



IĞDIR ÜNİVERSİTESİ TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

Agro-Science Journal of Iğdır University

Cilt 1 Sayı 2



*Iğdır Üniversitesi Tarım Bilimleri
Dergisi*

Agro Science Journal of Iğdır University

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/iutbd>

(Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal)

CİLT/VOLUME

1

SAYI/ISSUE

2

YIL/YEAR

ARALIK/ DECEMBER, 2023

DergiPark
AKADEMİK



Dergimiz Hakkında/ About Our Journal

Iğdır Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, Uluslararası hakemli bir dergi olup yılda 2 (iki) kez yayınlanır. Dergimiz herhangi bir ücret talep etmemektedir. Makalelerin tümüne açık erişimle ulaşılabilir ve tam metin olarak indirilebilir.

Agro Science Journal of Iğdır University is an international refereed journal and is published 2 (two) times a year. Our journal does not charge any fees. All articles are open access and downloadable in full text.

Amaç ve Kapsam/ Aim and Scope

Iğdır Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi Bahçe Bitkileri, Bitki Koruma, Biyosistem Mühendisliği, Gıda Mühendisliği, Orman Mühendisliği, Veterinerlik, Peyzaj Mimarlığı, Su Ürünleri, Tarım Ekonomisi, Tarımsal Biyoteknoloji, Tarımsal Mekanizasyon, Tarımsal Yapılar ve Sulama, Tarla Bitkileri, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ve Zootečni alanında hazırlanan çalışmalarını yayınlamayı amaç edinmiştir. Dergi, tarımın gelişimi ve sürdürülebilirliği için tarım biliminin tüm alanlarında, yüksek kaliteli, özgün ve yaygın etkiye sahip, yayınlanmamış veya yayınlanması düşünülen, yenilik veya gelişen teknoloji içeren araştırma makaleleri yayınlamayı amaçlamaktadır. Iğdır Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi Bitkisel üretim (biyoteknoloji, tarla bitkileri, bahçecilik, bitki koruma vb.), Hayvansal üretim (hayvan ve su ürünleri üretimi vb.), Toprak bilimleri (toprak ekolojisi, toprak fiziki, toprak kimyası vb.), Diğerleri (tarımsal sulama, tarımsal yapılar, tarımsal enerji sistemleri vb., gıda bilimi, gıda teknolojisi vb. ile sürdürülebilir tarım sistemleri vb.) konularını kapsamaktadır.

Our journal is prepared in the fields of Horticulture, Plant Protection, Biosystem Engineering, Food Engineering, Forestry Engineering, Veterinary, Landscape Architecture, Aquaculture, Agricultural Economics, Agricultural Biotechnology, Agricultural Mechanization, Agricultural Structures and Irrigation, Field Crops, Soil Science and Plant Nutrition and Animal Science. aimed to publish their work. The journal aims to publish high-quality, original and widely influential research articles, unpublished or planned to be published, containing innovation or developing technology, in all fields of agricultural science for the development and sustainability of agriculture.

Journal; Crop production (biotechnology, field crops, horticulture, plant protection, etc.), animal production (animal and aquaculture production, etc.), soil sciences (soil ecology, soil physics, soil chemistry, etc.), Others (agricultural irrigation, agricultural structures, etc.), agricultural energy systems, etc., food science, food technology, etc., and sustainable agriculture systems, etc.).



Sahibi / Owner

Iğdır Üniversitesi

Baş Editör / Editor in Chief

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye, bariseren86@gmail.com

Yardımcı Editör / Co Editor

Prof. Dr. Ahmet Zafer TEL
Iğdır Üniversitesi, Türkiye / ahmetzafertel@yahoo.com

Prof. Dr. Bilal KESKİN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye / bilalkeskin66@yahoo.com

Alan Editörleri / Section Editor

Prof. Dr. Erkan BOYDAK
Bingöl Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet Zafer TEL
Adıyaman Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Bilal KESKİN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL
Harran Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Cengiz KAYA
Harran Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Abdülkadir SÜRÜCÜ
Harran University, Türkiye

Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN
Harran Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Hamit KAVAK
Dicle Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Levent ÜNLÜ
Selçuk Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Bahri KARLI
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Sefa ALTIKAT
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM
Erciyes Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Hüseyin ARSLAN
Siirt Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR
Bingöl Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Uğur ŞİMŞEK
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Tuncay KAYA
Iğdır Üniversitesi, Türkiye



Dr. Öğr. Üyesi Kaan HÜRKAN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Tuba Genç KESİMCİ
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Kasım ŞAHİN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Serdar SARI
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Ayça Nur ŞAHİN
DEMİREL

Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Emrah KAYA
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Mine KÖKTÜRK
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Ersin KARAKAYA
Bingöl Üniversitesi, Türkiye

Dr. Menekşe BULUT
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Ulusal Editörler Kurulu / National Editorial Board

Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Süleyman TEMEL
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Ersin GÜLSOY
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Mücahit PEHLİVAN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Köksal KARADAŞ
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Emrah KUŞ
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Mücahit KARAOĞLU
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Mesude Figen
DÖNMEZ
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Fatih DEMİREL
Iğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Fatih GÖKMEN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye



Uluslararası Editörler Kurulu / International Editorial Board

Associate Professor Dr. Sayed Khalil

Molecular and Medical Entomology Email addresses: saykhalil@KSU.EDU.SA,
sayem_97@yahoo.com, <https://loop.frontiersin.org/people/1201362/publications>

Associate Professor Amgad A Saleh,

Plant Protection; <https://orcid.org/0000-0002-2354-0144>, Department of Plant Protection,
College of Food and Agriculture Sciences, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,
Agricultural Genetic Engineering Research Institute, Agriculture Research Center, Giza, Egypt

Dr. Ruhollah Taghizadeh

Vernon G. James Center and Department of Crop & Soil Sciences North Carolina State
University 207 Research Station Rd, Plymouth, NC 27962

Associate Professor Amgad A Saleh

Plant Protection; <https://orcid.org/0000-0002-2354-0144>
Department of Plant Protection, College of Food and Agriculture Sciences, King Saud
University, Riyadh, Saudi Arabia, Agricultural Genetic Engineering Research Institute,
Agriculture Research Center, Giza, Egypt

Assistant Professor Ekrem Ozlu

Email: eoazu@ncsu.edu, Williams Hall North Carolina State University, USA.

Rares Halbac-Cotoara-Zamfir

rares.halbac-cotoara-zamfir@upt.ro OR raresh_81@yahoo.com

Lecturer Prof. Dr. Habil. Eng. Rares Halbac-Cotoara-Zamfir

Politehnica University of Timisoara, Research Project Manager, International Projects
Counselor, Romania, +40727315750

Prof. Dr. Ahmed M. El-Shehawi

Taif University, Saudi Arabia email: a.elshehawi@tu.edu.sa and elshehawi@hotmail.com



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

1. Çatak ve Gürpınar (Van, Türkiye)'da Alabalık Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Stok Yoğunluklarının Belirlenmesi 27-41
Muhammet DEMİR*
2. Tuz stresi Koşullarında Yetiştirilen Çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) Fidelerinde Vermikompost Uygulamalarının Morfolojik ve Fizyolojik Değişimler Üzerindeki Etkileri 42-51
Rüveyde TUNÇTÜRK, Murat TUNÇTÜRK, Rüya ARMAN, Lütfi NOHUTÇU, Ezelhan ŞELEM*
3. Characterization of essential oil and in silico modelling perspectives of thyme (*Thymus eigii* M. Zohary et P.H. Davis) jals species 52-60
Sezgin SANCAKTAROĞLU, Bünyamin YILDIRIM, Kamil EKİCİ, Fatih DEMİREL*
6. Iğdır Ekolojik Koşullarında Yetişen Yerel Üzüm Çeşitlerinin Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi 78-89
Sadiye Peral EYDURAN*, Gül KESER, Melekşen AKIN, Sezai ERCİSLİ
4. Asma Tomurcuklarında Dormansi Sürecinde Genetik Regülasyon ve Hormonal Etkileşim 61-70
Dilek KARATAŞ*
5. Depolanmış Ürün Zararlıları İle Savaşmada Zeolitin Kullanım Olanakları 71-77
Özlem YILMAZ DOĞU,* Mevlüt EMEKÇİ

Çatak ve Gürpınar (Van, Türkiye)'da Alabalık Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Stok Yoğunluklarının Belirlenmesi

Muhammet DEMİR* 

* Van Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, 65040, Tuşba, Van, Türkiye

Sorumlu Yazar: Muhammet DEMİR, Email: muhammet.demir1453@gmail.com

Özet: Kültür balıkçılığında verimi etkileyen en önemli etkenlerden biri stok yoğunluğudur. Değişik stok miktarlarında büyüme oranları da farklılık göstermektedir. Stok yoğunluğu, kullanılan suyun debisine ve kalitesine bağlıdır. Yemleme, havuz hijyeni, havalandırma, üretim süresi gibi faktörler stok tespiti belirlemede önemlidir. Bu çalışmada, Van İli Çatak (8 adet) ve Gürpınar (4 adet) İlçelerinde karada kurulu 12 adet gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) işletmesinin optimum şartlarda su kullanım ve havuz kullanım etkinliklerine göre en uygun stok yoğunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, su kullanım etkinliği bakımından 1 L s^{-1} su ile yılda elde edilen ortalama alabalık miktarının, çözülmüş oksijen ve metabolik atık esasına göre stok yoğunluğunun, Gürpınar İlçesinde bulunan alabalık işletmeleri için, $135 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ve $187.5 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$, Çatak İlçesinde bulunan alabalık işletmeleri için, $153.75 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ve $202.50 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ arasında yapılması uygun olacaktır. Havuz kullanım etkinliğine göre ise, havuzlarda bulunan alabalıkların m^3 'e hasat yoğunluğunun, Çatak İlçesinde bulunan alabalık işletmelerinde 15.38 kg m^{-3} ve 20.25 kg m^{-3} arasında ve Gürpınar İlçesinde bulunan alabalık işletmelerinde, 13.5 kg m^{-3} ve 18.75 kg m^{-3} arasında yapılması uygun olacaktır. Birim hacimden üretim maliyetlerini düşürmek ve fazla ürün elde etmek için belirlenen stok yoğunluğu ile üretim yapılmasının ekonomik olacağı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gökkuşağı alabalığı, stok yoğunluğu, Çatak, Gürpınar, Van.

Determination of Stock Densities of Trout Farming Enterprises in Çatak and Gürpınar (Van, Turkey)

Abstract: One of the most important factors affecting the yield in aquaculture is stock density. Growth rates also differ in different stock quantities. Stock density depends on the quantity and quality of the water used. Factors such as feeding, pool hygiene, ventilation, production time are important in determining stock. In this study, 1 Lt sec^{-1} water inlet to the pools of 12 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms established on land in Çatak (8 units) and Gürpınar (4 units) Districts of Van, and optimum conditions (dissolved oxygen, temperature, PH and metabolic waste) of the pools were investigated. The stock densities that can be carried (depending on the variables) have been determined. According to the results obtained, In terms of water use efficiency, the average amount of trout obtained per year with 1 L s^{-1} water, the stock density on the basis of dissolved oxygen and metabolic waste, for the trout farms in Gürpınar District, $135 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ and $187.5 \text{ kg kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$, for trout farms located in Çatak District, it would be appropriate to make it between $153.75 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ and $202.50 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$. According to the pond usage efficiency, the harvest density per m^3 of the trout in the ponds is between 15.38 kg m^{-3} and 20.25 kg m^{-3} in the trout enterprises in Çatak District and 13.5 kg m^{-3} and 18.75 kg m^{-3} in the trout enterprises in Gürpınar District. between them would be appropriate. It has been determined that it will be economical to produce with the determined stock density in order to reduce the production costs from the unit volume and to obtain more products.

Keywords: Rainbow trout, stock density, Çatak, Gurpinar, Van.

GİRİŞ

Yüzey sularındaki çözülmüş oksijeni etkileyen en önemli faktörlerden biri su sıcaklığıdır. Su sıcaklığı arttıkça çözülmüş oksijen miktarı azalmaktadır (Bayram ve Kankal, 2015). Alabalık işletmelerinde kış aylarında sıcaklık değerlerinin düşmesinden dolayı yaz aylarına göre çözülmüş oksijen miktarı daha yüksektir. Çözülmüş oksijen miktarını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen parametreler; su sıcaklığı, su yüzeyinde atmosferik gazın kısmi basıncı suda çözülmüş tuz oranı, sudaki biyolojik olaylardır (Taş, 2006; Güner, 2011). Suyun oksijen miktarı; atmosferdeki oksijenin kısmî basıncına, su sıcaklığına, sudaki organizmalara ve su içerisindeki mineral konsantrasyonuna bağlıdır. Su sıcaklığı, çözülmüş oksijen doygunluğunu etkileyen önemli bir değişkendir. Su sıcaklığı ile oksijenin sudaki çözünürlüğü ters orantılıdır. Bu sebeple aynı çözülmüş oksijene doymuş sulara, su sıcaklığı düşük olan sular daha fazla çözülmüş oksijen tutmaktadır. Sularda meydana gelen fotosentez veya çabuk bir sıcaklık değişimi çözülmüş oksijen doygunluğunun %100'ün üzerine çıkmasına sebep olabilmektedir. Derinliği az olan sulara alglerin aşırı artması ya da diğer su bitkileri tarafından fotosentez yoluyla üretilen oksijenin doygunluk seviyesini geçmesiyle su ortamı çözülmüş oksijen bakımından aşırı doymuş hale gelebilir. Suyun doğal olarak bulunduğu ortamlarında çözülmüş oksijen doygunluğunu etkileyen faktörler; suyun saflığı, suyun sıcaklığı ve açık hava basıncıdır (su ortamının rakımı), su bitkilerinin ürettikleri fotosentez, dalga rüzgarın sebep olduğu karışımlar, suda organik madde miktarı ve suyun tabanda bulunan sedimanın oksijen ihtiyacıdır (Günay, 2018). Suda yaşayan canlılar için önemli olan çözülmüş oksijen, sıcaklığa, bitkilerin fotosentez hızına ve göllerin trofik düzeyine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Sıcaklık, basınç ve suda erimiş halde bulunan tuzlar Suyun oksijen tutma kapasitesine etki etmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan suların oksijenle doymuş olması istenmektedir Bremond and Vuichard (1973).

Kültür balıkçılığında verimi etkileyen en önemli etkenlerden biri stok yoğunluğudur. Değişik stok miktarlarında büyüme oranları da farklılık göstermektedir. Stok yoğunluğu balıkların metabolizmasını, yem alımını ve davranışlarını etkiler (Metcalf, 1986). Stok yoğunluğu, kullanılan suyun miktar ve su kalitesine bağlıdır. Yemleme, havuz hijyeni, havalandırma, üretim süresi, balığın büyüklüğü gibi faktörler stok tespiti belirlemede önemlidir (MEB, 2015; Emre ve Kürüm, 2007). Alabalık için ideal stoklama yoğunluğu ile ilgili birçok yayımlanmış rakamlar vardır. Bir işletmede en uygun stok yoğunluğu o bölgenin çevre koşullarına, üretim modeline göre farklılık göstermektedir. Bundan dolayı her alabalık işletmesi yemleme, sıcaklık ve oksijen arasındaki dengeye göre optimum stok yoğunluğu belirlenir.

Havuzlara iyi kalitede 1 lt s⁻¹'lik su girişi ile hasat ağırlığına gelmiş gökkuşağı alabalığın çok uygun koşullarda, 132 kg L⁻¹ s⁻¹ (Bardach ve ark., 1972), 96-120 kg L⁻¹ s⁻¹ (Sedgwick, 1985), 120-202 kg L⁻¹ s⁻¹ (Bromage, 1988), 160 kg L⁻¹ s⁻¹ (Gockowski ve Keller, 1988), 100 kg L⁻¹ s⁻¹ (Çelikkale, 1994), 100-125 kg (Atay, 1995), 250-300 kg (Emre, 2004; Alpbaz, 1987), 125 kg (Çelikkale, 1988), 100-150 kg L⁻¹ s⁻¹ (MEB, 2015; Bohl, 1982) ve iyi havalandırılmış sularda 588 kg L⁻¹ s⁻¹ (Logan and Johnston, 1992) alabalık üretilebilir. Türkiye'deki gökkuşağı alabalık işletmelerinde 1 lt s⁻¹ su girişi ile küçük, orta ve büyük ölçekli işletmelerde sırasıyla 156, 161 ve 249 kg L⁻¹ s⁻¹, ortalama 159 kg L⁻¹ s⁻¹ alabalık üretimi yapıldığı bildirilmiştir (Rad, 1999). Planlama güzel yapılırsa 1 lt/sn su ortamında 250-300 kg L⁻¹ s⁻¹ alabalık üretilebilir. (Alpbaz, 1987).

Karada kurulu tesislerde, Yıldırım (1998), hasat stok yoğunluğunu gökkuşağı alabalığında, 53.76 kg m⁻³ ve Yoloğlu (1997) bu değeri 51.2 kg m⁻³ olduğunu bildirmişlerdir. Alabalıkların 15 °C'deki su sıcaklığında stok yoğunluğu, balık büyüklüğüne bağlı olarak 25-45 kg m⁻³ olmalıdır. Havalandırma yoğun yapıldığında stok yoğunluğu 80-90 kg m⁻³ yapılmalıdır (Logan and Johnston, 1992). Optimum koşullarda balığın büyüklüğüne göre 15 °C'de, 25 kg m⁻³'ten 90 kg m⁻³'e kadar stoklanabilir (Demir E. ve ark., 2014; Steffens, 1981). Hasat ağırlığına gelmiş balık 50-100 kg/m³'e kadar stoklanabilir

(Steffens, 1981). Saatte 3 defa su değişimi yapılan ve derinliği 30-50 cm olan havuzlarda 20 kg/m^2 ($40-60 \text{ kg/m}^3$) balık stoklanır (Bohl, 1982). Balığın büyüklüğüne bağlı olarak $15 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de hasat yoğunluğu 25 kg/m^3 'ten 45 kg/m^3 'e kadar stoklama yapılabilir. Stoklama yoğunluğu havalandırmayla $80-90 \text{ kg/m}^3$ düzeyinde uygulanabilir (Emre, 2004). Marmara Bölgesi alabalık işletmelerinin ortalama hasat yoğunluklarını küçükten büyüğe doğru işletme kapasitelerine göre 14.5 kg m^{-3} , 15.5 kg m^{-3} ve 21.8 kg m^{-3} olarak hesaplamıştır (Yıldız ve Şener 2003). Rad ve Köksal (2001), ise Türkiye'deki gökkuşağı alabalık işletmelerinin kapasitelerine göre ortalama hasat yoğunlukları göre sırasıyla 15.8 kg m^{-3} , 16.3 kg m^{-3} ve 21.8 kg m^{-3} olarak gözlemlemiştirlerdir. Alabalık stok yoğunluğu, Ege bölgesinde faaliyet gösteren işletmelerinde 21 kg m^{-3} (Elbek, 1983), Korkuteli'nde bulunan kara işletmelerinde 23 kg m^{-3} (Erman ve Küçük, 2016), Aşağı Fırat Havzasında bulunan işletmelerinde en düşük 3.15 kg m^{-3} en yüksek 19.65 kg m^{-3} ve ortalama 11.56 kg m^{-3} (Kuzucu, 2017), Kocaeli ilinde bulunan işletmelerde en düşük 15.70 kg m^{-3} , en yüksek 32.10 kg m^{-3} ve ortalama 20.41 kg m^{-3} (Coşkun, 2019), Kahramanmaraş genelinde en düşük 5.36 kg m^{-3} , en yüksek 23.78 kg m^{-3} ortalama 15.58 kg m^{-3} (Kayacı, 2008), optimum su sıcaklığında iyi havalandırılmış bir suda stok yoğunluğu $25-45 \text{ kg m}^{-3}$ olarak bildirilmiştir (Stevenson, 1980).

Optimum su koşullarında ağ kafeslerde hasada gelmiş balıklarda stok yoğunluğu $20-30 \text{ kg m}^{-3}$ olarak stoklanır (Bohl, 1982; Kieckhäfer, 1983; Ruhdel, 1977). Stok yoğunluğu 20 m^3 kapasiteli ağ kafeslerde maksimum 300 kg olarak üretilir. Ağ kafeslerde 50 gr ağırlığında m^3 'e en fazla 60 adet stoklanmalıdır. Ağ Kafeslerde porsiyonluk (250gr) ağırlığına ulaşmış balıklar $10-15 \text{ kg m}^{-3}$ şeklide stoklanır. (Kieckhäfer, 1983; Stevenson, 1980). Ağ kafeslerde porsiyonluk (250 gr) balıklar $20-30 \text{ kg m}^{-3}$, şeklinde üretilebilir (Crisp et al. ark., 1974). Ağ kafeslerde yetişkin bireylerde $10-25 \text{ kg m}^{-3}$ 'e kadar stoklama yapılabilir (Stevenson, 1980). Ağ kafeslerde porsiyonluk (250gr) balıklar 20 kg m^{-3} ağırlığa kadar stoklanabilir (Büyükhatipoğlu ve ark., 1996). Camlıgöze Barajında ağ kafeslerde yetiştiricilik yapan işletmelerde stok yoğunluğu en düşük 10.43 kg m^{-3} ve en yüksek 12.52 kg m^{-3} , ortalama 11.48 kg m^{-3} olduğu belirlenmiştir olarak hesaplanmıştır Ayrıca Baraj Gölü'nde bulunan işletmelerde porsiyonluk (250gr) balıkların stok yoğunluğunu en düşük 7.65 kg m^{-3} , en yüksek 22.66 kg/m^3 ve ortalama ise 17.32 kg m^{-3} olarak bildirmiştir (Yüngül vd., 2016).

Stok yoğunluğu, yoğun yetiştiricilik sistemleri için "kritik yetiştiricilik faktörü" olarak tanımlanmaktadır (Wedemeyer ve ark., 1997; Schreck ve ark., 1997; Ellis ve ark., 2002). Zira stok yoğunluğu, hem doğrudan kendisi bir etken olarak ve hem de stok yoğunluğunun yarattığı ikincil nedenlerden dolayı balıklarda davranış ve fizyolojilerinde farklılıklar yaratabilecek önemli bir kronik stres kaynağıdır. Bunun sonucu olarak büyümede yavaşlama, bağışıklıkta azalma ve anormal davranışlar geliştirme gibi sonuçlara neden olmaktadır (Irwin ve ark., 1999; Montero ve ark., 1999; Ellis ve ark., 2002; Barton, 2002; Iguchi ve ark., 2003; Barcellos ve ark., 2004; Kristiansen ve ark., 2004; Schram ve ark., 2006). Uygun olmayan stok yoğunluğu, sağlık sorunları ve büyüme performansındaki düşüşler gibi yetiştiricilik açısından çeşitli olumsuzluklar sergileyebilmektedir (Barcellos ve ark., 1999; Montero ve ark., 2001; Ellis ve ark., 2002; Kristiansen ve ark., 2004; Bjornsson and Olafsdottir, 2006; Papoutsoglou ve ark., 2006; North ve ark., 2006).

Ellis ve ark. (2002) stok yoğunluğu arttırıldığında su kalitesindeki azalmaların olduğunu ve buna bağlı olarak balıkların sağlık durumlarında bozulma, yüzgeç erozyonunda artış, saldırgan davranışlar gibi etkilerinde gözlendiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Salas-Letion ve ark. (2008) artan stok yoğunluğu ile kullanılan yem miktarının arttığını ve oksijen tüketiminin yüksek seviyelerde olduğunu belirtmişlerdir. Akpınar (2010) düşük stok gruplarında büyüme parametreleri açısından daha hızlı bir gelişimin ve yem değerlendirmenin görüldüğü, yem çevrim oranı ve yem etkinlik oranı bakımından yüksek stok yoğunluğu gruplarının daha iyi sonuçlar vermesine rağmen, stok yoğunluğunun ortamda stresi arttırdığı, rekabet ve saldırganlıklara neden olabileceğini bildirilmiştir.

Ayrıca düşük stok yapıldığında havuzlar verimli kullanılmamaktadır.

Alabalık işletmelerinde optimum stok yoğunluğu yemlemeye, suyun sıcaklığına, PH ve çözülmüş oksijen değerlerine göre değişim göstermektedir. Bu nedenle alabalık stok yoğunluğu belirleme çalışmaları, bölgesel ya da işletme bazlı olarak yapılması gerekmektedir.

Yapılan literatür araştırmasında, Van ilinde bulunan alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) işletmelerinde herhangi bir stok yoğunluğu tespiti çalışması yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada, alabalıkların optimum büyüme, yem değerlendirme, havuz kullanımı, besin kullanımı, enerji tüketiminin sağlanması, alabalıklar arasındaki rekabetin, saldırganlığın, stresin önlenmesi, havuzlarda kirliliğin yaşanmaması, hastalıklara karşı korunması, işletmelerde en fazla ürünün elde edilmesi, üretim maliyetinin en aza indirilmesi, kazanç, kar ve zarar gibi denklemin ortaya çıkarılarak ekonomik kaybın önüne geçilmesi amacıyla, Van İli Çatak ve Gürpınar ilçelerinde karada kurulu gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) işletmelerinin optimum koşullarda farklı su sıcaklık, PH ve çözülmüş oksijen değerlerine bağlı olarak su kullanım ve havuz kullanım etkinliklerine göre stok yoğunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada elde edilecek verilere göre, Van ilinde bulunan alabalık işletmelerinin belirlenen stok yoğunluğuna göre üretim yaparak işletmelerin birim alanda en uygun ve en verimli şekilde alabalık yetiştiriciliği yapması sağlanacaktır.

MATERYAL VE METOD

Çalışma, Çatak ve Gürpınar ilçelerinde bulunan karada kurulu ve farklı kapasitede olan gökkuşağı alabalığı işletmelerinde su kullanım etkinliği ve havuz kullanım etkinliğine göre iki farklı şekilde stok yoğunluğu hesaplanmıştır.

Su kullanım etkinliğine göre stok yoğunluğu

Su kullanım etkinliği işletmenin verimliliğini ve dolayısıyla ekonomik kazancını etkilemektedir. Yıl boyunca akan 1 L s^{-1} su ile üretilen balık miktarı ($\text{kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$) dikkate alınarak hesaplanma yapılmıştır (Arabacı, 2007). Su kullanım etkinliğine göre stok yoğunluğu iki farklı yöntem ile hesaplanmıştır.

Birinci yöntem;

Van İlinde bulunan Gürpınar ve Çatak ilçelerindeki bulunan alabalık işletmelerinin ortalama su sıcaklık değeri ve tüketilen oksijen miktarından yararlanılarak $P=N/R$ formülünden m^3 'e stoklanacak balık miktarı adet olarak belirlenmiştir (Arabacı, 2007).

- Birinci aşama; $N = (0.25):(0.00143 \times \text{O}_2 \text{ farkı})$
- İkinci aşama; $P = R:N$ 'dir.
- Üçüncü aşama; Tüketilen yem miktarı
- $N =$ Yenilen 1 kg yem için dakikada ihtiyaç duyulan litre için debi
- $0.25 =$ 1 kg yemin metabolize olması için gerekli kg cinsinden oksijen
- $0.00143 =$ Dönüşüm sabiti
- $\text{O}_2 \text{ farkı} =$ Havuz girişindeki – havuz çıkışındaki oksijen
- $P =$ Balığın kg cinsinden yediği yem miktarı
- $R =$ Litre/dakika cinsinden suyun debisi (havuza giren su miktarı)
- Havuz çıkışındaki oksijen miktarı standart olarak 5 mg L^{-1} altına düşmemelidir.
- $1 \text{ L dk}^{-1} = 0.017 \text{ L s}^{-1}$
- Hesaplamalarda havuzlara giren su miktarı $600 \text{ L dk}^{-1} = 10 \text{ L s}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.
- Stok yoğunluğu = P :Balığın beslenme oranı

Kullanılan suyun havuzlardan çıkışta 6 mg L^{-1} çözülmüş oksijen içermesi zorunludur (Steffens, 1981). İşletmelerin çıkış sularında çözülmüş oksijen konsantrasyonu değerleri, tatlı sularda

yetiştiriciliği yapılan alabalıkların yaşamını tehlikeye sokan en düşük konsantrasyonu 5 mg L^{-1} olarak bildirilmiştir (Lawson, 1995). Kırkağaç ve ark. (2009)'ın karasal yerlerde kurulu (30 ton/yıl) gökkuşağı alabalığı işletmesi çıkış sularının çözünmüş oksijen değeri 5.2 mg L^{-1} olduğunu, Boyd and Gautier (2000) ise çıkış suyu çözünmüş oksijen zorunlu değerinin 5 mg L^{-1} 'ye yakın olduğunu bildirmiştir. ABD'de Kuzey Carolina ve Virginia Eyaletinde soğuk sularda yaşayan balıkların yetiştiriciliğini yapan işletmelerin çıkış sularında çözünmüş oksijen değerinin minimum $6.0 - 6.6 \text{ mg L}^{-1}$ düzeyinde (Davis, 1993) olduğunu bildirmiştir.

Havuz çıkışında çözünmüş oksijen miktarı minimum değer olan 5 mg L^{-1} değerinden yararlanılarak hesaplama yapılmıştır.

İkinci yöntem;

Van İlinde bulunan Gürpınar ve Çatak ilçelerindeki bulunan alabalık işletmelerinin ortalama su sıcaklık ve PH değeri ile toksit amonyağın (NH_3) total amonyak içerisindeki yüzdesinden yararlanılarak $P=N:R$ formülünden m^3 'e stoklanacak balık miktarı adet olarak belirlenmiştir (Arabacı, 2007).

- Birinci aşama; $N = (0.032:r):(0.00143 \times 0.02)$ İkinci aşama; $P = R:N$ 'dir.
- Üçüncü aşama; $P/\text{Günlük canlı ağırlığı yüzdesi}$ (**Çizelge 2**)
- $N = \text{Yenilen } 1 \text{ kg yem için dakikada ihtiyaç duyulan litre için debi}$
- $0.032 = 1 \text{ kg yemin metabolize olması sonucu ortaya çıkan kilogram cinsinden total amonyak } (\text{NH}_3+\text{NH}_4) \text{ miktarı}$
- $0.00143 = \text{Dönüşüm sabiti}$
- $0.02 = \text{ppm cinsinden havuzda olabilecek maksimum } \text{NH}_3$
- $\text{O}_2 \text{ farkı} = \text{Havuz girişindeki} - \text{havuz çıkışındaki oksijen}$
- $P = \text{Balığın kg cinsinden yediği yem miktarı}$
- $R = \text{Litre dakika cinsinden suyun debisi (havuza giren su miktarı)}$
- $r = \text{Toksit amonyağın, total amonyak içindeki yüzdesi}$ (**Çizelge 1**)
- $\text{Havuz çıkışındaki oksijen miktarı standart olarak } 5 \text{ mg L}^{-1} \text{ altına düşmemelidir.}$
- $1 \text{ L dk}^{-1} = 0.017 \text{ L s}^{-1}$
- $\text{Hesaplamalarda havuzlara giren su miktarı } 600 \text{ L dk}^{-1} = 10 \text{ L s}^{-1} \text{ olarak belirlenmiştir.}$
- $\text{Stok yoğunluğu} = P:\text{Balığın beslenme oranı}$

Havuz kullanım etkinliğine göre stok yoğunluğu

Havuzların kullanım etkinliğinin göstergesi hasat yoğunluğu dikkate alınmıştır. Hasat yoğunluğu birim havuz hacimden (m^3) elde edilen balık miktarını (kg) olarak ele alınmıştır (Stevenson, 1980; Logan ve Johnston, 1992). Doğru olarak uygulanan stoklama yoğunluğunun sonucu olan hasat yoğunluğu, havuzların dizaynının, su kalitesinin ve iyi yönetimin bir fonksiyonu olup işletmenin verimliliğini ve gelirini etkileyen önemli bir teknik ölçüttür.

Su örneklerinin analiz ölçümleri çalışma alanı olarak belirlenen Çatak (8 adet) ve Gürpınar (4 adet) İlçelerinde bulunan 12 adet alabalık işletmelerinin giriş suyundan yapılmıştır. Su analizlerinden sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), çözünmüş oksijen (ÇO), ve pH ölçümleri HACH Pro multimetre cihazı ile yapılmıştır. Alabalık üretiminde su sıcaklığı ve balıkların canlı ağırlıkları stoklanacak balık miktarının belirlenmesinde önemlidir. Havuzlara saniyede 1 litre su girişiyle stoklanabilecek balık miktarları Çizelge 1'te verilmiştir.

Çatak ve Gürpınar (Van, Türkiye)'da Alabalık Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Stok Yoğunluklarının Belirlenmesi

Çizelge 1. Toksik amonyağın total amonyak içerisindeki yüzdesi (%) (Arabacı, 2007)

PH	Toksik Amonyagın Total Amonyak İçerisindeki Yüzdesi (%)			
	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C
6.2	0.03	0.03	0.04	0.06
6.4	0.03	0.05	0.07	0.10
6.6	0.05	0.07	0.11	0.16
6.8	0.08	0.12	0.17	0.25
7.0	0.13	0.18	0.27	0.40
7.2	0.20	0.29	0.43	0.63
7.4	0.32	0.47	0.69	1.00
7.6	0.50	0.74	1.08	1.60
7.8	0.79	1.16	1.71	2.45
8.0	1.24	1.83	2.68	3.83
8.2	1.96	2.87	4.18	5.93
8.4	3.07	4.47	6.47	9.09
8.6	4.78	6.90	9.88	13.68
8.8	7.36	10.51	14.80	20.07
9.0	11.18	15.57	21.59	28.47

Çizelge 2. Alabalığın günlük canlı ağırlığının yüzdesi (%) (Arabacı, 2007)

Yem Büyüklüğü Su Sıcaklığı (°C)	Yem								
	300- 500	500- 800	800- 1.200	1.200- 1.500	1,5 mm	2 mm	3 mm	4.5 mm	6 mm
4-6	2.3	2.2	2.1	1.9	-	-	-	-	-
6-7	-	-	-	-	1.6	1.5	1.3	1.2	1.1
6-8	2.2	2.6	2.4	2.3	-	-	-	-	-
7-8	-	-	-	-	1.7	1.6	1.5	1.3	1.2
8-9	-	-	-	-	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4
8-10	3.2	2.9	2.6	2.5	-	-	-	-	-
9-10	-	-	-	-	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5
10-11	-	-	-	-	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7
10-12	3.6	3.3	3.0	2.9	-	-	-	-	-
11-12	-	-	-	-	2.3	2.3	2.2	2.0	1.8
12-13	-	-	-	-	2.5	2.4	2.3	2.1	2.0
12-14	4.0	3.8	3.4	3.2	-	-	-	-	-
13-14	-	-	-	-	2.6	2.5	2.5	2.3	2.0
14-15	-	-	-	-	2.7	2.6	2.6	2.3	2.5
14-16	4.3	4.1	3.8	3.5	-	-	-	-	-
15-16	-	-	-	-	2.4	2.6	2.6	2.3	2.1
16-17	-	-	-	-	2.7	2.5	2.3	2.1	2.0
16-18	4.0	3.8	3.4	3.7	-	-	-	-	-
17-18	-	-	-	-	2.5	2.4	2.4	2.1	1.0
18-20	3.3	3.0	2.6	2.4	-	-	-	-	-
Balık Ağırlığı (gr/adet)	0.05-1.5	1.50-2.5	2.5-5.0	5.0-8.0	8-15	15-35	35-70	70-150	150-400

Normal pelet yem üreten bir firmanın sofralık alabalıklar için beslenme kartı

Gökkuşığı alabalığı işletmelerinde stok yoğunluğu hesaplamasında yem üreten bir firmanın sofralık alabalıklar için beslenme kartından yararlanmıştır.

Örnekleme suyun işletmeye giriş yerlerinde ve işletmeyi temsil etme özelliğine sahip olması dikkate alınarak yapılmıştır. İşletmeler seçilirken, Van ilinde alabalık yetiştiriciliğinin yoğun olduğu ilçeler seçilmiştir. Aynı zamanda bu ilçelerdeki farklı su kalitesi ve iklim özellikleri, kaynak ya da dere suyu kullanma gibi farklı faktörler göz önüne alınmıştır. Bu amaçla Gürpınar ve Çatak ilçelerinde

faaliyet gösteren farklı kapasitedeki alabalık işletmelerinde bir yıllık sıcaklık, PH ve çözünmüş oksijen ölçümler yapılarak ortalama değerleri alınmıştır. Yerinde yapılan sıcaklık, PH ve çözünmüş oksijen ölçümleri HACH HQ 40d ve YSI Pro marka multimetre cihazı kullanılarak kayıt altına alınmıştır.

Verilerin Analizi

Bu çalışmada, Gürpınar ve Çatak İlçelerinde bulunan işletmelerin sıcaklık, çözünmüş oksijen PH, balık ağırlığı, çözünmüş oksijen esaslı stok yoğunluğu, metabolik atık esaslı stok yoğunluğu değerlerinin one-way ANOVA varyans analizleri yapılmıştır. Elde değerlerin ortalamaları değerler COSTAT 6.3 versiyon istatistik programı aracılığı ile varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar LSD çoklu karşılaştırma testi ile $p < 0.05$ seviyesinde analiz edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma boyunca karasal bölgelerde kurulu kapasiteleri farklı olan Gürpınar ilçesinde 4 adet (Şekil 1) ve Çatak ilçesinde 8 adet (Şekil 2) olmak üzere toplam 12 adet (Şekil 3) gökkuşağı alabalık işletmesinin giriş sularında su sıcaklığı, PH ve çözünmüş oksijen değerleri bulunmuştur. İşletmelerde yetiştiricilik enstantif olarak yapılmaktadır. İşletmelerde üretim kaynak suları ile yapılmaktadır. Kaynaktan havuzlara su girişleri ayrı ayrı tahsis edilmiştir. Çatak ve Gürpınar ilçelerinde bulunan işletmelerin tamamında iki çeşit (skretting ve gümüşdoğa) yem kullanılmaktadır. Yavru için genelde skretting yem, büyüme aşamasında skretting ve gümüşdoğa yemleri birlikte kullanılmaktadır. Yemleme elle yapılmakta olup balıklara günde ortalama 3 defa yem verilmektedir. Yemleme miktarı bahar aylarında fazla, yazın suyun sıcak olması, balıkların hasat edilmesi ve kışın suyun soğuk olmasından dolayı azdır. Gürpınar ve Çatak İlçesinde bulunan işletmelere gelen kaynak sularının debileri ve bulanıklığı bahar aylarında eriyen kar sularından dolayı yükselmektedir.

Gürpınar İlçesinde kışları uzun kar yağışlı ancak çok sert geçmemektedir. Gürpınar merkezde karada kurulu alabalık işletmeleri Başbulak ve Mejingir kaynaklarından gelen sular ile yetiştiricilik yapmaktadır. İşletmelerin bulunduğu bölgelerde su sıcaklığı çok düşük olmadığından ve sularda *Gammarus sp. vb.* doğal yemler olduğundan dolayı balıklar pazarlık ağırlığa ulaşma sürelerini azaltmaktadır. Gürpınar İlçesi rakımı ise 1740 m'dir.

Çatak İlçesinde kışlar uzun, yağışlı ve çok sert geçtiğinden dolayı, işletmelerin bulunduğu bölgelerde su sıcaklıkları oldukça düşüktür. Bundan dolayı kış aylarında fazla yemleme yapılmadığından yavru balıklar pazarlık ağırlığa uzun sürede gelmektedir. Çatak ilçesinde bulunan alabalık işletmelerinde kış ayında hava ve yol şartlarından dolayı, yerinde yapılan su analiz ölçümlerinde zorluk yaşanmıştır. Çatak İlçesi Bilgi ve Alacayar bölgelerinde karada kurulu alabalık işletmeleri Çemik, Kanişor, Beyazsu, Alacayar ve Beyazpınar kaynaklarından gelen sular ile yetiştiricilik yapmaktadır. Çatak İlçesinin rakım ise 1512 m'dir.



Şekil 1. Gürpınar İlçesinde bulunan alabalık işletmeleri (a: Şifa, b: Miss, c: Bereket, d: Önem)



Şekil 2. Çatak İlçesinde bulunan alabalık işletmeleri (a: Esenler, b; Buzlupınar, c: Beyazsu, d: Şahin, e: Kısımet, f: Katar, g: Özçatak, h: Yeşilsu)



Şekil 3. Çalışma alanı alabalık işletmeleri uydu görüntüsü (Gürpınar; 1, 2 ve Çatak; 3, 4, 5) <http://earth.google.com>, 2021)

Çatak ve Gürpınar İşletmelerinde kaynakların tesislere giriş noktalarında ölçümler yapılarak su sıcaklık değerleri bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 3. Van ili alabalık üretim tesislerinde su sıcaklık (°C) değişim değerleri

Aylar	Gürpınar			Çatak		
	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)
Ocak	8.5	9.1	8.8	8.3	8.9	8.6
Şubat	9.1	9.5	9.3	8.6	9.4	9.0
Mart	11.1	11.5	11.3	9.0	9.6	9.3
Nisan	13.9	14.5	14.2	8.9	9.5	9.2
Mayıs	16.8	17.2	17.0	8.9	9.5	9.2
Haziran	17.3	17.7	17.5	9.1	9.9	9.5
Temmuz	18.0	18.6	18.3	9.7	10.3	10.0
Ağustos	17.7	18.1	17.9	9.6	10.4	10.0
Eylül	16.3	16.7	16.5	9.7	10.3	10.0
Ekim	14.7	15.3	15.0	9.5	10.3	9.9
Kasım	12.2	12.6	12.4	9.3	9.7	9.5
Aralık	9.8	10.4	10.1	8.5	9.3	8.9
Ortalama	13.78±3.53	14.27±3.51	14.03±3.52	9.09±0.48	9.76±0.48	9.43±0.48

Gürpınar ve Çatak İlçelerinde bulunan işletmelere gelen kaynak sularında ortalama su sıcaklık değerlerinden yararlanılmıştır.

Alabalık işletmelerinde yapılan ölçümlerde su sıcaklık değerleri Gürpınar İlçesinde en düşük 8.5 °C, en yüksek 18.0 °C ve ortalama 14.03±3.52 °C, Çatak İlçesinde en düşük 8.9 °C, en yüksek 10.4 °C ve 9.43±0.48 °C olarak bulunmuştur. Gökkuşuğu alabalığının yetiştiriciliği için optimum su sıcaklığı 15-20 °C ve kuluçkahanede alabalıklar için kullanılacak suyun su sıcaklık değeri optimum 8-10 °C olmalıdır (Lindhorst Emme, 1990). Gürpınar ilçesinde bulunan işletmelerin su sıcaklık değerleri

alabalık porsiyonluk (250 gr) yetiştiriciliği için, Çatak ilçesinde bulunan işletmelerin su sıcaklık değerleri ise kuluçkahanede keseli ve yavru alabalık yetiştiriciliği için uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. Van ili alabalık üretim tesislerinde çözünmüş oksijen (mg L^{-1}) ve PH değişim değerleri

Aylar	Gürpınar		Çatak	
	Ç.O	PH	Ç.O	PH
Ocak	13.6	7.85	11.7	8.07
Şubat	13.7	7.88	11.5	8.11
Mart	12.7	7.95	11.2	8.33
Nisan	13.2	7.95	11.6	8.42
Mayıs	11.5	8.20	11.8	8.51
Haziran	11.2	8.26	11.3	8.64
Temmuz	10.7	8.18	10.9	8.55
Ağustos	11.1	8.16	10.9	8.51
Eylül	11.6	8.16	11.0	8.49
Ekim	12.5	8.05	11.1	8.33
Kasım	12.9	7.84	11.2	8.19
Aralık	13.4	7.76	11.5	8.08
Ortalama	12.35±1.05	8.03±0.15	11.31±0.31	8.35±0.20

Çözünmüş oksijen değerleri Çatak İlçesinde en düşük 10.9 mg L^{-1} , en yüksek 11.8 mg L^{-1} ve ortalama $11.31 \pm 0.31 \text{ mg L}^{-1}$, Gürpınar İlçesinde en düşük 10.7 mg L^{-1} , en yüksek 13.7 mg L^{-1} ve ortalama $12.35 \pm 1.05 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Çözünmüş oksijen değeri $10 \text{ }^\circ\text{C}$ de 11.25 mg L^{-1} , $15 \text{ }^\circ\text{C}$ de ise 10.07 mg L^{-1} olduğu belirtilmiştir (Koch et al., 1976). Çözünmüş oksijen değeri $10 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 1524 m rakımda 9.43 mg L^{-1} ve $15 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 1740 m rakımda yaklaşık 8.21 mg L^{-1} 'dir (Arabacı, 2007). Aynı sıcaklıkta rakım artıca çözünmüş oksijen değeri düşmektedir. Ancak, rakım olarak Gürpınar İlçesi, Çatak İlçesinden yüksek olmasına rağmen çözünmüş oksijen değeri daha yüksek olduğu, ayrıca Çatak ilçesinde bulunan suların çözünmüş oksijen değeri Koch et al. (1976) bulduğu değerler ile birbirine çok yakın olmasına rağmen Gürpınar İlçesinde bulunan işletmelerin çözünmüş oksijen değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumların nedeninin sularındaki alg miktarı, fotosentez yoluyla oksijen üreten bitkiler, suyun saflığı, rüzgarın sebep olduğu karışımlar, suda organik madde konsantrasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kuluçkahanede bulunan yavru alabalıkları için, çözünmüş oksijen değerleri $9\text{-}11 \text{ mg L}^{-1}$ arasında ve alabalık porsiyon (250 gr) yetiştiriciliği için 7 mg L^{-1} 'nin üstünde olmalıdır (Lindhorst Emme, 1990). Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre 1. Sınıf çözünmüş oksijen miktarı 8 mg L^{-1} 'dir. Çatak ilçesinde bulunan işletmelerin çözünmüş oksijen değerleri kuluçkahanede keseli ve yavru alabalık yetiştiriciliği için uygun olduğu, ancak Çatak ve Gürpınar ilçelerinde bulunan işletmelerin çözünmüş oksijen değerlerinin, pazar ağırlığına (250 gr) gelmiş alabalıkların ihtiyacı olan optimum değerlerden çok yüksek olduğu görülmüştür.

PH değerleri Çatak İlçesinde en düşük 8.07, en yüksek 8.64 ve ortalama 8.35 ± 0.20 , Gürpınar İlçesinde en düşük 7.76, en yüksek 8.26 mg L^{-1} ve ortalama 8.03 ± 0.15 olarak bulunmuştur. Gökkuşacağı alabalığının yetiştiriciliği için PH sınır değeri 5.5-8.5 ve kuluçkahanede alabalıklar için kullanılacak suyun PH değeri optimum 6.5-7.5 olmalıdır (Lindhorst Emme, 1990). Gürpınar ve Çatak ilçesinde bulunan işletmelerin PH değerleri kuluçkahanede keseli ve yavru alabalık yetiştiriciliği için yüksek olduğu, alabalık porsiyon (250 gr) yetiştiriciliği için Gürpınar ilçesinde bulunan işletmelerin sularındaki PH değerlerinin uygun olduğu, Çatak İlçesinde bulunan işletmelerin sularındaki PH değerinin ise uygun ancak üst sınır değerine de yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Alabalıkların çözülmüş oksijen ve metabolik atık esaslı stok yoğunluğu (1 L s⁻¹)

İlçe	Sıcaklık (°C*)	Ç.O (mg/l)	PH	Balık Ağırlığı (gr)	Çözülmüş Oksijen Esaslı Stok Yoğunluğu (adet)	Metabolik Atık Esaslı Stok Yoğunluğu (adet)
Gürpınar	11.3	12.7	7.95	1	73.400	74.550
	14.2	13.2	7.95	2	36.100	27.500
	17.0	11.5	8.20	4	16.400	8.100
	17.0	11.2	8.26	7	8.600	4.350
	17.5	11.2	8.26	10	8.500	4.230
	18.3	10.7	8.18	25	3.550	2.000
	17.9	11.1	8.16	50	1750	1.000
	16.5	11.6	8.16	100	1.030	810
	12.4	12.9	7.84	250	540	750
Ortalama	15.8 a	11.8	8.1	49.9	16.652	13.699
Çatak	9.3	11.2	7.95	1	66.500	58.600
	9.2	11.6	7.95	2	39.050	20.800
	9.5	11.3	8.64	4	20.800	7.500
	10.0	10.9	8.55	7	10.700	4.100
	10.0	10.9	8.51	10	10.100	3.900
	10.0	11.0	8.49	25	4.100	1.900
	9.9	11.1	8.33	50	2.150	1.500
	8.9	11.5	8.08	100	1.390	1.100
	9.0	11.5	8.11	250	615	810
Ortalama	19.5 b	11.2	8.3	49.9	17.267	11.134
LSD (0.05)	1.819	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

* Aynı sütunda yer alan a ve b harfleri ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde fark vardır. Ö.D. Aynı sütunda yer alan farklı ortalamalar arasında istatistiksel olarak p<0.05 seviyeleri için önemli değil.

Alabalık için ideal stoklama yoğunluğu ile ilgili birçok yayımlanmış rakamlar vardır. Bir işletmede en uygun stok yoğunluğu o bölgenin çevre koşullarına, üretim modeline göre farklılık göstermektedir. Bundan dolayı her alabalık işletmesi yemleme, sıcaklık ve oksijen arasındaki dengeye göre optimum stok yoğunluğu belirlenir.

Çalışmada, Gürpınar ve Çatak İlçelerinde bulunan işletmelerde elde edilen değerlerin ortalamaları arasında yapılan varyans analizi sonucunda, sıcaklık değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli görülmüştür (p<0.05). Ancak, PH, çözülmüş oksijen, balık ağırlığı, çözülmüş oksijen esaslı stok yoğunluğu, metabolik atık esaslı stok yoğunluğu değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli görülmemiştir. (p<0.05).

Bu çalışmada, su kullanım etkinliği ve havuz kullanma etkinliklerine göre göre stok yoğunlukları belirlenmiştir.

Su kullanım etkinliğine göre stok yoğunluğu

Bu çalışmada elde edilen verilere göre, 1 kg L⁻¹ su ile yılda elde edilen ortalama alabalık miktarının, çözülmüş oksijen ve metabolik atık esasına göre stok yoğunluğu, Gürpınar İlçesinde bulunan alabalık işletmeleri için, 135 kg L⁻¹ s⁻¹ ve 187.5 kg L⁻¹ s⁻¹, Çatak İlçesinde bulunan alabalık işletmeleri için, 153.75 kg L⁻¹ s⁻¹ ve 202.50 kg L⁻¹ s⁻¹ arasında hesaplanmıştır. Gürpınar ve Çatak İlçelerinde bulunan karada kurulu işletmelerin yavru alabalık döneminde çözülmüş oksijen esaslı stok yoğunluğu, metabolik atık esaslı stok yoğunluğundan fazla, ancak hasat döneminde tam tersine bir durum söz konusudur. Bu durum suyun sıcaklığından, çözülmüş oksijen, PH, havuzlardaki metabolik atık, verilen yem miktarlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda su kullanım etkinliğine göre elde edilen alabalık stok yoğunluğu değerleri, Bromage, (1988), Gockowski ve Keller, (1988) ve Rad, (1999)'ın bildirdiği değerler ile paralellik gösterdiği, Bardach ve ark., (1972), Sedgwick, (1985), Çelikkale, (1988), Çelikkale, (1994) ve Atay,

(1995)'ın bildirdiği değerlerinden yüksek, Emre, (2004), Alpbaz, (1987) ve Logan ve Johnston, (1992)'ın bildirdiği değerlerden düşük olduğu saptanmıştır. İyi havalandırılmış sulara 588 kg (Logan and Johnston, 1992) alabalık üretim yapılabildiği saptanmıştır. Bundan dolayı işletmelerde ek havalandırma yapılarak 1 lt s⁻¹'lik su girişli havuzlarda daha fazla alabalık stoklanabilir.

Havuz kullanım etkinliğine göre stok yoğunluğu

Bu çalışmada, elde edilen veriler sonucunda, havuzlarda bulunan alabalıkların m³'e stok yoğunluğu, Çatak İlçesinde bulunan alabalık işletmelerinde 15.38 kg m⁻³ ve 20.25 kg m⁻³ arasında ve Gürpınar İlçesinde bulunan alabalık işletmelerinde, 13.5 kg m⁻³ ve 18.75 kg m⁻³ arasında hesaplanmıştır.

Çalışma sonucunda havuz kullanım etkinliğine göre elde edilen alabalık stok yoğunluğu değerleri, Yıldız vd., (2003), Rad ve Köksal (2001) ve Kayacı, (2008)'nin bildirdiği değerlere benzer, Yıldırım, (1998), Logan Johnston, (1992), Yoloğlu, (1997), Demir E. ve ark., (2014), Steffens, (1981), Elbek, (1983), Erman ve Küçük, (2016), Coşkun, (2019), ve Kayacı, (2008)'nin bildirdiği değerlerden düşük ve Kuzucu, (2017)'nin bildirdiği değerlerden yüksek bulunmuştur.

İşletmelerdeki suyun kalitesi ve miktarı ile havuzların yapısının fonksiyonu olan hasat yoğunluğu da işletme performansını yakından ilgilendiren bir ölçüttür. Elde edilen stok yoğunluklarının bildirişlerde belirtilen değerler ile farklılık göstermesi, havuzlara gelen su miktarı ve kalitesi, su sıcaklığı ve değişim sınırları, suyun çözünmüş oksijen içeriği, yemim içeriği, yemleme şekli, PH vb. değerlerden kaynaklandığı, işletmeler arasındaki stok yoğunluğunun farklı olması ise işletmelere gelen suyun sıcaklığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

SONUÇ

Gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinde yemleme şekli, yem içeriği, balık büyüklüğü, havuz temizliği, sıcaklık, metabolik atık, stok yoğunluğu, çözünmüş oksijen, PH vb. değerlerinin optimum düzeyde olması, gökkuşuğu alabalıkların kısa zamanda pazarlık (250 gr) ağırlığına ulaşması açısından önemlidir. Yetiştiricilikte en önemli konulardan birisi de yetiştiriciliğin yapıldığı su şartlarında en uygun balık stokunun yapılabilmesidir. Alabalık işletmelerinde en iyi şartlarda (yemleme, temizlik, havalandırma, su parametreleri vb.) kısa zamanda en çok ürün elde etmek için havuzlarda optimum stoklama ile yapılır. Alabalık işletmelerinde yemleme, PH, sıcaklık ve çözünmüş oksijen arasındaki dengeye göre optimum stok yoğunluğu belirlenir. Bu dengeyi sağlayan değerler alabalıkların büyümesi açısından olumsuz yönde değişkenlik gösterdiği zaman stok yoğunluğunun azaltılması gerektiği düşünülmektedir. Stok yoğunluğunun azaltılması ekonomik bir kayba neden olabilir. Düşük stok yoğunluğunun ise balıklarda rekabet ve saldırganlıklara neden olabilir. Ayrıca, hasat yoğunluğunun düşük olması ülkemizdeki alabalık işletmelerinde 1 kg balık üretiminde daha fazla havuz hacmine gereksinim duyulduğunu göstermektedir. Bu durum, birim ürün başına düşen sabit yatırım tutarını ve dolayısıyla faiz, amortisman ve bakım-onarım giderinin ülkemizdeki alabalık işletmelerinde daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Buda daha yüksek üretim maliyetine yol açmaktadır. Ayrıca, yüksek stok yoğunluğunun kültüre alınan balıklar üzerinde düşük besin kullanımı ve davranış değişikliğine sebep olabilir. Bu durum, büyüme hızında azalma ve mortaliteye, ayrıca kronik strese ve yüksek düzeyde enerji tüketmelerine sebep olmaktadır.

Tüm bu değerlendirmelerde de anlaşılacağı üzere, Gürpınar ve Çatak İlçelerinde bulunan alabalık işletmelerinde belirlenen stok yoğunluklarına göre stoklama yapılmasının uygun ve ekonomik olacağı kanaatine varılmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde taşıma kapasitesinin belirlenmesi ve bu kapasitenin aşılması kirlilik seviyesinin artmaması açısından, belirlenen stok yoğunluğuna uyulması büyük önem arz etmektedir. Bu sebepler dikkate alınarak yapılan çalışmada, su kullanım etkinliği bakımından 1 kg L⁻¹ su ile yılda elde edilen ortalama alabalık miktarının, çözünmüş oksijen ve

metabolik atık esasına göre stok yoğunluğunun, Gürpınar İlçesinde bulunan alabalık işletmeleri için, $135 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ve $187.5 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$, Çatak İlçesinde bulunan alabalık işletmeleri için, $153.75 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ve $202.50 \text{ kg L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ arasında ve havuz kullanım etkinliğine göre, havuzlarda bulunan alabalıkların m^3 'e stok yoğunluğunun, Çatak İlçesinde bulunan alabalık işletmelerinde 15.38 kg m^{-3} ve 20.25 kg m^{-3} arasında ve Gürpınar İlçesinde bulunan alabalık işletmelerinde, 13.5 kg m^{-3} ve 18.75 kg m^{-3} arasında yapılması uygun olacaktır. Birim hacimden üretim maliyetlerini düşürmek ve fazla ürün elde etmek için belirlenen stok yoğunluğu ile üretim yapılmasının ekonomik olacağı saptanmıştır. Bu çalışmanın sonraki çalışmalara örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Alpbaz A, 1987. Pratik Alabalık Yetiştiriciliği. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Yüksek Okulu Yayınları (Teknik Bülten), No:2, İzmir, 39 s.
- Arabacı M, 2007. Gökkuşluğu Alabalığı Yetiştiriciliği. Van, Doğu Anadolu Kalkınma Programı Tarım ve Kırsal Kalkınma Bileşeni 2007, pp.112.
- Atay D, 1995. Balık Üretim Tesisleri ve Planlaması. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları 1415, II. Baskı, Ankara. 247s.
- Barcellos LJ, Kreutz LC, De Souza C, Rodrigues LB, Fioreze I, Quevedo RM, Cericato L, Soso AB, Fagundes M, Conrad J, Lacerda LA, Terra S, 2004. Hematological changes in jundia (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard Pimelodidae) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. *Aquaculture* 237, 229–236.
- Barcellos LJG, Nicolaiewsky S, De-Souza SMG, Lulhier F, 1999. The effects of stocking density and social interaction on acute stress response in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquac. Res.* 30, 887–892.
- Bardach JE, Ryther JH, McLarney WO, 1972. *Aquaculture: the farming and husbandry of freshwater and marine organisms*. Wiley-Interscience, New York. 868 p.
- Barton, BA, 2002. Stress in fish: a diversity of response with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Soc. Integ. Comp. Biol.* 42, 517–525.
- Bayram A ve Kankal M, 2015. Artificial neural network modeling of dissolved oxygen concentration in a Turkish Watershed. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(4), 1507- 1515.
- Bjonsson B, Olafsdottir SR, 2006. Effects of water quality and stocking density on growth performance of juvenile cod (*Gadus morhua* L.). *ICES J. Mar. Sci.* 63, 326–334.
- Bohl M, 1982. *Zucht und Produktion von Süßwasserfischen*. DLG-Verlag, 336 s. Frankfurt (Main).
- Boyd CE ve Gautier D, 2000. Effluent composition and water quality standards. *Global Aquaculture Advocate*, 3: 61-66.
- Bromage, N ve Camaranatunga R, 1988. Egg production in the rainbow trout, recent advances in aquaculture, 3, 63-137.
- Büyükhatipoğlu Ş, Erdem M, Aral O, Tarakçı Y, Ağırağaç C, 1996. Karadeniz'de Ağ Kafeslerde Farklı Stoklama Yoğunluklarının Gökkuşluğu Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W. 1792) Büyümesi Üzerine Etkileri. *Türk Veteriner Hekimler Dergisi*, Cilt 20: 137- 142.
- Coşkun M, 2019. Kocaeli İli Su Ürünleri Yetiştiriciliği İşletmelerinin Yapısal ve Biyo-Teknik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Crisp DT, Mann RHK, McCormack Jean C, 1974. The Populations of Fish at Crow Green. Upper Teesdale. *Journal of Applied Ecology* 11. 969-996.
- Çelikkale MS, 1994. İç Su Balıkları Yetiştiriciliği. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu Yayını, Cilt 1, 419s. Trabzon.
- Çelikkale MS, 1988. İç su Balıkları ve Yetiştiriciliği, Cilt I, KTÜ. Sürmene D.B.Tek. Yüksekokulu, Trabzon.
- Davis J, 1993. Survey of Aquaculture Effluents Permitting and 1993 Standards In The South. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication No: 465., 4 p., USA.

- Demir E, Eseceli H, Yıldız M, Azak H, 2014. Alabalık, Levrek ve Çipura Yetiştiriciliği. Balık Yetiştiricileri, Teknik Personel ve Mesleki Eğitim Öğrencileri İçin FISHFARM Projesi, Eğitim ve Yayım Kitapçığı (e-book), Sayfa 38,40,41, Balıkesir.
- Elbek AG, 1983. Ege bölgesinde tatlısu ürünleri üreten işletmelerin yapısal ve ekonomik analizi. Doğa Bilim Dergisi, 7, 133-140.
- Ellis T, North B, Scott AP, Bromage NR., Porter M, Gadd D, 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. Journal of Fish Biology, 61: 493-531.
- Emre Y, 2004. Alabalık Yetiştiriciliği, Başbakanlık GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.
- Emre Y ve Kürüm V, 2007. Havuz ve Ağ Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği. Tarım ve Orman Bakanlığı Merkez Kütüphanesi. Yer Numarası: M12 EMR.
- Erman E ve Küçük F, 2016. Korkuteli (Antalya)'deki alabalık işletmelerinin yapısal analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 12 (1), 58-74.
- Gockowski JJ, Keller, LH, 1988. An Economic Analysis of Trout Production in Tennessee, Univ., Exp.Stn., Rep. 88-02, Tennessee Agriculture, 31 pp.
- Günay PD, 2018. Su Kimyası ve Kimyasal Temel İşlemler. Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Balıkesir.
- Güner DD, 2011. Limnoloji, İç Kullanımlar İçin Limnoloji Ders Notları (Derleme). Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Edirne.
- Iguchi, K, Ogawa K, Nagae M, Ito F, 2003. The influence of rearing density on stress response and disease susceptibility of ayu (*Plecoglossus altivelis*). Aquaculture 220, 515-523.
- Irwın S, O'halloran J, Fitzgerald RD, 1999. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). Aquaculture Research, 178:77-88.
- Kayacı A, 2008. Kahramanmaraş ilinde su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmelerin yapısal ve biyo-teknik analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Üniversitesi. Su Ürünleri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Kristiansen TS, Ferno A, Holm JC, Privitera L, Bakke S, Fosseidengen JE, 2004. Swimming behaviour as an indicator of low growth rate and impaired welfare in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared at three stocking densities. Aquaculture 230, 137-151.
- Kırkağaç UM, Pulatsü S, Topçu A, 2009. Trout Farm Effluent Effects On Water Sediment Quality And Benthos. Clean-Soil Air Water, cilt.37, sa.4-5, ss.386-391, 2009 (SCI-Expanded).
- Kieckhäfer H, 1983. Fischzucht in Gehegen. Verlag Paul Parey, 75 s. Hamburg und Berlin.
- Koch W, Bank O, Günter J, 1976. Fischzucht. Verlag Paul Parey. 262 s. Hamburg und Berlin.
- Kuzucu O, 2017. Aşağı Fırat havzasında kafes balıkçılığı yapan işletmelerin yapısal ve biyo-teknik analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Üniversitesi. Su Ürünleri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Lawson TB, 1995. Fundamentals of Aquaculture Engineering. Chapman and Hall, 335 p., New York.
- Lindhorst Emme W, 1990. Forellenzucht. Verlag Paul Parey. 157 s. Hamburg und Berlin.
- Logan SH, Johnston WE, 1992. Economics of Commercial Trout Production. Aquaculture, 100: 25-46.
- MEB, 2015. Alabalık Yetiştiriciliği. Ders Kitabı, Ankara.
- Metcalf NB, 1986. Intraspecific Variation in Competitive Ability and Food Intake in Salmonids; Consequences for Energy Budgets and Growth Rates. Journal Fish Biology., 28:525-531.
- Montero D, Izquierdo MS, Tort L, Robana L, Vergar JM, 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. Fish Physiology and Biochemistry, 20: 53-60.
- Montero D, Robana LE, Socoro J, Vergara JM, Mort L, Izquierdo MS, 2001. Alteration of liver and muscle fatty acid composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles held at high stocking density and fed an essential fatty acid deficient diet. Fish Physiol. Biochem. 24, 63-72.
- North BP, Turnbull JF, Ellis T, Porter MJ, Miquaud H, Bron J, Bromage NR, 2006. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 255, 466-479.
- Papoutsoglou SE, Karakatsoulı N, Pizzonia G, Dalla C, Polissidis A, Papadopoulou-Daifoti Z, 2006. Effects of rearing density on growth, brain neurotransmitters and liver fatty acid composition of juvenile white sea bream *Diplodus sargus* L. Aquac. Res. 37, 87-95.

- Rad F, 1999. Türkiye’de gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) işletmelerinin teknik ve ekonomik analizi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Rad F ve Köksal G, 2001. Türkiye’deki Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) İşletmelerinin Yapısal ve Biyo-Teknik Analizi. Tübitak Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi 25, 567-575 s.
- Ruhdel HJ, 1977. Leitfaden Für Forellenfütterung. Fuko-Kraft Futter Fabrik. 74 s. Ulm. (Donau).
- Salas-Letion E, Angus V, Manchado M, Canavate JP, 2008. Growth, Feeding and Oxygen Consumption of Senegalese Sole (*Solea senegalensis*) Juveniles Stocked at Different Densities. Aquaculture, Article in Press.
- Schreck CB, Olla BL, Dawis MW, 1997. Behavioral responses to stress. In: Iwama G K, Pickering A D, Sumpter J P, Schreck C B, Fish Stress and Health in Aquaculture. Society for Experimental Biology Seminar Series, vol. 62. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., pp. 145–170.
- Schram E, Van Der Heul JW, Kamstra A, Verdegem MCJ, 2006. Stocking density-dependent growth of Dover sole (*Solea solea*). Aquaculture, 252 :339– 347.
- Sedgwick SD, 1985. Trout Farming Handbook, 4 th Edn. Fishing News Books, Oxford.
- Steffens W, 1981. Moderne Fischwirtschaft. Verlag. J. Neumann-Neudamm, 375 s. Melsungen. Berlin.
- Stevenson JP, 1980. Trout Farming Manuel. Fishing News Books Limited Farnham, Surrey, England, 186.
- Yıldız M ve Şener E, 2003. Karadeniz Bölgesi’ndeki Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) ve Deniz Levreği (*Dicentrarchus labrax*) Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Yapısal Analizi ve Biyo-Teknolojik Özellikleri, İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 29 (2): 241-252.
- Yüngül M, Karaman Z, Dörücü M, 2016. Çamlığöze Baraj Gölü’ndeki Alabalık İşletmelerinin Yapısal, Biyoteknik ve Yetiştiricilik Mekanizasyonu Yönünden İncelenmesi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 9 (2): 01-09, 2016.
- Taş B, 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. Ekoloji, 15(60): 1-6.
- Yoloğlu Ş, 1997. Normal Pigmentli ve Albino Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) Yavrularının Büyüme Performanslarının Karşılaştırılması. Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Wedemeyer GA, 1997. Effects of rearing conditions on the health and physiological quality of fish in intensive culture. In: Iwama G K, Pickering A D, Sumpter J P, Schreck C B (Eds.), Society for Experimental Biology Seminar Series, vol. 62. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., pp. 35–71.
- Yıldırım Ö, 1998. Balıkhaneye Artıklarının Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792)’nın Beslenmesinde Kullanım Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız JG, 2010. Stok Yoğunluğunun Minekop (*umbrina cirrosa*, lin. 1758) Yavrularının Yaşama Oranları ve Büyüme Performansları Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tuz stresi Koşullarında Yetiştirilen Çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) Fidelerinde Vermikompost Uygulamalarının Morfolojik ve Fizyolojik Değişimler Üzerindeki Etkileri

Rüveyde TUNÇTÜRK¹  Murat TUNÇTÜRK¹  Rüya ARMAN²  Lütfi NOHUTÇU¹  Ezelhan ŞELEM³ 

¹Van Yüzyüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye.

²Raif Türkoğlu İlkokulu, Diyarbakır, Türkiye.

³Van Yüzyüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye Meslek Yüksek Okulu, Peyzaj ve Süs Bitkileri Bölümü. Van, Türkiye.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ezelhan ŞELEM, e-mail: ezelhanselem@yyu.edu.tr

Özet: Yürütülen çalışmada farklı tuz dozlarına (kontrol (0), 50, 100, 150 mM NaCl)) tabi tutulan çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) bitkisinde farklı vermicompost uygulamalarının (1. Ortam: tarla toprağı + %20 torf, 2. Ortam: %50 tarla toprağı + %30 vermicompost + %20 perlit, 3. Ortam: %40 tarla toprağı + %40 vermicompost+ %20 perlit, 4. Ortam: %30 tarla toprağı + %50 vermicompost+ %20 perlit) bazı morfolojik ve fizyolojik değişimler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre faktöriyel düzende 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Kök uzunluğu, azot balans indeksi (NBI) ve yaprak dokularında iyon sızıntısı miktarı üzerinde tuz uygulamalarının etkisi kontrole göre arttırıcı yönde olurken, diğer tüm parametreler üzerindeki etkisi kontrol ile kıyaslandığında azaltıcı yönde olmuştur. Büyüme ortamları ise kontrol ile kıyaslandığında, tüm parametreler üzerinde olumlu ve arttırıcı etkiye neden olmuştur. Çalışmada, büyüme parametreleri açısından en iyi sonuçlara O2 büyüme ortamından (%50 tarla toprağı + %30 vermicompost+ %20 perlit), fizyolojik parametreler bakımından ise en iyi sonuçlara, O2 (%50 tarla toprağı + %30 vermicompost+ %20 perlit) ve O3 (%40 tarla toprağı + %40 vermicompost+ %20 perlit) büyüme ortamlarından ulaşılmıştır. Çalışmada farklı tuz içerikleri üzerinde vermicompost uygulamalarının etkili olduğu ve stress fizyoloji üzerinde olumlu tesirlerinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dualeks, NaCl, Stres, Solucan gübresi.

The Effects of Vermicompost Applications on Morphological and Physiological Changes in Fenugreek (*Trigonella foenum graecum*

L.) Seedling Grown under Salt Stress Conditions

Abstract: In the study, different vermicompost fertilizer applications of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) plant, which was subjected to different salt doses (control (0), 50, 100, 150 mM NaCl) (1. Medium: field soil + 20% peat, 2. Medium: 50% field soil + 30% vermicompost + 20% perlite, 3. Medium: 40% field soil + 40% vermicompost + 20% perlite, 4. Medium: 30% field soil + 50% vermicompost + 20% perlite). The experiment was carried out in a factorial design with 3 replications according to the randomized plot design. The effect of the result on some morphological and physiological changes was examined. While the effect of salt applications on root length, nitrogen balance index (NBI) and the amount of ion leakage in leaf tissues was increased compared to the control, the effect on all other parameters was decreased compared to the control. Growth media, on the other hand, had a positive and increasing effect on all parameters when compared to the control. In the study, O2 growth medium (50% field soil + 30% vermicompost + 20% perlite) gave the best results in terms of growth parameters, and O2 (50% field soil + 30% vermicompost + 20% perlite) gave the best results in terms of physiological parameters) and O3 (40% field soil + 40% vermicompost + 20% perlite) growth media. In the study, it was determined that vermicompost applications were effective on different salt contents and had positive effects on stress physiology.

Keywords: Dualeks, NaCl, Stress, Worm manure.

GİRİŞ

Fabaceae (Baklagiller) familyasının *Trigonella* cinsinde yer alan çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) önemli endüstri bitkileri arasında yer almaktadır. Bitkinin tohumları ve vejetatif aksamaları hayvancılıkta yem, gıda endüstrisinde baharat ve yağı ise kozmetik ürünlerde kullanılmaktadır. *Trigonella foenum graecum* L. ince saplı yapısı ve toprakta iyi çözünmesinden dolayı yeşil gübre bitkisi olarak da kullanılma potansiyeline sahiptir (Gökçe ve Efe, 2016). Ayrıca tıbbi olarak da tüketilen önemli bir bitkidir. Tohumunun tedavi edici özelliğinin, steroidal yapıli bir saponin olan diosgeninden kaynaklandığı bildirilmiştir (Shirani ve Ganesharane, 2009). Öğütölmüş tohumunun toz halinde tüketilmesi ile insan sağlığı üzerinde kolesterolü ve kan şekerini düşürücü özelliğı yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Halk hekimliğinde ise, ateş düşürücü, balgam söktürücü, boğaz ağrısı giderici, sindirimi kolaylaştırıcı, yara iyileştirici, süt artırıcı olarak faydalanılmaktadır. (Gruenwald ve ark., 2007; HMPC, 2011; Nagulapalli Venkata ve ark., 2017; Jabeen ve ark., 2018; Yao ve ark., 2019; Keser ve Gürbüz, 2020). Türkiye’de tescil edilmiş üç çemen çeşidi bulunmakta olup üretimi yıl bazında dalgalanmalar göstermektedir. 2014 yılında 1.979 ha olan üretim alanı 2020 yılında 6.521 ha, 2022 yılında 8.903 ha olarak yükselirken üretim miktarının 2014 yılında 218 ton, 2020 yılında 713 ton ve 2022 yılında 1.044 ton olduğu görölmektedir (TUİK, 2023). Yetiştirme alanının artmasına rağmen üretimde beklenen artışın olmadığı görölmektedir. Bitki gelişimi üzerinde birçok faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Bu faktörler biyotik, abiyotik, antropojenik ve yetiştirme kaynaklı olabilmektedir.

Son yıllarda tarım topraklarının ıslah edilmesinde organik madde olarak solucan gübresi, yarasa gübresi, su yosunu ve kanatlı gübresi gibi biyolojik ortamlar organik madde olarak kullanılmaktadır (Karagöz, 2014; Yaldız ve ark., 2017; Başdinç, 2019). Önemli abiyotik faktörlerden olan tuz stresi, bitkisel üretimi sınırlandırmaktadır. Yapılan bitkisel üretiminde üreticilerin karşılaştığı problemlerin başında tuz stresi gelmektedir. Özellikle yaşanan küresel ısınma su kaynaklarının hızla tükenmesine, yarı kurak ve kurak alanların önemli düzeyde artmasına neden olmuş ve tuz seviyesinin de topraklarda yükselmesine yol açmıştır. Stres koşullarındaki bitkiler büyüme ve gelişmelerini devam ettirebilmeleri için farklı fizyolojik savunma mekanizmaları geliştirirler. Tuz stresine bağıli olarak bitkilerde yaprakta bulunan su seviyesinin düşmesi ve yaprakların nispi nem içeriğinin azalmasıyla bitkide fotosentez miktarı düşmektedir. Bu durumun sonucunda bitkilerde verim ve kalitede önemli kayıplar yaşanmaktadır (Başdinç, 2019).

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk hem tarım yapılan toprakları olumsuz etkilemekte hem de tuzluluk tehdidi altındaki topraklarda yetişen bitkilerde pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011, Yaşar ve Yaşar, 2022). Çimlenme ortamında bulunan yüksek tuz seviyeleri, iyon toksisitesi ve/veya ozmotik etki ile hem tohum çimlenmesinin ve hem de büyümesinin azalmasına ve ayrıca tamamen engellenmesine neden olabilir (Cirka ve ark., 2021). Ekilebilir alanlardaki böylesi tuz birikiminin, küresel anlamda daha fazla zarar verici seviyelere ulaşacağı öngörülmektedir. Bu durum, ürün verimi ve kalitesindeki azalmaya bağıli olarak büyük ekonomik kayıplara da neden olmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005). Özellikle çevresel faktörler ve fizyolojik etkilerle birlikte meydana gelen tuza tolerans özelliğinin esas kaynağı kalıtsal unsurlardır. Tuza tolerans türler hatta genotipler arasında önemli farklılıkların bulunduğu bilinmektedir (Kuşvuran, 2010). Tuzluluğa dayanıklı genotiplerin belirlenmesi ve bu konudaki ıslah çalışmalarının önemli olmasına karşın orta ve hafif seviyelerdeki tuzlu topraklarda bitkilerin yetiştirilmeleri için tuza dayanımı artırıcı uygulamalar da önem arz etmektedir (Altunlu, 2019). Abiyotik stres koşullarında bitkilerde su ve besin maddesi alınımının devamlılığını sağlayan vermikompost (solucan gübresi) gübresinin dayanımı artırıcı etkileri birçok çalışmada ortaya konmuştur (Küçükymuk ve ark., 2014; Akhzari ve Pessarakli, 2017; Zahmacioğlu, 2017). Buğday bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada Çirka ve ark. (2022),

vermikompostun incelenen parametrelerde önemli bir artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. vermikompost uygulamalarının tuzluluğun yarattığı olumsuzlukları azaltmak için iyi bir alternatif olabileceği görülmüş ve yapılan çalışmalarda birçok türde tuzlu koşullarda vermikompost uygulamalarının faydaları bildirilmiştir (Hınıslı, 2014; Sheikhi ve ark. 2015; Akhzari ve ark., 2016; Perez-Gomez ve ark., 2017; Beykkhormizi ve ark., 2018; Uluğ, 2018; Şelem ve ark., 2021).

Çalışmada, tuz stresi koşullarında yetiştirilen çemende organik gübre olarak kullanılan vermikompostun (solucan gübresi) büyüme ve gelişim parametreleri ile bazı fizyolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma materyali olarak Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü adına tescil edilmiş Çiftçi çemen çeşidi kullanılmıştır. Araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait tam kontrollü şartlara sahip iklim kabininde Tesadüf Parselleri Deneme Deseni' ne göre faktöriyel düzende kurulmuştur. Üç tekrarlamalı olarak yürütülen çalışmada bitkiler 8/16 saatlik karanlık/aydınlık fotoperiyotta, 25°C sıcaklık ve %65 neme sahip olan ortamda 500cc'lik saksılarda yetiştirilmiştir. Çalışmada faktör olarak yetiştirme ortamları (1. Ortam: tarla toprağı + %20 torf, 2. Ortam: %50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit, 3. Ortam: %40 tarla toprağı + %40 vermikompost + %20 perlit, 4. Ortam: %30 tarla toprağı + %50 vermikompost + %20 perlit) ve tuz dozları (kontrol (0), 50, 100, 150 mM NaCl) kullanılmıştır. Tohumların ekimi 31.08.2020 tarihinde yapılmıştır. Denemede farklı dozlardaki tuz (NaCl) solüsyonları bitkilerin 10-15 cm olduğu dönemde verilmiştir. İlk tuz dozları 14. 10. 2020 tarihinde uygulanmış ve üçer gün arayla toplamda beş uygulama olacak şekilde yapılmıştır. Çalışma 26.10.2020 tarihinde gerekli ölçüm ve gözlemler yapılmak üzere sonlandırılmıştır. Çalışmada kullanılan torf materyaline ait özellikler; pH 6, 160-260 mg/L N, 180-280 mg/L P₂O₅, 200- 150 mg/L K₂O₅, 80- 150 mg/L Mg, % 0.8 N, % 70 organik madde, % 35 C şeklindedir. Çalışmada kullanılan toprak killi kumlu tın tekstür yapısında, pH alkali reaksiyonlu (8.18), kireçli (% 17.9) olup organik madde (% 1.17), tuz oranı (% 0.021), potasyum (488 ppm), azot içeriğı (0.049 me 100g⁻¹) ve yarıyıllı fosfor içeriğı (6.70 ppm) miktarı belirlenmiştir.

Gövde ve kök uzunluğu dijital kumpasla, yaş ve kuru ağırlığı ise hassas terazi yardımıyla belirlenmiştir (Tunçtürk ve ark., 2023). Bitkilerin bağıl (oransal) su içeriğı, Arora ve ark. (2002)'na, yaprak dokularında membran stabilite indeksi ve yaprak dokularında iyon sızıntısı ise Premchandra ve ark. (1990) ve Sairam (1994)'e göre hesaplanmıştır. Nitrojen balans indeksi ve toplam flavonol miktarlarının ölçümü taşınabilir özellikte olan Dualex Scientific+™ cihazı ile gerçek zamanlı ve tahribatsız olarak yapılmıştır (Şelem ve ark., 2021; Yolci ve ark., 2022).

Verilerin hesaplanması COSTAT (6.3 versiyonu) bilgisayar analiz programı kullanılarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bitki gelişimi üzerinde olumlu etkisi olduğu bilinen vermikompostun, farklı tuz dozlarında yetiştirilen çemen bitkisinin bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklerinde meydana getirdiğı değişimler Tablo 1 ve Tablo 2' de verilmiştir.

Gövde uzunluğunda tuz ve vermikompost uygulamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Gövde uzunluğu artan tuz stresine paralel olarak azalış göstermiş olup en uzun değer kontrol grubundan 22.85 cm, en kısa değer ise T₃ uygulamasından 16.23

cm olarak alınmıştır. Farklı vermikompost miktarlarının kullanıldığı ortamlarda ise en yüksek gövde uzunluğu 24.54 cm ile O₂ ortamından elde edilirken en kısa boylu bitkiler 16.05 cm ile O₄ uygulamalarından belirlenmiştir (Tablo 1.).

Araştırma sonunda elde edilen verilere göre çemen bitkisinde kök uzunluğu üzerine farklı dozlarda tuz ve vermikompostun etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuz uygulamalarına göre en uzun kök uzunluğu ortalama değeri 22.46 cm ile T₃ uygulamasından elde edilirken, T₂ uygulaması ile aynı Duncan grubu içerisinde yer almıştır. En kısa kök uzunluğu (16.60 cm) değeri ise T₀ uygulamasından tespit edilmiştir. Farklı büyüme ortamlarına göre en yüksek kök uzunluğu değerleri 21.59 cm ile O₂ ortamından tespit edilirken, O₁ ortamı ile aynı Duncan grubunda yer almıştır. En düşük değer ise 18.10 cm ile O₄ ortamından elde edilmiş ve O₃ büyüme ortamı ile aralarında istatistiksel bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Tablo 1).

Kök yaş ve kuru ağırlığı üzerinde tuz ve vermikompost uygulamaları ile bu faktörlerin interaksyonu arasındaki farkın istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek kök yaş ağırlığı (0.74 g) ve kök kuru ağırlığı (0.12 g) değerleri kontrol uygulamalarından, en düşük değerler ise kök yaş ağırlığı (0.46 g) ve kök kuru ağırlığı (0.05 g) değerleri T₃ tuz uygulamalarından tespit edilmiştir. Büyüme ortamları bakımından ise en yüksek değerler her iki parametre için sırasıyla; 0.90 ve 0.12 g ile O₂ büyüme ortamından tespit edilmiştir. Ancak kök kuru ağırlığında O₁ ve O₂ büyüme ortamları arasında farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Tuz ve büyüme ortamı arasındaki interaksyonda ise en yüksek kök yaş ağırlığı 1.21 g ile T₀xO₂ interaksyonundan elde edilmiştir.

Çizelge 1. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen çemende vermikompost uygulamalarının büyüme parametreleri üzerindeki etkisi

Tuz	Ortamlar	Gövde uzunluğu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Gövde yaş ağırlığı (g)	Gövde kuru ağırlığı (g)
T ₀	O ₁	23.3	17.1	0.88bc	0.15ab	1.56a	0.26ab
	O ₂	24.5	20.0	1.21a	0.17a	1.77a	0.32a
	O ₃	22.1	14.5	0.50def	0.10bc	0.76cde	0.11def
	O ₄	21.5	14.8	0.39ef	0.048efg	0.044i	0.07fg
T ₀		22.85a	16.60c	0.74a	0.12a	1.03a	0.19a
T ₁	O ₁	19.7	21.7	0.86bc	0.14ab	0.78cd	0.16cd
	O ₂	23.4	21.4	0.93b	0.14ab	1.12b	0.19bc
	O ₃	15.2	16.8	0.46ef	0.05ef	0.51fg	0.07fg
	O ₄	17.2	16.7	0.35f	0.02g	0.04i	0.05gh
T ₁		18.90b	19.16b	0.65b	0.09b	0.61b	0.12b
T ₂	O ₁	17.0	22.4	0.53de	0.07cd	0.76de	0.13de
	O ₂	27.4	21.8	0.80c	0.08cd	1.10b	0.19bc
	O ₃	19.7	20.4	0.54de	0.05ef	0.39gh	0.05gh
	O ₄	14.0	22.6	0.34f	0.03fg	0.02i	0.05gh
T ₂		19.56b	21.82a	0.55c	0.06c	0.57b	0.10b
T ₃	O ₁	18.0	24.7	0.44ef	0.06e	0.59ef	0.09f
	O ₂	22.8	23.1	0.66cd	0.07de	0.93c	0.11ef
	O ₃	12.6	23.6	0.52de	0.04fg	0.33h	0.06g
	O ₄	11.4	18.3	0.23g	0.02g	0.02i	0.03h
T ₃		16.23c	22.46a	0.46d	0.05d	0.47c	0.07c
Ortam Ortalaması	O ₁	19.53b	21.50a	0.68b	0.10a	0.92b	0.16b
	O ₂	24.54a	21.59a	0.90a	0.12a	1.23a	0.20a
	O ₃	17.43bc	18.85b	0.50c	0.065b	0.50c	0.07c
	O ₄	16.05c	18.10b	0.33d	0.034c	0.03d	0.05c
VK (%)		15.92	12.83	15.41	18.20	15.81	21.20
Tuz Dozları		**	**	**	**	**	**
Ortam		**	**	**	**	**	**
T x O		ög	ög	**	**	**	**

Tuz stresi Koşullarında Yetiştirilen Çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) Fidelerinde Vermikompost Uygulamalarının Morfolojik ve Fizyolojik Değişimler Üzerindeki Etkileri

Tuz dozları: T₀: Kontrol (normal sulama), T₁: 50 mM NaCl, T₂: 100 mM NaCl, T₃: 150 mM NaCl. vermikompost uygulamaları: O₁: Kontrol (tarla toprağı + %20 torf), O₂: %50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit, O₃: %40 tarla toprağı + %40 vermikompost + %20 perlit, O₄: %30 tarla toprağı + %50 vermikompost + %20 perlit, T: Tuz dozları, O: Ortam dozları, Vk: Varyans katsayısı, ög: önemli görülmemiştir. *P<0.05, ** P<0.01

Gövde yaş ve kuru ağırlığında tuz ve vermikompost dozları uygulaması ile bunların etkisi arasındaki farkın istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulamalarında gövde kuru ve yaş ağırlığı bakımından en yüksek değerler sırasıyla; T₀ uygulamasından 1.03 g ile 0.19 g olarak belirlenirken, en düşük ortalama değer ise 0.47 ile 0.07 g olarak T₃ uygulamasından elde edilmiştir. Farklı vermikompost oranlarının kullanıldığı ortamlarda ise en yüksek gövde yaş ve kuru ağırlığı O₂'den 1.23 g ile 0.20 g olarak tespit edilmiştir. En düşük değerler ise 0.03 ve 0.05 g olarak O₄ ortamından belirlenmiştir. Deneme faktörlerinin etkisi bakımından ise en yüksek değerler sırasıyla; 1.77 ve 0.32 g ile T₀xO₂ etkileşiminden tespit edilmiştir (Tablo 1).

NBI üzerine deneme faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuz uygulamalarında en yüksek ortalama değer T₁ uygulamasından 109.8 mg/g olarak tespit edilirken en düşük değer 68.4 mg g⁻¹ ile T₃ uygulamasından elde edilmiştir. Ortam uygulamalarında ise en yüksek değer O₁ (104.0 mg g⁻¹) uygulamalarından elde edilirken O₂ (93.90 mg g⁻¹) büyüme ortamı ile aralarında istatistiksel bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. En düşük değer ise O₃ büyüme ortamından (66.9 mg g⁻¹) tespit edilmiş ve O₄ (76.6 mg g⁻¹) büyüme ortamıyla arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır (Tablo 2). Flavonol içeriği bakımından tuz dozu uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunurken, ortam uygulamaları ile tuz dozu x ortam etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuz dozları uygulamaları bakımından en yüksek flavonol içeriği 0.42 dx olarak T₂ uygulamalarından tespit edilirken T₀ ve T₃ ile aynı Duncan grubunda yer aldığı görülmektedir (Tablo 2). En düşük flavonol miktarı 0.36 dx olarak T₁'den sağlanmıştır. Ortam uygulamalarında en yüksek flavonol değeri O₄ (0.45 dx) uygulamalarından elde edilirken, O₃ (0.43 dx) uygulamaları ile aynı Duncan grubunda yer almıştır. En düşük değer ise 0.36 dx ile O₁ ortamından tespit edilmiştir. Ancak O₂ uygulamaları ile aynı grup içerisinde yer aldığı Tablo 2' de izlenebilmektedir. Faktörlerin etkileşimi bakımından ise en yüksek flavonol içeriği 0.52 dx ile T₁xO₄ uygulamalarından belirlenmiştir.

Membran dayanıklılık indeksi (YDMDİ) üzerine vermikompost uygulamalarının etkisi %1 düzeyinde önemli görülürken, tuz dozları ile tuz dozları x ortam etkileşiminde etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulamaları bakımından en yüksek YDMDİ değeri %87.30 olarak T₀ uygulamalarından tespit edilirken en düşük YDMDİ değeri %62.82 olarak T₃ uygulamasından elde edilmiştir. Farklı ortam uygulamaları açısından en yüksek ortalama YDMDİ değeri %82.37 ile O₃ ortamından tespit edilirken, en düşük değer %71.78 ile O₂ uygulamalarından belirlenmiştir. Tuz x büyüme etkileşimi bakımından ise en yüksek değer % 88.29 olarak T₀xO₁ uygulamasından elde edilmiştir.

Yaprak dokularında iyon sızıntısı (YDİS) üzerine tuz dozları ve vermikompost uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunurken etkileşimlerinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Tuz dozu uygulamalarında en yüksek YDİS oranı T₃ (%31.15) uygulamasından elde edilirken, en düşük değer kontrol grubundan (%13.97) elde edilmiştir. Farklı ortam uygulamalarında ise en yüksek değer %26.92 olarak O₂ ortamından elde edilirken, en düşük değer % 19.57 olarak O₃ uygulamalarından elde edilmiştir. O₁, O₃ ve O₄ büyüme ortamları aynı duncan grubunda yer almıştır (Tablo 2).

Yapılan çalışmada vermikompost uygulamaları ve tuz dozlarının yaprak dokularında bağıl su içeriği (YDBSİ) üzerindeki etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunurken, tuz dozları x ortam etkileşiminde etkisinin % 5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Tuz dozu uygulamalarına göre en fazla bağıl su içeriği ortalama değeri % 79.83 olarak T₀ uygulamalarından tespit edilirken, en düşük oran %58.69 ile T₃ uygulamalarından sağlanmıştır. Ortam uygulamaları bakımından en yüksek YDBSİ

değeri %73.26 ile O₃ uygulamalarından tespit edilirken, O₃ ve O₄ ortamları aynı grup içerisinde yer almıştır. En düşük değer ise (%63.46) O₁ uygulamalarından elde edilirken O₂ uygulamaları ile aynı grup içerisinde yer almaktadır. Tuz x Büyüme ortamı interaksiyonunda en yüksek değer % 89.00 ile T₀xO₄ uygulamalarından tespit edilmiştir (Tablo 2).

Çizelge 2. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen çemende vermikompost uygulamalarının bazı fizyolojik parametreler üzerindeki etkisi

Tuz	Ortamlar	NBİ (mg g ⁻¹)	Flavonol (dx)	YDMĐ (%)	YDİS (%)	YDBSİ (%)
T ₀	O ₁	114.2abc	0.35bcde	88.29	11.71	73.48bcd
	O ₂	69.7cde	0.32cde	86.34	16.22	74.98bc
	O ₃	77.1cd	0.50ab	87.19	15.37	81.89ab
	O ₄	65.1cde	0.49ab	87.39	12.60	89.00a
T₀ Ortalama		81.5bc	0.41a	87.30a	13.97d	79.83a
T ₁	O ₁	123.2ab	0.30e	81.60	15.08	66.89cd
	O ₂	141.2a	0.32de	70.52	26.05	69.61cd
	O ₃	96.5bc	0.31e	86.03	13.96	67.62cd
	O ₄	78.4c	0.52a	77.36	22.63	72.54cd
T₁ Ortalama		109.8a	0.36b	78.88b	19.43b	69.16b
T ₂	O ₁	105.7bc	0.41bc	76.62	25.60	63.45d
	O ₂	98.3bc	0.41bc	76.18	33.33	62.76d
	O ₃	41.1e	0.47ab	82.59	17.40	78.95b
	O ₄	90.9c	0.40bc	77.68	22.31	63.95d
T₂ Ortalama		84.0b	0.42a	78.27b	24.66b	67.28b
T ₃	O ₁	82.5c	0.39bcd	78,45	28,09	50,01e
	O ₂	66.4cde	0.41bc	67.92	32.07	54.02e
	O ₃	52.8de	0.45b	73.66	31.55	64.57d
	O ₄	72.2cd	0.41bc	67.11	32.88	66.13d
T₃ Ortalama		68.4c	0.41a	71.78c	31.15a	58.69c
Ortam Ortalaması	O ₁	106.4a	0.36b	81.24a	20.12b	63.46b
	O ₂	93.9a	0.37b	75.24b	26.92a	65.34b
	O ₃	66.9b	0.43a	82.37a	19.57b	73.26a
	O ₄	76.6b	0.45a	77.39ab	22.60b	72.91a
VK (%)		19.5	12.87	8.96	18.96	7.48
Tuz Dozları		**	*	öd	**	**
Ortam		**	**	**	**	**
T x O Dozları		**	**	ög	ög	*

Tuz dozları: T₀: Kontrol (normal sulama), T₁: 50 mM NaCl, T₂: 100 mM NaCl; T₃: 150 mM NaCl. vermikompost uygulamaları: O₁: Kontrol (tarla toprağı + %20 torf), O₂:%50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit, O₃: %40 tarla toprağı + %40 vermikompost + %20 perlit, O₄: %30 tarla toprağı + %50 vermikompost + %20 perlit, T: Tuz dozları, O: Ortam dozları, V_k: Varyans katsayısı, ög: önemli görülmemiştir. *P<0.05, ** P<0.01, öd: Önemli değil.

Yapılan çalışmada bitki kök ve gövdesinde yaş ve kuru ağırlıkların artan tuz stresine paralel olarak azaldığı belirlenmiştir. Paul and Metzger (2005) sebzelerde, Akhzaria ve ark., (2016)'da *Medicago rigidula* bitkisinde benzer şekilde tuz stresinin bitki gelişim parametrelerinde düşümlere sebep olduğunu ortaya koymuştur. *Medicago rigidula* bitkisinde gelişim parametreleri açısından gübresiz ortamın tüm tuzluluk stres seviyelerinde (0, 50 ve 100 mM NaCl) vermikompost uygulama oranlarına (%10, %20 ve %30) kıyasla daha düşük olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca kullanılan vermikompost oranlarında en iyi sonucun %30 vermikompost içeren ortamdaki belirtilmiştir (Akhzaria ve ark., 2016). Sheikhi ve ark. (2015) ıspanakta yaptığı çalışmada %10 oranındaki vermikompostun bitki yaş ağırlığında olumlu etkisinin olduğunu ortaya koymuştur. Yolci ve ark (2022) kısıtlı sulama altında yetiştirdikleri çemen bitkisinde rizobakteri uygulamalarının morfolojik gelişim parametreleri üzerinde olumlu etkisinin olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar bitkide kök uzunluğunu 17.53-21.1 cm, gövde uzunluğunu 11.70-22.43 cm olarak belirlerken çalışmamızda bu değerlerin sırasıyla; 14.5-24.7 cm ve 11.4-27.4 cm aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Yolci ve ark. (2022) çemende yaptığı çalışmada NBI değerinin kuraklık stresinde 54.5-59.85 mg/g aralığında değiştiğini bildirmiştir. Oral ve ark. (2021) soyada kuraklık stresine bağlı olarak NBI değerinin değişiklik gösterdiği ve bu değerlerin 70.64 ile 82.90 mg g⁻¹ aralığında olduğunu belirtmişlerdir.

Altuner ve ark. (2021) buğday mikro yeşillerinde yaptığı çalışmada flavonol miktarını 0.42 ile 0.60 dx aralığında tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Vastakaite ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada *Brassica rapa* var. *chinensis* 'Rubi' F1, *Brassica rapa* var. *rosularis* ve *Ocimum basilicum* L. türlerinde flavonol miktarının 0.18-0.89 dx aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda flavonol değerinin 0.30-0.52 dx aralığında değişiklik gösterdiği ve literatürle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Tuz, sıcaklık ve kuraklık stresi gibi abiyotik faktörler altında bitki hücrelerinin geçirgenlik stabilitesinde ve bütünlüğünde bozulmalar meydana gelmektedir (Blokhina ve ark., 2003). Bu bozulma sonucunda dokulardaki zararın tespitinde hücre içine ve dışına iyon hareketlerinin miktarı önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Tunçtürk ve ark., 2021). Yolci ve ark. (2022) çemen bitkisinde kuraklık stresinin iyon sızıntısı miktarını arttırdığını ve en düşük oranın %51.85 ile kontrol grubunda olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Valentovic ve ark. (2006)'nın mısır ile çeşitli kuraklık seviyelerinde yürüttükleri çalışmada iyon sızıntısının kontrol gruplarına göre %11 ile %54 arasında daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Khan, (2000) tarafından toprak tuzluluğunun YDBSİ' de önemli azalmaya neden olduğu ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmada, YDBSİ 'nin artan tuz dozlarına göre azalma gösterdiği ve vermikompostun iyileştirici etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları YDBSİ 'nin vermikompost uygulamasıyla önemli ölçüde iyileştirildiğini belirleyen Verma ve ark. (2013) (*Gerbera* bitkisinde) ile Akhzaria ve ark., (2016) (*Medicago rigidula* bitkisinde) uyumlu olduğu görülmüştür. Deveci ve Tuğrul (2017), ıspanakta YDBSİ ortalamalarının %51.86 ile % 91.88 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Buna karşılık, Jain ve ark. (2012), *Citrus reticulata* Blanco'da YDBSİ' nin vermikompost ilavesinden önemli ölçüde etkilenmediğini kaydetmişlerdir.

Arslan (2011), doku membran geçirgenliğini, bitkilerde stres altında zar (membran) bütünlüğünü koruyabilme kabiliyetlerinin bir ifadesi olarak belirtmiştir. Deveci ve Tuğrul (2017) ıspanağa 4 tuz konstrasyonu (EC=kontrol, 6, 8 ve 10 dSm-1) uygulamış ıspanak bitkisinde membran zararlanma indeksi değerini en düşük kontrol grubunda, en yüksek ise 10 dSm-1 tuz dozunda tespit etmişlerdir. Tunçtürk ve ark. (2021), soya bitkisinde kısıtlı su stresinde YDMDİ değerinin %76.8 ile %80.5 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Yolci ve ark. (2022), çemen bitkisinde en yüksek YDMDİ değerini kontrol grubunda %63.86 olarak tespit ederken, en düşük değer %25.81 olarak en yüksek stres dozunda olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma bulgularımız ilgili literatürler ile uyum içerisinde.

SONUÇ

Yapılan çalışmada farklı oranlarda vermikompost uygulamalarında yetiştirilen bitkilere farklı konsantrasyonlarda tuz uygulamaları yapılmış ve vermikompost uygulamalarının stres fizyolojisi üzerinde olumlu etkiler gösterdiği kaydedilmiştir. Tuzlu alanlarda yetiştirilen bitkilerde büyüme ve gelişmenin daha yavaş olduğu bilinmektedir. Bu alanlarda toprağın organik maddelerce ıslah edilmesi önem taşımaktadır. Tuzlu alanlarda vermikompost uygulamalarının bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Çalışmanın sonucunda tuz uygulaması ve farklı ortamların bitki gelişimine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Büyüme parametreleri açısından en iyi sonuçlara O₂ büyüme ortamından (%50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit), fizyolojik parametreler bakımından ise en iyi sonuçlara, O₂ (%50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit) ve O₃ (%40 tarla toprağı + %40 vermikompost + %20 perlit) büyüme ortamlarından ulaşılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda çemenin tuzluluk sorunu olan bölgelerde vermikompost uygulamaları ile birlikte yetiştirilebileceği kanısına varılmıştır. Ancak bu çalışmanın sonuçlarını doğrulamak için özellikle arazi koşullarında daha fazla çalışmanın yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Akhzari D, Pessaraki M, Khedmati M, 2016. Effects of Vermicompost And Salinity Stress on Growth and Physiological Traits of *Medicago rigidula* L. Journal of Plant Nutrition, 39(14), 2106-2114.
- Akhzari D, Pessaraki M, 2017. Effects Of Vermicompost and Urea Fertilizers on Qualitative and Quantitative Characteristics of *Vetiveria zizanioides* Stapf. Grown Under Drought Stress Conditions. Journal of Plant Nutrition, 40(14): 2063-2075.
- Altuner F, Tunçtürk R, Oral E, Tunçtürk M, 2021. Evaluation of Pigment, Antioxidant Capacity and Bioactive Compounds İn Microgreens of Wheat Landraces and Cereals. Chilean Journal of Agricultural Research, 81(4), 643-654.
- Altunlu H, 2019. Tuzlu Koşullarda Mikoriza Uygulamasının Kopya Biberde (*Capsicum annuum* L.) Fide Gelişimi ve Antioksidant Enzimler Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 56(2), 139-146.
- Arslan A, 2011. Biberde 24-Epibrassinolid Uygulamaları ile kuraklık stresine karşı toleransın artırılması. Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Başdınç M, 2019. Ispanakta Vermikompost ve Su Yosununun Tuz Stresi Üzerine Etkisi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Beykkhormizi A, Sarghein SH, Sarafraz Ardakani MR, Moshtaghioun SM, Mousavi Kouhi SM, 2018. Alleviation of Salinity Stress by Vermicompost Extract: A Comparative Study on Five Fennel Landraces. Communications İn Soil Science And Plant Analysis, 49(17): 2123-2130.
- Blokhina O, Virolainen E, Fagerstedt KV, 2003. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress Annual Bot. 91: 179-194.
- Cirka M, Kaya A.R, Eryigit T, 2021. Influence of Temperature and Salinity Stress on Seed Germination and Seedling Growth of Soybean (*Glycine max* L.). Legume Research-An International Journal, 44(9), 1053-1059.
- Committee On Herbal Medicinal Products (HMPC), 2011. Community Herbal Monograph on *Trigonella foenum-graecum* L., Semen. European Medicines Agency (EMA):1-7. 27.
- Çirka M, Altuner F, Eryigit T, Oral E, Bildirici N, 2022. Effects of Vermicompost Applications on Some Yield and Yield Properties of Wheat. J. of Appl. Sci., 7(1): 146–156.
- Deveci M, Tuğrul B, 2017. Ispanakta Tuz Stresinin Yaprak Fizyolojik Özelliklerine Etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 6, 89-98.
- Gökçe Z, Efe L, 2016. Çemen (*Trigonella Foenum-Graecum* L.) Bitkisinin Kullanım Alanları ve Tıbbi Önemi. Nevşehir Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 5, 355-363.
- Gruenwald J, Brendler T, Jaenicke C, 2007. Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Physicians' Desk Reference for Herbal Medicines.;304-305.
- Hınıslı N, 2014. Vermikompost Gübresinin Kıvrıkcık Bitkisinin Gelişmesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi ve Diğer Bazı Organik Kaynaklı Gübrelerle Karşılaştırılması, Namık Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Jabeen A, Rani S, İbrahim M, 2018. Pharmacognostic and Therapeutic İmportance of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences;5(6):5253-5262. 23.
- Jain MC, Sharma MK, Bhatnagar P, Meena M, Yadav RK, 2012. Effect of Mycorrhiza and Vermicompost Onproperties of Vertisol Soil and Leaf NPK Content of Nagpur Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco).The Asian Journal Ofhorticulture7: 528–532.
- Karagöz K, 2014. Yarasa Gübresinin Tarımda Kullanılma Olanakları. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi, 27(2), 35-42.
- Keser M, Gürbüz İ, 2020. Piyasadan Temin Edilen Bazı Çemen Tohumu Örneklerinin Avrupa Farmakopesi Ölçütleri Açısından Değerlendirilmesi. Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp

Dergisi, 10(3), 327-335.

- Khan MA, Irwin A, Allan MS, 2000. The Effect of Salinity on The Growth, Water Status And İon Content of A Leafsucculent Perennial Halophyte, Suaeda Fruticosa. Journal of Arid Environments 45: 73–84.
- Kuşvuran Ş, 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Küçükyumuk Z, Gültekin M, Erdal İ, 2014. Solucan gübresi ve Mikorizanın Biber Bitkisinin Gelişimi ile Mineral Beslenmesi Üzerine Etkisi. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(1): 51-58.
- Mahajan S, Tuteja N, 2005. Cold, Salinity and Drought Stress: An Overview, Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.
- Nagulapalli Venkata KC, Et Al. 2017. A Small Plant With Big Benefits: Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* Linn.) for Disease Prevention and Health Promotion. Molecular Nutrition Food Research; 61(6).
- Oral E, Tunçtürk R, Tunçtürk M, 2021. The Effect of Rhizobacteria in The Reducing Drought Stress in Soybean (*Glycine max* L.). Legum. Res. - An Int. J. 44: 1172-1178.
- Paul LC, Metzger JD, 2005. Impact of Vermicompost on Vegetable Transplant Quality. Hortscience 40: 2020–2023.
- Pérez-Gómez JDJ, Abud-Archila M, Villalobos-Maldonado JJ, Enciso-Saenz S, Hernández De León H, Ruiz-Valdiviezo VM, Gutiérrez-Miceli FA, 2017. Vermicompost and Vermiwash Minimized The Influence of Salinity Stress on Growth Parameters in Potato Plants. Compost Science Utilization, 25(4): 282- 287.
- Sheikhi J, Ronaghi A, Mousavi SM, 2015. Influence of Vermicompost and Sodium Chloride on Growth of Spinach and Some Chemical Properties of Post-Harvest Soil. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture-Isfahan University of Technology, 5(4): 83-92.
- Şelem E, Nohutçu L, Tunçtürk R, Tunçtürk M, 2021. Vermikompostlu Ortamda Yetiştirilen *Calendula officinalis* L. Bitkisinde Tuz Stresinin Morfolojik ve Anatomik Gelişim Parametreleri Üzerindeki Etkisi. Journal of The Institute of Science And Technology, 11(4), 3222-3231.
- Şelem E, Nohutçu L, Tunçtürk R, Tunçtürk M, 2021. The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria Applications on Some Growth Parameters and Physiological Properties of Marigold (*Calendula officinalis* L.) Plant Grown under Drought Stress Conditions. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 31(4): 886-897.
- Shirani G, Ganesharane R, 2009. Exruded Product with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Chickpea and Rices: Physical Properties Sensory Acceptability and Glycaemic İndex. Journal of Food Engineering. 90: 44-52.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>.
- Tunçtürk R, Tunçtürk M, Erol O, 2021. Kuraklık Stresi Koşullarında Yetiştirilen Soya Fasulyesinin (*Glycine max* L.) Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Rizobacterium (PGPR) Uygulamalarının Etkisi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2), 359-368.
- Tunçtürk M, Rezaee Danesh Y, Tunçtürk R, Oral E, Najafi S, Nohutçu L, ... & Filho MCM, 2023. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Response to Cadmium Stress: Morpho-Physiological Traits and Mineral Concentrations. Life, 13(1): 135.
- Uluğ Z, 2018. Solucan Gübresi Ve Mikoriza Kullanımının Fasulye ve Soğanda Bitki Gelişimi ve Verim Üzerine Etkileri, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Valentovic P, Luxova M, Kolarovic L, Gasparikova O, 2006. Effect of Osmotic Stress on Compatible Solutes Content, Membrane Stability and Water Relations in Two Maize Cultivars. Plant Soil Environ. 52(4): 186- 191.
- Vastakaite V, Viršilė A, Brazaitytė A, Samuolienė G, Jankauskienė J, Sirtautas R, Et Al. 2015. The Effect of Blue Light Dosage on Growth and Antioxidant Properties of Microgreens. Sodininkystė Ir Daržininkystė 34(1-

2):25-35.

- Verma AK, Sindhu SS, Janakiram T, Singh MC, Singh A, Singh B, Sharma RR, 2013. Influence of Vermi-Products and Pusa Hydrogel on Growth and Flowering of Landscape Gerbera Under Greenhouse Condition. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology* 6: 109–115.
- Yaldız G, Çamlıca M, Eratalar SA, Kulak M, 2017. Farklı Dozda Kıbele Gübre Uygulamasının Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Verimine Etkisi. *Journal of The Institute of Science and Technology*, 7(1), 363-369.
- Yaşar F, Yaşar Ö, 2022. Tuz Stresi Altındaki Çarliston Biber Çeşidinin Gelişim Performansı. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 835-841.
- Yao D, Zhang B, Zhu J, Zhang Q, Hu Y, Wang S, ... & Xiao J, 2019. Advances on Application of Fenugreek Seeds as Functional Foods: Pharmacology, Clinical Application, Products, Patents and Market. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*:1-11.
- Yılmaz E, Tuna AL, Bürün B, 2011. Bitkilerin Tuz Stresine Karşı Geliştirdikleri Tolerans Stratejileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 7: 47–66.
- Yolci M, Tuncturk R, Tuncturk M, Ceylan S, Arvas Y, 2022. Effect of Rhizobacteria and Microalgae Treatments on Some Physiological and Biochemical Parameters of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Grown under Drought Stress. *Legume Research*, 45(4).
- Yolci MS, Tuncturk R, Eryigit T, Tuncturk M, 2022. Boron toxicity and PGPR phytoremediation effects on physiological and biochemical parameters of medical sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Elementology*, 27(4): 1021-1036.
- Zahmacıoğlu A, 2017. Sera Koşullarında Vermikompost ve Amonyum Nitrat Uygulamalarının Brokoli (*Brassica oleracea* L. var *italica*) Bitkisine Etkisinin Toprak ve Yaprak Analizleriyle Belirlenmesi Namık Kemal Üniversitesi.

Kekik (*Thymus eigii* M. Zohary et P.H. Davis) Jalas Türünün Uçucu Yağının Karakterizasyonu ve *in silico* Modelleme Perspektifi

Sezgin SANCAKTAROĞLU¹  Bünyamin YILDIRIM¹  Kamil EKİCİ²  Fatih DEMİREL³ 

¹ Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Iğdır, Türkiye.

² Van Yüziüncü Yıl University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Nutrition/Food Hygiene and Technology, Van, Türkiye.

³ Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Iğdır, Türkiye.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Fatih DEMİREL, e-mail: drfdemirel@gmail.com

Özet: Son yıllarda, aromatik bitkilerin ve tedavi edici özellikleri için kullanılan bitkilerin kullanımını içeren bitkisel ilaçların kullanımında bir artış olmuştur. Her geçen gün artan bu talebi karşılayabilmek için tıbbi bitkilerden elde edilen aktif bileşiklerin miktarının belirlenmesine önemli bir ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırma için Hatay ili Amanos Dağı'ndan kekik (*Thymus eigii* M. Zohary et P.H. Davis) bitki örnekleri toplanmıştır. Bitkinin yer üstü kısmından uçucu yağ çıkarmak için hidrodistilasyon yöntemi kullanıldı ve uçucu yağın bileşenlerini analiz etmek için bir Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda 21 adet uçucu yağ bileşeni tespit edilmiştir. En yüksekler arasında ana bileşenler olarak Gamma-terpinene (%27.49), Carvacrol (%27.38) ve P-cymene (%14.40) belirlenmiştir. *Fusarium oxysporum* kütinaz yapısı ile H-bağlı etkileşimleri ortaya çıkaran başlıca monoterpenlerin etki mekanizması moleküler modelleme teknikleri kullanılarak araştırılmış ve bu yöntemler kullanılarak da en düşük bağlanma enerjileri hesaplanmıştır. Verilen bulguların, yaygın kekik bitkilerinden fitoterapötik bileşikler oluşturmaya yönelik gelecekteki araştırmaların yolunu açması olasıdır.

Anahtar kelimeler: Uçucu yağ bileşeni, tıbbi bitki, moleküler modelleme, moleküler bağlanma, patojen

Characterization of essential oil and *in silico* modelling perspectives of thyme (*Thymus eigii* M. Zohary et P.H. Davis) jalas species

Abstract: In recent years, the use of herbal medicines has increased, including the use of aromatic plants and plants used for their therapeutic properties. To meet this ever-increasing demand, the quantity of active compounds extracted from medicinal plants must be significantly determined. For this study, plant samples of thyme (*Thymus eigii* M. Zohary et P.H. Davis) were collected from Amanos Mountain in the province of Hatay. Hydrodistillation was utilized to extract the essential oil from the aboveground portion of the plant, and Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was utilized to analyze the essential oil's constituents. As a consequence of the analysis, twenty-one components of essential oils were identified. The principal components were determined as Gamma-terpinene (27.49%), Carvacrol (27.38%), and P-cymene (14.40%). The mechanism of action of the major monoterpenes that reveal H-bonded interactions with the structure of *Fusarium oxysporum* cutinase was investigated using molecular modeling techniques, and the lowest binding energies were calculated using these techniques. The presented findings are likely to pave the way for future research on phytotherapeutic compounds derived from common thyme plants.

Keywords: Essential oil component, medicinal plant, molecular modelling, molecular docking, pathogen

INTRODUCTION

Thymus eigii, also known as *T. syriacus* subsp. *eigii*, belongs to the *Lamiaceae* family and is indigenous to regions in southern Europe and Asia. It is classified under the *Thymus* genus, which has over 300 species of resilient perennial herbaceous plants and subshrubs (Könemann, 1999). *T. eigii*, similar to other species such as *Thymus*, *Coriandrum*, *Thymbra*, *Coridothymus*, and *Satureja* found in the Turkish flora, is often referred to as "kekik." This particular plant has a limited distribution in the southern Anatolia region (Davis, 1982; Kocabas and Karaman, 2001; Barut et al., 2021). The plant exhibits natural growth at elevations ranging from 500 to 915 meters in the regions of Lebanon, Syria, and Turkey (Barut et al., 2021).

The use of botanical resources for medicinal purposes is extensively practiced on a global scale. Active compounds present in plants are naturally occurring molecules that elicit physiological responses in both people and animals, while posing no damage to the environment. The chemical composition, therapeutic properties, and industrial applications of *Thymus* L. (thyme) species have been extensively studied on a global scale (Baser et al., 1996; Maharramov and Hüseynova, 2017; Barut et al., 2021).

Thyme, a botanical herb often used as a culinary seasoning, has a diverse array of applications including medicinal, pharmaceutical, and agricultural domains, encompassing both plant and animal cultivation. Thyme has been extensively used within the medical domain for an extended period, specifically for the therapeutic management of several ailments (Altundağ and Aslım, 2005). Previous research has shown that thyme juice has regulatory properties, as it alleviates spasms in the stomach and intestines, aids in digestion, and exhibits analgesic effects (Başer, 2001). Carvacrol, chemically known as 2-methyl-5-(1-methylethyl), is a phenolic monoterpene that exists in a liquid state and is often found in the essential oil of thyme. The substance has antibacterial, antioxidant, and anticancer effects. The induction of apoptosis by Carvacrol has been seen in both *in vivo* and *in vitro* investigations, whereby it exerts its effects on many genes and apoptotic pathways (Sharifi-Rad et al., 2018). In a research conducted by Koçak and Boyraz (2006), an evaluation was carried out to assess the antifungal properties of thyme oil in comparison to several other plant extracts. The impact of thyme oil on plant pathogenic fungus, including *Alternaria mali*, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, and *Colletotrichum circinans*, has been examined by researchers. The findings of their study, which included a comparative analysis of the antifungal activities of thyme oil and many other plant extracts, indicate that thyme oil exhibited efficacy against fungi at elevated doses (10 µl and 50 µl).

The fungus known as *Fusarium oxysporum* is transmitted via the soil. (Gordon and Martyn, 1997). In addition, *Fusarium oxysporum* is a huge species complex that includes plant infections. These pathogens target their attacks on a wide variety of species in a way that is host-specific (Fourie et al., 2011). In certain soils, referred to as favorable soils, soil-borne pathogens like *Fusarium oxysporum* are able to flourish and cause serious illnesses. On the other hand, in other soils, referred to as suppressive soils, these pathogens are able to flourish considerably less and produce much less severe diseases (Smith, 2007). The species contains a broad variety of strains that cause wilts or rots on numerous plant species (Dean et al., 2012). Also, there is evidence that *Fusarium oxysporum* is responsible for the illness that affects a wide variety of plants, including cotton, potato, and ornamental plants (Peters et al., 2008; Lecomte et al., 2016; Halpern et al., 2018). Researchers investigated how essential oils extracted from plants fared against the fungus *Fusarium oxysporum* (Barrera-Necha et al., 2009; Sharma et al., 2017). Essential oils have been shown to be effective against *Fusarium* wilt

disease in both a preventative and therapeutic capacity, thanks to the fact that the primary components of essential oils are able to break the cell membrane and produce a significant shift in the permeability of the cell (Gill and Holley, 2006; Sharma et al., 2017).

Cutin is one of the most prevalent polymers in nature and is made up of β -1,4 N-acetyl glucosamine units. Cutinases are hydrolytic enzymes that break down glycosidic bonds in chitin. Cutinase is found in the cell walls of fungus organisms (Tharanathan and Kittur, 2003). Extracellular cutinases are a kind of serine esterase that are used by the majority of plant diseases and saprophytes in order to break down cutin (Purdy and Kolattukudy, 1975). A cutinase that was produced by *Fusarium oxysporum* was analyzed for its biochemical and structural properties by Dimarogona et al. (2015).

This study was carried out to determine the essential oil ratios and components of Thyme (*Thymus eigii* M. Zohary et P.H. Davis) Jalas species, which grow naturally in Amanos Mountain in Hatay province and are widely found in the flora. In addition, in light of the information presented above, an estimation of the interaction was determined by using the primary components of *Thymus eigii* essential oils in order to reveal the enzymatic mechanism of action against the target enzyme, which was *Fusarium oxysporum* cutinase. This was done through the use of *in silico* methods.

MATERIAL AND METHOD

Material

The plants were collected from Amanos Mountain in Hatay, Türkiye. The plants were sampled by recording their locations using a GPS device each time they were inspected for field research.

Method

Obtaining the Essential Oil

The samples taken were dried in the shade after taxonomic identification, and were grouped according to the species names and localities from which they were taken. The 100 g of shade-dried plant samples were treated to a 3-hour hydrodistillation using a Clevenger equipment. The oils were extracted with dH₂O and kept in a sealed vial under N₂ pressure until usage at 20 °C. After taking enough samples, essential oil was obtained from these samples by steam distillation method with the Clevenger apparatus.

Determination of essential oil components and GS-MS

The acquired essential oil was extracted into a solvent (N-hexane) from water, and after dilution, the essential oil components were analyzed using the GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) instrument at Erciř Vocational School of Van Yuzuncuyil University. As a preliminary investigation, the essential oil components of several previously collected plant species were identified, and the following program was selected to be the GC-MS temperature program that yielded the best results for essential oils in the tests. All samples were run with the same software. For analysis of GS-MS, it was used the same procedures that Yildirim et al. (2016) describe.

In silico prediction of molecular docking studies

The term "*in silico* analysis" pertains to the practice of conducting scientific investigations via the use of computer simulations, modeling, and analysis, as opposed to empirical experimentation (Korkmaz et al., 2022). This methodology has the potential to save expenses, optimize time use, and sometimes provide a viable substitute in situations when doing trials is arduous or hazardous (Cairns et al., 2016; Usta et al., 2023). Silico molecular coupling simulations were applied to investigate the interaction of naturally sourced bioactive compounds (components of thyme) with the crystal structure

of *Fusarium oxysporum* cutinase (<https://www.rcsb.org/structure/5AJH>). We made use of this method to study whether or not it interacts with the structures of alpha-pinene, beta-pinene, and beta-phellandrene, which are the three primary compounds found in the essential oil derived from thyme. Chimera (version 1.16) tools were used in order to produce protein structures ready to use as docking targets (Butt et al., 2020).

RESULTS and DISCUSSION

Essential oil components isolated using GC-MS for the investigated thyme are presented in Table 1 along with their retention index and relative rates. The discovery of twenty-one components represented 100% of the plant's total essential oil, according to the data. The primary constituents of the *T. eigii* plant were Gamma-terpinene (27.49%), Carvacrol (27.38%), and P-cymene (14.40%) (Table 1).

Table 1. Essential oil constituents of thyme (*Thymus eigii* M. Zohary et P.H. Davis) Jalas

Peak	Component	Retention Index	Rate (%)	Peak	Component	Retention Index	Rate (%)
1	Alpha-pinene	3.054	3.12	12	3-octenol	8.872	0.26
2	Camphene	3.506	0.20	13	Trans sabinene hydrate	9.118	0.24
3	Beta-pinene	3.995	0.35	14	Linalool	10.231	0.66
4	3-carene	4.525	0.16	15	Trans-caryophyllene	11.064	3.09
5	Beta-Myrcene	4.713	5.44	16	Aromadendrene	11.194	0.45
6	Alpha- terpinene	4.969	7.20	17	Thymol acetate	14.399	0.25
7	Limonene	5.232	0.81	18	Caryophyllene oxide	15.826	0.37
8	Beta-phellandrene	5.378	0.58	19	Spathulenol	17.204	0.47
9	Gamma-terpinene	5.998	27.49	20	Thyme camphor	17.679	6.76
10	P-cymene	6.346	14.40	21	Carvacrol	18.027	27.38
11	Terpinolene	6.491	0.32				

Can Başer (2008) documented that the genera *Origanum*, *Thymus*, *Coridothymus*, *Thymbra satureja*, and *Lippia exhibit* a high concentration of carvacrol, which is notably associated with many biological activities. The investigator's finding also provides evidence for the presence of carvacrol as the primary component in the present investigation. Tümen et al. (1995) conducted an analysis to identify the constituents of the essential oils in several thyme species. According to the paper, carvacrol is identified as the primary constituent of *Thymus eigii*, with concentrations ranging from 30% to 65%. In the present investigation, the proportion of carvacrol, a prominent constituent, was found to be 27.38%. This observation aligns with the results reported by the researcher. Baser et al. (1996), in their study, detected carvacrol (64.61%) as the main component in the essential oil of the *Thymus eigii* species. In this study, carvacrol was identified as one of the main components and its rate was found to be low. There is a partial similarity with the findings of the researchers. In their study, Tepe et al. (2004) discovered that the essential oil content derived from different aerial portions of the *Thymus eigii* species consisted mostly of 30.6% thymol, 26.1% carvacrol, and 13% P-cymen. The primary components identified in the present investigation were carvacrol, gamma-terpinene, and p-cymene. While the carvacrol to p-cymene ratio exhibits a notable similarity, the present study incorporates gamma-terpinene as another principal constituent. The researcher's findings also indicate the presence of thymol as distinct components, yielding somewhat comparable outcomes. According to the research conducted by Göze et al. (2009), carvacrol was shown to be the predominant compound in *Thymus fallax*, similar to other species of thyme, with a composition of 46.15%. The findings align with the observation that carvacrol is the primary component investigated in the present investigation.

According to a study conducted by Zehra Küçükbay et al. (2003), three distinct varieties of *Thymus kotschyanus* were examined. The essential oils of two of these varieties were found to mostly consist of geraniol and geranyl acetate, whilst the third variety exhibited a significant presence of monoterpene chemicals, particularly carvacrol and p-cymene. The research conducted by Barut et al. (2021) examined *Thymus eigii*, a perennial shrub from the Lamiaceae family that is often found in the Adana and Hatay regions of Turkey. The primary objective of the study was to determine the most favorable period for harvesting in order to achieve the highest possible essential oil production and overall plant attributes. The results indicated that the full-flowering stage was associated with the greatest plant height, diameter, fresh herb and flower output, as well as dried herb and flower yield. Regarding the composition of essential oils, they were observed that carvacrol constituted the primary constituent, exhibiting fluctuations in its content throughout different phases of development. As a result, the findings of our study were similar to the studies summarized above.

There has been a significant uptick in the usage of *in silico* research in recent years for the purpose of predicting the interaction of essential oils with bacteria, virus, and fungus (Jianu et al., 2021; Kundu et al., 2021; Santana de Oliveira et al., 2021). In this work, we used *in silico* methods to investigate the link between the primary components of *Thymus eigii* essential oil and the structure of *Fusarium oxysporum* cutinase. Important essential oils found in plants have been shown to be capable of causing a considerable alteration in the permeability of cell membranes as well as degrading the membranes of fungus (Gill and Holley, 2006; Sharma et al., 2017).

Chimera software was used for *in silico* prediction (Usta et al., 2023). For assessing the quality of each redocking posture, both the root means square deviation (RMSD) values and docking scores were taken into consideration. The research that has been done indicates that the root means square deviation (RMSD) values between the redocked protein and the crystallographic ligand should be fewer than 2 Å (angström) (Silva et al., 2019). As a result of this study, the RMSD that we calculated came out to be lower than 2 for carvacrol, gamma-terpinene, and p-cymene. It was found that carvacrol had the highest docking score, and this information was compared with the predicted binding score for the other three compounds (-6.8 for carvacrol, -5.4 for p-cymene, and -5.2 for gamma-terpinene). The formation of stable protein-ligand complexes is measured by the low docking scores (Kundu et al., 2021). As a consequence of this, present research involving molecular docking placed carvacrol in the top position in terms of docking scores. Figure 2 depicts the carvacrol molecule in the optimal binding position, which involves placing amino acid (Serine: SER and asparagine: ASN) residues in specific binding pockets of the enzyme. Also, gamma-terpinene was attached to the amino acid SER (Serine) and ARG (Arginine) (Figure 2), whereas P-cymene was bound to the LEU (Leucine) amino acid (Figure 3).

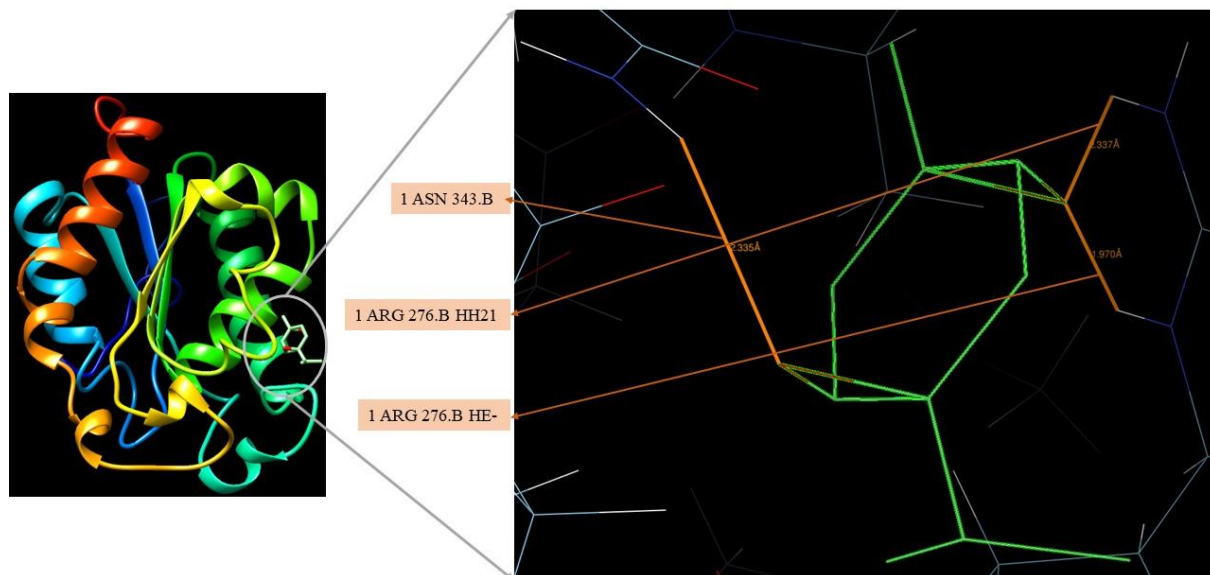


Figure 1. Docking structure of Gamma-terpinene and 5AJH

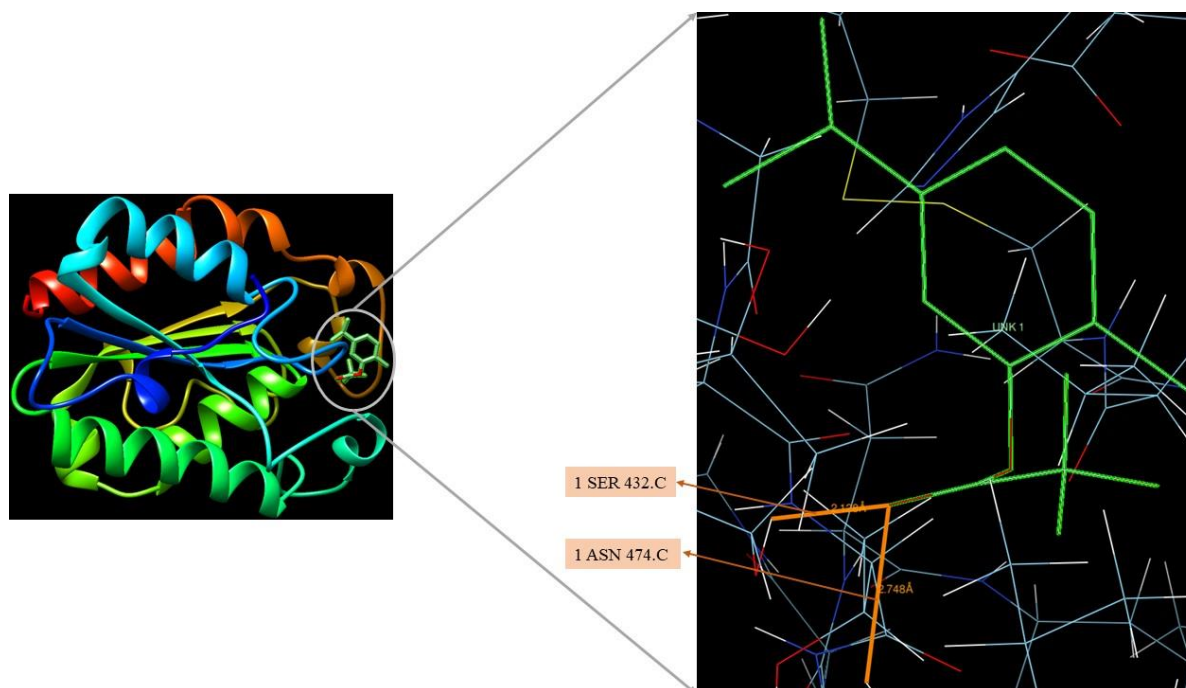


Figure 2. Docking structure of Carvacrol and 5AJH

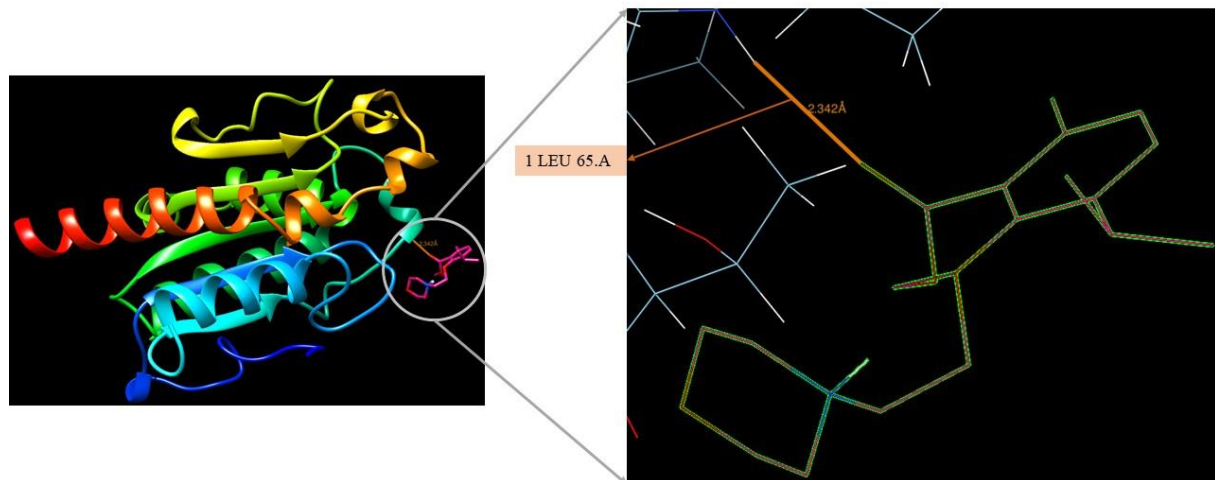


Figure 3. Docking structure of P-cymene and 5AJH

CONCLUSION

Aromatherapy, antimicrobial benefits, and the relief of cold and flu symptoms are just some of the numerous uses for essential oils with therapeutic effects, which are extensively employed in many public and private settings. *Thymus eigii* may be of importance for human health, as shown by the attention it has received due to its essential oils. The development of these naturally occurring bioactive molecules has the potential to assist in mitigating a number of unfavorable consequences of synthetic antibiotics, including residue, resistance, and environmental harm. As a consequence of these observations, perhaps new paths might be opened for the development of novel phytotherapeutic medicines derived from this plant. The analysis of the components of essential oils showed that carvacrol, gamma-terpinene, and P-cymene were present in high concentrations. Detailed knowledge of the relationships between ligands and target proteins was detected; specifically, it was discovered that three key components bind firmly to residues of the enzymatic pocket of *Fusarium oxysporum* cutinase synthase. To have a better understanding of the mechanism behind the actions of *Thymus eigii*'s essential oils, further study is needed.


REFERENCES

- Altundağ Ő, Aslım B, 2005. Kekiđin Bazı Bitki Patojeni Bakteriler Üzerine Antimikrobiyal Etkisi. Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 3 (7): 12-14.
- Barrera-Necha LL, Garduno-Pizana C, Garcia-Barrera LJ, 2009. In vitro Antifungal Activity Of Essential Oils And Their Compounds On Mycelial Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. gladioli (Massey) Snyder and Hansen. Plant Pathology Journal (Faisalabad), 8 (1): 17-21.
- Barut M, Tansı S, Karaman Ő, 2021. Yield and Essential Oil Composition of *Thymus eigii* (M. Zohary & PH Davis) Jalas Leaves and Flowers at Various Growth Stages in the Mediterranean Region. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (31): 523-530.
- Baser KHC, Kürkçüođlu M, Tümen G, Sezik E, 1996. Composition of the Essential oil of *Thymus eigii* (M. Zohary et PH Davis) Jalas from Turkey. Journal of Essential Oil Research, 8 (1): 85-86.
- Başer KHC, 2001. Her Derde Deva Bir Bitki Kekik. Bilim ve Teknik Dergisi, 402 (26): 74-77.

- Butt SS, Badshah Y, Shabbir M, Rafiq M, 2020. Molecular Docking Using Chimera And Autodock Vina Software For Nonbioinformaticians. JMIR Bioinformatics and Biotechnology, 1 (1): e14232.
- Cairns TC, Studholme DJ, Talbot NJ, Haynes K, 2016. New and Improved Techniques for the Study of Pathogenic Fungi. Trends in Microbiology, 24 (1): 35-50.
- Can Baser KH, 2008. Biological and Pharmacological Activities of Carvacrol and Carvacrol Bearing Essential Oils. Current Pharmaceutical Design, 14 (29): 3106-3119.
- Davis PH, 1970. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. University Press: Edinburgh, Scotland, Vol. 7, 349-382.
- Dean R, Van Kan JA, Pretorius ZA, Hammond-Kosack KE, Di Pietro A, Spanu PD, Foster GD, 2012. The Top 10 Fungal Pathogens in Molecular Plant Pathology. Molecular Plant Pathology, 13 (4): 414-430.
- Dimarogona M, Nikolaiivits E, Kanelli M, Christakopoulos P, Sandgren M, Topakas E, 2015. Structural and Functional Studies of a *Fusarium oxysporum* Cutinase with Polyethylene Terephthalate Modification Potential. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects, 1850 (11): 2308-2317.
- Fourie G, Steenkamp ET, Ploetz RC, Gordon TR, Viljoen A, 2011. Current Status of the Taxonomic Position of *Fusarium oxysporum* Formae Specialis Cubense Within the *Fusarium oxysporum* Complex. Infection, Genetics and Evolution, 11 (3): 533-542.
- Gill AO, Holley RA, 2006. Inhibition of Membrane Bound ATPases of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* by Plant Oil Aromatics. International journal of food microbiology, 111 (2): 170-174.
- Gordon TR, Martyn RD, 1997. The Evolutionary Biology of *Fusarium oxysporum*. Annual review of phytopathology, 35 (1): 111-128.
- Goze I, Alim A, Cetinus SA, Durmus N, Vural N, Goze HM, 2009. Chemical Composition and Antioxidant, Antimicrobial, Antispasmodic Activities of the Essential oil of *Thymus fallax* Fisch, Mey. J Med Plants Res, 3 (3): 174-178.
- Halpern HC, Bell AA, Wagner TA, Liu J, Nichols RL, Olvey J, Brewer MT, 2018. First Report of *Fusarium wilt* of Cotton Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* race 4 in Texas, USA. Plant disease, 102 (2): 446-446.
- Jianu C, Stoin D, Cocan I, David I, Pop G, Lukinich-Gruia AT, Horhat DI, 2021. *In silico* and *in vitro* Evaluation of the Antimicrobial and Antioxidant Potential of *Mentha* × *smithiana* R. GRAHAM Essential Oil from Western Romania. Foods, 10 (4): 815.
- Kocabas YZ, Karaman S, 2001. Essential Oils of Lamiaceae Family From South East Mediterranean Region (Turkey). Pakistan Journal of Biological Sciences, 4 (10): 1221-1223.
- Koçak R, Boyraz N, 2006. Bazı Bitki Uçucu Yağlarının Fungisidal ve Fungistatik Etkileri. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 20 (38): 76-81.
- Korkmaz G, Usta M, Demirel S, 2022. Potato virus S (PVS)-Bitlis İzolatının Kılıf Proteininin *in silico* Karakterizasyonu ve Konak Proteini ile Docking analizi. Journal of Agriculture 5 (1): 57-67.
- Könemann B, 1999. The Illustrated AZ of Over 10,000 Garden Plants and How to Cultivate Them. Hong Kong: Gordon Cheers Publication, 51-3.
- Kundu A, Dutta A, Mandal A, Negi L, Malik M, Puramchatwad R, Singh PK, 2021. A Comprehensive *in vitro* and *in silico* Analysis of Nematicidal Action of Essential Oils. Frontiers in Plant Science, 11: 614143.
- Küçükbay FZ, Kuyumcu E, Çelen S, Azaz AD, Arabaci T, Yildiz B, 2013. Chemical Composition and Antimicrobial and Antioxidant Activities of Three Turkish Thyme Essential Oils. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 16 (5): 661-671.
- Lecomte C, Alabouvette C, Edel-Hermann V, Robert F, Steinberg C, 2016. Biological Control of Ornamental Plant Diseases Caused by *Fusarium oxysporum*: a Review. Biological control, 101: 17-30.
- Maharramov S, Hüseynova A, 2017. Bazı Kekik Türlerinin (*Thymus kotschyanus* ve *Thymus collinus*) Gastrointestinal Parazitlere Karşı Antelmantik Etkisinin Araştırılması. 2018 24 1 January-February, 961.

- Peters RD, MacLeod C, Seifert KA, Martin RA, Hale LR, Grau CR, MacInnis S, 2008. Pathogenicity to Potato Tubers of *Fusarium* spp. Isolated From Potato, Cereal and Forage Crops. *American Journal of Potato Research*, 85: 367-374.
- Purdy RE, Kolattukudy PE, 1975. Hydrolysis of Plant Cuticle by Plant Pathogens. Properties of cutinase I, cutinase II, and a nonspecific esterase isolated from *Fusarium solani* pisi. *Biochemistry*, 14 (13): 2832-2840.
- Santana de Oliveira M, Pereira da Silva VM, Cantao Freitas L, Gomes Silva S, Nevez Cruz J, de Aguiar Andrade EH, 2021. Extraction Yield, Chemical Composition, Preliminary Toxicity of *Bignonia Nocturna* (bignoniaceae) Essential Oil and *in silico* Evaluation of the Interaction. *Chemistry & Biodiversity*, 18 (4): e2000982.
- Sharifi-Rad M, Varoni EM, Iriti M, Martorell M, Setzer WN, del Mar Contreras M, Sharifi-Rad J, 2018. Carvacrol and Human Health: A Comprehensive Review. *Phytotherapy Research*, 32 (9): 1675-1687.
- Sharma A, Rajendran S, Srivastava A, Sharma S, Kundu B, 2017. Antifungal Activities of Selected Essential Oils Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* 1322, with Emphasis on *Syzygium aromaticum* Essential Oil. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 123 (3): 308-313.
- Silva SG, da Costa RA, de Oliveira MS, da Cruz JN, Figueiredo PLB, Brasil DDSB, Andrade EHDA, 2019. Chemical Profile of *Lippia thymoides*, Evaluation of the Acetylcholinesterase Inhibitory Activity of its Essential Oil, and Molecular Docking and Molecular Dynamics Simulations. *PLoS One*, 14 (3): e0213393.
- Smith SN, 2007. An Overview of Ecological and Habitat Aspects in the Genus *Fusarium* with Special Emphasis on the Soil-borne Pathogenic Forms. *Plant Pathol Bull*, 16: 97-120.
- Tepe B, Daferera D, Sökmen M, Polissiou M, Sökmen A, 2004. In vitro Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Essential Oils and Various Extracts of *Thymus eigii* M. Zohary et PH Davis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (5): 1132-1137.
- Tharanathan RN, Kittur FS, 2003. Chitin—the Undisputed Biomolecule of Great Potential. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 43: 63-86.
- Tümen GN, Kırimer KHC, Başer C, 1995. Composition of the Essential Oils of *Thymus* species Growing in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 3 (1): 42-45.
- Usta M, Guller A, Demirel S, Korkmaz G, Kurt Z, 2023. New insights into tomato spotted wilt orthotospovirus (TSWV) infections in Türkiye: Molecular detection, phylogenetic analysis, and *in silico* docking study. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51 (3):13245.
- Yildirim B, Kumlay AM, Rezaeieh KAP, 2016. Chemical Composition of Bioactive Volatile Oils from *Silene vulgaris* L. *International Scientific Researches Journal*, 72: 213.

Asma Tomurcuklarında Dormansi Sürecinde Genetik Regülasyon ve Hormonal Etkileşim

Dilek Değirmenci KARATAŞ¹ 

¹Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Dilek Değirmenci KARATAŞ, e-mail: dilek.degirmenci@dicle.edu.tr

Özet: Çok yıllık bitkilerde tomurcuk dormansisi; dışsal (ışık, sıcaklık) ve içsel (hormonlar, enzimler, karbonhidratlar vb.) faktörler nedeniyle hücre bölünmesi, tomurcuk büyümesinin durması veya yavaşlaması, metabolik aktivitelerinin azalması ile bitkinin olumsuz koşullar altında uzun süre hayatta kalmasını sağlayan fizyolojik bir aşamadır. Dormansi, uygun çiçeklenme ve meyve tutumu için bir ön koşuldur. ABA bir stres hormonu olup dormansi mekanizmasını kontrol eden belirleyici hormon görevini alır. Tomurcuk dormansisi, başlıca genetik, fizyolojik ve ekolojik faktörler tarafından etkilenen soğuk uyum sürecidir. Tomurcuk dormansisinin fizyolojisi karmaşık olmasına rağmen, son zamanlarda metabolik, fizyolojik, genetik, omik ve biyoinformatik yöntemleri kullanılarak bu alanda birçok ilerleme sağlanmıştır. Bu çalışmada, asmalarda dormansi sürecinde hormonal değişimler ve gen düzeyinde regülasyonu konusunda son yıllarda yapılan çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Vitis Vinifera*, kış gözü, dormansi, gen ekspresyonu

Genetic Regulation and Hormonal Interaction in the Dormancy Process in Vine Buds

Abstract: Bud dormancy in perennial plants, physiological phase that enables long-term survival under adverse conditions and is accompanied by a decrease in growth, cell division, and metabolic activities. Dormancy is necessary for flowering and fruit set process. ABA is a stress hormone and it regulates dormancy process. Bud dormancy is a cold adaptation process influenced by general genetic, physiological and ecological factors. Although the physiology of bud dormancy is complex, many advances have been made in this field recently with metabolic, apparent, genetic, omics and bioinformatics methods. In this study, researches conducted in recent years on hormonal changes and gene-level regulation during the dormancy process in grapevines were evaluated.

Key words: *Vitis Vinifera*, Grape bud, dormancy, gene expression

GİRİŞ

Asmalarda dormansi

Asma, farklı değerlendirme şekilleri ile dünyada ve ülkemizde en önemli türlerin başında gelmektedir. Biyotik ve abiyotik stres koşulları, asma bitkisini olumsuz yönde etkilemekte ve önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Asmada büyüme ve meyve gelişimi, hasat öncesi ve sonrası karşılaşılabilecek olumsuz koşullar sonucu, meyve verim ve kalitesi etkilenebilmektedir. Tomurcuk dormansisi, diğer çok yıllık bitkilerle birlikte asmanın uyku moduna girdiği ve baharda tomurcuk patlamasına kadar uzanan büyüme aktivitesinin olmadığı aşama olarak tanımlanır. Dormansi süreci, ılıman ve çok yıllık bitkilerin kış aylarında olumsuz çevresel koşullarda hayatta kalmalarını sağlayan adaptasyon yeteneğinin sağlandığı önemli bir süreçtir.

“Dormansi” terimi, görünür büyümenin geçici olarak askıya alınmasıyla ilişkilidir. İç faktörler tarafından tetiklenen gerçek dormansi (“dinlenme” veya “endodormansi”) ve dış faktörler tarafından kontrol edilen iklimsel dormansi (“ekodormansi”) durumunu içerir (Lang ve ark., 1987). Dinlenme sırasında, bitkiler büyümeyi durdurarak ve metabolik aktivitelerini azaltır (Arora ve ark., 2003). Asmalar ve diğer çok yıllık bitkiler bitki dokusunda gözle görülür gelişmenin geçici olarak durdurulduğu dormansi sürecine girerler (Keller, 2015).

Asma tomurcuklarında dormansinin uyarılması ve tomurcuğun soğuk uyum sürecindeki adaptasyon mekanizması, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler olarak birçok araştırmacı tarafından son yıllarda çalışılmıştır (Fennell, 2004, Halaly ve ark., 2008, Halaly ve ark., 2011, Khalil-Ur-Rehman ve ark. 2017, Smita ve ark. 2021). Yapılan araştırmalar sonucunda asma tomurcuğunda dormansinin, dışsal faktörlerden sıcaklık, fotoperiyod ve su durumu (Fennell, 2004) gibi etkenlerin sonucu olarak ortaya çıkan içsel etmenlerden; hormon, şeker (Zheng ve ark., 2015) ve enzimlerle ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Or ve ark., 2002). Dormansiyi uyaran sinyallerin kaynağına göre, dormansi üç sınıfa ayrılabilir: paradormansi (PD), endodormansi (ED) ve ekodormansi (EKD) (Lang 1987; Or 2009; Shim ve ark., 2014).

Paradormansi, aklimasyon, dinlenme sürecinin ilk aşaması, asmanın ürününü olgunlaştırmasından ve sürgün büyümesinin durmasından sonra başlayan alışma sürecidir. Endodormansi, düşük sıcaklıklar ile meristem veya yakın dokulardaki biyokimyasal ve fizyolojik olaylar tarafından tomurcuk gelişiminin engellendiği daha soğuk aylarda ortaya çıkar (Fennell, 2004).

Bazen derin dormansi olarak da adlandırılan endodormansi, büyümenin içsel olarak baskılandığı bir durumdur. Bu süreçte, uyku hali indükleyicisi olan bitki hormonu absisik asitte bir artışın yanı sıra soğuğa dayanıklılık sağlayan kriyoprotektanları içerir. Endodormant tomurcuklar, soğutma gereksinimi karşılanana kadar büyümeye devam etmez. Endodormansi sürecinde olan asmalar, optimum sıcaklık ve ışık koşullarına maruz bırakılsa bile büyüme aktivitesi gerçekleşmez. Endodormansinin derinliği genetik olarak belirlenir ve farklı üzüm çeşitleri belirli bir maksimum soğuğa dayanıklılığa ulaşır. Endodormansiyi kontrol eden kesin biyokimyasal mekanizmalar hala bilinmemekle birlikte, türler ve çeşitler arasında farklılık gösterdiği çeşitli literatürde belirtilmiştir (Bruckner et al., 2010).

Endodormanside kısa günler ve/veya düşük sıcaklıklar, tomurcukların donma noktasının çok altındaki sıcaklıklara toleranslı hale gelmesini sağlayan tomurcuk uyarı mekanizmasını tetikler. İkinci aşamada maksimum soğuğa dayanıklılık süreci olarak gerçekleşir. Sonbahar havası kademeli soğutma koşullarını içeriyorsa ve asmalar mükemmel sağlıktaysa, maksimum soğuğa dayanıklılık durumuna ulaşacaktır. Bu maksimum soğuk uyum sağlama sürecinde, asma çeşide bağlı olarak -20 ° C'ye kadar düşük sıcaklıklara dayanabilir. Asmanın organları da bu düşük sıcaklıklardan farklı düzeyde etkilenir.

Dinlenmenin bu aşamaları farklı unsurlar tarafından hafifletilir: endodormansinin serbest bırakılması soğuk birikimi gerektirirken ekodormansi, tomurcuk kırılmasına doğru ısı birikimi ile ilerler. Ekodormansi, tomurcukların büyüme yeteneğini sürdürdüğü ancak olumsuz hava koşulları tarafından engellendiği son uyku aşamasına işaret eder. Aklimasyonun üçüncü aşamasında, asmalar daha sıcak koşullara yeniden uyum sağladıkça soğuğa dayanıklılık yeteneğini kaybetmeye başlarlar.

Asmalar, “soğuğa uyum (cold acclimation)” adı verilen bir süreç olan, azalan düşük sıcaklıkların bir sonucu olarak sonbaharda soğuğa dayanıklılık kazanır. İlkbaharda artan sıcaklıklar, soğuk uyum sürecinden çıkışla deaklimasyon sürecini başlatır. Aklimasyonun bozulması, soğuk aklimasyonundan daha hızlı gerçekleşebilir (Zabadal, 2007).

Yaprağını döken diğer meyve türleri ile karşılaştırıldığında, dormansi dönemini tamamlamak için asmalar, $< 10^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklarda 100 ila 400 saat arasında değişen nispeten kısa bir soğumaya maruz kalmayı gerektirir (Pouget, 1963). Ayrıca, Nigond (1970), dormansiden çıkış için uygun sıcaklık aralığının, zaman içinde değişken etkilerle birlikte çok geniş olabileceğini öne sürmüştür. *Vitis vinifera* L. için 10°C 'lik bir taban sıcaklığı yaygın olarak kabul edilir ve bunun altında vejetatif büyüme engellenir. -20°C 'nin altındaki donma sıcaklıkları, çoğunlukla Akdeniz tipi bir iklime adapte olan *V. vinifera*'ya zarar verir (Dami, 2017).

Ilıman iklim kuşağında, kış aylarında soğuklama ihtiyacının yeterince karşılanmadığı yerlerde üzüm üreticileri bazen dormansi sürecinin sağlıklı işleyişi için siyanamidleri (kalsiyum veya hidrojen) kullanmaktadırlar. (Zheng ve ark. 2015). Ancak bu ürünlerin bitkilere uygulanması tehlikeli ve bitkilere zarar verebilir. Hidrojen siyanamidin (HC), etkili uyku hali salınımına yol açan biyokimyasal solunum stresini indüklemeye yeteneği ile birlikte hem asmalara hem de çevreye olan toksisitesi de bulunmaktadır (Vergara ve ark. 2012). Son yıllarda alternatif olarak daha çevre dostu ve sağlıklı olması nedeniyle etanol uygulamaları yapılmaktadır (Chervin and Fennell 2019).

Düşük sıcaklıklara uyum adaptasyonu ve genetik regülasyon

Tarihsel olarak dormansinin modellenmesi karbonhidrat birikimi (CH) ile ilişkilendirilmiştir (Weinberger, 1950). Utah modeli (Richardson ve ark.1974), Kuzey Karolina modeli (Shaltout and Unrath, 1983), sonbahar ve kış dönemi boyunca gerçekleşen düşük sıcaklıklarda tomurcuklarda gerçekleşen soğuk uyum mekanizmasını ortaya koymak için geliştirilmiştir. Bu çalışmalar, Kuzey Amerika iklim koşulları için geliştirilmiştir. Bu nedenle, özellikle ılıman kışları olan bölgelerde tomurcuk patlamasını tahmin etmek için daha iyi uyarlanmış modelleri ayarlamak veya geliştirmek için asmalarda sıcaklığın dormansi üzerindeki etkisi daha iyi çalışılmalıdır.

Dormant asma dokusunun sonbahar ve kış aylarında dondurucu soğuklarda hayatta kalma yeteneği, soğuğa dayanıklılıklarının bir ölçüsüdür. Asmalar, düşük sıcaklıklarda iki mekanizma ile uyum sağlama yeteneğini geliştirir. Gövde ve bir yaşlı dal dokuları, canlı hücrelerin dışındaki buzu tolere eder, bu da hücrelerin içindeki sitoplazmanın kurumasına neden olur. Tomurcuklar, hücre içeriklerini donma sıcaklıklarının altında sıvı halde tutarak, aşırı soğutma “supercooling” adı verilen bir işlemle donma hasarını önler (Zabadal 2007). Bu süreçte hücrelerde kriyoprotektanlar (antifriz şekerler, proteinler ve amino asitler) birikir (Kevin and Brewster 2011). Asmaların soğuğa dayanıklılığı tipik olarak kış ortasında birincil tomurcuk popülasyonunun %50'sini öldüren en yüksek sıcaklıkla ölçülür ve “ölümcül sıcaklık 50” veya (Lethal Temperature LT 50) olarak adlandırılır (Zabadal, 2007).

İklimdeki değişikliklerin üzümlerde dinlenme süreci üzerine etkileri bulunmaktadır. Daha sıcak bir iklim kavramı, maksimum soğuk sıcaklığın ortalama olarak daha yüksek olacağını gösterir. Daha yüksek sıcaklıklar, endodormansideki soğuk hasarına karşı daha yüksek hassasiyete sahip üzüm

çeşitleri için iyiye işarettir. Bununla birlikte, iklim değişikliğinin bir dezavantajı daha vardır ve bu da değişikliklerin soğutma gereksinimi üzerindeki etkisidir. Kış dinlenme süresince yüksek seyreden sıcaklıklar sonucu tomurcuklarda içsel hormonal düzenlemede oluşan değişim ile birlikte kış sonu ve ilkbahar donlarından asma hasarı riskinin artmasına neden olacaktır. İklim değişikliği sonucu bölgede yetişen üzüm çeşitlerinde uyku döngüsünü etkilediği için yetiştiricileri yeni zorluklar bekleyebilir.

Soğuk uyumu (aklimasyon), birçok biyokimyasal ve fizyolojik değişiklikleri içeren ve düzenleyici, fonksiyonel genlerin ekspresyonunu etkileyen kompleks bir süreçtir (Wisniewski ve ark., 2015, Fennell, 2015). Düzenleyici genler arasında, transkripsiyon faktörlerini kodlayanlar, bitki stres tepkilerinde önemli bir rol oynar, stres sinyallerinin koordinatörü olarak görev yapar ve fonksiyonel genlerin ekspresyonunu düzenler (Wang ve ark., 2014). Asma tomurcuklarında dormansi salınımını düzenleyen moleküler mekanizmalar konusunda çalışmalar devam etmektedir (Shi ve ark., 2018, Smita ve ark., 2021).

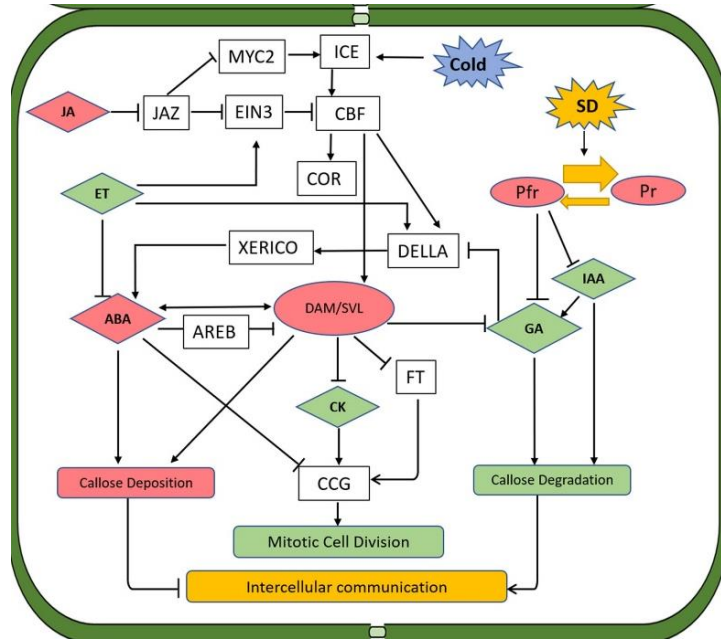
Son yıllarda yapılan güncel çalışmalarda, düşük sıcaklıkların neden olduğu birkaç transkripsiyon faktörü, aklimasyon (uyum) ve dayanıklılık sürecinde önemli bir rol oynayan gen ifadesinde önemli değişikliklere neden olduğu belirtilmiştir. Bu transkripsiyon faktörlerinden son yıllarda en çok çalışılanlar arasında, *Dehydration Responsive Element Binding Factor (DREB)* olarak da bilinen *C-Tekrar Bağlama Faktörü (CBF)* 1-4 bağlayıcı transkripsiyon faktörleri ailesidir. ABA ile birlikte *CBF* transkripsiyon faktörlerinin sinerjik bir etki gösterdiği ve özellikle asma tomurcuklarında soğuk uyum sürecinde anahtar rol aldığı vurgulanmıştır (Rubio ve ark., 2019).

Vitis riparia ve *Vitis vinifera* türleri arasında yapılan karşılaştırmalı analizlerde, soğuk bölgelere endemik uyum gösteren *Vitis riparia*'da *VvCBF* gen ekspresyonu, *Vitis vinifera*'ya göre daha fazla bulunmuştur. Bu ekspresyon seviyesinin yüksekliğinin soğuklara dayanım derecesi ile ilişkili olduğu düşünülmüştür (Karimi ve ark., 2015). Bununla birlikte bitkilerde soğuk uyum süresince bütün gen ekspresyonları donma toleransı ile ilişkili rol almadığı da belirtilmiştir (Wisniewsky ve ark., 2014).

Yapılan çalışmalar, meyve ağaçlarında *CBF* gen ailesinin düşük sıcaklıklardan sorumlu olarak bulunduğunu ve Arabidopsis'in de model olarak kanıtlandığını vurgulamıştır (Fennell, 2015). *CBF* geninin ekspresyonunun yüksek olması Arabidopsis de soğuk toleransın artmasına neden olmuştur. Model bitki Arabidopsis ile birlikte asmalarda da düşük sıcaklıkla birlikte *CBF* regülasyonu artmıştır (Kobayashi ve ark., 2012).

Díaz-Riquelme ve ark. (2012) majör transkripsiyonel değişikliklerin, para/endodormansi, endo/ekodormansi ve ekodormansi/tomurcuk kırılması geçişleri ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bu kapsamda, bir *MADS -box* geni (*VvFLC2*) ve benzer ekspresyon modellerine sahip diğer transkriptler, uyku hali düzenlemesine katılabileceğini belirtmişlerdir. Díaz-Riquelme ve ark. (2012) diğer türlerde bildirildiği *HSF*, *NAC* ve *WRKY* gen ailesini strese uyum sağlayan tepkilerde yer aldığı bilinen transkripsiyon faktörü olarak belirtmişlerdir.

Patojenlere ve abiyotik streslere erken yanıtta temel rolleri nedeniyle, üzümde birkaç *WRKY* geni son yıllarda çalışılmıştır. *VvWRKY2*, asmadaki lignifikasyonu, biyotik ve abiyotik streslere yanıtı düzenleyebileceği literatürde belirtilmiştir. Araştırmalar sonucunda elde edilen bulgular ayrıca, soğuk, tuz ve kuraklık gibi abiyotik stresler sırasında bitkilerde gen ekspresyonunun modüle edilmesinde *WRKY* transkripsiyon faktörlerinin rol oynadığını desteklemiştir (Wang ve ark., 2014). *WRKY* transkripsiyon faktörü *VvWRKY37*, dormant tomurcuklarda yüksek regülasyon gösterdiği vurgulanmıştır (Wang ve ark., 2022).



Şekil 1. Çok yıllık odunsu bitkilerde dormansinin oluşum sürecinde hormonal etkileşim (Liu and Sherif S. M. 2019) .

ABA, absisik asit; *CBF* (C-repeat binding factor) geni; *CCG*, hücre döngü geni; *CK*, sitokinin; *ET*, etilen; *EIN3*, ETHYLENE INSENSITIVE 3; *FT*, çiçeklenme lokusu T; *GA*, giberellinler; *IAA*, indol-3 asetik asit; *SD*, kısa gün; *NCED* (9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase); *DAM* (dormancy-associated MADS).

Şekil 1'de kırmızı renk, dormansiyi indükleyen maddeler veya süreci gösterir ve yeşil renk, dormansi salınımını destekleyenleri gösterir. Kısa gün fotoperiyodu düşük sıcaklık ile birlikte, *DAM* genlerinin ekspresyonunu doğrudan destekleyen *CBF*'i indükler. *DAM* proteinleri, ABA'ya bağımlı ve ABA'dan bağımsız yollar aracılığıyla uyku halini düzenler. *DAM* proteinlerin birikmesi *GA* seviyesini azaltır, böylece *DELLA*'yı ve ardından *XERICO* proteinlerini aktive eder ve bu da ABA sentezini teşvik eder. *DAM* genleri ayrıca ABA sentezinde anahtar bir enzim olan *NCED*'i kodlayan geni yukarı regüle ederek ABA seviyelerini yukarı regüle edebilir.

ABA'dan bağımsız düzenleme yolunda, *DAM* proteinleri, *FT*'nin negatif düzenlenmesi yoluyla dormansiyi indükler, bu da *CCG* aracılı dormansi salınımını önler. ABA ayrıca *CCG*'yi baskılayabilir ve mitotik hücre bölünmesini engelleyebilir. ABA'nın ayrıca, kaloz sentaz ekspresyonunu artırarak, kaloz birikimine ve plazmodesmata blokajına yol açarak, uyku sırasında hücreler arası iletişimi baskıladığı tespit edildi. Dinlenme sırasındaki bu plazmodesmata değişikliği, tomurcukların tomurcuk kırılmasına geçişi olarak *GA* tarafından tersine çevrilir. *GA*'lar, şekerlerin ve diğer büyümeyi teşvik eden faktörlerin geçişine izin vererek, kalozu parçalayan glukozların ekspresyonunu indükler. Kısa gün koşulları altında, *GA*, biyosentezi fitokrom ve fitokrom etkileşimli faktörler yoluyla inhibe edilir. *ET*, *SD* tarafından indüklenir ve onu bir uyku hali indükleyicisi olarak aday gösteren *GA* biyosentezi ve sinyalleme üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (Jianyong, L. Sherif S. M., 2019).

Bununla birlikte, *ET* aynı zamanda ABA sentezini ve sinyalleşmeyi de inhibe eder ve *JAZ* proteinleri aracılığıyla *JA*'nın düzenlenmesine de tabi olan *EIN3*'ün aktivasyonu yoluyla *CBF*'yi negatif olarak düzenler. *JA*, ubiquitination/26S proteazomu yoluyla bozunma için *JAZ* proteinlerini hedefleyerek tomurcuk dormansisini indükler, bu da *MYC2* ve *ICE1*'i baskıdan serbest bırakır. Hem *MYC2* hem de *ICE1*, *CBF* ifadesini aktive eder. Sitokinin, ABA'yı baskılayabilir ve *CCG*'lerin ifadesini indükleyerek uyku halinin serbest bırakılmasını teşvik edebilir. *IAA*, *GA* biyosentezini ve kaloz bozulmasını teşvik ederek uyku hali salınımını kolaylaştırır (Jianyong, L., Sherif S. M., 2019, Pan ve ark., 2021). Asmalarda de-aklimasyon sürecinde *PLD* (*Phospholipase D*) daha çok eksprese olduğu Kovaleski and Londo (20199 tarafından yapılan çalışmada vurgulanmıştır).

Tomurcuklarda Dormansi Sürecinde Hormonal Etkileşim

Absisik Asit (ABA) metabolizması ve dormansi

ABA'nın tomurcuk endodormansisinin düzenlenmesindeki rolü literatürde tartışılmış ve ABA seviyelerinin sonbaharda arttığı ve daha kısa gün uzunluğunun bir işareti olarak hareket ettiği öne sürülmüştür. Bu da varsayımsal olarak hücre proliferasyonunun ve sürgün büyümesinin inhibisyonu ve endodormansinin indüklenmesi ile sonuçlanmaktadır (Zheng ve ark., 2015).

ABA'nın bitkilerdeki birincil rolü, büyümeyi bastırmak ve organ yaşlanmasını ve absisyonunu teşvik etmektir (Finkelstein, 2013; Zheng ve ark. 2015). Bitki hormonu ABA, bitki büyüme ve gelişmesinde çok sayıda düzenleyici görevi bulunmakta ve aynı zamanda stres tepkilerinin önemli bir habercisidir (Finkelstein, 2013). Bunun ışığında ABA, dormansiyi düzenlemede özel bir öneme sahiptir, çünkü dormansi özünde meristematik büyümenin askıya alınmasıdır ve başarılı bir dormansi oluşumu, genel bitki büyümesinin durdurulmasını gerektirir (Cooke ve ark., 2012). ABA'nın tomurcuk dormansisini düzenlemedeki merkezi rolü, birçok fizyolojik, genetik ve moleküler çalışmada kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır (Zheng ve ark., 2015, Liu and Sherif 2019, Pan ve ark., 2021).

Endojen ABA düzeylerinin dormansi oluşumunda arttığı ve dormansi salınımına (ED'den EKD'ye geçiş) doğru azaldığı yaygın olarak gözlenmiştir. Örneğin, asma (*Vitis vinifera*) tomurcuklarındaki ABA içeriği, dormansinin başlangıcında üç kata kadar artar ve daha sonra, dormansinin serbest bırakılmasına doğru kademeli olarak azalır (Zheng ve ark., 2015). Çok yıllık bitkilerde büyüme ve etkili stres tepkilerini sağlamak için ABA metabolizması koordine edilir. ABA biyosentez mekanizması kapsamlı bir şekilde birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Marin ve ark. 1996, Milborrow, 2001, Finkelstein, 2013, Liao ve ark., 2018). ABA üretiminin ilk adımı, zeaksantin epoksidaz (ZEP) tarafından zeaksantin'in antheraksantine epoksidasyonudur. Daha sonra, anteroksantin, 9-cis-epoksikarotenoid dioksijenaz (*NCED*) tarafından ksantoksin oluşturmak üzere parçalanmış neoksantin veya violaksantine dönüştürülür (Liotenberg ve ark., 1999, Taylor ve ark. 2000). ABA biyosentezinin uyku halini kontrol etmede rol oynadığını göstermiştir. ABA sentetik enzimi, şeftali (Wang ve ark., 2015), armut (*P. pyrifolia*) (Li ve ark., 2018) ve asma (Zheng ve ark., 2015) türlerinde, *NCED*'nin dormansi başlangıcında yüksek regülasyonu ve dormansi salınımı sırasında düşük regülasyonu olduğu belirtilmiştir. Asmadaki *NCED* genlerinin üç homologu arasında, dormansi sırasında sadece *NCED1* tespit edilmiştir (Zheng ve ark., 2015). Bu bulgular, *NCED* genlerinin muhtemelen nispeten bağımsız mekanizmalar tarafından düzenlendiği ve organa özgü bir şekilde ifade edildiği karmaşık bir düzenleyici ABA biyosentez ağının varlığını göstermektedir.

Giberellinler (GA3)

Tomurcuklarda dinlenmeden önce ve sonra biyoaktif GA seviyelerinde önemli değişiklikler olduğu için dinlenme sürecini modüle eden önde gelen bir fitohormondur (Cooke ve ark., 2012). Genel olarak, GA seviyeleri dormansi indüksiyonunda aşağı regüle edilirken dormansi salınımı veya tomurcuk patlaması sırasında yukarı regüle edilmektedir. GA içeriğinin bu tür dinamikleri tatlı kiraz (*P. avium*), hibrit kavak, asma ve Japon kayısı (*P. mume*) gibi birçok odunsu türde rapor edilmiştir (Rinne ve ark., 2011, Zhuang ve ark., 2013, Zhuang ve ark., 2015, Zheng ve ark., 2018).

Etilen

Asmalarda dormansinin mekanizması yönünde son yıllarda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Etilen (ET) ile ABA metabolizması arasında bir etkileşim olduğu bilinmektedir (Shi ve ark., 2018). Olgunlaşma hormonu olarak tanınmasına rağmen, ET, tohum çimlenmesi, çiçeklenme, absisyon, yaşlanma ve stres tepkileri dahil ve bunlarla sınırlı olmamak üzere bir dizi başka biyolojik süreç

üzerinde geniş kapsamlı etkilere sahiptir (Bleecker ve Kende, 2000). ET'nin uyku durumundaki işlevi, biyosentezi ve sinyal iletimi ile yakından ilişkilidir. ET biyosentezi, metioninin SAM sentetaz tarafından S-adenoil-metionine (SAM) dönüştürülmesiyle başlar (Iqbal ve ark., 2013). Sonraki hız sınırlayıcı ve kararlı adımda, SAM, ACC sentaz (ACS) tarafından 1-aminosiklopropan-1-karboksilik aside (ACC) dönüştürülür (Liu and Sherif 2019).

Sitokininler

Sitokininler hücre bölünmesi, hücre farklılaşması, apikal baskınlık, yaprak yaşlanması ve stres toleransı dahil olmak üzere çeşitli bitki süreçlerinde önemli roller oynayan adenin türevli küçük bileşikler grubudur (Sakakibara, 2006, Zürcher and Müller, 2016). Sitokininlerin etkileri hücre ve doku tiplerine, gelişim evresine ve çevresel koşullara oldukça bağlıdır, bu nedenle sitokininler meristem aktivitesini ve morfogenezi modüle etmede özellikle önemlidir (Zhang ve ark., 2005).

Oksin

Oksinin, bir apikal baskınlık fenomeninde, kök uzamasını teşvik ettiği ve yan tomurcukların büyümesini bastırdığı uzun yıllardır bilinmektedir. Son bulgular, oksinin ayrıca bitki yaşlanması, çiçeklenme ve stres tepkilerinde yer aldığını göstermektedir (Fendrych ve ark., 2016). Doğal olarak oluşan dört tip oksin arasında, IAA en bol bulunan ve iyi çalışılmış olanıdır (Simon ve Petrášek, 2011). IAA biyosentezi iki aşamalı bir dönüşümü içerir: ilk aşamada, IAA öncüsü triptofan, bir amino transferaz tarafından intole-3-pirunvaya (IPA) dönüştürülür; ikinci adımda, IPA, flavin monooksijenaz (YUC) tarafından IAA'ya oksitlenir ve bu reaksiyon, IAA sentez yolunda hız sınırlayıcı bir adımdır. Oksin biyosentezi esas olarak sürgün uçlarında ve genç yapraklarda meydana gelir. Oksin, aynı zamanda oksin homeostazının korunmasında da rol oynayan, PIN-FORMED proteinler (PIN) adı verilen özel membran taşıyıcılar aracılığıyla bazipetal olarak (uçtan tabana) taşınır (Muller and Leyser, 2011). Oksin sinyal iletim yolunda, Aux/IAA'lar, oksin yokluğunda AUXIN Response Faktörlerine (ARF'ler) bağlanan ve bunların aktivitesini engelleyen transkripsiyonel baskılayıcılardır. ARF, oksine yanıt veren genlerin promotör bölgesindeki Oksin Response Elements (ARE'ler) bağlanabilir ve hem aktivatör ARF'ler hem de baskılayıcı ARF'ler tanımlanmıştır (Leyser, 2018). Oksinin varlığında, Aux/IAA'lar, oksinle tetiklenen Ubiquitin bozulmasına maruz kalır.

SONUÇ

Çok yıllık meyve türleri için, küresel ısınma bağlamında, yetersiz soğuk birikimi nedeniyle, çiçeklenme kalitesini ve homojenliğini doğrudan etkilemesi ve dolayısıyla meyve üretiminde ciddi bir azalmaya yol açması nedeniyle endodormansi süreci gelecekte kritik bir adım olabilir. Absisik asit, gibberellin, etilen, oksin ve sitokininler dahil olmak üzere fitohormonlar, dormansi sürecinde etkili olup, bu süreci regüle eden en önemli hormon ise ABA'dır. Çok yıllık bitkilerde dormansi süreci ve mevsimsel iklim değişikliklerine bağlı olarak moleküler mekanizmasının aydınlatılması yönündeki çalışmalar halen devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- Arora R, Rowland LJ and Tanino K (2003). Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *HortScience* 38, 911–921. doi: 10.21273/HORTSCI.38.5.911
- Bleecker AB and Kende H (2000). Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 16, 1–18. doi: 10.1146/annurev.cellbio.16.1.1
- Bruckner CH, Wagner Júnior A, Pimentel LD, Silva JOC, Santos CEM and Morgado MADO (2019). Chilling requirement evaluation of peach hybrids obtained among cultivars with high and low chilling

- requirements. *Acta Horticulturae*, Hague, n. 872, p. 177-180, 2010. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.872.22
- Chervin C and Fennell A. (2019). Ethanol sprays to release grapevine bud dormancy: a potential alternative to cyanamides. *OENO One* 2019, 4, 6661-666
- Cooke JE, Eriksson, ME and Junttila O (2012). The dynamic nature of bud dormancy in trees: environmental control and molecular mechanisms. *Plant Cell Environ.* 35, 1707–1728. doi: 10.1111/j.1365-3040.2012.02552.
- Díaz-Riquelme J, Grimplet J, Martínez-Zapater JM and Carmona MJ (2012). Transcriptome variation along bud development in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *BMC Plant Biol*, 12:181. doi: 10.1186/1471-2229-12-181.
- Fendrych M, Leung J and Friml J. (2016). TIR1/AFB-Aux/IAA auxin perception mediates rapid cell wall acidification and growth of *Arabidopsis* hypocotyls. *Elife* 5, e19048. doi: 10.7554/eLife.19048
- Fennell A. (2004). Freezing tolerance and injury in grapevines. *J. Crop Improvement* 10, 201–235. doi: 10.1300/J411v10n01_09
- Fennell AY, Schlauch KA, Gouthu S, Deluc LG, Khadka V, Sreekantan L, Grimplet J, Cramer GR and Mathiason KL (2015). Short day transcriptomic programming during induction of dormancy in grapevine. *Front. Plant Sci.* 6:834. doi: 10.3389/fpls.2015.00834
- Finkelstein, R. (2013). Abscisic acid synthesis and response. *Arabidopsis Book* 11, e0166. doi: 10.1199/tab.0166
- Halaly T, Pang X, Batikoff T, Crane O, Keren A, Venkateswari J, Ogrodovitch A, Sadka A, Lavee S and Or E. (2008). Similar mechanisms might be triggered by alternative external stimuli that induce dormancy release in grape buds. *Planta*, 228 (2008), pp. 79-88
- Halaly T, Zion B, Arbel A, Regev R, Barak M and Or E (2011). Short exposure to sublethal heat shock facilitates dormancy release in grapevines. *Am. J. Enol. Viticult.*, 62 (2011), pp. 106-112
- Iqbal N, Trivellini A, Masood A, Ferrante A and Khan NA (2013). Current understanding on ethylene signaling in plants: the influence of nutrient availability. *Plant Physiol. Biochem.* 73, 128–138. doi: 10.1016/j.plaphy.2013.09.011.
- Liu J and Sherif SM (2019). Hormonal Orchestration of Bud Dormancy Cycle in Deciduous Woody Perennials. *Frontiers in Plant Science*. Vol:10, p.1136.
- Keller M (2015). Phenology and growth cycle. In: *The science of grapevines: Anatomy and physiology*. 2nd edn. Academic Press, London. pp. 59–99.
- Khalil-Ur-Rehman M, Sun L, Li CX, Faheem M, Wang W and Tao JM (2017). Comparative RNA-seq based transcriptomic analysis of bud dormancy in grape. *BMC Plant Biol.* 2017;17(1):18. Published 2017 Jan 19. doi:10.1186/s12870-016-0960-8.
- Kobayashi M, Horiuchi H, Fujita K, Takuhara Y, and Suzuki S (2012). Characterization of grape C-repeat-binding factor 2 and B-box-type zing finger protein in transgenic *Arabidopsis* plants under stress conditions. *Plant Mol. Biol. Rep.* 39:7933–7939.
- Kovaleski AP, and Londo J (2019). Tempo of gene regulation in wild and cultivated *Vitis* species shows coordination between cold deacclimation and budbreak. *Plant Science*, Vol.: 287, 110178.
- Lang GA (1987). Dormancy: a new universal terminology. *HortScience*, 22, 817–820.
- Leyser O (2018). Auxin Signaling. *Plant Physiol.* 176, 465–479. doi: 10.1104/pp.17.00765

- Liao X, Li M, Liu B, Yan M, Yu X, Zi H, ve ark. (2018). Interlinked regulatory loops of ABA catabolism and biosynthesis coordinate fruit growth and ripening in woodland strawberry. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 115, E11542–E11550. doi: 10.1073/pnas.1812575115
- Liotenberg S, North H. and Marion-Poll A. (1999). Molecular biology of abscisic acid biosynthesis in plants. *Plant Physiol. Biochem.* 37, 341–350. doi: 10.1016/S0981-9428(99)80040-0
- Marin E., Nussaume L., Quesada A M, Sotta B, Huguency P and Frey A (1996). Molecular identification of zeaxanthin epoxidase of *Nicotiana plumbaginifolia*, a gene involved in abscisic acid biosynthesis and corresponding to the ABA locus of *Arabidopsis thaliana*. *EMBO J.* 15, 2331–2342. doi: 10.1002/j.1460-2075.1996.tb00589.x
- Milborrow B V (2001). The pathway of biosynthesis of abscisic acid in vascular plants: a review of the present state of knowledge of ABA biosynthesis. *J. Exp. Bot.* 52, 1145–1164. doi: 10.1093/jexbot/52.359.1145
- Muller D, Leyser O (2011). Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. *Ann. Bot.* 107, 1203–1212. doi: 10.1093/aob/mcr069
- Pan W, Liang J, Sui J, Li J, Liu C, Xin Y, Zhang Y, Wang S, Zhao Y, Zhang J. ve ark. (2021). ABA and Bud Dormancy in Perennials: Current Knowledge and Future Perspective. *Genes* 2021, 12, 1635. <https://doi.org/10.3390/genes12101635>
- Richardson E A, Seeley SD, Walker DR (1974). A model for estimating the completion of rest for ‘Redhaven’ and ‘Elberta’ peach trees. *HortScience*, 9(4):331-332, 1974.
- Rinne P L, Welling A, Vahala J, Ripel L, Ruonala R, Kangasjarvi J. ve ark. (2011). Chilling of dormant buds hyperinduces Flowering Locus T and recruits GA-inducible 1,3-beta-glucanases to reopen signal conduits and release dormancy in *Populus*. *Plant Cell* 23, 130–146. doi: 10.1105/tpc.110.081307.
- Rubio S, Noriega X and Perez FJ (2019). ABA promotes starch synthesis and storage metabolism in dormant grapevine buds. *J. Plant Physiol.* 234, 1–8. doi: 10.1016/j.jplph.2019.01.004
- Sakakibara H, (2006). Cytokinins: activity, biosynthesis, and translocation. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57, 431–449. doi: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105231
- Shaltout AD and Unrath CR. (1983). Rest completion prediction model for ‘Starkrimson Delicious’ apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* , 108(6):957-961.
- Shi Z, Halaly-Basha T, Zheng C ve ark. (2018). Transient induction of a subset of ethylene biosynthesis genes is potentially involved in regulation of grapevine bud dormancy release. *Plant Mol Biol* 98, 507–523 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11103-018-0793-y>
- Simon S, Petrášek J (2011). Why plants need more than one type of auxin. *Plant Sci.* 180, 454–460. doi: 10.1016/j.plantsci.2010.12.007.
- Smita S, Robben M, Deuja A, ve ark. (2021). Integrative Analysis of Gene Expression and miRNAs Reveal Biological Pathways Associated with Bud Paradormancy and Endodormancy in Grapevine. *Plants (Basel)*. 2021;10(4):669. doi:10.3390/plants10040669
- Taylor IB, Burbidge A, Thompson AJ (2000). Control of abscisic acid synthesis. *J. Exp. Bot.* 51, 1563–1574. doi: 10.1093/jexbot/51.350.1563
- Vergara R, Parada F, Rubio S, Pérez FJ (2012). Hypoxia induces H₂O₂ production and activates antioxidant defence system in grapevine buds through mediation of H₂O₂ and ethylene. *Journal of Experimental Botany*, 63, 4123–4131.
- Wang M, Vannozzi A, Wang G. ve ark. (2014). Genome and transcriptome analysis of the grapevine (*Vitis vinifera* L.) WRKY gene family. *Hortic Res* 1, 14016. <https://doi.org/10.1038/hortres.2014.16>

- Wang D, Gao Z, Du P, Xiao W, Tan Q, Chen X, ve ark. (2015). Expression of ABA metabolism-related genes suggests similarities and differences between seed dormancy and bud dormancy of peach (*Prunus persica*). *Front Plant Sci.* 6, 1248. doi: 10.3389/fpls.2015.01248.
- Wang FP, Zhao P P, Zhang L, Zhai H, Abid M, Du YP (2022). The VvWRKY37 Regulates Bud Break in Grape Vine Through ABA-Mediated Signaling Pathways. *Frontiers in Plant Science*, Vol: 13. 1-13p.
- Weinberger JH (1950). Chilling requirements of peach varieties. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 56:122-128.
- Wisniewski M, Norelli J. and Artlip T. (2015). Overexpression of a peach CBF gene in apple: a model for understanding the integration of growth, dormancy, and cold hardiness in woody plants. *Front Plant Sci.* 6, 85. doi: 10.3389/fpls.2015.00085
- Zabadal T, (2007). Winter Injury to Grapevines and Methods of Protection,– Michigan State University, 44pp.: <http://migarden.msu.edu/uploads/files/e2930.pdf>.
- Zhang K, Diederich L and John PC (2005). The cytokinin requirement for cell division in cultured *Nicotiana plumbaginifolia* cells can be satisfied by yeast Cdc25 protein tyrosine phosphatase. Implications for mechanisms of cytokinin response and plant development. *Plant Physiol.* 137, 308–316. doi: 10.1104/pp.104.051938
- Zheng C, Kwame Acheampong A, Shi Z, Halaly T, Kamiya Y, Ophir R ve ark. (2018). Distinct gibberellin functions during and after grapevine bud dormancy release. *J. Exp. Bot.* 69, 1635–1648.
- Zheng C, Halaly T., Acheampong AK, Takebayashi Y, Jikumaru Y., Kamiya Y, ve ark. (2015). Abscisic acid (ABA) regulates grape bud dormancy, and dormancy release stimuli may act through modification of ABA metabolism. *J. Exp. Bot.* 66, 1527–1542.
- Zhuang W, Gao Z, Wang L, Zhong W, Ni Z and Zhang Z (2013). Comparative proteomic and transcriptomic approaches to address the active role of GA4 in Japanese apricot flower bud dormancy release. *J. Exp. Bot.* 64, 4953–4966.
- Zhuang W, Gao Z, Wen L, Huo X, Cai B and Zhang Z (2015). Metabolic changes upon flower bud break in Japanese apricot are enhanced by exogenous GA4. *Hortic. Res.* 2, 15046.
- Zürcher E and Müller B (2016). “Cytokinin synthesis, signaling, and function—advances and new insights,” in International review of cell and molecular biology. Elsevier, Cambridge, Massachusetts: Academic Press. 234: 1–38.

Depolanmış Ürün Zararlıları İle Savaşımında Zeolit'in Kullanım Olanakları

Özlem YILMAZ DOĞU¹  Mevlüt EMEKÇİ² 

¹Tarım Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Özlem YILMAZ DOĞU, e-mail: ozlemy_y@hotmail.com

Özet: Zeolitlerin temel fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında iyon değişimi yeteneği, adsorpsiyon ve bu özelliklere bağlı moleküler elek yapısı, yüksek silis içeriği bulunması, tortul zeolitlerin açık renkli olmaları, hafif yapıları, küçük kristal boyutlarına sahip gözenekli yapıları sayılabilir. Bu özellikler, zeolitlerin çeşitli endüstriyel alanlarda geniş bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamıştır. Doğal zeolitlerin, depolanmış ürün zararlılarından *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera:Bostrychidae) ve *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)'un savaşımında insektisidal potansiyele sahip oldukları bilinmektedir. Doğal zeolitlerin ve diğer inert tozların insektisit potansiyeli, doğrudan fiziksel ve kimyasal özelliklerine (yapı, SiO₂ içeriği, parçacıkların iriliği ve kompozisyonu, PH değerleri, absorpsiyon kapasitesi ve coğrafi köken) bağlı hava nemine, ürün tipine/özelliklerine ve maruziyet süresine bağlı olmaktadır. Kodeks Alimentarius Komisyonu (Codex Alimentarius Commission) tarafından tahılların depolanmasında sorun olan zararlı böceklerin yönetiminde "Silikatlar, kil, sodyum silikat" adı altında Zeolit'i tavsiye etmiş ve bitki zararlı ve hastalıklarıyla mücadelede izin verilen maddeler içinde zeolit delistelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zeolit, depo zararlıları, insektisidal potansiyel

Possibilities Of Using Zeolite In Controlling Stored Product Pests

Abstract: The main physical and chemical properties of zeolites are: ion exchange ability, adsorption and related molecular sieve structure, silica content, as well as the light color, lightness, and pore structure of small crystals in sedimentary zeolites, which have caused them to be used in a wide variety of industrial areas. Natural zeolites have insecticidal potential in the control of the stored product pests *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica*, and *Tribolium castaneum*. The insecticidal potential of natural zeolites and other inert dusts is directly dependent on their physical and chemical properties (structure, SiO₂ content, size and presence of particles, PH values, absorbent capacity, and geographic origin), relative air humidity, exposure, and their effects on the bulk density of stored products. The Codex Alimentarius Commission has recommended zeolite under the name "silicates, clay, and sodium silicate" for the control of insect pests in food communities, and zeolite is listed as a permitted substance for plant pest and disease control.

Key Words: Zeolite, stored pests, insecticidal potential

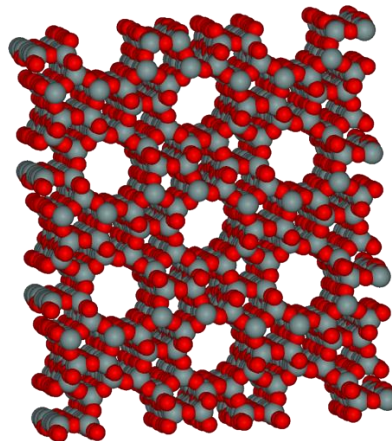
GİRİŞ

Dünya gıda ticareti için küresel olarak uyumlu düzenlemeler, zararlı organizmalardan korunurken tüketicileri, tarımsal ekosistemleri ve çevreyi etkilemeyen, daha verimli ve maliyet açısından daha etkin önlem ve yöntemlerin kullanılmasını gerektirmektedir (Hagstrum and Flin, 1996). Gıdalarda pestisit kalıntısı sorunu ve pestisitlerden kaynaklanan sorunlar nedeniyle depolanmış ürünlerde ve tarımsal üretimde zararlılara karşı zehirli olmayan materyalin kullanılmasını kapsayan yeni mücadele tekniklerinin geliştirilmesi, günümüzde tüm dünyada oldukça önem kazanmıştır (Eroğlu, 2015). FAO kayıtlarına göre hasat sonrası muhafaza sürecinde depolanmış ürün zararlısı böceklerin neden olduğu yıllık ürün kaybı dünyada ortalama %10-30 olarak bildirilmektedir (Emekçi ve Ferizli 2000). Ülkemiz iklimi depolanmış ürün zararlılarının gelişimi için uygun olduğundan bu zararlılar ülkemizde geniş bir yayılım gösterir. Son yıllarda, depo zararlılarının kimyasal kontrolünün önemli bir unsuru olarak insektisit ve fumigantların kullanımı, gıdalardaki kalıntıların varlığı ve depo zararlılarının direnci nedeniyle artan bir kısıtlama altındadır (Kljajić and Perić, 2005; Collins, 2006). Bu nedenle alternatif yöntemlerin kullanımı giderek zorunlu hale gelmektedir. Bu yöntemlerden biri olan inert tozlar etkinlik ve güvenlik anlamında alternatif koruma yöntemlerinin içinde yerini almıştır (Ebeling, 1971). Ancak depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede alternatif yöntemlerin kullanımı, diğer tüm mücadele uygulamalarında olduğu gibi depolanmış ürün zararlılarının biyolojisi ve ekolojisinin çok iyi bilinmesini gerektirmektedir.

Ülkemiz, dünya zeolit rezervi açısından beşinci sırada yer almakta olup, Manisa'nın Gördes ilçesinden çıkarılan zeolit madeni, ülke ekonomisine büyük bir katkı sağlamaktadır. 1,5 milyar tonu aşkın jeolojik zeolit rezervine sahip olan ilçede, yıllık 100 bin ton zeolit çıkarılmaktadır. Ayrıca yaklaşık 1400 yıllık daha rezerv bulunduğu bilinmektedir (Anonim, 2019a).

Ülkemizde ve dünyada depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kalıntı bırakmayan uygulamaların geliştirilmesinde ve özellikle tahıl ürünlerinin muhafaza edilmesinde kullanılacak etmenler önem arz etmektedir. Söz konusu uygulamalarda kullanılan etmenlerden birisi, zeolit minerallerini de içeren inert tozların boş depo ya da yüzey ilaçlamalarında kullanımıdır (Eroğlu, 2015).

Gözenekli bir yapıya sahip olan zeolitler, düşük basınç ve düşük sıcaklık koşullarında suyun (H_2O) varlığıyla oluşmuş minerallerdir. Diğer silikat minerallerine kıyasla, zeolitler daha açık bir kafes yapısına sahip olduklarından daha düşük yoğunluğa sahiptir. Zeolitlerin yapısındaki katyon türüne bağlı olarak yoğunlukları farklılık gösterir ve genellikle 1,9 ila 2,3 g/cm^3 arasında değişir. Zeolitler, adsorbent olarak kullanılır ve yüzey seçiciliği Si/Al oranına dayanır (Şener, 2013). Zeolitin tetrahedral yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Zeolitin tetrahedral yapısı (Anonim, 2013).

Günümüzde, zeolitler için kullanılan üç ayrı sınıflandırma türü bulunmaktadır. Bu sınıflandırmaların ilk ikisi, kristal yapının görünümüne dayalıdır, üçüncü sınıflandırma ise benzer morfoloji gibi özelliklere sahip grupları içermektedir. Bir mineralin fiziksel özellikleri genellikle kristal yapısıyla ilişkilidir ve üçüncü sınıflandırma da dolaylı olarak zeolitin kristal yapısına dayanmaktadır (Armbruster ve Gunter, 2001). Kanserojen olduğu epidemiyolojik çalışmalarla belirlenen eriyonitin, zeolit minerallerinden biri olan ve kristal yapısı lifsel olan bir formudur. Havada asılı kalabilen birkaç mikron boyutundaki eriyonit iğnecikleri, solunum yoluyla vücuda alınabilir (Atabey, 2016). Dünya Sağlık Teşkilatı'na bağlı Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu, şimdiye kadar bilinen en güçlü kanser oluşturan mineralin Eriyonit olduğunu onaylamıştır (Anonim, 2016).

Klinoptilolit ve Şabazit başlıca tüketilen doğal zeolitlerdendir. Dünya zeolit tüketiminin %18'ini doğal zeolitler, %82'sini ise sentetik zeolitler oluşturmaktadır (Demir ve Polat, 2003). Klinoptilolitler esas olarak tarım, hayvancılık, arıtım ve yapı sektörlerinde kullanılmakta ve kullanımı son yıllarda sürekli artmaktadır (Öz ve ark. 2003).

Sentetik zeolitler ise saf ve düzgün yapılıdır ve 200 türü vardır. Silisyum bakımından zengin içeriği, kristal yapısı, iyon değişimi, moleküler elek özelliği ve adsorblama kapasitesi gibi özellikler doğal ve sentetik zeolitlerde ortak özellik olarak yer almaktadır. Başta kimya ve deterjan sektöründe kullanılan sentetik zeolitlerin günümüzde Türkiye'de henüz üretimi bulunmamaktadır (Anonim, 2019b).

Dünyadaki zeolit rezervleri 1950'li yıllardan sonra belirlenmiştir. Doğal zeolitlerin kullanım alanları, deniz ve göl kayaçlarının zeolit içerdiğinin tespit edilmesi sonucunda hızla genişlemiştir. Çin dünyada zeolit üretiminin en fazla yapıldığı ülkedir. Diğer önemli zeolit üretimi gerçekleştiren ülkeler arasında Küba, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Macaristan, Bulgaristan ve İtalya bulunmaktadır (Sand and Mumpton 1978; Virta, 2002; Soylu ve Gökkuş 2017).

Türkiye'de zeolit keşfi, ilk defa 1971 yılında Gölpazarı-Göynük bölgesinde bulunan doğal bir zeolit türüyle gerçekleşmiştir. Ülkemizdeki en önemli zeolit mineralleri arasında Klinoptilolit, Çabazit, Mordenit, Erionit ve Analsim bulunmaktadır.

Önemli bir doğal zeolit olan Klinoptilolit, tarım ve hayvancılık sektöründe gübre katkı maddesi, yem katkı maddesi, toprak için ıslah edici, su filtresi, kimyasal elek, gas absorblayıcı ve koku kontrol malzemesi olarak kullanılmaktadır. Klinoptilolit tarımda özellikle toprak özelliklerinin iyileştirilmesi ve mahsulün veriminin artırılması için yaygın olarak kullanılır ve aynı zamanda mikotoksin varlığını azaltması nedeniyle çiftlik hayvanları için yemlerin daha verimli kullanımını sağlamak amacıyla gıda takviyesi olarak da kullanılırlar (Doğan, 2003), (Reháková et al., 2004). Ancak, zeolitlerin bazı durumlarda olumsuz etkileri olabilir.

Inert tozlar içinde yer alan zeolitin depolanmış tahıllarda ürüne karıştırılarak zararlılara karşı uzun süreli koruma sağladığı birçok çalışmada belirtilmektedir (Rumbos et al. 2016). Bununla birlikte, zeolitin, ürün akışkanlığını azaltması; ürünün daha hacimli olmasına neden olması ile depolanan ürün miktarını düşürmesi ve sürtünmeye neden olması nedeniyle hassas yüzeylerde aşındırıcı etki sergilemesi gibi uygulamada ortaya çıkabilecek olumsuz yönlerinin de bulunduğu bildirilmektedir (Korunic et. al. 1996). Keza solunum yoluyla veya doğrudan deriden penetrasyon ile memelilerde sağlık sorunlarına da neden olabileceği ifade edilmektedir (Golob, 1997).

Son yıllarda *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica* ve *Tribolium castaneum* gibi önemli depolanmış ürün zararlısı coleopterler ile yapılan çalışmalar zeolitin depolanmış ürün zararlılarının mücadelesinde önemli böcek öldürücü potansiyeline işaret etmektedir. Ancak etkinlikleri bağıl hava nemi, maruz kalma süresi, taneler üzerinde tozun tutulması, tane sıcaklığı ve nemi, depolanan ürünün durumu, zararlı türü gibi birtakım etkenlere bağlıdır (Kljajić et al., 2007).

Böceklerin gelişim aşaması, boyutu (yüzey alanı/hacim oranı), balmumu (wax) tabakasının yumuşaklığı, tüylülük ve fiziksel hareketlilik de depolanmış ürünlerde zeolit ve inert tozların kullanımını etkileyen faktörlerdendir. Böceğin kütükula tabakasını aşındıran inert tozlar, balmumu tabakasının emilmesine yol açarak böceğin aşırı su kaybetmesine neden olur. Bu durum, böceklerde görülen ölümün temel sebebinin aşırı su kaybı veya kurumadan kaynaklı olduğu şeklinde bildirilmiştir (Subramanyam and Roesli 2000). Böceklerde, toz partiküllerinin etkili bir şekilde temas etmesi için böcek hareketliliğinin yanı sıra, böcek epikütikula kalınlığındaki farklılıkların da önemli olduğu vurgulanmıştır (Korunic 1998, Subramanyam and Roesli 2000). Ayrıca, bu konuda yapılan çalışmalarda böceklerin epikütikula kalınlığındaki farklılıkların önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir (Kavallieratos et al. 2007). Dolayısıyla tozun özellikleri moleküler yapı, silisyum dioksit içeriği, partiküllerin şekli ve boyutu, Al/Si oranları, soğurma kabiliyeti ve coğrafi orijinali insektisidal potansiyelini de etkilemektedir (Eroğlu, 2014).

Depolanmış tahıllarda bulunan zararlıların fiziksel mücadele yöntemleri kapsamında İtalya'da yapılan bir araştırmada bir sodyum silikat olan silika jel kullanımı ile buğdayda *R. dominica*, mısırdaki *S. oryzae* ve pirinçte *Oryzaephilus surinamensis*' in sırasıyla 70, 128 ve 139 günde tüm evreleri dahil olmak üzere öldüğü tespit edilmiştir (Pezzutti et al., 1979). *Rhyzopertha dominica* ve *O. surinamensis*'in erginleri, gelişmemiş evrelerine göre daha fazla tolerans gösterirken, *S. oryzae*'nin erginleri daha az tolerans göstermiştir. Aynı çalışmada, zeolit dahil olmak üzere diğer absorbantlarla yapılan testlerde 98 günlük maruziyet süresinde *O. surinamensis*'in tüm evrelerinin öldüğü, tanelerin çimlenme yeteneği ve un kalitesinin de iyileştiği kaydedilmiştir.

Mısır tanelerine uygulanan doğal zeolit, laboratuvarında 27-30°C, %75-85 bağıl nemde 6 haftalık bir maruziyet sonunda *Sitophilus zeamais* üzerinde etkili olarak bulunmuştur (Haryadi et al., 1994). Zeolit uygulanmamış mısır tanelerinde *S. zeamais*'in ergin popülasyonu %69.3 iken, %4 zeolit dozu uygulandığında bu popülasyon %20.3'e, %8 ve %12 zeolit dozu uygulamalarında ise %20'a düştüğü rapor edilmiştir.

Sırbistan menşeli doğal zeolit formülasyonları ve diatom toprağı (DT) formülasyonu (Protect-ItTM), *R. dominica*, *T. castaneum* ve *S. oryzae*'e karşı etkinlik için farklı dozlarda buğdaya uygulanmıştır (Kljajic et al., 2010). En yüksek ergin ölüm oranı, en uzun maruz kalma süresinden (21 gün) sonra gözlenmiştir.

Tüm zeolit dozlarının (0.25 g/kg, 0.50 g/kg, 0.75 g/kg) uygulanmasıyla *S. oryzae*'nin ölüm oranı %97 ile %100 arasında değişmektedir. Benzer şekilde, *T. castaneum* için uygulanan tüm zeolit dozları (0.25 g/kg, 0.50 g/kg, 0.75 g/kg) için %94 ile %100 arasında ölüm oranları tespit edilmiştir. Çalışmada incelenen zeolit formülasyonlarının etkinlikleri, DT formülasyonunun etkinliği ile karşılaştırılabilir düzeyde önemli olduğu belirtilmiştir. (Kljajic et al., 2010).

Arpa tanelerine 0, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500 ve 2000 ppm dozlarında uygulanan dört farklı zeolit formülasyonunun (0-8 mikron filtre altı ham zeolit, 0-15 mikron ham zeolit, %70 0-8 mikron ham zeolit + %30 silika jel, %90 0-8 mikron ham zeolit + %10 silika jel) depolanmış ürün zararlısı *Tribolium confusum* üzerindeki insektisidal etkinliği 18 °C, 24 °C, 30 °C sıcaklıklarda ve %60 orantılı nemde 7, 14, 21, 28 günlük maruziyet sürelerinde araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca 24°C'de %55 nemde 0, 200, 400, 600 ve 800 mg/kg dozlarında ham Zeolit + %30 silika jel karışımı uygulanan arpada 90 ve 150 günlük maruziyet sonunda *T. confusum* F1 ergin gelişimi de araştırılmıştır (Eroğlu, 2015). Araştırma sonucunda %30 silika jel ile %10 silika jel uygulamasında ölümlerin 500 ppm dozda başladığı ve maruziyet süresi ile doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada uygulanan silika jel içeren zeolit formülasyonlarında *T. confusum* üzerinde % 100 ölüm oranı görülürken silika jel içermeyen formülasyonlarda sırasıyla yaklaşık % 98 ve % 94 ölüm oranı elde edilmiştir.

Doğal zeolitin, sentetik zehirli insektisitlere göre depolanan ürün zararlıları üzerinde daha yavaş öldürücü etkiye sahip olması, uygulamada etki süresinin önemli bir faktör olduğu sonucuna işaret etmektedir.

SONUÇ

İnert tozlar içinde yer alan doğal zeolitlerin depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede alternatif olarak kullanımı, mücadelenin başarısı yanında ayrıca gıda güvenliğini de olumlu yönde etkileyen bir faktör olarak değerlendirilmelidir. Doğal zeolitin en önemli özelliği çok düşük memeli toksisitesine sahip doğal bir malzeme olmasıdır (Kljajić et al., 2011). Zeolitler bu bağlamda çevre dostu materyaller olarak gıdalarda kalıntı sorununa yol açmazlar; keza ticari olarak teminleri ve kullanımları mümkündür. Bu özellikle ile IPM ve organik tarım için büyük avantaja sahiptirler. Ayrıca, hayvan yemi olarak amaçlanan buğdayda doğal zeolit kullanımı, hayvanların büyümesini ve sağlığını olumsuz etkileyen mikotoksin üreten mikroorganizmaların gelişimini engeller.

Kodeks Alimentarius Komisyonu, gıdalarda zararlı böceklerin savaşımında “Silikatlar, kil, sodyum silikat” adı altında Zeolit'i tavsiye etmiş; bitki zararlıları ve hastalık kontrolü için izin verilen maddeler içinde zeoliti de listelemiştir (Bodroza Solarov et al., 2011). Bu liste altındaki silikon bileşikleri doğrudan gıda bileşeni, gıda ambalajı ve filtre yardımcıları olarak belirtilmektedir (SCOGS, 1979). Zeolitler öte yandan diatom toprağı ile karşılaştırılabilir düzeyde etkilidir ve bu bağlamda depolanmış ürünlerin zararlı arthropodlardan korunmasında kullanım potansiyeline sahiptir.

Türkiye bol miktarda klinoptilolit rezervine sahiptir; bu nedenle tek başına veya diğer entomopatojen ajanlarla veya diğer mücadele yöntemleriyle kombine olarak kullanımına ilişkin çalışmaların yapılması önerilmektedir (Eroglu, 2014).

Zeolitlerin depolanmış ürünlerde zararlı organizmalarla mücadeledeki potansiyelinin araştırılması ve bu alandaki kullanımının daha fazla yaygınlaştırılması için gerekli çalışmaların yapılması gereklidir. Bu sayede tarım ürünlerinin depolanmış ürün zararlıları daha etkin, ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim 2013. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zeolite-ZSM-5-3D-vdW.png>
- Anonim 2016. Tarım İşletmelerinde Tozla Mücadele Rehberi. Bakanlık Yayın No: 5. ISBN: 978-975-455-263-8. Ankara.
- Anonim 2019a. <http://www.manisadagundem.com/gundem/manisadan-24-ulkeye-zeolit-ihracati-h21136.html>. Erişim Tarihi: 20.09.2019.
- Anonim 2019b. <https://www.enerjiportali.com/zeolit-nedir-nerelerde-kullanilir/> Erişim Tarihi: 02.05.2019.
- Armbruster T. ve Gunter M. E., 2001, Crystal Structures of Natural Zeolites. Reviews in Min. And Geochem. Vol. 45. Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Applications, 1-116.
- Atabey E., 2016. Jeolojinin Yeni alt Bilim Dalları 8 s.
- Bodroza-Solarov, M., Kljajic, P. Goran, A., Bojana, F., Olivera, S., Prazic-Golic, M., Adamovic, M., 2011. Application of principal component analysis in assessment of relation between the parameters of technological quality of wheat grains treated with inert dusts against rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). Pestic. Phytomed. (belgrade) 26, 385-390.
- Collins, P.J. 2006. Resistance to chemical treatments in insect pests of stored grain and its management. In: Lorini, I., Bacaltchuk, B., Beckel, H., Deckers, D., Sunfeld, E., dos Santos, J.P., Biagi, J.D., Celaro, J.C., D'A. Faroni, L.R., de O.F. Bortolini, L., Sartori, M.R., Elias, M.C., Guedes, R.N.C., da Fonseca, R.G., Scussel,

- V.M. (Eds.), Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, Brazil, October 2006. ABRAPOSBrazilian Post-harvest Association, Brazil, pp. 277-282.
- Demir D. ve Polat E., 2003, Zeolit (Klinoptilolit) ve Tarımda Kullanımı Hasad (221), 54-59, Ekim 2003.
- Doğan, H. 2003. Doğal ve Sentetik Zeolitler ve Uygulama Alanları, Bor Teknolojileri ve Mineraller Grubu. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.
- Ebeling, W. (1971). Sorptive dusts for pest control. Annual Review of Entomology 16, 123-158.
- Emekçi, M. and Ferizli, A.G. 2000. Current status of stored products protection in Turkey. Integrated Protection of Stored Products, IOBC Bulletin 23(10), 39-46.
- Eroğlu, N., 2014. A review: Insecticidal potential of Zeolite (Clinoptilolite), toxicity ratings and general properties of Turkish Zeolites. 11th International Working Conference on Stored Product Protection, DOI: 10.14455/DOA.res. 2014.116.
- Eroğlu, N., 2015. Zeolit'in Depolanmış Ürün Zararlısı *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae)'a Karşı Mücadelede Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, 182 sf., Ankara, 2015.
- Golob P, İnert tozlar için mevcut durum ve gelecek perspektifleri Depolanan üründeki böceklerin kontrolü.JStoredProdRes33:69–79 (1997).
- Hagstrum, D.W., Flin, P.W. 1996. Integrated Pest Management. In: Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (Eds), Integrated management of insects in stored products, Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, pp. 399-408.
- Haryadi, Y., Syarief, R., Hubeis, M., Herawati, I., 1994. Effect of zeolite on the development of *Sitophilus zeamais* Motsch, In: Highley E., Wright, E.J., Banks, H.J., Champ, B.R. (Eds), Stored Products Protection. Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored-product Protection, 17-23 April 1994, Canberra, Australia, CAB International, Wallingford, UK, pp. 633-634.
- Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Vayias, B.J. ve Maistrou, S.N., 2007. Influence of temperature on susceptibility of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) strains to three modified diatomaceous earth formulations. Florida Entomologist 90, 616–625.
- Kljajić, P., Perić, I. 2005. Resistance of stored-product insects to insecticides (Rezistentnost skladišnih insekata prema insekticidima). Pesticide & Phytomedicine (Pesticidi i fitomedicina) 20, 9-28, 2005 (in Serbian with abstract in English).
- Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Prijović, M. and Perić, I. 2007. Efficacy of inert dusts in control of rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) and red flor beetle (*Tribolium castaneum* Herbst). In: Psodorov, Đ. (Ed.), Proceedings of the 1th International Congress - Food Technology, Quality and Safety (XVI Symposium of Cereal-Bread), Institute for Food Technology in Novi Sad, November 2007. Novi Sad, Serbia. pp. 159-164.
- Kljajc, P., Andric, G., Adamovic, M., Bodroza-Solarov, M., Markovic, M., Peric, I., 2010. Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. Journal of Stored Products Research 46, 1-6.
- Kljajic, P., Andric, G., Adamovic, M., Prazic Golic, M., 2011. Possibilities of application of natural zeolites in stored wheat grain protection against pest insects. Journal on processing and Energy in Agriculture 15, 1, p. 12-16.
- Korunic, Z., Fields, P.G., Kovacs, M.I.P., Noll, J.S., Lukow, O.M., Demianyk, C.J., Shibley, K.J., 1996. The effect of diatomaceous earth on grain quality. Postharvest Biology and Technology 9 (1996) 373-87.
- Korunic, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. J. Stored Prod. Res. 34: 87-97

- Öz, S., Hepbaşı, A., Koçer G., Akar, A. 2003. “Doğal Zeolitlerin (Klinoptilolit) Ülkemizdeki Kullanım Olanakları ve Enerji Uygulamaları”. 1. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, 22-24 Mayıs, 2003, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Denizli.
- Pezzutti, R., 1979. Effects of dry air on some beetles infesting stored cereals. *Journal Domenichini, G. (Convener): 2nd symposium on pest control in food processing plant and the protection of foodstuffs: 135-144 Record Number 19790566454.*
- Reháková, M., Čuvanová, S., Dzivák, M., Rimár, J., Gaval'ová, Z., (2004). Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science* 8, 397-404.
- Rumbos, C.I., Sakka, M., Berillis, P. ve Athanassiou, C.G., 2016. Insecticidal potential of zeolite formulations against three storedgrain insects, particle size effect, adherence to kernels and influence on test weight of grains. *Journal of Stored Products Research* 68 (2016), 93-101
- Sand, L.B., Mumpton, F.A., 1978. *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, and Use*, Pergamon Press, Inc., Elmsford, New York, USA, 1978.
- SCOGS, 1979. Database of Select Committee on GRAS Substances (SCOGS) Reviews. Sodium Aluminasilicates. Accessed November 2014. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm?rpt=scogsListing&id=281>
- Soylu, M., Gökkuş, Ö., 2017. Türkiye'deki Doğal Zeolitler Ve İyon Değişimi Uygulamaları. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, (2017), 11-20.
- Subramanyam, Bh. ve Roesli, R. 2000. Inert dusts, In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds), *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, pp. 321-380.
- Virta, R.L., “Zeolites”, *US Geological Survey Minerals Yearbook*, 84, 1-4, 2002.

Iğdır Ekolojik Koşullarında Yetişen Yerel Üzüm Çeşitlerinin Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Sadiye Peral EYDURAN¹  Gül KESER²  Melekşen AKIN³  Sezai ERCİŞLİ⁴ 

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fethiye Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Muğla, Türkiye

²Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Iğdır, Türkiye

³Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Iğdır, Türkiye

⁴Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Erzurum, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Sadiye Peral EYDURAN, e-mail: peralatilla@gmail.com

Özet: Bu çalışmada polifenol oksidaz enzim (POE) aktivitesinin belirlenmesi için materyal olarak Kırmızı kişmiş, Beyaz kişmiş, Haçabaş, Kuzu kuyruğu, El hakkı, Beyaz üzüm (Miskalı), Kara erik, İnek emceği olmak üzere 8 üzüm çeşidi kullanılmıştır. Çeşitler Iğdır ili merkez köylerinden Kadıkışlak köyünden temin edilmiştir. Her çeşitten, 2018 ve 2019 yıllarının Ağustos ve Eylül aylarında meyve örnekleri alınmıştır. Toplanan üzümler -18 °C’de dondurulmuştur. Ham enzim özütü çözeltisi (% 1 Polietilen glikol (PEG) içeren pH 6,0 dipotasyum fosfat tamponu) hazırlanmıştır. Dondurulmuş üzümler hassas terazi yardımıyla 10’ar gram tartılarak havanlara alınarak iyice dövülmüştür. Daha sonra her bir üzüm çeşidine 20 mM ham enzim özütü hazırlama çözeltisinden eklenerek iyice karıştırılmıştır. Elde ettiğimiz karışımlar 4 °C’de, 10.000 rpm’de 30 dakika santrifüj edilip, elde edilen süpernatantlar enzim çözeltisi olarak kullanılmıştır. Her bir üzüm çeşidi için enzim aktivitesi spektrofotometre ile tayin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Üzüm, Polifenol oksidaz, Enzim, Iğdır

Determination of Polyphenol Oxidase Enzyme Activity of Local Grape Cultivars Grown in Iğdır Ecological Conditions

Abstract: Polyphenol oxidase enzyme activity of eight grape cultivars including Kırmızı kişmiş, Beyaz kişmiş, Haçabaş, Kuzu kuyruğu, El hakkı, Beyaz üzüm (Miskalı), Kara erik, İnek emceği was determined. The grape accessions were grown in Kadıkışlak village of Iğdır province. Three samples per cultivar were collected in August and September during 2018 and 2019 years. The berries were kept at -18 °C. Raw enzyme solution including % 1 polyethylene glycol (PEG) at pH 6,0 dipotassium phosphate tampon was prepared. 10 gr of frozen berries per sample was grinded and mixed with 20 mM raw enzyme solution after which centrifuged at 4 °C, 10.000 rpm for 30 minutes. The supernatants were used as enzyme solution and enzymatic activity was detected for each grape cultivar.

Key words: Grape, Polyphenol oxidase, Enzyme, Iğdır

GİRİŞ

Yaşadığımız dönemde dünya üretiminin % 95'inden fazlasını sağlamakta olan asma türünün hem yabani (*Vitis subsp. sylvestris*) hem de kültür (*Vitis subsp. sativa*) populasyonlarına ait çok zengin bir asma gen potansiyeli olduğu ortaya çıkmıştır. Sözü edilen asma gen potansiyelinin belirlenmesi için bir araya getirilmesi ve tanımlanmasına ilişkin olarak son zamanlarda önemli bilimsel çalışmalar yapılmaktadır (Ergül ve ark., 2006; Boz ve ark., 2007).

Üzümün sağlık üzerinde önemli etkileri bulunduğu için gıdalardaki fenolik maddeler insanların ilgisini çekmeye başlamıştır. Meyve ve sebzelerdeki antioksidatif etkiye sahip olan maddeler; polifenoller, flavonoidler, linoleik asidin konjuge izomerleri, lif, gallat, epigallocatechin, isoflavonoid, soya proteini, A, B, C, D, E vitaminleri, tokoferoller, Ca, Se, klorofil, sülfidler, kateşik, ürik asit ve proteaz inhibitörleridir (Ötleş ve Çağmı, 2005; Tsao ve Yang, 2003).

Üzümün antioksidan gücü E ve C vitamininden daha güçlü olduğu bilinmektedir. Polifenoller bitkilerde bulunur ve bitkilerin renklendirilmesinden sorumludur. Antioksidan polifenollerin oksidatif stresi (reaktif oksijen moleküllerinin neden olduğu stres) azaltmaları nedeniyle insanların kanser riskini de aza indirdiğine dair bulgular bulunmaktadır (Labuza ve ark., 1992). Önemli oranda polifenol içeren bitkiler arasında böğürtlen, üzüm, çilek, ahududu, kuş üzümü, erik, armut, nar vb. meyveler bulunmaktadır.

Enzimatik esmerleşme reaksiyonları ürünlerin lezzet, besin ve renk kalitesini azaltarak ürün kalitesini düşürmektedir. Bu çalışmanın amacı enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının yan etkilerini yok etmek ve istenen esmerleşmeleri optimize edebilmek için bu reaksiyonları katalizleyen polifenol oksidaz enziminin Iğdır mikroklima koşullarında yetişen yerel üzüm çeşitlerinde karakterize edilmesidir. Bu durum gıda sektöründe meyve ve sebzelerin işlenmesinde uygulanan prosesleri en aza indirmek için uygun teknolojilerle birleştirildiğinde kişi başına düşen tüketimdeki artış gözle görülebilecektir. Bu da irçok ülke için ekonomik faydalar sağlayacaktır (Labuza ve ark., 1992).

MATERYAL

Bu çalışmanın materyalini, Iğdır mikroklima koşullarında yetişen ve yerel üzüm çeşitleri olan Beyaz kışmı, Kırmızı kışmı, Miskalı (Beyaz üzüm), El hakkı, Haçabaş, İnek emceği, Kuzu kuyruğu ve Kara erik oluşturmuştur (Şekil 1.). Çeşitler Iğdır ili merkez köylerinden Kadıkışlak köyünden temin edilmiştir.



Beyaz kışmı



Kırmızı kışmı



Miskalı (Beyaz üzüm)

İğdır Ekolojik Koşullarında Yetişen Yerel Üzüm Çeşitlerinin Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi



El hakkı



Haçabaş



İnek emceği



Kuzu kuyruğu



Kara erik

Şekil 1. Araştırmada kullanılan üzüm çeşitleri

YÖNTEM

Üzüm çeşitlerinin enzim aktivitesinin belirlenmesi için 2020 yılında İğdır Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı ve Uygulama Merkezinde (ALUM) analiz yapılmıştır. Kadıkışlak'tan 2018-2019 yılları arasında Ağustos ve Eylül aylarında 2 dönemde toplanan üzümler laboratuvarında dondurma işlemi yapıldıktan sonra her biri 10 gram olacak şekilde 26/08/2018 ve 23/09/2018 tarihlerinde toplanan 8 çeşitten 16 tane örnek hazırlanmıştır. 25/08/2019 ve 19/09/2019 tarihlerinde de toplanan 8 çeşitten 16 tane örnek hazırlanmıştır. Üzüm çeşitlerinin enzim aktivitesinin belirlenmesi için 2020 yılında Bahçe Bitkileri Bölüm laboratuvarında dondurulmuş üzümlerden her birinden 10 gram olacak şekilde hassas terazide tartılarak dövülmüştür. Dövülme işlemi 20 dakika ara ile dört defa tekrarlanmıştır. Hazırlanan üzümlerin üzerine 40 ml olacak şekilde dipotasyum fosfat eklenmiştir. Böylece ham özütler hazırlanmıştır.

Üzerinde durulan Polifenol oksidaz enzim (POE), meyve ağırlığı, Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) ve pH gibi kantitatif parametrelere ait tanıttıcı istatistikler ortalama ve standart hata (XSX) şeklinde hesaplanmıştır. İncelenen ana ve interaksiyon etkilerinin bu kantitatif özellikleri üzerindeki etkisinin önemli olup olmadığını test etmek amacıyla tesadüf parsellerinde üç yönlü varyans analizi tekniği kullanılmıştır. Önemli farklılıkların tespit edilmesinde LSD ve Duncan çoklu karşılaştırma testlerinden yararlanılmıştır.

BULGULAR

Varyans analiz sonuçları

POE parametresi

İğdir Ekolojik Koşullarında Yetişen Yerel Üzüm Çeşitlerinin Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

POE parametresine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, modele dahil edilen tüm ana (yıl, ay ve çeşit) ve interaksiyon (yıl x ay, yıl x çeşit, ay x çeşit ve yıl x ay x çeşit) etkilerinin POE üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ($P<0.0001$).

Çizelge 1. POE parametresine ait varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P
Yıllar Arası	1	436.455.510	436.455.510	37.40	<0.0001
Aylar Arası	1	212.534.260	212.534.260	18.21	<0.0001
Çeşitler Arası	7	4.744.382.073	677.768.868	58.08	<0.0001
Yıl x Ay	1	218.790.510	218.790.510	18.75	<0.0001
Yıl x Çeşit	7	573.033.906	81.861.987	7.01	<0.0001
Ay x Çeşit	7	1.128.997.490	161.285.356	13.82	<0.0001
Yıl x Ay x Çeşit	7	854.516.240	122.073.749	10.46	<0.0001
Hata	64	746.880.667	11.670.010		
Genel	95	8.915.590.656			

Meyve Ağırlığı

Üzüm meyve ağırlığına ait üç yönlü varyans analizi sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Üç yönlü varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde, ay x çeşit interaksiyon etkisi dışındaki diğer ana ve interaksiyon etkilerinin üzüm ağırlığı üzerinde farklılık oluşturduğu belirlenmiştir ($P<0.01$).

Çizelge 2. Meyve ağırlığına ait varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P
Yıllar Arası	1	756.67740	756.67740	53.92	<0.0001
Aylar Arası	1	157.13284	157.13284	11.20	0.0014
Çeşitler Arası	7	15743.67527	2249.09647	160.28	<0.0001
Yıl x Ay	1	226.75054	226.75054	16.16	0.0002
Yıl x Çeşit	7	2565.44042	366.49149	26.12	<0.0001
Ay x Çeşit	7	176.47898	25.21128	1.80	0.1033
Yıl x Ay x Çeşit	7	893.07915	127.58274	9.09	<0.0001
Hata	64	898.05380	14.03209		
Genel	95	21417.28838			

Suda Çözünebilen Kuru Madde Miktarı (SÇKM)

Üzümlerin SÇKM özelliğine ait üç yönlü varyans analizi sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir ($94.32\% R^2$). SÇKM özelliği bakımından sadece yıl x ay interaksiyon etkisinin istatistiksel olarak önemli

İğdir Ekolojik Koşullarında Yetişen Yerel Üzüm Çeşitlerinin Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

olmadığı tespit edilmiştir. SÇKM özelliğine ait meydana gelen toplam varyasyonun % 94.32'sinin modele dahil edilen tüm ana ve interaksiyon etkileri tarafından açıklandığı belirlenmiştir.

Çizelge 3. Suda çözünebilen kuru madde miktarı (SÇKM) parametresine ait varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P
Yıllar Arası	1	44.1595010	44.1595010	45.18	<0.0001
Aylar Arası	1	256.5969010	256.5969010	262.51	<0.0001
Çeşitler Arası	7	441.7656073	63.1093725	64.56	<0.0001
Yıl x Ay	1	0.0031510	0.0031510	0.00	0.9549
Yıl x Çeşit	7	135.3707406	19.3386772	19.78	<0.0001
Ay x Çeşit	7	42.2924740	6.0417820	6.18	<0.0001
Yıl x Ay x Çeşit	7	119.2442240	17.0348891	17.43	<0.0001
Hata	64	62.558667	0.977479		
Genel	95	1101.991266			

pH

Üzümlerde pH özelliğine ait üç yönlü varyans analizi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 19 incelendiğinde, tüm ana ve interaksiyon etkilerinin pH özelliği üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.0001$, % 98.88 R^2).

Çizelge 4. pH parametresine ait varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P
Yıllar Arası	1	0.08881667	0.08881667	57.11	<0.0001
Aylar Arası	1	0.47320417	0.47320417	304.27	<0.0001
Çeşitler Arası	7	4.83251250	0.69035893	443.90	<0.0001
Yıl x Ay	1	0.44826667	0.44826667	288.24	<0.0001
Yıl x Çeşit	7	0.78426667	0.11203810	72.04	<0.0001
Ay x Çeşit	7	0.70247917	0.10035417	64.53	<0.0001
Yıl x Ay x Çeşit	7	1.45111667	0.20730238	133.30	<0.0001
Hata	64	0.09953333	0.00155521		
Genel	95	8.88019583			

Ana Etkilere Ait Tanıtıcı İstatistikler

Ana etkilere ait tanıtıcı istatistikler ve çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir. 2019 yılında toplanan meyvelerin POE içeriği ortalamasınının, 2018 yılında toplanan meyvelerin POE içeriği

İğdir Ekolojik Koşullarında Yetişen Yerel Üzüm Çeşitlerinin Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

ortalamasından yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0.0001$). Aynı şekilde, Eylül ayında toplanan meyvelerin POE içeriği ortalamasının, Ağustos ayında toplanan meyvelerin POE içeriği ortalamasından yüksek olduğu anlaşılmıştır ($P<0.0001$). Çalışılan çeşitler arasında en yüksek POE içeriğine sahip Beyaz kışmışi ve Beyaz üzümünün (Miskalı) POE içerik ortalamaları arasında önemli bir fark bulunmamıştır. En düşük POE içeriği ortalamasına sahip olan çeşidin El hakkı çeşidi olduğu dikkat çekmektedir. Varyans analizi tablosuna ait belirleme katsayısı incelendiğinde, üzüm ağırlığına ilişkin toplam varyasyonun %95.81'inin modele dahil edilen tüm ana ve interaksiyon etkileri tarafından açıklandığı tespit edilmiştir.

Meyve ağırlığına ait ana ve interaksiyon etkilerine göre yapılan tanıtıcı istatistikler ve Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 5'de özetlenmiştir. Ancak, üç yönlü varyans analizi tablosuna göre istatistiksel olarak en yüksek dereceli ve önemli çeşit x yıl x ay interaksiyon etkisine ait Duncan testi değerlendirmesi yapılmıştır.

SÇKM üç yönlü varyans analizi tablosuna bakıldığında, ana ve interaksiyon etkilerine ait tanıtıcı istatistikler ve Duncan test sonuçları Çizelge 5'de özetlenmiş, en yüksek dereceli yıl x ay x çeşit interaksiyon etkisinin istatistiksel olarak önemli olması sebebiyle sadece Çizelge 5'e ilişkin Duncan testi sonuçları yorumlanmıştır.

Üzümlerde pH özelliğine ait üç yönlü varyans analizi sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir. İstatistiki sonuçlara göre, tüm ana ve interaksiyon etkilerinin pH özelliği üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0.0001$, % 98.88 R^2). Üzümlerin pH özelliğinde meydana gelen toplam varyasyonun % 98.88'inin modele dahil edilen tüm etkiler tarafından açıklandığı belirlenmiştir.

Çizelge 5. Ana etkilere ait tanıtıcı istatistikler ve çoklu karşılaştırmalar

Çeşit	POE	Meyve ağırlığı	SÇKM	pH
Beyaz kışmışi	791.833±24.876a	12.060±0.608f	19.122±0.496b	4.301±0.046c
Kırmızı kışmışi	442.333±54.253b	10.308±0.646f	20.608±0.452a	4.320±0.074c
Miskalı	785.083±98.460a	20.783±2.416	16.535±0.794c	4.234±0.061d
Kara erik	347.583±68.903c	30.788±1.155d	16.700±0.513c	3.757±0.094e
El hakkı	141.250±14.518e	45.600±5.222a	15.715±0.743d	4.296±0.048c
Haçabaş	334.167±77.615c	42.524±2.363b	15.208±1.201de	4.318±0.068c
Kuzu kuyruğu	232.750±31.179d	18.790±1.050e	20.133±1.047a	4.598±0.050a
İnek emceği	414.250±79.930bc	37.163±1.032c	14.711±0.754e	4.429±0.033b
YIL				
2018	368.729 ±44.973b	24.445±1.780b	18.020±0.533a	4.312±0.044a
2019	503.583 ± 41.664a	30.060±2.448a	16.663 ± 0.429b	4.251±0.044b
AY				
Ağustos	389.104± 36.401b	28.531±2.139a	15.707± 0.448b	4.211± 0.039b
Eylül	483.208 ±50.326a	25.973±2.202b	18.976 ±0.417a	4.352±0.047a
Genel	436.156±312.66	27.252±1.532	17.342±0.348	4.281±0.031

$P<0.0001$

Çeşit x Yıl x Ay interaksiyonuna ait tanıtıcı istatistikler ve çoklu karşılaştırma sonuçları

Çeşit x Yıl x Ay interaksiyonuna ait tanıtıcı istatistikler ve çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. İstatistiksel kapsamda, en yüksek dereceli interaksiyon etkisine ait Çizelge 6'ya göre yapılacak karşılaştırma baz alınmış olup, 2018 ve 2019 Ağustos ayında en yüksek POE içeriği ortalamasına sahip çeşidin Beyaz kışmı, 2018 ve 2019 Eylül ayında en yüksek POE içeriği ortalamasına sahip çeşidin Beyaz üzüm (Miskalı) olduğu tespit edilmiştir. 2018 Eylül ayında toplanan Beyaz Üzüm (Miskalı) meyve örneklerinin POE içeriği ortalamasının 2018 Ağustos ayında toplananlardan daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir ($P<0.05$).

Çizelge 6. POE parametresinin Çeşit x Yıl x Ay interaksiyonuna ait çoklu karşılaştırma sonuçları

Çeşit	2018		2019	
	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
POE				
Beyaz kışmı	830.333±27.485A	816.667±11.893B	854.667±33.652A	665.667±24.538BC
Kırmızı kışmı	458.333±16.476BC	188.333±16.506C	549.667±101.772B	573.000±84.678C
Miskalı	398.667±91.828C	1083.000±95.023A	589.667±14.170B	1069.000±131.074A
Kara erik	613.333±17.333B	91.667±5.840C	180.333±6.692C	505.000±98.155CD
El hakkı	88.000±7.638D	146.333±7.446C	154.333±25.049C	176.333±42.001E
Kuzu kuyruğu	137.667±6.936D	258.667±102.216C	205.667±20.626C	329.000±24.705DE
İnek emceği	360.000±29.206C	185.333±23.212C	272.000±57.507C	839.667±87.026B
Haçabaş	69.000±23.502D	174.333±12.914C	464.000±10.693B	629.333±178.262C

LSD_{ÇEŞİT×YIL×AY} (%5)=176.2

^{A,B} Aynı sütunda farklı harf taşıyan çeşit ortalamaları arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$)

(Aynı sütunda satır ortalamaların karşılaştırılması, Yukardan Aşağı)

Üzüm ağırlığı bakımından en yüksek dereceli çeşit x yıl x ay interaksiyonuna ait çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde, 2018 Ağustos ayında en yüksek ortalama meyve ağırlığının Haçabaş ve El hakkı çeşitlerinden elde edildiği ($P>0.05$), bu iki çeşit ile İnek emceği arasındaki meyve ağırlığı ortalamalarının birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir. 2018 Eylül ayında en yüksek meyve ağırlığı ortalamasına ait üzüm çeşitinin Haçabaş olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, 2019 Ağustos ve Eylül aylarında en yüksek meyve ağırlığı ortalamalarının El hakkı çeşidinden elde edildiği dikkat çekmektedir (Çizelge 7).

SÇKM özelliğine ilişkin en yüksek dereceli çeşit x yıl x ay interaksiyon etkisinin önemli olması nedeniyle yapılan Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde, SÇKM bakımından 2018 Ağustos ayında toplanan meyvelerde en yüksek ortalama değer Kuzu kuyruğu çeşidinden elde edilmiştir. 2018 Eylül ayında toplanan meyvelerde SÇKM bakımından en yüksek değerlere sahip olan Kuzu kuyruğu ile Kırmızı kışmı çeşitleri arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır. Ancak 2019 Ağustos ayında en yüksek SÇKM ortalama değeri Kırmızı kışmı çeşidinden elde edilirken, 2019 Eylül

ayında en yüksek ortalama SÇKM değerleri Beyaz ve Kırmızı kişmişi çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 7. Meyve ağırlığının Çeşit x Yıl x Ay interaksiyonuna ait çoklu karşılaştırma sonuçları

Çeşit	2018		2019	
	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
Beyaz kişmişi	11.647±0.723C	13.310±0.347DE	13.880±0.732F	9.403±0.948E
Kırmızı kişmişi	13.077±0.883C	7.697±0.406E	10.677±0.832F	9.783±0.333E
Miskalı	11.490±1.051C	18.397±2.069CD	32.857±1.969D	20.387±0.362D
Kara erik	28.703±1.962B	35.813±1.223B	31.660±0.682D	26.977±1.057C
El hakkı	38.637±3.247A	22.130±1.283C	60.517±1.606A	61.117±7.343A
Kuzu kuyruğu	17.350±0.324C	17.030±1.421CD	23.863±1.784E	16.917±1.311D
İnek emceği	33.613±0.770AB	35.867±0.467B	39.877±2.774C	39.297±1.346B
Haçabaş	38.980±1.005A	47.373±2.403A	49.677±1.743B	34.067±5.804B

LSD_{ÇESİT x YIL x AY} (%5)=6.11

^{A,B} Aynı sütunda farklı harf taşıyan çeşit ortalamaları arasındaki fark önemlidir (P<0.05)

(Aynı sütunda satır ortalamalarının karşılaştırılması, Yukardan Aşağı)

Çizelge 8. SÇKM parametresinin Çeşit x Yıl x Ay interaksiyonuna ait çoklu karşılaştırma sonuçları

Çeşit	2018		2019	
	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
SÇKM	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
Beyaz kişmişi	18.387±0.307B	19.027±0.015C	17.380±0.350B	21.693±0.317A
Kırmızı kişmişi	19.707±0.344B	22.367±0.337AB	19.340±0.660A	21.020±0.990A
Miskalı	14.680±0.320CD	19.367±0.684C	13.707±0.313DE	18.387±1.327B
Kara erik	15.040±0.012CD	19.360±0.350C	16.347±0.337BC	16.053±0.601C
El hakkı	15.713±0.327C	18.720±0.320C	12.040±0.560E	16.387±0.337C
Kuzu kuyruğu	22.727±0.324A	23.707±0.323A	15.053±0.572CD	19.047±0.577B
İnek emceği	13.747±0.333D	13.350±0.325D	13.033±0.024E	18.713±1.217B
Haçabaş	11.033±0.007E	21.387±1.347B	13.373±0.334DE	15.040±0.554C

LSD_{ÇESİT x YIL x AY} (%5)=1.61

^{A,B} Aynı sütunda farklı harf taşıyan çeşit ortalamaları arasındaki fark önemlidir (P<0.05)

(Aynı sütunda satır ortalamalarının karşılaştırılması, Yukarıdan Aşağıya)

Üzümlerde pH özelliğine ilişkin çeşit x yıl x ay interaksiyonuna ilişkin çoklu karşılaştırma analizi sonuçlarına göre 2018 Ağustos ve Eylül aylarında toplanan meyvelerde en yüksek ortalama pH değerleri Kuzu kuyruğu çeşidinden toplanan meyvelerden elde edilmiştir. Ayrıca, 2019 Ağustos ayında en yüksek ortalama pH, Kuzu kuyruğu çeşidine ait olmuştur. 2019 yılı Eylül ayında en yüksek pH değeri ise Kırmızı kışmışi, İnek emceği ve Haçabaş çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. pH parametresinin Çeşit x Yıl x Ay interaksiyonuna ait çoklu karşılaştırma sonuçları

Çeşit	2018		2019	
	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Ağustos $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Eylül $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
Beyaz kışmışi	4.043±0.009E	4.443±0.007C	4.357±0.007B	4.360±0.023B
Kırmızı kışmışi	4.313±0.015C	4.473±0.009C	3.930±0.012D	4.563±0.049A
Miskalı	3.893±0.020F	4.353±0.009D	4.397±0.028B	4.293±0.018C
Kara erik	3.657±0.003G	4.087±0.019E	3.990±0.020D	3.293±0.032D
El hakkı	4.090±0.006DE	4.497±0.007C	4.207±0.017C	4.390±0.006B
Kuzu kuyruğu	4.750±0.006A	4.763±0.003A	4.490±0.006A	4.387±0.038B
İnek emceği	4.483±0.009B	4.293±0.047D	4.380±0.006B	4.560±0.030A
Haçabaş	4.157±0.003D	4.693±0.003B	4.243±0.003C	4.177±0.068A

LSD_{ÇESİTİxYILxAY} (%5)=0.06432

^{A,B} Aynı sütunda farklı harf taşıyan çeşit ortalamaları arasındaki fark önemlidir (P<0.05)

(Aynı sütunda satır ortalamalarının karşılaştırılması, Yukarıdan Aşağıya)

TARTIŞMA ve SONUÇ

Asma, üzüm verimi açısından ekonomik ve çeşit zenginliği ile genetik materyal oluşturmasından dolayı Türkiye'nin kayda değer bir bitkisidir. Türkiye, asmanın anavatanı olması sebebiyle 1.200'ün üzerinde üzüm çeşidi bulundurmaktadır. Ancak bu üzüm çeşitlerinden yalnız 50-60 kadarı ekonomik değere sahip olduğu için yetiştirmeye değer görülmüştür (Anonim, 2015).

İğdır ili Kadıkışlak köyünde toplanan materyallerle yürütülen bu çalışmada 8 çeşitten üzüm örneği toplanmıştır. Bu örnekler Kırmızı kışmışi, Beyaz kışmışi, Haçabaş, Kuzu kuyruğu, El hakkı, Beyaz üzüm (Miskalı), Kara erik, İnek emceği çeşitlerinden 2018-2019, Ağustos ve Eylül ayları olmak üzere yılda iki defa toplanmıştır. Toplanan üzüm çeşitleri yıl, ay ve çeşitler arasında karşılaştırılmıştır. Toplanan çeşitler POE, meyve ağırlığı, SÇKM ve pH değerlerine göre karşılaştırılmıştır.

POE değerleri incelendiği zaman 2019 yılında toplanan meyvelerin POE içeriği ortalamasının 2018 yılında toplanan meyvelerin POE içeriği ortalamasından yüksek olduğu tespit edilmiştir. Eylül ayı POE değerleri Ağustos ayı değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilirken çeşit bazında en yüksek POE Beyaz kışmışi ve Beyaz üzüm (Miskalı), en düşük değer ise El hakkı olduğu tespit edilmiştir.

Toplanan örnekler için ağırlık değerleri incelendiği zaman ay x çeşit interaksiyon etkisi dışındaki diğer ana ve interaksiyon etkilerinin üzüm ağırlığı üzerinde farklılık oluşturduğu belirlenmiştir. Çeşitler arasında karşılaştırılma yapıldığı zaman ağırlığın en fazla olduğu çeşidin Haçabaş ve El hakkı, en az olduğu çeşidin de Kırmızı kışmışi olduğu görülmüştür. Yıl ve ay olarak incelendiği zaman 2019 yılında toplanan çeşitlerin 2018 yılında toplanan çeşitlerden daha fazla ağırlığa sahip olduğu, ay olarak Ağustos ayının Eylül ayı örneklerinden daha iyi olduğu görülmektedir.

Frenk üzümü çeşitlerinin 2005 yılındaki meyve ağırlıkları istatistiki olarak değerlendirildiğinde; Red lake ve Rovada çeşitleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır. 2006 yılında ise Rovada çeşidinin en fazla meyve ağırlığına sahip çeşit olduğu belirlenmiştir. Yıllar arasında karşılaştırılma yapıldığında 2005 yılındaki meyve ağırlığının 2006 yılına göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. İki yılın sonuçları birlikte değerlendirildiğinde meyve ağırlığı en fazla olan çeşidin Rovada olduğu saptanmıştır (Eyduran ve ark., 2007). Yapılan bu çalışmada yıllar birbiriyle karşılaştırıldığında 2019 yılındaki meyve ağırlığının 2018 yılından daha fazla olduğu görülmüştür. İki yılın sonuçlarına birlikte bakıldığında meyve ağırlığı en fazla olan çeşit Haçabaş olmuştur.

Suda çözünen kuru madde miktarı incelendiği zaman en yüksek değer 2018 yılında toplanan çeşitlere ait olduğu görülmektedir. Eylül ayı değerlerinin Ağustos ayından daha yüksek olduğu ve SÇKM değerinin en yüksek olduğu görülen çeşidin Kırmızı kışmışi, en düşük değer ise İnek emceğine ait olduğu görülmektedir.

pH değerleri incelendiği zaman en yüksek pH değeri yıl olarak 2018, ay olarak Eylül ayında ve çeşit olarak da Kuzu kuyruğu olduğu görülmektedir. En düşük pH değerine sahip çeşidin Beyaz üzüm (Miskalı) olduğu görülmüştür.

Samsun Çarşamba Ovası koşullarında 2005-2006 yılları arasında denemede kullanılan Frenk üzümü çeşitleri ile yapılan başka bir çalışmadaki meyve ağırlıklarına bakıldığında; maksimum meyve ağırlığı 1.89 g ile Tokat 2 çeşidinde görülürken, Rovada çeşidindeki meyve ağırlığının 0.71 g olduğu gözlemlenmiştir (Kaplan ve Akbulut, 2006). Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızdan oldukça farklıdır. Çünkü bizim sonuçlarımıza göre çeşit, yıl ve ay karşılaştırmalarında en iri meyveye sahip çeşidin 0.61 g ile El hakkı olduğu görülmüştür. Eğirdir (Isparta) yöresinde 1999-2003 yılları arasında yetiştirilen Frenk Üzümleri ile yapılan farklı bir çalışmada, en iri meyveye sahip olan çeşidin 1.67 g ile Tokat 3 çeşidinin olduğu görülürken, meyve ağırlığı en az olan çeşidin 0.79 g ile Tokat 2 olduğu gözlemlenmiştir (Göktaş ve ark., 2006). Bu çalışma ile karşılaştırıldığı zaman iki farklı yörede yetişen çeşitler *Vitis vinifera*'ya aittir, fakat çeşitler birbirinden farklıdır. İğdir ili için yetiştirilen çeşitler arasında meyve ağırlığı en fazla olan çeşidin Haçabaş olduğu görülmektedir.

İğdir koşullarında doğal olarak yetişen Kırmızı kışmışi çeşidinde protein konsantrasyonu Lowry yöntemine göre belirlenerek ham enzim özütü ve aseton çöktürmesi sonrası protein konsantrasyonları sırası ile 7.04 ve 3.83 mg/mL olarak belirlenmiştir (Kaya ve ark., 2018). Katekol substratı kullanılarak, optimum pH ve sıcaklık değerleri sırasıyla 6.0 ve 20°C bulunmuştur. Bunlara ek olarak, K_m ve V_{maks} değerleri gibi bazı biyokimyasal özellikler de araştırılmıştır. POE için askorbik asit, sodyum metabisülfid, sitrik asit ve benzoik asit ile inhibisyon çalışmaları yapılarak her bir inhibitör için IC_{50} hesaplanmıştır. Bu çalışmadan ulaşılan veriler, bu enzimin gıda sektörü açısından faydalı olabileceğini göstermiştir (Kaya ve ark. 2018). Bu çalışmada ise 8 çeşit arasından POE değeri en yüksek çıkan çeşidin Beyaz kışmışi ve Beyaz üzüm olduğu görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan Kırmızı kışmışi çeşidindeki POE değeri düşük bulunmuştur. pH karşılaştırılmasına bakıldığı zaman en yüksek POE değere sahip çeşidin 4.5 ile Kuzu kuyruğu olduğu görülmüştür.

Üzümde POE en iyi substratının katekol olduğu bulunmuştur. Bu substrat için optimum pH ve sıcaklık değerleri sırasıyla 7,2 ve 25 °C olarak belirlenmiştir (Önez, 2006). Bizim yaptığımız çalışmada da POE değeri için en iyi substratın katekol olduğu belirlenmiştir. Bu substrat için bizim bulduğumuz en uygun değerler, pH ve sıcaklık için sırasıyla 4.28 ve 25 °C olarak kaydedilmiştir.

Konuyla ilgili olarak farklı türlerde, farklı yörelerde ve farklı zamanlarda Türkiye’de daha önce yapılan çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmalarda üzüm çeşitlerinin POE, ağırlık, SÇKM ve pH değerleri üzerinde iklimsel değişikliklerin etkili olduğu görülmüştür. Türkiye’de ve dünyada üzümlerde meyve özelliklerinin değişkenlik göstermesi farklı tür, çeşit, iklim ve toprak özellikleri arasındaki farklılıklardan ileri gelmektedir. Çalışmada elde edilen verilerle de yıllar arasındaki değişikliklerin de iklim özelliklerinden kaynaklandığı ileri sürülebilir.

TEŞEKKÜR

Makalenin istatistik analizlerini yapan, yorumlayan Prof. Dr. Ecevit EYDURAN’a teşekkürü borç biliriz. Hayatımıza kattığı bütün güzellikler ve bizlere ışık olduğu için değerli hocamızı rahmet ve sevgiyle anıyoruz. Bu çalışma İğdır Üniversitesi Yüksek Lisans öğrencisi Gül KESER’in tez sonuçlarını içermektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2015. Tarimorman.gov.tr. İğdır. www.tarimorman.gov.tr
- Boz Y, Özer C, Yaşasın AS, Akman B, Yılmaz F, Kıral C, Bakır M, Söylemezoğlu G, Çelik H, Kazan K, Ergül A, 2007. Asma gen kaynaklarının high-throughput moleküler yöntemlerle tanımlanması. V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri, Cilt 2: 349-351,4-7 Eylül, Erzurum.
- Ergül A, Kazan K, Aras S, Çevik V, Çelik H, Söylemezoğlu G, 2006. Analysis of genetic variation within the two economically important Anatolian grapevine(Vitis vinifera L.) varietal groups, Genome, 1-9.
- Eyduran SP, Ağaoğlu YS, Eyduran E, Özdemir T, 2007. Comparison of some raspberry cultivars herbal features by repeated random complete design statistic technique. Pakistan Journal of Biological Sciences. (10):8. 1270-1275.
- Göktaş A, Demirtaş İ, Atasay A, 2006. Bazı Böğürtlen ve Frenküzümü Çeşitlerinin Eğirdir (Isparta) Yöresine Adaptasyonu. II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, s. 151-156, Tokat.
- Kaplan N, Akbulut M, 2006. Samsun Çarşamba Ovası Koşullarına Uygun Frenküzümü Çeşitlerinin Belirlenmesi. II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, s.145-150, Tokat.
- Kaya ED, Türkhan A, Eyduran SP, Akın M, 2018. İğdır İlinin Yerel Üzümü Kırmızı kişmişi (Vitis vinifera L.) Çeşidinden Polifenol Oksidaz Kısmi Saflaştırılması ve Karakterizasyonu. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. Cilt 8, Sayı 4, 153 – 161.
- Labuza TP, Lillemo JH, Taoukis PS, (1992). Inhibition of polyphenol oxidase by proteolytic enzymes. Fruit Processing, 2:9-13.
- Önez Z, 2006. Üzüm (Vitis vinifera L.) İzole Edilen Polifenol Oksidaz Enziminin Özelliklerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

İğdır Ekolojik Koşullarında Yetişen Yerel Üzüm Çeşitlerinin Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

- Ötleş S, Çağındı Ö, 2005. İşleme ve depolamanın meyve sebze antioksidanlarına etkisi. Dünya Gıda Dergisi. (3):3, 29 – 30.
- Tsao R, Yang R, 2003. Optimization of a new mobile phase to know the complexand real polyphenolic composition: towards a totalphenolic index using high-performanceliquid chromatography. Journal of Chromatography A, 1018: 29–40.