıtılmış suyun katkısı kurak yıllarda %14 iken, yağışlı zamanlarda %4.6 olduğu görülmüştür Karataş ve ark. (2005), İzmir ilinde oluşan evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmesi yerine Menemen Ovasında sulama suyu olarak kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun, toplam tuz, Elektriksel iletkenlik (EC), Çözünmüş Katı Madde (ÇKM), Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR), Değişebilir Sodyum Yüzdesi (DSY) ve Klor (Cl) açısından birçok bitkinin tolerans sınırını aştığı ve dolayısıyla mevcut durumuyla bu suların sulamada kullanımının mümkün olmadığını belirtmişlerdir. Aşık ve Katkat (2005), Bursa'da bulunan bir gıda sanayi arıtma tesisi atık suyunun sulama suyu olarak kullanım olanağını belirlemek amacıyla yapılan analizler sonucunda, atık suyun zamana bağlı olarak C_3S_1 (yüksek tuzlu) ve C_4S_2 (çok yüksek tuzlu) sulama suyu sınıflarına girdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak analizleri yapılan atık suyun yüksek ve yüksek tuzluluk tehlikesine sahip su olması ayrıca sulama suyunun C_3S_1 ve C_4S_2 sınıfına girmesi nedeniyle sulama amaçlı kullanılmak

istenmesi halinde dikkatli olunması gerektiğini belirtmişlerdir.

Çalışmanın yürütüldüğü Adıyaman ilinde nüfusun arttığını ve bununla beraber su kaynaklarının geri kazanılması ve yeniden kullanılması konusu önem kazanmıştır. Adıyaman'da 2007 yılı için tüketilen su miktarı 92 L/kişi-gün olarak belirlenmiştir. Bu miktarın, yaşam standardının yükselmesine paralel olarak, 2040 yılında 120 L/kişi-gün'e çıkacağı öngörülmektedir. Gelecekte artan nüfusla birlikte kirletici unsurların artacağı, su kaynaklarının azalacağı beklenmektedir. Ayrıca bölge ve canlı fauna için önem taşıyan Atatürk baraj gölünün kirliliği her geçen gün önemli olmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü Atık Su Arıtma Tesisleri Atatürk Barajı'na deşarj edilen atıklar, arıtma işlemine tabi tutularak, baraj göletinin kirlenmesinin önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Adıyaman ilinde 2016 yılında %85 Avrupa Birliği (AB) hibesi, %6 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve %9 Belediye bütçesiyle kurulan Adıyaman Atık Su Arıtma Tesisinde yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü Atık Su Arıtma Tesisleri Atatürk Barajı'na deşarj edilen atıklar, arıtma işlemine tabi tutularak, baraj göletinin kirlenmesinin önüne geçmek amacıyla kurulmuştur. Tesisin günlük kapasitesi 32808 m³/gün, maksimum akışı 2878 m³/h, tasarlanan akış 2135 m³/h ve minimum akış 858 m³/h'dir. Çalışmanın yürütüldüğü Atık Su Arıtma Tesisleri proje alanı, harita ve konum olarak Adıyaman İli Merkez Bahçecik mahallesi Şehir Çayı mevkiinde, 10.2 ha'lık bir alan üzerine kurulmuştur (Şekil 1). Kentin önemli çevresel sorunu ve Atatürk Baraj göl kirliliğini önlemek amacıyla Sivilce mevkiinde kurulan arıtma tesisi; 4 pompa istasyonu, kolektör toplayıcı hatlar, biyolojik arıtma yapılan alanı ve arıtılan suyun Atatürk baraj göletine deşarjını sağlayan kısımlardan oluşmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü Atık Su Arıtma tesisinde arıtılan sular, Adıyaman ilinden kullanılan evsel sulardan elde edilmektedir.



Şekil 1. Harita ve konum olarak Adiyaman Atık Su Arıtma Tesisinin gösterimi

Atık su tesisinden arıtılan sular Atatürk Barajına dökülen deşarj deresiden Atatürk Baraj Gölü'ne deşarj edilmektedir. Doğal türlerin en yoğun olarak bulunduğu bu deşarj noktası, delta özelliğine sahip olup özellikle sucul fauna unsurları açısından oldukça önemli bir habitat haline gelmiştir ve sucul fauna tür çeşitliliği açısından önemli bir alandır. Kirlilikten dolayı deşarj alanında ötrofikasyon hatta pütrifikasyon (kokuşma) etkisi ve arıtılan suların göl üzerindeki olumlu yönleri çalışmada dikkate alınmıştır. Çalışmada arıtma tesisinin arıtım çıkış noktasında su örnekleme noktası oluşturulmuş ve dönemsel olarak örnekleme noktalarından sular alınarak tesis içindeki laboratuvarlarda kimyasal ve fiziksel özellikler analiz edilmiştir.

Çalışmada kullanılan atık su örnekleri Adiyaman Atık Su Arıtma Tesisinden Ocak 2017 yılından Aralık 2018 yılına kadar aylık dönemlerde arıtma tesisinin giriş ve çıkışından debi ile orantılı olarak 2 saatlik kompozit numune olarak alınmıştır. Alınan su örnekleri tesisi içerisinde kapalı plastik şişelerle getirilerek, pH, EC_w, AKM, KOİ ve BOİ₅ belirlenmiştir. pH ve EC_w Milwaukee Mw802 ölçüm aleti ile, KOİ ölçümleri Hach Lange DR3800 model spektrofotometreyle, BOİ₅ ölçümleri ise Aqua Lytic AL606 BOİ cihazı ile yapılmıştır. AKM analizinde ise standart metotlar uygulanmıştır (APHA, 1998). Çalışmanın yürütüldüğü atık su arıtma tesisinde deşarj sularının değerlendirilmesi için 20748 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY-2004) (ResGaz, 2004) ve Kentsel Atık Su Arıtımı Direktifi (KAA Direktifi-2006) (ResGaz, 2006) standart değerleri dikkate alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Suyun Sıcaklık Değerleri

Çalışmada elde edilen veriler sonucunda 2017 yılı için ortalama en düşük su sıcaklık değeri Kasım ayında ($11.1 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.65$) ve en yüksek su sıcaklık değeri ise Temmuz ayında ($25.3 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.06$) ölçülmüştür. Çalışmanın ikinci yılı olan 2018 yılı için ortalama en düşük sıcaklık değeri Şubat ayında ($12.1 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.58$) ve en yüksek su sıcaklık değeri ise Eylül ayında ($18.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.50$) ölçülmüştür (Çizelge 1). Suyun sıcaklık değerleri atık su arıtımında faaliyet gösteren mikroorganizmalar için önemli bir parametredir. Su sıcaklığı oksijenin sudaki çözünürlüğü başta olmak üzere diğer tüm su kalite özelliklerinin birbiriyle etkileşimini belirler. Yüksek su sıcaklıkları daha çözünmüş oksijen içerirken su sıcaklığı arttıkça amonyak ve ağır metallerin toksik etkisi artar. Düşük sıcaklık değerlerinde ise mikroorganizmaların metabolizmalarını etkilemektedir. Ayrıca, su sıcaklığı ve iyonların derişimi elektriksel iletkenliği etkilemektedir. Sudaki iyonların derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik de artar, dolayısıyla elektriksel iletkenlik ölçümleri sudaki toplam iyon derişimi hakkında iyi bir göstergedir (Asano ve ark. 1985). Her iki yılın sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında tesisin ilk yıl ortalama $15.7 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.00$, ikinci yılında $14.7 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.80$ değerinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Tesis arıtımında “Biyolojik Arıtma” prosesi uygulandığından mikroorganizmaların faaliyetlerinin istenilen sıcaklıklar arasında olduğu saptanmıştır. Çalışmada su sıcaklığının elektriksel iletkenliği üzerinde kimi zaman etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca elde edilen su sıcaklık verileri standart sınırlar arasında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Çalışmanın yürütüldüğü yıllara ait ısıtma suyunun günlük sıcaklık değerleri

Gün	Artırma Suyunun Sıcaklık Değerleri, °C																							
	Ocak		Şubat		Mart		Nisan		Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül		Ekim		Kasım		Aralık	
1	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
2	15.0	10.9	13.4	13.0	14.7	12.0	15.2	12.8	16.1	14.0	14.0	14.0	25.2	17.0	16.0	15.0	16.2	15.0	13.8	13.0	10.0	10.0	10.0	14.5
3	15.1	11.0	12.0	10.0	14.8	13.0	15.4	13.0	16.7	13.0	12.0	14.5	25.0	16.0	17.0	14.0	16.1	15.5	14.0	18.0	12.0	12.0	10.0	14.8
4	15.0	12.0	13.5	9.8	14.7	13.0	15.6	13.7	14.5	15.0	13.0	13.7	25.0	16.0	15.0	14.0	15.7	16.0	15.0	17.0	12.0	13.0	9.8	15.0
5	15.0	10.0	13.7	9.5	14.0	12.5	15.5	14.0	16.0	16.0	12.1	13.0	28.0	16.0	16.0	15.0	15.8	16.2	11.0	17.0	12.2	13.0	9.0	16.0
6	15.1	9.0	13.9	9.0	14.5	12.0	15.6	13.0	15.0	16.7	14.0	15.0	26.0	20.0	16.2	16.0	16.0	16.0	13.0	14.0	12.6	14.0	9.2	17.0
7	16.0	8.7	14.1	9.6	14.9	11.8	15.7	15.0	15.1	17.5	13.0	14.0	26.3	18.0	16.3	17.0	19.0	19.0	15.0	14.5	13.0	13.5	11.0	18.0
8	16.5	8.0	14.2	10.0	15.0	12.0	15.7	14.7	16.0	18.0	15.0	16.0	26.0	17.7	16.5	17.2	17.0	20.0	15.2	14.8	12.0	13.0	14.0	15.0
9	16.7	7.0	13.9	14.0	15.1	11.0	15.7	15.0	16.7	20.0	18.0	15.0	26.1	17.2	17.0	17.0	16.0	19.0	14.7	15.0	12.0	16.0	13.0	14.0
10	17.0	9.0	14.1	20.0	15.2	12.0	15.6	15.0	16.6	17.0	17.0	14.7	25.3	17.0	16.4	18.0	14.2	18.5	14.0	15.2	13.0	16.0	13.2	13.5
11	17.0	13.0	14.7	18.0	15.2	11.7	15.4	14.0	16.9	18.0	18.0	14.2	25.0	16.5	18.0	14.0	13.2	18.0	15.0	15.0	12.0	15.0	12.0	13.0
12	14.0	11.0	14.1	16.5	14.9	11.3	15.5	13.0	17.1	15.0	18.2	14.0	25.0	16.0	20.0	14.0	12.0	17.0	14.0	17.0	11.9	15.0	10.0	13.5
13	17.4	10.0	14.2	15.0	13.6	11.0	15.6	13.0	17.0	15.5	19.0	16.0	26.8	13.0	21.0	13.0	14.0	16.0	15.0	18.0	11.7	16.0	11.0	13.0
14	14.5	10.5	14.2	13.0	12.2	10.2	15.8	14.0	17.0	15.8	17.0	15.0	25.0	15.0	21.2	14.0	17.0	15.0	14.0	17.8	11.0	15.5	13.0	12.5
15	15.0	10.7	14.1	11.0	14.7	12.0	14.7	13.7	17.2	16.0	12.0	14.0	26.0	14.5	22.0	13.0	17.0	18.0	14.5	18.0	13.2	15.0	13.0	12.0
16	15.0	12.0	14.0	11.0	14.9	11.0	14.7	13.2	17.6	14.0	11.0	14.5	25.8	14.5	16.0	12.0	14.0	19.0	14.8	18.0	15.0	15.5	10.0	12.7
17	15.0	11.0	14.2	12.0	14.8	13.0	15.0	13.0	17.0	15.0	13.0	15.2	25.4	14.0	21.0	13.0	14.8	19.5	15.0	16.5	10.0	16.0	10.0	12.5
18	20.0	14.0	13.8	11.5	14.9	13.5	15.8	14.0	13.0	13.0	15.0	16.8	25.0	14.5	17.0	13.0	15.6	20.0	12.0	15.0	12.0	15.5	9.0	13.0
19	14.9	11.0	14.0	11.2	14.6	13.7	15.9	13.0	13.0	14.0	17.0	18.0	26.0	15.0	18.0	14.0	18.0	19.5	12.0	16.0	11.8	15.2	8.0	14.0
20	14.5	15.0	14.0	11.0	14.8	14.0	15.5	17.0	13.1	14.7	17.0	17.0	25.0	16.0	18.1	14.3	13.0	19.0	12.0	17.0	11.0	15.0	11.0	15.0
21	15.0	14.0	13.9	10.7	15.0	14.5	15.9	14.0	15.9	15.2	18.0	16.0	25.0	14.0	18.0	14.8	16.0	20.0	13.0	16.2	10.0	14.0	13.0	16.0
22	14.5	13.5	13.8	10.0	14.5	15.0	16.0	14.5	16.0	16.0	12.0	17.0	26.0	13.7	18.0	14.8	17.0	18.0	13.2	15.5	11.8	13.0	12.0	17.0
23	14.3	13.0	14.0	12.0	15.1	13.0	16.1	14.7	17.0	13.2	15.0	16.0	26.1	12.8	16.0	15.0	16.0	18.5	13.1	15.0	12.0	13.5	11.0	16.7
24	14.4	15.0	14.1	12.0	14.0	14.0	16.0	14.3	14.0	17.0	12.0	15.5	25.5	12.0	15.0	16.0	16.2	18.7	13.0	13.0	9.0	14.0	11.0	16.3
25	14.6	14.0	15.0	11.7	15.0	14.5	16.2	14.5	15.0	16.0	13.0	15.0	26.0	15.0	16.0	16.5	15.8	19.0	15.0	11.0	9.0	14.5	10.5	16.0
26	14.4	17.0	14.4	12.0	15.2	14.5	16.1	15.0	15.0	15.0	13.4	14.0	25.0	15.0	14.0	17.0	15.0	18.0	14.0	13.0	8.8	14.7	10.0	15.5
27	14.3	19.0	14.5	12.5	15.3	15.0	16.0	16.0	17.0	15.5	14.1	14.7	24.0	15.0	14.2	18.5	16.0	17.0	12.0	15.0	8.9	15.0	13.5	15.0
28	13.2	18.0	14.6	11.5	15.4	14.0	17.2	14.0	17.0	16.0	14.7	15.0	23.0	13.0	14.3	19.0	16.0	19.0	10.0	15.5	9.0	14.5	15.0	14.0
29	15.0	17.5	14.5	11.5	15.3	12.0	17.1	14.5	16.4	16.2	15.0	16.0	24.0	11.0	14.2	19.5	15.0	18.0	10.0	15.8	8.9	14.0	10.0	17.0
30	15.1	18.0			15.5	14.0	16.8	14.7	14.0	15.8	18.0	17.0	24.6	9.8	14.5	20.0	16.0	18.0	9.8	16.0	9.0	16.0	16.0	16.0
31	15.2	16.0			15.5	14.0	16.6	15.0	15.0	16.0	16.0	17.5	25.2	7.3	14.3	20.5	16.2	18.5	11.2	16.0	9.0	15.0	13.0	15.5
Ortalama	15.2	12.6	14.0	12.1	14.8	12.9	15.8	14.2	15.8	15.7	14.9	15.3	25.3	14.6	16.9	15.8	15.7	18.0	13.2	15.8	11.1	14.5	11.3	14.8
Std. Sapma	1.32	3.18	0.53	2.58	0.66	1.35	0.59	0.98	1.34	1.53	2.35	1.25	1.06	2.71	2.27	2.46	1.46	1.50	1.68	1.72	1.65	1.19	1.91	1.59

Çizelge 2. Çalışmanın yürütüldüğü 2017 ve 2018 yılına ait atık su arıtma sistemine giren ve çıkan suyun aylık kimyasal parametre değerleri

Aylar	Kimyasal Parametreler																				
	pH				EC _w (dS/m)				AKM (mg/L)				KOİ (mg/L)				BOİ ₅ (mg/L)				
	2017		2018		2017		2018		2017		2018		2017		2018		2017		2018		
	G*	Ç**	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	
Ocak	7.74	7.61	7.60	7.10	7.47	656	612	556	520	178.10	22.74	115.70	5.20	252.00	22.35	325.90	24.60	122.67	4.33	155.70	
Şubat	7.68	7.56	7.46	7.14	7.16	660	642	560	4.21	212.11	19.16	94.21	4.21	408.98	26.80	378.70	12.23	161.20	13.33	174.50	
Mart	7.87	7.68	7.40	7.11	7.28	653	637	574	6.32	148.19	10.96	153.19	6.32	405.65	17.94	313.67	15.48	180.48	6.65	155.67	
Nisan	7.65	7.75	7.62	7.31	7.23	671	716	593	5.71	164.60	7.00	88.29	5.71	396.42	18.19	262.93	13.04	171.78	9.35	100.78	
Mayıs	7.55	7.24	7.57	7.34	7.33	714	676	572	7.06	206.39	10.11	80.37	7.06	366.14	29.59	219.73	14.66	186.64	25.55	111.44	
Haziran	7.46	7.09	7.44	6.82	806	711	704	585	5.59	205.33	7.40	84.24	5.59	425.70	28.72	279.44	17.06	245.20	20.10	168.57	
Temmuz	7.42	7.09	7.65	6.87	922	779	663	576	5.75	290.13	5.48	113.34	5.75	540.33	15.40	299.41	17.44	203.10	12.06	151.10	
Ağustos	7.29	7.24	7.71	7.46	700	621	642	539	10.50	272.23	6.84	79.83	10.50	530.47	19.86	254.00	12.80	206.11	19.24	168.33	
Eylül	7.16	6.75	7.28	7.01	716	649	624	543	6.00	286.07	5.00	67.58	6.00	535.68	14.82	274.56	12.89	249.11	9.35	145.11	
Ekim	7.32	6.97	7.52	7.26	663	564	661	536	5.65	188.23	5.45	97.70	5.65	433.62	16.62	302.81	12.97	261.09	10.82	162.45	
Kasım	7.45	7.04	7.42	7.38	605	537	592	526	6.14	133.40	6.93	90.73	6.14	280.05	19.71	242.31	16.69	136.33	8.94	153.75	
Aralık	7.46	7.03	7.26	6.88	621	518	601	452	6.18	87.74	3.42	79.18	6.18	261.18	14.60	166.19	14.51	139.90	7.30	81.60	
Ortalama	7.50	7.25	7.49	7.14	723	645	648	551	6.19	197.71	9.21	95.36	6.19	403.02	20.38	276.64	15.36	188.63	12.25	144.08	
Değişim, (%)	-3.3		-4.7		-10.8		-15.0		-93.5		-95.3		-93.5		-94.9		-94.4		-93.5		-94.1

*G= Giren su, ** Ç= Çıkan su

Arıtma Tesisine Giren ve Çıkan Suyun pH ve Elektriksel İletkenlikteki Değişim

Çalışmada 2017 yılı için sisteme giren suyun pH değeri 7.16-7.88 arasında değişirken; sistemden çıkan suyun pH değerinin ise 6.75-7.75 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sisteme giren ve çıkan suyun pH değerlerinde %3.3'lük düşüşün olduğu hesaplanmıştır. İkinci yılda sisteme giren suyun pH değerleri 7.26 ile 7.71 arasında değişirken; sistemden çıkan suyun pH değeri 6.82-7.46 arasında olduğu ve pH değerinin yıllara göre %4.7 oranında düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 2). Su kütlesinde pH düzeyi mevsimlere ve günün farklı zaman dilimlerine göre değişim gösterir. Fitoplankton ile yüksek yapılı sucul bitkiler fotosentez sırasında sudaki karbondioksiti kullandıklarından suların pH değerleri gündüz yükselir, gece ise düşer. Ayrıca, sucul ortama ilişkin değişikliklerde (kirlenme, solunum, organik madde parçalanması vb.) pH değerlerinde değişime yol açar (Lawson, 1995). Çalışma sonucunda suyun pH ve sıcaklık değerine göre bazik durumda amonyumun amonyağa dönüşmesi neticesinde suyun pH değeri zamanla azaldığı saptanmıştır. Yukarıda özetlenen araştırma sonucunda çalışmada pH değişimlerinin mevsim durumundan etkilendiği ve dönem içerisinde değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

Bitki su ihtiyacının karşılanmasında, suyun miktarının yeterliliği yanında kalitesinin de sulamaya uygunluğu önemlidir. Çözelti içerisindeki tüm anyon ve katyonlar oluşturduğu etkiye "ozmotik etki" denir. Tuzlar çözelti içerisinde oluşturduğu basınç "ozmotik basınç" denir. Bu basınç bitkinin kökleri ile topraktan suyu alırken yenmek zorunda olduğu bir kuvvettir. Yüksek tuzluluk bitki fizyolojik kuraklığına neden olmaktadır. Bu etki verimde ve ürün kalitesinde azalmaya neden olmaktadır. Sulama suyunda elektriksel iletkenlik en basit anlatımla, bir su kaynağının toplam tuzluluğunu gösteren terimdir. Bundan dolayı sulama sularının elektriksel iletkenlik değerleri önemli bir parametredir. Çalışmada elde edilen veriler sonucunda 2017 yılı için sisteme giren suyun elektriksel iletkenlik değerleri (EC_w) 605 ile 922 dS/m ve sistemden çıkan suyun iletkenlik değeri 518 ile 779 dS/m arasında değiştiği belirlenirken, sisteme giren ve çıkan suyun EC_w değerlerinde %10.8'lik düşüş saptanmıştır. İkinci yılda sisteme giren suyun EC_w değerleri 592 ile 716

dS/m (yıllık ortalama 648 dS/m) ve sistemden çıkan suyun EC_w değeri 452 ile 585 dS/m arasında (yıllık ortalama 551 dS/m) değişim göstermiş, %15 düşüş hesaplanmıştır (Çizelge 2). Elektriksel iletkenlik genellikle doğal sular içerisinde iyonize olmuş bileşenlerin toplam değişimlerini göstermede kullanılan bir parametredir. Elektriksel iletkenlik değerleri sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Yaklaşık 1.0 °C sıcaklık artması veya azalması elektriksel iletkenlik değerini %2 etkilemektedir (Bower ve Wilcox, 1965). Çalışma sonunda, her iki yılda da giren ve çıkan suyun EC_w değerlerin hava sıcaklıklarından etkilendiği ve araştırmacıların bulgularıyla örtüştüğü söylenebilir. Atık su arıtma tesisleri teknik usuller tebliğinde sulama suların EC_w değerleri 3 sınıf altında değerlendirilmiştir. Kullanımda zarar derecesi olmama durumunda I. sınıf sulama suyu, az ve orta ise II. sınıf sulama suyu ve sulamada kullanımı sakıncalı ise III. sınıf sulama suyu olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma sonunda sistemden çıkan ve Atatürk Baraj gölüne deşarj edilen sular II. sınıf sular olup, sulama açısından kullanılabilen sulardır.

Askıda Katı Madde Miktarındaki Değişim

Göllerde görünen ana su kalite sorunlarından biri ötrofikasyon, özellikle göllerde besin zenginleşmesi ve sonuçta aşırı miktarda organik madde üretim süreci için kullanılan bir terimdir. Sucul ekosistemleri bünyesinde barındıran akarsu havzaları tüm canlı organizmalar gibi çevresel etkilerden olumsuz yönde etkilenebilmektedirler. Yüksek miktarda askıda katı madde (AKM) taşıyan akarsularda su kalitesi ve canlıların yaşam kalitesini azaltmaktadır (Koralay ve ark., 2014). Fiziksel bir kirletici olarak AKM miktarının artması suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. AKM, bir akarsuda doğrudan kirlilik oluşturduğu gibi içeriğindeki kimyasal ve biyolojik maddelerle de dolaylı olarak suyun kirlenmesine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, AKM'ler suyun kullanım amaçlarını kısıtlamakta ve akarsuların denizlere bağlanan bölgelerinde başta görüntü kirliliği olmak üzere birçok olumsuz durumun ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Uslu ve Türkmen, 1987). Organik ve inorganik maddelerden oluşan AKM'lerin içeriğinin ve miktarlarının bilinmesi, bir sucul ekosistemlerde yaşayan organizmalar üzerinde ciddi tehdit oluşturan kirlilik kaynaklarının

tespitinde yol gösterici olabilir (De Madron ve ark., 1990).

Sisteme giren suyun 2017 yılı için AKM değerlerinin 87.74 - 290.13 mg/L ve sistemden çıkan suyun AKM değerleri 3.42 - 22.74 mg/L arasında değiştiği belirlenirken, sisteme giren ve çıkan AKM değerinde %95.3'lük bir düşüş saptanmıştır. İkinci yılda sisteme giren suyun AKM değerleri 67.58 - 153.19 mg/L ve sistemden çıkan suyun AKM değeri ise 4.21-10.50 mg/L arasında ve AKM değerlerinin yıllara göre değişim oranında %93.5'lik bir düşüş belirlenmiştir (Çizelge 2). AKM'nin yüksek olması canlıların gelişimini engelleme, sudaki çözünmüş O₂ miktarını düşürme ve kötü kokuların oluşumu gibi olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Özyurt ve ark., 2004). Ayrıca, yağış ile AKM arasında bir ilişkinin olduğu bilinmektedir (Boran ve Sivri, 2001). Çalışmada sistemin başlangıcındaki atık suyun AKM değerlerinin yüksek olması bölgede arazi kullanımının yüksek oluşu, yaşayan insan popülasyonunun fazla olması, yıllık yağış rejiminin değişkenlik göstermesi ve Sitalce deresine istenilmeyen insan faaliyetlerinden (çöp boşaltım, kanalizasyon atıkları vb.) kaynaklandığı söylenebilir. Çalışma sonunda sisteme giren yüksek AKM miktarlarının her iki yılda da sistem çıkışında düştüğü belirlenmiş ve sonuçta arıtma tesisinin etkin çalıştığı söylenebilir.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı ve Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅)

Çalışmanın yürütüldüğü yıllara ait Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler sonucunda 2017 yılı için sisteme giren suyun KOİ değerleri 252.00 ile 540.33 mg/L ve sistemden çıkan suyun KOİ değeri 14.82 ile 29.59 mg/L arasında değişmiş, sisteme giren ve çıkan suyun KOİ değerlerinde %94.9'luk bir düşüşün olduğu hesaplanmıştır. İkinci yılda sisteme giren suyun KOİ değerleri 166.19 ile 378.70 mg/L (yıllık ortalama 276.64 mg/L) ve sistemden çıkan suyun KOİ değeri 12.23 ile 24.60 mg/L arasında (yıllık ortalama 15.36 mg/L) belirlenmiş, arıtma tesisinden çıkan suyun KOİ değeri karşılaştırıldığında giriş suyunun KOİ değerine göre %94.4 oranında bir düşüş saptanmıştır (Çizelge 2).

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), su içindeki organik maddelerin tamamen oksitlenmesi için gerekli olan oksijen miktarıdır. Oksijen, esas olarak sudaki karbonlu maddeler, okside olabilen azot ve oksitlenebilen kimyasal bileşikler olmak üzere 3 grup madde tarafından tüketilir. Yüzey sularında KOİ konsantrasyonları temiz sularda 20 mg/L oksijen ile daha düşük olabilirken atık suların deşarj edildiği alıcı sularda 200 mg/L oksijenden daha yüksek saptanabilir (Chapman, 1996). Çalışma elden veri sonuçlarına göre atık su arıtma sistemin etkin çalıştığı ve KOİ değerlerinin "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" ve "Kentsel Atık su Arıtımı Direktifi" standart değerlerine uyum gösterdiği belirlenmiştir. Yüzey sularında gözlenen KOİ konsantrasyonları, kirlenmemiş sularda 20 mg /L, atık sularda 200 mg/L değerlerinin üzerindedir. Endüstriyel atıksular, 100 mg/L ile 60.000 mg /L değişen KOİ değerlerine sahip olabilir (Chapman, 1996). Çalışmada, atıksular için belirlenen KOİ değerleri Chapman (1996)'da belirttiği sınır değerlerinde olduğu belirlenmiştir..

Kullanılmış ve yüzeysel suların organik kirliliğinin ölçülmesinde en yaygın şekilde kullanılan parametre "Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅)"dir. BOİ₅ kullanılmış sulardaki yükseltgenebilen organik maddelerin aerobik koşullarda stabilizasyonu için gereken moleküler oksijen miktarı veya diğer bir değişle su içindeki mikroorganizmaların canlılıklarını devam ettirebilmeleri için gerekli oksijen miktarı olarak tanımlanır. Çalışmanın yürütüldüğü yıllara ait BOİ₅ değerleri Çizelge 2 gösterilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda 2017 yılı için sisteme giren suyun BOİ₅ değeri 122.67-261.09 mg/L ve sistemden çıkan suyun BOİ₅ değeri 4.33-25.55 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Sisteme giren ve çıkan suyun BOİ₅ değerleri karşılaştırıldığında yüksek oranda BOİ₅ değerlerinin düştüğü (- %93.5) belirlenmiştir. İkinci yılda sisteme giren suyun BOİ₅ değerleri 81.60 ile 175.50 mg/L ve sistemden çıkan suyun BOİ₅ değeri 5.44-712.33 mg/L arasında olduğu bulunmuş, BOİ₅ değerinin yıllara göre %94.1 bir düşüş belirlenmiştir (Çizelge 2). BOİ₅ ve KOİ değerleri tesis tasarımında önemli iki parametre olup, genelde KOİ değeri BOİ₅ değerinden daha yüksektir. Kirlenmemiş suların BOİ₅ değeri genellikle ≤2.0 mg/L oksijen, atık suların deşarj noktasına yakın alıcı sularda ise ≥10.0 mg/L oksijen olabilir. Arıtım seviyesine bağlı olarak

işlem görmüş atık suların BOİ₅ 20-100 mg/L oksijen arasında değişirken, ham atık su değeri yaklaşık 600 mg/L oksijen içerir (Chapman, 1996). Çalışma sonucunda Atatürk Baraj gölüne deşarj edilen suyun BOİ₅ değerlerinin Chapman (1996)'da rapor ettiği sınır değerleriyle karşılaştırıldığında kirli olmayan su sınıfında olduğu görülmektedir.

Sonuçlar ve Öneriler

Günümüzde giderek önem kazanan doğal çevrenin korunması, atık suların büyük ölçüde çevre ile uyumlu hale getirilerek bilinçli bir şekilde kullanımı ile mümkündür. Çünkü atık suların yeni kirliliklere yol açmadan değerlendirilebilmesi ekosistemin sürdürülebilirliğinin ön koşuludur. Özellikle kanalizasyon atık sularındaki farklılaşma ve artış, yaşanan bölgeleri tehdit etmeye başlamıştır. Bu nedenle özellikle 20. yüzyılın ilk başlarında atık su arıtma tesisi çalışmaları başlamış ve atık suların arıtımında yer, iklim, enerji maliyeti gibi etkenlere bağlı olarak pek çok arıtma sistemi geliştirilmiştir. Bu etki verimde ve ürün kalitesinde azalmaya neden olmaktadır. Bundan dolayı sulama sularının elektriksel iletkenlik değerleri önemli bir parametredir. Çalışmada elektriksel iletkenlik değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak değiştiği ve iklim koşullarının arıtmadaki suların EC_w değerlerini etkilediği belirlenmiştir. Gelecekte beklenen iklim değişimine uyumlu biyolojik arıtma tesislerinin oluşturulması gerekir. Alıcı su kaynaklarına ulaşan amonyak azotu deniz ortamında deniz canlılarında, göl ortamında göl canlılarında ve diğer su ortamlarında yaşayan canlılarda biyolojik birikime neden olmaktadır. Çalışmada özellikle azot formlarının arıtmada etkin arıtılmadığı ve sınır değerlerinin üstünde olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı Atatürk Barajına deşarj edilirken bu kriterin dikkate alınması gerekli olduğu önerilebilir. Günümüzde, su talebinin ve kentsel olarak atık su deşarjlarının artması atık suların yeniden kullanımı konusunda motivasyon sağlamıştır. Atık suyun geri kazanılması ve yeniden kullanımın artması, su kıtlığının hafifletilmesi, kirlilik emisyonunun azaltılması, toprak kalitesinin geliştirilmesi ve üretim masraflarından tasarruf gibi birçok çevresel ve ekonomik yarar sağladığı bilinmelidir. Adıyaman ilinde ilk olarak kurulan biyolojik arıtmadan elde edilen ortalama arıtma verimleri AKM için

%94.4, KOİ için %94.7, BOİ₅ için %93.8 dir. Sonuçta arıtma tesisinin etkinliğinin yüksek olduğu saptanmıştır. Adıyaman ilinde nüfus artışına karşın artan atık suyun bertaraf edilmesi ve tekrar kullanılabilir duruma getirilmesi için Atık Arıtma Tesislerinin artırılması gerekir. Tesisin bulunduğu çevrede Çevre Etki Değerlendirmesi ve Tarım alanlarının da deşarj edilen bölgede bu sudan yararlandığı fakat kontrolsüz sulama yapıldığından bitki verimine negatif etki edebileceği dikkate alınmalıdır.

Kaynaklar

- APHA, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 3, Determination of Metals. 17th, American Public Health Association, Washington DC, 164.
- Asano, T., Smith, R.G., Tchobanoglous, G., 1985. Municipal Wastewater: Treatment and Reclaimed Water Characteristics, in Irrigation With Reclaimed Municipal Wastewater -Guidance Manual, (eds G.S. Pettygrove and T. Asano), Lewis Publishers Inc., Michigan, USA, pp. 2-1-2-26.
- Aşık, B.B., Katkat, A., 2005. Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atık Suyu'nun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanağı, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (2).
- Boran, M., Sivri, N., 2001. Trabzon İl Sınırları İçerisinde Bulunan Solaklı Ve Sürmene Derelerinde Nutrient ve Askıda Katı Madde Yüklerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 18 (3/4):343-348.
- Bower, CA., Wilcox, LV., 1965. Çözünabilir Tuzlar. In: Black, CA ve diğerleri, Toprak Analiz Yöntemleri, Amerikan Agronomi Derneği, Madison, 933-940.
- Büyükkamacı, N., 2009. Su Yönetiminin Etkin Bileşeni: Yeniden Kullanım, İzmir Kent Sorunları Sempozyumu, 363-77, 8-10 Ocak 2009, İzmir.
- Chapman, D., 1996. Water Quality Assesments- A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental monitoring-Second Edition. UNESCO/WHO/UNEP, 651, Cambridge.
- De Madron, X.D., Nyffeller, F., Godet, C.H. 1990. Hydrographic and Nepheloid Spatial Distribution in the Gulf of Lions

- Continental Margin, Continental Shelf Research, 10, 19-11, 911-929.
- Ekka, S.A., Haggard B.E., Matlock M.D., Chaubey I., 2006. Dissolved Phosphorus Concentrations and Sediment Interactions in Effluent-Dominated Ozark Streams. Ecological Engineering 26 (2006): 375–391.
- Graham, J.L., Stone, M.L., Rasmussen, T.J., Poulton, B.C., 2010. Effects of Wastewater Effluent Discharge and Treatment Facility Upgrades on Environmental and Biological Conditions of the Upper Blue River, Johnson County, Kansas and Jackson County, Missouri, January 2003 through March 2009. US Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5248.
- Karataş B. S., Akkuzu E., Aşık Ş., 2005. İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg., 42(3):111-122.
- Koralay, N., Kara, Ö., Kezik, U., 2014. Solaklı Deresinde Askıda Katı Madde Miktarının, Zamansal Değişimi 1. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu 10-12 Eylül 2014, Çankırı.
- Lawson, T.B., 1995. Fundamentals of Aquaculture Engineering. Chapman and Hall, 335 p., New York
- Özyurt, M.S., Dayıoğlu, H., Bingöl, N., Yamık, A., 2004. Porsuk Baraj Havzası'nın Kütahya Kökenli Kirlilik Problemi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. Sayı: 6/43 -52.
- ResGaz, 2006. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, 08 Ocak 2006 tarih ve 26047 sayılı Resmi Gazete.
- ResGaz, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
- Uslu, O., Türkmen, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre ve Genel Müdürlük Yayınları, Eğitim Dizisi 1, 364 p.
- Üstün, G.E., Akal-Solmaz, S.K., 2008. Atıksuların Geri Kazanımı ve Tarımsal Sulama İçin Tekrar Kullanımının Değerlendirilmesi, Su Tüketimi, Arıtma, Yeniden Kullanımı, Sempozyumu, 3-5 Eylül 2008, Bursa.
- Yılmaz, A., 2015. Küresel Isınmanın Dünya Su Rezervleri Üzerindeki Etkileri. Kent Akademisi 8(2): 63-72.

Classification of Underground Water Resources of Thrace Region in Terms of Some Irrigation Water Quality Parameters

Ülviye ÇEBİ 

Başak AYDIN 

Selçuk ÖZER 

Ozan ÖZTÜRK 

Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute, Kırklareli

Abstract

In this study, some existing underground water resources in Kırklareli, Tekirdağ and Edirne provinces were examined and the similarities and differences of the underground irrigation areas were determined in terms of some parameters that were important in determining the irrigation water quality. Within the scope of the study, 28 wells in 10 underground irrigation areas in Edirne, 24 wells in 13 underground irrigation areas in Kırklareli, and 22 wells in 12 underground irrigation areas in Tekirdağ were examined. The parameters discussed in the study were determined as pH, electrical conductivity (EC_w), SAR, Chloride ion (Cl), Nitrate ion (NO₃-N), boron (B), sodium (Na), calcium (Ca) and Magnesium (Mg). The similarities and differences of the irrigation areas in terms of the quality parameters were examined by multi-dimensional scaling analysis without making any distinction between provinces. According to the analysis results, it was seen that the Eskitaşı, Kavakdere, İnce, Kızılcaterzi, Gönence, Şenköy, Sofuköy, Kozyörük, Sinanlı and Önerler irrigation areas had different structures compared to other irrigation areas. If the well waters are used for irrigation without taking the necessary precautions, it may cause negative effects on the development and quality of the plants to be grown, and it will be inevitable that effects such as salinity and alkalinity will occur in the soil over time.

Keywords: Boron, chlorine, multi-dimensional scaling, underground irrigation areas, well.

Trakya Bölgesi Yeraltı Su Kaynaklarının Bazı Sulama Suyu Kalite Parametreleri Açısından Sınıflandırılması

Öz

Bu çalışmada Kırklareli, Tekirdağ ve Edirne illerinde mevcut bazı yer altı su kaynakları incelemeye alınmış, sulama suyu kalitesini belirlemede önemli olan bazı parametreler bakımından kuyuların benzerlikleri ve farklılıkları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında Edirne ilinde 10 yeraltı sulama sahasında 28 kuyu, Kırklareli ilinde 13 yeraltı sulama sahasında 24 kuyu, Tekirdağ ilinde 12 yeraltı sulama sahasında 22 kuyu incelemeye alınmıştır. Çalışmada ele alınan parametreler pH, elektriksel iletkenlik (EC_w), SAR, klorür iyonu (Cl), nitrat iyonu (NO₃-N), bor (B), sodyum (Na), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) olarak belirlenmiştir. İncelenen parametreler bakımından kuyuların benzerlikleri ve farklılıkları, il ayrımı yapılmadan çok boyutlu ölçekleme analizi ile incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Eskitaşı, Kavakdere, İnce, Kızılcaterzi, Gönence, Şenköy, Sofuköy, Kozyörük, Sinanlı ve Önerler kuyularının diğer kuyulara göre farklı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Söz konusu kuyu sularının gerekli tedbirler alınmadan sulama amaçlı kullanılması öncelikle yetiştirilecek bitkilerin gelişmesinde ve kalitesinde olumsuz etkilere neden olabileceği gibi zaman içerisinde toprakta da tuzluluk ve alkalilik gibi etkilerin ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bor, klor, çok boyutlu ölçekleme, yeraltı sulama alanları, kuyu.

Sorumlu Yazar/Correspondence to: Ü. Çebi; ulviyecebi@yahoo.com
Geliş Tarihi/Received: 11.05.2022Kabul Tarihi/Accepted: 30.06.2022

Makalenin Türü: Araştırma
Category: Research

Ülviye ÇEBİ  <https://orcid.org/0000-0002-1587-6318>
Selçuk ÖZER  <https://orcid.org/0000-0002-6055-4377>

Başak AYDIN  <https://orcid.org/0000-0002-5047-7654>
Ozan ÖZTÜRK  <https://orcid.org/0000-0001-8329-2739>

Introduction

Water has been a very important natural resource for all civilizations for centuries, and all great civilizations were established near the water. With the advancement of technology, the increase in the rates of use of water, the development of water resources for many purposes such as drinking-use, irrigation water, and energy production have played a major role in the economic development of the countries.

Water, which is the main element of life, is a commodity that is suitable for use for social and political purposes today, apart from its economic value, unlike other natural resources, in terms of being the most basic requirement. Making the definition of water, revealing its properties and usage areas, and examining it in quantitative and qualitative terms are important enough to require a more detailed and comprehensive research in different branches of science (Özsoy, 2009).

As a result of human activities, surface and underground water resources, which naturally give life to ecosystems for thousands of years, are intensively consumed for energy production, industry, drinking and use, and irrigation in agriculture.

Nowadays, rapid population growth, development of industry, lack of infrastructure as a result of excessive urbanization, increasing agriculture and livestock activities, increase in domestic waste water and unplanned regulation studies cause environmental pollution. As a result of environmental pollution, it causes deterioration of the water quality and natural balance of the lakes, ponds and streams, in other words, water pollution. (Mutlu et al., 2013).

Water pollution, which is the current problem of the whole world, has increased in Thrace Region in parallel with industrialization, urbanization and population growth and continues to increase rapidly. At the same time, intense and uncontrolled water consumption causes the underground and surface water resources in the region to decrease day by day. The reduction and pollution of water resources in the region, as well as all sectors, deeply affect irrigated agriculture in the agricultural sector, which has a great importance in the stability of the region and country. Another factor that is as important as water saving, using the right irrigation methods and watering the plants at the right time in irrigated farming practices is water quality.

In the classification of environmental problems according to regions in the "Turkey Environmental Problems and Priorities Assessment Report" of the Ministry of Environment and Urbanization, water pollution is the first priority environmental problem in 5 (Balıkesir, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Tekirdağ) of 11 provinces in the Marmara Region (Anonymous, 2022a).

On the one hand, the necessity of increasing irrigated agricultural lands, on the other hand, the increasing environmental pollution problems increase the importance of monitoring the quality of underground and surface water resources.

Thrace Region is the region with the lowest amount of water per capita in Turkey, and it lacks planning, development, monitoring and evaluation studies that include the sectorial distribution of limited water resources, taking into account the needs of the region. This situation threatens water resources, prevents food security and economic developments, and also deeply affects irrigated agriculture in the agricultural sector, which has a great importance in the stability of the country (İstanbuluoğlu et al., 2006).

In this study, some underground water resources (wells) in Kırklareli, Tekirdağ and Edirne provinces were examined, and the similarities and differences of the wells in terms of some parameters (pH, EC_w, SAR, Cl, NO₃-N, B, Na, Ca and Mg) that were important in determining the irrigation water quality, were determined by multidimensional scaling analysis.

Material and Method

Within the scope of the study, 28 wells in 10 underground irrigation areas in Edirne, 24 wells in 13 underground irrigation areas in Kırklareli, and 22 wells in 12 underground irrigation areas in Tekirdağ were examined. Edirne province has a total surface water potential of 7611 hm³, of which 611 hm³ comes from its own basin, 5842 hm³ comes from the Meriç river border entrance and 1158 hm³ comes from the Greek part of Meriç. The underground water potential of Edirne province is 168 hm³. While the irrigable land of Edirne province is 417934 ha, the economically irrigated land is 245757 ha. The surface water potential of Kırklareli province is 1137 hm³, and the underground water potential is 125 hm³. The economically irrigated land is 112013 ha, and the irrigable land is 310531 ha. The surface water potential of Tekirdağ province is 713 hm³, and the underground water potential is 186 hm³.

Sampling underground irrigation areas in Edirne, Kırklareli and Tekirdağ provinces are given in Table 1.

Table 1. Sampling underground irrigation areas in Edirne, Kırklareli and Tekirdağ provinces

	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
1	Enez-Yenice	Merkez-Kavakdere	Saray-Sofular
2	Lalapaşa-Domurcalı	Merkez-Kavaklı (ACE)	Saray-Paşaköy
3	Süloğlu-Yağcılı	Merkez-İnce	Şarköy-Şenköy
4	Merkez-Höyükütatar	Lüleburgaz-Eskitaşlı	Şarköy-Kızılcaterzi
5	Havsa-Oğulpaşa	Babaeski-Terzili	Şarköy-Sofuköy
6	Uzunköprü-Aslihan	Babaeski-Sinanlı	Malkara-Kozyörük
7	Havsa-Kuzucu	Vize-Müsellim	Malkara-Gönence
8	Uzunköprü-Kırcasalih	Vize-Topçuköy	Hayrabolu-Lahana
9	İpsala-Esetçe	Vize-Çövenli	Hayrabolu-Doğcalı
10	Havsa-Çukurköy	Pınarhisar	Hayrabolu-Karakarlı
11		Kofçaz-Ahmetler	Hayrabolu-Şalgamlı
12		Demirköy	Çorlu-Önerler
13		Pehlivanlı-Hıdırca	

The water samples taken from the underground irrigation areas on the basis of provinces were made in accordance with the "Water Pollution Control Regulation Sampling and Analysis Methods Communiqué" (Anonymous, 2022b). The irrigation classes of the waters were determined by using the Quality Criteria according to the Classes of Inland Surface Water Resources in the Regulation on Amending the Regulation on Surface Water Quality Management and the quality parameters developed for the evaluation of the chemical quality of the irrigation water in the Technical Procedures Communiqué on Wastewater Treatment Plants (Anonymous, 2010).

The parameters used in the model were calculated as stated below.

pH: with glass electrode pH meter (Richards, 1954)

Electrical Conductivity (EC): Measurement of electrical conductivity at 25°C with a conductivometer (Richards, 1954)

Chloride Ion (Cl⁻): Standard Method - 4500- Cl - F Ion According to Chromatographic Method
Nitrate Ion (NO₃ -N): Standard Method- 4500- NO₃- -C Ion According to Chromatographic Method

Boron (B): Standard Method - 4500- According to BD Inductively Coupled Plasma Method

Cations (Na⁺, Ca⁺², Mg⁺²): Standard Method- 3500, ICP

SAR was calculated by using the formula below (Tüzüner, 1990)

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

The similarities and differences of the underground irrigation areas in terms of the parameters were examined by multidimensional scaling analysis (MDS) without distinction of provinces. Multidimensional Scaling analysis is a multivariate statistical method that obtains the representation of the objects in a single or multidimensional space based on the distance values that consist of the observed similarities or differences between objects or units, and determines the relationships between the objects (Kruskal and Wish, 1978).

The multidimensional scaling method determines the relationships between objects by displaying the objects in a k-dimensional (k<p) space based on the distances between n objects or units determined according to the p variable (Faloutsos and Lin, 1994; Özdamar, 2004). Multidimensional scaling method solves using distance matrices. Therefore, it is necessary to calculate appropriate distance matrices according to the data type. The map that emerges as a result of the multidimensional scaling analysis shows that objects that are very close to each other are similar, and objects that are far apart are not.

In multidimensional scaling analysis, the stress value, which is an expression of the difference between the multidimensional (p-dimensional) real shape and the predicted shape in reduced k-dimensional space, is calculated. The stress value

for non-metric scaling is as follows (Hardle and Hlavka, 2007):

$$Stress = \left(\frac{\sum_{i < j} (d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{\sum_{i < j} d_{ij}^2} \right)^{1/2}$$

The stress value can also be used to decide the suitability of the multidimensional scaling

analysis result. Small stress values indicate good fit, while high values indicate poor fit. The indicator prepared by Kruskal (1964) for the interpretation of the stress values reflecting the suitability of the result is given in Table 2 (Wickelmaier, 2003).

Table 2. Stress values and fitness

Stress Value	Compatibility
>.20	Insufficient
0.10-0.20	Medium compatibility
0.05-0.10	Good compatibility
0.025-0.05	Perfect compatibility
0.00-0.025	Absolute compatibility

Another common fit criterion used in multidimensional scaling analysis is the square of the correlation coefficient (R^2). The fact that R^2 is greater than 0.60 indicates that the estimated distances are in good agreement with the original distances and multidimensional scaling can be applied. ALSCAL multidimensional method was applied to the data obtained in the study, and the "Euclidean" model was used according to the data type.

Results and Discussion

The average values of the quality parameters of well waters in the underground irrigation areas are given in Table 3. While the pH, EC, Cl, B and SAR parameters of wells examined in Edirne province did not have a limiting effect in terms of irrigation water, $\text{NO}_3\text{-N}$ values of well waters in the underground irrigation areas of Enez-Yenice, Lalapaşa-Domurcalı, Havsa-Oğulpaşa, Uzunköprü-Aslıhan, Havsa Kuzucu, Enez-Esetçe and Havsa-Çavuşköy were in the second class (slightly contaminated) and third class (contaminated water) according to the

classification of inland surface water resources. A high rate of $\text{NO}_3\text{-N}$ was found in well waters located in Lüleburgaz-Eskitaşı, Vize-Topçuköy and Vize-Çövenli underground irrigation areas in Kırklareli province. According to classification of inland surface water resources, these well waters were in the fourth class, that is, in the class of highly polluted waters.

In Tekirdağ province, a high level of Na was determined in the well waters in the Malkara-Kozyörük underground irrigation area, and indirectly the SAR value was also determined to be high. Similarly, Na and SAR values in Malkara-Gönence, Çorlu-Önerler, Şarköy-Şenköy and Şarköy-Sofuköy limit the use of water in these wells for irrigation purposes. In addition, the presence of B concentrations above 1 ppm in the waters of the wells in Malkara-Kozyörük limits the use of well water for irrigation purposes. In the study conducted by Kanarya (2013) on the agricultural evaluation of some macro and micro elements in irrigation water resources in Kırklareli province, nitrate values were found between 2.96 and 3.99.

Table 3. The average values of the quality parameters of well waters in the underground irrigation areas in the provinces of Edirne, Kırklareli and Tekirdağ

Underground Irrigation Area	pH	EC (dS m ⁻¹)	Cl (me L ⁻¹)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg L ⁻¹)	B (mg L ⁻¹)	Ca (me L ⁻¹)	Mg (me L ⁻¹)	Na (me L ⁻¹)	SAR
Enez Yenice	7.45	0.74	2.56	11.90	47.60	4.29	1.21	2.34	1.41
Lalapaşa Domurcalı	7.45	0.67	2.09	15.44	38.68	4.32	1.46	1.75	1.03
Höyükütatar	7.72	0.53	2.59	3.88	58.46	1.82	1.18	3.15	2.57
Havsa Oğulpaşa	7.58	0.68	2.22	8.63	29.63	3.49	2.15	2.14	1.28
Uzunköprü Aslıhan	7.20	0.58	1.82	10.84	19.24	3.77	1.26	1.38	0.87
Havsa Kuzucu	7.25	0.81	2.76	8.63	21.33	4.83	1.83	1.87	1.03
Uzunköprü Kırçasalılı	7.50	0.43	0.97	2.72	21.74	2.48	1.00	1.50	1.13
İpsala Esetçe	7.17	0.64	2.97	8.75	27.85	3.45	1.19	2.13	1.40

Havsa Çukurköy	7.48	0.45	1.15	5.90	0.00	3.38	0.81	1.13	0.78
Süloğlu Yağcılı	7.67	0.31	0.80	1.83	14.79	2.15	0.55	0.97	0.83
Pehlivanköy Hıdırca	7.22	0.54	1.31	1.06	66.81	2.28	0.96	2.98	2.34
İnece	6.86	1.13	5.02	2.75	12.76	7.02	2.51	2.05	0.94
Babaeski Terzili	7.46	0.61	1.92	0.00	65.98	2.54	2.10	2.83	1.86
Koçaz Ahmetler	7.43	0.34	0.48	3.84	0.00	1.71	1.18	0.88	0.73
Kavaklı ACE	7.49	0.56	1.62	3.02	3.11	2.99	1.91	1.38	0.88
Kavakdere	6.53	1.20	7.16	5.58	0.99	8.09	2.35	2.68	1.17
Babaeski Sinanlı	7.88	0.58	1.75	0.51	300.43	1.14	0.48	4.98	5.53
Lüleburgaz Eskitaşlı	7.02	1.27	3.66	39.22	41.73	6.77	3.69	3.83	1.67
Pınarhisar	7.15	0.47	0.52	6.63	15.35	4.82	0.33	0.45	0.28
Demirköy	7.30	0.39	0.56	1.02	2.08	2.21	1.02	1.07	0.84
Vize Müsellim	7.35	0.57	0.40	0.00	1.32	5.85	0.31	0.31	0.17
Vize Topçuköy	7.21	0.81	1.87	24.75	67.12	5.32	2.16	1.82	0.94
Vize Çövenli	7.28	0.61	0.75	29.79	15.70	5.36	0.88	0.98	0.55
Saray Sofular	7.51	0.44	0.84	1.64	36.36	3.79	1.73	1.56	0.94
Saray Paşaköy	6.25	0.46	0.97	1.65	17.88	3.54	1.31	1.84	1.18
Malkara Kozyörük	8.41	1.19	3.58	0.00	1345.00	0.17	0.07	14.41	42.49
Malkara Gönence	7.75	1.26	9.38	0.14	596.10	1.70	4.38	13.75	7.88
Çorlu Önerler	8.52	0.37	0.57	0.04	244.43	0.13	0.00	5.17	20.14
Şarköy Şenköy	7.93	1.13	1.92	0.23	199.27	2.17	4.25	24.27	13.55
Şarköy Kızılcaterzi	7.21	1.95	6.64	0.23	371.32	3.40	8.17	10.06	4.19
Şarköy Sofuköy	8.42	1.42	7.60	0.00	555.25	0.35	0.25	14.75	26.81
Hayrabolu Lahana	8.04	0.46	0.96	2.99	186.20	1.30	0.96	4.26	4.01
Hayrabolu Doğcalı	7.36	0.79	1.57	0.00	75.95	3.49	1.97	3.55	2.15
Hayrabolu Karakarlı	8.03	0.66	1.67	1.48	392.35	1.19	0.40	5.33	5.98
Hayrabolu Şalgamlı	7.71	0.64	1.19	0.00	246.51	2.14	1.22	7.30	5.63

In terms of the variables in the multidimensional scaling analysis, the positions of the irrigation areas in the multidimensional space were shown in the two-dimensional space by using the distance values between 35 underground irrigation areas.

In the analysis where the distance matrix was calculated according to the variables, 3 iterations

occurred. The stress statistic was 0.13267 and the compatibility level was “medium” compatibility. The stress value was calculated according to Kruskal's formula and found as 0.96357. Since Kruskal stress statistics expresses the compatibility between data distances and configuration distances, stress value for k=2 dimension explains the data at a rate of 96.36% (Table 4).

Table 4. Iteration history

Iteration	S-stress	Improvement
1	0.16794	
2	0.14176	0.02619
3	0.14105	0.00071
Stress Statistics	0.13267	
R ²	0.96357	

The two-dimensional coordinate values obtained by the multidimensional scaling analysis of the underground irrigation areas are given in Table 5. According to the table, in the first dimension Yenice, Domurcalı, Höyükütatar, Oğulpaşa, Aslıhan, Kuzucu, Kırçasalih, Esetçe, Çukurköy, Yağcılı, Sofular, Paşaköy, Doğcalı, Hıdırca, İnece, Terzili, Ahmetler, Kavaklı ACE,

Kavakdere, Eskitaşlı, Pınarhisar, Demirköy, Müsellim, Topçuköy and Çövenli underground irrigation areas had positive loadings and Paşaköy and Çövenli had a loading of more than 1. Therefore, Paşaköy and Çövenli underground irrigation areas were the most important discriminators in this dimension in terms of the variables. On the other hand, in the same

dimension; Kozyörük, Gönence, Önerler, Şenköy, Kızılcaterzi, Sofuköy, Lahana, Karakarlı, Şalgamlı, and Sinanlı underground irrigation areas had negative loadings. Among these, Kozyörük with the value below -3, Sofuköy with the value below -2 and Gönence and Kızılcaterzi with the values below -1 appeared to be the most different the irrigation areas compared to the others.

According to the second dimension, İnece, Kavakdere and Gönence irrigation areas with the values below -1, Kızılcaterzi and Eskitaşı irrigation areas with the values below -2 were the most prominent irrigation areas in terms of the variables. Önerler irrigation area, on the other

hand, was different from the others due to the positive loading over than 1 in the second dimension. Other irrigation areas had loadings from -1 to 1 and close to 0. Among these, Yenice, Domurcalı, Oğulpaşa, Kuzucu, Esetçe, Şenköy, Topçuköy and Çövenli irrigation areas had negative values whereas Höyüklütatar, Kırçasalılı, Çukurköy, Yağcılı, Sofular, Paşaköy, Kozyörük, Sofuköy, Lahana, Doğcalı, Karakarlı, Şalgamlı, Hıdırca, Terzili, Ahmetler, Kavaklı ACE, Sinanlı, Pınarhisar, Demirköy and Müsellim irrigation areas had positive values. Gönence, Şenköy and Kızılcaterzi irrigation areas had negative signs in both dimensions and can be considered as the weakest wells in terms of the investigated variables (Table 5).

Table 5. Coordinates calculated for the underground irrigation areas

No	Underground Irrigation Area	Dimension 1	Dimension
1	Yenice	0.45	-0.12
2	Domurcalı	0.60	-0.12
3	Höyüklütatar	0.04	0.50
4	Oğulpaşa	0.33	-0.03
5	Aslıhan	0.65	0.05
6	Kuzucu	0.52	-0.35
7	Kırçasalılı	0.43	0.61
8	Esetçe	0.49	-0.05
9	Çukurköy	0.57	0.46
10	Yağcılı	0.43	0.88
11	Hıdırca	0.29	0.49
12	İnece	0.50	-1.33
13	Terzili	0.14	0.26
14	Ahmetler	0.50	0.76
15	Kavaklı ACE	0.38	0.28
16	Kavakdere	0.59	-1.91
17	Sinanlı	-0.44	0.80
18	Eskitaşı	0.78	-2.15
19	Pınarhisar	0.89	0.35
20	Demirköy	0.52	0.68
21	Müsellim	0.90	0.42
22	Topçuköy	0.84	-0.75
23	Çövenli	1.36	-0.31
24	Sofular	0.51	0.41
25	Paşaköy	1.25	0.07
26	Kozyörük	-3.50	0.83
27	Gönence	-1.94	-1.32
28	Önerler	-0.94	1.57
29	Şenköy	-2.08	-0.70
30	Kızılcaterzi	-1.34	-2.58
31	Sofuköy	-2.66	0.02
32	Lahana	-0.22	0.90
33	Doğcalı	0.16	0.04
34	Karakarlı	-0.61	0.83
35	Şalgamlı	-0.38	0.53

The map showing the similarities and differences of the irrigation areas in terms of the variables examined in the study is given in Figure 1. When Figure 1 is examined; as the distances between the irrigation areas increase, the differences in terms of the variables considered increase, and

the similarities increase as the distances decrease. Accordingly, it was seen that Eskitaşı, Kavakdere, İnece, Kızılcaterzi, Gönence, Şenköy, Sofuköy, Kozyörük, Sinanlı and Önerler irrigation areas had different structures compared to other irrigation areas.

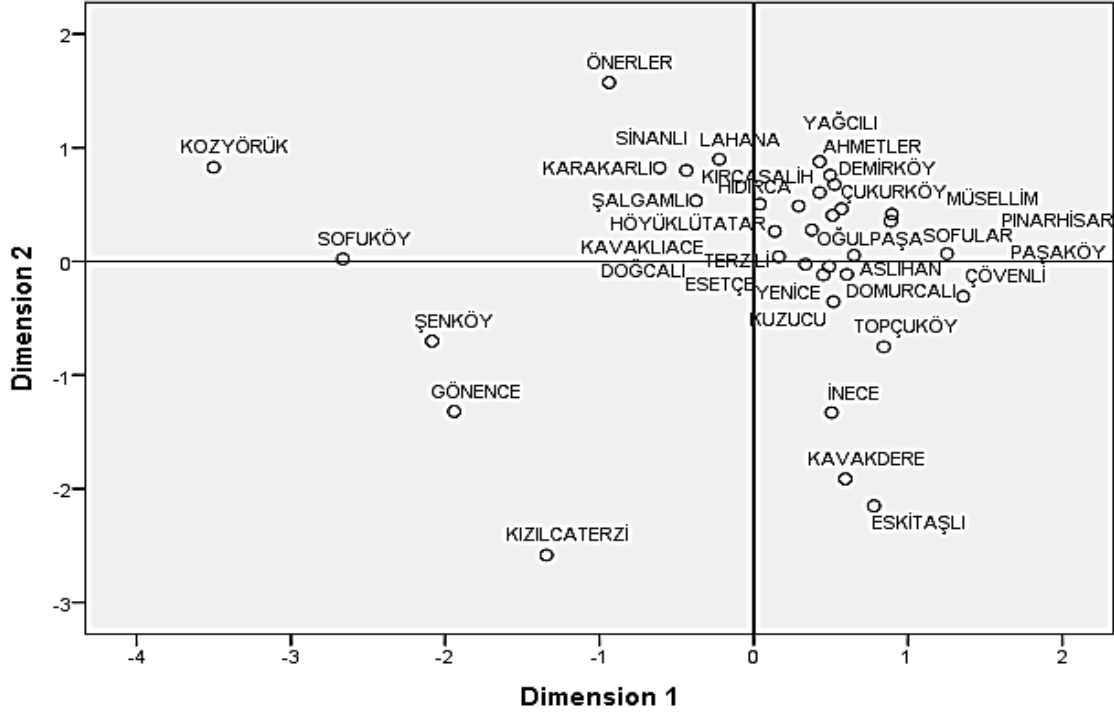


Figure 11. Representation of underground wells in two-dimensional space according to the Euclidean distance model

Conclusion

In this study, some underground water resources in Kırklareli, Tekirdağ and Edirne provinces were examined and their similarities and differences were determined in terms of some parameters that were important in determining the irrigation water quality.

In the sampling of underground irrigation water well waters in Sofuköy, the fact that the Ca+Mg value was very low despite the Na value increased the SAR value very much (26.81), which made the irrigation water different from the other wells (T₃A₄). Salinity and Cl problems were also detected in the samples made from Kızılcaterzi in the same region. A high amount of alkalinity was determined in the well waters in Malkara Kozyörük (T₃A₄). SAR value was calculated as 42.49 on average, while B values were above 1 mg L⁻¹ (class IV). In the samplings made from two wells in Çorlu Önerler

underground irrigation, pH values were found to be above 8.5 and SAR value was calculated as 20.14 on average. As a result, the irrigation water class of the first well was determined as T₂A₄ and the irrigation water class of the second well was determined as T₂A₂. Another different underground irrigation system is Lüleburgaz Eskitaşı. A high amount of NO₃-N was determined in the wells, and the values were in class IV according to the classification of inland surface water resources and in class III according to FAO-29 (the degree of use is “dangerous”).

The Sinanlı (Babaeski) underground irrigation area was in a slightly different place in the map and this was due to the fact that the boron values were higher than the boron values of the other wells. However, the determined values were below 1 mg L⁻¹ and they were not at a level to cause problems in irrigation use of well waters. Sampling was made from two wells in Kavakdere

underground irrigation area, and the reason for the position in different dimension was that the EC values were slightly higher especially in the 1st well (max. value 1.55 dS m⁻¹), Cl values were in class II according to the wastewater treatment plants technical procedures communiqué and NO₃ values were in class II according to FAO-29 II. There was no important limiting factor in the use of both wells as irrigation water.

EC_w values were slightly above 1 dS m⁻¹ (average EC_w value was 1.29) in İnece well and its Cl values were determined in class II according to the wastewater treatment plants technical procedures communiqué (damage degree "low-moderate"). It is recommended to protect the water sources from all kinds of pollution, especially domestic and industrial wastes, to minimize the use of fertilizers and pesticides, to increase inspections in industrial areas, and to take necessary legal and cultural measures without delay in order to provide the sustainability of the irrigation water resources of the Thrace Region, where intensive agriculture is made.

Acknowledgement

This study was prepared by using the data obtained from the project titled " Quality and Utility of the Water Sources in terms of Agriculture in Thrace Region " carried out with the support of General Directorate of Agricultural Research and Policy (TAGEM).

References

- Anonymous, 2010.
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm> (Accessed: 01.05.2022)
- Anonymous, 2022a.
https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/cevre_sorun_2018-20180702151156.pdf (Accessed: 01.04.2022).
- Anonymous, 2022b.
<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=13482&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5> (Accessed: 01.05.2022).
- Faloutsos, C., Lin, D., 1994. Fast Map. A Fast Algorithm for Indexing, Data- Mining and Visualization of Traditional and Multimedia Datasets. Technical Research Report: Institute for System Research, USA. 27.

- FAO, 2022.
<https://www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.htm>.
- Hardle, W., Hlavka, Z., 2007. Multivariate Statistics: Exercises and Solutions, ISBN 978-0-387-70784-6, Springer Science + Business Media, LLC. 362.
- İstanbuluoğlu A., Konukçu F., Kocaman İ., 2006. Trakya Bölgesi Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Sulu Tarım Uygulamaları: Mevcut Verilerin Sorunların Çözümü İçin Analizi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 3(2): 139-152.
- Kanarya, G., 2013. Kırklareli Yöresindeki Sulama Suyu Kaynaklarında Bulunan Bazı Makro ve Mikro Elementlerin Tarımsal Açından Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış). 119.
- Kruskal, J.B., 1964. Multidimensional Scaling by Optimizing Goodness of fit to a Nonmetric Hypothesis. Psychometrika. 29: 1–27.
- Kruskal, J. B., Wish, M. 1978. Multidimensional Scaling, Sage Publications.
- Mutlu, E., Yanık, T., Demir, T., 2013. Karagöl (Hafik-Sivas)'ün Su Kalitesinin İncelenmesi. Alinteri Zirai Bilimler Dergisi. 24(1): 35-45.
- Özdamar, K., 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 2 (Çok Değişkenli Analizler), Kaan Kitabevi Yayın No. 2, Eskişehir. 528.
- Özsoy, S., 2009. Su ve Yaşam: Suyun Toplumsal Önemi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış). 202.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soil. U.S.D.A. Handbook No: 60 Washington.
- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Wickelmaier, F., 2003. An Introduction to MDS. Reports from the Sound Quality Research Unit (SQRU), No. 7. 26.

Alatarım Dergisi Etik İlkeler ve Yayın Politikası

Yayın Etiği

Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Alatarım Dergisi'nin yayın süreci, bilginin bilimsel yöntemle yansız biçimde üretilmesi, geliştirilmesi ve paylaşılmasına dayanır.

Hakemli makaleler, bilimsel yöntemin uygulanmasını, yansızlığı sağlayan çalışmalardır. Bilimsel üretimin gerçekleştirilmesinde yayın sürecinin tüm bileşenlerinin; editör, yayın kurulu, yazarlar ve hakemlerin etik ilkelere uymaları gerekir. Bu kapsamda Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Alatarım Dergisi'nin yayın etiği ile açık erişim politikası da, Yayın Etiği Komitesi'nin (Committee on Publication Ethics, COPE) açık erişimde yayınladığı kılavuzlar ve politikalar doğrultusunda (Örneğin "Yayın Etiği Komitesi (COPE) Davranış Kuralları ve Dergi Editörleri İçin En İyi Uygulama Kılavuzları"; "Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" ve "COPE Best Practice Guidelines for Journal Editors") yayın sürecinin tüm bileşenlerinin etik ilkelere uymasını gerektirmektedir.

Yazarların Etik Sorumlulukları

- Çalışmayla ilişkili verilerin doğruluğundan emin olmak, araştırmasına ilişkin kayıtlarını düzenli tutmak ve olası bir talep üzerine bu verilere erişim verebilmek.
- Gönderdiği makalenin başka bir yerde yayınlanmadığından veya kabul edilmediğinden emin olmak.
- Sunduğu içerik yayınlanmış veya sunulan içerikle eşleşirse, bu çakışmayı kabul etmek ve alıntı yapmak, gerektiğinde editöre, çalışmasıyla ilgili benzer içeriğe sahip olabilecek herhangi bir çalışma varsa bunun bir kopyasını sunmak, başka kaynaklardan herhangi bir içeriği çoğaltmak ya da kullanmak için izin almak, atıf göstermek.
- Makaleye katkı sağlamayan kişilerin adını yazar olarak yazmamak. Makale değerlendirme süreci başladıktan sonra makalenin yazar sırasını değiştirmemek, yazar çıkartma ve ekleme talep etmemek.
- Herhangi bir çıkar çatışması durumunda, makalesiyle ilgili etik bir ihlal tespit ettiğinde bunu editör ve yayıncı ile paylaşmak, hata beyanı, zeyilname, tazminat bildirimi yayınlamak veya gerekli görüldüğü durumlarda çalışmayı geri çekmek.
- Benzerlik oranı %20'nin altında olmalıdır.

Editörlerin Etik Görev ve Sorumlulukları

- Cinsiyet, dini veya politik inançlar, yazarların etnik veya coğrafi kökenleri üzerine ayırım yapılmaksızın görevlerini yerine getirirken dengeli, objektif ve adil bir şekilde hareket etmek.
- Dergiye gönderilen çalışmaları içeriğine göre değerlendirmek, hiçbir yazara ayrıcalık göstermemek.
- Olası çıkar çatışmalarını önlemek adına gerekli önlemleri almak ve varsa mevcut beyanları değerlendirmek.
- Dergiyi sürekli geliştirmeye, yayın niteliğini yükseltmeye çaba göstermek.
- Makale ve dergi yayım sürecinde fikri mülkiyet hakları, bilimsel-etik olmayan davranışlarla, intihalle, atıf çeteciliğiyle ilgili önlemleri almak.
- Etik ihlali niteliğinde bir şikâyet olması durumunda, derginin politika ve prosedürlerine bağlı kalarak gerekli prosedürleri uygulamak. Yazarlara, gelen şikâyete cevap vermek için bir fırsat vermek, çalışma kime ait olursa olsun gerekli yaptırımları uygulamaktan kaçmamak.
- Derginin amaç ve kapsamına uygun olmaması durumunda gelen çalışmayı reddetmek.
- Derginin yayın politikaları arasında bulunan kör hakemlik ve değerlendirme süreci politikalarını uygular, hakemlerin kimlik bilgilerini gizli tutmak, her makalenin yansız ve süresi içinde değerlendirilmesini sağlamak,

Hakemlerin Etik Sorumlulukları

- Editörün karar verme sürecine katkıda bulunmak için makaleyi objektif olarak zamanında incelemek ve sadece uzmanlık alanı ile ilgili çalışmaları değerlendirmeyi kabul etmek.
- Değerlendirmeyi nesnel bir şekilde sadece çalışmanın içeriği ile ilgili olarak yapmak. Dini, siyasi ve ekonomik çıkarlar gözetmeden çalışmayı değerlendirmek.
- Değerlendirmesini kabul ettikleri makaleyi süresi içinde değerlendirmek.
- Yayımlanacak makalenin kalitesini yükseltmeye yardımcı olacak yönlendirmelerde bulunmak ve çalışmayı titizlikle incelemek. Yorumlarını yapıcı ve nazik bir dille yazara iletme.
- Editör ve yazar tarafından sağlanan bilgilerin gizliliğini korumak, gizlilik ilkesi gereği incelediği çalışmayı değerlendirme sürecinden sonra yok etmek, kör hakemliğe aykırı bir durum varsa editöre bildirmek ve çalışmayı değerlendirmemek.
- Potansiyel çıkar çatışmalarının (mali, kurumsal, işbirlikçi ya da yazar ve yazar arasındaki diğer ilişkiler) farkında olmak ve gerekirse bu yazı için yardımlarını geri çekmek konusunda editörü uyarmak.

alatarım Dergisi Yayın İlkeleri

alatarım (Online) dergisi TÜBİTAK/ULAKBİM TR Dizin ve CAB INTERNATIONAL tarafından dizinlenen, Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü tarafından yılda 2 defa ve tarımsal içerikli makalelerin elektronik olarak yayımlandığı hakemli bir dergidir. Bu dergide *tüm tarımsal konularda* araştırma ve derleme makaleler yayınlanmaktadır.

1. Yayınlanacak olan makaleler başka hiçbir yerde yayınlanmamış olmalıdır.
2. Yayınlanan her makalenin sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.
3. Gönderilen makale yayın kurulunca incelenerek, değerlendirilmesi için hakemlere gönderilmektedir. Hakemlerce yayınlanmaya değer bulunan makaleler yayınlanmaktadır.
4. Makale yayın sırası yayın kuruluna geliş sırasına göre olacaktır. Gönderilen makaleler yayınlansın veya yayınlanmasın geri verilmemektedir.
5. Yayın kurulu gerekli gördüğü takdirde makalede kısaltma ve düzeltme yapabilmektedir.
6. Yayınlanan yazılardan dolayı yazar(lar)a telif hakkı ödenmemektedir.

Dergi yazışma adresi:

alatarım Dergisi

Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

33740 Erdemli - Mersin

e-posta

: **alatarım@yahoo.com**

alatarım Dergisi Yazım Kuralları

1. Dergi yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Sadece Abstract ve Key Words kısımları İngilizce veya Türkçe olmalıdır.
2. Abstract ve Öz 250, Key Words ve Anahtar Kelimeler 5 kelimeyi geçmemelidir.
3. Yazım sırası **Türkçe Başlık, Yazar(lar)ın Ad(lar)ı ve Kurum(lar)ı, Öz, Anahtar Kelimeler, İngilizce Başlık, Abstract, Key Words, Sorumlu Yazar, E-mail Adresi, Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular ve Tartışma, Sonuç, Kaynaklar** kısmından oluşmalıdır. **Teşekkür** kısmı bulunması durumunda Kaynaklar kısmından önce yazılmalıdır. Derleme makalelerde Abstract, Özet ve Kaynaklar dışındaki kısımlar olmamalıdır.
4. Tüm makale A4 (210x290 mm) boyutunda, sağ, sol, üst ve alt kısımlardan 3,0 cm kenar boşluğu bırakılarak, tüm metin iki yana yaslı olarak, MS Word uyumlu programda, Times New Roman yazı karakterinde, 11 punto ve en fazla 8 sayfa olarak yazılmalıdır.
5. Metnin hiçbir yerinde paragraf girintisi kullanılmamalı, ancak paragraflar arası bir aralık boşluk bırakılmalıdır. Ayrıca satır numaraları eklenmelidir.
6. Başlıktan sonra bir aralık boşluk bırakılarak yazar(lar)ın ad(lar)ı açık bir şekilde yazılmalıdır. Yazar(lar)ın kurum(lar)ı isimlerinin önüne konulan rakamlar yardımıyla isimlerin altında şekilde yazılmalıdır. Sorumlu yazar ve e-mail adresi abstracttan sonra yazılmalıdır.
7. Çizelge başlıkları üst, şekil başlıkları alt kısımda bulunmalıdır. Çizelge ve şekil isimleri küçük harflerle yazılmalıdır.
8. Kısaltmalarda Uluslararası Birimler Sistemine (SI) uyulacaktır. Standart kısaltmalarda (cm, g, TAGEM, vb) nokta kullanılmamalıdır.
9. Kaynaklar metin içerisinde yazarın soyadı ve yıl esasına göre verilmelidir. Soyadın ilk harfi büyük ve yıl ile arasında virgül olmalıdır. İki yazara ait kaynak kullanıldığında soyadlar arasında **ve** bağlacı, ikiden fazla olması durumunda birinci yazarın soyadından sonra **ve ark.** ifadesi kullanılmalıdır. Kaynaklar kısmında ise soyad ve yıl sırasına göre alfabetik sırayla yazılmalıdır. Birinci satır normal, alt satırlar 1 cm içeriden başlamalıdır. Kaynak yazımı aşağıdaki genel kalıba uygun olmalıdır.

a) Kaynak bir kitap ise;

Yazarın soyadı, adının baş harfi, yıl, kitabın adı, basımevi, basım yeri ve sayfa sayısı

McGregor, S.E., 1976. Insect Pollination of Cultivated Crop Plants. USDA, Washington. 411.

b) Editörlü bir kitaptan alıntı ise;

Yazarın soyadı, adının baş harfi, yıl, eserin başlığı, editörün adının baş harfi, soyadı, kitabın adı, basımevi, basım yeri ve çalışmanın başlangıç ve bitiş sayfaları

Carpenter, F.L., 1983. Pollination Energetics in Avian Communities: Simple Concepts and Complex Realities. Insect Foraging Energetics. (C.E. JONES ve R.J. LITTLE, eds) Handbook of Experimental Pollination Biology. Van Nostrand Reinhold Company Limited. Wokingham, Berkshire, England. 215-234.

c) Bir dergide yayınlanan makale ise;

Yazarın soyadı, adının baş harfi, yıl, makale başlığı, derginin adı, derginin cilt ve sayısı (sayı parantez içinde verilmelidir) ile çalışmanın başlangıç ve bitiş sayfaları

Dreller, C., Tarpy, D.R., 2000. Perception of the Pollen Need by Foragers in a Honeybee Colony. Animal Behaviour. 59(1):91-96.

d) Bir yazarın çok sayıda yayını incelenmişse ismini tekrarlamaya gerek yoktur. Bir yazarın aynı yılda yayınlanmış birden fazla yayını varsa **a** ve **b** gibi harflerle gösterilmelidir.

f) Yazarı bilinmeyen ancak bir kurum tarafından yayınlanmış yayınlarda kurum adı verilmeli, uluslararası kısaltması varsa açık adıyla yazılmalı ve yayın yılı verilmelidir.

g) Elektronik adresten yararlanılan kaynakta, kaynağın erişilebileceği URL ve erişim tarihi verilmelidir. <http://arastirma.tarim.gov.tr/alata> Erişim tarihi: 12.10.2017.

h) Kaynak yayınlanmamış bir rapor, tez veya ders notu ise bilgiler olağan düzende verildikten sonra parantez içinde **"yayınlanmamış"** sözcüğü eklenmelidir.

**Alata Bahçe Kültürleri
Araştırma Enstitüsü**



ALATA
BAHÇE KÜLTÜRLERİ ARAşTIRMA ENSTİTÜSÜ

**Alata Horticultural
Research Institute**

33740 Erdemli, MERSİN, TÜRKİYE

Tel : 0 324 518 00 52 - 54

Fax : 0 324 518 00 80

e-mail : alata@tarimorman.gov.tr

<http://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata>